



HAL
open science

Etude d'un bassin versant montagneux en pays aride : hydrogéologie du bassin de Tazareh (Iran)

Keyvan Nadjm

► **To cite this version:**

Keyvan Nadjm. Etude d'un bassin versant montagneux en pays aride : hydrogéologie du bassin de Tazareh (Iran). Géologie appliquée. Université de Grenoble, 1977. Français. NNT : . tel-00813686

HAL Id: tel-00813686

<https://theses.hal.science/tel-00813686>

Submitted on 16 Apr 2013

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

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

N° d'ordre

DOUBLE
Jus. 1977
107

205142
1977
107

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE SPECIALITE

(Géologie appliquée)

OPTION HYDROGEOLOGIE

par

Keyvan NADJM

**ETUDE D'UN BASSIN VERSANT
MONTAGNEUX EN PAYS ARIDE**

**HYDROGEOLOGIE DU BASSIN
DE TAZAREH (IRAN)**

Soutenue le 16 Septembre 1977 devant la commission d'examen :

R. BARBIER	Professeur U.S.M.G	Président
G. CASTANY	Directeur Scientifique au B.R.G.M	Examineur
R. MICHEL	Professeur U.S.M.G	Examineur
J. SARROT-REYNAULD	Professeur U.S.M.G	Rapporteur Directeur de la thèse



N° d'ordre

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE SPECIALITE

(Géologie appliquée)

OPTION HYDROGEOLOGIE

par

Keyvan NADJM

**ETUDE D'UN BASSIN VERSANT
MONTAGNEUX EN PAYS ARIDE**

**HYDROGEOLOGIE DU BASSIN
DE TAZAREH (IRAN)**

T.77/1849

Soutenue le 16 Septembre 1977 devant la commission d'examen :

R. BARBIER	Professeur U.S.M.G	Président
G. CASTANY	Directeur Scientifique au B.R.G.M	Examineur
R. MICHEL	Professeur U.S.M.G	Examineur
J. SARROT-REYNAULD	Professeur U.S.M.G	Rapporteur Directeur de la thèse



A MES PARENTS

Je tiens à remercier mes parents
pour leur amour et leur soutien.
C'est grâce à eux que j'ai pu
réussir dans la vie.
Je n'oublierai jamais leur
bienveillance et leur confiance en moi.

Ce mémoire représente l'aboutissement d'une étude entreprise sous l'égide de la National Iranian Steel Corporation (NISC). Que Monsieur Amir Ali CHEIBANI, son Président Directeur général et Monsieur Mahmoud CHAKERI son Directeur de l'approvisionnement en matières premières, trouvent ici la marque de ma reconnaissance.

Il m'est agréable de pouvoir également remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.

Toute ma gratitude va à Monsieur le Professeur Jean SARROT-REYNAULD qui m'a si bien accueilli à l'Institut Dolomieu et m'a permis de mener à bien ce travail en me guidant de ses critiques et de ses avis éclairés.

Je remercie le Professeur Reynold BARBIER, qui me fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Je remercie également Monsieur le Professeur Robert MICHEL, qui est à l'origine de cette coopération entre les géologues iraniens et l'Institut Dolomieu, et qui a bien voulu accepter de participer à ce jury.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr le Professeur Gilbert CASTANY qui a bien voulu accepter de participer au jury de cette thèse et nous faire bénéficier de sa connaissance de l'hydrogéologie de l'Iran.

Ma reconnaissance va également à tout le corps enseignants de l'Institut Dolomieu et plus spécialement à son Directeur, Monsieur le Professeur Pierre GIRAUD.

Je tiens à remercier le Ministère français des Affaires Etrangères et le Ministère des Sciences et de l'Education supérieure de l'Iran qui m'ont accordé des bourses pendant ces études.

Je remercie mes amis de la NISC et du troisième cycle pour leurs aides amicales pendant la réalisation de cette étude.

Je n'oublierai pas non plus de remercier Mme MEUGNIOT qui a dactylographié cette thèse.

C H A P I T R E I

=====

INTRODUCTION

=====

- 1 - BUT DE L'ETUDE
- 2 - LES PROBLEMES
- 3 - METHODE DE L'ETUDE

INTRODUCTION

=====

1 - BUT DE L'ETUDE

La région de Tazareh qui fait l'objet de cette étude se situe entre les villes de Shahroud et Damghan, à la partie orientale de la chaîne de l'Alborz et sur son flanc sud. Cette région est un des bassins charbonneux de l'Iran lié à la NISC (National, Iranian, Steel, Corporation) qui prépare du coke pour l'aciérie de "Aryamehr" située dans la ville d'Ispahan à environ 500 kms au sud de Téhéran.

Avec la progression des travaux miniers dans ce grand bassin charbonneux les personnels qui vont travailler dans ce domaine deviendront de plus en plus nombreux. Actuellement NISC est entrain de faire construire une ville neuve au sud du bassin versant étudié (Ville neuve de Mehmandoust) qui aura trente mille habitants.

Les mines de Tazareh et le centre de lavage de charbon ont besoin d'eau potable et industrielle.

Pour ces raisons NISC aorganisé une équipe pour étudier et rechercher l'eau potable et industrielle dans cette région.

2 - LES PROBLEMES

Pour trouver l'eau convenant à nos besoins nous avons devant nous des problèmes différents.

1°) La région étudiée au point de vue de la situation climatique est semi-aride au nord et aride au sud car les précipitations sont très faibles. Pendant la période d'étude la lame d'eau précipitée sur la ville neuve était de 102... mm, et celle de la région de Tazareh 177 mm. Donc l'alimentation des nappes par les eaux précipitées sur la région est très faible.

2°) Environ les 2/3 des formations géologiques qui constituent notre région sont des formations liasiques qui se composent de grés, d'argiles et charbons . La majeure partie de la région, à cause de sa nature argileuse et plus ou moins imperméable, ne peut donc pas intervenir dans le domaine des nappes d'eau du bassin versant.

3°) Les formations calcaires et dolomitiques de la région ne sont pas très fissurées et karstifiées, sauf dans le cas où les grandes failles drainantes passent par ces formations.

4°) La plupart des points d'eau qui se trouvent dans la région soit des sources soit des puits, à cause du contact avec les formations charbonneuses du Lias ou du Dévonien-Carbonifère contenant des sulfates de calcium et de sodium sont riches en sulfates et ne peuvent pas être potables.

5°) Les calcaires de la formation de " Lar " (Jurassique supérieur) présentent un intérêt hydrogéologique du fait de leur état de fracturation, mais les conditions topographiques ne sont pas sataisfaisantes pour alimenter notre bassin versant.

6°) L'eau des ruisseaux qui traversent notre région n'est pas utilisable pour les besoins industriels parce qu'elle sert pour les besoins agricoles des petits villages qui existent dans la région et au Sud de notre territoire d'étude.

3 - METHODE DE L'ETUDE

Dans le cadre de cette étude, nous avons travaillé tout d'abord sur les éléments climatologiques mais il faut préciser que nous n'avons pas disposé de toutes les données souhaitables pour l'ensemble de la région.

Nous avons cependant essayé de déterminer la lame d'eau précipitée en établissant la carte des isohyètes, puis en déterminant le gradient altimétrique de précipitation afin de l'utiliser, compte tenu des moyennes arithmétiques. Nous avons également utilisé la méthode de Thiessen. Malgré l'absence de stations pluviométriques aux altitudes élevées, nous avons fait intervenir dans tous les calculs des précipitations, la lame d'eau qui peut précipiter sur les hautes montagnes des régions arides froides de l'Iran.

Nous avons utilisé les formules de Coutagne et de Turc pour le calcul de l'évapotranspiration. Les valeurs obtenues par ces deux méthodes sont incompatibles.

D'après la valeur du ruissellement obtenue en mesurant les débits à la sortie du bassin et l'évapotranspiration, nous avons déterminé la valeur de l'infiltration qui est très faible.

Quant à la géologie de la région, nous avons utilisé le rapport n° 23, 1972 de " Geological, Survey of Iran " établi par M. Alavi-Naini pour la région de Djam et les rapports de NISC sur la géologie des formations charbonneuses de la région.

Nous avons établi une carte géologique au 1/100000 pour le bassin étudié avec 5 coupes semi-schématiques à l'aide des photographies aériennes. Pour établir cette carte on a pris des notions sur les cartes à l'échelle 1/100000 sur la région de Damghan établie par M. Alavi et R. Salehi-Rad (Geological survey of Iran) et sur le flanc sud de l'Est de l'Alborz central par H. Bozorgnia (National, Iranian, Oil Company).

Nous avons étudié, l'une après l'autre la paléogéographie et la tectonique de la région en schématisant la répartition des sédiments dans les compartiments structuraux de la région.

L'interprétation des essais de pompage fait sur tous les puits de la région a été entreprise pour déterminer les caractères hydrodynamiques des nappes aquifères dans les calcaires fracturés et les alluvions des vallées.

En ce qui concerne les sources, nous avons établi pour trois sources de la zone étudiée les courbes de tarissement par les méthodes de Maillet et Tison à partir de quatre ans de mesures deux fois par mois.

A partir de ces courbes, nous avons déterminé les volumes des réserves contenues dans les calcaires fracturés et les éboulis.

Nous avons enfin précisé tous les caractères physico-chimiques des eaux de sources des puits et des galeries d'exploitation de charbon et nous avons complété les recherches par des analyses sur la teneur en tritium des eaux les plus intéressantes.

C H A P I T R E II

=====

SITUATION

=====

- 1 - APERCU GEOGRAPHIQUE DE L'IRAN
- 2 - CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE " TAZAREH "
- 3 - MORPHOLOGIE

... au ...
 ... qui culmi-
 ... au SE de Kerman,
 ... orientale ... qui a l'allonge
 ... du Khorassan. Cette
 ... de Shotorla dont le
 ... 2315 m. ...

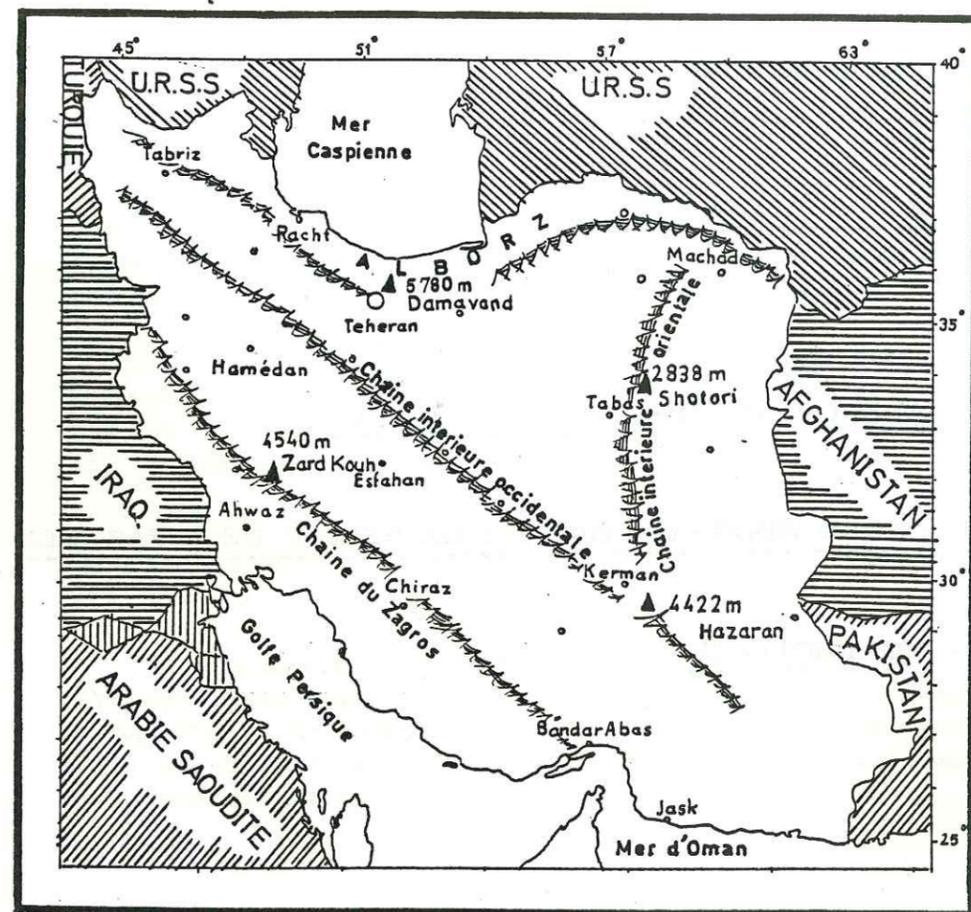


Fig. no 1. Schéma géographique de l'Iran montrant les principales chaînes de montagne

SITUATION

=====

1 - APERÇU GÉOGRAPHIQUE DE L'IRAN

Pour situer la région de Tazareh dans le cadre général de l'Iran, nous rappellerons rapidement les grands traits géographiques de ce pays.

L'Iran qui couvre environ 1600000 Km² est délimitée ;

- Au Nord par la Mer Caspienne, l'Union Soviétique et la Turquie,
- Au Sud par le Mer d'Oman et l'Arabie Séoudite,
- A l'Est par l'Afghanistan et le Pakistan
- A l'Ouest par l'Iraq.

Ce pays comporte schématiquement trois grandes régions montagneuses (Fig.1).

- La chaîne de l'Alborz au Nord, dont le plus haut sommet , le Demavand s'élève à 5780 m au NE de Téhéran. Par suite du voisinage de la mer Caspienne, le versant septentrional de cette chaîne est éminemment forestier. Les hauteurs de pluie y atteignent 1000mm/an, son versant sud, en revanche qui se situe " à l'ombre " des hautes crêtes, est déjà très aride (700 mm/an de pluie).

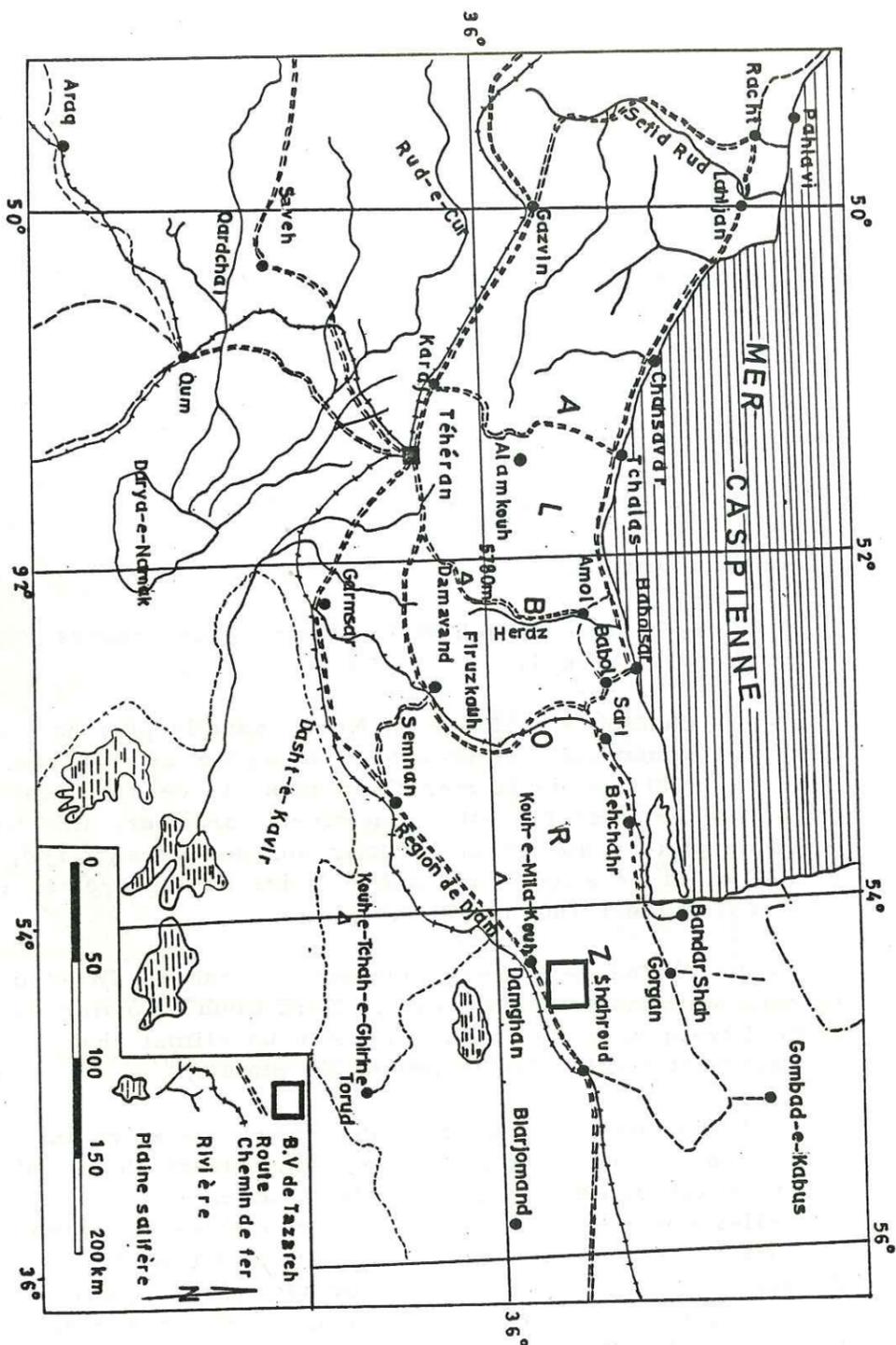
- La chaîne de Zagros, qui borde l'Iran au SW et dont le point culminant (4540m) est le Zard Kouh. Voisine du Golfe Persique, cette chaîne présente un climat chaud et relativement humide (600 mm/an de pluie).

- Les chaînes intérieures qui, enserrées entre les deux grandes chaînes précédentes, connaissent un climat extrêmement aride ou même subdésertique.

Elles comportent deux chaînes principales que séparent de grandes zones désertiques : l'une parallèle au Zagros, dite " chaîne intérieure occidentale ", qui culmine à 4422 m avec le Kouh-e-Hazaran au SE de Kerman, l'autre appelée " chaîne interne orientale ", qui s'allonge du Nord du Makran jusqu'à la province du Khorassan. Cette dernière chaîne comprend les monts de Shotorie dont le sommet le plus élevé atteint seulement 2838 m.

Fig. no 2

CARTE MONTRANT LA SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE TAZAREH



2 - CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE " TAZAREH "

Le bassin versant de Tazareh qui fait l'objet de notre étude, tire son nom du petit village situé près des mines de charbon (NISC) National-Iranian Steel Corporation.

Ce bassin est situé au Nord-Est de l'Iran à environ 370 Km à l'Est de Téhéran (Fig.2) entre les deux villes de Damghan et Shahroud.

Il est compris entre les longitudes et latitudes suivantes :

- longitudes 54° 20' 00" et 54° 36' 05 " Est
- latitudes 36° 18' 00" et 36° 27' 28 " Nord.

D'une façon générale, il est situé sur le pied sud d' Alborz et à la bordure des reliefs septentrionaux de Kavir-é-Namak (désert salifère).

2-1- Surface

La surface totale de la région étudiée est de 490 Km² et celle du bassin versant de Tazareh est de 314 Km². Cette région présente une longueur de 17,7 Km et une largeur de 27,7 Km. Elle correspond à un massif montagneux qui culmine à 3700 m.

2-2- Population et Ressources

En raison du climat aride les villages de cette région ne sont pas peuplés, il y a même de petits villages d'une ou deux familles. Les villages sont situés près des petites sources, et des ghanates. Les villages les plus conséquents de cette région sont ceux de Tazareh qui est près des mines de charbon et le village de Mehmandoust, situé sur la vallée de Mehmandoust au nord-Est de la région. La population totale de tous ces villages ne dépasse pas 700 habitants.

Il y a 3200 travailleurs qui travaillent actuellement dans les divers centres de NISC comme les mines de Tazareh et de Mehmandoueh, le centre de lavage du charbon et la ville neuve de Mehmandoust.

Les produits du blé et de l'orge, sont en si petite quantité qu'il est nécessaire d'en importer pour assurer l'alimentation de la population. Les habitants récoltent la gomme adragante et l'épine vinette, ils élèvent en outre des moutons. La plupart des habitants du village sont employés dans les mines de charbon.

Pour finir nous dirons quelques mots de la faune de la région étudiée. La perdrix existe dans toutes les vallées où se trouve un peu d'eau, le mouflon et la chèvre de Perse (*Capra hircus*) sont très abondants dans les altitudes élevées particulièrement dans le Kouh-e-Karkassi Kouh-é-Mohamad-e-Hanafî; on rencontre de rares ours aux altitudes élevées au nord du bassin versant. La gazelle existe dans les plaines et les vallées situées au sud du bassin versant, enfin il faut noter le zèbre et l'onagre dans la plaine d'alluvions et au Sud de la région étudiée.

2-3- Moyens d'accès et routes

Trois possibilités s'offrent pour aller de Téhéran à la région de Tazareh (Fig. 3) ;

- le chemin de fer par les stations de Damghan ou Shahroud,
- la route de Téhéran-Machhad : Via-Garmsar (370Km),
- la route de Téhéran-Machhad Via Firouz-Kouh (382Km),

Il y a une déviation de la route Téhéran-Machhad qui nous amène à Tazareh. Cette route n'est pas asphaltée.

Il faut noter que les routes ne sont pas satisfaisantes parce qu'elles supportent un grand trafic de camions et elles sont très abimées et poussiéreuses dans les parties non goudronnées entre les villes de Semnan et Damghan.

3 - MORPHOLOGIE

3-1- Présentation du bassin versant

Le bassin versant de " Tazareh " a une superficie d' environ 314 Km² entre 3700 et 1500 m d'altitude.

Toutes les eaux qui s'infiltrant ou qui ruissellent se retrouvent à la sortie du bassin versant au nord de la ville neuve de " Mehmandoust dans la rivière " Sarkhan ".

Il y a deux autres résurgences aux limites Sud-Est et Sud-Ouest du bassin versant. Celle qui est à l'Ouest se situe près du village de " Talou " et draine l'eau de la

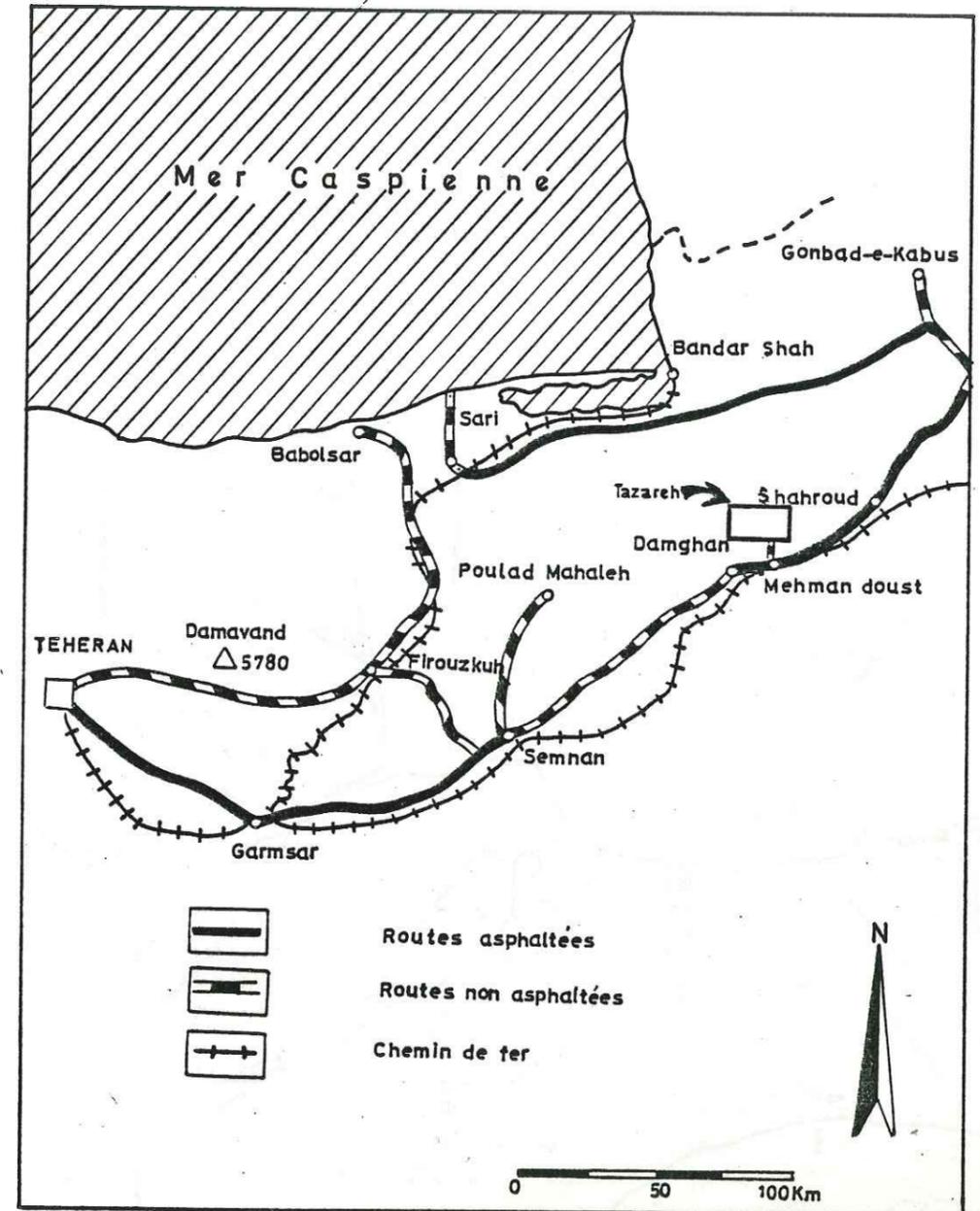
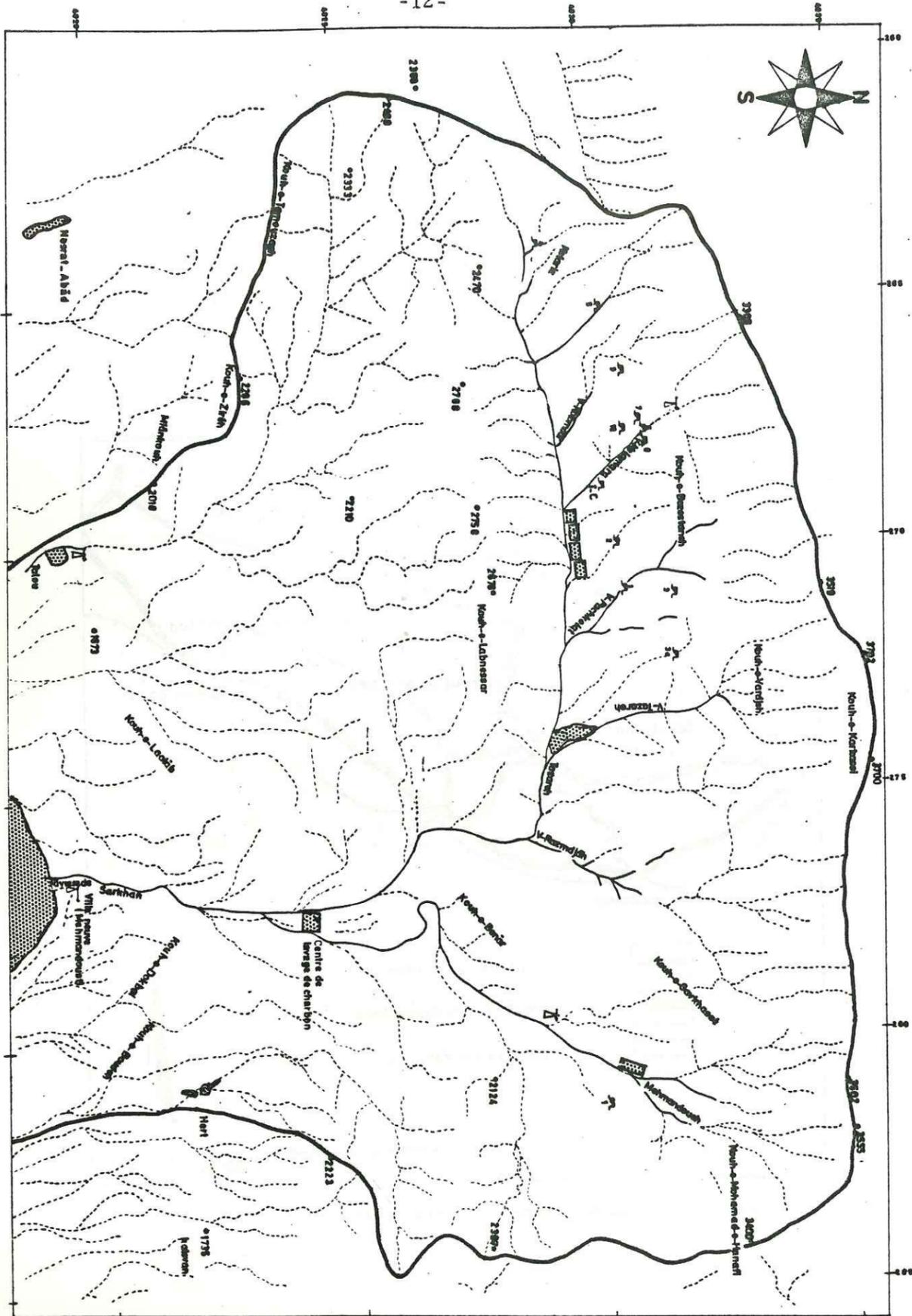


Fig. no 3 Carte montrant les voies d'accès de la région



CARTE
OROGRAPHIQUE
DES ENVIRONS DE
TAZAREH

- Annexe
- Agglomération
- Tunnel
- ~ Rivière
- ~ Rampe
- Station géométrique
- Limite de S.V.

Echelle 1/50,000

partie Ouest par une ghanate et la deuxième sera active au moment des crues des torrents et des précipitations brutales.

Le bassin versant est limité :

a) au Nord-Est, jusqu'au Nord-Ouest par la ligne de crête de " Kouh-e-Karkassi "(1) ou "montagne blanche " .

b) à l'Est et au Sud-Est par la ligne des sommets allant de " Kouh-e-Mohamad-e-Hanafi " au Nord-Est, jusqu'au petit village de " Hert " au Sud-Est en passant par la mine de " Mehmandoueh " .

c) à l'Ouest et au Sud-Ouest par la partie Ouest de Kouh-e-Karkassi en passant par la ligne des sommets de Kouh-e-Tamouzagh, Kouh-e-Zireh et Miánkouh jusqu'au village de " Talu " au Sud-Ouest.

d) Au Sud par la plaine d'alluvions qui commence à peu près à partir du niveau de 1500 mètres, et la ville neuve de Mehmandoust se situe au sud de cette limite sur la plaine d'alluvions (Fig. 4)

3-2- Courbes de fréquence altimétrique et hypsométrique

Les fonds de vallée sont plus ou moins profonds, creusés dans les schistes du Trias et Lias.

- Les fréquences deviennent de plus en plus fortes à mesure que l'on tend vers les altitudes de 2700 mètres.

- Les sommets dominants sont au nord du bassin versant sur la ligne de crête de Kouh-e-Karkassi et un de ces sommets qui a une altitude de 3750 mètres se situe au nord de la mine " Mehmandoueh " .

Nous allons calculer la distribution de la surface par tranche d'altitude de 100 mètres. On établira ainsi la courbe hypsométrique du bassin versant de " Tazareh " et la courbe de fréquence altimétrique (Fig. n° 5).

L'établissement des courbes permet de définir les altitudes caractéristiques du bassin versant .

(1) Kouh : mot signifiant montagne

- L'altitude moyenne est 2625 m.
- L'altitude de fréquence 1/2 correspondant à l'abscisse 1/2 de la courbe des fréquences altimétriques (2240 m), implique que la moitié du bassin versant est à une altitude inférieure à 2240 m.
- L'altitude la plus fréquente par les modes de la courbe des fréquences altimétriques sera entre les altitudes 2200 m et 2500 m.

Tranches d'altitude	Surface en Km2	Somme des Surfaces en Km2	Pourcentage	Somme des Pourcentages
1500-1600	18,075	18,075	5,75	5,75
1600-1700	22,125	40,20	7,04	12,79
1700-1800	16,525	56,725	5,26	18,05
1800-1900	21,575	78,30	6,87	24,92
1900-2000	16,85	95,15	5,36	30,28
2000-2100	23,2	118,35	7,39	37,67
2100-2200	25,05	143,40	7,98	45,65
2200-2300	36,225	179,625	11,54	57,19
2300-2400	32,8	212,425	10,45	67,64
2400-2500	34,95	247,375	11,13	78,77
2500-2600	22,5	269,875	7,16	85,93
2600-2700	14,25	284,125	4,54	90,47
2700-2800	6,375	290,50	2,03	92,50
2800-2900	4,15	294,65	1,32	93,82
2900-3000	3,30	295,95	1,05	94,87
3000-3100	3,35	301,30	1,06	95,93
3100-3200	4,15	305,45	1,32	97,25
3200-3300	2,625	308,075	0,83	98,08
3300-3400	1,775	309,85	0,56	98,64
3400-3500	1,65	311,50	0,52	99,16
3500-3600	0,975	312,475	0,31	99,47
3600	1,425	313,9	0,45	99,92

Tableau n° 1

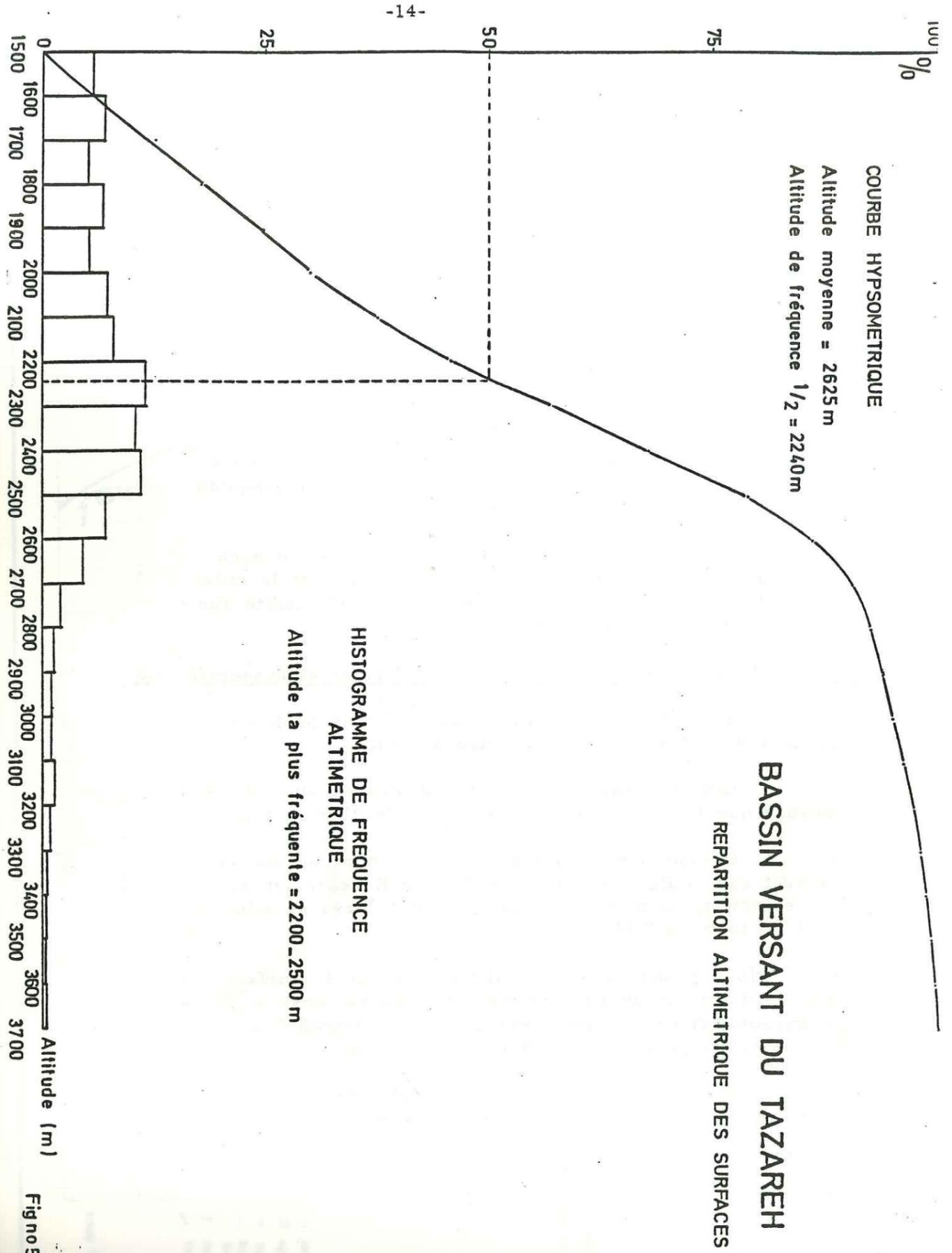


Fig no 5

C H A P I T R E I I I

=====

CLIMATOLOGIE

=====

- 1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS
- 2 - CLASSIFICATION CLIMATIQUE DE LA ZONE ETUDIEE
- 3 - LES VENTS
- 4 - LES GELEES
- 5 - LA NEIGE
- 6 - LES PRECIPITATIONS
- 7 - DETERMINATION DE LA LAME D'EAU PRECIPITEE
- 8 - LES TEMPERATURES
- 9 - CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION
- 10 - BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU TAZAREH
- 11 - CONCLUSION GENERALE



Echelle 1:4,000,000
 Situation bioclimatique de la région étudiée sur la partie N.-E. de la carte bioclimatique de l'IRAN (méthode adoptée EMBERGER)
 Fig. no 6

CLIMATOLOGIE

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS.

Dans la région étudiée, on a installé quatre stations pluviométriques et climatologiques à des altitudes différentes. Ces stations ont fonctionné depuis le mois de Septembre 1975.

Le tableau ci-après fait état de chaque station :

Station	Altitude	Instrument installé
Kélamarg	2397,69	Tube à neige - thermomètres max. et min. pluviographe - pluviomètre journalier
Méhmandoueh	1977,51	Pluviomètre journalier
Talou	1508,87	Pluviomètre journalier
Ville neuve	1457,66	Pluviographe- thermomètres max. et min.

Tableau n°2

Par ailleurs on a près de cette région quelques stations synoptiques et pluviométriques :

- une station synoptique dans la ville de Shahroud à 40 Km à l'Est de la région étudiée, et à l'altitude de 1 366 m qui a fonctionné depuis l'année 1951.
- une station synoptique dans la ville de Damghan à 15 km au S-W du petit village de Nosrât-Abād et à l'altitude 1170 m.
- un pluviomètre journalier dans le village de Mehmandoust, près de la route Damghan-Shahroud à 10 Km au Sud de la ville neuve et à l'altitude 1149,23 m qui a fonctionné depuis l'année 1975.
- un pluviomètre journalier dans le village de Momenābād à 7 Km au S-E de la région étudiée et à l'altitude 1122,40 m.

2 - CLASSIFICATION CLIMATIQUE DE LA ZONE ETUDIEE

Le climat de la région étudiée comme la plupart des régions montagneuses est sous l'influence de l'altitude des montagnes qui sont dans la région. Il ne faut pas oublier l'influence climatologique du désert de l'Iran qui existe au sud de la région étudiée.

Les différents facteurs climatiques, en particulier les précipitations et la température permettent de définir une classification bioclimatique basée sur des observations empiriques.

D'après la carte bio-climatique de l'Iran (méthode adoptée EMBERGER) fig. n°6 la région de Tazareh a un type de climat semi-aride froid surtout sur les altitudes élevées. On peut bien remarquer que la limite méridionale de la région étudiée à la proximité de la plaine est sous l'influence d'un climat "aride-froid".

La classification bioclimatologique d'EMBERGER qui est basée sur les facteurs de précipitation, de température et de radiation solaire et qui tient compte de l'humidité et de l'altitude est applicable pour les régions qui sont sous les influences méditerranéennes. Cette méthode est proposée par l'UNESCO

DE MARTONNE (1973) définit un indice d'aridité.

L'indice d'aridité de DE MARTONNE

L'indice d'aridité obeit à la formule :

$$I = \frac{P}{t+10}$$

où

I est l'indice d'aridité
P , la pluviométrie annuelle moyenne
t, la température annuelle moyenne en °C

La classification basée sur cet indice s'établit de la façon suivante :

- I > 10 : climat maritime ou subhumide
- 7,5 < I < 10 : climat steppique
- 5,0 < I < 7,5 : climat prédésertique
- I < 5,0 : climat désertique

Ce qui donne pour les stations climatologiques de la zone étudiée :

Station	Indice d'aridité	Type de climat
Ville neuve	4,3	Désertique
Kélamarg	10,53	Subhumide

DE MARTONNE (1942) a essayé de préciser l'indice en calculant l'indice mensuel des mois d'été et en faisant la moyenne arithmétique de l'indice annuel et de l'indice mensuel le plus faible.

L'indice mensuel est donné par la formule :

$$i = \frac{12 P}{t + 10}$$

où P est la pluviométrie mensuelle moyenne, et t la température mensuelle moyenne.

Dans les régions où il existe un mois dont la pluviométrie moyenne est nulle (ce qui est le cas pour la zone étudiée) l'indice i est nul.

L'indice corrigé de DE MARTONNE a donc une valeur égale à la moitié de celle de l'indice annuel I.

Cet indice n'a pas de signification précise dans ses valeurs élevées ; ses valeurs faibles, par contre, constituent de bon tests des conditions climatiques des valeurs inférieures à 5 correspondent aux régions arides et celles comprises entre 5 et 20 aux régions semi-arides. En se basant sur cet indice, nos deux stations climatologiques se placent dans la classification suivante :

Station	Indice d'aridité	Type de climat
Ville neuve	2,15	aride
Kélamarg	5,26	semi-aride

3 - LES VENTS

3-1- Les vents d'origine cyclonique qui ont une vitesse entre 6,5 Km/h et 45 Km/h ont une direction N-W.

3-2- Les tourbillons sont très abondants sur la plaine d'alluvions, au sud de la limite méridionale de la région étudiée.

3-3- Les brises locales sont liées aux courants de convection entre la plaine ou les vallées et les montagnes. Au cours de la saison chaude, elles sont montantes durant la matinée, descendantes après le coucher du soleil, tempérant ainsi la chaleur des nuits estivales. Ces souffles sont secs, ils peuvent être violents en se combinant avec des vents cycloniques.

On peut dire que la direction de ces souffles est vers le nord durant la matinée et vers le sud pendant la nuit.

4 - LES GELEES

Les gelées commencent au mois de novembre et même peut-être au mois d'octobre et se continuent jusqu'au mois de Mars, et même quelques fois au début du mois d'avril.

5 - LA NEIGE

La neige est très abondante sur les montagnes, malheureusement, nous n'avons pas disposé de stations de mesure sur les montagnes.

6 - LES PRECIPITATIONS

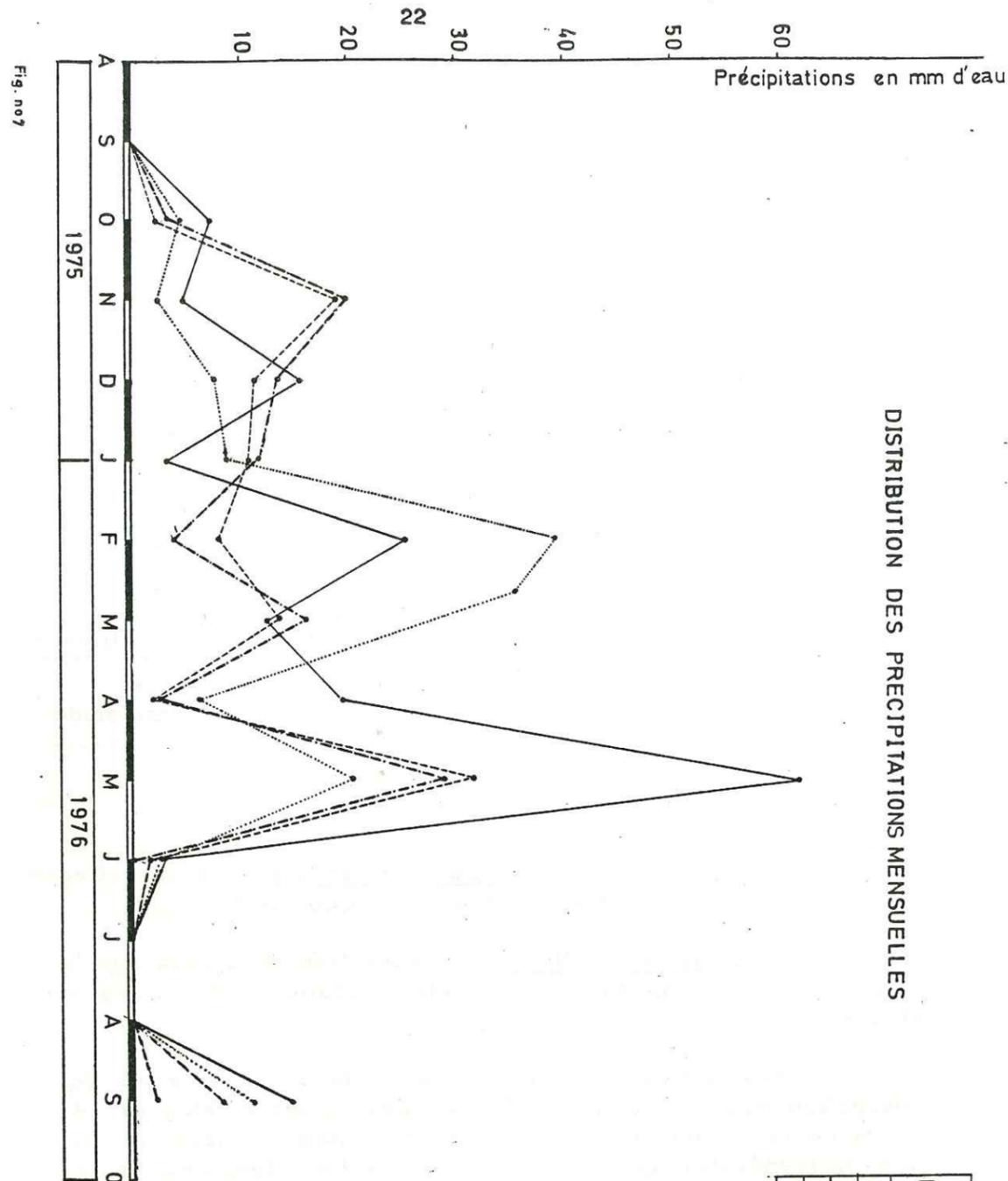
A cause de l'absence de mesures plus anciennes de précipitation, nous analysons seulement les résultats obtenus d'octobre 1975 à Septembre 1976 (période d'étude du bilan).

A partir des mesures recueillies à l'aide des pluviographes et des pluviomètres installés aux diverses altitudes de la région (jusqu'à 2 400 m) nous avons établi les hauteurs mensuelles et annuelles de précipitation pour chaque station. Les chiffres représentent les précipitations pluvieuses et neigeuses. L'expérience montre que 1 cm de hauteur de neige équivaut à 1 mm de hauteur de pluie.

Les résultats obtenus pour les stations situées sur et à proximité du bassin versant (stations synoptiques de Shahroud et Damghan) montrent que nous avons une région pauvre en précipitations. Mais aux altitudes élevées les précipitations sont très abondantes. C'est la raison pour laquelle nous avons des écoulements dans notre bassin malgré la faiblesse des précipitations dans les altitudes inférieures.

Les distributions mensuelles des précipitations qui sont reportées sur les tableaux n° 3 et n° 4 montrent que le mois de Mai est le mois le plus humide et qu'aux mois de Juillet et Aout on n'a pas de précipitations (Fig. 7). Les précipitations saisonnières de cette région sont fournies sur le tableau n° 4 et les Fig. 8 et 9. Les résultats nous montrent que l'hiver, avec 49,77 % est la saison pluvieuse, et l'été avec un pourcentage très faible des précipitations annuelles de 6,8 % est une saison très sèche. Il faut remarquer que le printemps avec 45 % est au second rang après l'hiver.

Nous avons pu déterminer grâce aux stations d'observation le gradient pluviométrique jusqu'à l'altitude de 2 400 m (0,8 mm par 100 mètres). Pour les altitudes supérieures, faute d'observation nous calculerons les précipitations en fonction des valeurs généralement admises pour les zones de haute montagne en Iran qui est environ 3,8 mm par 100 mètres (Fig.10).



STATIONS PLUVIOMETRIQUES	ALTITUDES
Kelamatg	2397,69 m
Ville neuve	1457,66 m
Mehmandoueh	1977,51 m
Talou	1508,87 m



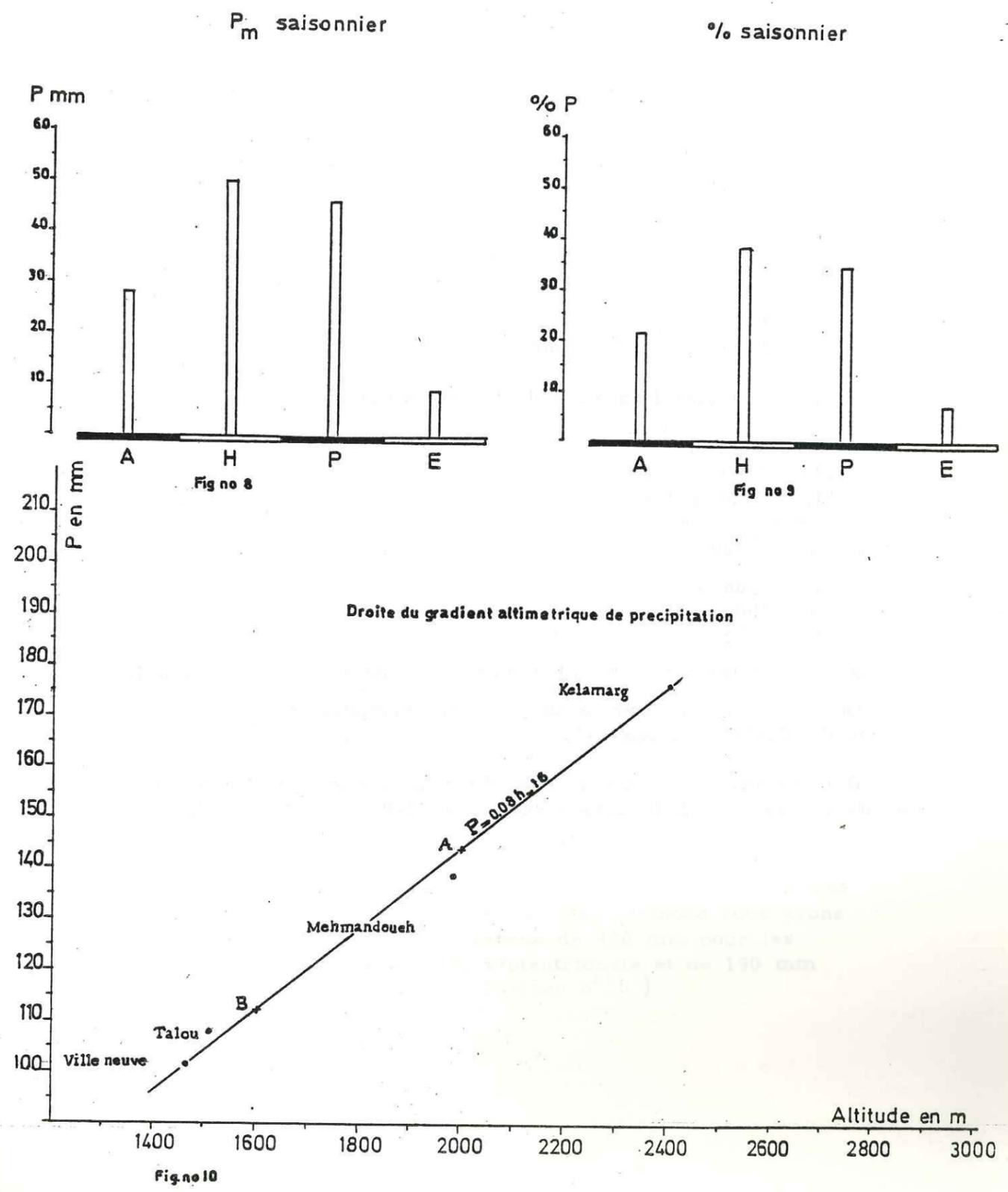
Tableau n° 3

STATIONS	PRECIPITATION MENSUELLES D'OCTOBRE 1975 à SEPTEMBRE 1976												Total : annuel	Altitude des Stations
	0	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		
Kelamarg	7.3	4.7	15.7	3.31	29.0	17.6	19.7	62	2.7	0	0	14.7	176.7	2397.69 m
Mehmandoueh	4.5	2.5	7.7	9.0	40	35.5	6.3	20.3	3.0	0	0	11.0	139.8	1977.51 m
Talou	3.5	20.0	13.5	12.0	4	16	2.5	29.0	T.R	0	0	8.3	108.8	1508.87 m
Ville neuve	2.0	19.0	11.5	11.0	8.0	13.7	1.8	31.6	1.5	0	0	2.1	102.2	1457.66 m

PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES ET SAISONNIERES D'OCTOBRE 1975 à SEPTEMBRE 1976

Tableau n° 4

Mois	Moyen, mens en mm	% mens.	Moyen, Saisonn. en mm	% sais.
Octobre	4.3	3.3	Automne	21.2
Novembre	11.5	8.8	27.97	
Décembre	12.1	9.2	Hiver	37.7
Janvier	8.8	6.7	49.77	
Février	20.2	15.4	Printemps	34.1
Mars	20.7	15.7	45.0	
Avril	7.5	5.7	9	6.8
Mai	35.7	27.0		
Juin	1.8	1.4		
Juillet	0	0		
Aout	0	0		
Septembre	9.0	6.8		
Moyenne annuelle	131.83	-		



7 - DETERMINATION DE LA LAME D'EAU PRECIPITEE

Pour le calcul de la lame d'eau du bassin versant du Tazareh, on a utilisé différentes méthodes :

7-1- Gradient altimétrique de précipitation

A partir de hauteurs annuelles de précipitation en fonction de l'altitude de chaque station, on établit une droite représentative du gradient altimétrique de précipitation jusqu'à l'altitude 2400 m dont la valeur est de 80 mm pour 1 000 mètres et à partir de l'équation de cette droite, des valeurs du gradient altimétrique de précipitation, généralement admises pour les zones de hautes montagnes en Iran, (environ 380 mm pour 1000 mètres pour les altitudes supérieures de notre région), et de la distribution des altitudes du bassin versant, on a calculé la lame d'eau précipitée sur le bassin versant :

A partir des deux points A et B de coordonnées.

$$\begin{matrix} A & p = 144 & B & p = 112 \\ & h = 2000 & & h = 1600 \end{matrix}$$

On peut calculer l'équation de la droite qui est :

$$\begin{aligned} p &= ah + b \\ 144 &= 2000 a + b \\ 112 &= 1600 a + b \end{aligned}$$

d'où $32 = 400 a$

$$\begin{aligned} a &= 0.08 \\ 144 &= 2000 a + b \\ b &= -16 \end{aligned}$$

donc pour les altitudes inférieures à 2 400 m : $P = 0.08h - 16$

On peut donc calculer le volume des précipitations par tranche d'altitude : Tableau n°5

D'après cette méthode la lame d'eau précipitée sur l'altitude de fréquence 1/2 du bassin versant (2240 m) est de 163,2 mm.

hm	S Km2	pmm	V $10^6 m^3$
1500-1700	40.2	112	4.5
1700-1900	38.1	128	4.8
1900-2100	40.0	144	5.8
2100-2300	61.3	160	9.8
2300-2500	67.7	176	11.9
2500-2700	38.8	252	9.3
2700-2900	10.5	328	3.4
2900-3100	6.6	404	2.6
3100-3300	6.8	480	3.2
3300-3500	3.4	556	1.9
3500	2.4	613	1.5
Total	313.8	187	58.7

Tableau n° 5

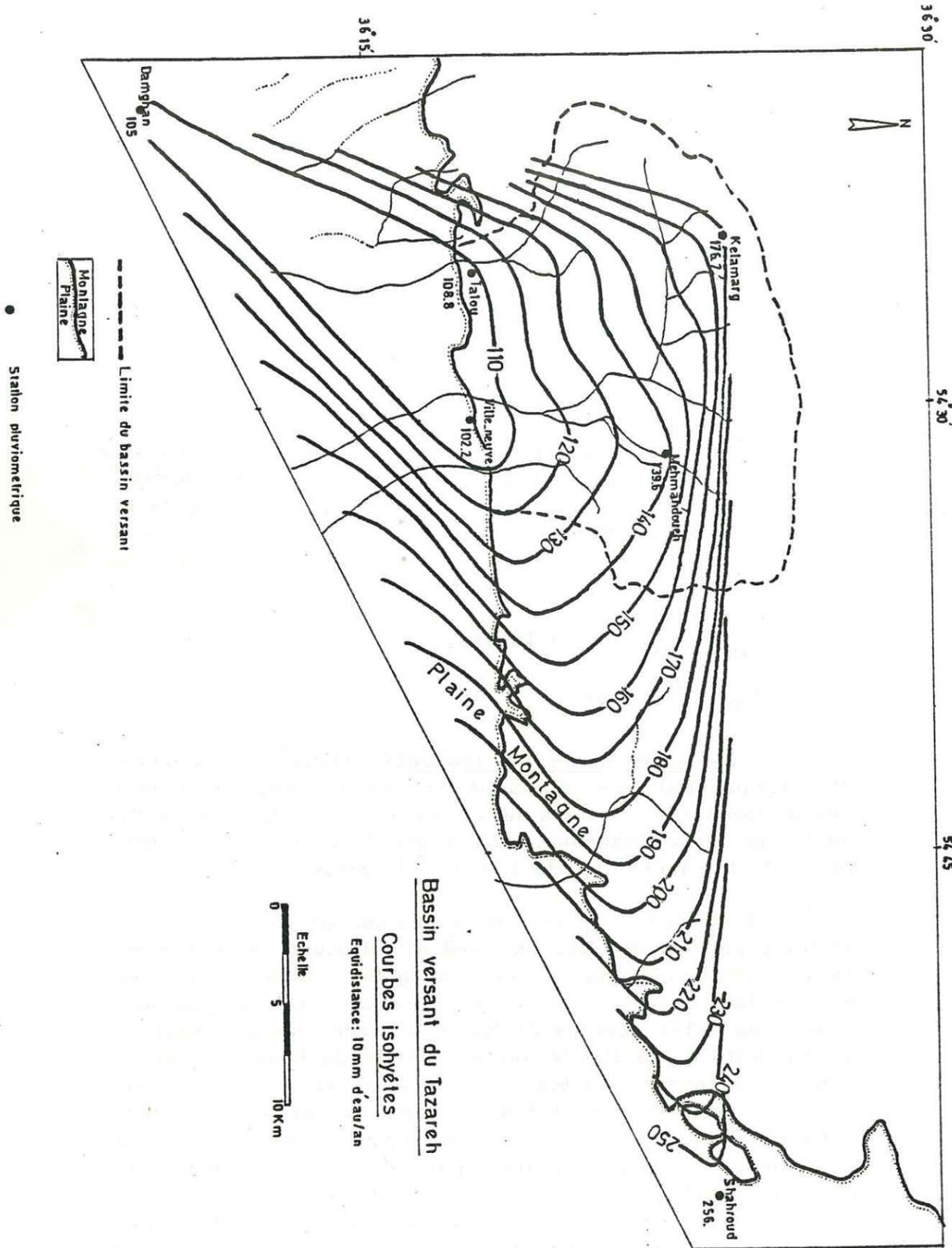
Par cette méthode, on trouve le volume total de l'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant pendant la période étudiée, et on peut trouver la hauteur moyenne de la lame d'eau ou P totale

$$\begin{aligned} V &= S \times P \\ &= 313,8 \times P \\ P &= \frac{V}{S} = \frac{58,7}{313,8} = 0,187 \text{ m} \\ P_T &= 187 \text{ mm} \end{aligned}$$

7-2- La méthode des isohyètes utilise les courbes d'égales précipitations qui sont tracées à partir des relevés des stations situées dans la région et aussi dans les villes de Damghan et Shahroud. La carte de la figure n° 11 représente les isohyètes de l'année d'étude.

Il faut remarquer, qu'en raison de l'absence de stations pluviométriques au nord et à l'ouest de la région étudiée, nous n'avons pas pu tracer les courbes isohyètes de ces deux régions. A cause de l'abondance des précipitations dans les régions de haute altitude, qui se trouvent à proximité de la limite septentrionale du bassin, nous pouvons supposer que les courbes isohyètes, sont très serrées et montrent une croissance brutale des précipitations à partir de la station de " Kélamarg " et vers les altitudes plus élevées. Dans les calculs par cette méthode nous avons fait intervenir une valeur moyenne de 400 mm pour les précipitations dans la partie septentrionale et de 190 mm pour la partie occidentale. (Tableau n° 6)

Fig. n° II



Précipitation en mm d'eau	Moyennes	Superficies délimitées en Km2	en %	VOLUME d'eau reçue Annuelle-ment en 10 ³ m ³	Journalier en m ³	Mo-yen m ³ /s
100-110	105	15	4,7	1575.0	4315	0.05
110-120	115	31.85	10.2	3662.75	10034	0.12
120-130	125	24.35	7.8	3043.75	8339.0	0.10
130-140	135	40.6	12.9	5481.0	15016.4	0.17
140-150	145	34.35	10.9	4980.75	13645.9	0.16
150-160	155	29.35	9.3	4549.25	12463.7	0.14
160-170	165	24.35	7.8	4017.75	11007.5	0.13
170-180	175	38.1	12.2	6667.5	18267.1	0.21
180-200	190	33.5	10.7	6365.0	17438.4	0.20
200-600	400	42.5	13.5	17000.0	46575.3	0.54
Total ou Moyenne	171	313.95	100.0	57342.75	157103.2	1.82

Tableau n° 6

7-3- Méthode de Thiessen

Cette méthode permet la détermination, pour chacune des stations pluviométriques situées dans la région, de zones d'influence sur lesquelles on suppose des précipitations uniformément réparties.

Cette méthode moins précise que la précédente, est d'une utilisation plus simple puisqu'uniquement liée à la configuration du bassin versant (Fig.12). Ce qui diminue d'avantage la précision de cette méthode dans notre région est l'insuffisance des stations pluviométriques, surtout sur les altitudes élevées.

Superficies délimitées en Km2	Précipitation en mm
S ₁ : 118	P ₁ : 139.8
S ₂ : 103	P ₂ : 176.7
S ₃ : 45	P ₃ : 108.8
S ₄ : 47.5	P ₄ : 102.2
S _T : 313.5	P _T : 142

$$P \text{ total} = \frac{P_1 \times S_1 + P_2 \times S_2 + P_3 \times S_3 + P_4 \times S_4}{S \text{ total}}$$

S total

Il en résulte que la lame d'eau serait de 142 mm soit environ 44,5 x 10⁶ m³ annuels.

7-4- La moyenne arithmétique des précipitations des 4 stations est de 132 mm soit $414 \times 10^6 \text{ m}^3$ annuels.

Si on fait intervenir une valeur moyenne de 400 mm pour les précipitations dans la partie septentrionale de notre territoire d'étude, nous aurons une moyenne arithmétique des précipitations de 185,46 mm ou $581 \times 10^6 \text{ m}^3$ annuels pour l'ensemble de la région

Comparaison des résultats.

Les quatre résultats obtenus par les différentes méthodes montrent une bonne homogénéité surtout en ce qui concerne les méthodes du gradient altimétrique et la moyenne arithmétique des précipitations annuelles.

Méthode des gradients altimétriques	187 mm
Méthode des courbes isohyètes	171 mm
Méthode de Thiessen	142 mm
Moyenne arithmétique des précipitations annuelles	185,46 mm

Il faut ajouter que les résultats obtenus par les méthodes précédentes ne sont pas très favorables parce que d'une part les distributions des stations ne sont pas suffisantes, et d'autre part le temps de prélèvement est court.

Nous pouvons retenir comme meilleure la hauteur moyenne annuelle obtenue par le gradient altimétrique parce qu'on a modifié cette méthode en fonction des caractères climatiques de hautes montagnes en Iran.

8 - LES TEMPERATURES

Comme il n'existait aucun relevé thermométrique sur la surface du bassin versant, nous avons installé deux thermomètres mini-maxi relevés tous les jours par les observateurs. Nous avons installé ces thermomètres aux altitudes différentes, le premier à 1457,66 mètres, à la Ville neuve et le second à 2397,69 m dans la région de Tazareh, près de la vallée de Kélamarg.

La température moyenne annuelle de l'air est de 14,4° pour la première et 6,7° C pour la deuxième station.

Le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec 23°C pour Kélamarg et 28° C pour la Ville neuve (Fig.n° 13).

Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 1,3°C pour la première station et - 6,6° C pour la deuxième (Tableau n° 7).

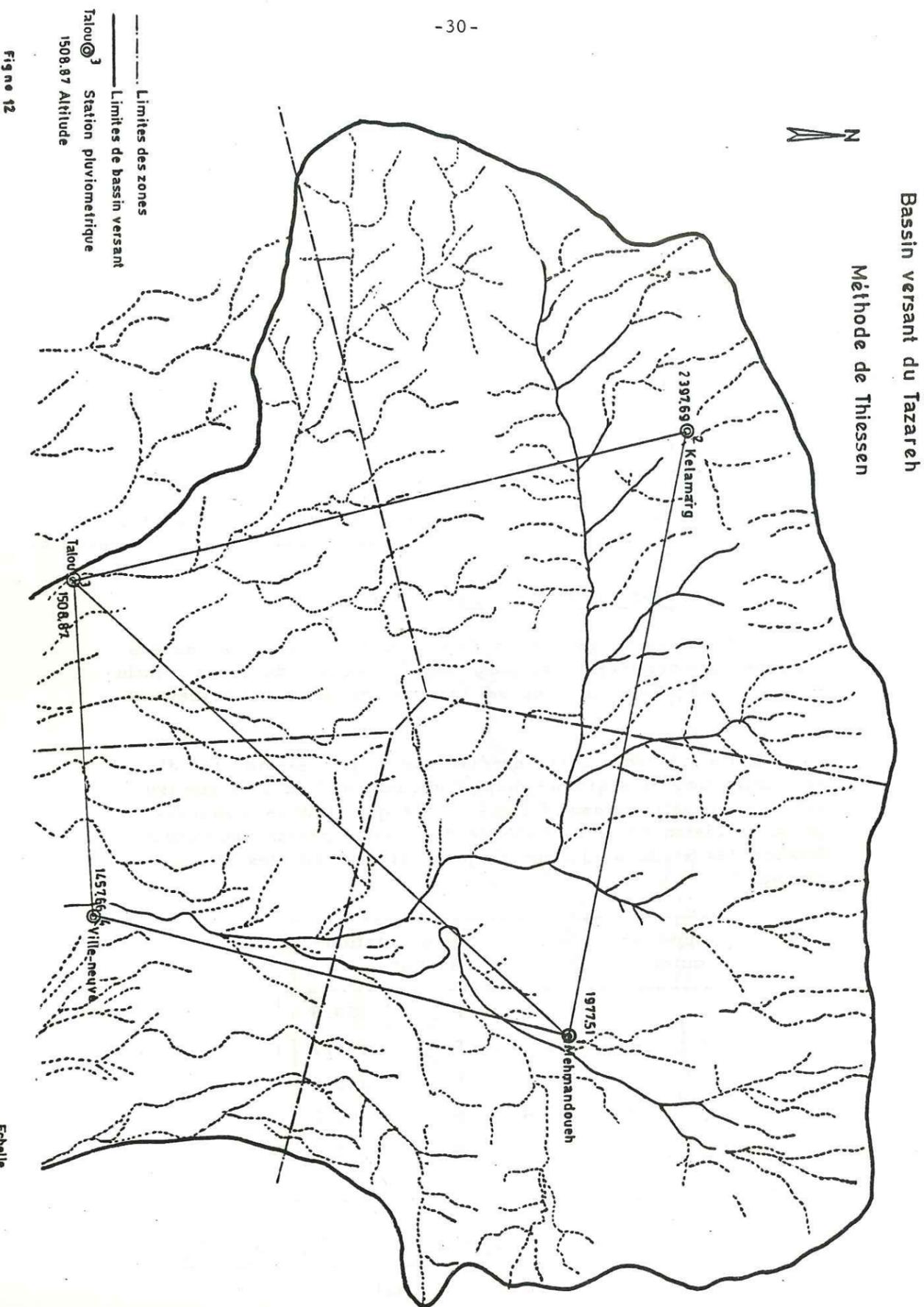
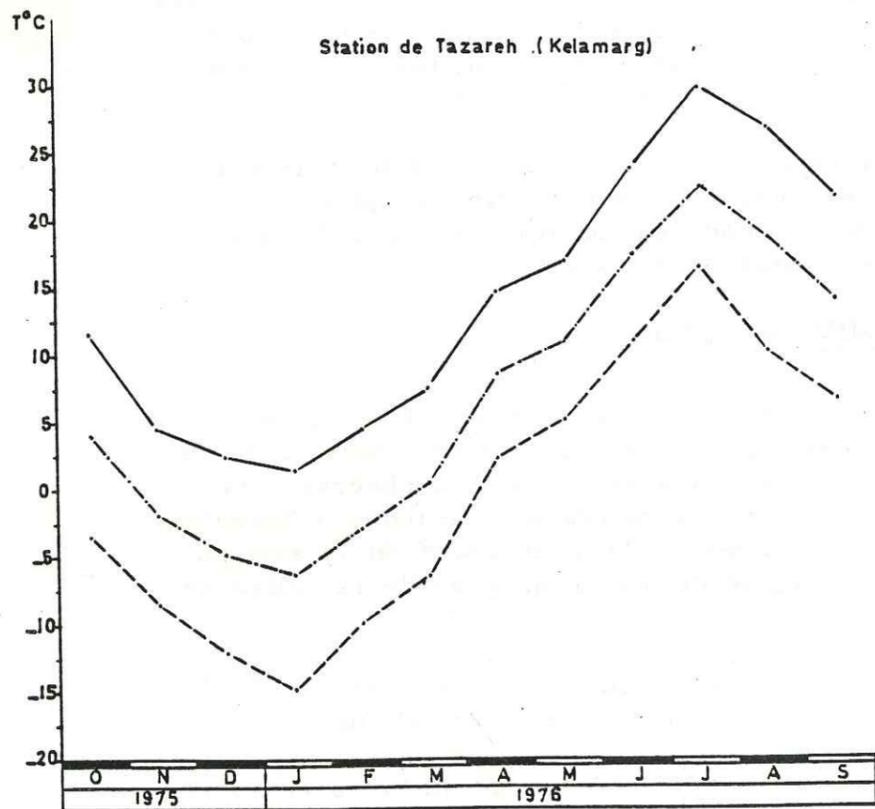
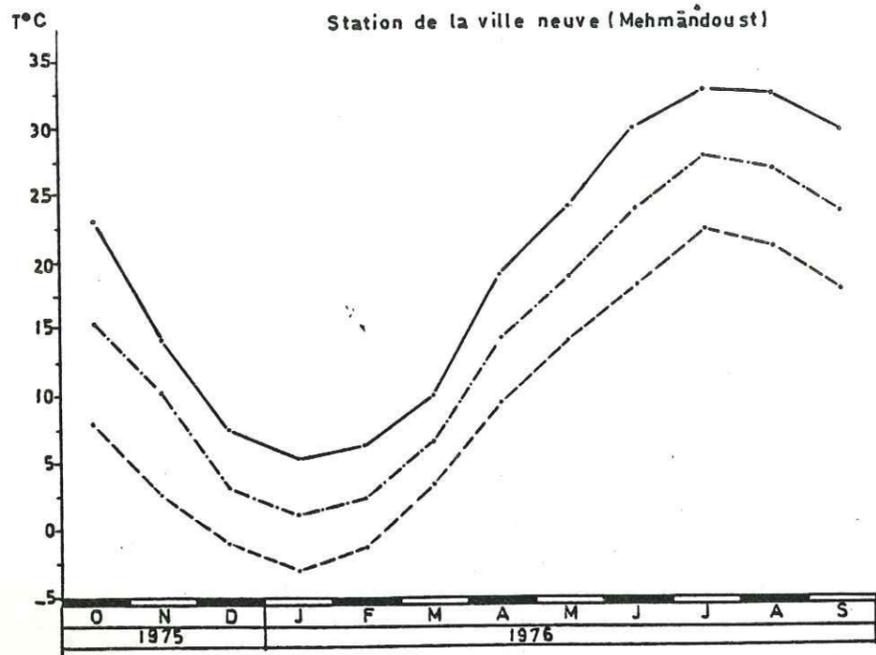


Figure 12

----- Limites des zones
 _____ Limites de bassin versant
 (3) Station pluviométrique
 1508,87 Altitude

Echelle
 0 1 2 km



T max —
T min - - -
T moy - . - .

Températures mensuelles de l'année 1975-1976

Fig. no 13

A cause de l'absence de thermomètre sur les altitudes élevées et supérieures à 2 397,60 m qui ont une température inférieure à celle de la station de Kelamarg, nous pouvons estimer une température moyenne annuelle de 4° C pour l'ensemble de notre région.

Tableau n° 7

1975-1976		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Année hydrologique
Moy.	min.	-3.5	-8.7	-12.3	-14.8	-10	-6.4	2.2	5.	11.	16.4	10.	6.5	-0.4°
Moy.	max.	11.5	4.5	2.4	1.5	4.3	7.5	14.6	17	23.8	29.7	26.8	21.6	13.7°
Moy.	moy.	4	-2.1	-4.9	-6.6	-2.8	0.5	8.4	11	17.4	23.	18.4	14	6.7°
Moy.	min.	7.9	2.4	-1.2	-3	-1.2	3.4	9.6	14	18.3	22.5	21.3	18	9.3°
Moy.	max.	23	14	7.6	5.5	6.36	9.9	19	24	30	33.5	32.7	29.5	19.6°
Moy.	moy.	1457.66	8.2	3.2	1.3	2.6	6.6	14.3	19	24.1	28	27	23.7	14.4°

9 - CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION

9-1- Généralités

Au cours d'une période donnée, la différence entre les quantités d'eau tombées sur un bassin versant et les quantités d'eau écoulées mesurées à l'exutoire de ce bassin, constituent le déficit d'écoulement pour la période considérée.

$P - Q = D$

P = pluviométrie
Q = quantités d'eau écoulées mesurées à l'exutoire du bassin versant.

$D = E + I$

D = Déficit d'écoulement
E = Evapotranspiration
I = Variation des réserves sous forme de neige, glace, eau souterraine.

$P - Q = E + I$

Ce paragraphe a pour but d'évaluer le terme E, perte pour l'écoulement. Les facteurs influant sur l'évapotranspiration sont nombreux et mal connus. On peut les classer en trois groupes :

1- Etat de l'atmosphère :

Ce terme englobe tous les facteurs constituant le " pouvoir évaporant " de l'atmosphère : température, insolation, vitesse et turbulence du vent, pression barométrique etc...

2 - Types de surfaces d'évaporation :

Ce sont les facteurs constituant la " facilité d'évaporation " : surface d'eau libre (étendue, profondeur de la nappe) végétation (développement du feuillage, profondeur des racines).

3 - Possibilité d'alimentation :

On distingue d'évapotranspiration réelle, quantité d'eau effectivement évapotranspirée et l'évapotranspiration potentielle, quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée, compte tenu des conditions climatiques si l'approvisionnement en eau était à tout instant suffisant.

Dans notre région comme dans toutes les régions montagneuses le facteur altitude joue un grand rôle sur les variations des précipitations et de la température, qui sont les facteurs influents sur la quantité d'eau évapotranspirée. D'autre part les eaux écoulées en surface et les eaux qui s'infiltreront proviennent d'altitudes élevées.

C'est pourquoi nous avons choisi les données des précipitations et de la température en fonction des caractères climatiques des altitudes élevées pour les calculs de l'évapotranspiration. Donc la lame d'eau précipitée sur le bassin versant est 187 mm (obtenue par la méthode de gradient altimétrique de précipitation) et la température moyenne annuelle est 4° C.

9-2- L'évapotranspiration par les formules de Coutagne

Il existe deux formules de Coutagne, la première qui est la plus simple, ne fait intervenir que la température moyenne annuelle T. Elle a pour domaine d'application les régions comprises entre 30 et 50 degrés de latitude nord et une pluviométrie annuelle comprise entre 960 et 640 mm.

Elle est de la forme $D = 210 + 30 T$

D étant le déficit d'écoulement en mm

Dans notre région cette formule n'est pas utilisable parce que la pluviométrie annuelle est inférieure à 640 mm.

La seconde formule plus récente, fait intervenir la pluviométrie annuelle P pour mesurer l'évapotranspiration réelle. Cette formule peut être utilisée pour la moyenne température annuelle 4° - 20 ° C

Elle s'écrit $E_r = P - \lambda P^2$

avec $\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 T}$

P = précipitation moyenne annuelle en mm

T = température moyenne annuelle en ° C

Cette formule n'est valable que pour les précipitations comprises entre $\frac{1}{8\lambda}$ et $\frac{1}{2\lambda}$

c'est à dire pour notre région d'après la précipitation obtenue par le gradient altimétrique de précipitation (P = 187 mm) et T = 4 °C, entre 170 et 680 mm.

Donc nous avons effectué les calculs qui nous conduisent à :

$\lambda = 0,735$

$E_r = 0,187 - 0,735 (0,187)^2$

$E_r = 161 \text{ mm}$

9-3 Evapotranspiration par la méthode de Turc

La formule de L. Turc permet de calculer le " déficit d'écoulement " annuel en fonction des précipitations annuelles et de la température moyenne annuelle T.

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{avec } L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

D = déficit d'écoulement annuel en mm d'eau
P = précipitations annuelles en mm d'eau
T = températures moyennes annuelles en ° C

Appliquée au bassin de Tazareh avec T = 4°C et P = 187 mm elle donne D ou $E_r = 167,69$ mm

9-4 Méthode de Thornthwaite

On peut calculer l'évapotranspiration réelle d'après la méthode de Thornthwaite.

Dans un premier stade, on calcule l'évapotranspiration potentielle et les réserves du sol que l'on fixe plus ou moins arbitrairement.

L'évapotranspiration réelle annuelle est obtenue par addition des valeurs de l'évapotranspiration possible chaque mois à partir des précipitations ou des réserves du sol.

D'une manière générale, cette méthode est très complexe mais dans notre région où les sols sont souvent inexistant, son emploi qui nécessiterait la détermination de la valeur d'un stock d'eau évaporable de façon absolument théorique ne nous paraît pas adaptée. Il paraît plus convenable d'essayer d'affiner les résultats que l'on peut obtenir par d'autres méthodes.

9-5 Conclusion

G. Castany a constaté que pour 254 bassins, dispersés sur toute la surface du globe, la comparaison de mesures réelles et des calculs effectués avec la formule de L. Turc a donné des résultats satisfaisants et l'équation est applicable à tous les climats, arides et humides, froids et chauds. C'est la raison pour laquelle nous admettons que le résultat de l'évapotranspiration calculée par la méthode de Turc dans notre région est assez satisfaisant et c'est à partir de cette valeur que nous calculerons la lame d'eau qui peut s'infiltrer sur les surfaces des roches. En raison de l'absence de sols susceptibles d'une régulation des échanges avec l'air nous n'utiliserons pas l' E_p dans nos calculs du bilan.

10 - BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT (pour les années 75-76)

La formule classique du bilan est :

$$P = E + R + I$$

P = précipitation moyenne annuelle en mm.
E = évapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm.
I = infiltration moyenne annuelle en mm.
R = ruissellement moyen annuel en mm.

10-1 - P = Précipitation moyenne annuelle.

Pour le calcul du bilan hydrologique, nous avons choisi comme précipitation moyenne annuelle du bassin versant, la valeur obtenue par la méthode de gradient altimétrique de précipitation qui est de 187 mm.

$$P = 187 \text{ mm ou } 58,7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

10-2- Evapotranspiration réelle moyenne annuelle.

On a obtenu une évapotranspiration de 167,69 mm pour l'ensemble du bassin versant d'après la méthode de L. TURC. Cette valeur est égale à 89,6 % des précipitations

$$E = 167,69 \text{ mm ou } 52,6 \times 10^6 \text{ m}^3$$

D'après les valeurs de P et E_r la lame d'eau infiltrée et ruissellée est 19,31 mm

$$P - E_r = (I + R) \quad 187 - 167,69 = 19,31 \text{ mm}$$

$$\text{Donc } I + R = 19,31 \text{ mm}$$

10-3- Ruissellement moyen annuel.

Nous avons calculé le ruissellement du bassin à partir des mesures des débits effectuées 3 fois par mois pendant la durée de l'étude à la sortie du bassin versant.

La valeur obtenue est 110 l/s soit 11 mm pour l'ensemble du bassin versant :

$$R = 11 \text{ mm ou } 3,4 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Cette valeur est donc 5,9 % de précipitation et 60 % de (R + I)

10-4- Infiltration moyenne annuelle.

D'après la valeur du ruissellement obtenue en mesurant les débits à la sortie du bassin nous arrivons à une valeur de 8,5 mm de l'infiltration. C'est à dire à 4,5 % des précipitations et 4 % de (R + I). Il faut bien remarquer que cette valeur comprend la réinfiltration effectuée pendant le ruissellement.

$$I = 8,5 \text{ mm ou } 2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Si l'on applique ces données au bassin versant on obtient l'équation suivante :

$$P = E + R + I$$

$$(58,7 \times 10^6) (52,6 \times 10^6) (3,4 \times 10^6) (2,7 \times 10^6)$$

En conclusion l'apport au bassin à partir des précipitation pendant l'année 1975-1976 est: $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$

Il faut remarquer que cet apport n'est pas le seul facteur qui alimente notre bassin versant. Nous pouvons donc indiquer que les grandes failles drainant les autres bassins versants situés à l'extérieur de notre territoire d'étude jouent un rôle très important dans l'alimentation du Tazareh.

	La lame d'eau en mm	Volume d'eau 10^6 m^3	% de P annuelle
P	187	58,7	100
E	167,69	52,6	89,6
R	11	3,4	5,9
I	8,5	2,7	4,5

Tableau n°8

11 - CONCLUSION GENERALE

Dans notre région qui est sous l'influence de deux conditions climatiques aride au sud, et semi-aride au nord, les variations des altitudes jouent un grand rôle dans la situation climatique. C'est la raison pour laquelle nous constatons une répartition plus élevée de précipitation sur les altitudes supérieures de 2400 m par rapport aux altitudes moins élevées.

A cause du pendage raide et la valeur élevée de la précipitation, sur les altitudes supérieures, le ruissellement sur les hautes montagnes est plus fort que les basses altitudes.

Quant à l'infiltration, nous avons une très faible valeur de 4,5 % des précipitations. Cette faiblesse dépend d'une part de la formation argileuse de Lias qui constitue presque la moitié de la superficie de la région et qui à une très faible perméabilité et d'autre part la qualité de la fissuration des formations calcaireuses qui n'est pas satisfaisante.

Mais malgré les valeurs faibles de la précipitation et de l'infiltration, grâce aux failles drainantes des autres bassins versant nous avons un apport considérable d'eau au bassin versant du Tazareh.

C H A P I T R E IV

=====

SITUATION GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE TAZAREH

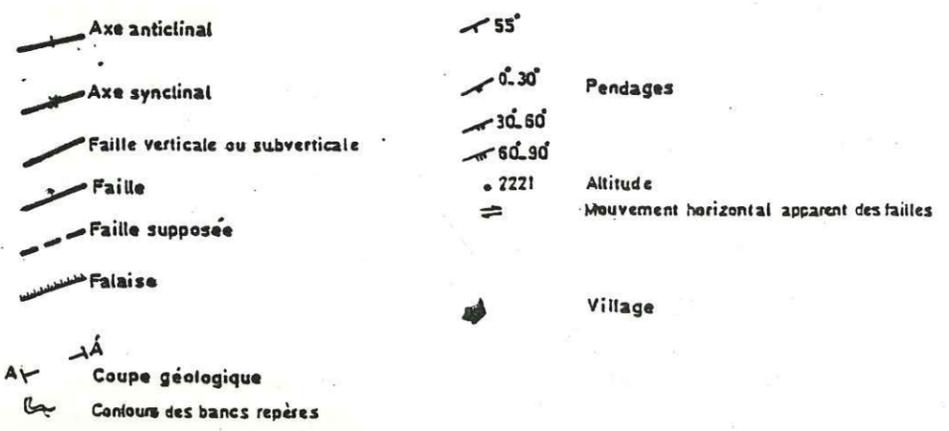
=====

- 1 - STRATIGRAPHIE
- 2 - PALEOGEOGRAPHIE DE DETAIL DES DEUX SECTEURS PRINCIPAUX DE LA REGION ETUDIEE
- 3 - TECTONIQUE



LEGENDE

QUATERNAIRE	Qeb	Eboulis	
	Qal	Alluvion torrentielles	
	Qt2	Terrasses jeunes de la plaine	
	Qt1	Terrasses anciennes	
NEOGENE	Ngc	Conglomerat	
	Ngm	Marnes	
PALEOGENE	E	Tufs chloriteux - Schistes	For. Karadj
CRETACE		Calcaires	
		Calcaires noduleux	For. Lar
JURASSIQUE		Calcaires marneux	For. Dalitchai
	Js	Grès - Schistes. Lits de charbon	For. Shemshak
TRIAS et PERMIEN	Pr	Dolomies	For. Elikah
		Calcaires	For. Routeh
		Grès - Schistes	For. Doroud
CARBONIFERE inf DEVONNIEN sup	Dcc	Calcaires marneux	For. Gelroud
		Grès - Schistes	
ORDOVICIEN	Op	Schistes	For. Mila
CAMBRIEN	Em	Dolomies - Calcaires	
	Elz	Top Quartzite	For. Lalun
	Et	Grès rouges	



Figno 14

CARTE GEOLOGIQUE du BASSIN de TAZAREH



SITUATION GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE TAZAREH
=====

1 - STRATIGRAPHIE

1-1- Introduction

La région de Tazareh qui a fait l'objet de notre étude se place au flanc sud de la chaîne de l'Alborz oriental. Elle correspond structurellement à deux zones séparées par un grand décrochement transversal.

Les formations primaires et tertiaires sont moins développées que celles du Secondaire qui occupent environ 70 % de la surface couverte. Le Lias est la plus développée de toutes les formations secondaires. (Fig. n° 14)

1-2- Cambro-ordovicien

1-2-1- Le Cambrien inférieur (Formation de Lalun)

Le Cambrien inférieur est représenté dans une grande partie de l'Iran par des grès arkosiques rouges, épais de 500 à 1 000m , à stratification entrecroisée, contenant des " Crusiana " qui constituent la " formation de Lalun ".

Les grès de Lalun sont surmontés par un banc de quartzite blanc très caractéristique et très constant, dénommé " top quartzite ".

Dans la région étudiée, la formation de Lalun est représentée à l'Est et au Sud-Ouest du bassin versant de Tazareh. Cette formation qui a une épaisseur d'environ 340 m est représentée par des grès arkosiques rouge - foncé à stratification entrecroisée et traces de Ripple -Marks. Dans la partie supérieure de la formation de Lalun, on trouve quelques niveaux de grès quartziteux de couleur rosâtre à cassure blanche. Leurs épaisseurs ne dépassent pas un mètre.

Les grès quartziteux rouges sont surmontés par les schistes verts et rouges en minces lits avec une épaisseur de 20 mètres. Le terme supérieur de Lalun est représenté par 40-60 m de quartzites gris-verdâtre " top quartzite " .

1-2-2- Le Cambrien moyen-Ordovicien (Formation de Mila)

Dans la chaîne de l'Alborz et la majeure partie de l'Iran central les assises carbonatées surmontant la formation de Lalun s'appellent la " formation Mila " dont l'âge

va du Cambrien moyen à l'Ordovicien.

On distingue à leur partie inférieure au dessus du " top quartzite " de la formation de Lalun une alternance de dolomies gris-foncé et noirâtres et de marnes jaunes et à leur partie supérieure des calcaires à Trilobites et Brachiopodes avec une alternance de schistes et de calcaires bien lités.

La formation de " Mila " a été définie pour la première fois en 1963 au pied sud du " Mila-Kouh", à l'Ouest de la ville de Damghan par A. Ruttner et Nabavi. Dans sa localité-type, cette formation dont l'épaisseur atteint 585 m comporte cinq termes distincts:

1 - au-dessus du " top quartzite " de la formation de Lalun, 190 m correspondant à une alternance de dolomies gris-foncé et noirâtres et de marnes jaunes.

2 - 90 m de calcaire en lits minces alternant avec des calcaires recristallisés à Trilobites, Hyolithes et Obolus.

3 - 80 m de calcaires glauconieux à Trilobites et Brachiopodes.

4 - 95 m de pélites, quartzites, calcaires à Trilobites.

5 - 130 m d'alternances de schistes et de calcaire bien lités.

Les fossiles recueillis le long de cette coupe indiquent un âge compris entre le Cambrien moyen-supérieur et l'Ordovicien.

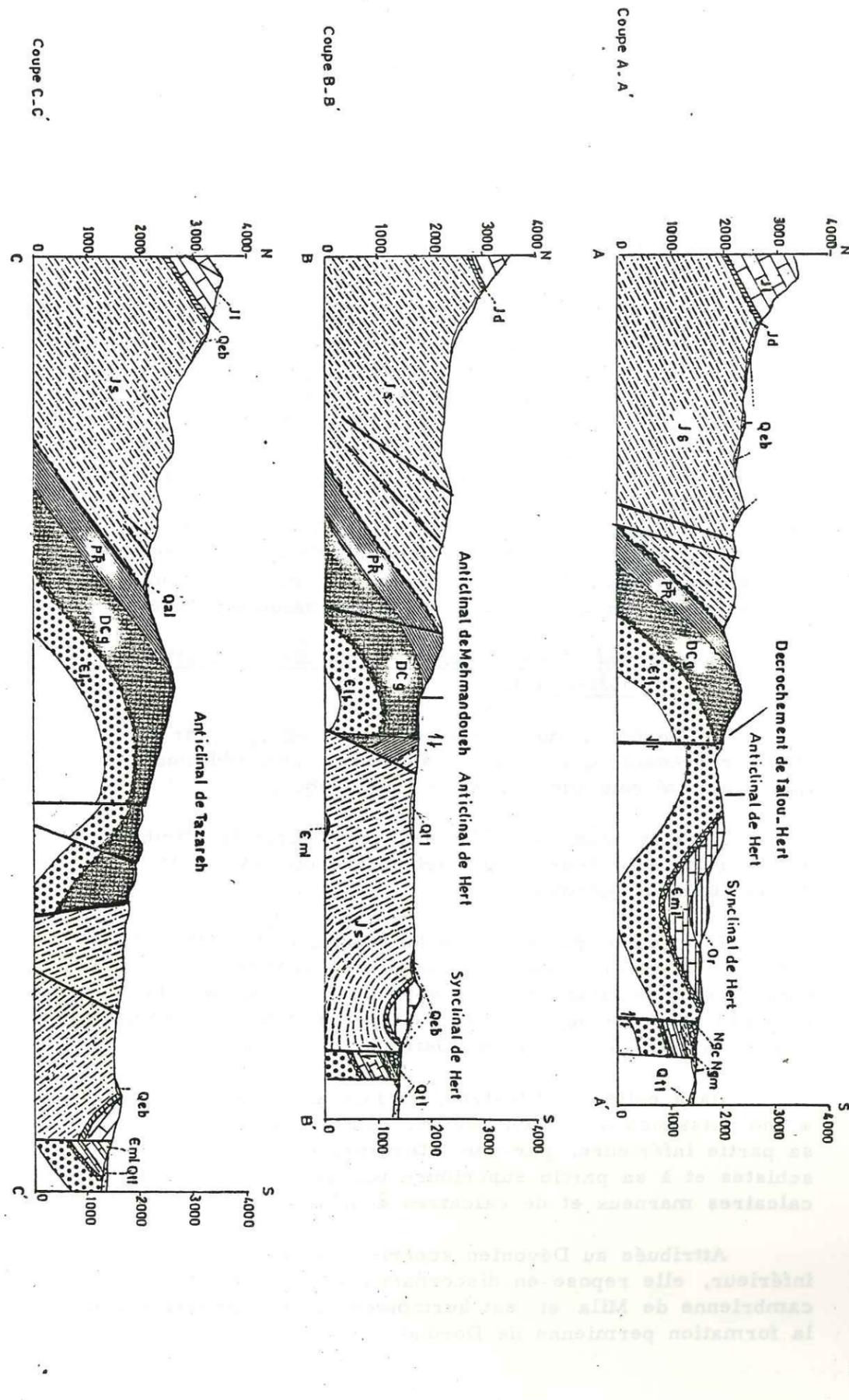
Dans la région étudiée, la formation de Lalun est directement surmontée par les assises de la formation de Mila.

Des corrélations satisfaisantes peuvent être établies entre la coupe-type de Mila-Kouh et celle de notre région malgré leurs constitutions un peu différentes.

L'épaisseur de cette formation dans la région étudiée est environ de 570 m.

Le terme 1 de Lalun à l'Est de la région correspond à 185 mètres d'une alternance de dolomies gris-foncé et noirâtres à bancs et nodules de silex et de marnes jaunes. Cette alternance montre en outre des niveaux

Coupes géologiques de la région de TAZAREH



de schistes marneux jaunâtres qui ont une puissance de 3 m. Les autres sédiments déposés sur le terme 1 de la formation de Mila ne peuvent pas être bien séparés comme ceux qu'on a vu sur sa coupe type. Nous avons rangé la base de cette formation dans le Cambrien moyen par analogie de faciès avec le "terme 1" de la coupe type de l'Alborz.

1-3- Silurien et Dévonien inférieur.

A la fin de l'Ordovicien et au début du Silurien, des mouvements épirogéniques positifs, ayant coïncidé avec les mouvements orogéniques calédoniens dans d'autres régions du globe, ont affecté la majeure partie de l'Iran et se sont traduits particulièrement par l'émersion de la chaîne de l'Alborz et du secteur occidental de l'Iran central. Aucun sédiment du Silurien ni du Dévonien inférieur n'a été reconnu jusqu'à présent dans ces régions où les formations cambriennes sont directement surmontées, sans discordance angulaire, par les assises du Dévonien moyen, du Dévonien supérieur (comme zone B de la région) ou même du Permien. En revanche, on en connaît dans une petite partie de l'Iran oriental et dans la chaîne du Zagros.

1-4- Dévonien supérieur et Carbonifère (Formation de Geïroud).

Le Dévonien moyen est peu connu en Iran car il n'est représenté que dans les secteurs où la sédimentation avait été continue durant le Paléozoïque.

Dans la chaîne de l'Alborz, les sédiments attribués au Dévonien supérieur et au carbonifère constituent la "formation de Geïroud".

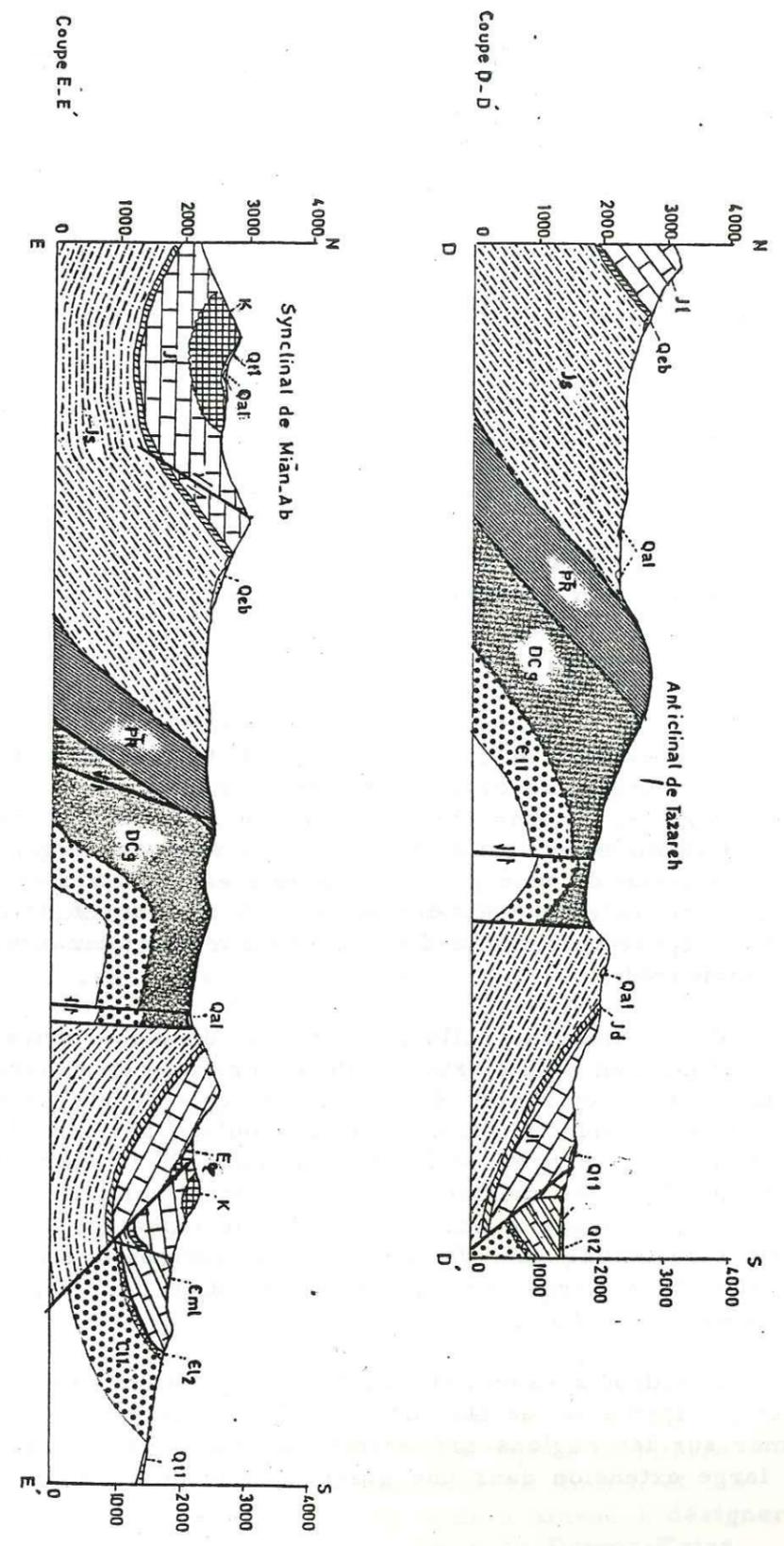
La coupe-type de cette formation a été prise en 1963 par R. Assereto dans le massif de l'Alborz, à une cinquantaine de kilomètres au Nord de Téhéran, sur la rive gauche de la haute vallée de Djadjroud et à environ 200 m au Nord du village de Geïroud.

Dans cette localité-type, la formation de "Geïroud" a une puissance d'environ 750 m; elle est formée, dans sa partie inférieure, par une alternance de grès et de schistes et à sa partie supérieure par une alternance de calcaires marneux et de calcaires zoogènes.

Attribuée au Dévonien supérieur et au Carbonifère inférieur, elle repose en discordance sur la formation cambrienne de Mila et est surmontée en transgression par la formation permienne de Doroud.

Fig. no 16

Coupes géologiques de la région de TAZAREH



Dans notre région d'étude, la formation de " Geïroud " est représentée à l'axe de l'anticlinal de Tazareh et aussi au nord du petit village de Hert.

La coupe que nous avons relevée au nord du village de Talou est formée de bas en haut par une alternance de grès quartzitiques blanchâtres et rosés et de calcaires gréseux recristallisés. Dans cette partie qui débute par un niveau de grès quartzitiques blancs et roses, à grain grossier, de 15 m d'épaisseur on distingue aussi un niveau de gypse de 20m d'épaisseur. La partie supérieure de cette formation consiste en une alternance de calcaires et de calcaires marneux noirs et gris foncés ainsi que de schistes argilo-calcaires noirs. Dans les calcaires de cette formation on a trouvé des Spirifer et des coraux.

L'épaisseur de la formation de Geïroud dans notre région d'étude est environ de 700 m.

1-5- Permien

Après une émergence presque générale durant le carbonifère supérieur, émergence qui peut être mise en relation avec les mouvements orogéniques hercyniens d'autres régions du globe, la mer transgressive du Permien couvre à nouveau la majeure partie du pays. Des dépôts terrigènes et océanogènes du type peu profond formés essentiellement à leur base de grès quartzitiques et à leur sommet de calcaires, reposent en faible discordance sur les formations plus anciennes.

On ne discerne nulle part en Iran de discordance majeure témoignant de l'existence d'une véritable orogénèse hercynienne. Les horizons gréseux par lesquels débute partout le Permien donnent toutefois à penser qu'une période d'érosion importante a précédé la transgression de la mer du Permien. Dans les montagnes de l'Alborz, l'horizon gréseux de base, qui comporte parfois des lits de calcaires, est appelé " formation de " Doroud " il est surmonté par des calcaires fossilifères constituant la formation de " Routeh " (R. Assereto 1963).

Les dépôts essentiellement gréseux du Permien inférieur (" formation de Doroud ") qui marquent le retour de la mer sur les régions précédemment émergées, montrent une large extension dans une grande partie de l'Iran.

1-5-1- Permien inférieur (Formation de Doroud).

La coupe type de cette formation a été relevée en 1963 par R. Assereto dans l'Alborz, près du village de Doroud,

au Nord de Téhéran. Cette formation d'une puissance d'environ 150 m surmonte ici en transgression la " formation de Geïroud " et est surmontée à son tour, en concordance, par la " formation de Routeh ".

Elle se compose d'une alternance de grès et de schistes contenant quelques intercalations de calcaires gréseux à faune peu abondante de Fusulines, Brachiopodes et Lamélibranches.

Dans notre région la formation de Doroud n'est bien représentée que sur le flanc nord de l'anticlinal de Tazareh. La coupe que nous y avons relevée à une épaisseur de 100 m montre de bas en haut :

1- 40 m de grès quartziteux rouges à grains grossiers, à stratification entrecroisée ;

2 - 40 mètres de schistes rouges micacés ;

3 - 20 mètres : alternance de grès quartzitiques rouges et schistes micacés rouges et aubergine.

1-5-2- Formation de Routeh (Permien inférieur-moyen).

La coupe-type a été prise par R. Assereto dans l'Alborz, au N-E de Téhéran, dans le vallon du Routh affluent de Djadgeroud, en aval du village de Zaïgoun. Cette formation correspond à des calcaires organo-détritiques très fossilifères épais d'environ 230 m, qui ont livré une faune de Bryozoaires, Brachiopodes et Fusulines où N. Fantini-Sestini à reconnu :

<i>Fenestella</i> cf. <i>prulegans</i>	<i>Cleiothyridina subexpansa</i>
<i>Rhombopora</i> cf. <i>polyporata</i>	<i>Cleiothyridina</i> cf. <i>capillata</i>
<i>Wentzellophyllum persica</i>	<i>Neochonetes asseretoi</i> sp. n.

Ces fossiles, de même que les Fusulines qui les accompagnent, conduisent à attribuer la " Formation de Routeh " au Darvasien p. parte et Murgabien p. parte .

Dans notre région d'étude cette formation est constituée d'environ 200 m de calcaires bien lités de teinte grise plus ou moins foncée avec intercalation de dolomie. Nous ne pouvons pas bien séparer dans tout le territoire de notre étude les calcaires et dolomies de Routeh et les dolomies du Trias inférieur ce qui nous a amené à désigner ces deux formations sous le nom unique de Permo-Trias.

1-5-3- Formation de Nessen (Permien Supérieur)

La section-type de cette formation, d'une épaisseur de 150 m, a été relevée à 10 Km au N-W de Nessen (Nord du tunnel de Kandovan). Elle correspond à une alternance de schistes marneux noirs et de calcaires noduleux gris foncé. La partie supérieure de cette formation est constituée par les calcaires en bancs épais avec des nodules de silex. Cette formation repose en concordance sur la formation de Routeh et elle est surmontée par la formation d'Elika.

Dans la région étudiée nous n'avons pas pu individualiser la formation de Nessen. Il se pourrait que dans notre région comme dans la majeure partie du versant méridional de l'Alborz une phase d'émersion accompagnée de légères déformations amène le Trias inférieur et moyen à surmonter directement le Permien moyen.

1-6- Trias inférieur et moyen.

D'une façon générale, aucune discordance accentuée ne sépare le Trias des assises du Paléozoïque supérieur. Au point de vue lithologique, les assises du Trias inférieur et moyen ne diffèrent pas fondamentalement des formations antérieures : aux calcaires fossilifères sombres du Permien supérieur succèdent presque partout, comme nous allons le voir, des calcaires vermiculés et des dolomies claires azoïques, qui témoignent seulement d'une diminution de profondeur du bassin de sédimentation.

1-6-1- Formation d'Elikah

Dans la chaîne de l'Alborz, le Trias inférieur et moyen correspond à la " formation d'Elikah " dont le type a été pris en 1964 par M. Claus dans la partie centrale de la chaîne d'Alborz, près du village d'Elikah qui se situe sur la route de Téhéran à Tchalus, à une quinzaine de kilomètres du col de Kandevan.

Cette formation comprend des calcaires à sa base et des dolomies à sa partie supérieure.

Dans notre région d'étude la formation d'Elikah est bien représentée sur le flanc sud du vallon de Tazareh et elle montre de bas en haut :

1 - une alternance de calcaires en lits plus ou moins minces de couleur gris foncé et à patine jaune et quelques bancs de calcaires dolomitiques.

2 - Calcaires dolomitiques de teinte gris foncé ou jaune brique avec beaucoup de fissures colmatées par de la calcite.

3 - Alternance de dolomies grises et de calcaires à cassure jaune ocre. L'épaisseur de cette formation est de 250 à 300 mètres.

1-7- Trias supérieur-Lias.

Au début du Trias supérieur, d'importants changements se produisirent dans la nature de la sédimentation. Aux calcaires et dolomies du Trias inférieur et moyen de type marin succèdent généralement les sédiments essentiellement détritiques et terrigènes du Trias supérieur et les dépôts de type paralique du Rhéto-Lias. Ce changement complet dans la nature des sédiments résulte très certainement de mouvements se plaçant à la fin du Trias moyen (?) et au début du Trias supérieur. Ce sont ces mêmes mouvements qu'il serait possible d'attribuer à la phase du " Labien ", laquelle a provoqué dans une partie de l'Iran central, la légère discordance entre le Trias moyen et le Trias supérieur.

Dans la majeure partie de la chaîne d'Alborz les sédiments n'ont pas changé sensiblement de nature entre le Trias supérieur et le Lias et le passage de l'un à l'autre se fait sans interruption de sédimentation. C'est la raison pour laquelle on a englobé sous la même appellation de " formation de Shemshak " l'ensemble des assises correspondant au Trias supérieur et au Lias dans la chaîne de l'Alborz.

1-7-1- Formation de Shemshak dans sa région type.

Le nom de " formation de Shemshak " a été employé pour la première fois en 1964 par J. Dellenbach, sans être accompagné toutefois d'une description détaillée des assises auxquelles il s'appliquait. En 1966, une section-type en a été relevée par R. Assereto au village de Shemshak, à 50 km au Nord de Téhéran; elle comporte sur 1 000 m d'épaisseur, quatre termes principaux dont la composition globale est pour chacun la suivante (de bas en haut) :

1 - Terme gréseux inférieur 78 m de grès quartzi-tique à grain grossier et moyen de couleur claire et de grès micacés gris et de schistes carbonatés.

2 - Terme charbonneux inférieur 330 m de dépôts silteux et argileux avec débris de plantes et quelques lentilles de charbon.

3 - Terme gréseux supérieur 530 m de grès fins et de schistes à passées calcaires, contenant des Ammonites, des Lamellibranches, des crinoïdes, des coraux avec débris de plantes.

4 - Terme charbonneux supérieur 90 m de schistes argileux et marneux de dépôt silteux avec débris de plantes accompagnés de quelques lentilles de charbon.

La base de la formation étant azoïque dans la localité-type, l'âge de ces premières assises ne peut pas être précisé. D'après les plantes fossiles recueillies à un niveau un peu plus élevé (50 m au-dessus de la base)et d'après les faunes marines récoltées vers la partie supérieure du terme 4 on peut considérer que la formation de Shemshak commence probablement dans la localité-type, avec l'Hettan-gien et qu'elle se poursuit sans doute jusqu'au Bathonien.

Mais étant donné que la " formation de Shemshak " est transgressive et discordante sa base n'a pas partout le même âge et le Lias inférieur n'a pas pu être reconnu partout avec certitude.

1-7-2- La formation de Shemshak dans le bassin charbonneux de Tazareh.

Depuis l'année 1970, les géologues de NISC ont travaillé sur les formations charbonneuses (Lias-Dogger) de Tazareh. Ils ont découvert par des études détaillées que la formation de Shemshak dans notre région d'étude est plus complète que la coupe-type déjà observée. C'est la raison pour laquelle ils ont inventé une nouvelle dénomination pour les sédiments constituant les divers termes de la formation de Shemshak qui porte des noms régionaux. D'après cette classification nous avons sept suites comme ci-dessous :

1-7-2-1 - Suite de Razmdjah. Après une lacune au début du Trias supérieur les assises carbonatées de la formation d'Elikah sont surmontées au début du Rhétien par les sédiments terrigènes de la suite de " Razmdjah ".

Dans la région de Razmdjah où on trouve la coupe-type de cette suite les assises entrant dans sa constitution sont les suivantes, de bas en haut :

1 -) 3-8m de grès rouge qui surmonte les sédiments triasiques inférieurs et moyens.

2 -) 40-50 m de calcaires fossilifères de teinte gris foncé.

3-) 400 m d'alternances de grès, de silt et d'argile accompagnées de quelques lentilles de charbon et de troncs d'arbres.

4-) 5-12 m d'un sill andésitique contenant des Amphiboles et des Pyroxènes .

5-) un niveau quartzitique blanc.

Sur les grés de cette suite on trouve toujours des Rippel-Marks,

On peut comparer cette suite avec le terme gréseux inférieur de la formation de " Shemshak ".

1-7-2-2- Suite de Kalariz

Cette suite formée par une alternance de grès, silts et argiles a une épaisseur de 250-400 m avec environ 30 niveaux charbonneux dont 9 ou 10 niveaux sont exploitables.

Généralement cette suite comporte 3 parties dont la composition globale est pour chacune la suivante (de bas en haut).

- la partie inférieure (100-150 mètres) qui commence par un banc de grés quartzitique comporte des faunes fossiles de Pelecypodes.

- la partie moyenne (140-160 mètres) contient beaucoup de niveaux charbonneux.

- la partie supérieure (340-360 mètres) avec des grés fins en grain grossier avec (cross-bedding).

Les flores fossiles de la suite de Kalariz sont

- | | |
|---|--|
| 1- <i>Cladophelis</i> sp | 9- <i>Acrostichietes</i> sp |
| 2- <i>Pterophyllum</i> sp | 10- <i>Dictyophyllum</i> sp |
| 3- <i>Equisetites</i> sp | 11- <i>Pterophyllum</i> sp |
| 4- <i>Tacniopteris</i> sp | 12- <i>Nilssonia</i> sp |
| 5- <i>Baiena muensteriana</i> (Persica) | 13- <i>Angustifolius</i> Eichw |
| 6- <i>Podozamites</i> sp | 14- <i>Rictyophyllum</i> |
| 7- <i>Neocakamites</i> sp | 15- <i>Otozamites ashtarensis</i> Barm |
| 8- <i>Zamites persica</i> Barm | |

1-7-2-3- Suite d'Assiab.

Avec 200-300 mètres d'épaisseur, cette suite est formée par une alternance de grès quartzitique, de graviers et de silts avec des nodules de silts engagés dans un ciment silteux. Cette suite contient quelques niveaux et lentilles de charbon dont les épaisseurs sont négligeables. La limite inférieure d'Assiab est distinguable grâce à un banc de conglomérats.

1-7-2-4- Suite de Pachkelat.

Avec 200-400 mètres d'épaisseur et 30 niveaux charbonneux dont 5 niveaux sont exploitables, elle est formée par une alternance de grès, de silts, d'argiles et de couches charbonneuses. La limite supérieure de Pachkelat est composée d'un banc de grès fin avec des fossiles - Brachiopodes, Pelecypodes, Gastropodes. A la base de cette suite il y a un banc de grès avec des débris de grès quartzitique.

Les flores fossiles récoltées dans cette suite sont les suivantes :

- | | |
|---|------------------------------|
| 1- <i>Tacnopteris</i> sp. | 8- <i>Podozamites</i> sp. |
| 2- <i>Nilssonina</i> sp. | 9- <i>Leptos trobus</i> sp. |
| 3- <i>Cycadolepis</i> sp. | 10- <i>Sphenopteris</i> sp. |
| 4- <i>Pseudoctenis</i> sp. | 11- <i>Phleliopteris</i> sp. |
| 5- <i>Otozamites ashtapense</i> ^{Barn} | 12- <i>Tacnopteris</i> sp. |
| 6- <i>Sohenolaura</i> sp. | 13- <i>Pterophyllum</i> sp. |
| 7- <i>Umaltolepis</i> sp. | 14- <i>Ginkgoidium</i> sp. |

La suite de " Pachkelat " est comparable avec le terme charbonneux inférieur de la " formation de Shemshak".

1-7-2-5- Suite de " Ravazeh "

Après les grès fossilifères de la base de cette suite il y a une alternance de schistes et de grès fins de teinte verte, fossilifères. L'épaisseur de cette suite est environ 500 mètres. Cette suite ne contient pas de flores fossiles mais elle est riche en fossiles suivants :

Belemnites - *Cametonectes* - *Inoceramus* - *Ammonites* - *Pelecypodes* - *Trigonia* .

Les fossiles typiques qui accompagnent cette suite dans notre région et dans le terme gréseux supérieur à Shemshak comme *Ammonites*, *Grammocéplectus* sp nous conduisent à attribuer ces deux termes au Toarcien et à l'Aalénien.

La suite de Ravazeh montre une transgression lente de la mer sur les marais envahis par la végétation de la suite de " Pashkelat ".

1-7-2-6- Suite de Danserit

Elle est formée par 150-250 m d'une alternance de grès, de silts et d'argiles contenant quelques lentilles et couches de charbon. La présence de conglomérats à la base de cette suite indique qu'il s'agit d'un contact transgressif.

La limite supérieure de cette suite est formée par des schistes de teinte olive qui sont surmontés par des calcaires de teinte bleu-verdâtre contenant des *Ammonites* (Formation Dalichar).

Les plantes fossiles recueillies nous conduisent à attribuer cette suite au Dogger et au Callovien.

On peut comparer les alternances de grès, de silts et d'argiles de cette suite avec le terme supérieur charbonneux de la formation de " Shemshak ".

1-8- Dogger - Formation de Dalichar

Le régime est essentiellement paralique et limnique durant le Trias supérieur, et le Lias à partir duquel les dépôts montrent un faciès marin franc démontré par les faunes qu'ils contiennent.

Les assises succédant à celles du Lias forment un ensemble très développé dans tout l'Iran, notamment dans la chaîne de l'Alborz où le Dogger est représenté par des calcaires marneux, des marnes et des schistes à *Ammonites*, correspondant à la " formation de Dalichar " (partie supérieure de la suite de " Danserit " dans notre région d'étude).

Jusqu'à une époque récente, la présence du Dogger n'avait été reconnue dans l'Alborz que d'après quelques *Lamellibranches* provenant des collections de A. F. Stahl.

En 1931 A. Erni découvrit pour la première fois, dans une série de calcaires marneux et de marnes situées dans la vallée de " Dalichar " des *Ammonites* du Bathonien supérieur et du Bathonien, auxquelles A. Rivière ajouta en 1934, quelques espèces du Callovien et du Bathonien provenant d'assises plus élevées.

En 1966, R. Steiger a établi la coupe-type de la formation sur le flanc E de la vallée de " Dalichaï ", sur la route de Damavand à Firouz Kouh, à l'E du Zarin-Kouh (Alborz central).

Epaisse de 50 à 120 m suivant les points, la formation de " Dalichaï " est représentée de façon très constante par des calcaires en petits lits gris-verdâtres, et des calcaires marneux. Elle repose en concordance sur la formation de Shemshak et est surmontée en continuité de sédimentation par les calcaires d'âge jurassique supérieur de la " formation de Lar ". D'après A.F. Stahl, A. Erni et A. Rivière, sa limite inférieure se placerait au niveau du Bajocien supérieur-Bathonien.

A la suite de l'étude entreprise en 1968 sur sa faune d'Ammonites par Assereto et Alavi, ces auteurs ont mentionné les espèces suivantes qui caractérisent le Bathonien :

Polyplectites linguderus Orbigny

Parkinsonia arietis Welzel

- et le Callovien

Macrocephalites cfsakondriensis Basse

Reineckeia Reineckeites douvillei Steinman

Dans notre région d'étude cette formation correspond, sous une épaisseur de 100-120 mètres à une série de calcaires presque toujours un peu marneux à patine légèrement bleu-verdâtre assez caractéristique. Ses assises sont souvent masquées par les éboulis provenant des falaises que constituent au dessus d'elle les calcaires de la formation de Lar (Jurassique supérieur).

Comme nous l'avons déjà indiqué cette formation est surmontée sur les schistes de teinte vert olive de la suite de " Danserit ".

1-9- Malm-Formation de Lar

La coupe-type de la formation de Lar a été prise près du Demavand, dans la vallée de Lar, au NE de Garmabdar, à 50 km à l'E de Téhéran. D'après R. Assereto qui l'a décrite en 1966, elle correspond à 250 à 450 m de calcaires dont la partie inférieure est essentiellement constituée de calcaires micritiques en bancs minces et la partie supérieure, relativement massive, de calcaires à nodules de silex.

D'après les Ammonites qui ont été récoltées

l'âge de cette formation va de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien.

Dans la région étudiée la formation de Lar qui constitue les hautes falaises est tout à fait comparable à celle de la coupe-type.

La puissance de cette formation dans la région de Tazareh est environ 800 mètres et ses falaises constituent la limite septentrionale de notre bassin étudié.

1-10- Crétacé supérieur

La fin du jurassique supérieur est marquée par une phase orogénique intéressant la majeure partie de l'Iran. Dans la chaîne de l'Alborz, l'émersion fini-jurassique semble avoir été très générale si bien qu'au début du Crétacé, la mer n'occupe que quelques sillons peu profonds dans la partie centrale de la chaîne. Les dépôts datant de cette époque sont donc peu étendus et encore relativement mal connus.

La fin du Crétacé inférieur est marquée dans notre région comme dans la majeure partie de l'Iran par une régression quasi générale. La mer revient ensuite sur les territoires qu'elle avait abandonné tout en débordant ses anciennes limites.

Le crétacé supérieur est formé par 700-800 m d'une alternance de calcaires marneux et de calcaire gréseux qui constituent l'axe d'un synclinal situé au Nord de la limite septentrionale de notre territoire d'étude et il repose transgressivement sur les calcaires du jurassique supérieur (Formation de Lar).

1-11- Eocène et Oligocène

Les mouvements importants de la phase laramienne ont affecté l'ensemble de l'Iran à la fin du Crétacé supérieur et au début de l'Eocène. La violence, comme l'âge de ces mouvements ont varié suivant les régions, comme en témoignent les profondes modifications de la nature des faciès, l'émersion plus ou moins prolongée de secteurs étendus, et la formation de reliefs dont certains se sont conservés durant tout l'Eocène et même l'Oligocène. Ces mouvements orogéniques ont été accompagnés et suivis, pendant une grande partie de l'Eocène, par une forte activité volcanique.

Dans la chaîne de l'Alborz, particulièrement sur son versant sud, où se situe notre région d'étude, l'Eocène est représenté par des dépôts marins de type peu profond, qu'accompagnent des formations volcaniques extrêmement puissantes. Pour la première fois, en 1877, E. Tietze

désigna sous le nom de couches vertes, la succession des laves andésitiques, des assises sédimentaires et des tufs chloriteux qui constituent l'ensemble de l'Eocène de la chaîne de l'Alborz.

A. Riviere, en 1934, a distingué deux horizons nummulitiques, l'un d'âge lutétien l'autre, surmontant les couches vertes, qu'il a attribué au Priabonien probable.

La majeure partie des sédiments Eocène et Oligocène existant sur l'ensemble de la région de Damghan sont en dehors de notre limite d'étude et nous n'en avons qu'une petite partie au S-W de la région représentée par une alternance de tufs chloriteux verts, de schistes rouges noirâtres et de roches volcaniques dans laquelle nous n'avons pas observé de niveaux fossilifères. Par la nature de ses dépôts, cette série correspond à la formation de " Karadj " de l'Alborz. Cette formation repose en discordance soit sur les sédiments de jurassique supérieur soit sur les assises carbonatées du Crétacé.

1-12- Oligocène continental - Marnes Néogènes.

Dans l'Iran central, entre les sédiments marins de l'Eocène et de l'Oligo-Miocène, existe une série de couches évaporitiques et détritiques indiquant un régime continental et lagunaire.

Ces assises ont été appelées en 1955 par A. Gansser " formation rouge inférieure ". Dans l'ensemble, cette formation débute par des assises conglomératiques, des grès de teinte rouge dans les secteurs nord et ouest de l'Iran central.

Les marnes rouges et gypsifères qui affleurent à la limite méridionale de notre région d'étude sont tout à fait comparables par analogie de faciès avec la formation rouge inférieure de l'Iran central. C'est la raison pour laquelle nous les étudierons sous le nom général de Marnes du Néogène.

Les marnes du Néogène sont composées de marnes gréseuses rouges à passées de gypse et minces intercalations de conglomérats. L'épaisseur des lentilles de gypse intercalées dans les marnes rouges ne dépasse pas 15 cm. La base et la majeure partie inférieure de ces sédiments sont recouvertes par les alluvions de la plaine, c'est pourquoi nous ne pourrions pas préciser les sédiments et les formations surmontées par les marnes rouges, mais en les comparant avec la formation rouge supérieure, ils doivent reposer en discordance sur la formation des tufs de Karadj. Leur épaisseur est aussi indéterminable mais normalement elle doit être d'environ 300m. Les marnes néogènes sont surmontées par les conglomérats du Néogène.

1-13 - Pliocène - Quaternaire

Dans notre région comme dans la majeure partie de l'Iran, la " formation rouge supérieure " (marnes Néogènes) est surmontée par des dépôts conglomératiques dénommés " conglomérats du Plio-Pleistocène ": ce sont des alternances de conglomérats, d'argiles et de marnes gréseuses dont les teintes sont généralement plus claires que celles de la formation précédente. Aucun document paléontologique ne permet encore à notre connaissance, de caractériser de façon précise les terrains plus récents que le Mio-Pliocène et l'attribution de leurs assises au Plio-Pleistocène n'est due qu'à leur position stratigraphique ainsi qu'à leur analogie avec les formations Bakhtiari de la chaîne du Zagros et d'Hezardarreh sur le versant sud de l'Alborz. Dans la chaîne de l'Alborz, le passage de la " formation rouge supérieure aux marnes gréseuses, conglomérats et argiles de la " formation d'Hezardarreh " semble correspondre au Plio-Pontien d'après la découverte faite par A. Rivière d'une mandibule de Rhinocéridé et d'après les faunes d'eau douce de la région de Rey (sud de Téhéran) décrites par H. Rieben dans des couches de passage.

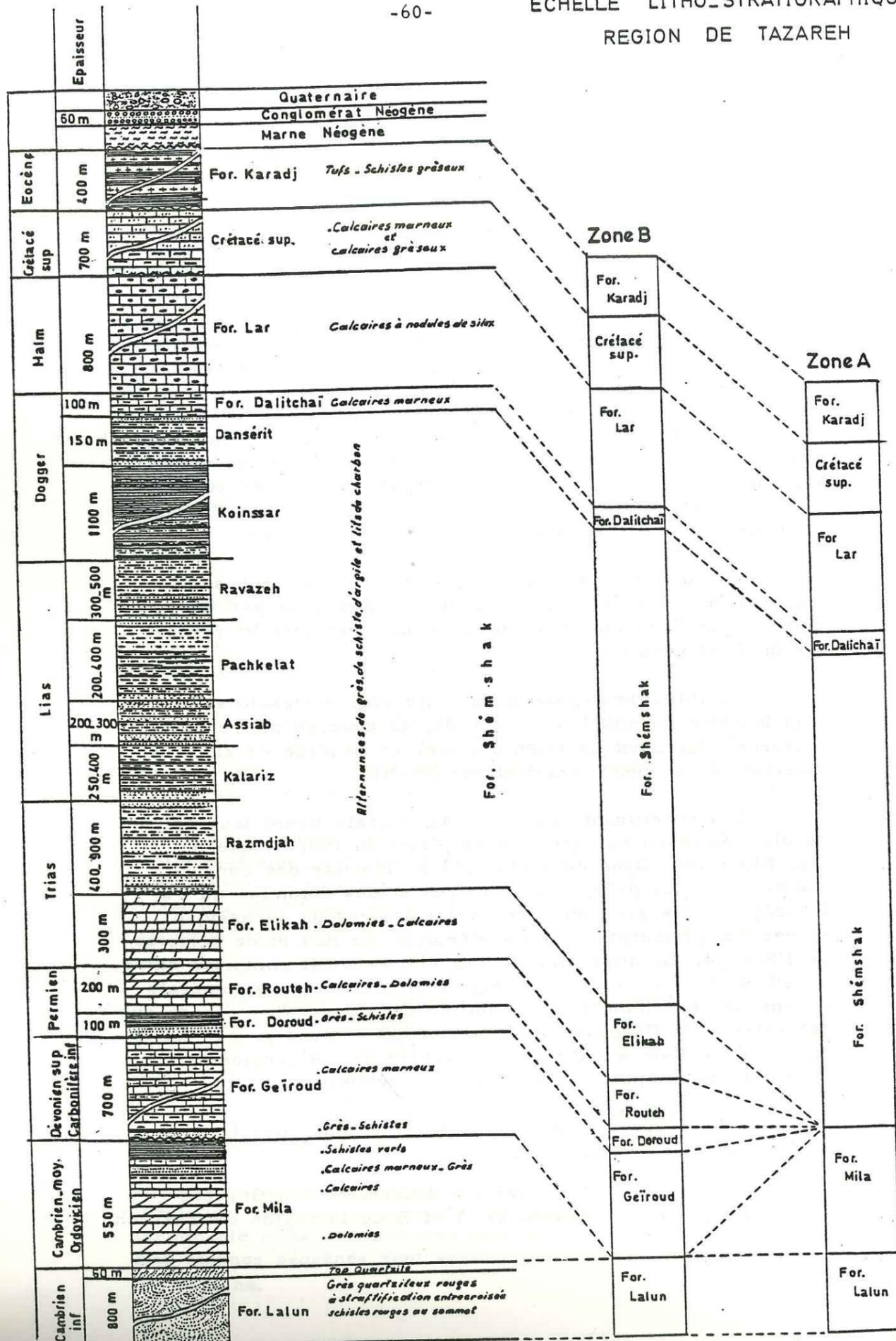
Les formations de Bakhtiari et d'Hezardarreh sont surmontées, lorsque les dépôts de cet âge n'ont pas été enlevés par l'érosion, par les alluvions anciennes et récentes du Quaternaire.

Le Plio-Pleistocène dans notre région d'étude s'étend à la bordure méridionale où ses dépôts avec 60 mètres d'épaisseur dessinent un synclinal avec un pendage de 20°. La direction de ce petit synclinal est SW-NE.

Les constituants de ces conglomérats tirent leur origine de différentes roches antérieures allant du Paléozoïque au Mio-Pliocène. Dans ce secteur, les éléments des conglomérats sont des grès, des calcaires et des dolomies du Paléozoïque, des grès du Lias, des calcaires du Jurassique moyen à supérieur et de petits éléments de tufs et de schistes de l'Eocène. La dimension de ces éléments est comprise entre 40x25 et 5x5 cm. La teinte beige claire de ces conglomérats dépend de ses éléments constitutifs. Cette formation repose sur les marnes du Néogène par l'intermédiaire d'une grande faille de direction E-W et elle est recouverte par le conglomérat consolidé et compact des terrasses alluviales.

Nous avons cartographié ces formations sous le nom de " conglomérat Néogène ".

La figure n° 17 montre les différentes constitutions litho-stratigraphiques des zones A et B de la région de Tazareh.



note: les épaisseurs indiquées sont approximatives

Fig. no 17

1-14 - Quaternaire

1-14-1- Terrasses anciennes Qt1

Aux conglomérats plio-pleistocène plus ou moins nettement plissés succèdent, sans qu'il soit toujours facile de les en séparer, les terrasses alluviales ou alluvions anciennes. La plupart du temps une discordance importante les sépare des terrains sous-jacents allant du Paléozoïque au Pliocène, ce qui traduit une phase orogénique post-pliocène et des actions épirogéniques du Quaternaire ancien. Ces terrasses s'observent essentiellement au centre et au sud de la région.

L'épaisseur réelle des alluvions donnant des hautes terrasses est généralement difficile à évaluer du fait des érosions. On pourrait quand même donner une épaisseur de 20 m au maximum. Les galets entrant dans la constitution de ces terrasses sont reliés entre eux par un ciment argilo-sableux assez compact.

1-14-2- Terrasses jeunes de la plaine Qt2

Elles sont très développées du Sud de la région et au Nord de la plaine d'alluvions. Elles sont formées d'un mélange de sables, de graviers et d'argiles. Dans la plaine de Mehmandoust la granulométrie de ces alluvions devient de plus en plus fine d'amont en aval, donc les plus perméables, se trouvent apparemment au N et en amont de la plaine de Mehmandoust.

1-14-3- Eboulis et brèches de pente

Ils sont un des traits majeurs du paysage; en effet d'immenses draperies d'éboulis recouvrent sur une épaisseur de 60 m au maximum la base de toutes les falaises du jurassique supérieur (formation de Lar) et cachent ainsi les séries inférieures. Malgré leur constitution plus ou moins marneuse, à cause du démantèlement de la formation calcaire-marneuse de Dalichar (Dogger), les circulations souterraines sont actives dans ces formations. On trouve souvent de petites sources au bas des éboulis qui se trouvent au nord de la région, au pied des falaises ceinturant notre limite septentrionale d'étude.

1-14-4- Alluvions torrentielles et Fluviales.

Elles emplissent la partie basse des vallées de notre région et constituent le lit des rivières. Cette formation offre un remplissage à caractère torrentiel. Elle est formée par des galets hétérogranulaires, des graviers, des sables et des argiles. Son épaisseur est d'environ 40 mètres.

2 - PALEOGEOGRAPHIE DE DETAIL DES DEUX SECTEURS PRINCIPAUX DE LA REGION ETUDIEE

Au point de vue paléogéographie, on y distingue deux secteurs principaux qui se sont mis en contact par un décrochement transversal qui s'appelle le décrochement de Talou-Hert. (Fig. n°18).

Nous allons expliquer séparément, ci-dessous, la situation paléogéographique de chacune de ces zones.

2-1- Zone A

Elle se situe au sud du décrochement et au nord de la plaine.

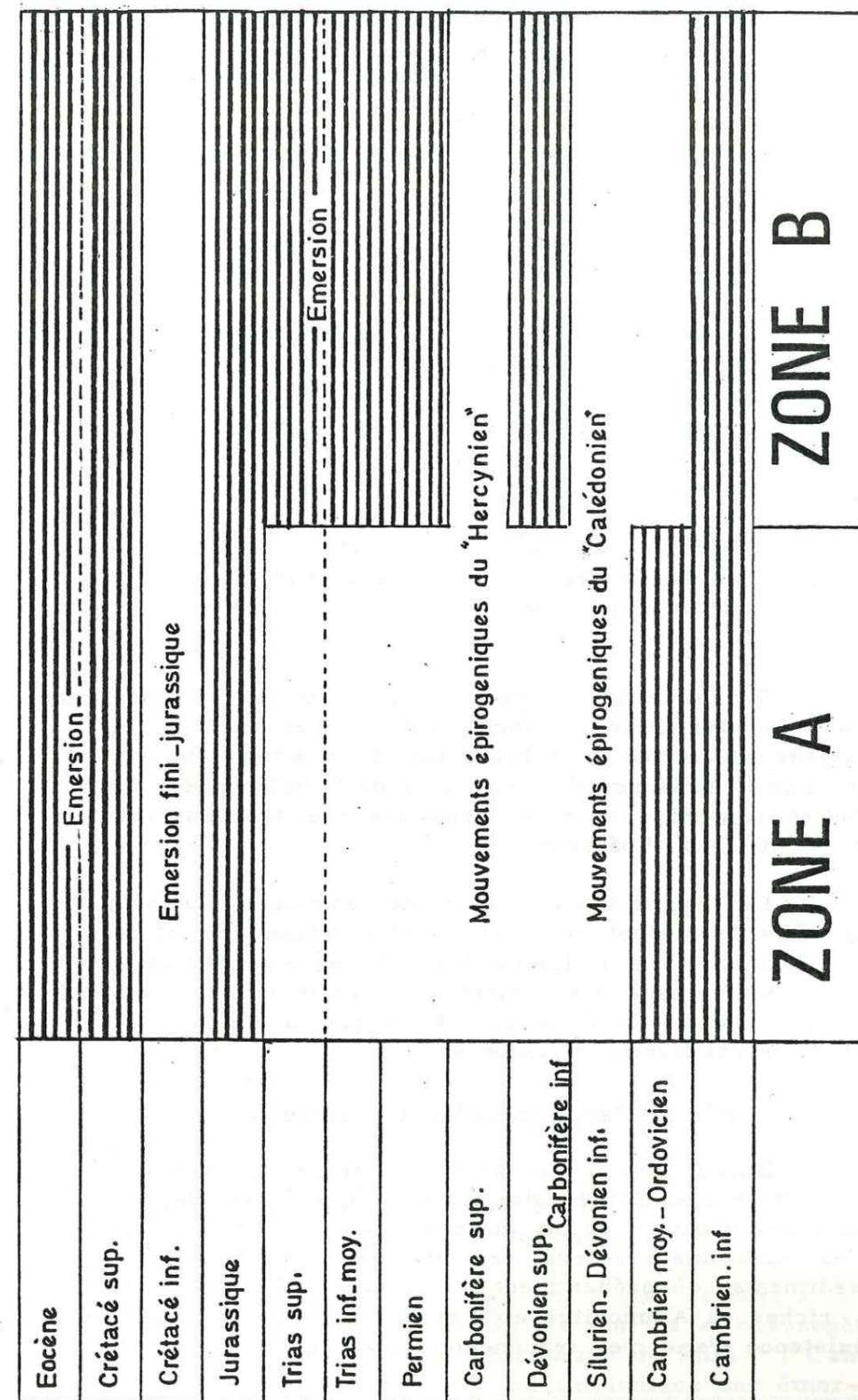
2-1-1- Cambro-Ordovicien

Les sédiments du Cambrien inférieur, qui correspondent à des grès rouges à stratification entrecroisée et à des schistes micacés rouges indiquent un " milieu continental ". La couleur rouge s'atténue du bas vers le haut ; tout à fait au sommet apparaît un horizon de quartzite blanc " Top quartzite " qui constitue un remarquable horizon-repère dans tout l'Iran. Par sa teinte cet horizon indique également que les conditions oxydantes ayant déterminé la coloration rouge des dépôts antérieurs avaient cessé d'exister.

La superposition des sédiments marins et océanogènes (dolomies-calcaires) de la " formation de Mila " aux dépôts continentaux du Cambrien inférieur témoigne d'une transgression marine qui intéressait l'ensemble de la zone A durant le Cambrien moyen et supérieur. Le Cambrien moyen fut une période de sédimentation principalement carbonatée, avec formation de puissantes assises dolomitiques.

Ce type de dépôt implique l'existence d'une mer peu profonde et sans doute assez chaude, dans laquelle les apports terrigènes étaient relativement très réduits.

A partir du Cambrien supérieur et surtout durant l'Ordovicien la sédimentation carbonatée cède progressivement la place à une sédimentation dans laquelle les apports terrigènes deviennent de plus en plus abondants. Cela témoigne sans doute, durant ces deux époques, d'un rajeunissement progressif des reliefs continentaux bordant le bassin maritime.



Repartition des sediments dans les compartiments structuraux de la region de Tazareh

2-1-2- Silurien-Trias

Les assises du Silurien jusqu'à jurassique inférieur sont absentes dans cette zone. Dans ce secteur les sédiments du jurassique inférieur reposent en transgression sur l'Ordovicien. Cette absence des sédiments implique l'émersion, durant ces époques de la zone A. Cette émersion a commencé par les mouvements épirogéniques Calédoniens et Hercyniens

2-1-3- Lias et Dogger

L'absence de toute assise calcaire, l'extrême rareté des fossiles et la présence d'horizons charbonneux à fossiles végétaux conduisent à assimiler les schistes et grès du Lias inférieur et moyen à une série de type paralic accumulée sur une marge continentale très plate et très peu profonde.

La présence, dans les assises du Lias inférieur et moyen de niveaux conglomératiques peut être interprétée comme un signe de rajeunissement momentané des reliefs continentaux bordiers.

Durant le Lias supérieur, le bassin de sédimentation s'enfoncé car des assises franchement marines succèdent aux assises paraliques à charbon. Cet enfoncement est prouvé par la présence de " Amonites de " Pelecypodes ", Belemnites, Gastropodes et de Trigonias récoltés dans les sédiments du Lias supérieur.

Le régime marin, qui avait commencé à s'installer au Lias supérieur s'est maintenu en s'accroissant durant le Dogger. Le caractère pélagique des sédiments représentés dans la zone A comme dans l'ensemble de notre territoire d'étude indique que, durant le Dogger, cette région a été occupée par une mer relativement profonde.

2-1-4- Jurassique supérieur (Malm)

Durant tout le Jurassique supérieur la zone A demeura immergée. Dans cette région, où s'étaient déposés les calcaires marneux et les marnes à Ammonites du Dogger, les conditions restèrent sensiblement les mêmes. D'épais sédiments, où prédominent les calcaires de type pélagique, riches en Ammonites et à silex abondants, témoignent de l'existence d'une mer franchement ouverte.

2-1-5- Crétacé

La fin du jurassique supérieur est marqué par une émersion fini-jurassique intéressant notre région comme la majeure partie de l'Iran.

Au début du Crétacé supérieur, la mer envahit les deux zones de notre région d'étude qu'elle avait quittée pendant le Crétacé inférieur. On y observe du Crétacé supérieur transgressif sur du Jurassique supérieur.

2-1-6- Paléogène

La nature conglomératique des sédiments représentant la partie inférieure de la série Eocène dans la zone A marque une émersion à la fin du Secondaire.

Durant l'Eocène moyen, et plus précisément durant le Lutétien inférieur et la première partie du Lutétien supérieur, la mer éocène fut une mer peu profonde dont le fond et les bordures connaissaient une certaine instabilité qu'attestent divers épanchements volcaniques.

2-1-7- Néogène

Durant le Mio-Pliocène, la zone A à sa limite méridionale constitue le lieu d'épandage dans lequel s'accumulent des argiles sableuses, des grès, des conglomérats et des gypses de la " formation de marnes " Néogène " et des formations de " Conglomérats Néogène ".

2-2- Zone B

Cette zone se situe au Nord du décrochement de Talou-Hert.

2-2-1- Cambro-Ordovicien

Les sédiments du Cambrien inférieur, qui sont des grès rouges à stratification entrecroisée et des schistes micacés rouges sont tout à fait pareils à ceux de la zone A, ce qui indique un milieu de dépôt identique pour les deux zones. C'est donc un " milieu continental ".

Ce qui varie dans la zone B par rapport à la zone A c'est l'absence des sédiments marins et océanogènes (dolomies-calcaires) de la " formation de Mila " (Cambrien moyen-inférieur et Ordovicien), ce qui indique une émersion durant ces époques par rapport à la zone A.

2-2-2- Silurien et Dévonien inférieur et moyen

Les assises du Silurien et du Dévonien inférieur et moyen sont absentes dans la zone B comme dans la zone A et la majeure partie de l'Alborz. A la fin de l'Ordovicien

Dans la zone B, la formation de Lalun (Cambrien inf.) est directement surmontée, sans discordance angulaire, par les assises du Dévonien supérieur.

2-2-3- Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur

Dans la chaîne de l'Alborz la " formation de Geïroud " qui représente le Dévonien supérieur et le Carbonifère inférieur repose en transgression sur différents formations plus anciennes.

Dans la zone B la formation de Geïroud repose en transgression sur les assises du Cambrien inférieur (formation de Lalun).

Cette formation supporte directement le Permien transgressif. L'ensemble de la région étudiée (Zones A-B) demeure émergé durant tout le carbonifère moyen et supérieur et on peut penser que cette émergence générale, non accompagnée de plissement est déterminée par des mouvements épigénétiques pouvant être mis en relation avec l'orogénèse hercynienne

2-2-4- Permien

Le Permien débute, sur la zone B comme la majeure partie de la région, par une série grésoschisteuse à faciès nettement détritique, qui marque le retour de la mer sur l'ensemble des régions précédemment émergées. Au-dessus de ce premier horizon détritique le Permien se poursuit par des calcaires à Fusulines.

Aucune discordance accentuée ne sépare dans la région étudiée le Trias du Paléozoïque supérieur. Cette lacune, qui résulte vraisemblablement d'une émergence finipermienne peut-être regardée comme l'effet très atténué d'ultimes mouvements hercyniens lointains.

2-2-5- Trias

Au point de vue lithologique les assises du Trias inférieur et moyen ne diffèrent pas fondamentalement des formations paléozoïques : aux calcaires du Permien succèdent presque partout des calcaires vermiculés et des dolomies calcaires, presque toujours azoïques qui marquent seulement une diminution de profondeur du bassin de sédimentation.

Au début du Trias supérieur, d'importants changements se produisent dans la nature de la sédimentation; aux calcaires et dolomies du Trias inférieur et moyen de type franchement océanogène font suite généralement des sédiments principalement détritiques et terrigènes correspondant au Trias supérieur.

Ce changement complet dans la nature des sédiments résulte selon toute vraisemblance de mouvements se plaçant à la fin du Trias moyen et au début du Trias supérieur. Il paraît possible d'attribuer ces mouvements à la phase " Labienne " qui se traduit dans une partie de l'Iran central par une légère discordance du Trias supérieur sur les assises plus anciennes.

2-2-6- Lias et Dogger

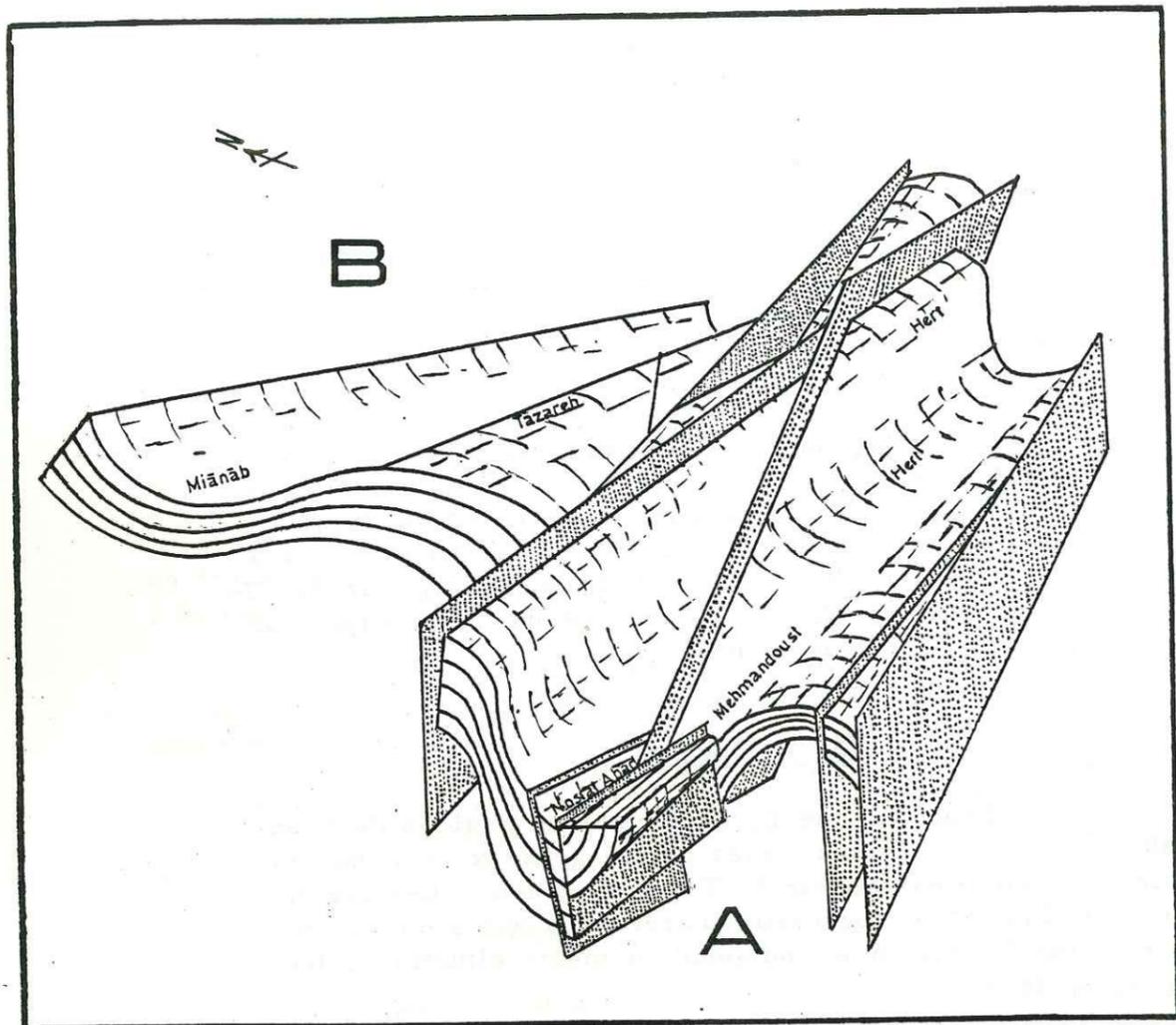
Dans la zone B, la formation liasique de Shenshak présente le même faciès argilo-gréseux, qui est voisin de celui présenté par le Trias supérieur. Les formations du Lias et du Dogger sont pareilles à celles qui se trouvent dans la zone A et indiquent la même situation paléogéographique.

2-2-7- Jurassique supérieur (Malm)

Comme le Jurassique supérieur dans la zone A, les dépôts des calcaires de type pélagique, riches en Ammonites et à silex abondants témoignent de l'existence d'une mer franchement ouverte.

2-2-8- Paléogène - Identique à celui de la zone A.

2-2-9- Néogène - Il est absent de la zone B qui devait être émergée.



STRUCTURE D'ENSEMBLE
DE LA REGION DE TAZAREH

Fig. no 19

3 - TECTONIQUE

3-1- Généralité

La zone étudiée du point de vue tectonique appartient à la zone de l'Alborz.

Dans cette région les plis ont généralement une direction NE-SW et les plissements sont tellement intenses que l'on voit les couches anciennes en surface. (Fig. n° 19)

La région étudiée, comme on l'a déjà indiqué est séparée en deux zones A et B qui ont des sédimentations plus ou moins différentes. Ces deux zones sont juxtaposées par l'intermédiaire d'un grand décrochement dont la direction est E-W et qui s'appelle le décrochement de " Talou-Hert ", dont le pendage est subvertical. La zone où passe le décrochement est très fracturée, et un grand chenal souterrain passe par cette zone.

Nous allons expliquer séparément, ci-dessous le rôle de la tectonique dans chacune des zones qui composent notre région d'étude. (Fig. n° 20)

3-2- Zone A

Au point de vue tectonique cette zone est beaucoup plus compliquée que la zone B. La zone A est limitée au nord par le grand décrochement transversal et au sud par une grande faille plus ou moins verticale dont le bloc méridional est descendu à la limite septentrionale de la plaine alluviale. Dans cette zone on étudie successivement les plis et les failles.

3-2-1- Les plis

a) L'anticlinal de Hert et le synclinal Hert-Mehmandoust

Les axes de ces deux plis ont une direction NE-SW et ont un plongement vert l'Ouest.

L'anticlinal de Hert est recoupé à l'Est par le décrochement transversal et à l'Ouest par la faille de Talou.

Le synclinal de Hert continue jusqu'au village de Talou où on l'a appelé le synclinal de Mehmandoust. (Voir coupe A-A')

Un petit synclinal récent se trouve au Sud du synclinal de Mehmandoust qui se prolonge vers le NE. Au coeur de ce synclinal on trouve des conglomérats Néogènes. (voir coupes A-A' et B-B' sur la figure n° 15).

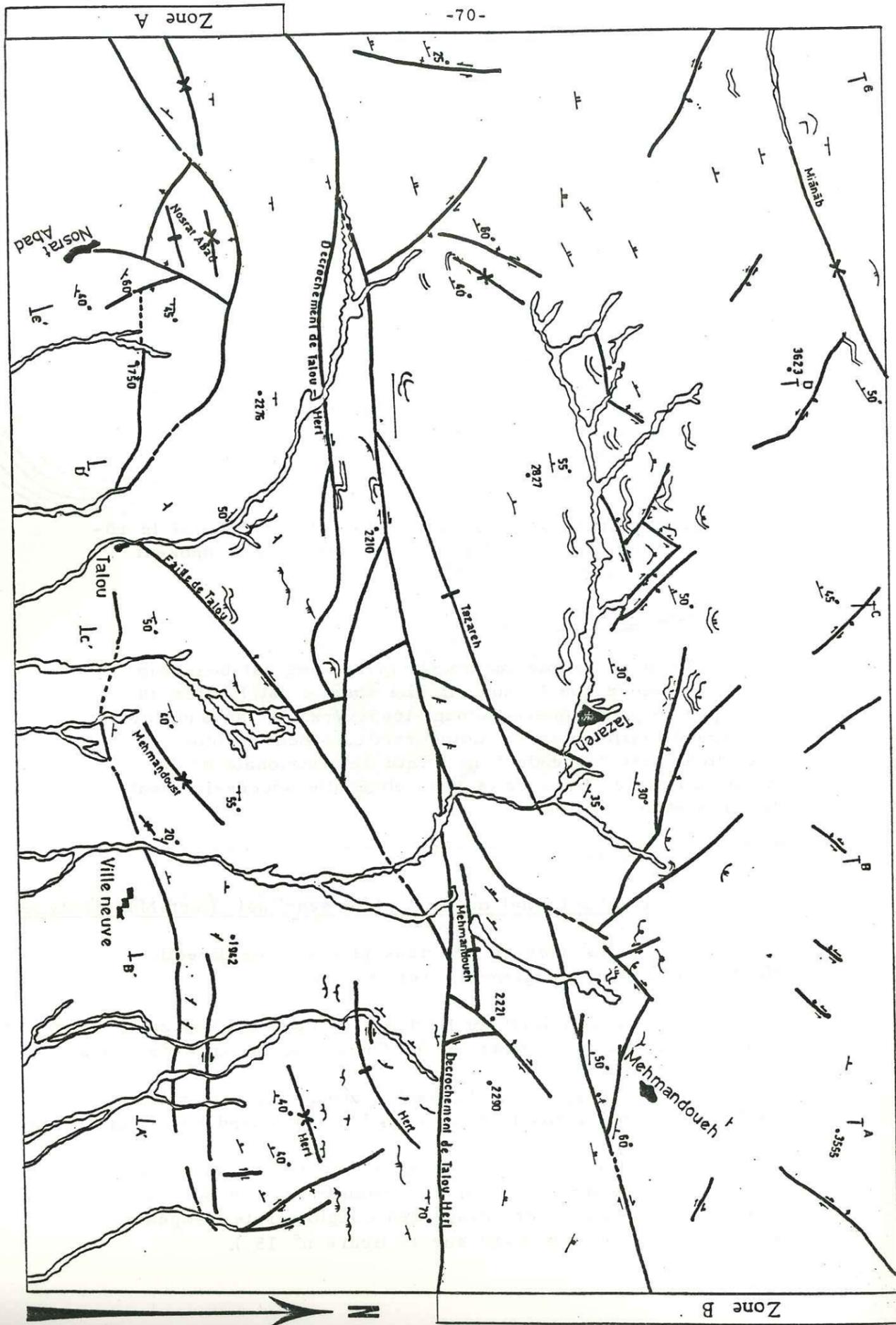


Fig no 20

b) L'anticlinal et le synclinal de Nosrat-Abad

Ils sont situés au nord du petit village de Nosrat-Abad. A l'Ouest du synclinal de Nosrat-Abad, les sédiments de l'Eocène sont plissés dans la direction de l'anticlinal et du synclinal de Nosrat-Abad. Ces plis se prolongent vers l'Ouest.

3-2-2- Les failles

a) Chevauchement de Nosrat-Abad

A cause de ce chevauchement les sédiments d'âge jurassique-crétacé chevauchent sur les formations de l'Eocène. (voir coupes D-D' et E-E' sur la figure n° 16).

b) Les autres failles

Les failles importantes dans la zone A ont en général 3 directions différentes :

- Direction NE-SW (N 10 E à N 30 E)
- Direction NW-SE (N 30 W)
- Direction E-W.

Généralement les deux premières ont un pendage d'environ 60°.

c) Faille de Talou

Cette faille passe par le village de Talou avec une direction N 50 E et croise le grand décrochement de la région. Son pendage est à peu près de 60-70° avec une direction vers le N-W. Le compartiment oriental de cette faille est déplacé vers le N donc c'est une faille senestre.

3-3- Zone B

Cette zone se situe au Nord du grand décrochement de Talou-Hert.

3-3-1- Les plis

a) Synclinal de Mianab

C'est un grand synclinal avec un axe SW-NE qui se prolonge vers le N-E. (voir coupes E-E' sur la figure n° 16)

b) Anticlinal de Tazareh

L'axe de cet anticlinal a une direction parallèle à celle du synclinal de Mianab. Il est recoupé dans son prolongement vers le SW par le décrochement Talou-Hert.

c) Anticlinal de Mehmandoueh

Cet anticlinal a une direction parallèle à l'anticlinal de Tazareh, et se prolonge vers l'Ouest.

3-3-2- Les failles.

En général dans cette zone, on trouve deux sortes de failles qui sont groupées par leurs directions et celles de leurs pendage :

- Direction NW-SE (N 45 W)
- Direction NE-SW (N 45 W)

Les pendages de ces deux groupes de failles sont plus ou moins raides 60-70°.

En ce qui concerne l'âge des failles c'est le grand décrochement du Talou-Hert qui a fonctionné tout d'abord et qui a mis en contact les zones A et B.

Puis, à cause de la faille senestre de Talou le compartiment oriental de la zone A s'est déplacé vers le nord.

La troisième qui a fonctionné après les deux précédentes est la grande faille subverticale située au sud de la région étudiée dont le compartiment méridional est descendu puis a été recouvert par les sédiments du Néogène et les alluvions qui constituent la plaine.

3-4- Conclusion

Dans la région étudiée les fractures et les failles jouent un rôle initial dans l'alimentation du bassin versant et c'est à cause du grand chenal souterrain existant dans la zone fracturée du grand décrochement et des failles qui se croisent avec cet accident, que nous avons trouvé des quantités d'eau considérables malgré la faiblesse des précipitations sur l'ensemble de la région.

Ce décrochement résulte vraisemblablement du rejeu d'un accident tectonique à rejet vertical, qui séparait les zones A et B et constitue donc un des traits structuraux majeurs et permanents de la région dans laquelle tous les plis sont recoupés et décalés par des accidents cassants.

C H A P I T R E V

=====

COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES

=====

FORMATIONS GEOLOGIQUES ET DES SOURCES DU BASSIN

=====

VERSANT DE TAZAREH

=====

1 - COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS GEOLOGIQUES

2 - LES SOURCES

3 - CONCLUSION

COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES
 =====
 FORMATIONS GEOLOGIQUES ET DES SOURCES DU BASSIN
 =====
 VERSANT DE TAZAREH
 =====

1 - COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS GEOLOGIQUES

1-1- Ere primaire

a) Formation Lalun

On ne voit pas de source qui émerge de cette formation gréseuse occupant seulement 9,5 Km² de la région étudiée.

b) Formation Mila

Cette formation qui est composée par les alternances de dolomies, de calcaires marneux et de grés est peu importante au point de vue de la karstification. Nous avons seulement deux petites sources (n° 8 et n° 7 de Kalevant) hors de la limite de notre bassin versant mais dans la région étudiée, qui émergent de cette formation par l'intermédiaire des failles qui passent par les divers sédiments constituant la formation de Mila. La somme des débits de ces deux sources se situe entre 0,5 et 0,9 l/s.

Ces sédiments avec les schistes de l'Ordovicien qui constituent son sommet n'occupent que 20 Km² de la région étudiée.

c) Formation Geïroud

Cette formation occupe environ 52 Km² de la surface couverte. Les sédiments gréseux et les calcaires marneux qui constituent la formation de Geïroud sont tectonisés et très fracturés par le grand décrochement transversal de la région.

La source n° 5 de Sarkhan qui émerge des cassures et des fractures, drainant l'eau de cette formation a un débit de 20-29 l/s élevé par rapport aux autres petites sources de la région.

1-2- Ere secondaire

a) Les formations permo-triasiques

Les sédiments de ces formations sont calcaéo-dolomitiques. On n'a pas vu de source qui émerge de cette formation. On a réalisé un forage sur le flanc Nord de l'anticlinal de Tazareh avec une profondeur de 300 mètres, mais on n'a rencontré aucune cavité contenant de l'eau dans cette formation. Au point de vue de la fissuration, les sédiments permo-triasiques ne sont pas très fissurés. Les mesures faites sur le flanc Nord de l'anticlinal de Tazareh montrent qu'on a environ 18 fissures avec une largeur comprise entre 5 et 40 mm pour 100 m². Il faut signaler que souvent ces fissures sont recimentées par de la calcite. Quant aux fissures fines, qui ne sont pas comprises dans ces mesures, elles sont toujours colmatées.

Nous avons seulement un puits dans cette formation sur une zone faillée qui est une déviation du grand décrochement de la région donc cette faille draine une partie de l'eau existant dans la formation de Geïroud.

b) Formation Shemchak

Cette formation qui occupe environ 200 Km² de la région étudiée constitue le bassin charbonneux de Tazareh. La nature géologique des sédiments est argilo-gréseuse, donc cette formation est très imperméable.

La quantité négligeable d'eau qui s'infiltré dans les galeries d'exploitation de charbon par l'intermédiaire des failles et les essais de pompage réalisés sur les forages de prospection du charbon témoignent de cette imperméabilité. Par exemple la perméabilité de cette formation calculée dans la zone charbonneuse de Pachkelat est comprise entre 0,015-0,00064 mm/jour.

Au Nord de la région il y a des petites sources, qui émergent des sédiments gréseux constituant le sommet de la formation de Shemshak ou il n'y a pas de bancs argileux.

c) Formation Dalichaf et Lar

Les calcaires de Lar (Malm) qui sont au sommet d'une bande de calcaires marneux de Dalichaf (Dogger) ont un intérêt hydrogéologique du fait de leur état de fissuration, mais leurs conditions topographiques ne sont pas

satisfaisantes et on ne peut pas exploiter ces calcaires. Ceux qui constituent la limite septentrionale du bassin versant ont un pendage Nord, ils drainent donc les eaux vers le Nord et l'extérieur de la région étudiée. Les autres affleurements de calcaires de " Lar " qui se trouvent à l'intérieur du bassin versant ne se poursuivent pas en profondeur.

Au Sud du bassin versant à la proximité du village de Talou on a mesuré les fissures et les fractures des calcaires de Lar. Sur une surface de mesure pour la fissuration et la fracturation, on a 195 fissures pour 100 m² avec une largeur comprise entre 5 et 90 mm. mais il faut noter que souvent les fissures fines et de temps en temps les fissures larges sont recimentées par de la calcite.

d) Formation calcaires crétacé

Dans la limite du bassin versant de Tazareh nous n'avons pas de formations du Crétacé. Mais pendant nos recherches d'eau nous avons fait un puits sur une zone faillée qui passe par les calcaires gréseux et les calcaires marneux de Crétacé supérieur au Nord du village de Nosrat-Abad et on a trouvé une quantité importante d'eau.

1-3 Ere tertiaire

a) Formation " Karadj "

La majeure partie des sédiments Eocène et Oligocène (Formation de Karadj) sont en dehors de notre limite de bassin versant.

Dans le village de Nosrat-Abad au SW de la région étudiée nous avons une ghanate qui émerge d'une faille passant par les formations de Lar, et les calcaires Crétacé et qui resurge dans une zone fracturée de la formation de Karadj constitués par une alternance de tufs chloriteux verts et de schistes rouges.

1-4- Quaternaire

a) Les alluvions de vallée

Cette formation qui est formée par des galets hétérogranulaires, des graviers, des sables et des argiles contient dans ses parties les plus pauvres en argile, de petites nappes et des poches d'eau.

2 - LES SOURCES

2-1- Généralités

Malgré leur nombre, les sources qui se trouvent dans notre région, ont en général des débits très faibles et même négligeables. Nous avons quand même étudié les variations du débit de toutes les sources depuis l'année 1972.

Les exemples ci-dessous indiquent les variations du débit de quelques unes de ces petites sources qui se trouvent dans la vallée de Pachkélát.

Nom	Altitude en m	Débit min. en l/s.	Débit moy. en l/s.
Source n° 12	2498	0,028	0,28
Source n° 15	2498	0,08	1,3
Source n° 15a	2485	0,12	0,98
Source n° 18	2500	0,015	0,26

Nous allons étudier les variations caractéristiques de 5 sources qui ont un débit élevé par rapport aux autres.

2-2- Source n° 8 (Fig. n° 22)

Cette source se situe dans les éboulis de la vallée de Pachkelat à la proximité d'autres petites sources qui se trouvent dans le même endroit. Ces sources qui émergent des sédiments gréseux constituant le sommet des formations liasiques ont des résurgences dans les immenses draperies d'éboulis, qui recouvrent la base des falaises de la formation de " Lar " sur une épaisseur importante. Ces sédiments gréseux (suite de " Danserit ") sont alimentés soit par un petit pourcentage de l'eau qui s'infiltré dans les formations supérieures (calcaires de " Dalichar " et " Lar ") soit par de l'eau des apports atmosphériques par l'intermédiaire des éboulis recouvrant ces sédiments. Comme ces grés sont plus ou moins imperméables, ce sont les fractures qui conduisent l'eau dans les sédiments. Une petite quantité de l'eau qui coule dans les fractures resurge parfois sous forme de petites sources dans les éboulis. La figure n° 23 montre un schéma sur les circulations souterraines dans les formations gréseuses

Source	Pachkelat
Altitude	2485 m
no	15a

Débit ———
 Température
 Précipitation - - - -
 Cl⁻ - - - -
 Conductivité électrique - - - -

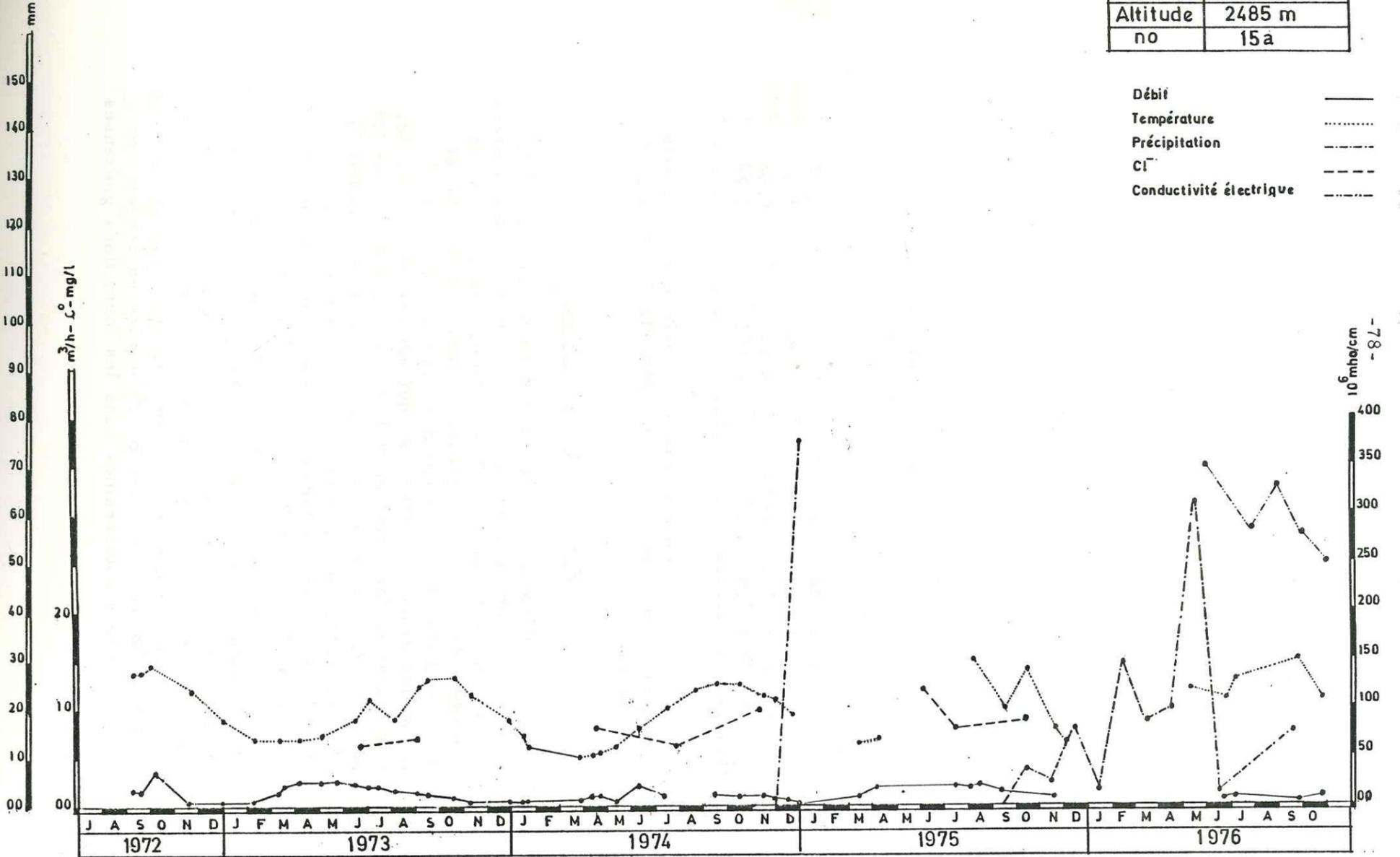


Fig no 21

Source	Pachkelat
Altitude	2500 m
no	8

Débit ———
 Temperature
 Précipitation - - - -
 Cl⁻ - - - -
 Conductivité électrique - - - -

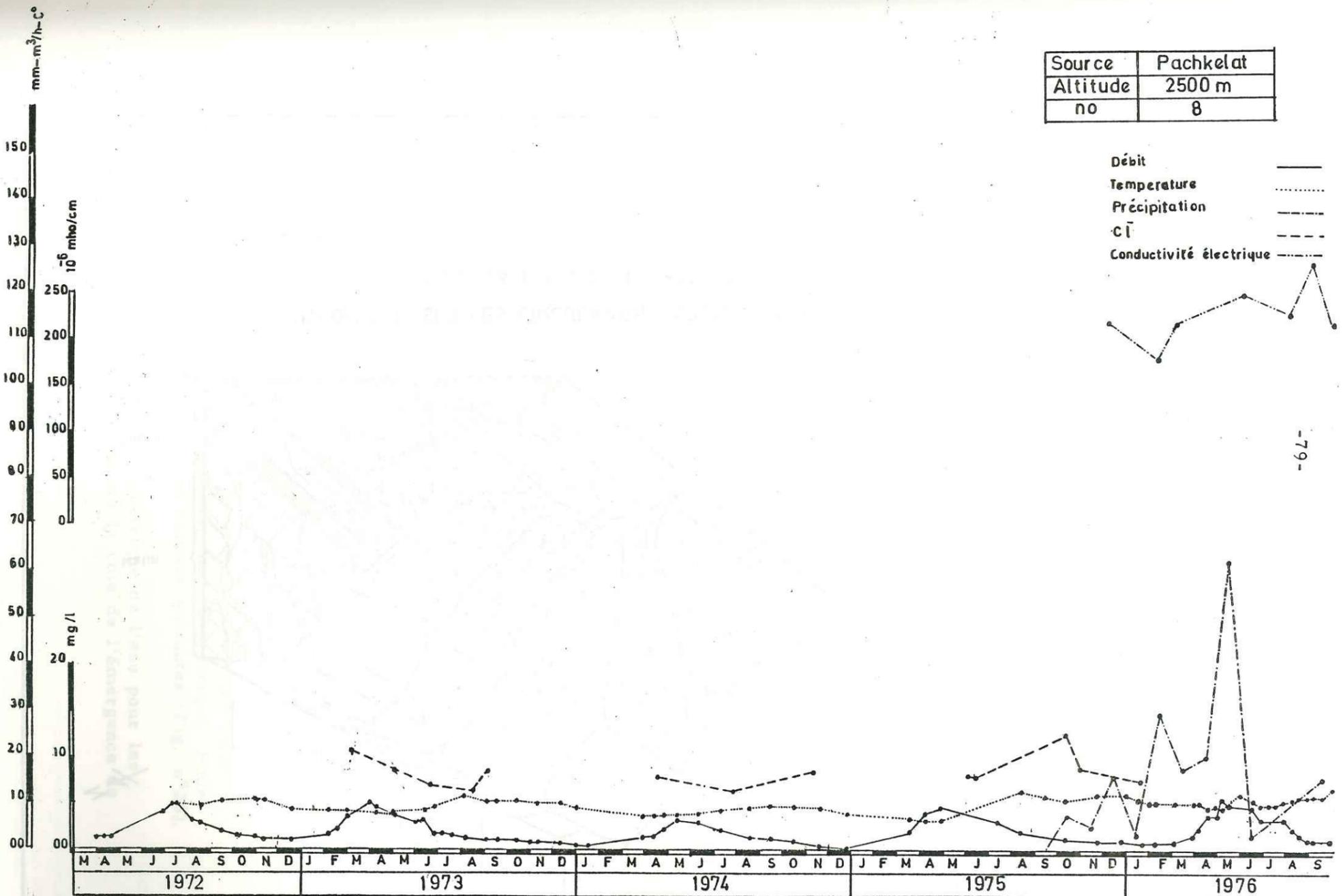


Fig no 22

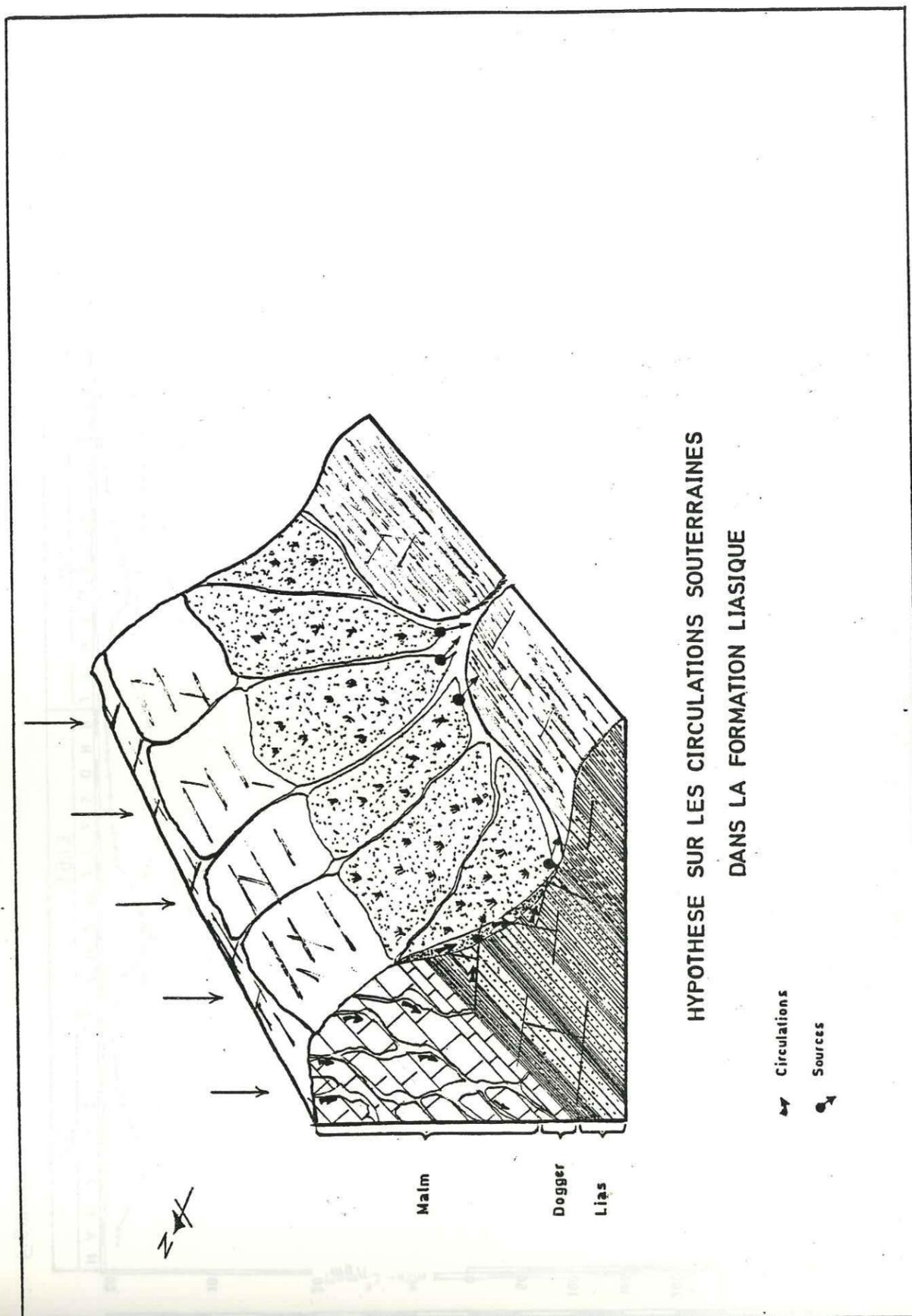


Fig no 23

du Lias. Sur cette figure, nous pouvons distinguer le rôle des fractures qui existent dans les schistes et les grès du Lias supérieur. Il faut remarquer que la majeure partie de ces sédiments sont des schistes gréseux et des grès avec des bancs d'argiles.

La cote de résurgence de cette source est 2500 m. L'eau de la source n° 8 et des sources voisines est bicarbonatée calcique. Le débit augmente au printemps et sa variabilité pendant 5 ans de mesure se situait entre 2 et 8,7 m³/h. La valeur du résidu sec est d'environ 200 mg/l.

La conductivité varie entre 180 et 280 mhos/cm. La température varie entre 6 et 12°C.

En raison de la faiblesse du débit, on ne peut préciser son influence sur la conductivité.

2-3- Source n° 4

Cette source se situe dans la région de Kalaziz et a une situation identique à celle de la source n° 8. Elle se situe dans les éboulis et émerge des fractures qui existent dans les sédiments gréseux de sommet du Lias.

La cote d'émergence est de 2370 m.

Le débit varie entre 1,25 et 9,7 m³/h. L'augmentation du débit commence au printemps. La température varie entre 7,5-19°C, cette source n'a donc pas une origine très profonde surtout que la température de l'eau diminue pendant les mois froids. La valeur du résidu sec est d'environ 600 mg/l. La valeur de la conductivité et la faiblesse du débit ne nous permettent pas de préciser les relations entre ces deux éléments caractéristiques (Fig. n° 24).

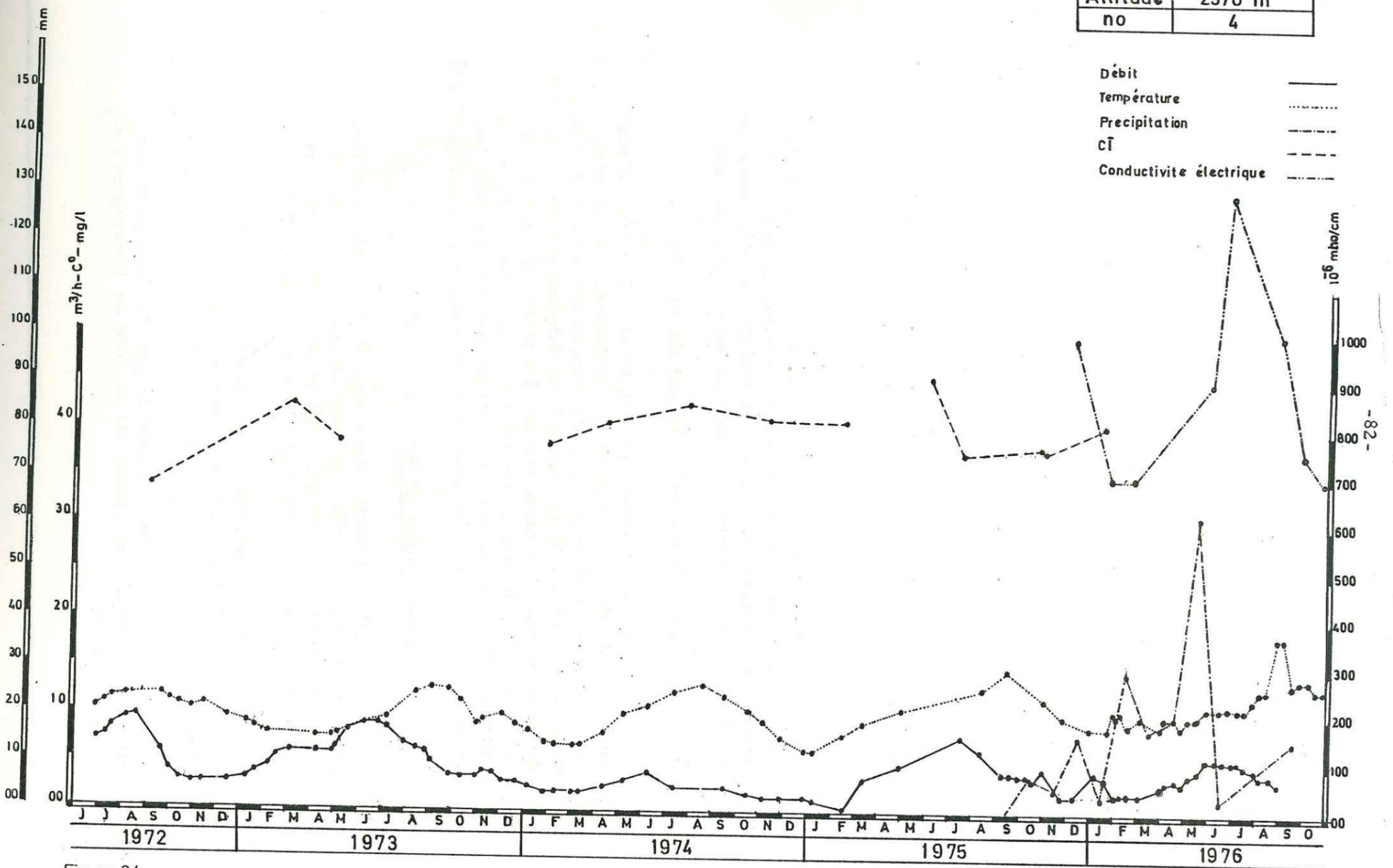
2-4- Source n° 5 (Fig. n° 25)

Elle est située dans les alluvions de la vallée, près de la rivière Sarkhan et dans la zone fracturée qui existe entre la faille de Talou et le grand décrochement de la région. La cote de l'émergence est de 1678 m.

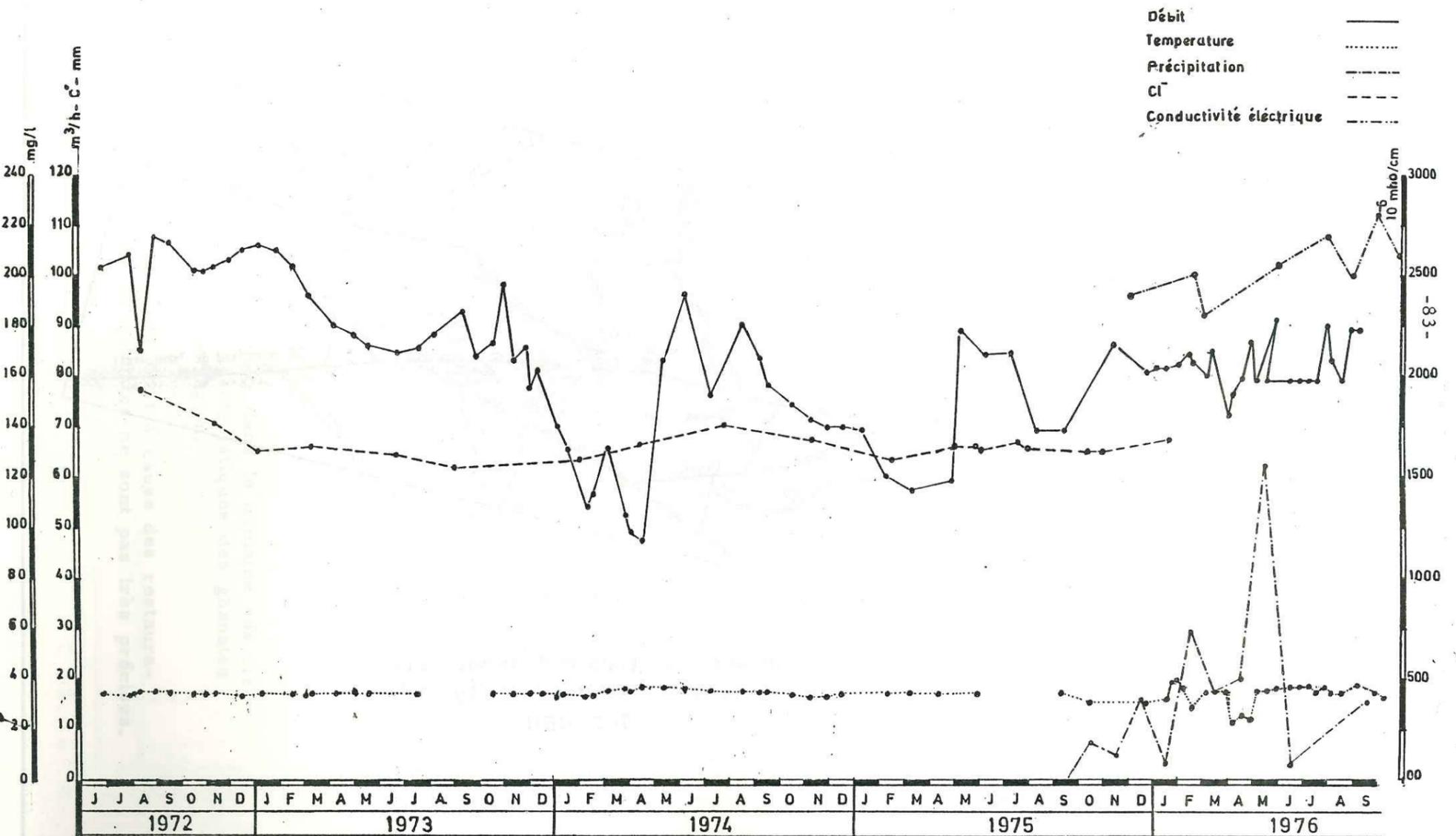
Nous constatons que cette source et les puits n° 1A-1B et 21 sont alimentés par une nappe unique. Pour cette estimation nous avons les raisons suivantes (Fig. n° 26).

1- Le niveau piézométrique de l'eau pour les puits 1A-1B et 21 est proche de la cote de l'émergence de la source n° 5.

Source	Kolomdar
Altitude	2370 m
no	4



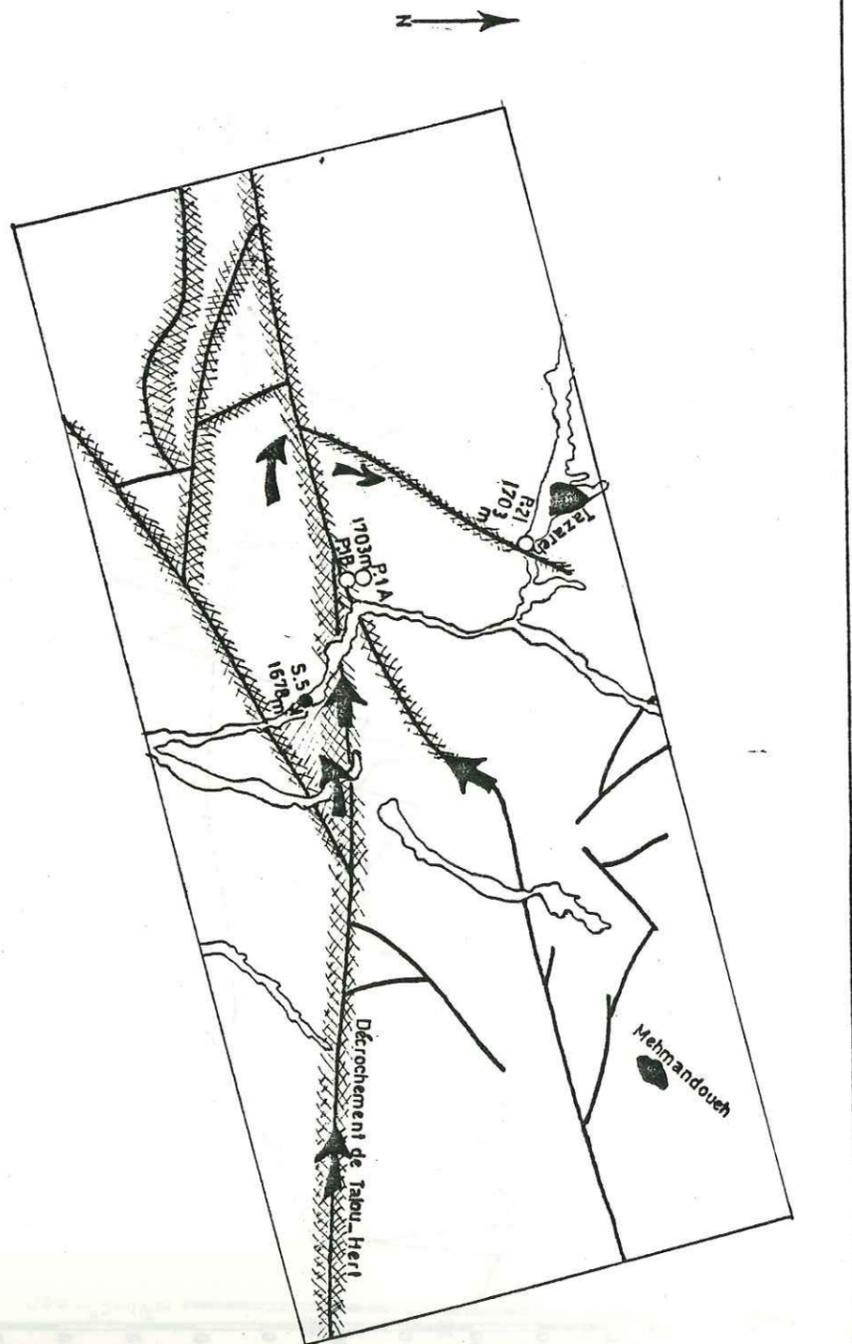
Source	Sarkhan
Altitude	1678 m
No	5



Echelle : 1/100.000

 Circulations
 Puits
 Source

Situation des puits et de la source n° 5
 sur la zone fracturée de la région de
 TAZAREH



2- Les analyses chimiques montrent que ces points d'eau ont les mêmes caractères chimiques.

3 - Il y a un rapport entre toutes les zones fracturées et failles qui constituent les sites de nos points d'eau.

On peut penser que le grand décrochement est alimenté par des apports venant des secteurs qui sont à l'Est de notre bassin versant et qui reçoivent de fortes précipitations mais il faudrait faire un essai de traçage pour vérifier cette idée, qu'il nous est difficile d'admettre.

La qualité de l'eau de cette source n'est pas bonne, car elle est sulfatée.

La variabilité du débit se situe entre 48 et 108 m³/h, lors de 5 ans de mesure.

La température de l'eau est presque constante (entre 16 et 18°C) C'est la raison pour laquelle nous pensons tout d'abord que l'eau vient d'une profondeur assez grande car les changements de température de l'air n'ont pas grand effet sur cette eau, et que la circulation de l'eau vers son point doit être assez rapide.

2-5- Sources n° 7 et 8 (Kalévan)

Elles sont situées l'une à proximité de l'autre dans la formation de Mila. Ces sources émergent de la faille qui passe par cette formation calcaréo-dolomitique.

Le débit pour la source n° 7 varie entre 1,5 et 3 m³/h et pour la source n° 8 entre 0,5 et 1,2 m³/h.

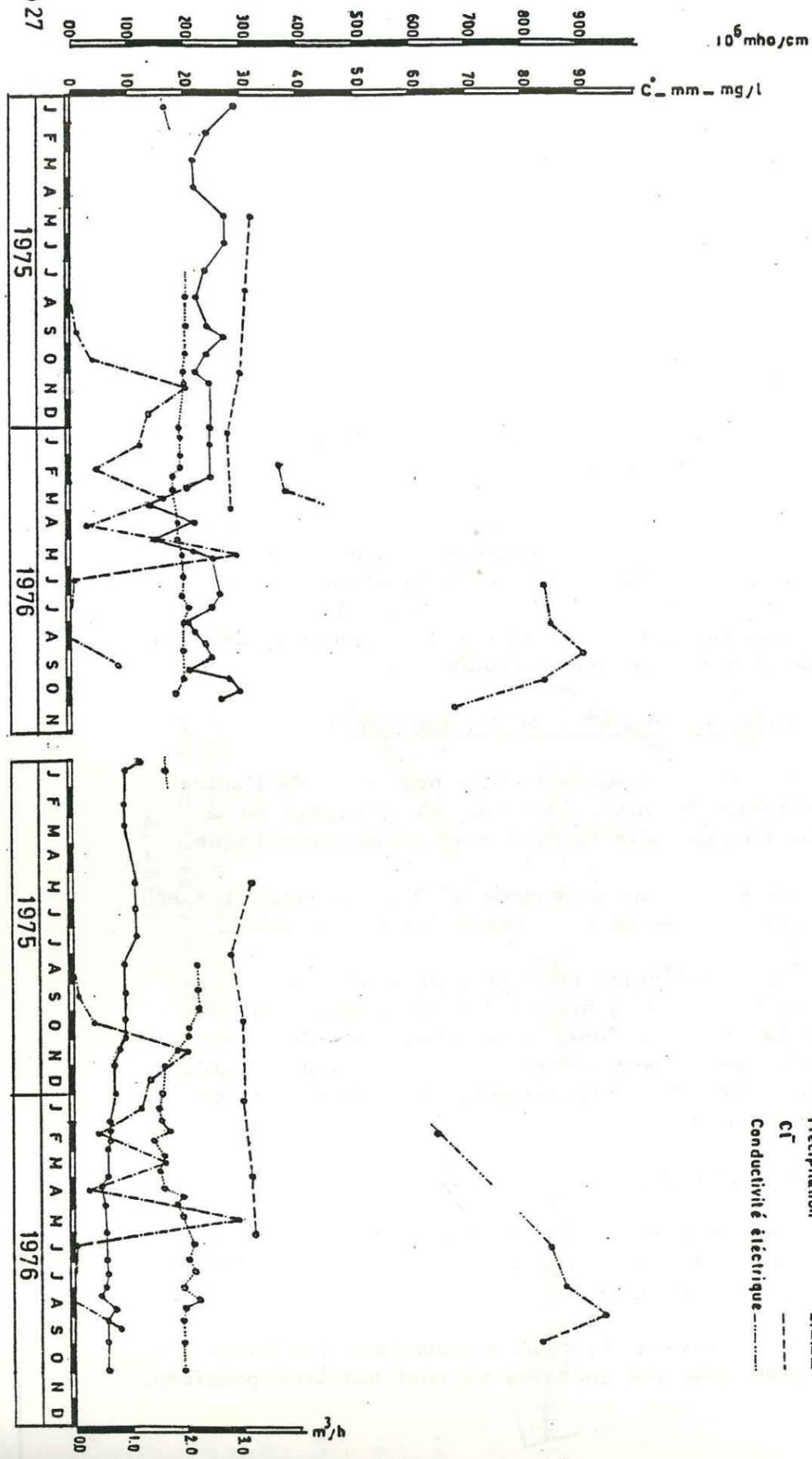
La température pour la source n° 7 est presque constante (18-20°C) mais celle de la source n° 8 varie entre 14 et 22°C, donc la circulation de l'eau vers le point d'émergence pour cette dernière est assez lente, ce qui lui permet d'être influencée par la température de l'air (Fig. n° 27)

2-6 Ghanates

Nous pouvons parler dans le domaine des circulations souterraines des caractéristiques des ghanates qui existent au sud de notre région.

Les mesures du débit à cause des restaurations effectuées dans les ghanates ne sont pas très précises.

Fig no 27



Source	Kalévan
Altitude	1560
no	7

Source	Kalévan
Altitude	1575
no	8

Débit
 Température
 Précipitation
 CF
 Conductivité électrique

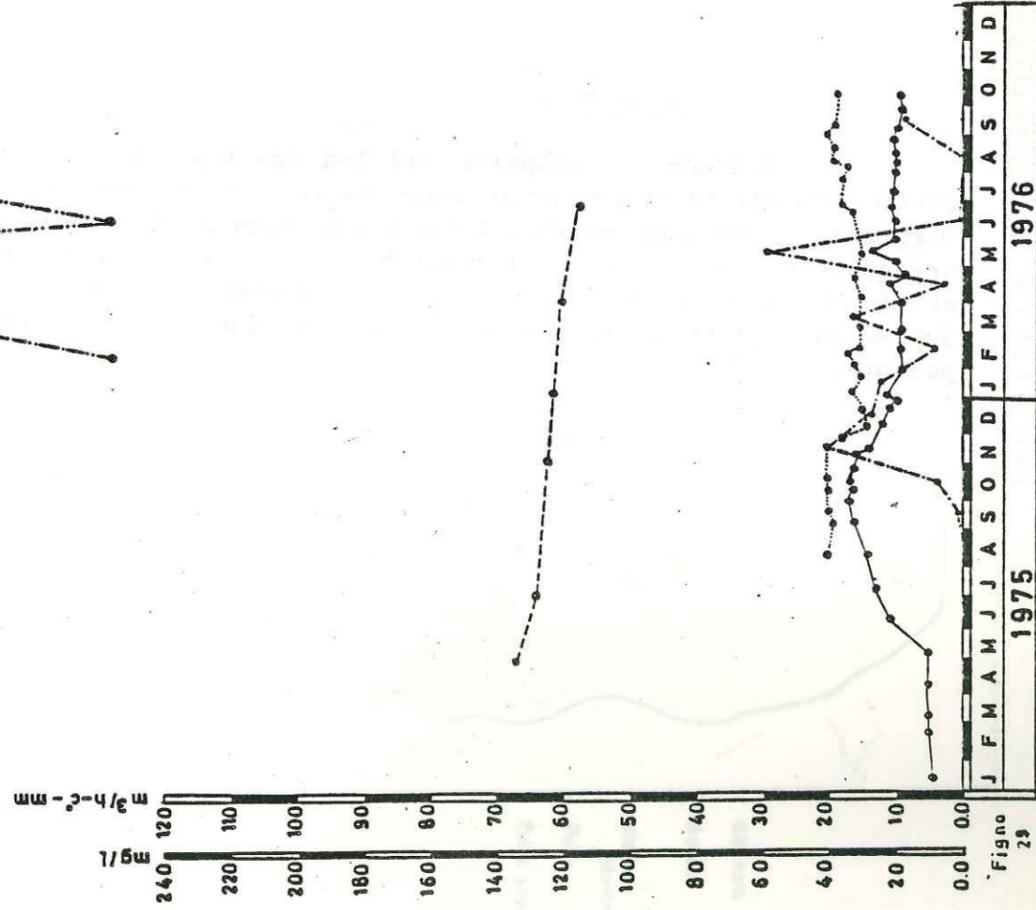


Fig no 28

Ghanate	Talou
Altitude	1510.5m

Ghanate	Nosrat-Abād
Altitude	1580 m

Débit
 Température
 Précipitation
 CF
 Conductivité électrique

10⁶ mho/cm

2-6-1 Ghanate de Nosrat-Abad

Elle est située dans les sédiments quaternaires de la vallée de Nosrat-Abad. Elle émerge d'une zone fracturée.

La variation du débit était entre 25 et 31 m³/h.

La température de l'eau varie entre 15 et 20°C (Fig.n° 28).

2-6-2- Ghanate de Talou

Il est situé au village de Talou et dans les alluvions de la vallée.

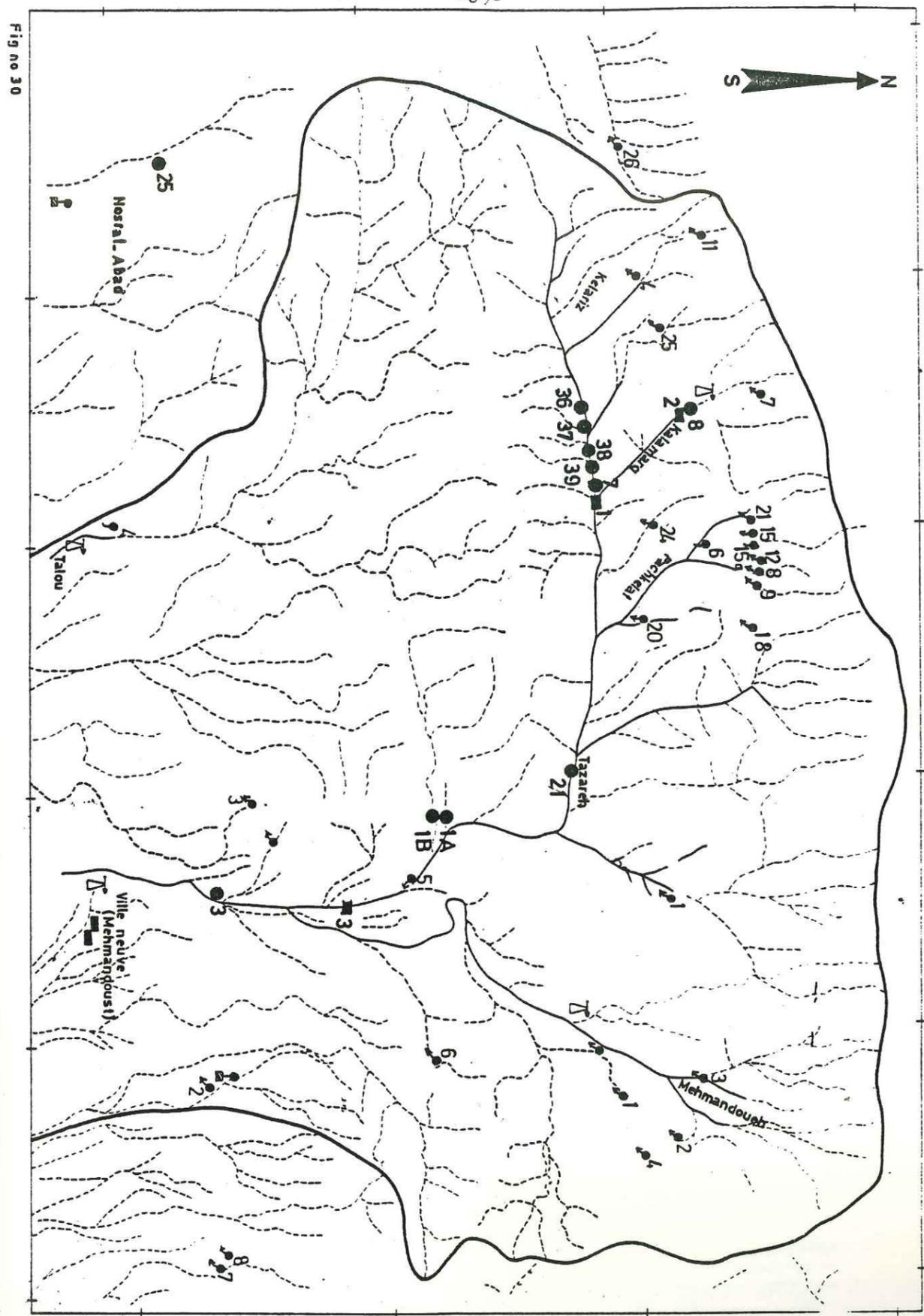
Le débit varie entre 5 et 17 m³/h.

La température de l'eau varie entre 19 et 22 °C (Fig. n° 29).

La figure n° 30 indique la situation des sources et des ghanates de la région étudiée.

3 - CONCLUSION

L'étude du comportement hydrogéologique des différentes formations et des principales sources du bassin de Tazareh montre que les circulations aquifères sont localisées presque exclusivement sur des fractures et fissures importantes et que les formations traversées ne présentent une perméabilité appréciable qu'en fonction de leur fragmentation plus ou moins poussée.



Situation des sources, des ghanates et des puits dans la région du Tazareh

Fig no 30

Echelle: 1:100.000

- Ghanate
- Source
- Station pluviométrique
- Puits
- Puits superficiel

CHAPITRE VI

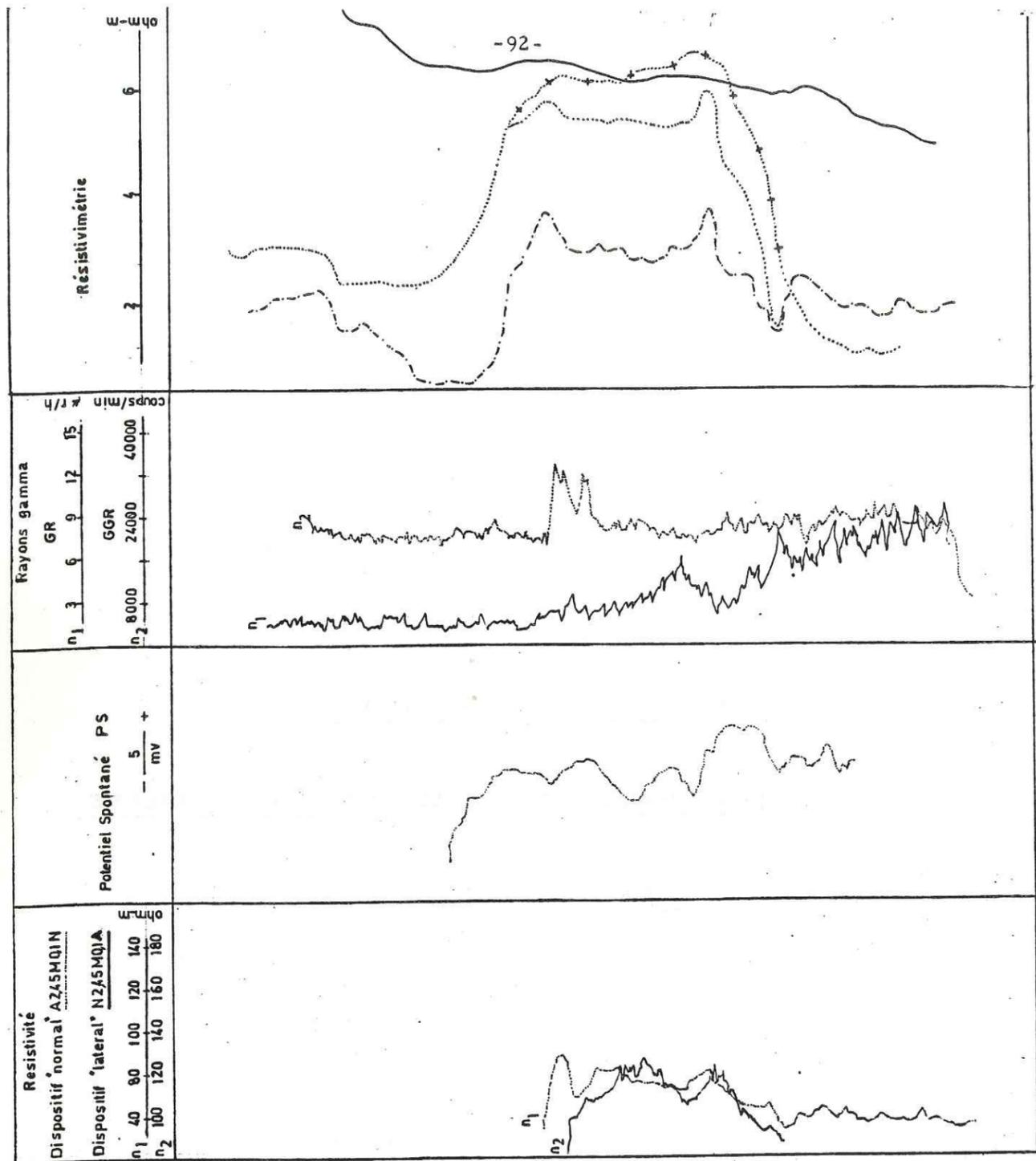
=====

LES SONDAGES SUR LES CALCAIRES ET LES ALLUVIONS
=====
DE LA VALLEE
=====

1 - LES FORAGES SUR LES CALCAIRES

2 - LES FORAGES SUR LES ALLUVIONS DE LA VALLEE

3 - CONCLUSION



Puits no 3

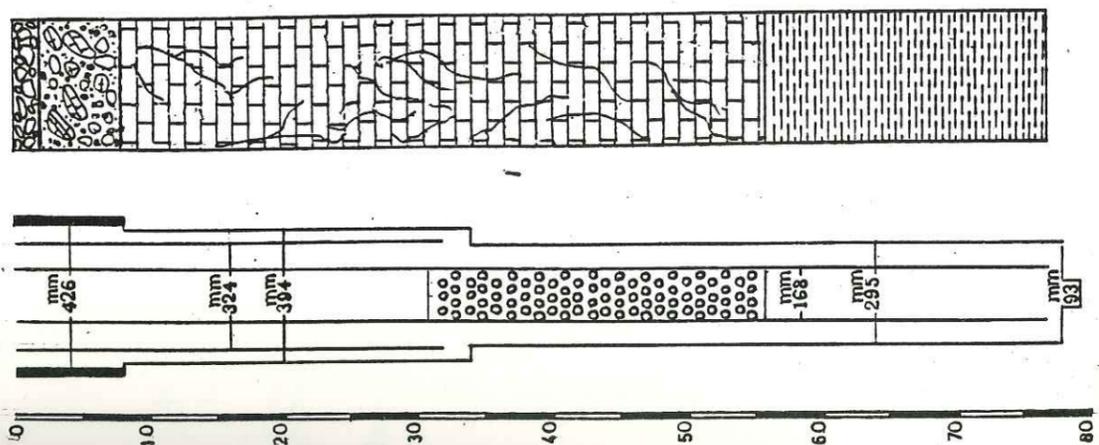


Fig no 31

LES SONDAGES SUR LES CALCAIRES ET LES ALLUVIONS
 =====
 DE LA VALLEE
 =====

Sur la région étudiée, on a fait 6 puits d'exploration et 8 puits d'observation et sur tous les forages d'exploration on a fait des essais de pompage.

1 - LES FORAGES SUR LES CALCAIRES

1-1- Puits n° 3 (Fig. n° 31)

1-1-1- Ouvrages de sondage

Ce puits est situé en rive gauche de la rivière Sarkhan au Sud du bassin versant sur les alluvions de vallée et les calcaires du jurassique supérieur :

X = 277054,41
 Y = 4021580,94
 Z = 1530,50

Ce forage constitue une première expérience sur les calcaires du jurassique supérieur de la région.

Les travaux de sondage commencés le 23.10.74 ont été terminés au 9.11.74 à la profondeur de 78,5 mètres par une sondeuse " Rotary " de marque 1.BA.15 V (produit par l'Union Soviétique) .

Diamètre de sondage : 8 m forés en 490 mm, 26 m forés en 394 mm, 44 m forés en 295 mm et 1,5 m foré en 93 mm pour le carottage.

Diamètre de tubage : 8m en 426 mm, 31,85 en 324 mm, 30,75 m en 168 mm non crépiné, 25 m en 168 mm crépiné et 21,35 m en 168 mm non crépiné. le pourcentage des crépines par rapport à la surface latérale du tube crépiné est 15 %.

La cote du " toit " de la couche aquifère est à 4,86 m et celle du " mur " est à 51,14 m.

Cimentation : On a rempli par un mélange à base de ciment, tout l'espace annulaire entre le tubage de 426 mm et le terrain adjacent. Le but à atteindre est de rendre étanche cet espace annulaire contre les attaques des eaux de surface.

Pendant les travaux de sondage, après 8 mètres d'alluvions de vallée on a trouvé les calcaires du Jurassique supérieur, brisés avec des filons de calcite jusqu'à 56.0 mètres et à cette profondeur on est arrivé aux argiles grises du Lias avec les filons minces de calcite.

1-1-2- Les essais de pompage

Les essais de pompage et l'extraction de l'eau de ce forage ont été faites par air lift. L'injection d'air comprimé dans une colonne d'eau constitue un mélange de bulles d'air et d'eau (émulsion) dont la densité est plus faible que celle de l'eau. La tuyauterie intérieure d'un équipement de pompage par émulsion se compose, généralement d'un tube d'air et d'un tube d'eau un peu plus long.

En fait pour le pompage, comme pour le développement le tube d'air est installé à l'intérieur du tube d'eau.

Le diamètre du tube d'air est de 2"pouces et sa longueur est de 57,2 m.

Le diamètre du tube d'eau est de 5"pouces et sa longueur est de 71,2 m.

Le niveau statique était à 4,86 m.

Développement et nettoyage. On a commencé le pompage à 12 heures 30 minutes le 19.11.74 avec un débit a peu près constant de 45,00 m³/h. pour nettoyer le forage, et après 17 heures et 30 minutes de pompage on a eu de l'eau claire. On a continué le pompage pendant 75 heures et 25 minutes pour l'essai de rabattement et le niveau de l'eau est arrivé à 14,86 m. Le rabattement est donc de 10 mètres. La pression de l'air comprimé pendant l'essai de rabattement était de 4,5 bars.

La conductivité de l'eau de pompage était de 2000 mic. mhos/cm et elle était riche en SO₄²⁻, avec une teneur de 800 mg/l qui est due à l'alimentation par l'eau de la rivière. La température pendant le pompage était de 17°C.

Essai de remontée. Après 21805 minutes, le niveau de l'eau arrive à 5 m., soit 0,14 m plus bas que le niveau de l'eau avant l'essai de rabattement, donc la remontée n'est pas rapide.

Essai de rabattement par paliers. Les résultats sont sur le tableau suivant :

Palier de Pompage	Q m ³ /h	N.D (m)	Δ (m)	Temps d'essai (min)	Débit spécifique $\frac{dQ}{d\Delta}$ m ³ /h/m
1 ^{er}	54	16,4	12,88	190	3,30
2 ^{ème}	49,7	15,09	11,57	235	3,29
3 ^{ème}	37,44	11,72	8,20	398	3,19

Tableau n° 9

Le débit spécifique est constant pendant les trois paliers de pompage.

Courbe caractéristique du puits. Sur un diagramme, en coordonnées arithmétiques, le rabattement est exprimé en fonction des débits. Elle permet de déduire graphiquement la valeur du débit spécifique c'est-à-dire la valeur pour un rabattement unité (Fig. n° 32).

$$Q \text{ spécifique} \approx 4,30 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}$$

Sur la courbe obtenue, on ne peut pas bien déterminer la valeur du débit critique ou maximal. C'est-à-dire un point sur la courbe à partir duquel l'accroissement de rabattement devient disproportionné par rapport à l'augmentation de Q.

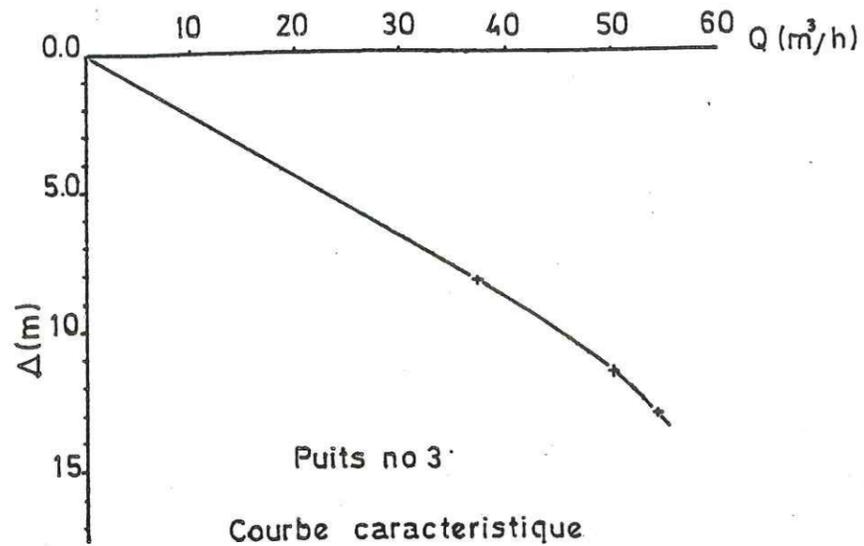


Fig. n° 32 1-1-3- Géophysique

1°) Résistivité

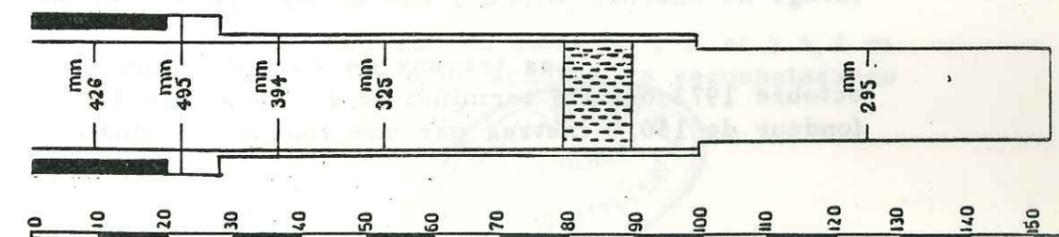
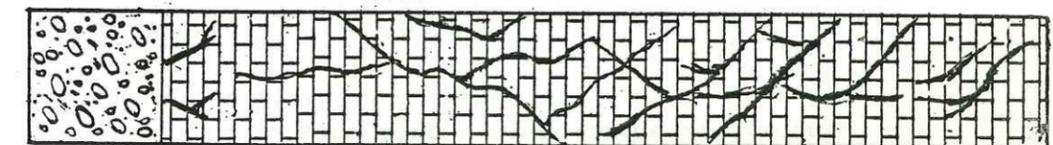
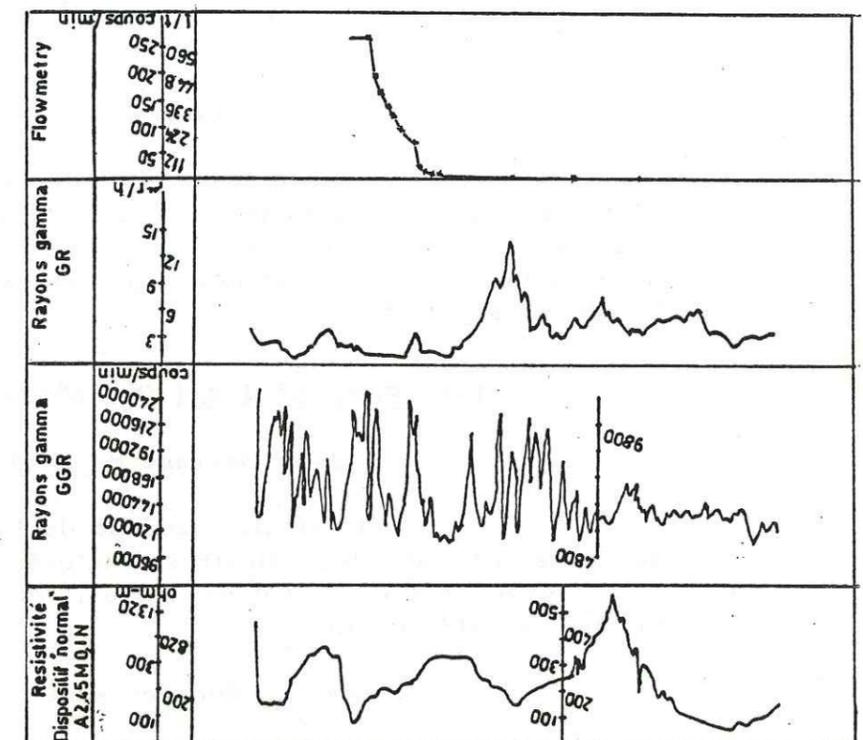
Les nettes déviations vers la gauche sur les logs électriques ou les diagrammes de résistivité obtenus par les méthodes de mesures soit en dispositif " normal " soit en dispositif latéral, indiquent une résistivité élevée aux niveaux correspondant aux cavités remplies d'eau des calcaires fracturés. Les couches argileuses ont une résistivité moins forte.

2°) Potentiel spontané

Dans un diagramme " d'auscultation " électrique, la courbe P.S. indique les variations de potentiel, selon les profondeurs, entre une électrode descendue dans le forage et une autre électrode située à la surface du sol et mise à la terre.

Le potentiel est mesuré en millivolts par un voltmètre très sensible branché entre la prise de terre à la surface et l'électrode mobile. Les résultats enregistrés en polarisation spontanée ne font malheureusement pas bien apparaître l'importance des fractures et des cavités dans les calcaires mais en comparant avec les autres mesures géophysiques, les déviations vers la gauche sur la courbe obtenue par mesure du potentiel spontané, font bien ressortir les deux cavités rencontrées à 42 et 48 mètres de profondeur.

Figno 33



On peut aussi distinguer la limite des argiles du jurassique moyen et des calcaires fracturés du jurassique supérieur sur la courbe obtenue.

3°) Carottage par rayon gamma et gamma-gamma.

Les mesures géophysiques de carottage effectuées par rayon gamma et gamma-gamma nous montrent un substratum argileux à partir de 52 m de profondeur.

4°) La résistivimétrie

La méthode consiste à injecter une certaine quantité de sel (Na Cl) dans le puits étudié et à mesurer la variation de résistivité en fonction du temps. La résistivité augmente au fur et à mesure de la dilution par les circulations de la solution injectée.

Dans le puits n° 3 la courbe de résistivité présente un maximum entre 32 et 51 m de profondeur. Ce maximum augmente avec le temps. Donc nous pouvons présumer la présence d'une nappe entre les côtes définies plus haut.

1-2- Puits N° 1 A (fig. n° 33)

1-2-1- Ouvrage de sondage

Il est situé au sud de l'axe de l'anticlinal de TAZAREH, sur les calcaires fracturés du Permo-Trias sur le grand décrochement de Talou-Hert (voir cartes géologique et structurale).

Les coordonnées sont :

X = 27542,76

Y = 4026307,30

Z = 1765,06

Le débit de ce puits est intéressant par rapport aux autres puits situés dans la région étudiée.

On utilise l'eau de ce puits dans l'usine de lavage de charbon située 1 Km au Sud-Est de cet ouvrage.

Les travaux de sondage commencés le 8 octobre 1973 ont été terminés le 23 Novembre 1973 à la profondeur de 150,9 mètres par une sondeuse " Rotary ".

Diamètre de sondage : 28, 3 m en 490 mm, 71,7 m en 394 mm, 52,9 m en 295 mm.

Diamètre de tubage : 20 m en 426 mm, 79,2 m en 324 mm non crépiné, 9,8 m en 324 mm crépiné, 11 m en 324 mm non crépiné.

Le pourcentage des crépines par rapport à la surface latérale du tube crépiné est de 12 %.

Le niveau statique de l'eau est 62,08.

Pendant les travaux de sondage après 20 mètres d'alluvions de vallée avec 30 % de gros sable, sable fin et argile on a trouvé les calcaires cristallisés, brisés et tout à fait fracturés du Permo-Trias.

1-2-2- Les essais de pompage

Développement et nettoyage

Le niveau de l'eau avant le pompage était à 62,08 m. On a fait 69 h et 35 min. de pompage par un émulseur (air lift) pour nettoyer le puits avec des débits différents entre 6 l/s et 25 l/s. Pendant ces travaux le niveau de l'eau était toujours constant, donc le rabattement était nul.

Essai de rabattement

On a fait l'essai de rabattement à 16 h. 40 minutes le 9-12-73 avec le débit à peu près constant de 231 m3/h. On a continué le pompage pendant 308 heures et le niveau de l'eau est arrivé à 64,08 m (niveau dynamique). Le rabattement est donc de 2 mètres.

Le débit spécifique d'après l'essai de rabattement est : $\frac{231}{2} = 115,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

La température de l'eau de pompage était 16°C. Sa teneur en Cl d'après cinq échantillons prélevés pendant le pompage était de 145 mg/l et pH = 7,8;

Essai de remontée

Après 212,5 heures, depuis l'arrêt de pompage le niveau de l'eau dans le puits arrive à 62,39 m., soit 0,31 m plus bas que le niveau de l'eau avant l'essai de rabattement.

Les mesures simultanées pendant l'essai de pompage sur le puits n° 1 A et le sondage de reconnaissance n° 1 B.

Au voisinage du puits n° 1 A et à 6,4 m au Sud-Est de ce puits, il y a un sondage de reconnaissance n° 1 B.



Diamètre de sondage : 4,5 m en 190 mm, 18,3 m en 151 mm, 13,2 m en 131 mm, 94 m en 112 mm et 12,2 m en 91 mm.

Diamètre du tubage : 4,5 m en 168 mm, 18,3 m en 146 mm, 13,2 m en 127 mm, le reste jusqu'à la profondeur de 142,2 m sans tubage.

Pendant l'essai de pompage sur le puits n° 1 A on a mesuré le niveau de l'eau simultanément sur ce puits et on a obtenu les résultats ci-dessous (Tableau n° 10).

N° de puits	NS en m	ND en m	Δ en m	Durée d'essai de rabattement en h	Durée d'essai de remontée	Q en m ³ /h
1 A	62,08	64,08	2,00	308	212,5	231
1 B	61,93	62,42	0,49	308	212,5	0

Tableau n° 10

1-2-3- Mesure géophysique

La meilleure mesure effectuée sur ce puits est celle de " Flowmétry " ou mesure de la vitesse de l'eau. Elle nous montre un courant de l'eau de 80 jusqu'à 90 m de profondeur de puits

1-3- Puits n° 21 (Fig. 34).

Il est situé sur le flanc septentrional de l'anticlinal de Talou au pied du cimetière de " Imanzadeh-Abdolah " près du village de Tazareh et sur les calcaires fracturés du Trias moyen. La faille qui constitue cette zone fracturée est un satellite de la grande faille qui passe par l'axe de l'anticlinal et qui alimente ses déviations. L'altitude de ce puits est : 1926,24 m.

1-3-1- Ouvrage de sondage

Les travaux de sondage commencés le 1-4-76 ont été terminés au 5-6-76 à la profondeur de 267 mètres par une sondeuse " Rotary".

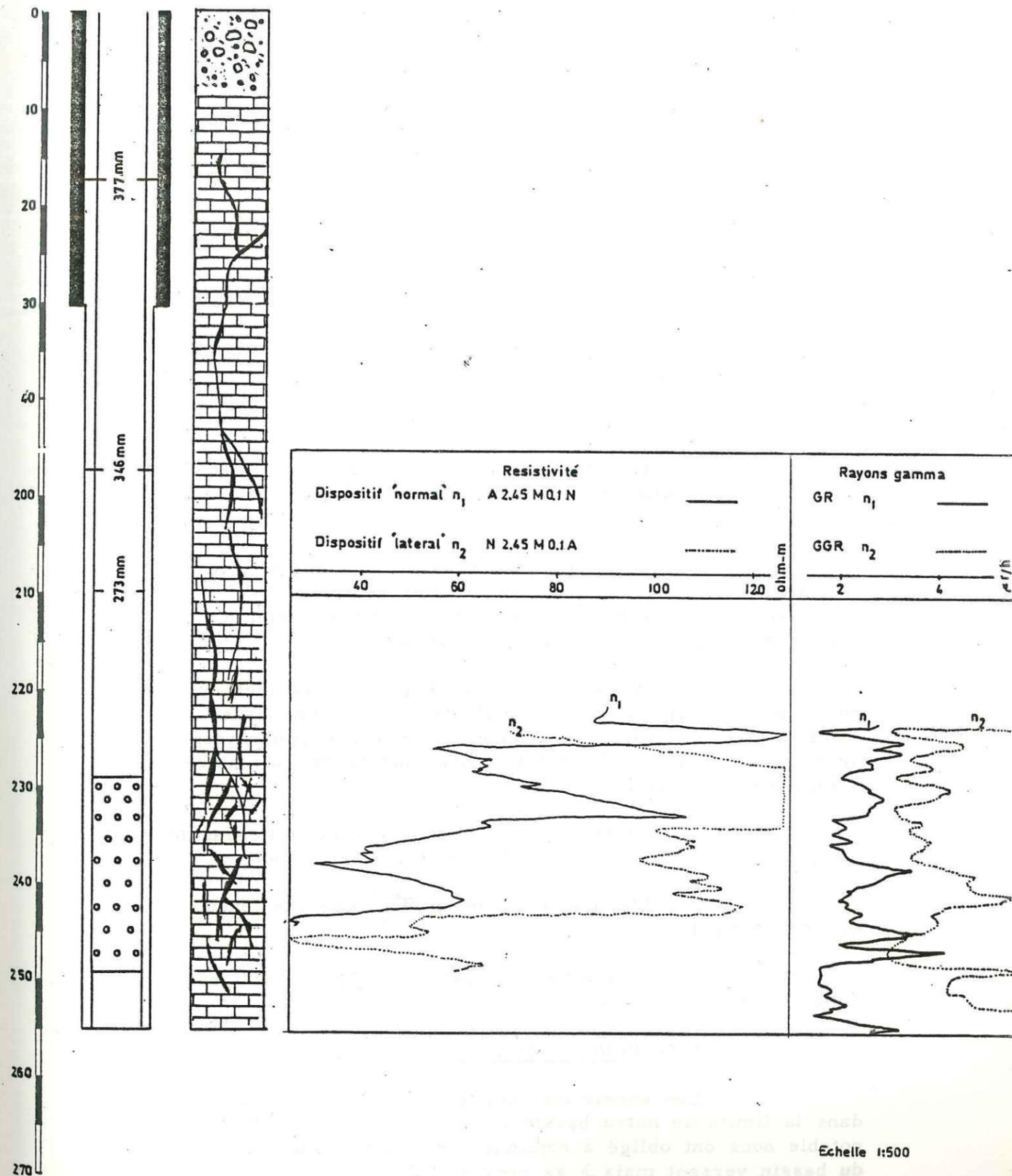


Fig no 34

Diamètre de sondage : 30,50 mètres forés en 490 mm et 224,50 mètres forés en 346 mm.

Diamètre de tubage : 30,50 mètres en 377 mm, 255 mètres en 273 mm. Le dernier est crépiné de 235 mètres jusqu'à 256 mètres de profondeur soit 21 mètres de crépine.

Cimentation : On a rempli par un mélange à base de ciment tout l'espace annulaire entre le tubage 377 mm et le terrain adjacent.

Pendant les travaux de sondage après dix mètres d'alluvions de vallée on a trouvé les calcaires gris du Trias moyen qui ont une cassure blanche et qui sont brisés avec des filons de calcite secondaire.

1-3-2- Les essais de pompage

Le niveau de l'eau avant pompage était à 223,08 m, la pompe avec un diamètre de 10 pouces était placée à 240 mètres.

On a fait 69,5 heures de pompage avec la puissance maximale de la pompe pour avoir le débit maximal. Le niveau de l'eau avec 59,5 m³/h de débit n'a pas changé et est resté toujours constant.

On pourrait estimer que la puissance du puits est plus forte que 59,5 m³/h de débit. Malheureusement le niveau statique de l'eau est très bas et pour avoir un débit élevé il faut élargir le puits pour placer une autre pompe avec un diamètre plus élevé.

La température de l'eau pendant l'essai de pompage était de 19° et la conductivité de 2780 μmhós.

L'eau était riche en SO_4^{--} avec une teneur de 877,32 mg/l.

La teneur en HCO_3 était 616,29 mg/l et celle de Cl était 208,85 mg/l.

1-4- Puits n° 25 (Nosrat-Abad)

Les conditions hydrogéologiques défavorables dans la limite de notre bassin versant pour trouver de l'eau potable nous ont obligé à continuer notre recherche en dehors du bassin versant mais à sa proximité. Pendant ces études qui ne sont pas encore finies on a foré le puits n° 25 au nord du petit village de Nosrat-Abad sur une zone faillée d'un petit affleurement de calcaire fissuré qui ressemble au calcaire du Crétacé supérieur.

Cette faille passe par les axes d'un petit anticlinal et d'un synclinal constitués dans ces calcaires. Elle rejoint au Nord un chevauchement et au Sud une faille qui passe par les calcaires du Lias et les calcaires dolomitiques de Mila.

Les coordonnées sont :

X = 262371,44
Y = 4020912,24
Z = 1782,29

La profondeur du puits est de 100 m et le niveau de l'eau avant pompage était à 10,20 m.

On a fait 100 heures de pompage avec un débit de 300 m³/h et le niveau de l'eau est arrivé à 15,20 m. Le rabattement est donc de 5 mètres. L'eau de ce puits est sulfatée calcique. La teneur en SO_4^{--} est de 233 mg/l et celle de HCO_3^- est 180 mg/l. Ca^{++} a une teneur de 80,6 mg/l. Le résidu sec de l'eau est 57 mg/l et le pH arrive à 7,5.

2 - LES FORAGES SUR LES ALLUVIONS DE LA VALLEE

2-1- Groupe de " Kelariz "

Généralité : Les puits de ce groupe sont situés dans les alluvions de la vallée de " Kelariz " entre les deux vallées de Kolomdar et de Kelamarg. Dans ce groupe nous avons deux sortes de puits :

1- Les puits d'observation qui sont les n° :

38-1, 38-2, 38-3, 38-4, 38, 37, 39.

2 - Le puits d'exploration 38-C.

Les échantillons prélevés pendant les travaux de sondage et les mesures géophysiques effectuées montrent que ces alluvions sont composées d'alternances de gravier gréseux ou calcaireux avec des boues, des argiles, et des sables de couleur vert-gris et bleu. Le substratum doit être argileux mais l'aquifère est composé de couches de graviers et sable propre sans argile. La base des alluvions de la vallée de Kelariz est constituée par des silts et des argiles du Trias supérieur.

Ces forages ont été effectués pour trouver l'épaisseur maximum de l'aquifère et connaître les coefficients hydrodynamiques des alluvions.

La situation des puits est montrée sur la carte topographique de la vallée de Kelariz à l'échelle 1/5000, Fig. n° 39.

2-1-1- Puits central n° 38-C

Ce sondage est un puits d'exploitation

Il est situé à l'altitude de 2207 m. Les travaux de sondages commencés le 24-3-76 ont été terminés le 20-4-76 à la profondeur de 43,49 m.

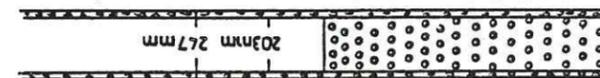
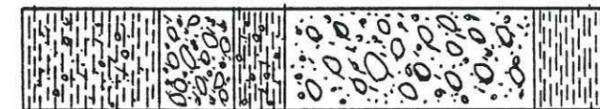
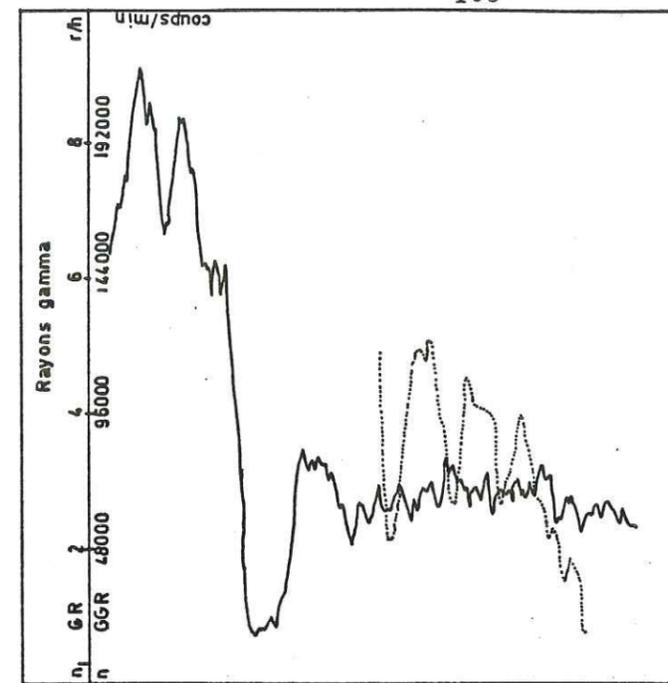
Diamètre de sondage : le diamètre de sondage est de 247 mm.

Diamètre du tubage : Le diamètre de tubage est de 203 mm; 22,15 m non crépiné et 20,15 m crépinés (Fig. n° 35).

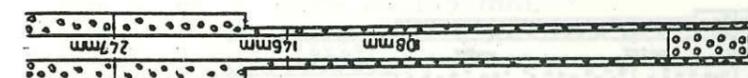
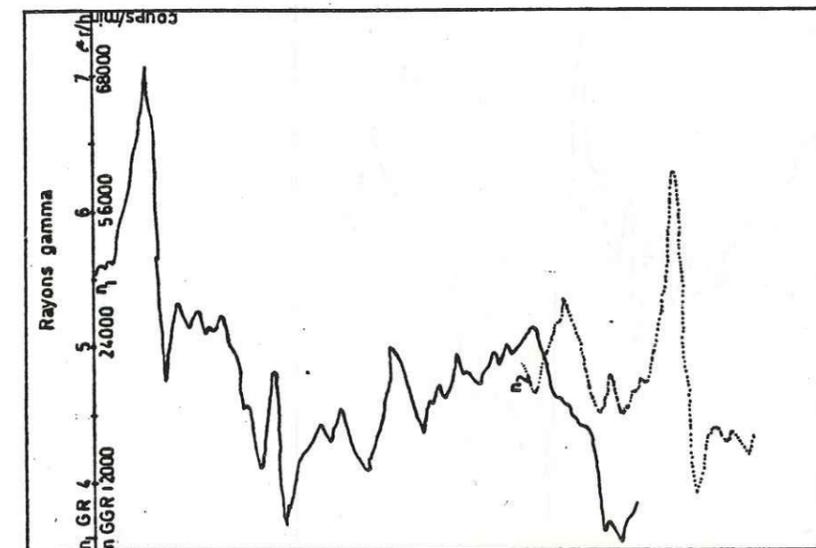
2-2-2- Puits d'observation n° 39

L'altitude du sondage est 2185,7 m

Les travaux de sondage commencés le 10-11-76 ont été terminés au 18-11-76 à la profondeur de 55 m.

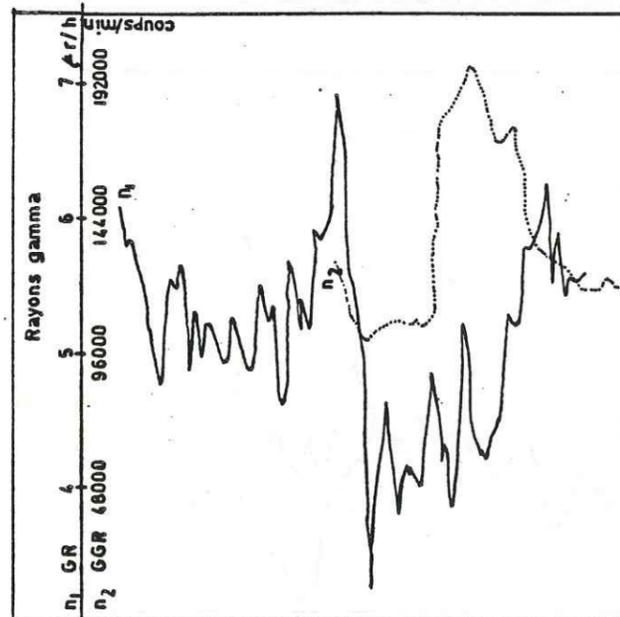
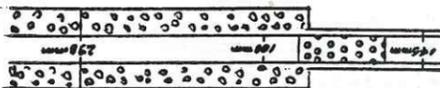
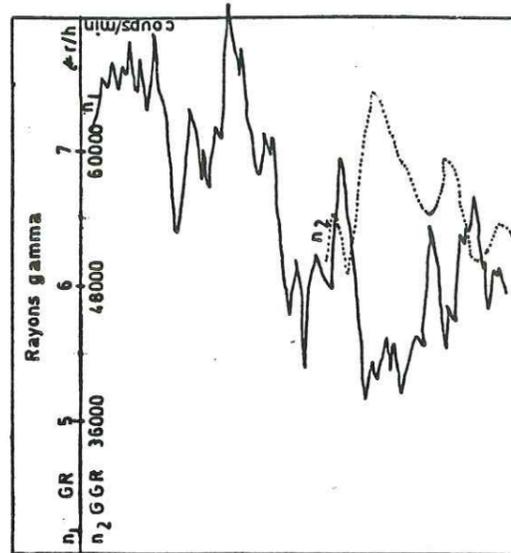


Puits no 38-C



Puits no 39

Fig no 35



Puits no 37

Puits no 36

Fig no 36

Echelle 1:500

Diamètre de sondage : 16 m forés en 247 mm et 39 m en 146 mm.

Diamètre de tubage : Le diamètre de tubage comme pour les autres puits d'observation est de 108 mm, 47 m non crépinés, 6 m crépinés et 2 m non crépinés (Fig. n° 35)

2-1-3- Puits d'observation n° 36

Ce sondage est situé à l'altitude de 2221,4 m. Les travaux de sondage commencés le 18-12-75 ont été terminés au 9-1-76 à la profondeur de 40 m.

Diamètre de sondage : 5,5 m forés en 298 mm, 21,85 m en 243 mm et 12,65 m en 168 mm.

Diamètre de tubage : Le diamètre de tubage est 108 mm, 29,60 m non crépinés, 6,03 m crépinés et après 4,37 m non crépinés. Le contact de l'eau après le sondage est à 23,88 m de profondeur. On a rempli par un ensemble de graviers tout l'espace annulaire entre le tubage et le terrain adjacent Fig. n° 36.

2-1-4- Puits d'observation n° 37

Ce sondage est situé à l'altitude de 2210,7 m et à l'Est du puits n° 36. Les travaux de sondage ont duré 13 jours, du 7 jusqu'au 19 janvier 1976. La profondeur de ce puits est de 32 m.

Diamètre de sondage : 22 m forés en 295 mm, 10 m forés en 145 mm.

Diamètre de tubage : On a 32 m de tubage. Son diamètre est 108 mm, 21,36 m non crépinés, 6,06 m crépinés et 4,58 m non crépinés.

Le contact de l'eau après le sondage est à 19,43 de profondeur (fig. n° 36)

2-1-5- Puits d'observation n° 38-1

Ce puits est situé à l'altitude de 2207 m et à l'Est du puits n° 37. Les travaux de sondage ont duré 16 jours.

La profondeur de ce puits est de 40 m.

Diamètre de sondage : on a 10 m forés en 247 mm et 24 m forés en 146 mm.

Diamètre du tubage : le diamètre du tubage est de 108 mm, 26,94 m non crépinés, 6,06 m crépinés et 7 m non crépinés (fig. n° 37).

2-1-6- Puits d'observation n° 38-2

Ce sondage est situé à l'altitude 2 207m et à l'Est du puits n° 38-1. Les travaux de sondage commencés le 15.4.76 ont été terminés au 22-4-76 à la profondeur de 36,50 m.

Diamètre de sondage : 15,20 m forés en 247 mm, et 21,30 m en 146 mm.

Diamètre de tubage : Le diamètre du tubage est de 108 mm, 26,70 m non crépinés, 6,02 m crépinés et 4,04 m non crépinés (fig. n° 37).

2-1-7- Puits d'observation n° 38-3

L'altitude de ce sondage est de 2202 m.

Les travaux de sondage commencés le 25-4-76 ont été terminés au 9-5-76 à la profondeur de 36 m.

Diamètre de sondage : 16 m forés en 298 mm et 20 m forés en 146 mm.

Diamètre de tubage : on a 36 m de tubage. Son diamètre est 108 mm, 25,88 m non crépinés, 6,02 m crépinés et 4,10 m non crépinés (Fig.n° 37).

2-1-8- Puits d'observation n° 38-4

L'altitude de ce puits est de 2214,3 m. Les travaux de sondage commencés le 26-11-76 ont été terminés au 2-3-76 à la profondeur de 38 m.

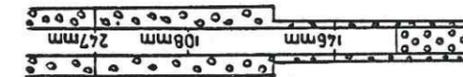
Diamètre de sondage : 18,50 m forés en 247 mm et 19,5 m en 146 mm.

Diamètre de tubage : Le diamètre du tubage comme pour tous les puits d'observation de cette vallée est de 108 mm, 33,22 m non crépinés et 6,06 m crépinés (fig. n° 37).

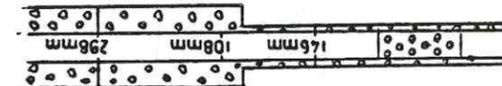
2-1-9- Prospection géophysique par sondages électriques

On a réalisé sept profils géophysiques par méthode électrique selon la direction N-E de la vallée de

Puits no 38_4



Puits no 38_3



Puits no 38_2



Puits no 38_1

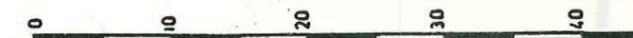
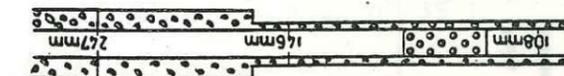
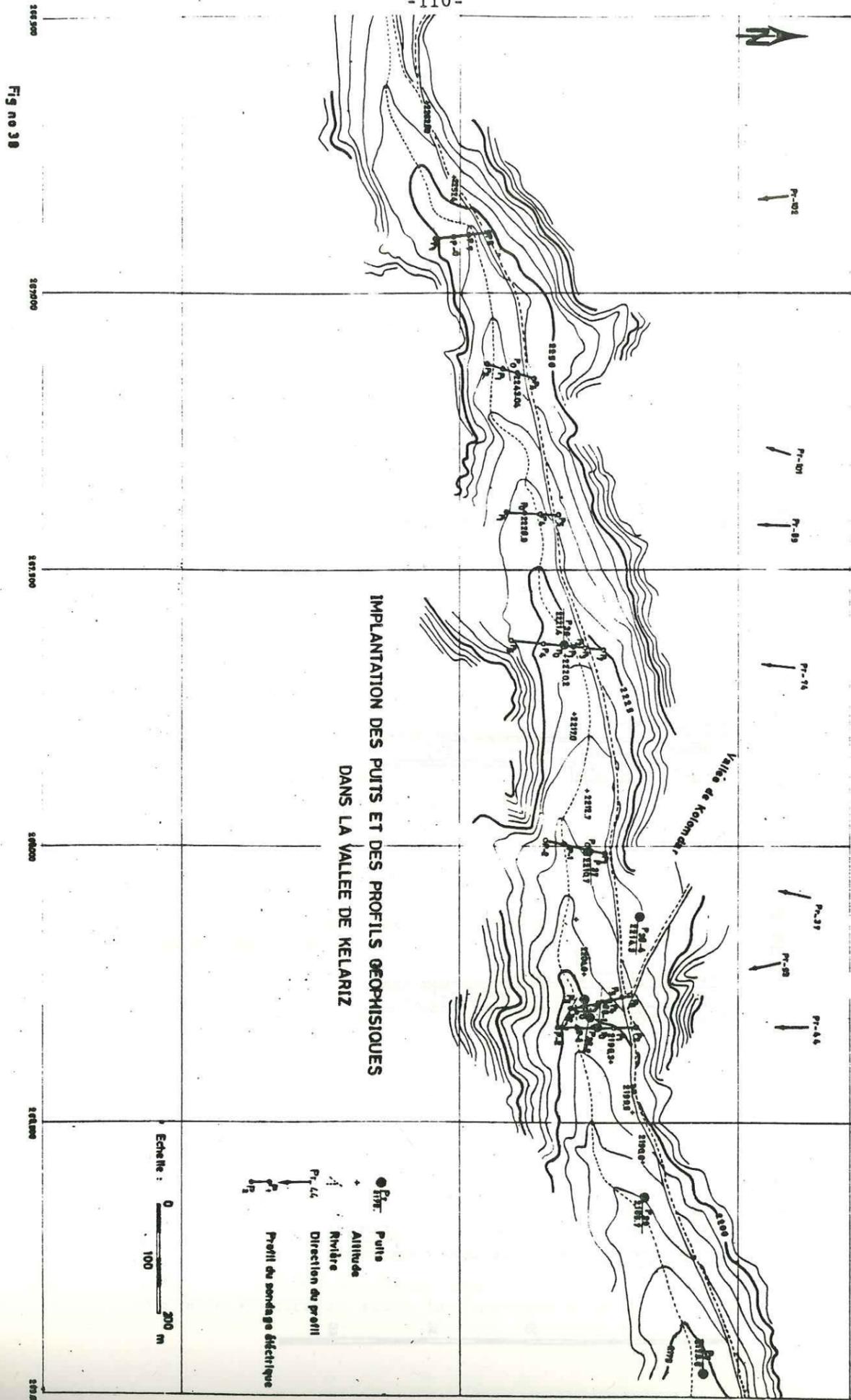


Fig no 37



Kelariz pour étudier le substratum et l'épaisseur de l'aquifère (Fig. n° 38). D'après les profils obtenus (Fig. n° 39 et n° 40) nous pouvons déterminer que le substratum est constitué d'alternances de grés et d'argiles qui appartiennent au Trias supérieur.

Sur le profil n° 93 nous voyons qu'une partie du substratum se compose de grés du Trias supérieur surmontés par des alternances de grés et d'argiles.

La résistivité du substratum grés-argileux est comprise entre 20 et 70 ohm/m et celle des grés de Trias supérieur est comprise entre 27 et 55 ohm/m. L'aquifère qui est constitué de grés et de sables plus ou moins argileux a une résistivité comprise entre 55 et 150. Le maximum d'épaisseur de l'aquifère d'après le profil n° 44 est à proximité du puits central n° 38 avec environ 25 m d'épaisseur et une résistivité comprise entre 50-60 ohm/m. D'après les résistivités faibles obtenues on peut estimer qu'il s'agit d'un aquifère marneux et argileux qui ne peut pas contenir une quantité énorme d'eau.

2-1-10 - Géophysique par rayons gamma et gamma-gamma

En comparant les diverses courbes obtenues par les méthodes de GGR et GR pour chaque puits on arrive aux résultats suivants :

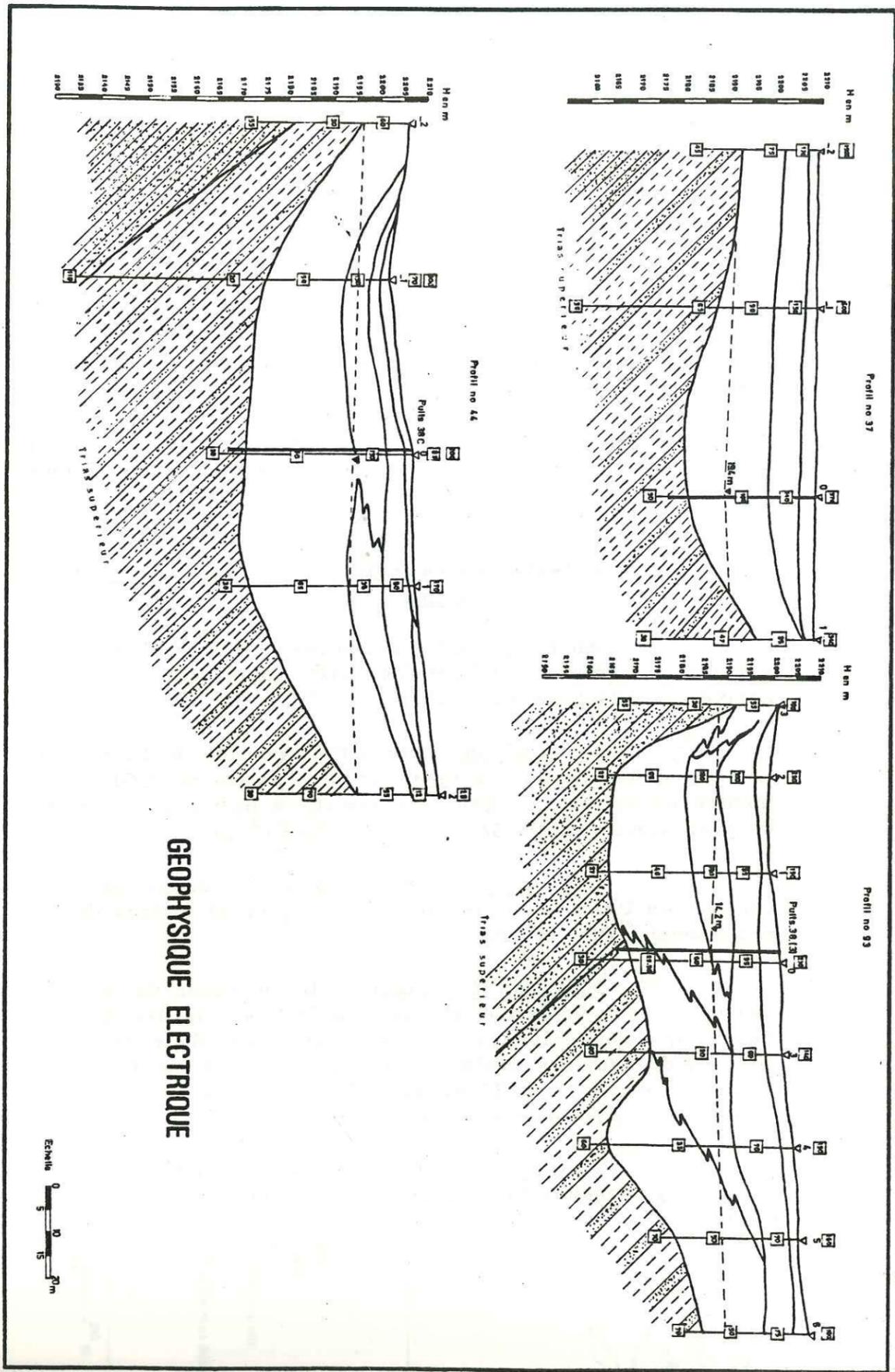
Puits n° 36 : une nette déviation de la courbe GR sur la gauche, ou sur la droite pour la courbe GGR montre un aquifère de graviers sableux à partir de 25 mètres de profondeur jusqu'à 32 mètres. (Fig. n° 36).

Puits n° 37 : Dans ce puits la couche qui contient de l'eau douce se situe entre 20 et 30 mètres de profondeur (Fig. n° 36).

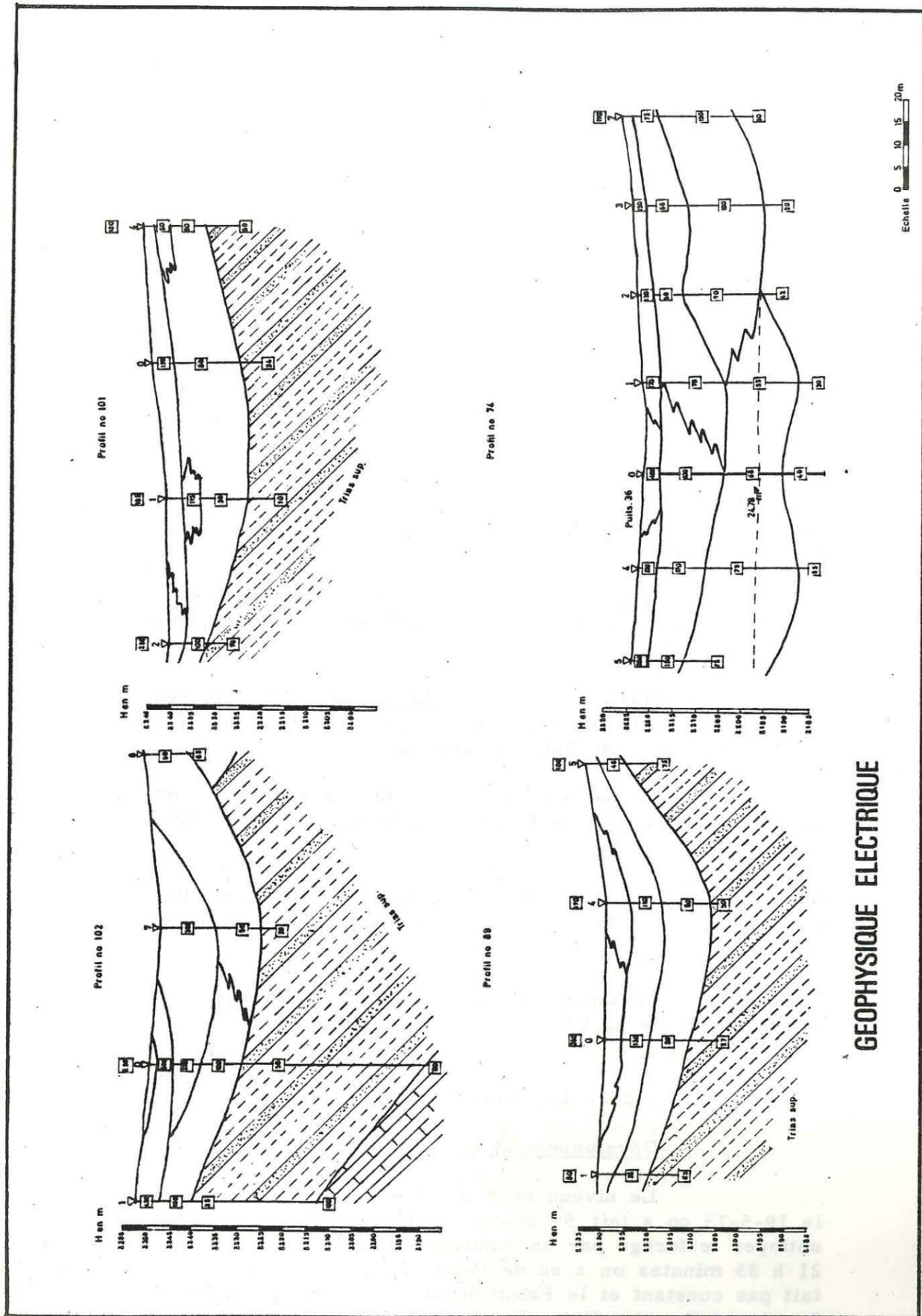
Puits n° 38 central : La déviation de la courbe GR sur la gauche et celle de GGR sur la droite montre que nous pouvons avoir deux aquifères dans des couches de graviers sableux, une entre 10 et 15 mètres et l'autre entre 25 et 35 mètres. Donc le maximum d'épaisseur de l'aquifère est dans ce puits (Fig. n° 35).

Puits n° 39 : Dans ce puits à partir de 35 m de profondeur les couches contiennent une bonne quantité d'eau douce (Fig. n° 35).

Fig no 39



GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE



GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE

Fig no 40

2-2- Puits n° 7

2-2-1- Ouvrages de sondage

Ce sondage est situé à " Tazareh " au Sud de la vallée de " Kelamarg " sur les alluvions de la vallée les coordonnées sont

X = 268953,40
Y = 4029437,64
Z = 2173,59

Les travaux de sondage commencés le 26-4-75 ont été terminés au 14-5-75 à la profondeur de 48,60 m par une sondeuse à battage de marque OKS-22M.

Travaux de sondage . Après 30 mètres d'alluvions de vallée avec des couches argileuses alternant avec des graviers , des silts et des argiles très cohérentes, on a trouvé des argiles très cohérentes de couleur gris foncé du Trias supérieur.

Diamètre de sondage : 19,6 mètres forés en 394 mm, 10,4 mètres forés en 298 mm et 18,60 mètres forés en 243 mm.

Diamètre extérieur du tubage : 19,6 mètres en 377 mm, 28,70 m en 273 mm, 8,8 m en 168 mm, crépinés et 10,7 m en 168 mm crépinés.

Le pourcentage d'ouverture des crépines est de 15 %. Le contact de l'eau après le sondage est à 12 m.

On a rempli par un ensemble de graviers tout l'espace annulaire entre le tubage et le terrain adjacent et par un mélange à base de ciment celui du tubage.

La teneur en Cl pendant les travaux de sondage était de 67,02 Mg/l.

2-2-2- Les essais de pompage

Développement et nettoyage

Le niveau statique étant à 11,50 m à 9h25 minutes le 19-5-75 on a fait 59 heures et 35 minutes de pompage pour nettoyer le forage par un émulseur (air lift) et après 21 h 35 minutes on a eu de l'eau claire. Le débit n'était pas constant et le rabattement obtenu est de 11,43 m. Le niveau du tube d'air est 43,25 m et celui du tube d'eau est de 46,25 m.

Après le développement du forage, on a arrêté le pompage pendant 19 h15 mn. et le niveau de l'eau est arrivé à 12,35 m. Puis on a fait l'essai de rabattement à 9h15 mn. du matin le 22-5-75 avec le débit à peu près constant de 22,2 m³/h. On a continué à 123 h 15 min. et on a obtenu 13,59 m de rabattement. Le niveau dynamique est alors de 25,09 m. La teneur en Cl pendant le développement était 65,68 mg/l.

En raison de panne de l'air lift pendant l'essai de rabattement, les mesures de rabattements ne sont pas tout à fait exactes.

Essai de remontée

Après 265 h et 30 mn. le niveau de l'eau arrive à 11,45 m soit 0,05 m plus bas que le niveau de l'eau avant l'essai de rabattement.

La remontée est donc comme le rabattement : lente et graduelle.

2-2-3- Mesures géophysiques

Les mesures géophysiques ont été effectuées par les méthodes suivantes :

- Carottage par rayon gamma,
- Carottage gamma-gamma.

La première est la mesure de la radio-activité naturelle de certaines particules radio-actives qui se trouvent dans les diverses formations surtout les argiles et la deuxième dépend de la mesure de la radio-activité provoquée dans ces formations.

D'après ces deux méthodes, nous pouvons repérer une couche de graviers propre avec un pourcentage très faible d'argile entre 25 et 30 m de profondeur qui doit être notre aquifère. Au dessus de ce niveau nous avons aussi une couche de graviers plus ou moins propres.

L'unité de carottage par les rayons gamma, est le microroentgen/ heure et celle de gamma-gamma est exprimée en coup ou impact par minutes (Fig. n° 41).

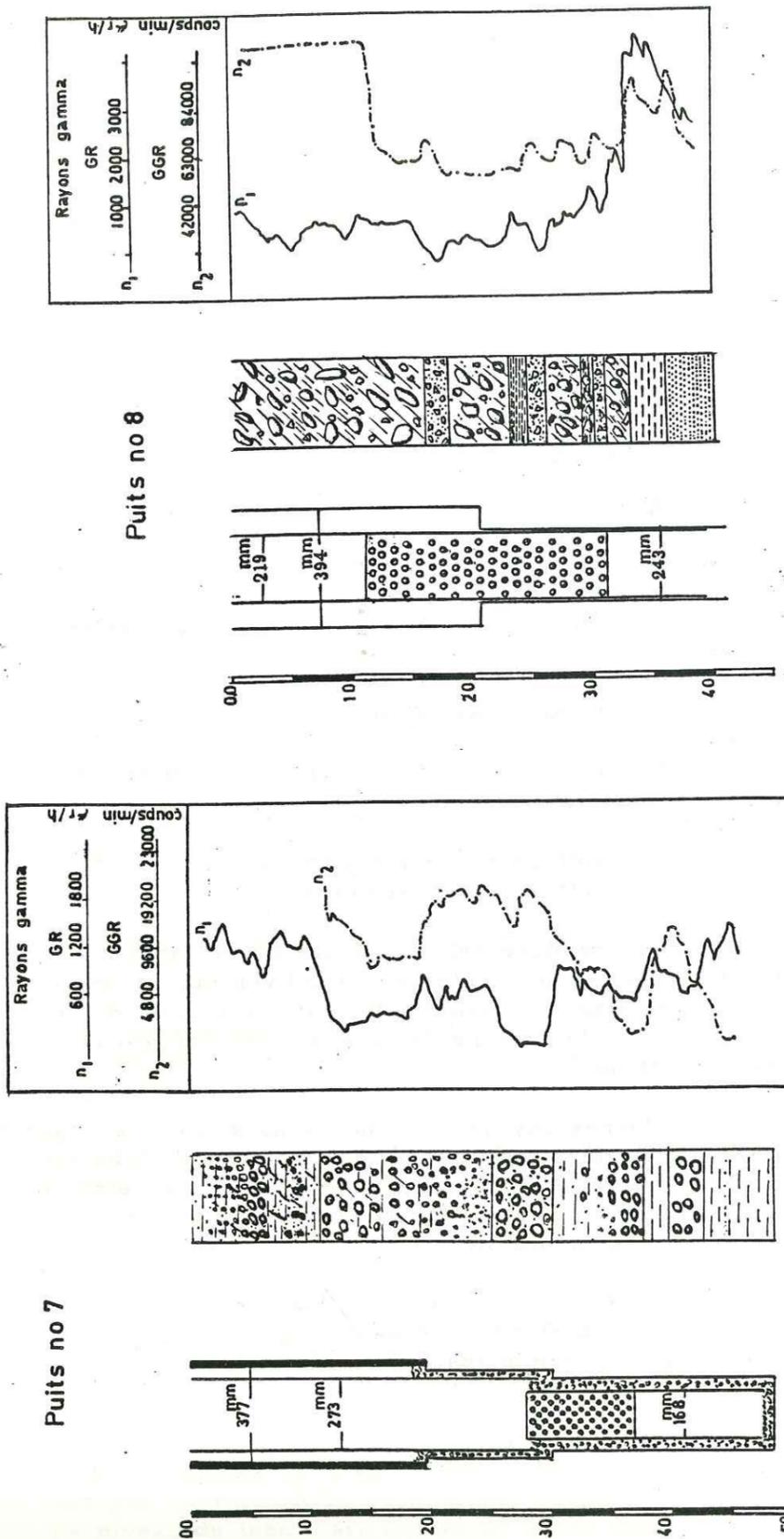


Fig no 42

Echelle 1:500

2-3- Puits n° 8

2-3-1- Ouvrages de sondage

Ce sondage est situé au nord de la vallée " Kelamarg " sur les alluvions de vallée et les éboulis du jurassique supérieur en coordonnées :

X = 267509,89
Y = 4031428,66
Z = 2397,69

Les travaux de sondage commencés le 26-5-75 ont été terminés au 18-6-76 à la profondeur de 41 m. par une sondeuse à battage.

Diamètre de sondage : 20 m forés en 394 mm et 21 m forés en 243 mm.

Diamètre extérieur du tubage : 11 m en 219 mm non crépinés, 20 m en 219 mm crépinés, 8,25 m en 219 mm non crépinés.

Le pourcentage d'ouverture des crépines est de 15 %.

Le contact de l'eau après le sondage est à 12,68 m de profondeur.

Travaux de sondage : Après 23 m d'éboulis et d'alluvions, on a trouvé une couche argileuse très cohérente de 18 m d'épaisseur jusqu'à 33 m de profondeur, il y a des alluvions avec alternance d'argile marine. A cette profondeur on est arrivé à des argiles alternant avec des sables compactés. Après cette couche, il y a des grés fins du Lias.

On a rempli par un ensemble de graviers tout l'espace annulaire entre le tubage et le terrain adjacent.

2-3-2- Les essais de pompage

Développement et nettoyage. Le niveau statique étant à 12,67 m, le 22-6-75 on a fait 24 heures de pompage pour nettoyer le forage par un émulseur (air lift) et après 18 heures on a eu de l'eau claire. Le débit moyen était de 41,4 m³/h et le rabattement obtenu de 1,95 m.

Au bout de 24 heures on a arrêté le pompage pour étudier la remontée. Après 143 heures, on avait le niveau à 12,87 m soit 0,20 m plus bas que le niveau de l'eau avant l'essai de pompage. La température de l'eau pendant cet essai était de 11,5 °, la conductivité à 25°C était de

Fig no 41

450 micromohs et la teneur en Cl^- de 28,15 mg/l.

La minéralisation de l'eau à la fin du nettoyage ne varie pas beaucoup et reste constante par rapport au début de pompage

On a refait l'essai de pompage à 10 heures 30 mn. le 5-7-75 par une pompe avec un débit a peu près constant de 63m³/h pour étudier le rabattement. Le niveau de l'eau avant l'essai était de 12,68 m. Simultanément on a mesuré le niveau de l'eau sur un puits superficiel à 1,4 m de diamètre et 22 m de profondeur à 18,4 m au sud de ce puits.

Après 96 heures et 10 minutes, on avait le niveau à 18,47 m d'ou un rabattement de 5,80 m. Le rabattement sur le puits voisin était de 4,17 m.

Essai de remontée Après 94 heures et 10 minutes, le niveau de l'eau arrive à 13,29 m, soit 0,61 m plus bas que le niveau de l'eau avant le deuxième essai de rabattement. Le rabattement sur le puits voisin est de 0,55 m.

La remontée est donc comme le rabattement : lente et graduelle.

2-3-3- Mesures géophysiques

Les mesures géophysiques effectuées par carottage gamma et gamma-gamma nous montrent un substratum argileux à partir de 33 mètres de profondeur et un aquifère conglomératique plus ou moins argileux (Fig. n° 42).

La figure n° 30 indique la situation des puits de la région étudiée.

3 - CONCLUSION

Les forages et essais de pompage réalisés montre que les zones les mieux alimentées sont celles qui se trouvent sur les zones de fracture importantes et que les alluvions des vallées sont extrêmement hétérogènes ce qui rend leur exploitation aléatoire malgré des épaisseurs pouvant atteindre ou dépasser 30 m.

C H A P I T R E VII

=====

DETERMINATION DES CARACTERES HYDRODYNAMIQUES DES
=====
AQUIFERES DE LA REGION
=====

1 - INTRODUCTION

2 - CALCUL DE LA TRANSMISSIVITE (T)

3 - CALCUL DE T ET INTERPRETATION DES COURBES
POUR CHAQUE PUIITS

4 - COURBES DE TARISSEMENT

5 - CONCLUSION GENERALE DU CHAPITRE

DETERMINATION DES CARACTERES HYDRODYNAMIQUES

DES AQUIFERES DE LA REGION

1 - INTRODUCTION

Pour la détermination des divers paramètres hydrodynamiques des aquifères karstiques dans les zones fracturées et les alluvions de vallée, on a d'abord appliqué l'équation d'approximation logarithmique de C. Theis et C. Jacob, 1942 valable pour le régime d'écoulement non permanent à l'aide de plusieurs pompages d'essais dans les aquifères de notre région d'étude.

Le problème de la détermination des paramètres hydrodynamiques par des méthodes classiques reste cependant toujours difficile à résoudre.

Nous avons ensuite appliqué les méthodes de E. Maillet et Tison pour la détermination des valeurs des coefficients de tarissement et de la capacité d'emmagasinement des divers aquifères grâce aux mesures effectuées pendant 5 ans sur 3 sources de la région.

2 - CALCUL DE LA TRANSMISSIVITE (T)

N'ayant pas eu à notre disposition de piézomètre au voisinage de puits n° 3 dans les alluvions de vallée et les calcaires du jurassique supérieur, nous avons calculé la transmissivité à partir de la courbe de remontée, par la formule d'approximation logarithmique de Theis-Jacob.

Delta = (0,183 Q / T) * lg(t/t')

- T = transmissivité en m2/s
Q = débit en m3/s
t = le temps écoulé depuis le début du pompage
t' = le temps écoulé depuis l'arrêt

Il faut dire que cette formule n'est valable que pour les valeurs de t et t' assez grandes.

Pour calculer T, il faut porter les données du pompage avec en abscisse les logarithmes de t/t' et en ordonnées, pour un seul débit constant, les rabattements résiduels.

Pour simplifier la formule ci-dessous :

0,813 / T = c x tgx

où

T = (0,183 x Q) / c

c = le coefficient angulaire de la droite caractéristique ou tgx et sa valeur est donnée par l'accroissement du rabattement résiduel Delta dans un cycle logarithmique. Dans ce cas, lg, t/t', est égal à 1.

L'utilisation de la formule suppose que soient admises les hypothèses simplificatrices suivantes :

- nappe horizontale d'épaisseur constante,
- le régime d'écoulement non permanent.

3 - CALCUL DE T ET INTERPRETATION DES COURBES POUR CHAQUE PUIITS

3-1 Les forages sur les calcaires

3-1-1- Puits n° 3

Pour la courbe de remontée, on avait deux étapes très nettes avec des valeurs différentes de T (Fig. n° 43).

" Première étape avec :

C1 = 0,11 m Q = 45 m3/h

T1 = (0,183 x 45) / (0,11 x 3600)

T1 = 0,201 m2/s ou 21 x 10^-1 m2/s

Courbe de remontée

Puits n° 3
Courbe de remontée.

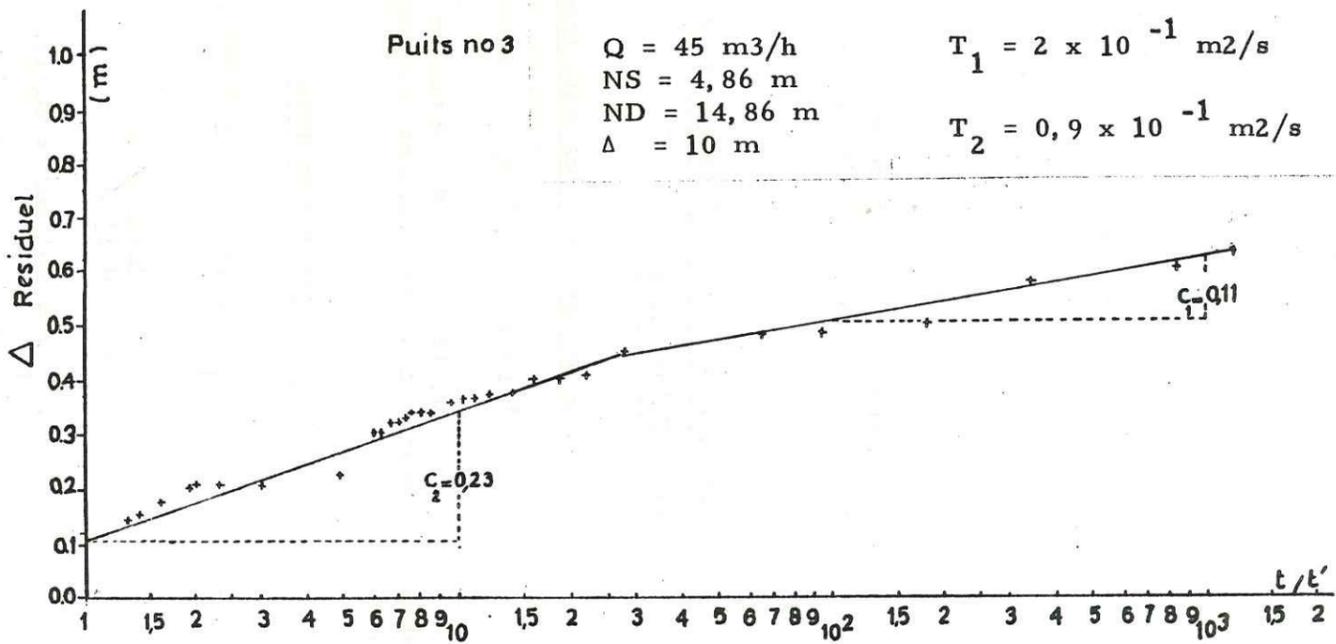


Fig no 43

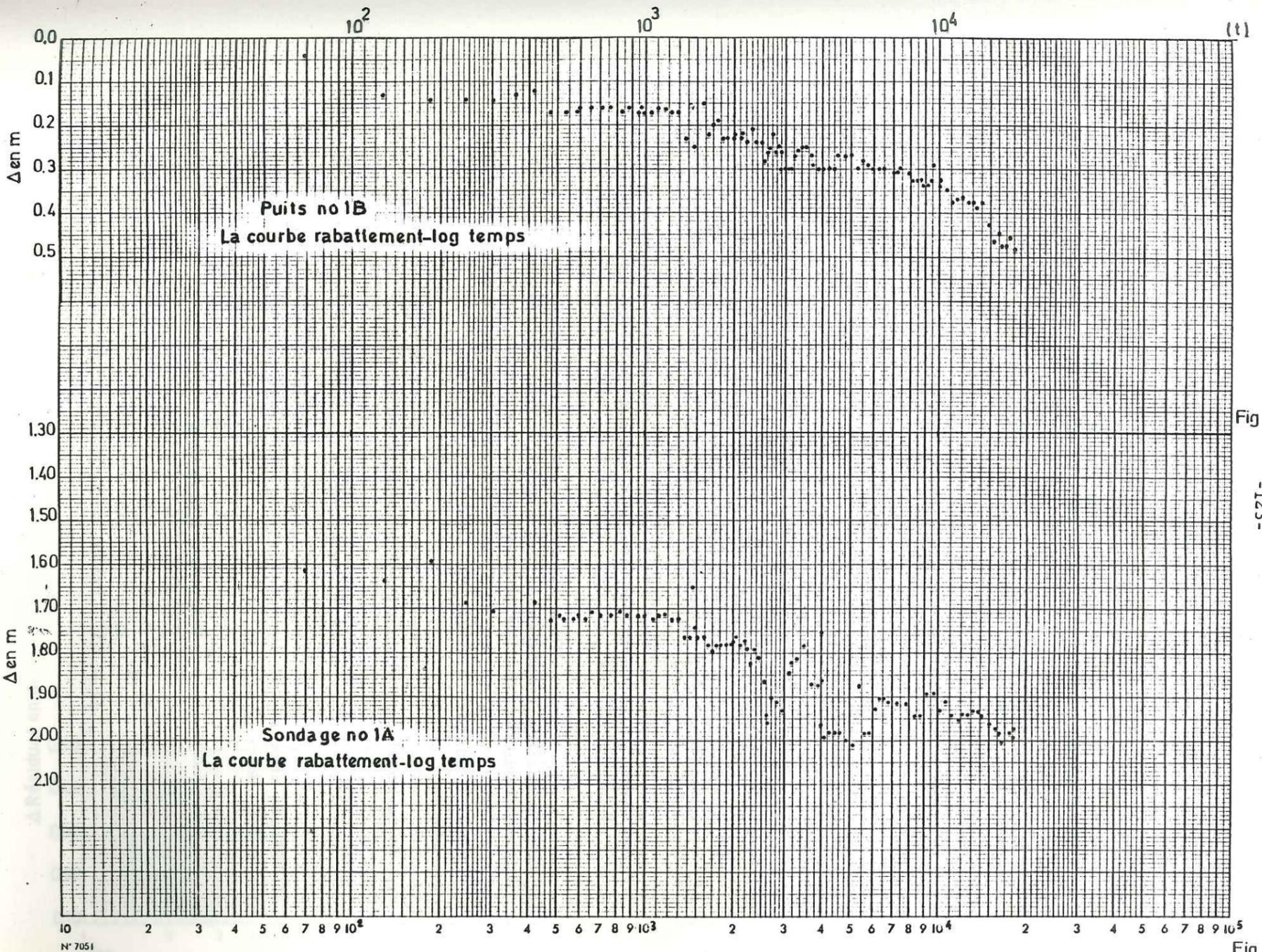


Fig no 45

Fig no 44

" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,23 \text{ m} \quad Q = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,099 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,9 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

Dans ce puits, les changements de la valeur de "T" sont dus aux relations entre la nappe des calcaires et celle des alluvions. Le changement de la valeur de " T " est donc sous l'influence de cette relation avec les différences de puissance de ces nappes.

On peut ajouter que pour la courbe de rabattement on avait des oscillations du niveau de l'eau qui peuvent être dues à l'influence de l'eau de la rivière sur la nappe.

La moyenne de la valeur de T pour cette nappe est environ de 0,15 m²/s

3-1-2- Puits n° 1 A et sondage n° 1 B

Pendant l'essai de pompage et de rabattement sur le puits n° 1 A on a mesuré le niveau de l'eau simultanément sur le sondage n° 1 B à 6,4 m du puits 1A.

Pour les courbes de rabattement, on avait des oscillations du niveau de l'eau qui peuvent être dues à la fracturation des calcaires du Permo-Trias (Fig 44 et 45).

Nous avons calculé la transmissivité de ces calcaires fracturés à partir des courbes de remontée, sur le puits n° 1 A et le sondage n° 1 B. Dans ce cas les oscillations du niveau de l'eau n'interviennent pas beaucoup dans la courbe représentative de la remontée.

Les valeurs de la transmissivité à partir de la courbe de remontée pour chaque puits sont :

a) Puits n° 1 A

Pour la courbe de remontée, on avait quatre étapes très nettes avec des valeurs de T généralement voisines (Fig. 46)

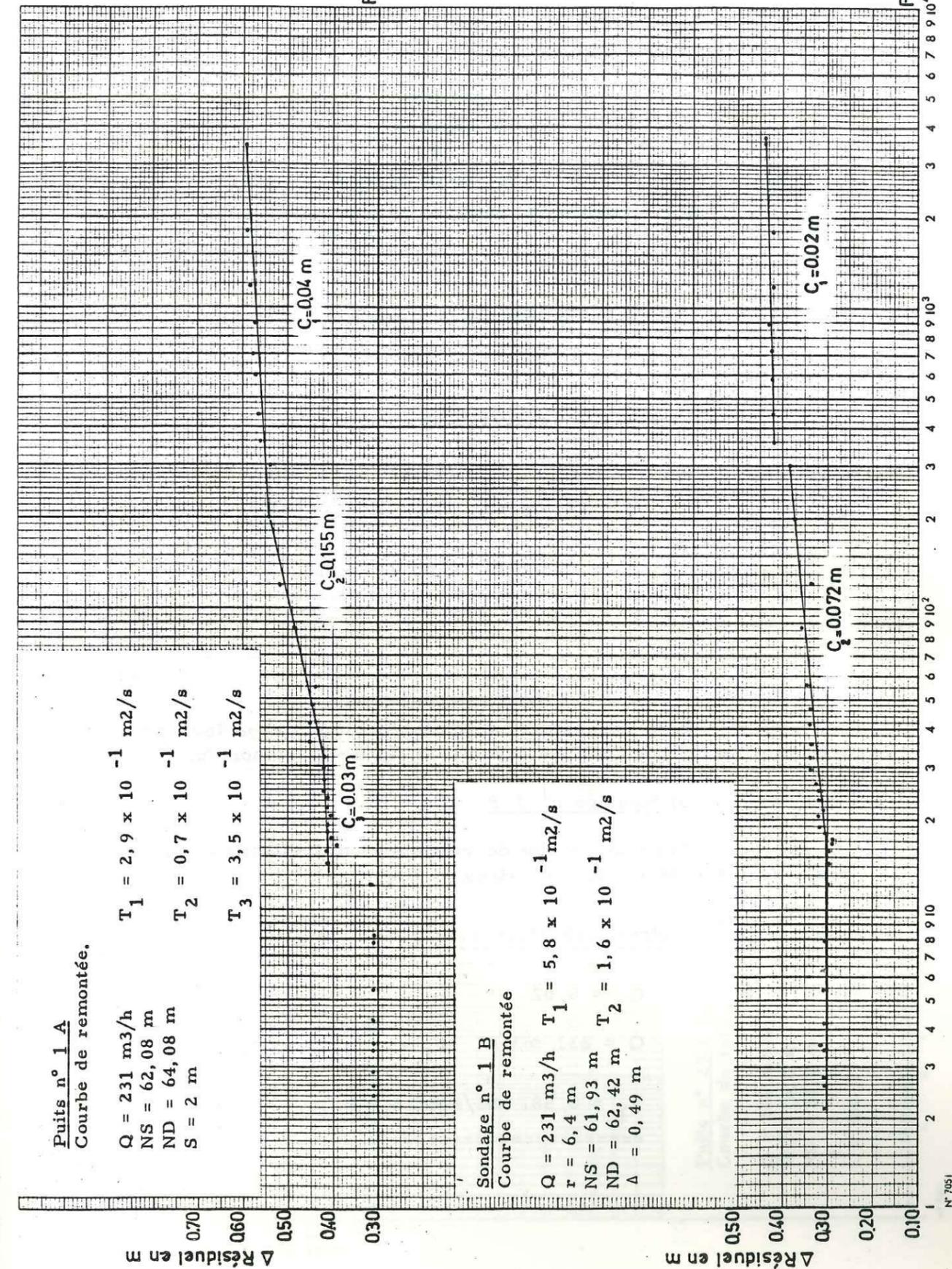
" - Première étape avec :

$$C_1 = 0,04$$

$$Q = 231 \text{ m}^3/\text{h} = T_1 = \frac{0,183 Q}{C_1}$$

Fig no 46

Fig no 47



$$T_1 = \frac{0,183 \times 231}{0,04 \times 3600}$$

$$T_1 = 0,293 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,9 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,155$$

$$Q = 231 \text{ m}^3/\text{h} \quad T_2 = \frac{0,183 \times 231}{0,155 \times 3600}$$

$$T_2 = 0,0757 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,7 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Troisième étape avec :

$$C_3 = 0,033$$

$$Q = 231 \text{ m}^3/\text{h} \quad T_3 = \frac{0,183 \times 231}{0,033 \times 3600}$$

$$T_3 = 0,355 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 3,5 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Quatrième étape :

Elle correspond au palier droit et la période de stabilisation qui se continue jusqu'à la fin de la remontée.

b) Sondage n° 1 B

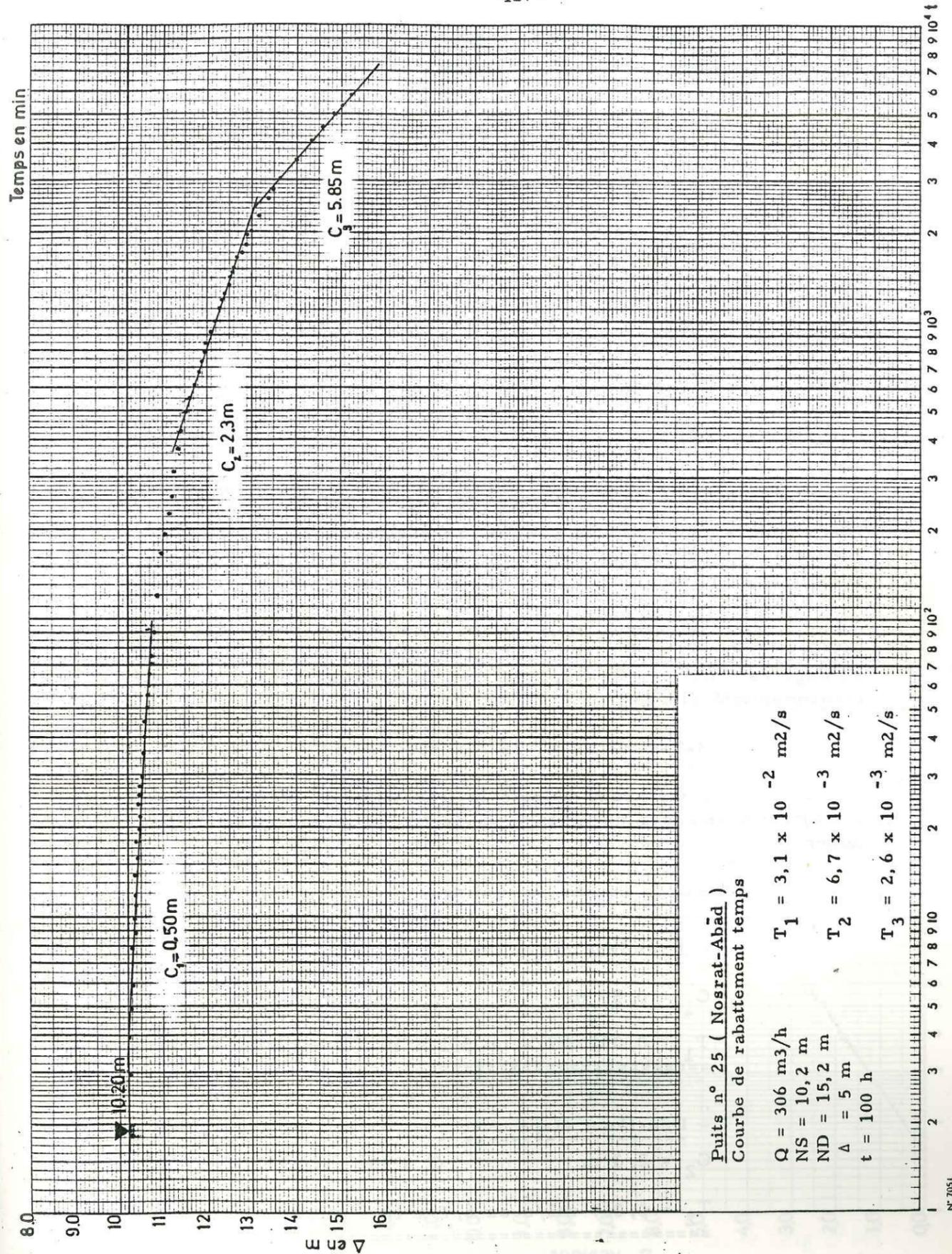
Pour la courbe de remontée on avait trois étapes avec les valeurs de T voisines (Fig.n° 47)

" Première étape avec :

$$C_1 = 0,02$$

$$Q = 231 \text{ m}^3/\text{h} \quad T_1 = \frac{0,183 \times 231}{0,02 \times 3600}$$

$$T_1 = 0,587 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 5,8 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$



Figno48

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,072$$

$$Q = 231 \text{ m}^3/\text{h} \quad T_2 = \frac{0,183 \times 231}{0,072 \times 3600}$$

$$T_2 = 0,163 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,6 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Troisième étape

Elle est une droite représentative de la stabilisation du niveau de l'eau.

c) Conclusion

Dans ce puits, les changements de la valeur de T sont dus aux variations de faciès des calcaires fracturés dans la zone faillée.

Dans toutes nos interprétations, nous avons laissé de côté, comme cela est admis par de nombreux auteurs, les premiers tronçons des courbes représentatives qui correspondent, soit aux pertes de charge au niveau du puits, soit au remplissage du volume du puits lui-même.

La valeur moyenne de T calculée à partir des valeurs obtenues sur la courbe de remontée du puits et du sondage est environ $T = 0,3 \text{ m}^2/\text{s}$. Donc nous avons une transmissivité élevée.

3-1-3- Puits n° 25 (Nosrat-Abad)

Nous avons calculé la transmissivité des calcaires fracturés et fissurés du crétacé à partir de la courbe de rabattement.

Sur la courbe, on distingue 3 étapes, Fig. n° 48

" Première étape avec :

$$C_1 = 0,50 \text{ m} \quad Q = 306 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,031 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 3,1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 2,3 \text{ m} \quad Q = 306 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,067 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 6,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

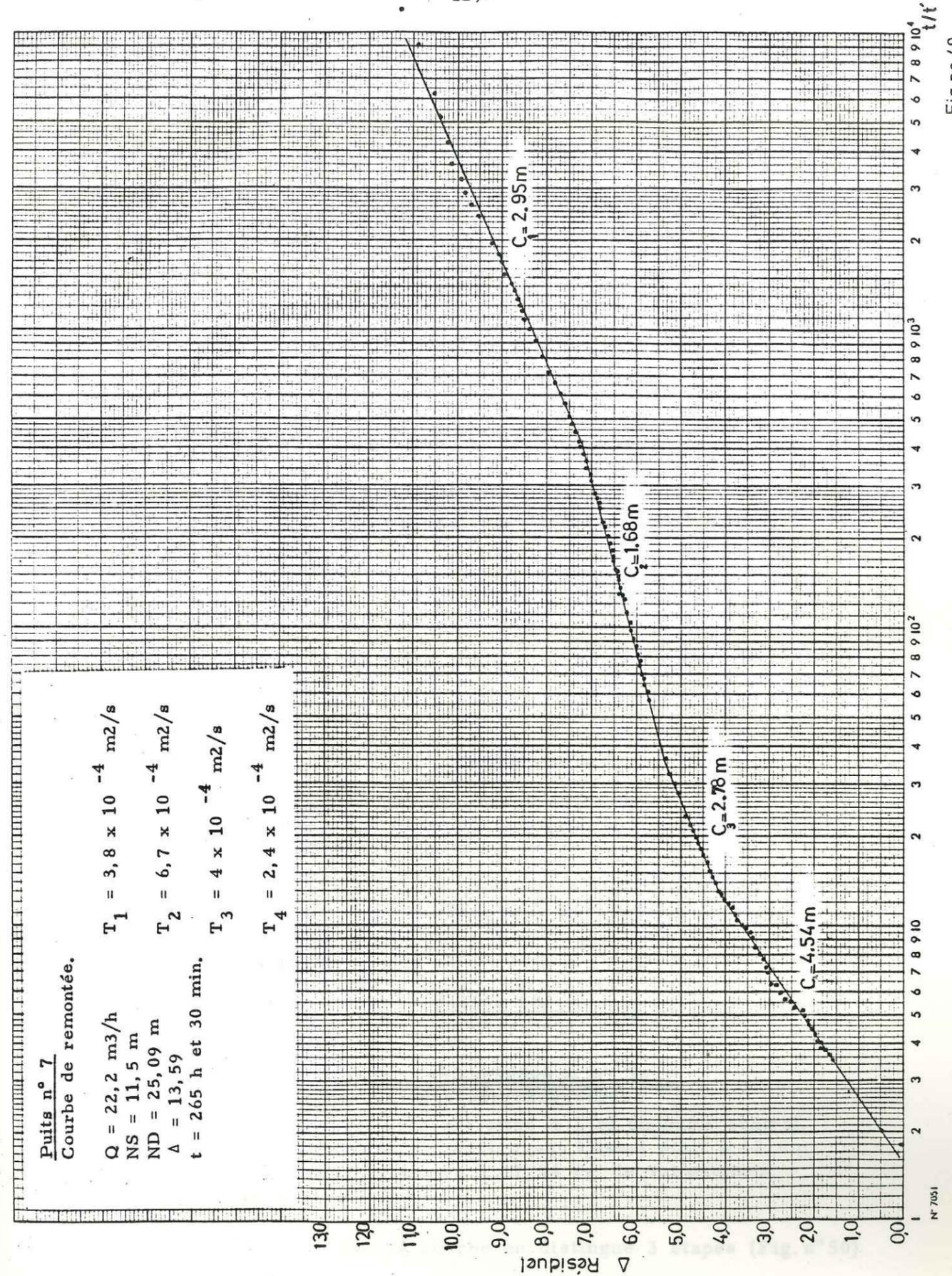


Fig no 49

" Troisième étape avec :

$$C_3 = 5,85 \text{ m} \quad Q = 306 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,0026 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

3-2- LES FORAGES SUR LES ALLUVIONS DE LA VALLEE

3-2-1- Puits n° 7

Les valeurs de la transmissivité (T) ont été calculées par la courbe de remontée après l'arrêt de pompage par " air lift ". En raison des pannes de " air lift ", la mesure de la transmissivité par la courbe de rabattement s'est avérée impossible.

Les valeurs de T obtenues par la courbe de remontée

Sur la courbe de remontée on peut déterminer 4 étapes avec les valeurs plus ou moins proches (T) (Fig. n° 49).

" Première étape avec :

$$C_1 = 2,95 \quad Q = 22,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T = \frac{0,183 \times Q}{c}$$

$$T_1 = \frac{0,183 \times 22,2}{2,95 \times 3600}$$

$$T_1 = 0,00038 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 3,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 1,68 \quad Q = 22,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_2 = \frac{0,183 \times 22,2}{1,68 \times 3600}$$

$$T_2 = 0,00067 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 6,7 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" Troisième étape avec :

$$C_3 = 2,78 \quad Q = 22,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = \frac{0,183 \times 22,2}{2,78 \times 3600}$$

$$T_3 = 0,0004 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" Quatrième étape avec :

$$C_4 = 4,54 \quad Q = 22,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_4 = \frac{0,183 \times 22,2}{4,54 \times 3600}$$

$$T_4 = 0,00024 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

Les valeurs de la transmissivité des alluvions de vallée montrent une faible perméabilité à cause de la nature argileuse des couches d'alluvions.

Il faut signaler que les valeurs différentes de la transmissivité montrent une variation de faciès des alluvions.

3-2-2- Groupe des puits de la vallée " Kelariz "

On a fait l'essai de pompage sur le puits central n° 38 avec 3 débits différents et simultanément on a mesuré les niveaux de l'eau dans tous les puits d'observation : 38-1, 38-2, 38-3, 38-4.

3-2-2-1- Avec un débit de 25,7 m³/h

L'essai de pompage a commencé à 10 heures, le 1-6-76 et s'est terminé à 13 h de 4-6-76, soit 75 heures. Simultanément, on a mesuré le niveau de l'eau dans tous les puits d'observation pendant le rabattement et on a calculé les valeurs de la transmissivité et du coefficient d'emménagement d'après les courbes de rabattement obtenues.

a) Puits d'observation n° 38-1

Ce puits est situé à 1 m du puits central. Le niveau de l'eau dans ce puits avant l'essai était à 12,6m et après le pompage il arrive à 17,04 m, le rabattement est donc de 4,43 m.

Sur la courbe on distingue 3 étapes (Fig.n° 50)

" Première étape avec :

$$C_1 = 0,95 \text{ m} \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,183 \frac{Q_1}{C_1}$$

$$T_1 = \frac{0,183 \times 25,7}{0,95 \times 3600}$$

$$T_1 = 0,0013 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,40 \text{ m} \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0032 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Troisième étape avec :

$$C_3 = 1 \text{ m} \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,0013 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

La première et la troisième étape ont des valeurs de T égales. On peut dire que le changement de T à la 2ème étape est du à la nature anisotrope de la zone d'aquifère ou à la présence d'une poche d'eau à proximité de l'aquifère qui alimente ce puits.

La valeur de (S) coefficient d'emmagasinement d'après la troisième étape de la courbe de rabattement est avec :

T = 0,0013 = la transmissivité

t₀ = 10 sec = le temps ou le rabattement est zéro.

r = 1 m = la distance entre le puits central et le puits d'observation

$$S = \frac{2,25 \times T \times T_0}{r^2}$$

$$S = 0,029 \text{ ou } 2,9 \%$$

b) Puits d'observation n° 38-2

Ce puits est situé à 20 mètres du puits central. Le niveau de l'eau avant l'essai était à 13,18 m et après le pompage arrive à 14,84 m soit 1,66 m de rabattement (Fig. n° 51).

" Première étape avec :

$$C_1 = 1,1 \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0011 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,90 \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0014 \text{ ou } 1,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

D'après la courbe de rabattement, pendant l'essai de pompage, il y a eu des variations brutales du niveau de l'eau entre 70 et 1000 minutes après le commencement du pompage. Cette partie de la courbe qui peut coïncider avec la deuxième étape de la courbe de rabattement dans le puits d'observation n° 38-1 doit être influencée comme ce puits par les poches d'eau à la proximité de l'aquifère qui alimente ce puits. La valeur de (S) coefficient d'emmagasinement d'après la deuxième étape de la courbe de rabattement est avec :

$$T = 0,0014 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$t_0 = 2760 \text{ sec.}$$

$$r = 20 \text{ m}$$

$$S = \frac{2,25 \times T \times t_0}{r^2}$$

$$S = 0,02 \text{ ou } 2 \%$$

c) Puits d'observation n° 38-3

Ce puits se situe à 38 m du puits central. Le niveau de l'eau dans ce puits avant l'essai de pompage était à 14,20 m et après le pompage il arrive à 16,4 m. Dans ce cas le rabattement est de 2,2 m. Sur la courbe de rabattement de ce puits on distingue 3 étapes. La deuxième étape correspond comme les deux courbes précédentes à la nature anisotrope de la zone d'aquifère ou à une poche d'eau qui alimente

notre aquifère pendant un certain temps (Fig. n° 52)

" Première étape avec :

$$C_1 = 0,80 \text{ m} \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0016 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,37 \text{ m} \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0035 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 3,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Troisième étape avec :

$$C_3 = 0,95 \quad Q_1 = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,013 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

d) Puits d'observation n° 38-4

Ce puits est situé à 200 m au nord-ouest du puits central.

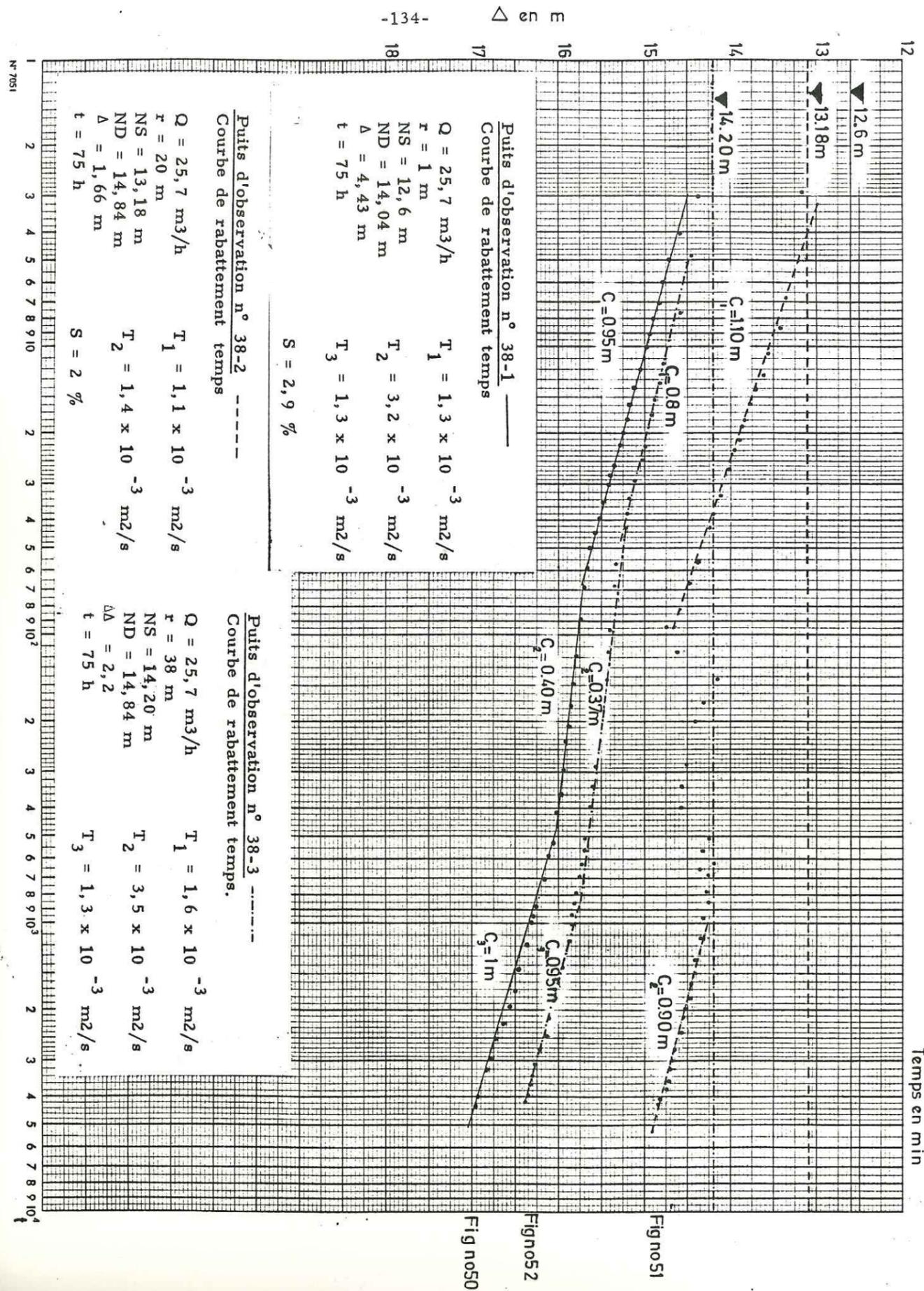
Le niveau de l'eau avant l'essai de pompage était à 25,96 m et à la fin de pompage il arrive à 26,37 m. Dans ce cas le rabattement est de 0,41 m. A cause de l'importance de la distance entre ce puits et le puits central l'influence du niveau de l'eau dans ce puits est négligeable : donc la valeur de la transmissivité d'après la courbe de rabattement de ce puits ne doit pas être valable.

3-2-2-2- Avec un débit de 38 m³/h

L'essai de pompage avec le deuxième débit a commencé le 5-6-76 à 9h 30 minutes et s'est terminé après 71,5 heures, le 8-6-76 à 9 heures. Les transmissivités des courbes ont été calculées d'après les courbes de rabattement.

a) Puits d'observation n° 38-1

Sur la courbe on distingue 2 étapes. Le niveau de l'eau avant le pompage était à 13,16 m et après le pompage il arrive à 19,90 m. Donc nous avons 6,74 m de rabattement, le rabattement brutal.



Le niveau de l'eau après 33 heures de pompage (3ème étape) doit être liée à l'arrivée du rayon d'action du puits aux couches imperméables et rocheuses du Trias supérieur constituant les limites méridionales et septentrionales de la vallée. Donc la troisième étape n'est pas valable pour calculer la transmissivité (Fig. n° 53).

" - Première étape avec :

$$C_1 = 1,25 \text{ m} \quad Q_2 = 38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0015 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,85 \text{ m} \quad Q_2 = 38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0022 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

b) Puits d'observation n° 38-2

Sur la courbe de rabattement il y a une perturbation du niveau de l'eau à partir de la 60ème minute de l'essai de pompage qui ne nous permet de calculer la valeur de T, que pour la période existante avant ce temps. Le niveau de l'eau avant l'essai était à 13,7 m et après à 15,9 m soit 2,2 m de rabattement (Fig. n° 54)

$$C = 1,15 \text{ m} \quad Q = 38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T = 0,0013 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

c) Puits d'observation n° 38-3

Le niveau de l'eau avant l'essai était à 14,7 m et après à 18,12 m sur la courbe de rabattement on distingue deux étapes (Fig. n° 55).

" - Première étape avec :

$$C_1 = 1,4 \text{ m} \quad Q_2 = 38 \text{ m}^3/\text{h}$$

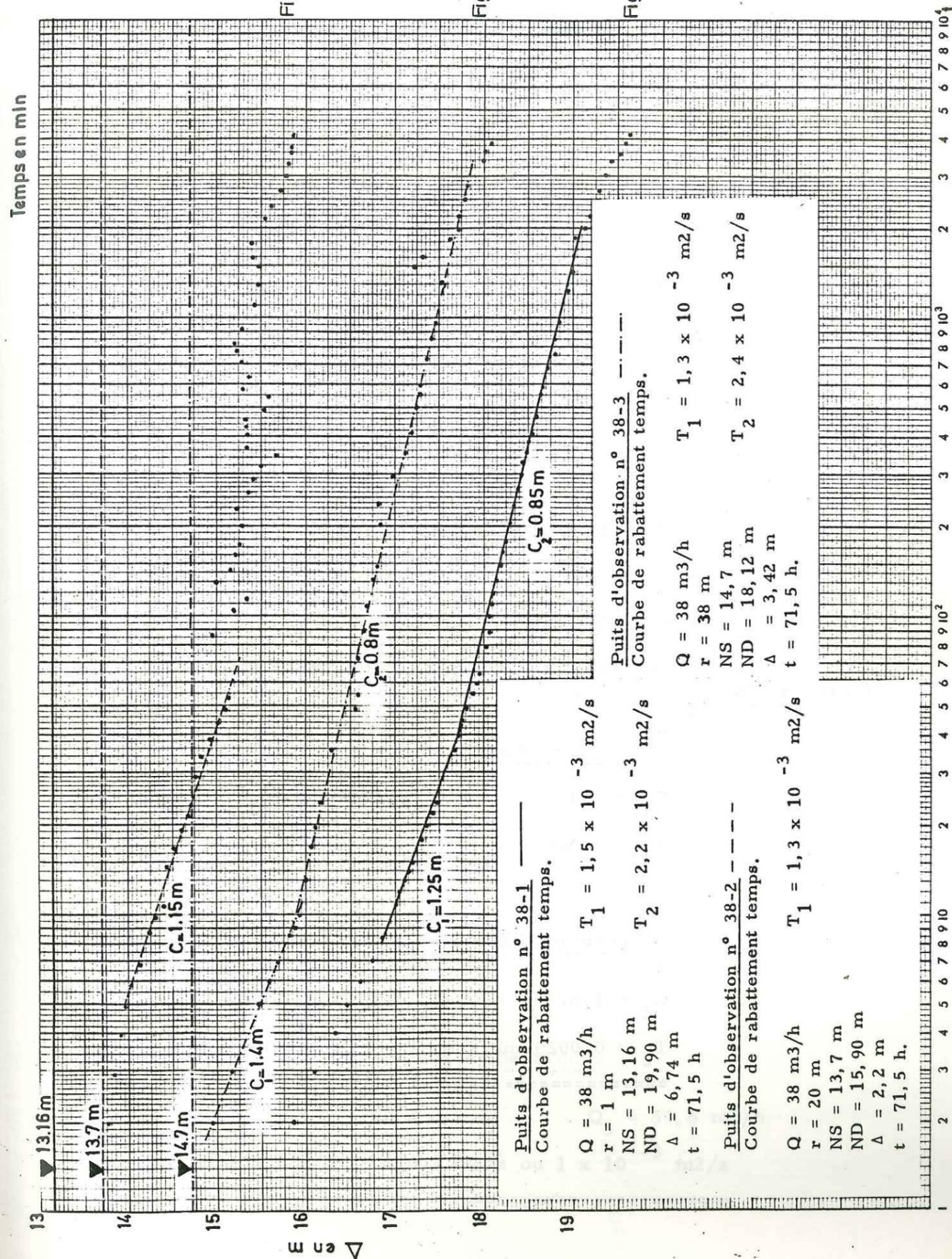
$$T_1 = 0,0013 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

Figno54

Figno55

Figno53



" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,8 \text{ m} \quad Q_2 = 38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0024 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

d) Puits d'observation n° 38-4

Le rabattement dans ce puits est presque négligeable. Pour la transmissivité nous avons obtenu une valeur de 0,0064 m²/s qui ne doit pas être valable si on la compare avec les autres valeurs déjà obtenues dans les autres puits.

3-2-2-3- Avec un débit 57,6 m³/h

L'essai de pompage avec le troisième débit a commencé le 9-6-76 à 9 heures et s'est terminé le 13-6-76 à 8 heures. Dans ce cas l'essai de pompage a duré 71 heures.

a) Puits d'observation n° 38-1

Le niveau de l'eau dans ce puits avant le rabattement était à 13,6 m et à la fin du pompage il arrive à 27,08 m, le rabattement est donc de 13,48 m.

Sur la courbe, on peut distinguer 3 étapes (Fig. n° 56).

" - Première étape avec :

$$C_1 = 2,5 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0012 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 1 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0029 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" - Troisième étape avec :

$$C_3 = 2,4 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,0012 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

Nous pouvons remarquer sur la courbe un rabattement brutal du niveau de l'eau dans le puits à partir de 66 heures après l'essai de pompage. Cette étape peut être liée à l'influence de la limite rocheuse de la vallée sur le rayon d'action. La deuxième étape doit être liée à l'alimentation de l'aquifère par des poches d'eau.

b) Puits d'observation n° 38-2

Le niveau de l'eau dans ce puits avant le rabattement par le dernier débit était à 14,15 m et à la fin du pompage il arrive à 19,12 m avec 4,97 m de rabattement. La courbe de rabattement obtenue montre que pendant l'essai de pompage les facteurs différents comme l'influence des poches d'eau ou l'anisotropie de l'aquifère interviennent dans notre essai (Fig. n° 57).

Sur la courbe de rabattement on voit 3 étapes plus ou moins normales.

" - Première étape avec :

$$C_1 = 1,35 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0021 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 5 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 0,0058 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 5,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

" - Troisième étape avec :

$$C_3 = 2,8 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,001 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

c) Puits d'observation n° 38-3

Avant le dernier essai de pompage avec le maximum de débit le niveau de l'eau dans ce puits était à 15,34 m et à la fin du pompage le niveau est arrivé à 17,78 m. Il faut remarquer que pendant cet essai le niveau de l'eau avait des perturbations brutales surtout après 13 heures de pompage et nous avons une remontée du niveau de l'eau de 6 mètres à cause d'une réalimentation de l'aquifère, donc le rabattement obtenu à la fin du pompage ne doit pas être très juste et les droites représentatives du niveau de l'eau pendant le rabattement non plus. Nous avons quand même montré le changement du niveau de l'eau pendant cet essai sur la figure n° 58.

Sur la courbe, on distingue 2 étapes plus ou moins normales :

" - Première étape avec :

$$C_1 = 2,5 \text{ m} \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0012 \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{ou} \quad 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 1 \quad Q_3 = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

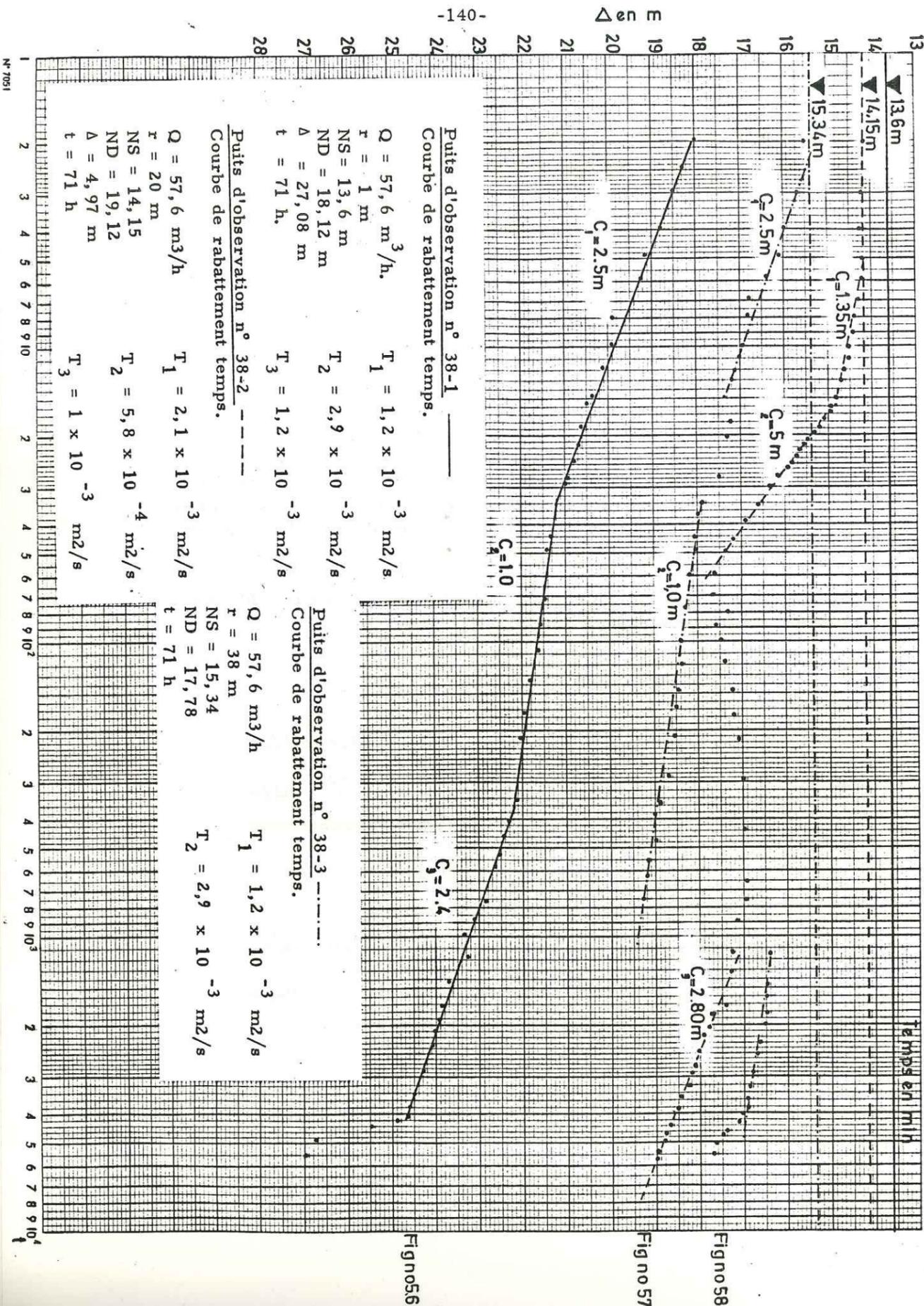
$$T_2 = 0,0029 \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{ou} \quad 2,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

d) Puits d'observation n° 38-4

La variation du niveau de l'eau dans ce puits est négligeable.

3-2-2-4- Calcul de la perméabilité

Nous avons calculé la valeur de la perméabilité à partir de la formule de " Darcy " en tenant compte de la moyenne des valeurs de T obtenues par l'essai de pompage sur les trois puits d'observation et l'épaisseur moyenne de la couche aquifère.



D'après la formule de Darcy :

$$T = K \times e$$

$$K = \frac{T}{e}$$

K = la perméabilité en m/s
 T = la transmissivité en m²/s.
 e = l'épaisseur de la couche aquifère en m
 avec : T = 1,7 x 10⁻³ m²/s
 C = 18,66 m

$$K = 9 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

=====

3-2-2-5 Conclusion

Sur le tableau n° 11 nous avons comparé les valeurs de T obtenues par les essais de rabattement avec trois débits différents. Les valeurs sont plus ou moins égales et varient entre 1-1,6 x 10⁻³ m²/s. Dans le cas de la proximité d'une poche d'eau ou à cause de l'anisotropie de la nappe des alluvions dans la vallée nous avons généralement des valeurs un peu élevées de T dans les deuxièmes étapes des courbes de rabattement par rapport aux autres étapes.

Nom de puits	Q ₁ = 25,7 m ³ /h			Q ₂ = 38 m ³ /h			Q ₃ = 57,6 m ³ /h		
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃
38-1	1,3	3,2	1,3	1,5	2,2	-	1,2	2,9	1,2
38-2	1,1	-	1,4	1,3	-	-	2,1	-	1,0
38-3	1,6	3,5	1,3	1,3	2,4	-	1,2	2,9	

T en 10⁻³ m²/s

Tableau n° 11

Il ressort de toutes les mesures faites, que la valeur moyenne de la transmissivité des alluvions de la vallée de Kellariz se situe en général au voisinage de

1,7 x 10⁻³ m²/s, ce qui montre une faible puissance de la couche aquifère ainsi qu'une valeur faible de la perméabilité qui, comme nous l'avons vu par ailleurs est de l'ordre de 9 x 10⁻⁵ m/s.

Ces caractères liés à un coefficient d'emménagement de l'ordre de 2,9 % montrant le pourcentage plus ou moins élevé de l'argile dans la couche aquifère.

3-2-3- Puits n° 8 et puits superficiel n° 2

Les valeurs de la transmissivité (T) ont été calculées par les courbes suivantes :

- 1°) La courbe du rabattement pendant l'essai de pompage par la pompe.
- 2°) La courbe de remontée après l'arrêt de pompage par la pompe.
- 3°) La courbe de rabattement obtenue par les mesures simultanées sur le puits superficiel n° 2 au voisinage du puits n° 8.
- 4°) La courbe de remontée par mesures simultanées sur le puits superficiel.

3-2-3-1- Les valeurs de T obtenues par l'essai de pompage sur le puits n° 8

a) Essais de rabattement : Au cours des essais de rabattement de ce puits, on rencontre 5 étapes nettes avec des valeurs différentes de T qui dépendent de la nature anisotrope de l'aquifère (Fig. n° 59).

" - Première étape avec :

$$C_1 = 0,24 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = \frac{0,183 \times 63}{0,24 \times 3600}$$

$$T_1 = 0,0133 \text{ m}^2/\text{s} / \text{ ou } 13 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

=====

" - Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,61 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$T_2 = \frac{0,183 \times 63}{0,612 \times 3600}$$

$$T_2 = 0,0052 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 5 \times 10^{-3}$$

=====

" - Troisième étape avec :

$$C_3 = 1,42 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,0022 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2 \times 10^{-3}$$

=====

" Quatrième étape avec :

$$C_4 = 3,408 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_4 = 0,0009 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Cinquième étape avec :

$$C_5 = 5,88 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_5 = 0,0005 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

La valeur moyenne de T obtenue est donc : 0,004 m²/s.

b) La valeur de T par la courbe de remontée

Sur la courbe de remontée, on peut déterminer seulement une étape. Pour tracer d'autres étapes les points de mesures ne sont pas suffisants. (Fig. n° 60).

$$C = 0,5 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$T = \frac{0,183 \times 63}{0,5 \times 3600}$$

$$T = 0,0064 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

3-2-3-2- Les valeurs de T obtenues par les mesures simultanées sur le puits superficiel n° 2 pendant l'essai de pompage sur le puits n° 2

a) Les valeurs de T sur la courbe de rabattement (Fig. n° 59)

" Première étape avec :

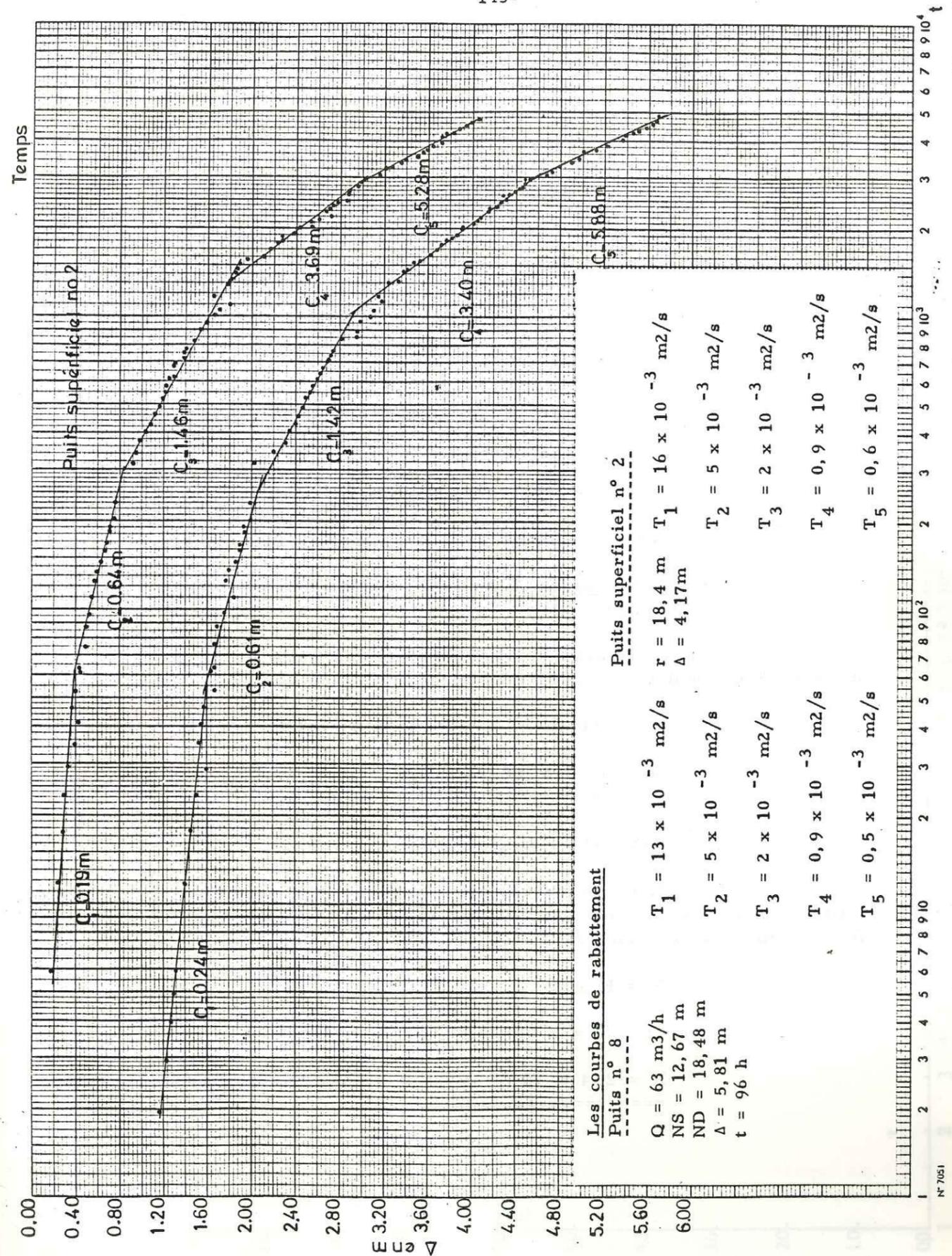
$$C_1 = 0,19 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_1 = 0,0167 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" Deuxième étape avec :

$$C_2 = 0,64 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$T_2 = 0,005 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$



" - Troisième étape avec :

$$C_3 = 1,46 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_3 = 0,00022 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" - Quatrième étape avec :

$$C_4 = 3,69 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_4 = 0,0009 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

" - Cinquième étape avec :

$$C_5 = 5,28 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_5 = 0,0006 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

La valeur moyenne de T est donc : 0,005 m²/s.

b) La valeur de T après la courbe de remontée
(Fig. n° 61).

Sur la courbe de remontée comme celle du puits n° 8 on peut déterminer seulement une étape avec :

$$C = 0,66 \text{ m} \quad Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T = 0,0048 \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

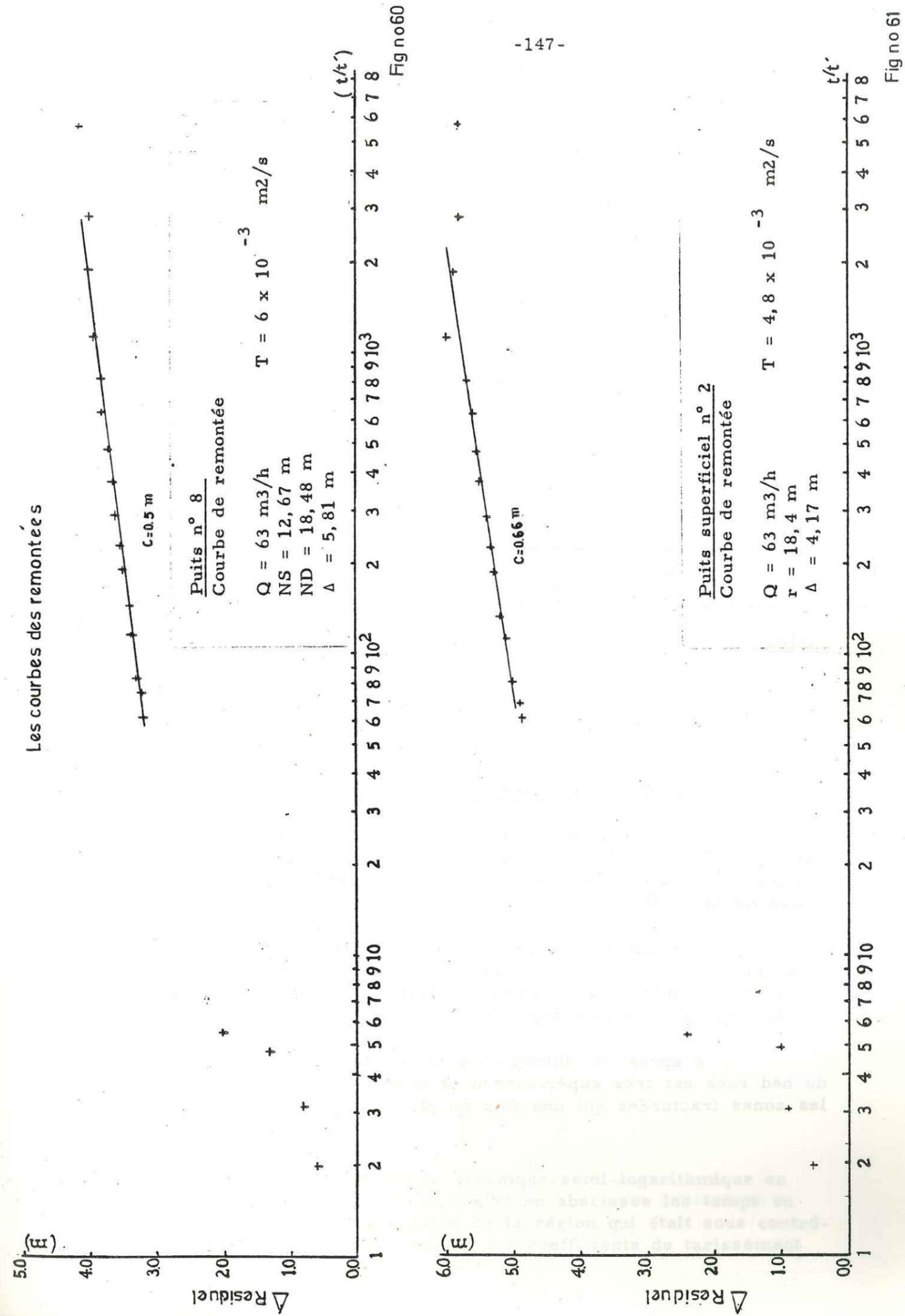
3-2-3-3- Perméabilité

Nous avons calculé la valeur de la perméabilité à partir de T moyen et de l'épaisseur de la nappe aquifère, d'après la formule de Darcy :

$$T = K \times e$$

avec : $T = 0,005 \text{ m}^2/\text{s}$ $e = 20,32 \text{ m}$

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



Resultats des mesures de la Transmissivité (T) du coefficient d'emménagement (S), et de la Perméabilité (K), dans les puits de la région de Tazareh.

	Numero de puits	T en m ² /s	S en %	K moyen en m/s	Observation
Puits dans les roches du bed rock.	n° 3	1,5 x 10 ⁻¹	-	-	Remontée
	n° 1A	3 x 10 ⁻¹	-	-	Remontée
	n° 25	3,3 x 10 ⁻²	-	-	Rabattement
Puits dans les alluvions de la vallée.	n° 7	4,2 x 10 ⁻⁴	-	-	Remontée
	Group de Kellariz	1,7 x 10 ⁻³	2-3 %	9 x 10 ⁻⁵	Rabattement
	n° 8	5 x 10 ⁻³	-	2,4 x 10 ⁻⁴	Rabattement Remontée

Tableau n° 12

3-3- Conclusion sur les essais de pompage.

Nous avons récapitulé sur le tableau n° 12 toutes les valeurs de T, S, et de K, obtenues par les essais de pompage sur les zones fracturées des roches du bed rock et les alluvions de la vallée de la région de Tazareh.

Les valeurs faibles du coefficient d'emménagement (S) et de la perméabilité (K), obtenues pour les puits forés dans les alluvions de la vallée nous montrent une faible puissance de la couche aquifère qui a un pourcentage plus ou moins élevé d'argile.

D'après ce tableau on peut conclure que la transmissivité du bed rock est très supérieure à celle des alluvions, et que se sont les zones fracturées qui une fois de plus sont les plus favorables.

4 - COURBES DE TARISSEMENT

Nous avons établi pour trois sources de la région étudiée qui ont un débit élevé par rapport aux autres la courbe de tarissement.

La source n° 5 est située sur la zone faillée et les sources n° 4 et n° 8 drainent les eaux des sédiments gréseux du Lias supérieur dans les éboulis qui sont au pied de la formation de " Lar ".

A partir d'un certain temps écoulé depuis le début de la crue, les courbes de variation des débits des sources traduisent une décrue rapide, suivie d'une décroissance relativement lente, marquée par une faible pente.

L'analyse des courbes de tarissement des sources par les méthodes de Maillet et de Tison, permet de calculer la capacité d'emménagement.

En période de tarissement, les sources ne reçoivent aucun apport extérieur donc leur débit est uniquement fonction du volume d'eau accumulé dans la nappe ou la zone faillée qui les alimente.

4-1- Formule de Maillet

Maillet a établi la formule suivante de la courbe de tarissement mais il faut dire qu'il suppose un milieu aquifère homogène et isotrope. Il est évident que ces conditions ne sont pas souvent réalisées dans notre région.

$$q = q_0 e^{-\alpha t}$$

d'où $\log Qt = \log Q_0 - (\alpha \log e) t$

où Qt = le débit à l'instant t en m³/s.

Q₀ = le débit à l'instant t₀, début du tarissement.

t = le temps écoulé depuis le début du tarissement en jours.

e = 2,718 la base des logarithmes néperiens

α = le coefficient du tarissement, caractéristique de la capacité de rétention de l'aquifère de la source.

en remplaçant loge par sa valeur numérique 0,4343 :

$$\log Qt = \log Q_0 - (0,4343 \alpha) t$$

$$d'où \alpha = \frac{\log Q_0 - \log Qt}{0,4343 \times t}$$

On a porté sur un graphique semi-logarithmique en ordonnées les débits en l/s et en abscisses les temps en jours pour chaque source de la région qui était sous contrôle mensuel et on a calculé les coefficients de tarissement

et la capacité d'emmagasinement au début de tarissement W_0 en m^3 .

$$W_0 = \frac{Q_0}{\alpha} \times 86400$$

4-1-1- Source de Sarkhan n° 5

Cette source est située sur la zone faillée.
La différence entre les débits des crues et des décrues n'est pas considérable (Fig.n° 62)

1°) Pour l'année 1973

$$Q_0 = 29 \text{ l/s} \quad t = 170 \text{ jours.}$$

$$Q_t = 23,5 \text{ l/s}$$

d'où $\frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0,4343 t} = \alpha = 0,0012$

$$W_0 = \frac{Q_0}{\alpha} \times 86400 \quad W_0 = 2 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Donc la formule de tarissement est

$$Q_t = 0,029 e^{-0,0012 t}$$

2°) Pour l'année 1974

$$Q_0 = 15 \text{ l/s} \quad t = 67 \text{ jours}$$

$$Q_t = 13,41 \text{ l/s}$$

d'où $\alpha = 0,0016$

$$W_0 = 0,81 \times 10^6 \text{ m}^3$$

La formule du tarissement de cette source pour l'année 1974 est :

$$Q_t = 0,015 e^{-0,0016 t}$$

3°) Pour l'année 1975

$$Q_0 = 26,6 \text{ l/s} \quad t = 275 \text{ jours}$$

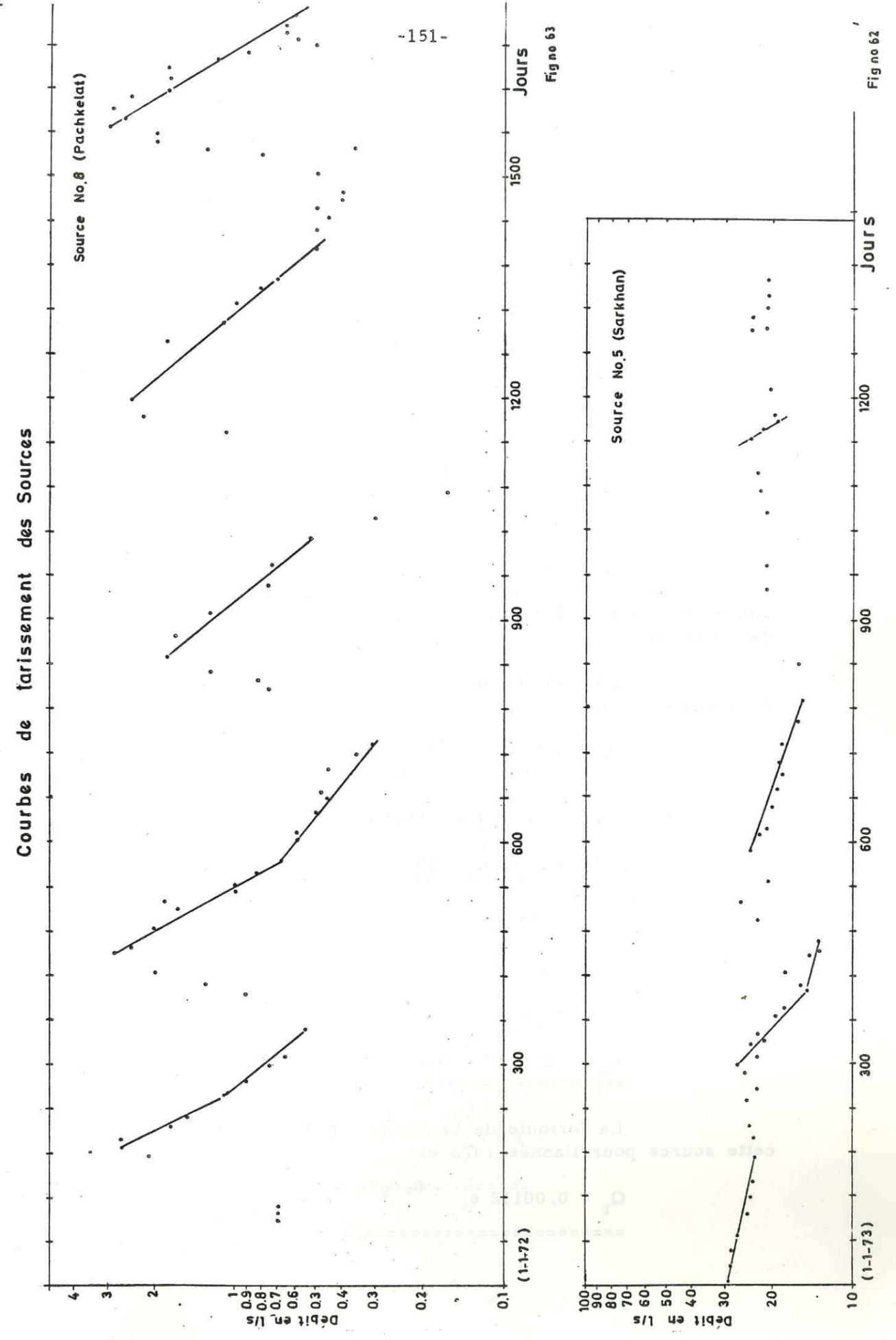
$$Q_t = 16 \text{ l/s}$$

d'où $\alpha = 0,0018$

$$W_0 = 1,2 \times 10^6 \text{ m}^3$$

La formule du tarissement de cette source pour l'année 1975 est

$$Q_t = 0,0266 e^{-0,0018 t}$$



4°) Pour l'année 1976

On ne peut pas trouver un tarissement distinct sur la courbe. Dans cette année les débits n'ont pas varié beaucoup.

$$Q_o = 23,4 \text{ l/s} \quad t = 49 \text{ jours}$$

$$Q_t = 20,0 \text{ l/s}$$

d'où

$$\alpha = 0,0032$$

=====

$$w_o = 0,63 \times 10^6 \text{ m}^3$$

=====

Donc la formule de tarissement est $Q_t = 0,0234 e^{-0,0032 t}$

En effet on trouve que la valeur du coefficient du tarissement est de 0,0018. A partir de cette valeur avec un débit de 23,5 l/s on a une capacité d'emmagasinement d'environ 1,1 x 10⁶ m³ au début de la période de tarissement.

La formule du tarissement, pour la source de Sarkhan est donc :

$$Q_t = 0,0235 e^{-0,0018 t}$$

4-1-2- Source n° 8 (Pachkelat (Fig. n° 63)

1°) Pour l'année 1972 avec :

$$Q_o = 1,12 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,55 \text{ l/s}$$

$$t = 93 \text{ jours.}$$

$$\alpha = 0,0076$$

$$w_o = 1,2 \times 10^4 \text{ m}^3$$

=====

La formule de la courbe de tarissement de cette source pour l'année 1972 est :

$$Q_t = 0,00112 e^{-0,0076 t}$$

=====

2°) Pour l'année 1973 avec :

$$Q_o = 0,67 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,31 \text{ l/s}$$

$$t = 158 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,048$$

$$w_o = 1,2 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc : $Q_t = 0,00067 e^{-0,0048 t}$

=====

3°) Pour l'année 1974 avec :

$$Q_o = 1,8 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,53 \text{ l/s}$$

$$t = 153 \text{ jours.}$$

$$\alpha = 0,008$$

$$w_o = 1,9 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc : $Q_t = 0,0018 e^{-0,008 t}$

=====

4°) Pour l'année 1975 avec :

$$Q_o = 2,44 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,5 \text{ l/s}$$

$$t = 206 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0077$$

$$w_o = 2,7 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc : $Q_t = 0,00244 e^{-0,0077 t}$

=====

5°) Pour l'année 1976 avec :

$$Q_o = 3 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,6 \text{ l/s}$$

$$t = 153 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,01$$

$$w_o = 2,6 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc : $Q_t = 0,003 e^{-0,01 t}$

=====

Valeur moyenne du coefficient du tarissement est de 0,0077.

La formule de tarissement de la source n° 8 (Pachkelat) est donc :

$$Q_t = 0,00225 e^{-0,0077 t}$$

=====

Le coefficient de tarissement de la source de Pachkelat n° 8 est de 0,0077 et la capacité d'emmagasinement est de $2,5 \times 10^4$ m³ au début de la période du tarissement.

4-1-3- Source n° 4 " Kolomdar " (Fig n° 64)

1°) Pour l'année 1973 avec :

$$Q_0 = 1,0 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,55 \text{ l/s}$$

$$t = 136 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0044$$

$$w_0 = 1,9 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc $Q_t = 0,001 \times e^{-0,0044 t}$

=====

2°) Pour l'année 1974 avec :

$$Q_0 = 0,7 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,35 \text{ l/s}$$

$$t = 177 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,004$$

$$w_0 = 1,5 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc $Q_t = 0,0007 \times e^{-0,004 t}$

=====

3°) Pour l'année 1975 avec

$$Q_0 = 0,7 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,5 \text{ l/s}$$

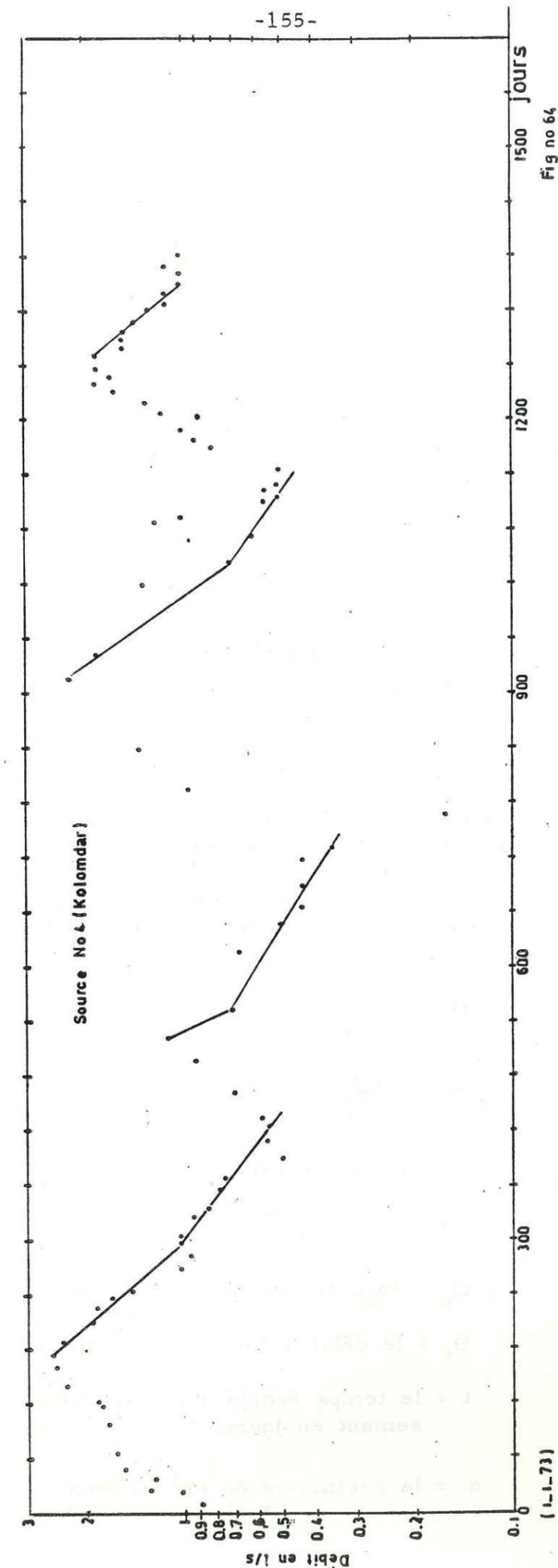
$$t = 100 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,04$$

$$w_0 = 1,5 \times 10^4 \text{ m}^3$$

donc $Q_t = 0,007 \times e^{-0,004 t}$

=====



4°) Pour l'année 1976 avec :

$$Q_o = 1,8 \text{ l/s} \quad Q_t = 1 \text{ l/s}$$

$$t = 78 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,007$$

$$w_o = 2,2 \times 10^4 \text{ m}^3$$

$$\text{donc } Q_t = 0,0018 \times e^{-0,007 t}$$

Valeur moyenne du coefficient du tarissement est de 0,0045.

La formule de tarissement de la source n° 4 (Kolomdar) est donc :

$$Q_t = 0,001 \times e^{-0,0045 t}$$

En tout cas, la valeur de α pour cette source doit donc être de 0,0045 et la capacité d'emmagasinement de $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ au début de la période de tarissement.

4-2- Formule de Tison G.

On peut essayer d'appliquer à nos sources la formule de Tison qui est valable pour un milieu à écoulement turbulent.

La formule de G. Tison admet que les débits décroissent en fonction du temps comme l'inverse de leur racine carrée :

$$Q_t = \frac{Q_o}{(1+\alpha t)^2}$$

$$\sqrt{Q_t} = \frac{\sqrt{Q_o}}{1+\alpha t}$$

$$\text{Volume des réserves à l'instant 0 est : } W_o = \frac{Q_o}{\alpha} \times 86400$$

$$\text{et à l'instant } t \text{ est } w_t = \frac{Q_o}{1+\alpha t} \times 86400$$

Q_o = le débit au début du tarissement en m³/s

Q_t = le débit à l'instant t en m³/s

t = le temps écoulé depuis le début du tarissement en jours.

α = le coefficient du tarissement

Pour la représentation graphique nous portons, sur un diagramme arithmétique, en abscisse les temps t en jours et en ordonnées l'inverse de la racine carrée des débits.

4-2-1- Source de Sarkhan n° 5 (Fig. n° 65)

1°) Pour l'année 1973

$$Q_o = 25,03 \text{ l/s} \quad Q_t = 23,5 \text{ l/s}$$

$$t = 77 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0004$$

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

La formule de la courbe de tarissement de cette source pour l'année 1973 est :

$$Q_t = \frac{0,025}{(1 + 0,0004 t)^2}$$

2°) Pour l'année 1974

$$Q_o = 15,7 \text{ l/s} \quad Q_t = 13,4 \text{ l/s}$$

$$t = 95 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,00087$$

$$w_o = 1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Donc la formule de tarissement est :

$$Q_t = \frac{0,0157}{(1 + 0,00087 t)^2}$$

3°) Pour l'année 1975

$$Q_o = 19,3 \text{ l/s} \quad Q_t = 16 \text{ l/s}$$

$$t = 104 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0009$$

$$w_o = 1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Donc :

$$Q_t = \frac{0,0193}{(1 + 0,0009 t)^2}$$

4°) Pour l'année 1976 :

$$Q_o = 23,7 \text{ l/s}$$

$$Q_t = 20,5 \text{ l/s}$$

$$t = 23 \text{ jours.}$$

$$\alpha = 0,0032$$

=====

$$w_o = 0,64 \times 10^6 \text{ m}^3$$

=====

Donc :

$$Q_t = \frac{0,0237}{(1 + 0,0032 t)^2}$$

=====

La formule de la courbe de tarissement de cette source est donc :

$$Q_t = \frac{0,0209}{(1 + 0,0013 t)^2}$$

=====

4-2-2- Source n° 8 (Pachkelat) (Fig. n° 66)

1°) Pour l'année 1972 avec :

$$Q_o = 2,7 \text{ l/s}$$

$$Q_t = 0,55 \text{ l/s}$$

$$t = 160 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0076$$

=====

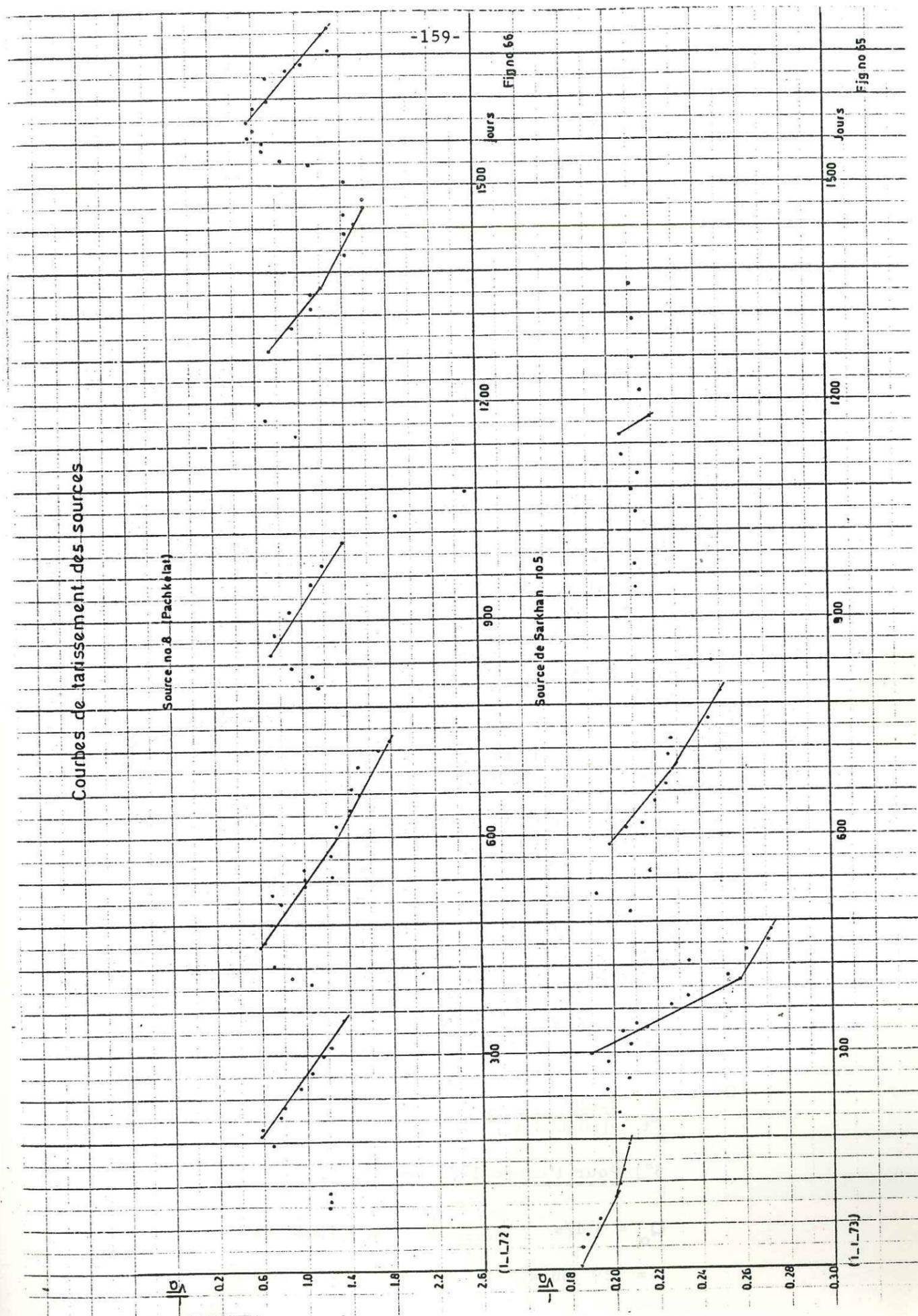
$$w_o = 3 \times 10^4 \text{ m}^3$$

=====

Donc la formule de tarissement de cette source pour l'année 1972 est

$$Q_t = \frac{0,0027}{(1 + 0,0076 t)^2}$$

=====



2°) Pour l'année 1973 avec :

$$Q_o = 0,67 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,31 \text{ l/s}$$

$$t = 158 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,003$$

$$w_o = 1,9 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc pour l'année 1973 :

$$Q_t = \frac{0,00067}{(1/0,003)^2}$$

3°) Pour l'année 1974 avec :

$$Q_o = 1,8 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,53 \text{ l/s}$$

$$t = 151 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0056$$

$$w_o = 2,7 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc

$$Q_t = \frac{0,0018}{(1 + 0,0056 t)^2}$$

4°) Pour l'année 1975 avec :

$$Q_o = 0,7 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,4 \text{ l/s}$$

$$t = 109 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,003$$

$$w_o = 2 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc :

$$Q_t = \frac{0,0007}{(1+0,003 t)^2}$$

5°) Pour l'année 1976 avec :

$$Q_o = 3 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,6 \text{ l/s}$$

$$t = 129 \text{ jours.}$$

$$\alpha = 0,009$$

$$w_o = 2,7 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc :

$$Q_t = \frac{0,003}{(1 + 0,009 t)^2}$$

La formule de tarissement de cette source est donc :

$$Q_t = \frac{0,00048}{(1+0,0065 t)^2}$$

En effet on trouve que la valeur du coefficient de tarissement est de 0,0065; à partir de cette valeur avec un débit de 1,77 l/s , on a un volume des réserves emmagasinées par l'aquifère d'environ $2,3 \times 10^4 \text{ m}^3$ après l'arrêt des apports.

4-2-3- Source n° 4 (Kolomdar)_Fig. n° 67

1°) Pour l'année 1973 avec :

$$Q_o = 1,0 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,55 \text{ l/s}$$

$$t = 136 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0025$$

$$w_o = 3,4 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc

$$Q_t = \frac{0,001}{(1 + 0,0025 t)^2}$$

2°) Pour l'année 1974 avec :

$$Q_o = 0,7 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,35 \text{ l/s}$$

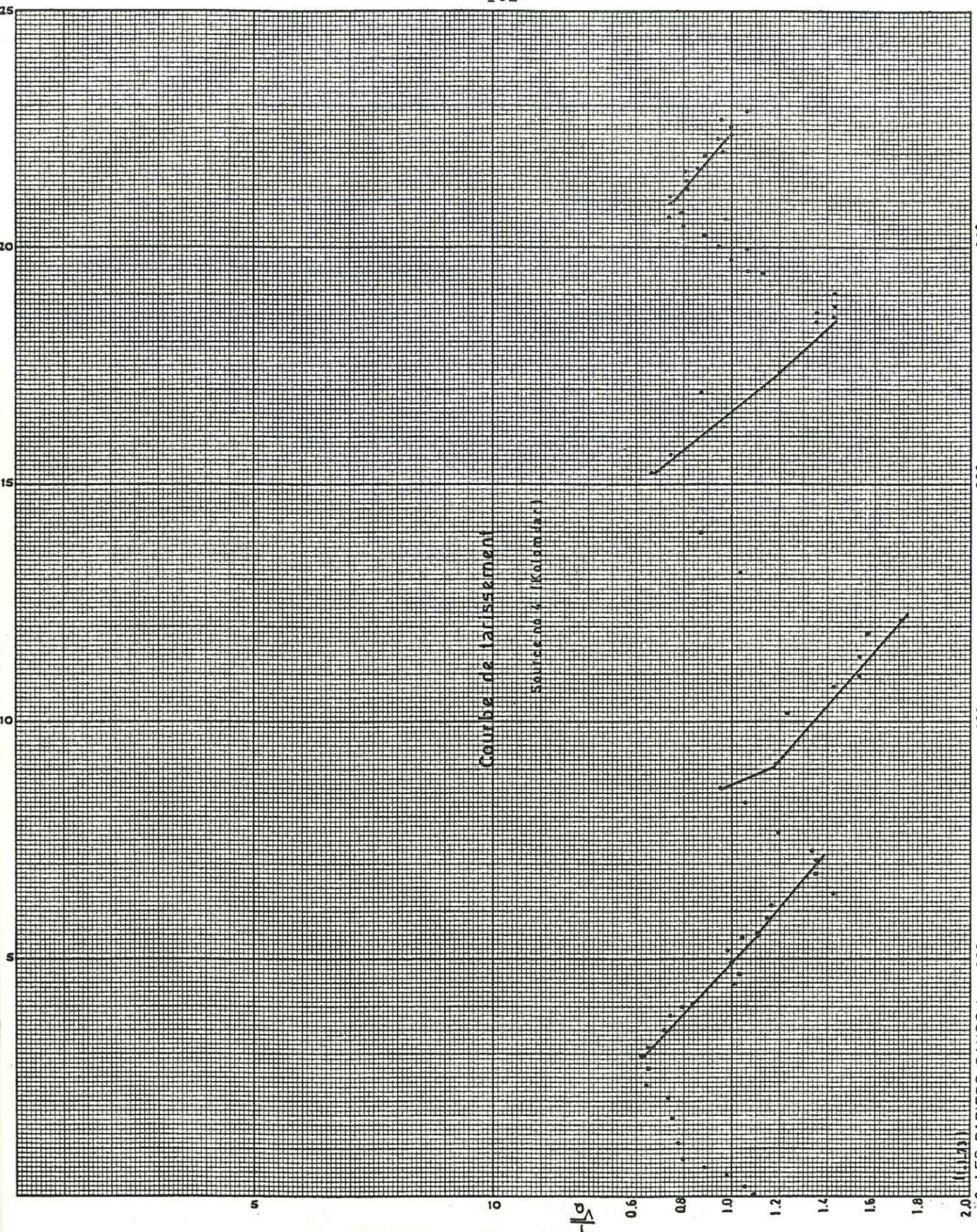
$$t = 177 \text{ jours.}$$

$$\alpha = 0,0023$$

$$w_o = 2,6 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc :

$$Q_t = \frac{0,0007}{(1 + 0,0023 t)^2}$$



$$s = \frac{7000,0}{(0,0005 \cdot t + 1)}$$

3°) Pour l'année 1975 avec :

$$Q_o = 0,7 \text{ l/s} \quad Q_t = 0,5 \text{ l/s}$$

$$t = 100 \text{ jours.}$$

$$\alpha = 0,0018$$

$$w_o = 3,3 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc :

$$Q_t = \frac{0,0007}{(1+0,0018 t)^2}$$

4°) Pour l'année 1976 avec :

$$Q_o = 1,8 \text{ l/s} \quad Q_t = 1 \text{ l/s}$$

$$t = 93 \text{ jours}$$

$$\alpha = 0,0036$$

$$w_o = 4,3 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Donc :

$$Q_t = \frac{0,0018}{(1+0,0036 t)^2}$$

On peut dire que la formule du tarissement de la source n° 4 (Kolomdar) est :

$$Q_t = \frac{0,001}{(1+0,0025 t)^2}$$

En général , la valeur du coefficient du tarissement est de 0,0025 et la capacité d'emmagasinement , au début de la période de tarissement est de :

$$w_o = 3,6 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Année	1972		1973		1974		1975		1976							
	MAILLET	TISON														
Source	α	Wo														
Sarkhan n° 5			0.0012	200	0.0004	540	0.0016	81	0.0008	150	0.0018	120	0.0009	180	0.0032	63
Pachkelat n° 6	0.0076	1.2	0.0048	1.2	0.003	1.9	0.008	1.9	0.0056	2.7	0.0077	2.7	0.003	2	0.01	2.6
Kelariz n° 4			0.0044	1.9	0.0025	3.4	0.004	1.5	0.0023	2.6	0.004	1.5	0.0018	3.3	0.007	2.2

Wo en 10^4 m³

Tableau n° 13.

4-3- Conclusion et comparaison des valeurs obtenues

Le tableau n° 13 rassemble tous les résultats obtenus pour les valeurs des réserves au début du tarissement (Wo) pour l'année 1972 jusqu'à 1976.

Les fluctuations négligeables du coefficient α et du volume des réserves ne s'effectuent pas dans le même sens pour toutes les sources. Le phénomène ne doit pas être tout à fait lié à la pluviométrie mais paraît provenir de conditions géologiques différentes et en particulier du voisinage des fractures.

Parmi ces trois sources la réserve dynamique de la source n° 5 qui est issue d'une zone faillée est importante. Cette réserve traduit l'importance des zones faillées de la région et les volumes d'eau pouvant être emmagasinés dans ces zones.

On constate, par ailleurs que les valeurs des réserves calculées par la méthode de Maillet, sont presque plus de la moitié de celles calculées par la formule de Tison. Ce fait est à imputer à ce que malgré leurs caractères fracturés et faillés, les formations de la région ne sont pas le siège d'un écoulement véritablement turbulent, car l'écoulement dans les fissures se fait vraisemblablement dans une zone entièrement noyée.

5- CONCLUSION GENERALE DU CHAPITRE

Les alluvions de la vallée, constitués dans leur majeure partie par les argiles du Lias, ont une perméabilité très faible (9×10^{-5} m/s). L'eau ruiselle en surface et s'évapotranspire en grande partie. La faiblesse de la valeur de transmissivité de ces formations nous montre aussi leurs conditions hydrogéologiques défavorables.

Les éboulis recouvrent généralement la base de la formation des calcaires de "Lar" à cause de leurs altitudes élevées reçoivent une quantité assez importante des précipitations. Mais à cause de leur pente raide l'eau circule rapidement et émerge sous forme de petites sources ou de filets d'eau à la base de ces éboulis. Ces sources n'ont donc pas une réserve considérable (environ 3×10^4 m³).

Les seules conditions hydrogéologiques favorables de la région se trouvent dans les zones faillées. Leur nature fracturée donne au bed rock une valeur élevée de la perméabilité et lui permet d'emmagasiner une grande partie de l'eau précipitée sur la région. De plus ces zones drainent les eaux des

autres bassins à précipitation élevée (zone fracturée du décrochement de Talou-Hert).

Donc les études des courbes de tarissement et les essais de pompage confirment l'importance des zones fracturées et failles dans la circulation des eaux et la faiblesse des ressources propres des formations superficielles en raison de l'évapotranspiration et des faibles valeurs de l'infiltration et du ruissellement.

C H A P I T R E VIII

=====

ETUDE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX
=====

DES SOURCES, DES PUIITS ET DES TUNNELS D'EXPLOITA-
=====

TION DE CHARBON
=====

- 1 - CARACTERES PHYSIQUES

- 2 - CARACTERES CHIMIQUES

ETUDE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DES SOURCES, DES PUIITS ET DES TUNNELS D'EXPLOITATION DE CHARBON

1 - CARACTERES PHYSIQUES

Les paramètres physiques que l'on va étudier dans cette partie sont : débit - température - conductivité - PH.

1-1- Débit

Ces mesures ont été faites à la fois sur les sources, les galeries d'exploitation de charbon et sur les rivières. On étudiera donc les résultats séparément.

1-1-1- Sources

Dans la région, on trouve environ 35 sources, mais les débits sont très médiocres et la plupart sont négligeables.

En raison des possibilités de mesures, on a contrôlé deux fois par mois depuis l'année 1972 seulement 8 sources et pendant les années 1975 et 1976 deux autres sources en plus qui sont au Sud-Est de la région. Les mesures ont été effectuées par capacité jaugée. Pour avoir un résultat suffisamment précis il nous a fallu refaire plusieurs fois chaque mesure avant de l'accepter pour juste.

Le coefficient de variabilité R (le rapport du débit maximum sur le débit minimum) pour les sources de cette région est compris entre 1,98 et 11,25.

On peut dire que du point de vue de la variabilité, les sources sont moyennement variables : tableau 14

n°	Source	Nom de Site	R	D Max m ³ /h	D min. m ³ /h
1	n° 5	SARKHAN	1,98	95,76	48,24
2	n° 4	KELARIZ	2,64	3,99	1,51
3	n° 1	KELAMARG	3,57	8,10	4,26
4	n° 15a	PACHKELAT	4,54	1,80	0,39
5	n° 12	PACHKELAT	7,14	0,72	0,10
6	n° 15	PACHKELAT	8,07	2,26	0,28
7	n° 21	PACHKELAT	9,60	1,04	0,10
8	n° 8	PACHKELAT	11,25	6,48	0,57

Tableau n° 14

Le débit maximum se situe au printemps et le débit minimum en automne. On a aussi un étiage en hiver, du au gel et à ce que les précipitations se font sous forme de neige.

Au printemps, à cause de la température, il y a fonte des neiges et aussi les précipitations se font sous forme de pluie. Pour ces raisons à cette saison il y a une crue de débit.

1-1-2- Tunnels

Dans la région, on trouve environ 15 galeries. Quelques unes sont abandonnées et les autres n'ont pas toujours un débit élevé. Dans le cas où le tunnel arrive aux fractures drainantes le débit augmente.

Sur le tableau ci-dessous nous allons montrer comme exemple le débit de l'eau qui est sortie du tunnel n° 4 dans la vallée de Kélariz pendant les années 1972-1975.

	J	F	M	A	M	J	Débit en l/s
1972							
1973	0,35	0,36	0,40	1,22	0,93	1,21	
1974	7,11	3,77	2,59	1,86	5,62	1,48	
1975	0,71	1,00	1,0	0,95			
	J	A	S	O	N	D	
1972			6,26	0,17	0,05	0,07	Débit moy. en l/s
1973	0,39	0,31	0,29	0,73	0,81	1,20	0,68
1974	1,93	1,34	1,51	0,88	0,60	0,58	2,5

Tableau n° 15

Le débit élevé de l'eau sortante du tunnel aux mois de Janvier, Février, Mars et Mai 1974 dépend probablement des failles rencontrées se trouvant dans les galeries pendant les travaux.

1-2- Température

La température est un excellent critère de reconnaissance car il est immédiat et facile à mettre en oeuvre. A condition de faire des mesures sur le site géologique même de la source, 2 cas peuvent se présenter :

1°) Les sources qui montrent une grande variation de température au cours de l'année risquent, au moins dans leur dernier parcours avant l'émergence d'être superficielles. Les variations de température des eaux traduisent celles des terrains traversés, si ces derniers sont peu profonds (zone d'hétérothermie du sol), les eaux seront sensibles aux variations diurnes et saisonnières.

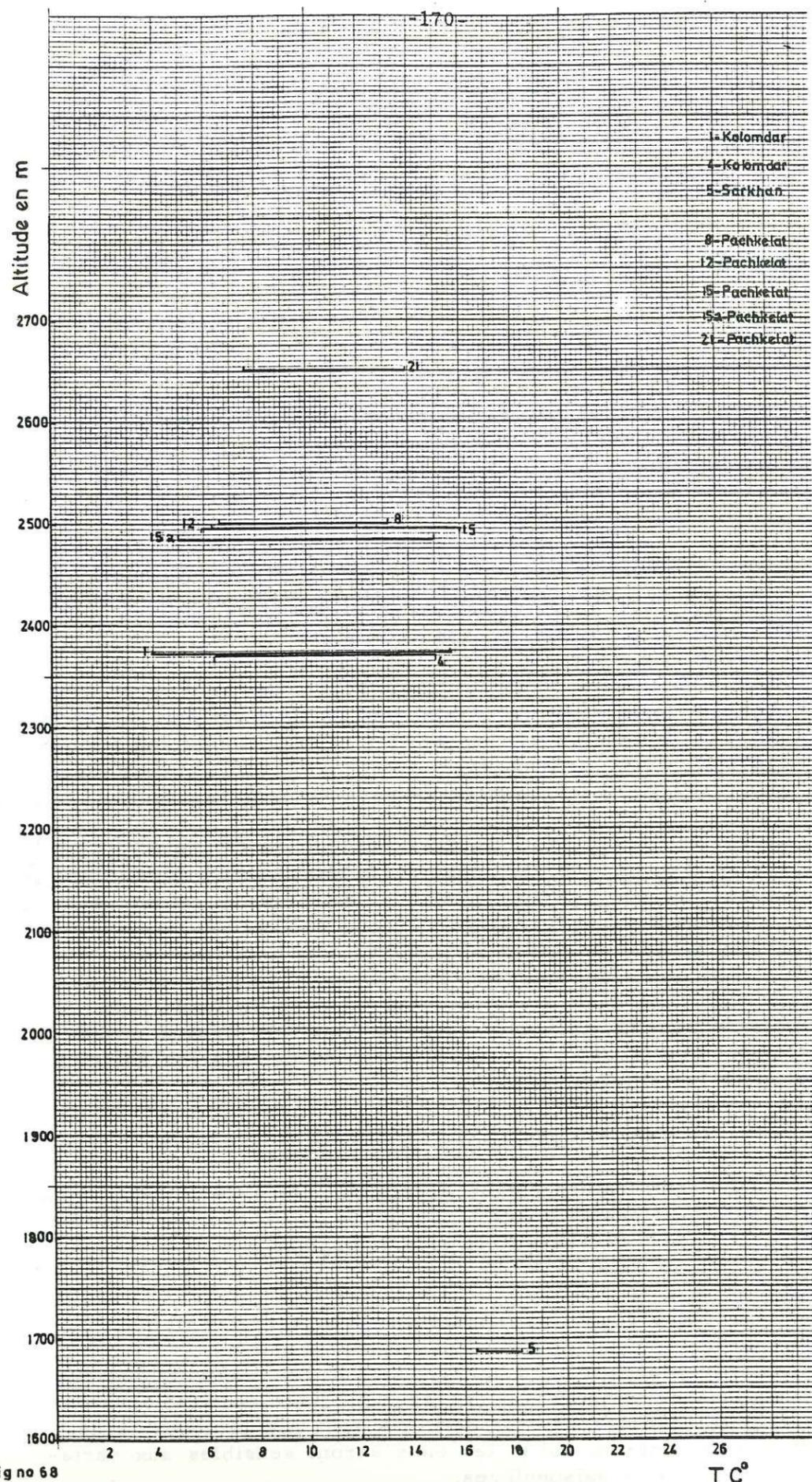


Fig no 68

T^{°C}

On sait en effet qu'à environ 20 m de profondeur on a une température à peu près égale à la température moyenne de l'air.

Les sources qui, par contre, présentent une plus grande constance dans leurs températures montrent un cheminement profond (zone d'homothermie du sol), que ce soit dans les terrains de couverture ou de substratum rocheux.

Nous devons cependant remarquer que le cas idéal de non-variation de température est présenté par celui où les eaux cheminent dans un aquifère profond avec lenteur puis parviennent rapidement à la surface. C'est généralement le cas des sources qui ont des débits importants et des exutoirès bien localisés, et non celui des petites sources comme celles de notre région, car une masse importante d'eau a une plus grande inertie thermique qu'un petit filet d'eau.

Il est établi d'autre part, que la température moyenne annuelle des sources traduit à peu de choses près celle de la température moyenne de l'air du lieu considéré et qu'il existe une relation entre la température des sources et l'altitude de leur profil d'émergence.

Si l'on compare les températures moyennes des sources et de l'air on constate une température anormalement élevée des sources , on pourrait dire que l'origine de l'eau est relativement plus profonde et qu'elle subit l'influence du gradient géothermique qui est généralement de 1°C par 30 m.

Dans cette région, nous ne possédons pas les températures moyennes aux différentes altitudes. Mais on a observé les variations de température pour les eaux des sources qui sont sous contrôle mensuel. Les variations de température traduisent que les terrains traversés sont peu profonds (zone d'hétérothermie du sol).

Sur la figure n°68 on a tracé la variation de température de l'eau pour chaque source pendant quatre ans de mesures mensuelles.

On peut bien observer que les sources montrent une grande variation de température au cours de l'année et ces variations traduisent que les terrains traversés sont peu profonds et les eaux seront sensibles aux variations diurnes et saisonnières (zones d'hétérothermie du sol). D'après les mesures obtenues la variation de température de l'eau diminue pendant l'hiver à cause du manteau nival qui couvre la montagne et les altitudes élevées.

La source n° 5 (SARKHAN) qui présente une constance ou bien une variation faible dans sa température, montre un cheminement profond qui se fait dans la zone fail- lée au voisinage de cette source.

1-3 Conductivité

La conductivité traduit la propriété de l'eau de conduire le courant électrique, elle se comporte alors comme un élec- trolite. Cette propriété croit avec la concentration des ions en solution. La conductivité électrique est inverse de la résis- tivité. On sait que l'eau pure est très résistante et par con- tre l'eau salée est très conductrice.

La conductivité est exprimée en mhos par centimètre, mais la résistivité en ohms centimètre. Dans les mesures on utilise le millionième de mhos qui se traduit en μ mhos/cm La conductivité est fonction de la température, pour cela, toutes les mesures faites ont été ramenées à 25°C.

Entre la minéralisation globale de l'eau et la conducti- vité il y a un rapport empirique qui se traduit par les for- mules empiriques suivantes :

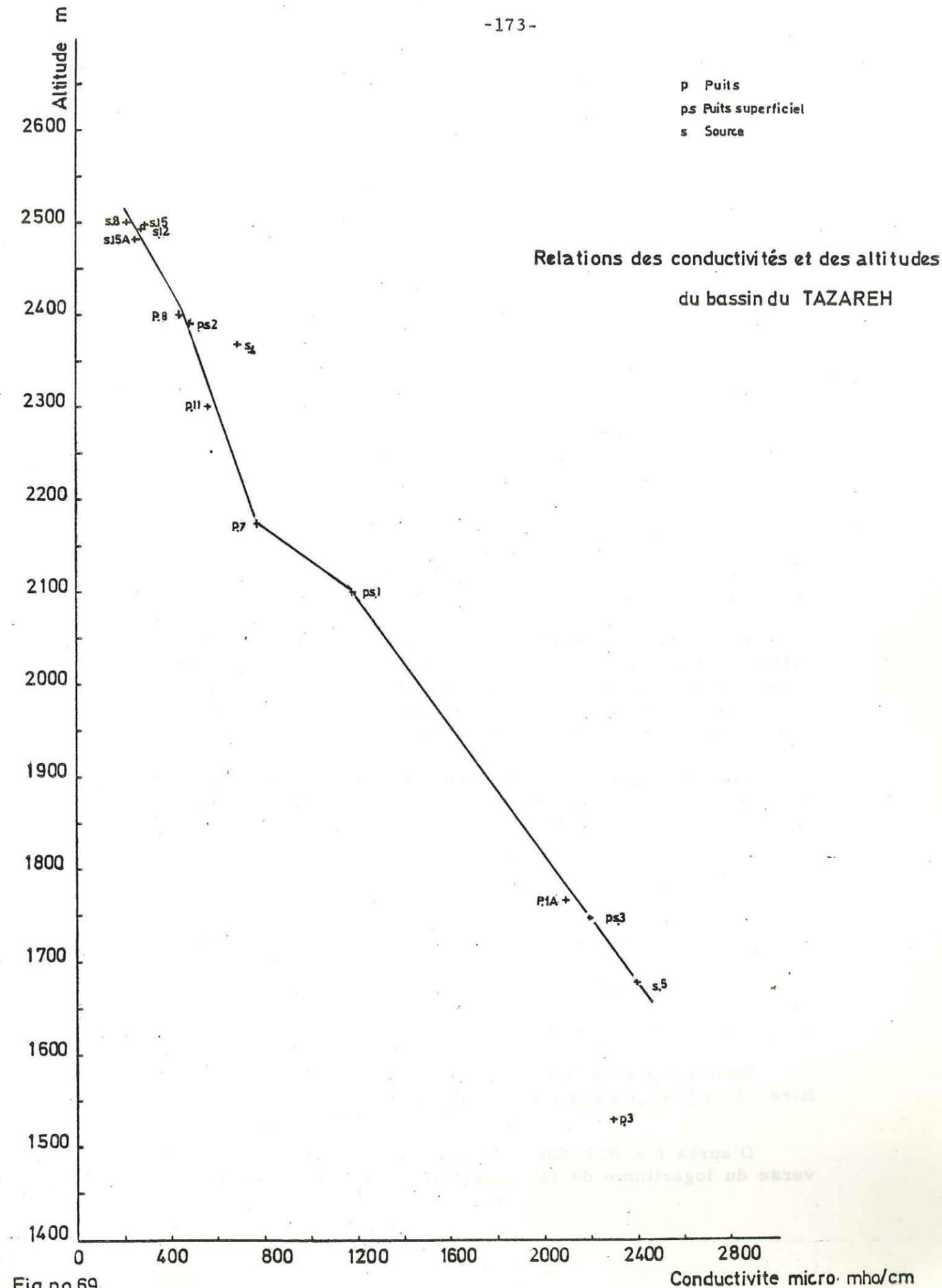
m = minéralisation globale de l'eau en meq/l
C = conductivité électrique de l'eau en μ mhos/cm

- A) Si $m < 1$ $C = 100 \times m$
- B) Si $3 > m > 1$ $C = 12,27 + 86,38 m + 0,835 m^2$
- C) Si $10 > m > 3$ $C = m (95,5 - 5,54 \times \log m)$
- D) Si $m > 10$ et les bicarbonates en solution (HCO_3^-) sont en majorité. $C = 90 m$
- E) Si $m > 10$ et les chlorures (Cl^-) en solution sont en majo- rité $C = 123 \times m^{0,939}$
- F) Si $m > 10$ et les (SO_4^{--}) en solution sont en majorité $C = 101 \times m^{0,949}$

Dans le cas ou il n'y a pas une égalité entre les quan- tités des anions et des cations en meq/l (à cause des gaz dissous ou du CO_2 libres) m sera la moitié de la somme de deux quantités en meq/l.

Les formules ci-dessous sont valables jusqu'à $m = 1000$
Les exemples suivants montrent la conductivité des diverses eaux.

- Eaux pures 0/055 μ mhos/cm en 20° C
- Eaux distillées 0/5-5 μ mhos/cm
- Eaux de pluie 5-30 μ mhos/cm
- Eaux superficielles et potables 30 - 2000 μ mhos/cm
- Eaux d'océan 45000 - 55000 μ mhos/cm



Dans le bassin du ' Tazareh ' l'étude de la conductivité de l'eau des sources et des puits montre que :

1) Entre la conductivité et l'altitude d'émergence il y a une relation directe. En altitude élevée, on a une conductivité plus faible et à une altitude basse on observe une conductivité plus élevée.

2) Tant que l'on est proche de l'exutoire du bassin du " Tazareh ", on voit une augmentation de la conductivité a cause de la présence de sédiments évaporitiques (gypses) dans la zone faillée et fracturée du décrochement (Talou-Hert et des marnes gypsifères pliocènes qui sont à l'exutoire du bassin versant.

3) Près du village de Kalavan les deux sources n°8 et 7 qui sont à une altitude d'environ 1600 m, n'ont pas une conductivité élevée parce qu'elles se situent sur la ligne de faille qui traverse les calcaires dolomitiques cambriens et qu'elles ne sont pas en relation avec les alluvions et les sédiments évaporitiques.

Dans la courbe de relation entre l'altitude et la conductivité, on voit la diminution de la conductivité en fonction de l'élévation de l'altitude.

En effet, la conductivité des eaux des éboulis des calcaires et des eaux qui ne sont pas en relation avec ces facteurs d'augmentation est inférieure à 400 micro mhos/cm, et la conductivité des eaux qui sont sous l'influence des formations liasiques, se situe entre 400-1200.

Pour les sources qui sont en relation avec les sédiments évaporitiques la conductivité se situe entre 2 000-2 400 micro mhos/cm (Fig. n° 69)

1-4 pH

La loi d'action de masse donne $\frac{(H^+) (OH^-)}{(H_2O)} = \text{constante}$

Comme H^+ et OH^- sont très petits par rapport à H_2O , on a donc aussi très sensiblement $(H^+) (OH^-) = \text{constante}$.

Dans l'eau pure à 25° $(H^+) = (OH^-) = 10^{-7}$ par litre, d'où $(H^+) (OH^-) = 10^{-14}$.

D'après (S.P.L Sorenson 1909), le cologarithme ou l'inverse du logarithme de la concentration en ion H^+ est le pH.

Dans l'eau pure, il existe une molécule dissociée pour 10^7 molécules d'eau. $pH = 7$

La dissociation de l'eau varie avec la température. Le pH déterminé à une température standard de 25°C, décroît avec l'augmentation de température.

Autour de 25° C, le pH diminue de 0,01 par degré d'élévation de température.

Le pH varie en fonction de la force ionique

milieu acide $(H^+) > (OH^-)$ ou $pH < 7$

milieu neutre $(H^+) = (OH^-)$ ou $pH = 7$

milieu basique $(H^+) < (OH^-)$ ou $7 < pH < 14$

Les exemples suivants montrent que le pH des eaux naturelles varie dans une large limite mais il ne couvre pas toute l'échelle des valeurs comprises entre 0 et 14

Eaux des sols alcalins	9 à 10
Eaux minérales sulfurées	8 à 10
Eaux de mer	7,85 à 8,35
Eaux fluviales	7
Eaux minérales bicarbonatées sodiques	6,3 à 6,4
Eaux de pluie	6
Eaux de marais, stagnantes	4
Eaux de condensation des fumerolles	1 à 2

Dans notre région on a mesuré les variations de pH pendant 4 ans pour 56 points d'émergence d'après plus de 400 échantillons.

Sur le tableau n°16 on peut voir que tous les pH sont au-dessus de 7, ce qui traduit une pauvreté en CO_2 et que l'on peut imputer à l'absence de sol végétal sur les bassins de l'ensemble des eaux.

Le pH environ 8 montre un équilibre entre carbonates et bicarbonates en solution et l'absence de CO₂ libre.

On peut donc dire que les eaux de la région sont alcalines et le pH ne dépasse pas 8,6.

Point d'eau	Nom de la région	pH	Point d'eau	Nom de la région	pH
Source n° 2	Vallée	7-8	Source n° 20	Vallée	8,1
Source n° 7		7-8	Tunnel n° 1	de	7,2-8,6
Puits n° 8		8,20-8,60	Tunnel n° 2	Pach-	7,1-8
Puits superficiel n° 1	de	7 - 8,25	Tunnel central	kélat	7 - 8,6
Puits superficiel n° 2		7 - 8,10	Source n° 1	Vallée de	
Tunnel n° 5	Kela-	7 - 7,50	Source n° 4	Razmdjah	7 - 8,7
Tunnel n° 6	marg.	7 - 8,50	Source n° 26	Vallée de	7,3-8
Tunnel n° 7		7,60	Tunnel n° 4	Kelariz	7 - 8,5
Source n° 8	Vallée	7,15-8,50	Puits n° 7		7,6-8,3
Source n° 9		7,70	Source n° 5	Rivière	7-8,3
Source n° 11	de	7 - 8,30	Puits n° 1 A	de	7,8
Source n° 12		7 - 8,50	Puits superficiel n° 3	Sarkhan	6,8-7,7
Source n° 13	Pach-	7 - 8,30	Source n° 25	Vallée de	
Source n° 15a		6,50-8,30	Source n° 26	Kolomdar	7,5-8
Source n° 18	kélat	7 - 8	Source n° 26	Village de	
				Hert	7,7
			Puits n° 3	Ville	
				neuve	7-8

Tableau n° 16

2 - CARACTERES CHIMIQUES

Les mesures de conductivité nous donnent une valeur de la minéralisation globale des eaux : mais il est fréquent que deux eaux de même résistivité présentent des compositions chimiques très différentes.

L'intérêt des analyses chimiques sera donc de connaître le pourcentage de chaque ion. Les éléments chimiques proviennent du travail souterrain de l'eau (action mécanique et chimique) sur le terrain traversé. Si le temps de contact eau roche a été très court, la minéralisation sera faible et vice-versa.

Suivant qu'une eau sera plus riche en un élément plutôt qu'un autre, cela indiquera la nature même de l'aquifère traversé.

Les principales données de l'analyse chimique des eaux souterraines sont :

- 1°) les anions et cations,
- 2°) le résidu sec,
- 3°) le titre alcalimétrique,
- 4°) le degré hydrotimétrique. Dureté de l'eau.

1°) Les éléments chimiques

Les principaux éléments retenus pour l'analyse ont été les suivants :

Cation : Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺

Anions : SO₄⁻⁻, Cl⁻, CO₃⁻, CO₃H⁻, NO₃⁻

On a mesuré la teneur en SiO₂ pour chaque échantillon prélevé.

Dans les classifications des eaux on donne toujours leurs teneurs en meq g/l et on met (r) devant chaque ion.

2°) Le résidu sec

Le résidu sec (RS) exprimé en mg/l, représente la totalité des sels dissous. Nous avons mesuré le résidu sec à 180°C pour chaque échantillon.

Le résidu sec est ainsi une donnée sur la minéralisation totale d'une eau. Suivant leur minéralisation globale " V. Vernadski " subdivise toutes les eaux naturelles en quatre grandes classes.

- A - Eaux douces à minéralisation globale inférieure à 1g/l
- B - Eaux faiblement salées et saumâtres à minéralisation globale de 1 à 10 g/l
- C - Eaux salées à minéralisation globale de 10 à 50 g/l
- D - Saumures (eaux très minéralisées) à minéralisation globale de 50 à 300 g/l.

On utilise de préférence pour l'alimentation humaine les eaux douces dont la minéralisation est inférieure à 1 g/l; en cas de besoin on peut utiliser également les eaux faiblement salées (contenant jusqu'à 2-3 g/l de sels). Les eaux à minéralisation plus élevée sont pratiquement inutilisables pour l'alimentation.

3°) Le titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique permet de connaître la teneur en carbonates, bicarbonates et hydrates alcalins contenus dans l'eau.

Ce titre est exprimé en milliéquivalent par litre, ou en degré français. Le degré français correspond à 10 mg de calcium par litre.

4°) Le degré hydrotimétrique (° dh) ou, Dureté de l'eau

Le degré hydrotimétrique indique la teneur globale de l'eau en sels de chaux et de magnésie. Ce degré est exprimé en milligrammes par litre ou en degré français qui correspond à 0,2 milliéquivalent de Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺

2-1- Classification des eaux du point de vue chimique

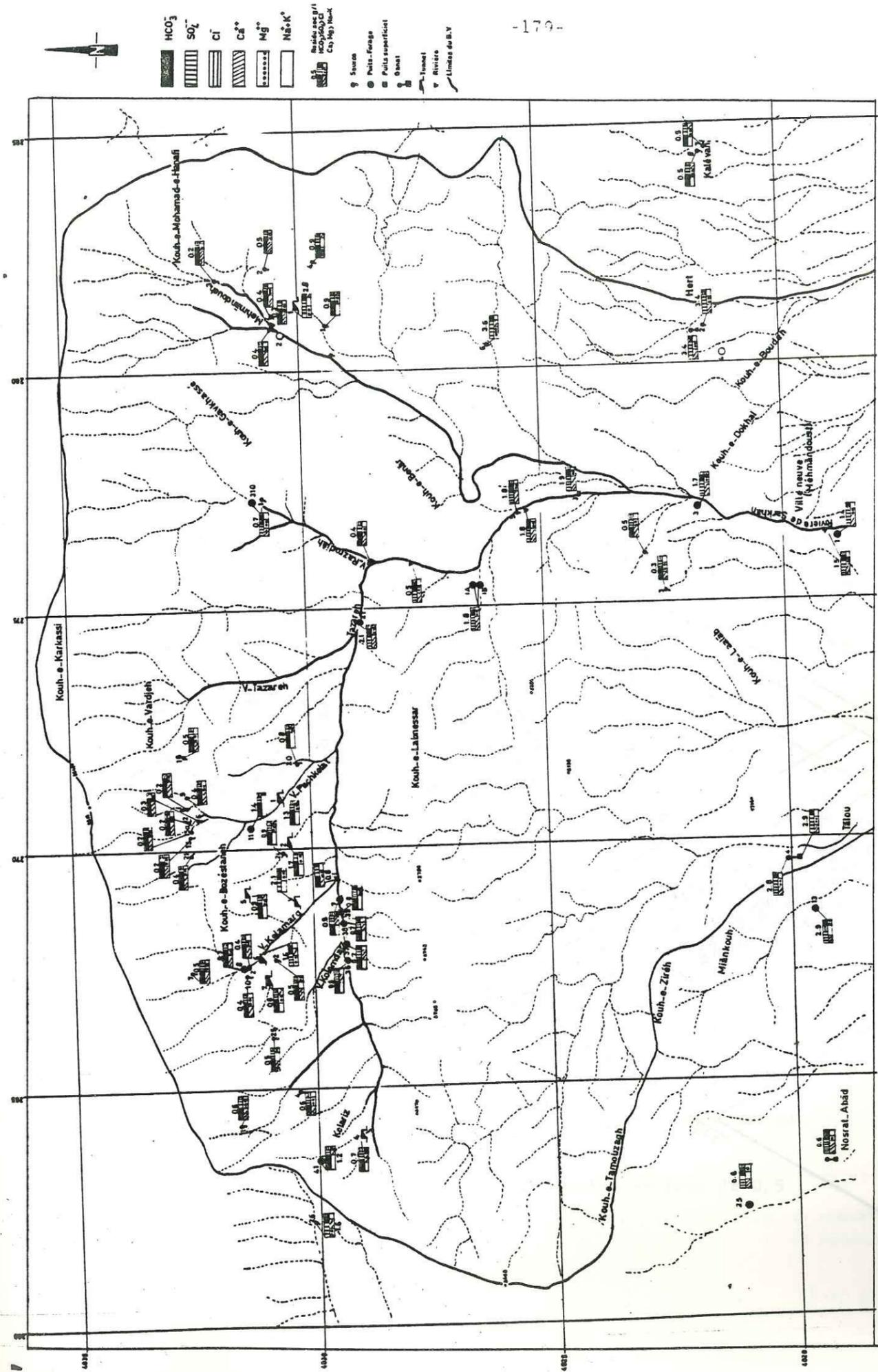
Nous avons prélevé 400 échantillons d'eau pendant 4 ans et on a analysé tous les échantillons dans les laboratoires du NISC à Shahroud, Kerman et Ispahan. Au point de vue de la quantité de HCO₃⁻, SO₄⁻, Cl⁻ et Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na + K, nous avons divisé les eaux du bassin du "Tazareh" en plusieurs familles (Fig. n°70).

Les résultats des analyses ont été regroupés d'une part sur le diagramme trilinéaire ou losangique de Piper Fig. n°71 et d'autre part sous forme de diagrammes de Schoeller-Berkaloff.

2-1-1- Classification des eaux sur les diagrammes de "Piper"

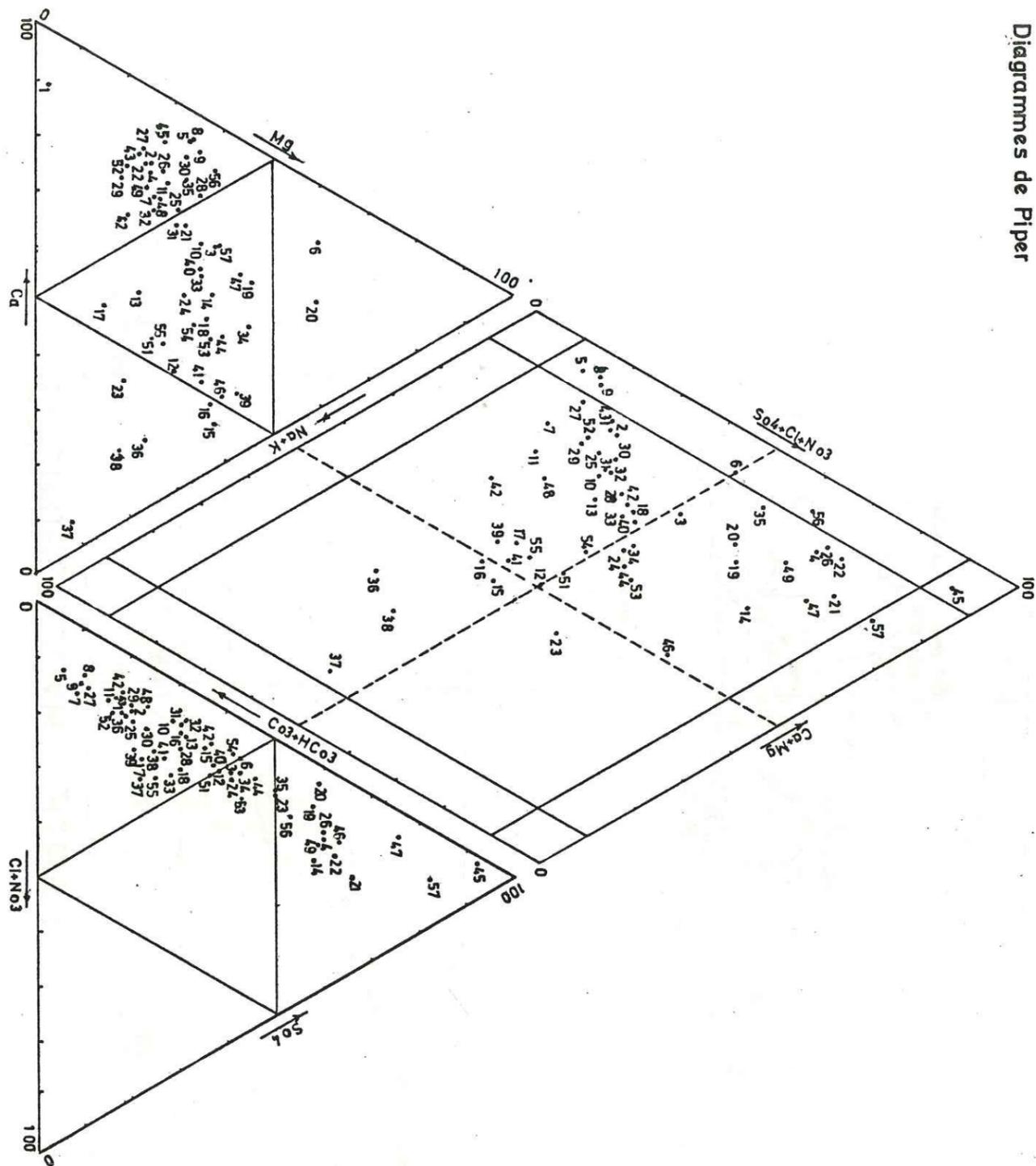
La teneur de chaque ion sur les diagrammes de "Piper" est exprimée en % de concentration de l'ion par rapport à la somme totale des ions. Sur ce diagramme, on peut distinguer 4 zones.

- 1 - zone de Cl⁻, SO₄⁻ et Mg⁺⁺, Ca⁺⁺ : 35 % des eaux prélevées sont sur cette zone.
- 2 - zone de Cl⁻, SO₄⁻ et Na⁺ - K⁺ : 1,75 % des points d'eau sont sur cette zone.
- 3 - zone de HCO₃⁻ et Mg⁺⁺ - Ca : 54,3 % des points d'eau sont sur cette zone
- 4 - zone de HCO₃⁻ et Na⁺ - K des eaux prélevées sont sur cette zone.



CARTE HYDROCHIMIQUE

Fig no 70



Diagrammes de Piper

2-1-2- Classification des eaux sur les diagrammes de Schoeller-Berkaloff (1952)

Nous allons classer les eaux qui se trouvent dans les zones A et B de la région étudiée d'après les différentes formations géologiques en tenant compte de leurs éléments chimiques.

2-1-2-1- Zone B

2-1-2-1-1- Les éboulis et la formation de Dalitchaï - la famille bicarbonatée calcique.

Les eaux de pluie chargées de gaz carbonique en traversant les calcaires marneux, les marnes et les schistes calcareux de la formation de Dalitchaï et les éboulis de cette formation et la formation de Lar se chargent rapidement en bicarbonates et éventuellement en carbonates de calcium; par suite, si une eau a une concentration égale ou inférieure à la solubilité normale du carbonate de chaux, (300 à 490 mg), elle est normalement du type bicarbonaté calcique.

Le rapport $r_{Na/Ca}$ est aussi inférieur à l'unité et souvent inférieur à 0.05

Les ions Cl^- et SO_4^{2-} sont en petites quantités et le rapport $r_{SO_4 / Cl}$ est généralement supérieur à l'unité et rarement supérieur à 2.

La formule de relation des ions dans les eaux de cette famille est plus ou moins pareille.

Nous avons groupé les eaux de cette famille d'après leur région

a) - Le groupe de Kelariz : (Sources n° 4 - n° 11)

La formule de relation des ions est:
 $r_{HCO_3} > r_{SO_4} > r_{Cl}$ et $r_{Ca} > r_{Mg} > r_{Na+K}$

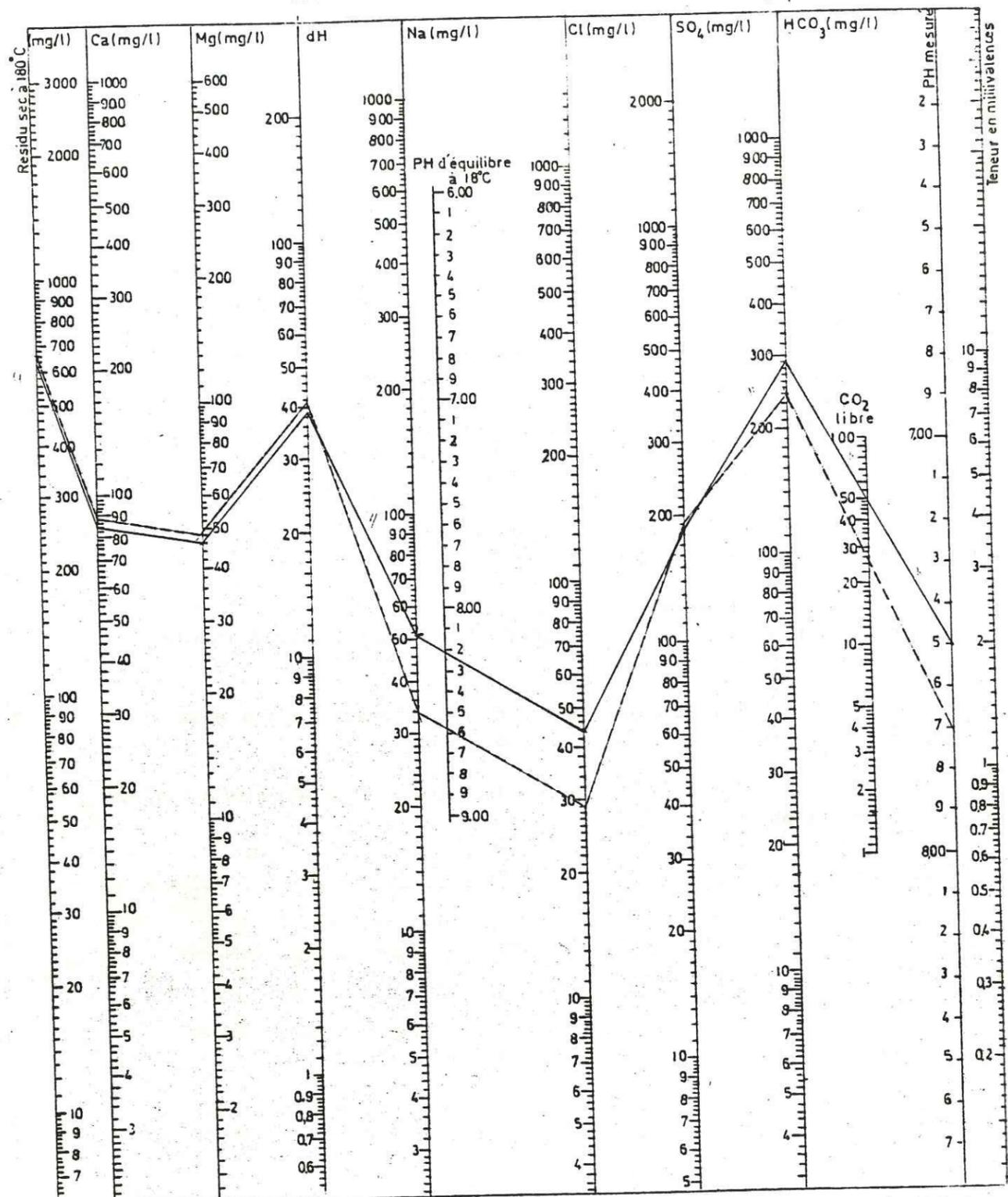
Dans ce groupe on a distingué 2 points d'eau qui se situent à la proximité de la Vallée " Kelariz ".

Le rapport $r_{Mg/Ca}$ est généralement inférieur à 1 mais pour la source n° 11, il arrive de temps en temps à l'unité "

Le rapport $r_{Na/Ca}$ est faible, environ de 0,5

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkaloff



Groupe de Kelariz

1-Source no 4 ———
2-Source no 11 - - - -

Fig no 72

La concentration en ions Cl^- est d'environ 1 et celle de SO_4^{2-} , 4 milliéquivalent. Le rapport $r \text{SO}_4 / \text{Cl}$ varie, mais généralement est moins de 4.

La valeur du résidu sec est comprise entre 500-800 mg/l mais généralement entre 500-650 mg/l.

Le degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{dh}$) est d'environ 40° (degré français). Le titre alcalimétrique dans ce groupe est d'environ 4 milliéquivalents par litre (fig. n°72).

b) Le groupe de Pachkelat : (sources n° 8-n° 9 n° 12-n° 15- n° 15a- n° 18-n° 21)

La formule de relation des ions est :

$$r \text{HCO}_3 > r \text{SO}_4 > r \text{Cl} \text{ et } r \text{Ca} > r \text{Mg} > r \text{Na} + \text{K}$$

Dans ce groupe on a distingué sept points d'eau qui se situent au nord de la vallée de Pachkelat.

Le rapport $r \text{Mg} / \text{Ca}$ est faible et généralement entre 0,6 et 0,8 mais pour la source n° 9, il arrive à 0,3.

Le rapport $r \text{Na} / \text{Ca}$ est aussi faible et toujours inférieur à 0,4; il arrive même à 0,033 pour la source n° 12.

Les concentrations des ions Cl^- et SO_4^{2-} sont inférieures à 0,40 milliéquivalent et rarement supérieures à 1 meq. Le rapport $r \text{SO}_4 / \text{Cl}$ varie beaucoup mais généralement est supérieur à l'unité. Pour la source n° 18, cette valeur est plus élevée (6) à cause de la proximité de cette source avec les couches charbonneuses qui sont plus ou moins riches en $\text{SO}_4 \text{Ca}$.

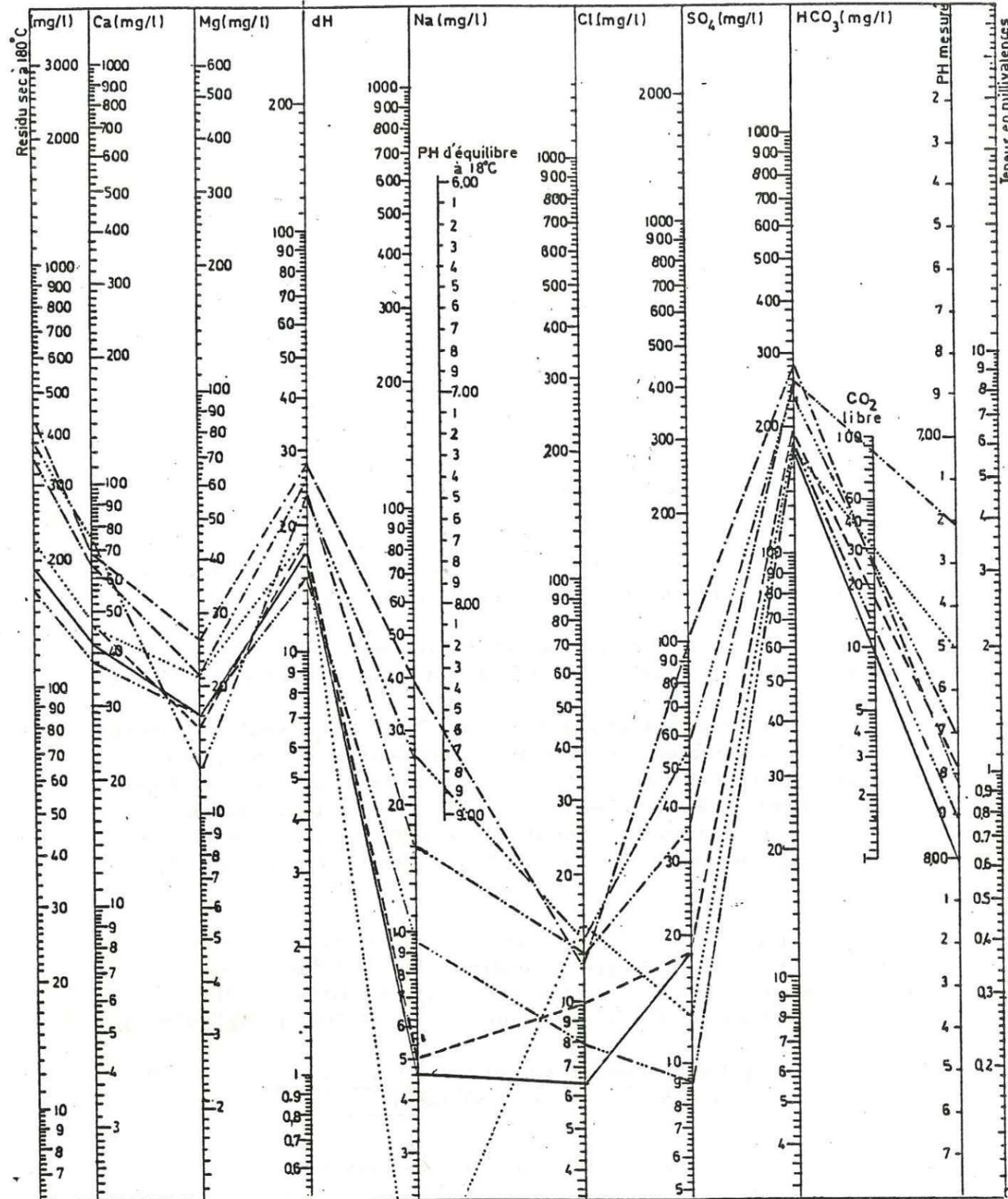
La valeur du résidu sec est comprise entre 170-440 mg/l et celle du degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{dh}$) est comprise entre $15-28^{\circ}$ (degré français). Le titre alcalimétrique est entre 3-4,8 milliéquivalent par litre (Fig. n°73).

c) Le groupe de Kelamarg : (sources n° 7-n° 10, n° 25 - Puits superficiel n° 2)

La formule de relation des ions est généralement $r \text{HCO}_3 > r \text{SO}_4 > r \text{Cl} \text{ et } r \text{Ca} > r \text{Mg} > r \text{Na} + \text{K}$ mais l'eau de la source n° 25 a une teneur élevée de $r \text{Na} + \text{K}$ par rapport à $r \text{Mg}$. Les points d'eau de ce groupe ont une composition chimique plus ou moins identique à celle du groupe " Pachkelat " et " Kelariz ".

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkloff



- | | | | |
|------------------|-------|------------------|-------|
| 1 - Source no 18 | ----- | 5. Source no 15a | ----- |
| 2. Source no 21 | ----- | 6. Source no 15 | ----- |
| 3 - Source no 9 | ----- | 7. Source no 8 | ----- |
| 4 - Source no 12 | ----- | | |

Groupe de Pachkelat

Fig no 73

$r Na/Ca$ est variable mais il ne dépasse pas 0,33. Pour la source n° 7 ce rapport est très bas (0,02) mais celui de la source n° 25 approche 0,90. Le rapport de $r SO_4 / Cl$ est entre 1,8 et 2,88.

La valeur du résidu sec est comprise entre 270 et 500 mg/l.

Le degré hydrotimétrique ($^{\circ}dh$) est compris entre 22 et 34 $^{\circ}$ (degré français). Le titre alcalimétrique est compris entre 2,9 et 4,30 milliéquivalent par litre (Fig.n° 74)

d) Le groupe de Mehmandoueh : (Sources n° 7- n° 2- n° 3)

$r HCO_3 > r SO_4 > r Cl$ et $r Ca > r Mg > r Na+K$

$r Mg/Ca$ est inférieur à 0,50

$r Na/Ca$ est toujours inférieur à 0,29

$r SO_4 / Cl$ est supérieur à 2 et il arrive même à 6,7

La valeur du résidu sec est comprise entre 210-410 mg/l et celle du degré hydrotimétrique est comprise entre 15 et 32 $^{\circ}$ (degré français).

Le titre alcalimétrique dans ce groupe est compris entre 3,10 et 6,30 milliéquivalent par litre (Fig. n° 75)

e) Puits superficiel n° 1 de Tazareh

Ce puits n'est pas très proche des points d'eau des groupes précédents mais en raison de son alimentation par les eaux des éboulis et la formation de Dalichaï, on l'a placé dans ce domaine. Il est situé dans la vallée de Tazareh et au début de la vallée de Kelamarg.

$r HCO_3 > r SO_4 > r Cl$ et $r Ca = r Mg = Na+K$

Le rapport $r Mg / Ca$ est 1.

Le rapport $r Na / Ca$ est 1.

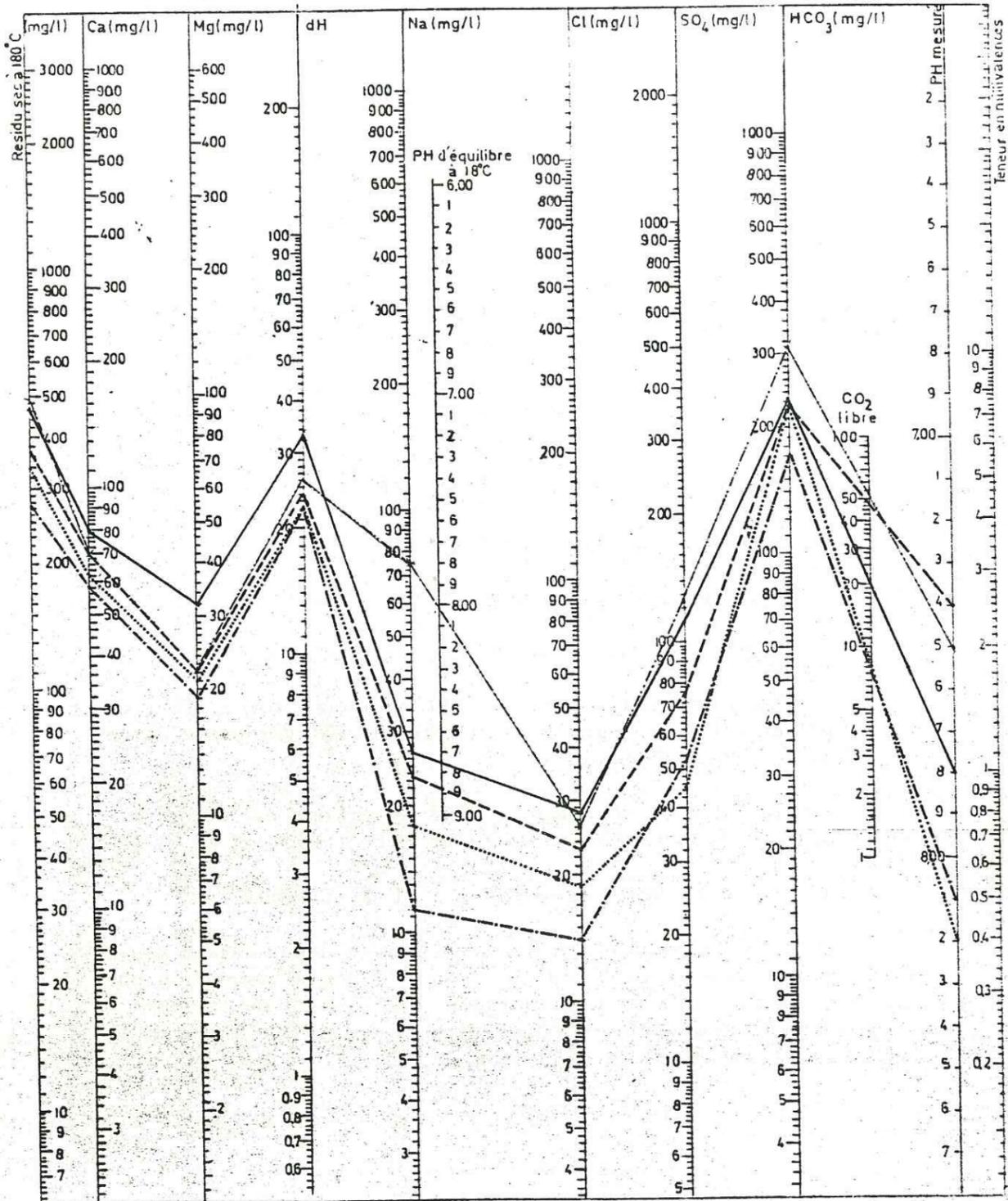
Le rapport $r SO_4 / Cl$ est 3

La valeur du résidu sec est comprise entre 715-840 mg/l et le degré hydrotimétrique ($^{\circ}dh$) 45 $^{\circ}$ (degré français)

Le titre alcalimétrique est de 6,20 milliéquivalent par litre (Fig. n° 76).

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
Daprs E. Berkalo



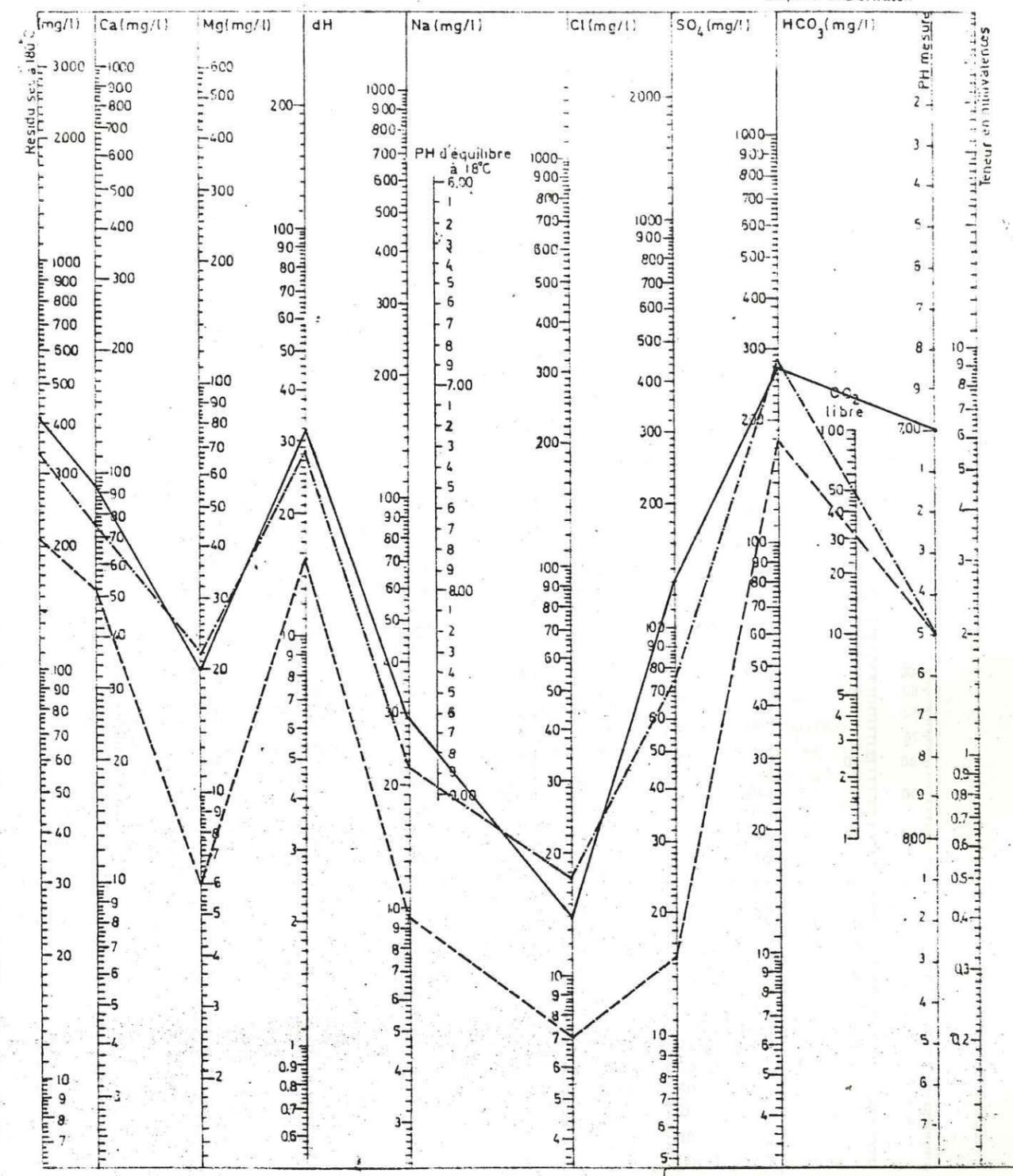
- 1-Source no 7
- 2-Source no 10
- 3-Puits no 8
- 4-Puits superficiel no 2
- 5-Source no 25

Groupe de Kelamarg

Fig no 74

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
Daprs E. Berkalo



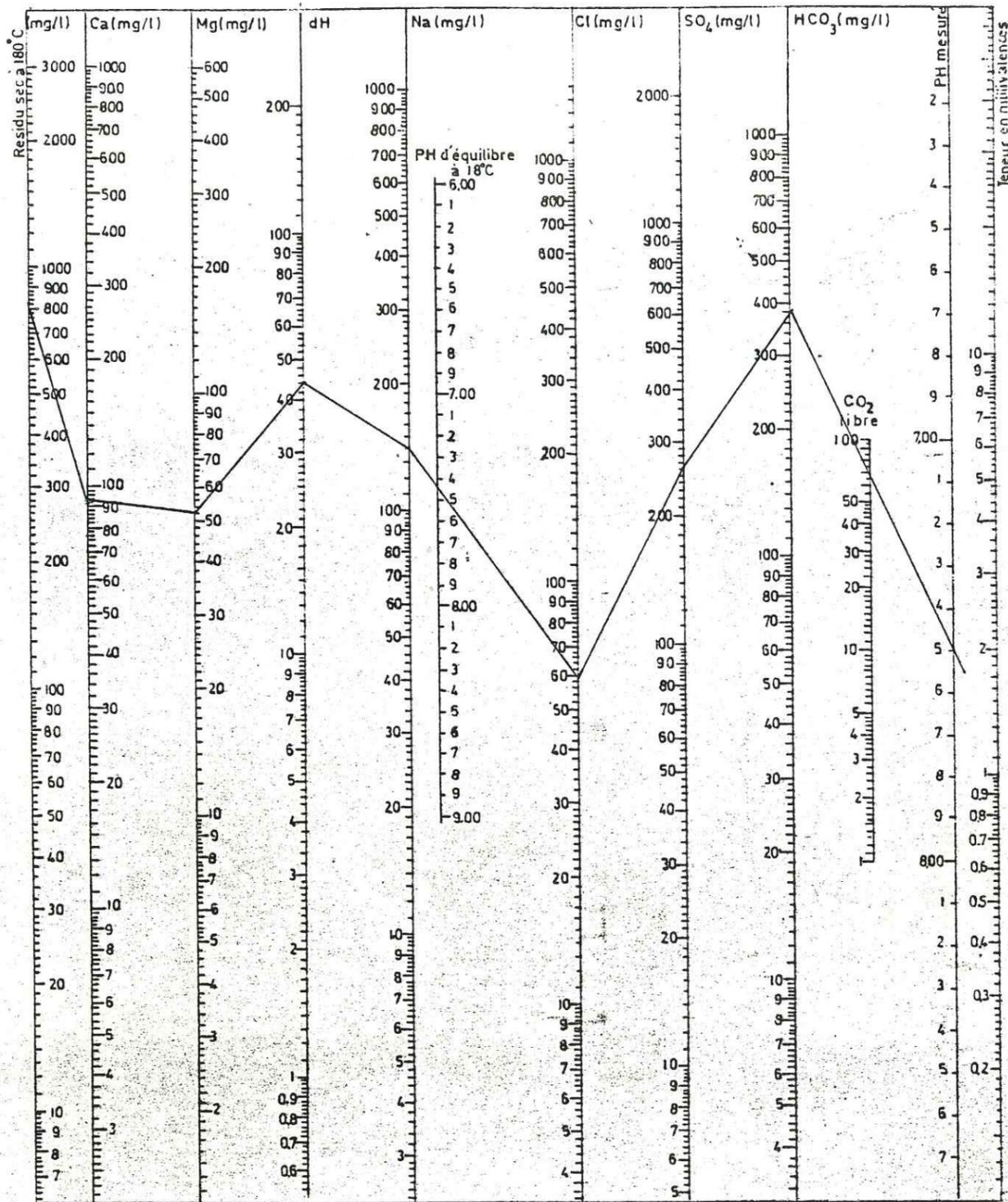
- 1-Source no 2
- 2-Source no 3
- 3-Source no 7

Groupe de Mehmandoueh

Fig no 75

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkaloïf



Puits superficiel no 1

Fig no 76

f) Conclusion et comparaison des résultats

Les analyses chimiques des eaux montrent les caractéristiques suivantes :

Le résidu sec est faible dans les eaux qui se trouvent dans les altitudes élevées et vers le sommet des formations, parce qu'elles n'ont pas parcouru un long trajet jusqu'à leurs résurgences. Cette valeur pour la source la plus haute est d'environ 200 mg/l et pour le puits superficiel n° 1 au niveau le plus bas elle est de 800 mg/l :

La majeure partie de ce résidu sec est attribuable aux ions HCO_3 et Ca. Cependant il n'y a pas une valeur très élevée de Ca et de Mg car les eaux ne contiennent que très peu de SO_4 , ce qui entraîne un degré hydrotimétrique relativement faible.

Les chlorures ne sont qu'en petite quantité. Ces caractéristiques varient un peu, quand les résurgences s'éloignent du sommet de la formation, à cause du contact de l'eau avec les schistes, les argiles et même des gypses existants dans les formations charbonneuses du Lias qui augmentent leurs teneurs en SO_4Na_2 et SO_4Mg , qui sont des éléments accessoires dans les roches sédimentaires, en particulier dans le gypse.

En comparant les diagrammes obtenus pour les 5 groupes d'eau de cette famille on peut distinguer une homogénéité entre ceux de Pachkelat-Mehmandoueh-Kelamarg et une autre entre les groupes de Kelariz et le puits superficiel n° 1.

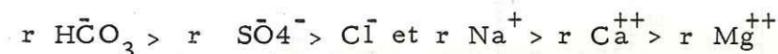
2-1-2-1-2- Les formations liasiques

La famille bicarbonatée sodique

Les points d'eau de cette famille sont riches en carbonates et bicarbonates de sodium.

a) Le groupe de Kelariz (Forage de charbon n° 41- Tunnel n° 4)

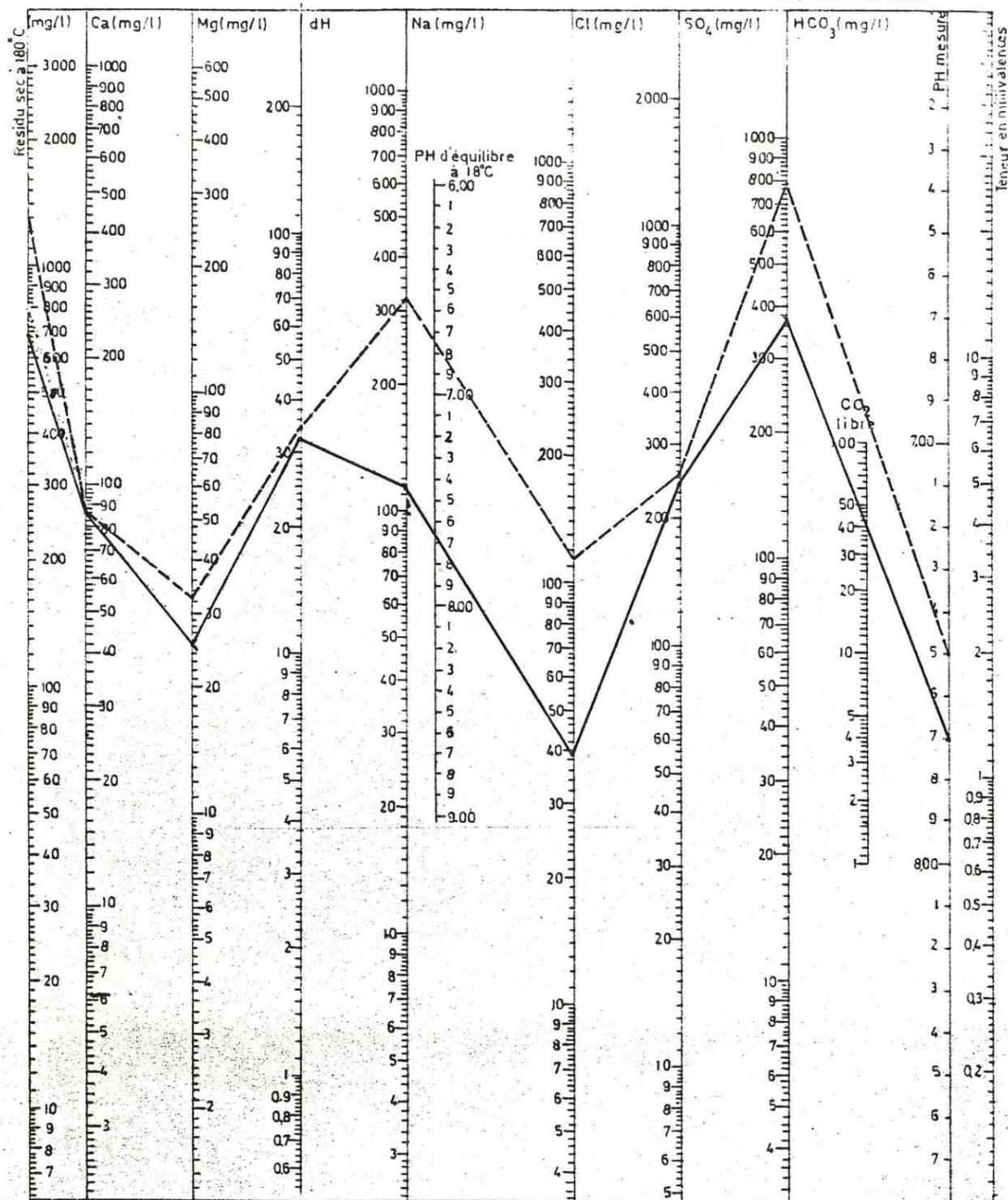
La formule caractéristique est



Il faut remarquer que le forage n° 41 à cause de son contact avec de nombreuses couches charbonneuses a une composition chimique un peu différente de celle du tunnel n° 4.

-190-
DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoellier
Dapré E. Berkaloff



1. Forage de charbon no 41 2. Tunnel no 4 Groupe de Kélariz

Fig no 77

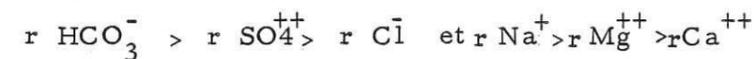
Forage de Tunnel n° 4
charbon n° 41

r Mg/Ca	0,6	0,6
r Na/Ca	3	1,4
r SO4/Cl	1	2,5
Résidu sec	1200 mg/l	680 mg/l
Degré hydrotimétrique(dh)	37	31,5
Le titre alcalimétrique	16	5

Fig. n° 77

b) Le groupe de Kelamarg (Tunnels n° 5 - n° 7)

Les tunnels de ce groupe sont situés à la proximité de la vallée de Kelamarg



Les valeurs des rapports ioniques sont :

- r Mg/ Ca = 1
- r Na/ Ca = 1
- r SO4 / Cl = 3,5

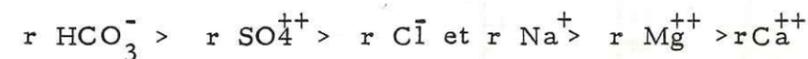
Résidu sec 600 - 900 mg/l

Le degré hydrotimétrique est de 40 - 50 (degré français)

Le titre alcalimétrique est de 7-9 milliéquivalent par litre (Fig. n° 78).

c) Le groupe de Pachkelat - (Tunnels n° 1 et 2 - Sources n° 24-20)

Les points d'eaux se situent en rive gauche et en rive droite de la vallée de Pachkelat

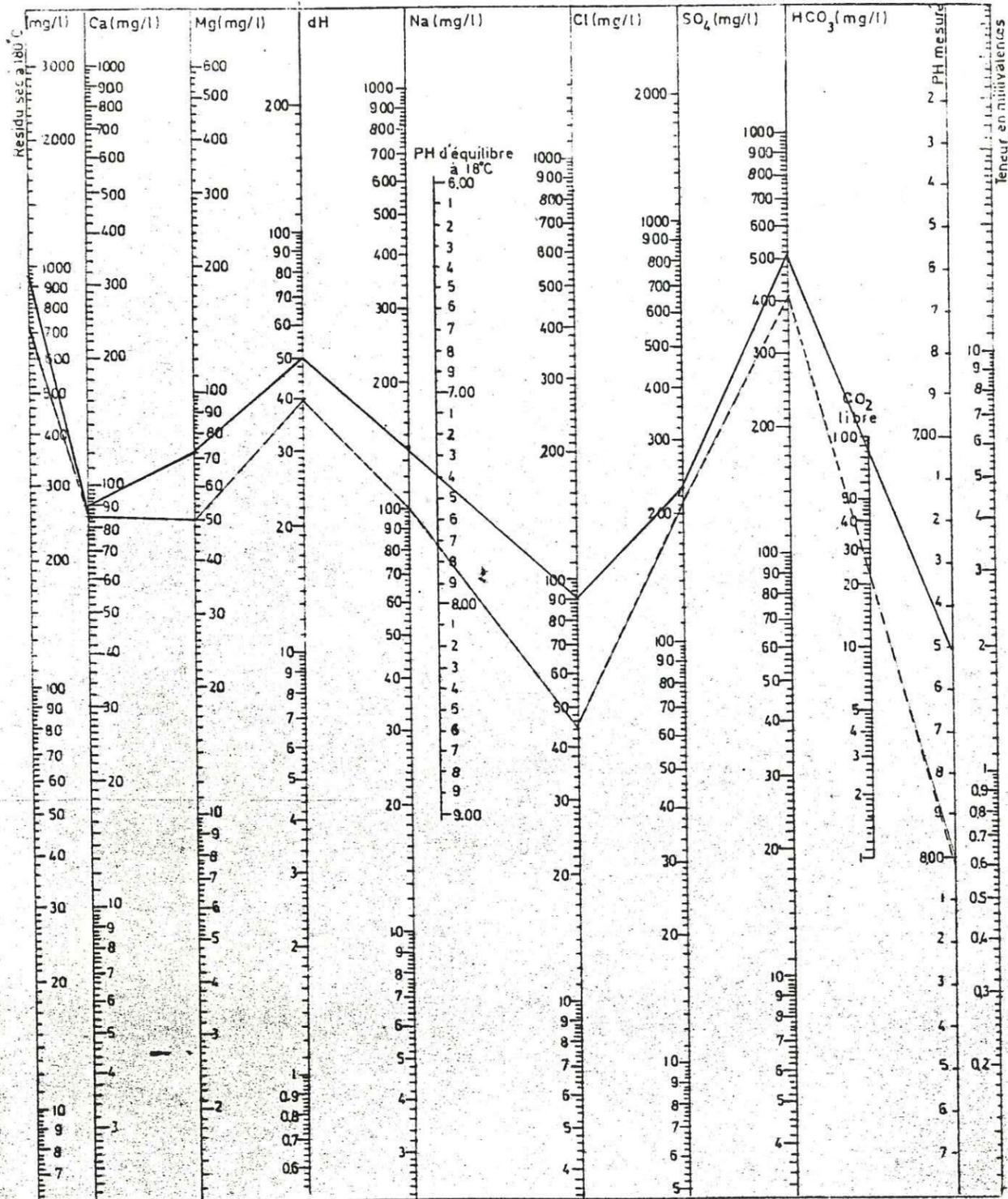


Les valeurs des rapports ioniques sont :

- r Mg/ Ca 1-4
- r Na/ Ca 4-6
- r SO4/ Cl 0,27-0,50

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkaloff



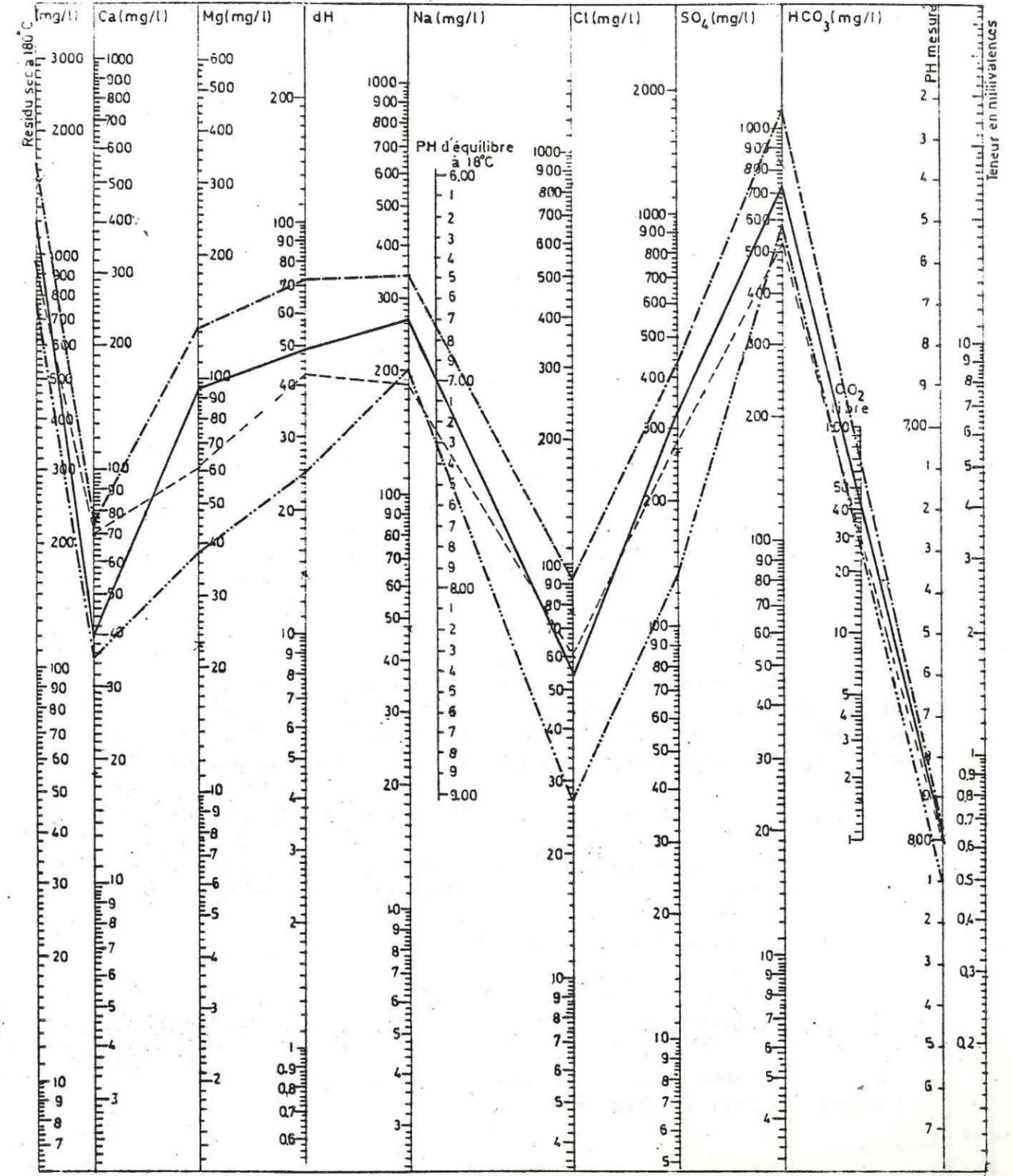
1. Tunnel no 5
2. Tunnel no 7

Groupe de Kelamarg

Fig no 78

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkaloff



1. Tunnel no 1
2. Tunnel no 2
3. Sourceno 20
4. Source no 24

Groupe de Pachkatat

Fig no 79

La valeur du résidu sec à 180° C est comprise entre 760 et 1640 mg/l.

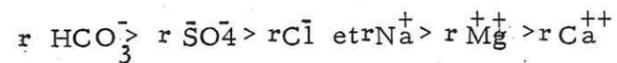
Le degré hydrotimétrique va de 24,5° à 72° (degré français).

Le titre alcalimétrique est de 10 milliéquivalents par litre (Fig. n° 79)

d), Le groupe du puits n° 7 (puits n° 7-n° 36-n° 37 -n° 38- n° 39)

Les points d'eau de ce groupe ne sont pas dans les formations liasiques mais ils sont situés dans les alluvions de la vallée de Tazareh. Ces alluvions proviennent des sédiments liasiques; c'est la raison pour laquelle nous avons classé les puits de ce groupe dans le domaine des formations liasiques.

La formule de la relation ionique est



Le rapport de r Mg/ Ca est compris entre 1,5 et 2. Ce rapport augmente de la montagne vers la vallée, peut-être à cause de la proximité des formations calcaire-dolomitiques du Permo-Trias qui sont au sud de la vallée.

Le rapport de r Na/ Ca est compris entre 2 et 5.

La concentration en ion Cl⁻ est à peu près de 2 et celle en SO₄⁻⁻ de presque 4,5 milliéquivalents par litre.

Le rapport de r SO₄/ Cl est égal à 2,4

La valeur du résidu sec à 180° C est compris entre 600 et 800mg /l.

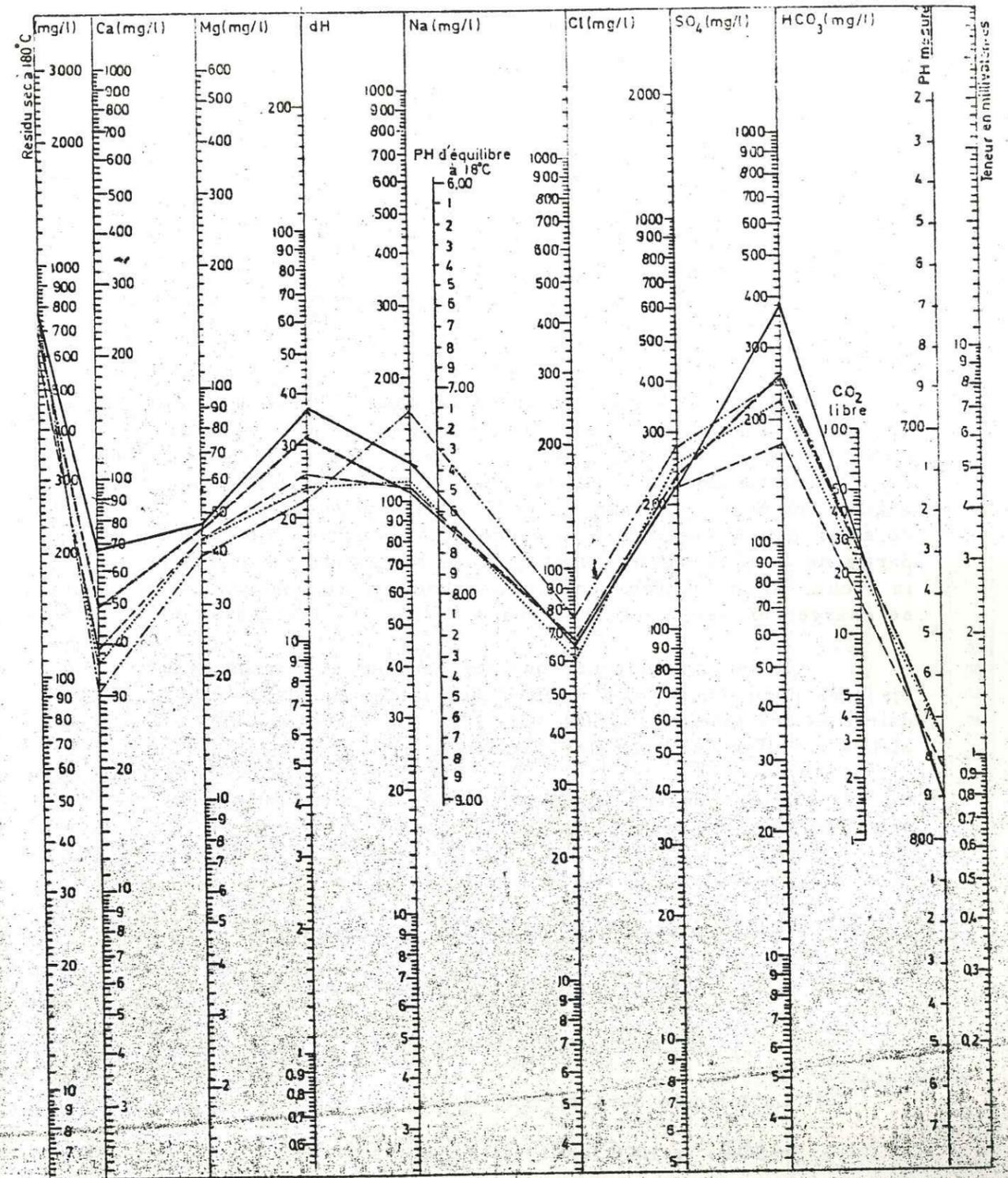
Le degré hydrotimétrique est à peu près de 38° (degré français) (Fig. n° 80).

e) Conclusion

La composition chimique des eaux qui se trouvent dans les formations du Lias, dépend de la nature des sédiments en contact. A partir de la nature des sédiments, il est à remarquer, le rôle de la perméabilité de chaque sédiment, soit gréseux normal soit argileux et charbonneux.

-195-
DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkaloïff



1 - Puits no 36 4 - Puits no 39 Groupe de puits no 7
2 - Puits no 37 5 - Puits no 7
3 - Puits central no 38

Fig no 80

C'est la raison pour laquelle la composition chimique de l'eau qui sort des galeries d'exploitation de charbon varie avec la progression de creusement et du front de taille. Tantôt ces eaux passent par les grés et les schistes et tantôt par les argiles et les couches charbonneuses.

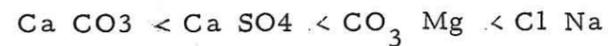
Pendant les analyses chimiques des eaux des galeries, nous avons rencontré parfois des eaux sulfatées sodiques au lieu de carbonatées sodiques, mais pour les classer nous avons pris leur nature chimique générale qui est carbonatée sodique.

Nous pouvons remarquer une augmentation de la teneur en SO_4 - Na et du résidu sec dans les eaux de cette formation par rapport à la précédente. Il ne faut pas oublier le rôle des gypses provenant de l'oxydation des pyrites dans les formations du Lias pour faire augmenter la teneur en SO_4 de l'eau.

Les argiles ont une grande porosité, donc la surface de contact eau-roche est extrêmement grande, mais la vitesse de circulation est excessivement faible à l'intérieur de ces roches considérées comme imperméables. De plus les argiles ont pu retenir par adsorption, une quantité notable de sels, chlorures, sulfates, grâce à la nature colloïdale d'une partie de leurs constituants et grâce à la finesse du grain de la roche. Ainsi les eaux en contact avec ces roches peuvent se charger en sels, avec une augmentation des résidus secs.

Il est à remarquer que les eaux ayant circulé dans les grés normaux ont une vitesse plus faible que dans les calcaires et les teneurs en SO_4 , Cl, Na, Mg, Ca sont supérieures à celles des eaux des calcaires.

Enfin nous ne pouvons pas oublier la solubilité des sels rangés ci-dessous.

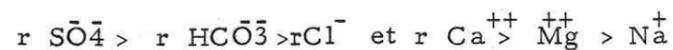


2-1-2-1-3- La formation du Dévonien-Carbonifère.

La famille sulfatée calcique.

a) Groupe de puits n° 1A (Puits n° 1A et n° 21)

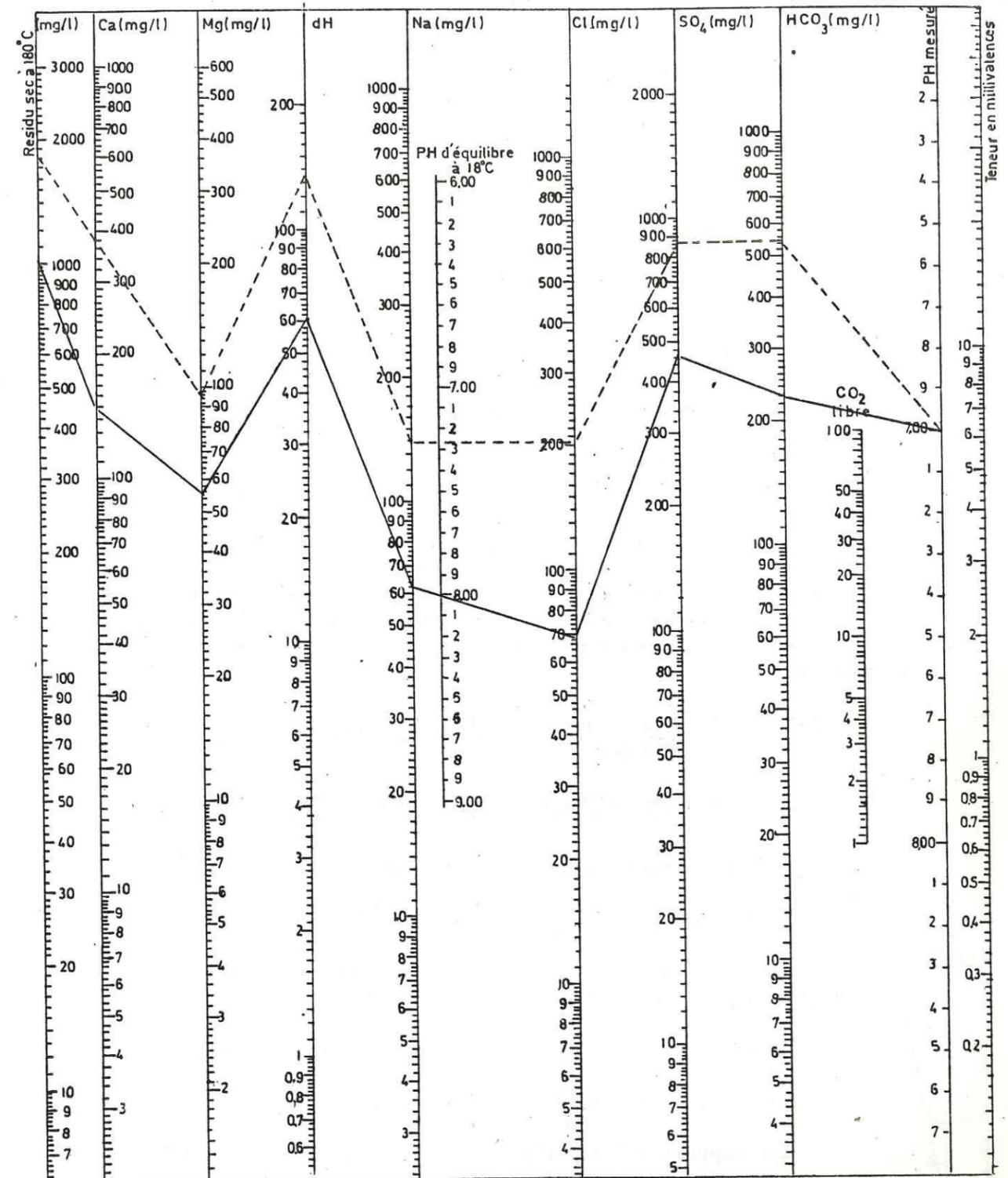
La formule caractéristique est



Ces deux points d'eau sont alimentés par le chenal de décrochement de Talou-Hert qui passe par la formation de "Geitroud" (D-C) qui comporte des sédiments

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkloff



1. Puits no 1A ———
2. Puits no 21 - - - -

Groupe de puits no 1A

Fig no 81

évaporitiques à SO₄ Ca.

- r Mg/ Ca entre 0,45 - 0,65
- r Na / Ca est 0,30
- r SO₄ / Cl est entre 3 - 4

La valeur du résidu sec est comprise entre 1500-2100 mg/l.

Le degré hydrotimétrique est d'environ 120° (degré français).(Eig. n° 81)

2-1-2-2- Zone A

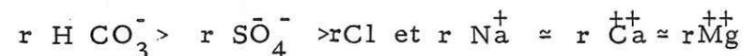
La majeure partie des points d'eau de cette zone est sous l'influence du décrochement de Talou-Hart. Donc les eaux sont sulfatées.

Dans le domaine des eaux carbonatées calciques il y a la petite source n° 3 dans les éboulis du Jurassique supérieur (Formation Lar) qui a une composition chimique tout à fait identique à celles qui se trouvent dans les éboulis de la zone B.

2-1-2-2-1- Formation de Mila (la famille carbonaté sodique)

a) Groupe de Kalevan (sources n° 7 - n° 8)

La formule caractéristique est :



Dans ce groupe les sédiments dolomitiques de la formation Mila jouent un rôle dans l'augmentation de la teneur en Mg.

Les teneurs des cations sont plus ou moins égales.

Le rapport r Mg/ Ca est supérieur à 1,2

Le rapport r Na / Ca est compris entre 1,3 et 1,7.

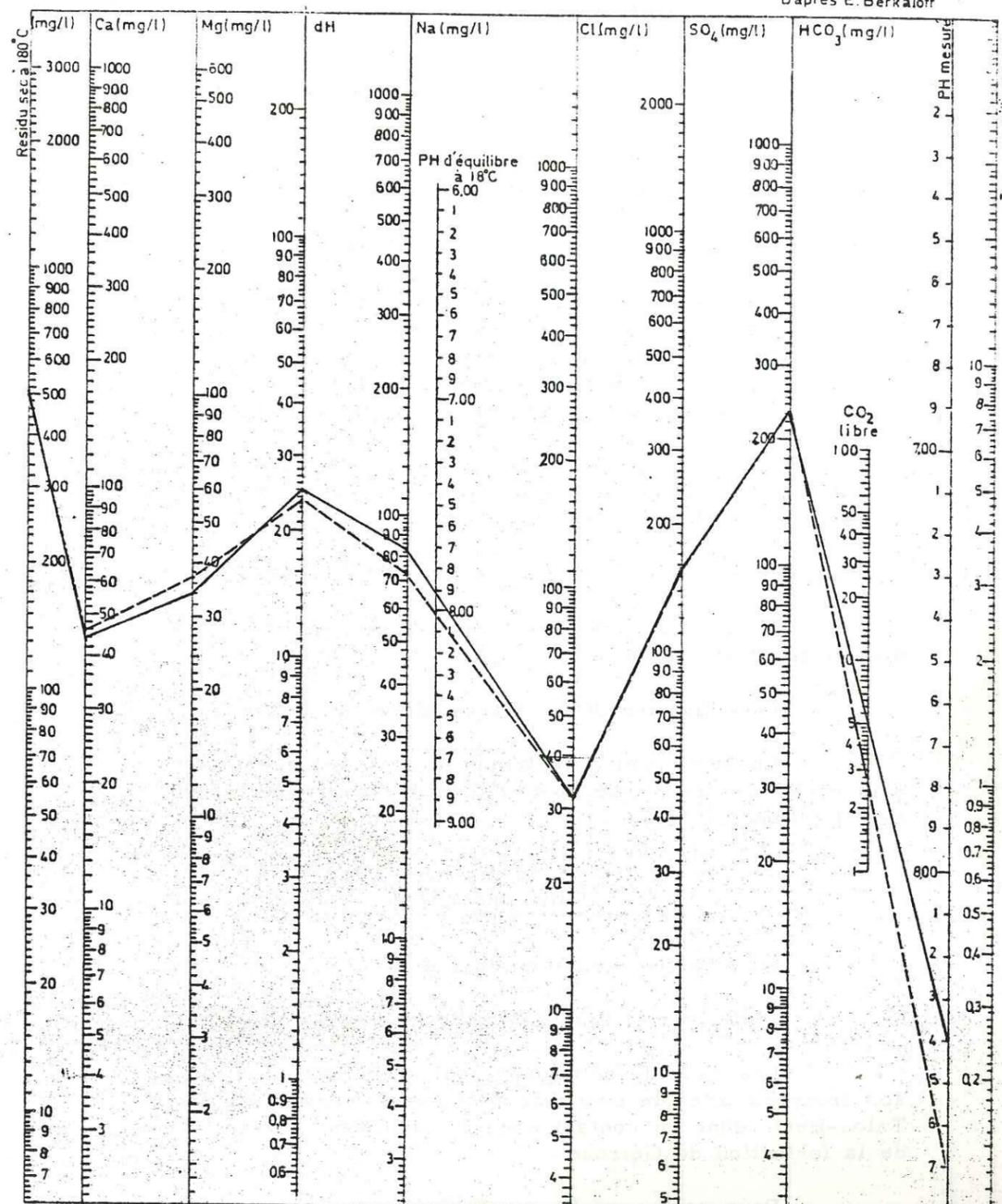
Le rapport r SO₄ / Cl est 3,5.

La valeur du résidu sec est comprise entre 490 et 530 mg/l.

Le degré hydrotimétrique est d'environ 25° (degré français) (Fig. n° 82).

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoellier
Daprs E. Berkaloff



1-Source no 7 ——— 2-Source no 8 - - - - - Groupe de Kalevan

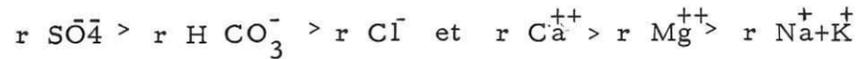
Fig no 82

2-1-2-2-2- Formation de Geiroud- la famille sulfatée calcique.

Les points d'eau qui sont dans cette famille sont influencés par la formation de Geiroud qui a des bandes de gypses même s'ils se trouvent loin de la formation.

a) Le groupe de Talou

La formule de relation des ions est



Dans ce groupe il y a seulement la ghanate de Talou qui se situe dans ce village et dans les alluvions de la vallée qui sont en relation avec les formations charbonneuses ; les eaux de cette ghanate proviennent à origine de la formation de " Geiroud " puis s'infiltrent dans les alluvions.

Les couches charbonneuses ont des sédiments évaporitiques et on peut les observer à la proximité des alluvions de la vallée et de cette ghanate.

Le rapport $r \text{Mg} / \text{Ca}$ est voisin de l'unité.

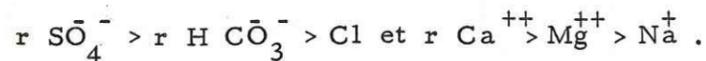
Le rapport $r \text{Na} / \text{Ca}$ est toujours inférieur à l'unité et généralement 0,57.

Le rapport $r \text{SO}_4 / \text{Ca}$ est élevé et arrive à 9,6.

Le degré hydrotimétrique de l'eau en degré français est 180 et la valeur du résidu sec est d'environ 2900 mg/ l (Fig. n° 83).

b) Le groupe de Sarkhan. Puits n° 1
n° 3 - Puits superficiel n° 3 - source n° 5

La formule caractéristique est

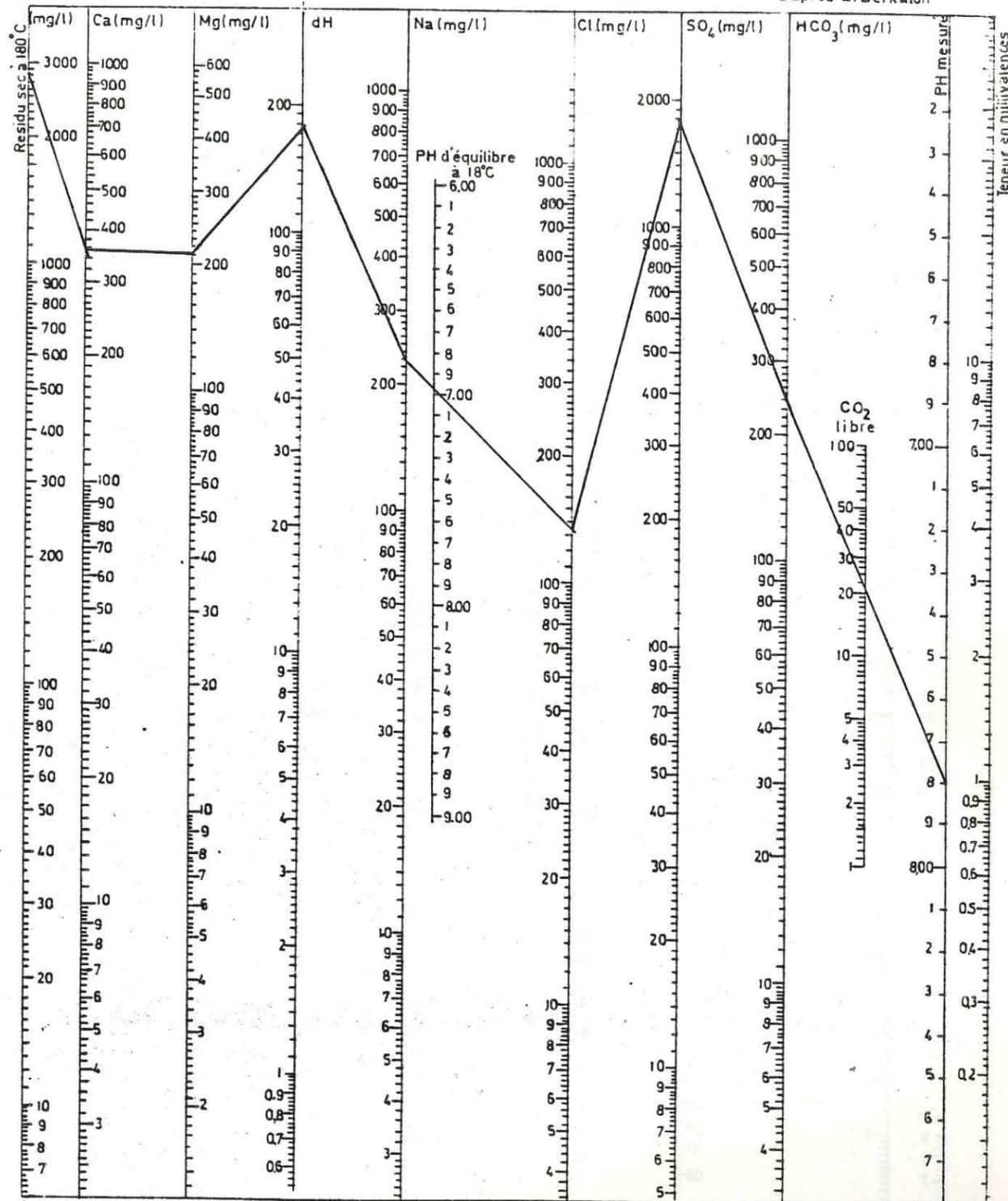


Les eaux de ce groupe sont en relation soit directe soit indirecte avec le grand décrochement transversal de Talou-Hert, donc en contact avec les sédiments évaporitiques de la formation de Geiroud.

Pour comparer l'homogénéité des eaux qui sont en contact avec ce décrochement, nous avons tracé sur les diagrammes de Schoeller les caractéristiques chimiques du Puits n° 1 A de la zone B.

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
 D'après E. Berkloff



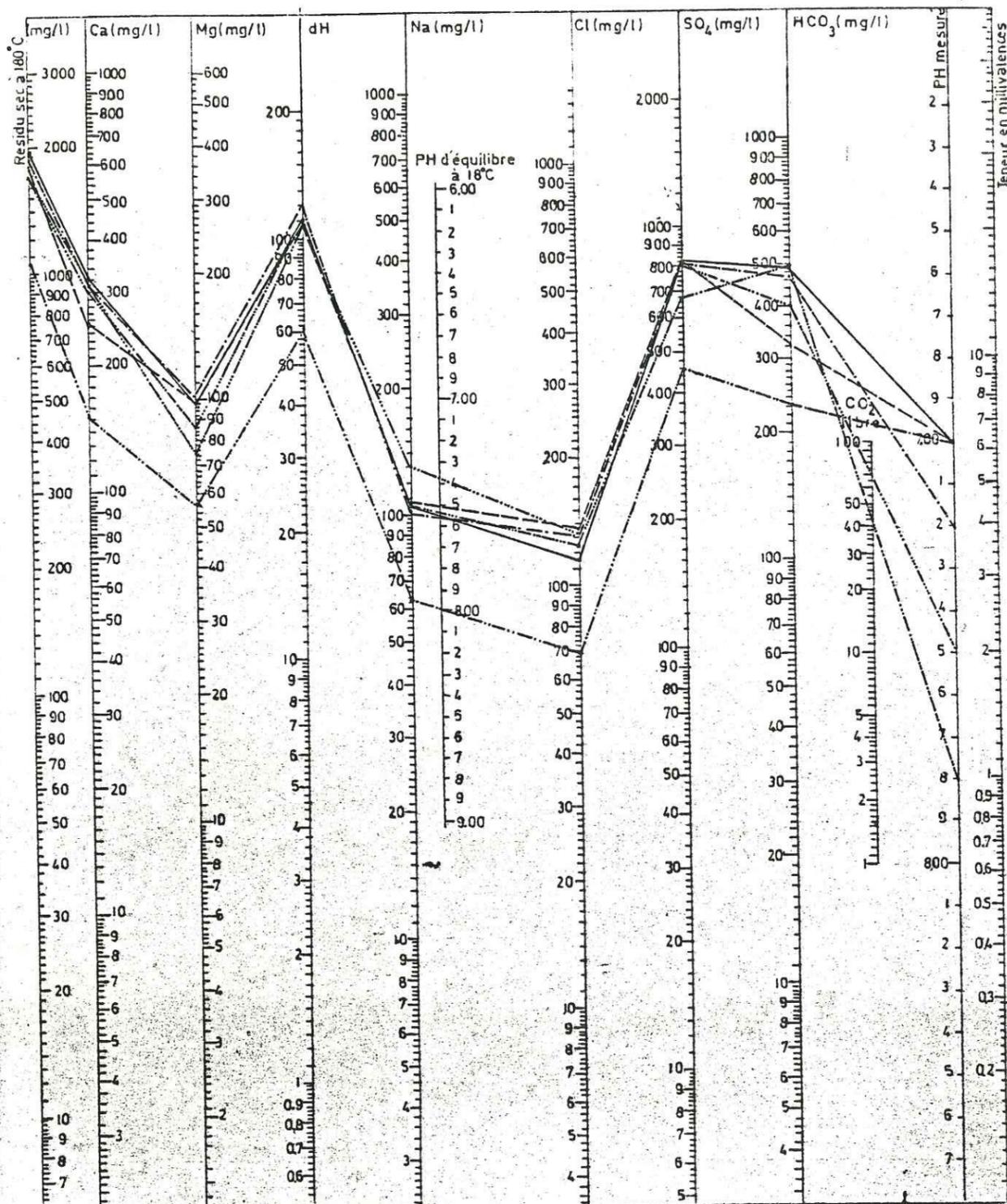
L. Ghanat no 4

Groupe de Talou

Figno 83

-202-
DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkaloff



1_Puits superficiel no 3
2_Source no 5
3_Puits no 1
4_Rivière de Sarkhan
5_Puits no 1A
6_Puits no 3

Figno 84

Le rapport $r \text{ Mg / Ca}$ est compris entre 0,40 et 0,60.

Le rapport $r \text{ Na / Ca}$ est faible 0,25 - 0,35

Le rapport $r \text{ SO}_4 / \text{Cl}$ est supérieur à 3 et arrive à 4,5.

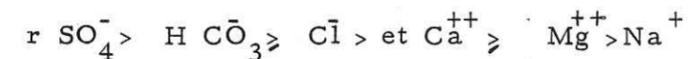
La valeur du résidu sec pour les eaux de ce groupe est comprise entre 1500 et 1900 mg/l.

Le degré hydrotimétrique est compris entre 60 et 125 ° (degré français) (Fig. n° 84).

2-1-2-2-3 Formations liasiques - La famille sulfatée calcique.

a) Le groupe de Hert (Ghanate de Hert).

La formule caractéristique est



Cette ghanate est située dans les formations liasiques

$r \text{ Mg / Ca}$ est 1

$r \text{ Na / Ca}$ est 0,6

$r \text{ SO}_4 / \text{Cl}$ est 7,5

La valeur du résidu sec est d'environ 3400 mg/l

Le degré hydrotimétrique est d'environ 41 ° (degré français) (Fig. n° 85).

2-1-2-3- Conclusion générale.

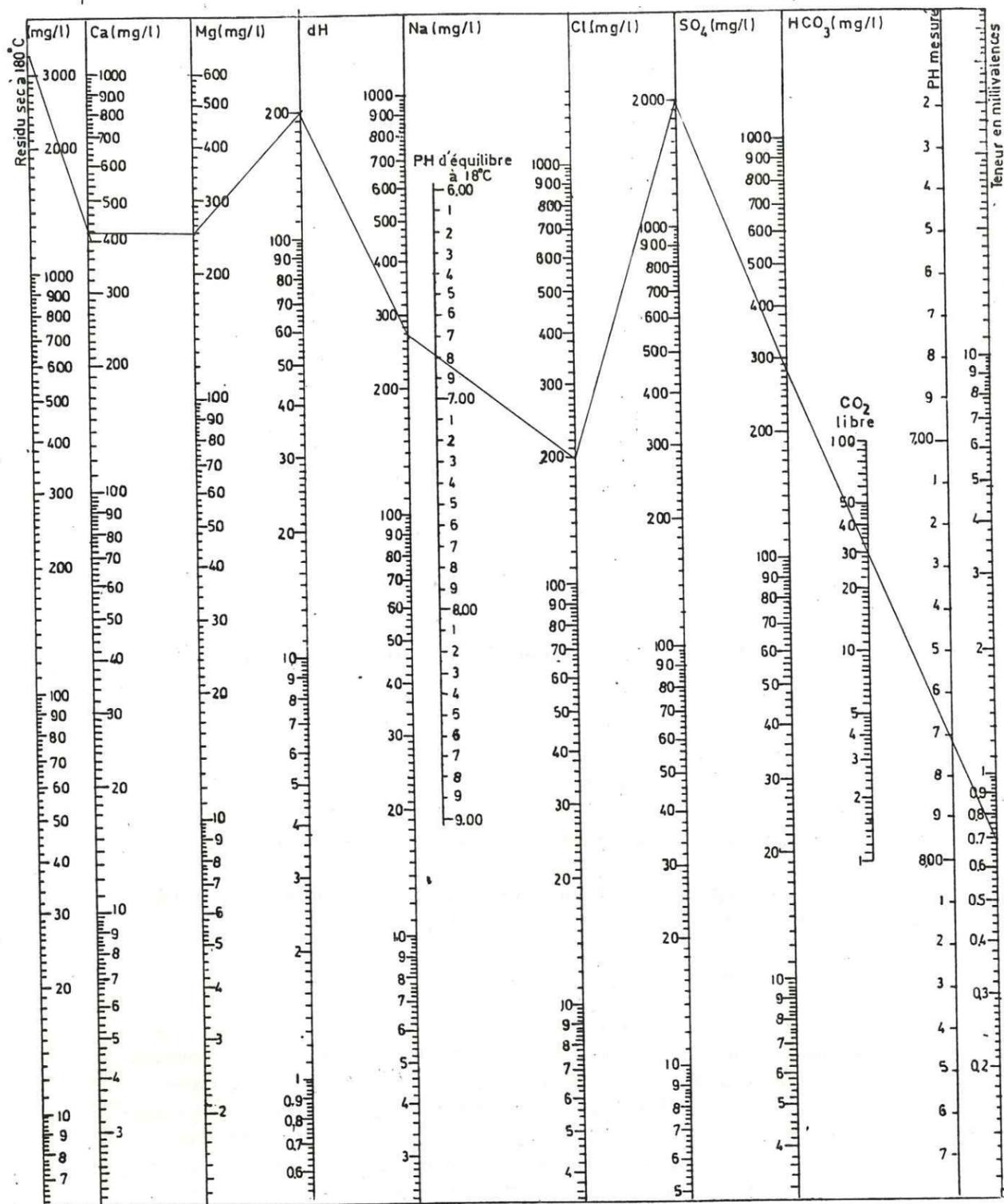
En vérifiant les résultats des analyses chimiques de tous les points d'eau dans la région étudiée (zone A-B), on conclut que les eaux qui se trouvent au Nord de la région sont carbonatées calciques. En descendant vers le sud la teneur en sulfate augmente avec le changement de la formation ainsi que la teneur en Na^+ . Donc les points d'eau qui se trouvent dans les formations liasiques sont carbonatés sodiques avec une teneur élevée en SO_4^- .

Les eaux qui se trouvent dans la zone A sont généralement sous l'influence du grand décrochement de Talou-Hert passant par la formation Geirourd qui contient du gypse, donc les eaux de cette zone sont en général sulfatées calciques.

La composition chimique des eaux fait donc ressortir l'importance de la stratigraphie mais surtout de la fracturation sur les circulations aquifères dont il est important de connaître l'âge pour avoir une idée de l'ordre de grandeur de la vitesse de circulation.

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

H. Schoeller
D'après E. Berkloff



Groupe de Hert

Fig no 85

CHAPITRE IX

=====

ANALYSE ISOTOPIQUE

=====

1 - PRINCIPES

2 - LE TRITIUM

3 - L'AGE ET LE MODE DE CIRCULATION DES EAUX DANS LA REGION DU TAZAREH

ANALYSE ISOTOPIQUE

=====

1 - PRINCIPES

Pour étudier l'âge et, le mode de circulation des eaux souterraines dans le bassin versant du Tazareh, nous avons été amené à employer la méthode d'analyse isotopique par mesure de la teneur en tritium.

Il nous paraît intéressant de rappeler ici sommairement les principes de répartition de cet élément dans les eaux.

2 - LE TRITIUM

Le tritium (^3_1H) est l'isotope radioactif de l'hydrogène. Les mesures sont généralement effectuées par comptage en scintillation liquide après enrichissement électrolytique. Les concentrations en tritium sont généralement exprimées en unité tritium (UT). Une teneur de 1 UT correspond à 1 atome de tritium pour 10^8 atomes d'hydrogène.

Le tritium ($T = 12,26$ ans), comme le silicium -32 ($T \approx 500$ ans) ou le carbone -14 ($T \approx 5600$ ans) est un radio-élément naturel produit par l'action de la composante neutronique du rayonnement cosmique sur les constituants gazeux de l'atmosphère. Compte tenu de l'activité au moment de la mesure et de la période de l'élément, il est possible d'obtenir des datations absolues. Cependant, depuis les essais thermonucléaires aériens, le carbone -14 et surtout le tritium doivent être considérés comme des isotopes artificiels; leur production naturelle étant actuellement masquée par la production artificielle. Quoi qu'il en soit, le tritium peut être utilisé comme élément traceur et dateur du cycle de l'eau.

Indiquons tout d'abord que la quantité totale de tritium naturel a été évaluée à 3,5 Kg par LAL et PETERS (1962)

Le 31 octobre 1952, à Eniwetak dans le Pacifique, les américains en faisant exploser la première bombe thermonucléaire ont introduit 5 kg de tritium artificiel dans l'atmosphère, c'est-à-dire déjà plus que la quantité totale de tritium naturel.

De nombreuses autres explosions thermonucléaires aériennes ont augmenté successivement le stock de tritium contenu dans la stratosphère et l'atmosphère.

Plus l'on se rapproche de l'équateur, plus dans l'hémisphère nord les teneurs en tritium des précipitations, qu'il soit d'origine naturelle ou lié aux explosions atomiques sont faibles.

La zone équatoriale se comporte comme une barrière entre les deux hémisphères. Les essais français réalisés dans le pacifique sud se répercutant dans la teneur en tritium de l'hémisphère sud et les essais chinois réalisés dans le sud de la Sibérie se répercutant sur la teneur en tritium de l'hémisphère nord.

3 - L'AGE ET LE MODE DE CIRCULATION DES EAUX
DANS LA REGION DU TAZAREH

Dans notre région les influences de la mer d'Oman mais surtout de la mer caspienne atténuent l'effet de continentalité et malgré l'altitude élevée, la teneur en Tritium des précipitations fluctue au cours de l'année et d'une année à l'autre entre 60 et 120 UT.

On peut considérer que la teneur moyenne des précipitations sur le versant sud de l'Alborz est de l'ordre de 80 UT.

Des échantillons ont été prélevés après des pompages de longue durée sur les puits n° 1 A et 3 situés sur des zones de faille des calcaires du Permo-Trias et du Jurassique supérieur. On peut considérer que l'eau utilisée hors des travaux de forage a été totalement éliminée et que les échantillons prélevés sont bien représentatifs des eaux qui circulent en profondeur dans les zones faillées. Les analyses effectuées grâce à la bienveillance de Monsieur Margrita du Service d'Application des radio éléments du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble nous montrent des teneurs en tritium de 62 ± 2 pour le puits n° 1A et 58 ± 2 pour le puits n° 3. Ces valeurs montrent que l'on a affaire à des eaux récentes ayant au maximum 1 an ou 2 , mais plus probablement quelques mois seulement. Ces résultats qui sont comparables en tous points à ceux obtenus dans la plaine de Mehmandoust démontrent que les eaux infiltrées dans les calcaires et les zones fracturées circulent également rapidement dans les mêmes zones ou peut cependant exister un certain volume stocké mais il n'est pas possible de considérer que ces réserves dans les zones fracturées soient des eaux anciennes ou fossiles.

Du point de vue pratique il est intéressant d'avoir cette précision car c'est elle qui permet d'affirmer que l'exploitation de l'eau est possible dans les zones de fracture sans risque d'épuisement de réserves qui ne se renouvelleraient pas. L'apport des études isotopiques et des mesures des teneurs en tritium des eaux se révèle donc particulièrement fondamental pour l'avenir des recherches et l'exploitation des eaux dans notre région comme dans beaucoup d'autres régions de l'Iran.

C H A P I T R E X

=====

PROPRIETES BACTERIOLOGIQUES DES EAUX

=====

1- GENERALITES

2- CONCLUSION

PROPRIETES BACTERIOLOGIQUES DES EAUX

1- GENERALITES

L'eau est un véhicule classique pour divers germes pathogènes (maladies hydriques) et un milieu de prolifération pour certains d'entre eux.

Les eaux souterraines profondes, bien protégées et bien filtrées, sont en général stériles; certaines peuvent cependant contenir un nombre de germes élevé, sans être pour cela dangereuses.

Ainsi l'analyse bactériologique pourra-t-elle faire ressortir très facilement les contaminations liées à l'infiltration d'eaux de surface et révéler une mauvaise protection du gisement aquifère.

Le dénombrement total des bactéries, après une culture sur gelose nutritive à 20 et à 37° C, permet une première estimation du nombre respectif d'espèces pathogènes ou saprophytes. Il n'a pas de valeur en soi sur un échantillon isolé, par contre, c'est un élément de comparaison extrêmement utile si l'on dispose de plusieurs analyses de la même eau effectuée à des périodes variées de l'année. Dans les captages mal protégés ou trop peu profonds, on verra le nombre total des bactéries s'élever après les périodes pluvieuses et au cours des chaleurs estivales. A l'inverse, une eau souterraine bien protégée présentera une " teneur habituelle " en bactéries remarquablement constante.

Quant à l'analyse proprement dite, devant la difficulté qu'il y aurait à déterminer tous les microbes pathogènes, on la réduit à l'identification et à la numération de quelques germes-témoins, dont l'expérience a montré qu'ils sont suffisamment sensibles, résistants et spécifiques pour prouver l'origine fécale de la contamination.

L'analyse bactériologique, exprimée en nombre de bactéries par 100 millilitre (ml), comporte le dénombrement des espèces coliformes et le dénombrement de tous les microbes.

Sur le tableau n° 17 sont représentés les résultats obtenus par analyse bactériologique effectuée sur 8 points d'eau de la région.

Nom de point de prélèvement	Date de Prélèvement de l'échantillon	Date de culture	Le dénombrement probable des espèces coliformes par la méthode MPN par 100 ml	Dénombrement de tous les microbes à 37° C après 24 h par 100 ml.	Résultat
Puits superficiel n° 1 (Vallée de Kelamarag)	75-1-26 : à 20 h.	75-1-27 : à 14 h.	2	1000	Contaminé
Puits superficiel n° 2 (Vallée de Kelamarag)	75-1-26 : à 20h30	75-1-27 : à 14h30	0	500	Propre
Puits n° 7	75-7-8 : à 19 h.	75-7-9 : à 11 h.	46	200	Contaminé
Puits n° 8	76-3-15 : à 10 h.	76-3-16 : à 14h30	0	100	Propre
Source n° 8 (Vallée de Pachkelat)	75-7-8 : à 19h45	75-7-9 : à 11 h.	0	200	Propre
Source n° 5	76-3-15 : à 10 h.	76-3-16 : à 14h30	0	100	Propre
Puits n° 1 A	76-3-15 : à 10h30	76-3-16 : à 14 h.	0	100	Propre
Puits n° 3	76-3-15 : à 10h30	76-3-16 : à 14 h.	0	300	Propre

Tableau n° 17

2- CONCLUSION

Le tableau n° 17 nous amène à la conclusion suivante :

- Les eaux des zones fracturées (puits n°1A -source n°5) du grand décrochement sont propres .

- Les sources d'altitude, bien que provenant d'éboulis superficiels, sont propres elles aussi (source n° 8).

- Seules les eaux provenant des alluvions de vallée (puits superficiel no 1 - puits n° 7) présentent des risques de contamination temporaire dûs à la fréquentation des lieux par des animaux domestiques (moutons etc ...). Si on les protèges bien l'eau de ces points d'eau devient propre, comme le puits superficiel n° 2 et puits n° 8 qui sont situés dans les mêmes alluvions mais avec de l'eau propre.

C H A P I T R E X I

=====

RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS ET CONCLUSIONS

=====

GENERALE

=====

1 - RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS

2 - CONCLUSION GENERALE

RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS ET CONCLUSIONS

GENERALES

1 - RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS

Le bassin versant de Tazareh situé au Nord-Est de l'Iran et sur le flanc sud de la partie orientale de la chaîne de l'Alborz, avec une superficie de 314 kilomètres carrés, possède un climat semi-aride froid. La partie méridionale de la région est sous influence d'un climat froid.

L'altitude moyenne du bassin versant est de 2625 m. Dans notre région le facteur altitude joue un grand rôle dans les variations climatiques. Ces variations et les influences de la plaine et de la montagne sur le bassin versant sont très intenses. Ainsi nos deux stations climatologiques, (ville neuve 1457 m et Kelamarg à 2397) distantes de 16 Kms montrent deux climats différents. D'après les indices d'aridité corrigés de DE MARTONNE, la région de Kelamarg a un climat subhumide ou semi-aride et celui de la ville-neuve est désertique ou aride.

Les précipitations annuelles sont de 176,7 à Kelamarg et de 102,2 mm à la ville-neuve.

A la station de Kelamarg les températures montrent une variation de - 14,8° C pour l'hiver à + 29,7° C pour l'été. A la station de la ville-neuve elles varient entre -1,2° C et 33,5° C.

Sur les hautes montagnes où nous n'avons pas pu installer de station climatologique, les variations des précipitations et de la température sont encore plus intenses : les précipitations sont abondantes et la température très basse. C'est la raison pour laquelle nous avons fait intervenir une valeur moyenne des précipitations sur les hautes montagnes des régions froides en Iran pour les calculs de la lame d'eau précipitée sur l'ensemble de la région. Dans ce cas nous avons une précipitation moyenne annuelle de 187 m et une température moyenne annuelle de 4° C pour l'ensemble du bassin versant.

En comparant le gradient pluviométrique de 0,08 mm par mètre jusqu'à l'altitude de 2 400 m et 0,38 mm par mètre sur les hautes montagnes, nous pouvons distinguer le rôle important des variations d'altitude sur le changement du climat.

Le calcul du bilan nous conduit à admettre que, sur l'ensemble du bassin l'évapotranspiration réelle représente le pourcentage élevé de 89,6 % des précipitations, le ruissellement 5,9 % de ces précipitations et l'infiltration 4,5 % de la lame d'eau précipitée. L'infiltration dans les lits des cours d'eau à cause de la nature plus ou moins imperméable du lit n'est pas importante.

Du point de vue paléogéographique et géologique on distingue dans le bassin de Tazareh, 2 secteurs principaux mis en contact par un décrochement transversal (décrochement de Talou-Hert). Ces deux secteurs ont été appelés zones A et B. La distinction entre ces deux zones repose sur l'existence de lacunes stratigraphiques différentes.

Dans ce domaine, notre étude, basée sur une cartographie plus ou moins détaillée de l'ensemble du bassin versant de Tazareh, nous a permis de montrer que les formations primaire et secondaires ne peuvent jouer un rôle favorable dans l'hydrogéologie du bassin versant à cause de leurs natures imperméables.

En ce qui concerne les terrains primaires, à l'exception des zones faillées on ne voit pas de sources émergeant dans cette formation. Ces terrains sont constitués d'une part de sédiments gréseux et d'autre part de sédiments plus calcaires où les conditions de fissuration ne sont pas favorables à la karstification. Ainsi par exemple, une très grande partie des fissures des sédiments calcaréo-dolomitiques du Perm-Trias sont recimentées par de la calcite. On a même réalisé un forage dans ces calcaires sur 300 mètres de profondeur sans y rencontrer de cavités contenant de l'eau.

Quant aux formations secondaires il nous faut remarquer qu'environ les 2/3 de la superficie de la région sont constitués de sédiments argilo-gréseux du Trias supérieur et du Lias, qui ne peuvent pas être favorables aux circulations souterraines du fait de leur nature imperméable. La quantité négligeable d'eau qui s'infiltré dans les galeries d'exploitation du charbon, et les essais de pompage réalisés sur les forages de prospection du charbon témoignent de cette très faible perméabilité qui est comprise entre 0,015 - 0,00064 m/ jour.

Dans les calcaires de la formation de Lar (Jurassique Supérieur) la présence de cavités et de fissures bien visibles (surtout dans le secteur septentrional de la région) sont la preuve indubitable de l'existence de phénomènes karstiques. Les affleurements, topographiquement élevés de ces calcaires reçoivent d'abondantes précipitations. Ils pourraient avoir un grand intérêt hydrogéologique pour notre région si les couches n'avaient pas un pendage vers le Nord.

Du fait de ces conditions défavorables, la seule formation karstique qui ait de bonnes conditions hydrogéologiques draine son eau dans le bassin versant situé au Nord de la région de Tazareh.

Nous avons étudié la tectonique de la région. Dans ce domaine d'étude il nous faut remarquer le rôle initial du grand décrochement transversal de Talou-Hert de direction E-W. Cet accident met en contact les deux zones A et B de la région et comme nous allons le vérifier plus tard il joue un rôle majeur dans l'alimentation du bassin versant.

Malgré les conditions climatologiques ou géologiques défavorables de la région l'impérieuse nécessité d'un approvisionnement en eau potable ou industrielle et l'importance du projet, nous imposait l'étude systématique de toutes les ressources possibles et le choix de certaines solutions même si elles s'avéraient onéreuses.

C'est ainsi que nous avons étudié dans ce travail 3 possibilités hydrogéologiques.

1°) Les éboulis : Ils sont un des traits majeurs du paysage et forment une draperie d'une épaisseur d'environ 60 m maximum qui recouvre la base de la formation des calcaires de " Lar " et masque les séries inférieures. Malgré la nature marneuse de ces éboulis les circulations souterraines y sont actives.

Les sources qui se trouvent dans ces éboulis sont plutôt des filets d'eau dont le débit plutôt négligeable atteint au maximum 8 m³/h environ.

Ces sources sont alimentées en partie par le drainage des sédiments gréseux constituant le sommet des formations liasiques et en partie par le drainage des eaux infiltrées dans les éboulis. La côte de résurgence de ces sources est environ 2500 m, et les eaux sont carbonatées calciques.

La valeur du résidu sec est environ 200 mg/l et la teneur en Cl⁻ d'environ 10 mg/l.

Le débit maximum apparaît au printemps, à cause de la fonte des neiges ou de précipitations sous forme de pluie.

Ces sources sont sensibles aux variations de température diurnes et saisonnières.

Les caractères physico-chimiques de ces eaux montrant que les zones d'alimentation sont peu éloignées des points de résurgence et que les terrains traversés sont peu profonds.

Nous avons utilisé l'eau de l'une de ces sources (source n° 8) qui a un débit plus élevé que les autres (entre 6,5 - 0,5 m³/h).

Les valeurs du coefficient de tarissement obtenues par deux méthodes (Maillet-Tison) pour cette source sont presque égales et les valeurs des réserves obtenues par ces deux méthodes sont presque identiques (environ de $2,4 \times 10^4$ m³).

L'eau de la source n° 8 est propre au point de vue bactériologique et a été utilisée pour les besoins en eau potable de la mine de " Tazareh ".

2°) Les alluvions de la vallée : Les besoins en eau potable et industrielle nous ont poussé vers une recherche sur les alluvions de la vallée de Tazareh. Ces alluvions d'environ 40 m d'épaisseur contiennent dans leurs parties les plus pauvres en argiles de petites nappes et des poches d'eau probablement alimentées en grande partie par la rivière.

Les puits du groupe de Kelariz dans la vallée de Kelariz et les puits n° 7 et n° 8 ont été forés dans ces alluvions.

Les prospections géophysiques par sondages électriques sur les alluvions de la vallée de Kelariz montrent une résistivité faible comprise entre 55 et 150 ohm/m pour l'aquifère qui est constitué de grés et de sables plus ou moins argileux et un substratum constitué par les formations gréseuses et argileuses de Trias supérieur avec une résistivité comprise entre 35 et 70 ohm/m.

Les essais de pompage effectués sur le puits central du groupe de Kelariz et sur les puits d'observation situés à côté de ce puits conduisent à des valeurs de transmissivité qui varient entre 1×10^{-3} m²/s et $1,6 \times 10^{-3}$ m²/s. Mais dans le cas de la proximité d'une poche d'eau ou à cause de l'anisotropie de la nappe d'alluvion dans la vallée, cette valeur peut atteindre $3,5 \times 10^{-3}$ m²/s.

La perméabilité obtenue par la formule de " Darcy " est 9×10^{-5} m/s et le coefficient d'emmagasinement, calculé sur le puits d'observation n° 38-1 de ce groupe de puits nous montre une valeur faible de 2,9 %.

Ces caractères hydrodynamiques nous montrent aussi une faible puissance de la couche aquifère et sa nature argileuse. Pour cette raison le risque d'épuisement du puits est important et interdit l'exploitation d'un grand débit (moins de 7 litres/séc.

Le puits n° 7 qui a été foré dans les alluvions de la vallée de Kelariz a des caractères plus ou moins identiques à ceux du groupe de Kelariz.

Le puits n° 8, au nord de la vallée de Kelamarg, est foré dans un ensemble d'éboulis et d'alluvions de la vallée.

Du fait de la nature moins argileuse de ces alluvions par rapport aux précédentes, la valeur de T obtenue par essai de pompage dans ce puits est un peu plus élevée ($T = 5 \times 10^{-3}$ m²/s.)

L'eau de ce puits est propre du point de vue bactériologique. Elle constitue une partie de l'approvisionnement en eau potable de la mine de Tazareh (débit utilisé : 6 l/sec.).

Du point de vue physico-chimique l'eau du puits n° 8 est de type carbonaté calcique avec un résidu sec d'environ 300 mg/l. L'eau des puits du groupe de Kelariz et du puits n° 7 est carbonatée sodique avec un résidu sec de l'ordre de 800 mg/l.

3°) Zone faillée : Les recherches d'eau dans cette région semi-aride ont attiré notre attention sur les grandes failles du bassin versant de Tazareh. Les failles peuvent réalimenter des réserves souterraines en drainant l'eau d'autres régions à précipitations plus élevées.

Les eaux de cette zone sont en relation soit directe soit indirecte avec le grand décrochement de Talou-Hert et le chenal qui passe par sa zone fracturée en contact avec les sédiments évaporitiques de la formation de Geïroud.

La source n° 5 de Sarkhan qui a un débit considérable, est située dans la zone fracturée existant entre la faille de Talou et le décrochement.

Les valeurs du coefficient de tarissement obtenues par la méthode de Maillet pour cette source sont un peu supérieures à la moitié de celles calculées à l'aide de la formule de " Tison". Ce qui conduit à des valeurs de réserves souterraines presque deux fois plus petites. On peut donc conclure que malgré sa fracturation, la zone de décrochement du Talou-Hert n'est pas le siège d'un écoulement véritablement turbulent : l'écoulement dans les fissures se fait vraisemblablement dans une zone entièrement noyée. Le volume des réserves de cette source pour l'année 1975 d'après la méthode de Maillet et Tison se situe entre 12×10^5 et 18×10^5 m³.

La température de cette source se montre constante, ou varie faiblement ce qui indique un cheminement profond de l'eau dans cette zone faillée.

Nous avons foré le puits n° 1 A juste sur la zone de décrochement et le puits n° 21 sur une faille liée à cet accident.

D'après les essais de pompage la valeur de la transmissivité obtenue à partir de la courbe de remontée du puits n° 1 A est d'environ 0,3 m²/s, donc élevée.

Le débit spécifique de ce puits est de 115,5 m³/h/m. Il est utilisé pour approvisionner le centre de lavage de charbon en eau industrielle. L'utilisation de l'eau du puits n° 21 a été envisagée pour les besoins des travaux miniers prévus dans la vallée de " Razmdjah " ; le puits est en effet situé à proximité de cette vallée.

Les eaux de tous ces points d'eau sont sulfatées calciques avec des caractères chimiques identiques. Le résidu sec pour ces eaux est d'environ 2 g/lit..

Le puits n° 3 (Nord de la ville neuve) foré dans les alluvions de la vallée et les calcaires du Jurassique supérieur; a un débit spécifique de 4,3 m³/h. Il est utilisé actuellement pour la construction de la ville neuve.

La moyenne de la valeur de T d'après la courbe de remontée pour cette nappe est d'environ 0,15 m²/s.

Du fait des relations entre la nappe et la rivière de Sarkhan, l'eau est sulfatée calcique avec une valeur du résidu sec de 1,5 g/ lit.

Les conditions défavorables hydrogéologiques ou chimiques pour une eau potable convenant à la ville neuve, dans les limites de notre bassin versant nous ont obligé à continuer les recherches sur les zones faillées en dehors de ce territoire.

Pendant ces études, qui sont encore en cours, le puits n° 25 a été foré dans une zone faillée d'un affleurement de calcaires fissurés du crétacé supérieur (à environ 15 km de la ville neuve et à une altitude plus élevée). Le débit spécifique de ce puits est de 62 m³/h/m de rabattement et l'eau est sulfatée calcique.

L'étude hydrogéologique du bassin versant du Tazareh et plus spécialement le rôle de la tectonique dans cette zone, nous a donc permis d'apporter un certain nombre de précisions et de données nouvelles sur des problèmes encore peu étudiés dans cette région.

Les débits élevés obtenus par les puits qui ont été forés dans la zone fracturée du grand décrochement de la région nous ont montré l'influence de cet accident (drainage de l'eau de régions à précipitations plus élevées).

De ce fait le calcul du bilan ne peut pas être très précis et des études fondamentales sur les apports de l'eau dans la région par intermédiaire des failles sont encore nécessaires.

Les analyses effectuées sur les teneurs en Tritium des eaux de la région nous montrent aussi que l'on a affaire à des eaux récentes et que la circulation de l'eau dans les calcaires et les zones fracturées est rapide.

Ces résultats qui sont comparables en tous points à ceux obtenus dans la plaine de Mehmandoust démontrent que les eaux infiltrées dans les zones fracturées circulent également dans les alluvions de cette plaine à climat aride.

2 - CONCLUSION GENERALE

Malgré les lacunes dues à la période d'observation relativement courte dont nous avons pu disposer et aux difficultés de réalisation de mesures en haute altitude, notre étude met donc en évidence l'importance fondamentale des zones faillées et des massifs calcaires pour l'alimentation en eau des zones arides à partir des massifs montagneux.

Il ne s'agit pas là d'un fait isolé mais d'un phénomène très général en Iran et dans tout le Moyen Orient où il est possible de disposer, dans des plaines qui ne reçoivent que très peu de précipitations, d'eaux infiltrées dans les hauts massifs calcaires beaucoup mieux arrosés et qui constituent des réservoirs naturels.

L'exploitation des réserves ainsi constituées doit se faire dans les calcaires eux même ou dans les zones faillées comme le montrent les caractéristiques hydrodynamiques des diverses formations que nous avons pu déterminer. Les eaux circulent en effet vers les grandes plaines qui bordent le pied de l'Alborz et alimentent la plaine de Mehmandoust par l'intermédiaire des zones faillées.

La confrontation des résultats obtenus par le bilan de la nappe de la plaine qui font apparaître un apport de 6×10^6 m³ par an depuis la bordure montagneuse de la plaine située à la limite méridionale de notre bassin avec ceux de notre bilan hydrique est particulièrement fructueuse.

En effet elle nous permet un ajustement réciproque des valeurs calculées.

Alors que la lame d'eau moyenne infiltrée dans les limites géographiques de notre bassin versant avait été estimée à $8,5 \text{ mm} \times 314 \text{ km}^2 = 2,66 \times 10^6$ m³ par an, il apparaît vraisemblable que le bassin versant réel drainé par les calcaires et les grandes fractures est un peu plus grand que le bassin versant géographique et que l'infiltration réelle est un peu plus élevée que celle calculée.

On peut penser que l'on a un bassin versant réel de 400 km² et une infiltration moyenne de 15 mm ce qui nous conduit au 6×10^6 m³ passant vers la plaine de Mehmandoust.

La valeur moyenne de l'infiltration calculée ici est parfaitement compatible avec les données que nous avons admises étant donné l'incertitude sur les précipitations et sur l'évapotranspiration réelle dans notre région.

Si l'on tient compte par ailleurs qu'il s'agit d'une infiltration moyenne et que le rapport des surfaces des massifs calcaires aux surfaces des massifs imperméables est de 1/3, et que le taux d'infiltration est très faible sur les roches du Lias, on s'aperçoit que le taux d'infiltration sur les massifs calcaires et les zones faillées est proche de 25 % à 30 % valeur tout à fait comparable à celle trouvée dans la plupart des massifs de calcaires dénudés d'Iran et d'autres régions du monde.

Un tel résultat n'a pas qu'une valeur théorique, ses conséquences pratiques sont fondamentales pour le développement des activités dans les régions arides du Nord de l'Iran. Il permet en effet de fixer les possibilités et limites d'utilisation des ressources en eau.

Nous espérons donc que notre étude, qu'il serait souhaitable de prolonger dans le temps et dans l'espace, constituera une contribution durable à la connaissance de l'hydrogéologie des zones arides qui ne peut progresser que par la confrontation et l'ajustement réciproque des résultats acquis dans chaque région.

BIBLIOGRAPHIE

=====

ALAVI-NAINI (M.) - 1972 - Etude géologique de la région de Djam
Geological survey of Iran - Rapport n° 23.

ALAVI (M.), SALEHI-RAD (R.), 1975 - Geological map of Iran
1/100 000 series Seet 6862, Geological survey
of Iran.

AL HODAIRI (A.), 1976 - Etude hydrogéologique du bassin versant
du Wadi Ghan - Tripolitaine (Libye). Univer-
sité, Grenoble - Thèse de 3 è Cycle.

ALLEMMOZ (M.) , 1976 - Alimentation des nappes en pays aride.
Etude de l'infiltration et de l'évapotranspiration
en Tripolitaine (Libye) Univ. Grenoble
Thèse 3è Cycle.

ASFIA (S.) , 1948 - Notes on the geology of the Elbourz mountains.
N.E. of Iran -, Geol. Soc. of London. vol
CIV part 1.

ASTIER (J.L), 1971 -"Géophysique appliquée à l'hydrogéologie"
Masson , Paris.

BAKALOWICZ (M.), 1970 - Hydrodynamique karstique. Etude du
bassin d'alimentation de la Manavat (taurus
occidental, Turquie) Thèse de 3è cycle, Paris.

BOZORGNIA (H.), 1970 - Map of the South flank of East central
Alborz 1/ 100 000 N.I.O.C.

CASTANY (G.), 1967 - Traité pratique des eaux souterraines.
Dunod Paris.

- COMBES (A.), 1976 - Essai de méthodologie en pays karstique.
Etude de problèmes hydrogéologiques et géotechniques et géotechniques dans le massif des Mouères (Nord-Toulon-Var) - Thèse 3e cycle - Université Grenoble.
- DAZY (J.), 1973 - Les analyses d'eau et leur interprétation - Université d'Alger (cours photocopiés).
- DE MARTONNE , 1957 - Traité de géographie physique - Tome 1 : Notions générales de climatologie et hydrographie - Librairie Armand Colin.
- DULUC (P.) , 1973 - Etude hydrogéologique du bassin versant du petit Buech - Thèse de 3e cycle- Université de Grenoble.
- EGHBALI (A.) , 1967 - " Hydrogéologie " , Université de Téhéran, Pub. N° 1112-2.
- EGHBALI (A.), 1967 - " Hydrologie" , Université de Téhéran. Pub. n° 1112-1
- ELBATTI (D.), 1974 - Hydrogéologie de la plaine d'Enfidaville. Thèse 3è cycle - Université Grenoble.
- ENGALENC (M.) , 1963 - Contribution à la géologie, géomorphologie, hydrogéologie de la région de Téhéran - Thèse d'Etat, Montpellier.
- FOROUGHI (H.), 1976 - Contribution à l'étude des nappes en pays aride - Essai de bilan hydrogéologique de la plaine de Kerman (Iran).
Thèse docteur ingénieur - Université Grenoble.
- FOURNEAUX (J.G.), 1967 - Hydrogéologie du Grésivaudan - Thèse 3è cycle - Université de Grenoble.

- GORCHKOV (G.), YAKOUCHOVA (A.), 1967 - " Géologie générale " Traduit du russe par Valentin Polonski.
- IRAN PANAH (A.), 1968 - " Géologie structurale " Université de Téhéran - Pub n° 1184
- JOHNSON (Le courrier Johnson) 1975 - L'auscultation des couches souterraines par le triple test électro-technique n° 44.
- LE PRIOL (J.), 1974 - Etude hydrogéologique du bassin versant de la Bourbre . Université Grenoble - Thèse 3è cycle.
- LETOURNEUR (J.), MICHEL (R.), 1971 - " Géologie du Génie civil " Ed. Armand Colin.
- LUPARINI (V.), 1975 - Etude hydrogéologique du massif du Dévoluy (Hautes-Alpes) Université, Grenoble - Thèse 3è Cycle.
- MICHEL (M.), 1971 - Hydrogéologie du bassin versant de Theys (Isère) Université Grenoble - 3e Cycle.
- NISC (National, Iranian, steel, Corporation), 1976 , Schematic geological map of Eastern Albord) 1/ 250 000.
- NISC (National, Iranian, Steel, Corporation, 1974 - Le rapport sur la géologie de la région de Kelariz.
- OLIVE (Ph.), 1970 - Contribution à l'étude géodynamique du cycle de l'eau dans l'hémisphère nord par la méthode du Tritium. Centre de recherches géodynamiques Thonon.
- OLIVE (Ph.), 1973 - Introduction à l'hydrogéologie isotopique. Centre de recherches géodynamiques - Université Paris.

- SABETI (H.), 1969 - Carte bioclimatique de l'Iran. 1/ 4000 000.
Méthode adoptée EMBERGER.
- SABETTI (H.), 1969 - Carte bioclimatique de l'Iran 1/4000 000
Méthode adoptée GAUSSEN
- SABETTI (H.), 1969 - " Les études bioclimatiques de l'Iran "
Université de Téhéran - Pub n° 1231.
- SAHABI (CY.), 1940 - " Géologie générale " Pub. Université
Téhéran.
- SARROT-REYNAULD (J.), 1964 - Hydrogéologie dans le massif
du Vercors - Association internationale des hy-
drogéologues. Mémoires 5, réunion d'Athènes.
- SAVADOGO (A.), 1975 - Hydrogéologie du bassin versant de la
Haute - Sissili (Haute-Volta) Université,
Grenoble - Thèse 3 è Cycle.
- SCHOELLER (M.), 1962 - "Les eaux souterraines " Masson - Paris. .112-1
- TEHRANI (Kh.), 1974 - " Stratigraphie " Université de Téhéran
Pub. 1452.
- TODD (D.K.), 1959 - Ground water hydrology. Published by
John Wiley & Sons, Inc. New York.
- VATAN (A.), YASSINI (I.), 1969 - Les grandes lignes de la géologie
de l' Elbourz central dans la région de Téhéran
et la plaine de la Caspienne - Revue de l'Institut
Français du Pétrole - Volume 7-8-9.

- VINTER (J.P.), 1973 - Etude hydrogéologique du synclinal d'Autrans
Méaudre. Massif du Vercors - Université,
Grenoble. Thèse de 3è Cycle.
- ZAMAN KHAN (M.), 1975 - Hydrogéologie du bassin versant de Mohar-
lu. Hydrodynamique des massifs calcaires de la
région de Chiraz (IRAN) Université Grenoble
Thèse d'Etat.

LISTE DES FIGURES

=====

Figures

CHAPITRE II

1 - Schéma géographique de l'Iran montrant les principales chaînes de montagne	6
2 - Carte montrant la situation géographique de la région de Tazareh	8
3 - Carte montrant les voies d'accès de la région	11
4 - Carte orohydrographique des environs de Tazareh	12
5 - Courbe hypsométrique - Histogramme de fréquence altimétrique	14

CHAPITRE III

6 - Situation bioclimatique de la région étudiée sur la partie N-E de la carte bioclimatique de l'Iran	18
7 - Distribution des précipitations mensuelles	22
8 - Pm saisonnier	25
9 - % saisonnier de la précipitation	25
10 - Droite du gradient altimétrique de précipitation	25
11 - Courbes isohyètes de la région	28
12 - Méthode de Thiessen	30
13 - Températures mensuelles de l'année 1975-1976 pour les stations de la ville neuve et Kelamarg	32

CHAPITRE IV

14 - Carte géologique du bassin de Tazareh	41
15 - Coupes géologiques de la région de Tazareh	45
16 - Coupes géologiques de la région de Tazareh	47
17 - Echelle litho-stratigraphique de la région de Tazareh	60
18 - Répartition des sédiments dans les compartiments structuraux de la région de Tazareh	63
19 - Structure d'ensemble de la région de Tazareh	68
20 - Schéma structural de la région de Tazareh	70

CHAPITRE V

21 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations, et débits de la source n° 15 A (Pachkelat).....	78
22 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations, et débits de la source n° 8 (Pachkelat).....	79
23 - Hypothèse sur les circulations souterraines dans la formation liasique	80
24 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations, et débit de la source n° 4 (Kolomdar).....	82
25 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations, et débit de la source n° 5 (Sarkhan)	83
26 - Situation des puits et de la source n° 5 sur la zone fracturée de la région Tazareh	84
27 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations, et débit de la source n° 8 et n° 7 (Kalévan)..	86
28 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations et débits de la ghanate de Nosrât-Abād.....	87
29 - Comparaison des conductivités, températures, précipitations et débits de la ghanate de Talou	87
30 - Situation des sources, des ghanates et des puits dans la région de Tazareh	89

CHAPITRE VI

31 - Comparaison du carottage électrique avec la coupe lithologique du puits n° 3	92
32 - Courbe caractéristique du puits n° 3	96
33 - Comparaison du carottage électrique avec la coupe lithologique du puits n° 1 A	97
34 - Comparaison du carottage électrique avec la coupe lithologique du puits n° 21	101
35 - Comparaison du carottage électrique avec la coupe lithologique des puits n° 39 et n° 38 c	105
36 - Comparaison du carottage électrique avec la coupe lithologique des puits n° 36 et n° 37	106
37 - Les profils des puits n° 38-1, 38-2, 38-3, 38-4.....	109
38 - Implantation de puits et des profils géophysiques dans la vallée de Kelariz	110

39 - Les profils de géophysique électrique	112
40 - Les profils de géophysique électrique	113
41 - Comparaison du carotage électrique avec la coupe lithologique du puits n° 7	116
42 - Comparaison du carotage électrique avec la coupe lithologique du puits n° 8	116
43 - Courbe de remontée log t/t' du puits n° 3	122
44 - Courbe de rabattement - log temps du puits n° 1 A ...	123
45 - Courbe de rabattement - log temps du puits n° 1 B ...	123
46 - Courbe de remontée - log t/t' du puits n° 1 A	125
47 - Courbe de remontée - log t/t' du puits n° 1 B	125
48 - Courbe de rabattement - log temps du puits n° 25 (Nosrat-Abad)	127
49 - Courbe de remontée - log t/t' du puits n° 7	129
50 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-1 (Q = 25,7 m3/h)	134
51 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-2 (Q = 25,7 m3/h)	134
52 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-3 (Q = 25,7 m3/h)	134
53 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-1 (Q = 38 m3/h)	137
54 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-2 (Q = 38 m3/h)	137
55 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-3	137
56 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-1 (Q = 57,6 m3/h)	140
57 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-2 (Q = 57,6 m3/h)	140
58 - Courbe de rabattement - log temps du puits d'observation n° 38-3 (Q = 57,6 m3/h)	140
59 - Courbes de rabattement - log temps, des puits n° 8 et puits superficiel n° 2	145
60 - Courbe de remontée - log t/t' du puits n° 8	147
61 - Courbe de remontée - log t/t' du puits superficiel n° 2 ..	147
62 - Courbe de tarissement de la source n° 5 par la méthode de Maillet	151

63 - Courbe de tarissement de la source n° 8 par la méthode de Maillet	151
64 - Courbe de tarissement de la source n° 4 par la méthode de Maillet	155
65 - Courbe de tarissement de la source n° 5 par la méthode de Tison	159
66 - Courbe de tarissement de la source n° 8 par la méthode de Tison	159
67 - Courbe de tarissement de la source n° 4 par la méthode de Maillet	162

CHAPITRE VII

68 - Température des eaux des sources en fonction de l'altitude	170
69 - Relation entre les conductivités des eaux des sources et des puits et l'altitude	173
70 - Carte hydrochimique de la région	179
71 - Diagrammes de Piper	180
72 - Diagramme de Schoeller du groupe de Kelariz	182
73 - Diagramme de Schoeller du groupe de Pachkelat	184
74 - Diagramme de Schoeller du groupe de Kelamarg	186
75 - Diagramme de Schoeller du groupe de Mehmandoueh	187
76 - Diagramme de Schoeller du puits superficiel n° 1	188
77 - Diagramme de Schoeller du groupe de Kelariz	190
78 - Diagramme de Schoeller du groupe de Kelamarg	192
79 - Diagramme de Schoeller du groupe de Pachkelat	193
80 - Diagramme de Schoeller du puits n° 7	195
81 - Diagramme de Schoeller du puits n° 1 A	197
82 - Diagramme de Schoeller du puits de Kalavan	199
83 - Diagramme de Schoeller du puits de Talou	201
84 - Diagramme de Schoeller du puits de Sarkhan	202
85 - Diagramme de Schoeller du puits de Hert	204

LISTE DES TABLEAUX

=====

	<u>Pages</u>
1 - Répartition altitudinale du bassin versant du Tazareh.....	15
2 - Situation géographique des stations	19
3 - Précipitations mensuelles d'Octobre 1975 à Septembre 76	24
4 - Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières d'Octobre 1975 à Septembre 76.....	24
5 - Volume des précipitations par tranche d'altitude	27
6 - Volume des précipitations par la méthode des isohyètes..	29
7 - Température de la période 76-76	33
8 - Bilan hydrologique du bassin versant	38
9 - Résultats de l'essai de rabattement par paliers sur le puits n° 3	95
10 - Résultats du pompage des puits 1 A et 1 B.....	100
11 - Comparaison des valeurs de T obtenues des puits n° 38-1, 38-2, 38-3.....	142
12 - Résultats des mesures de la transmissivité (T), du coeffi- cient d'emmagasinement (S), et de la perméabilité (K), dans les puits de la région de Tazareh.	148
13 - Comparaison des valeurs des coefficients de tarissement et des volumes des réserves des sources	164
14 - Le coefficient de variabilité R pour les sources de la ré- gion de Tazareh	168
15 - Comparaison des débits de l'eau dans les tunnels	119
16 - Comparaison des valeurs des pH.....	176
17 - Comparaison des résultats obtenus par l'analyse bac- tériologique	211

TABLE DES MATIERES

=====

AVANT PROPOS

<u>CHAPITRE I - INTRODUCTION</u>	1
1 - <u>BUT DE L'ETUDE</u>	2
2 - <u>LES PROBLEMES</u>	2
3 - <u>METHODE DE L'ETUDE</u>	3
<u>CHAPITRE II - SITUATION</u>	5
1 - <u>APERCU GEOGRAPHIQUE DE L'IRAN</u>	7
2 - <u>CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE " TAZAREH "</u>	9
2-1- Surface	9
2-2- Population et ressources.....	9
2-3- Moyens d'accès et les routes	10
3 - <u>MORPHOLOGIE</u>	10
3-1- Présentation du bassin versant	10
3-2- Courbes de fréquence altimétrique et hypsométrique	13
<u>CHAPITRE III - CLIMATOLOGIE</u>	17
1 - <u>SITUATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS.</u> ..	19
2 - <u>CLASSIFICATION CLIMATIQUE DE LA ZONE ÉTUDIÉE</u>	19
3 - <u>LES VENTS</u>	21
3-1- Les vents d'origine cyclonique	21
3-2- Les tourbillons	21
3-3- Les brises locales	21
4 - <u>LES GELEES</u>	21
5 - <u>LA NEIGE</u>	21
6 - <u>LES PRECIPITATIONS</u>	23

7 - DETERMINATION DE LA LAME D'EAU PRÉCIPITÉE	26
7-1- Gradient altimétrique de précipitation..	26
7-2- La méthode des isohyètes	27
7-3- Méthode de Thiessen	29
7-4- La moyenne arithmétique des précipitations	31
8 - LES TEMPERATURES.....	31
9 - CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION	34
9-1- Généralités	34
9-2- L'évapotranspiration par les formules de Coutagne	35
9-3- Evapotranspiration par la méthode de Turc	36
9-4- Méthode de Thornthwaite	36
9-5- Conclusion	36
10 - BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT	37
10-1- Précipitation moyenne annuelle	37
10-2- Evapotranspiration réelle moyenne annuelle	37
10-3- Ruissellement moyen annuel	37
10-4- Infiltration moyenne annuelle	37
11 - CONCLUSION GENERALE	38

CHAPITRE IV - SITUATION GEOLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE TAZAREH.....

1 - STRATIGRAPHIE	43
1-1- Introduction	43
1-2- Cambro-ordovicien	43
1-2-1- Le Cambrien inférieur (Formation de Lalun).....	43
1-2-2- Le Cambrien moyen-Ordovicien (Formation de Mila).....	43
1-3- Silurien Devenien inférieur	46
1-4- Dévonien supérieur et Carbonifère (Formation de Geïroud).....	46
1-5- Permien	48

1-5-1- Permien inférieur (Formation de Doroud).....	48
1-5-2- Permien inférieur moyen (Formation de Routh)	49
1-5-3- Permien supérieur (Formation de Nessen)	50
1-6 Trias inférieur et moyen	50
1-6-1- Formation d'Elikah	50
1-7- Trias supérieur - Lias	51
1-7-1- Formation de Shemshak dans sa région type	51
1-7-2- La formation de Shemshak dans le bassin charbonneux de Tazareh	52
1-7-2-1- Suite de Razmdja	52
1-7-2-2- Suite de Kalariz	53
1-7-2-3- Suite d'Assiab	54
1-7-2-4- Suite de Pachkelat	54
1-7-2-5- Suite de Ravazeh	54
1-7-2-6- Suite de Danserit	55
1-8- Dogger - Formation de Dalicha'.....	55
1-9- Malm - Formation de Lar	56
1-10- Crétacé supérieur	57
1-11- Eocène et Oligocène	57
1-12- Oligocène continental - Marnes néogènes	58
1-13- Pliocène - Quaternaire	59
1-14- Quaternaire	61
1-14-1- Terrasses anciennes Qt1.....	61
1-14-2- Terrasses jeunes de la plaine Qt2.	61
1-14-3- Eboulis et brèches de pente	61
1-14-4- Alluvions torrentielles et fluviales	61

- 2 - PALEOGEOGRAPHIE DE DETAIL DE DEUX SECTEURS PRINCIPAUX DE LA REGION ETUDIEE 62
 - 2-1- Zone A 62
 - 2-1-1- Cambro-Ordovicien 62
 - 2-1-2- Silurien-Trias 64
 - 2-1-3- Lias et Dogger 64
 - 2-1-4- Jurassique supérieur (Malm)..... 64
 - 2-1-5- Crétacé 65
 - 2-1-6- Paléogène 65
 - 2-1-7- Néogène 65
 - 2-2- Zone B 65
 - 2-2-1- Cambro-Ordovicien 65
 - 2-2-2- Silurien et Dévonien inférieur et moyen 66
 - 2-2-3- Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur 66
 - 2-2-4- Permien 66
 - 2-2-5- Trias 67
 - 2-2-6- Lias et Dogger 67
 - 2-2-7- Jurassique supérieur (Malm) 67
 - 2-2-8- Paléogène 67
 - 2-2-9- Néogène 67
- 3 - TECTONIQUE..... 69
 - 3-1- Généralités 69
 - 3-2- Zone A 69
 - 3-2-1- Les plis 69
 - a) L'anticlinal de Hert et le synclinal Hert-Mehmandoust 69
 - b) L'anticlinal et le synclinal de Nosrat-Abad 71
 - 3-2-2- Les failles 71
 - a) Chevauchement de Nosrat-Abad 71
 - b) Les autres failles 71
 - c) Faille de Talou 71

- 3-3- Zone B 71
 - 3-3-1- Les plis 71
 - a) Synclinal de Mianāb..... 71
 - b) Anticlinal de Tazareh 71
 - c) Anticlinal de Mehmandoueh 72
 - 3-3-2- Les failles 72
- 3-4- Conclusion 72

CHAPITRE V - COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS GEOLOGIQUES ET DES SOURCES DU BASSIN VERSANT DE TAZAREH...... 73

- 1 - COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS GEOLOGIQUES 74
 - 1-1- Ere primaire 74
 - a) Formation Lalun 74
 - b) Formation Mila 74
 - c) Formation Geïroud 74
 - 1-2- Ere secondaire 75
 - a) Les formations Permo-Triasiques 75
 - b) Formation Shemchak..... 75
 - c) Formation Dalichaï et Lar 75
 - d) Formation calcaires crétacé 76
 - 1-3- Ere tertiaire 76
 - a) Formation Karadj 76
 - 1-4- Quaternaire 76
 - a) Les alluvions de vallée 76
- 2 - LES SOURCES 77
 - 2-1- Généralités 77
 - 2-2- Source n° 8 77
 - 2-3- Source n° 4 81
 - 2-4- Source n° 5 81
 - 2-5- Source n° 7 et 8 (Kalévan) 85
 - 2-6- Ghanates 85
 - 2-6-1- Ghanate de Nosrat-Abad 88
 - 2-6-2- Ghanate de Talou 88
- 3 - CONCLUSION 88

CHAPITRE VI - LES SONDAGES SUR LES CALCAIRES

ET LES ALLUVIONS DE LA VALLEE .. 91 62

1 - LES FORAGES SUR LES CALCAIRES 93 62

1-1- Puits n° 3 93 62

1-1-1- Ouvrage de sondage 93 64

1-1-2- Les essais de pompage 94 64

1-1-3- Géophysique 96 64

1-2- Puits n° 1 A 98 65

1-2-1- Ouvrage de sondage 98 65

1-2-2- Les essais de pompage 99 65

1-2-3- Mesure géophysique 100 65

1-3- Puits n° 21 100 65

1-3-1- Ouvrage de sondage 100

1-3-2- Les essais de pompage 102 66

1-4- Puits n° 25 (Nosrat-Abad) 102 66

2 - LES FORAGES SUR LES ALLUVIONS DE LA VALLEE 104 67

2-1- Groupe de " Kelariz " 104 67

2-1-1- Puits central n° 38-C..... 104 67

2-1-2- Puits d'observation n° 39 104 67

2-1-3- Puits d'observation n° 36 107 67

2-1-4- Puits d'observation n° 37 107 69

2-1-5- Puits d'observation ,° 38-1..... 107 69

2-1-6- Puits d'observation n° 38-2 108 69

2-1-7- Puits d'observation n° 38-3..... 108 69

2-1-8- Puits d'observation n° 38-4..... 108 69

2-1-9- Prospection géophysique par sondages électriques 108 71

2-1-10- Géophysique par rayons gamma et gamma-gamma 111 71

2-2- Puits n° 7 114 71

2-2-1- Ouvrages de sondage 114 71

2-2-2- Les essais de pompage 114 71

2-2-3- Mesures géophysiques 115

2-3- Puits n° 8 117

2-3-1- Ouvrages de sondage 117

2-3-2- Les essais de pompage 117

2-3-3- Mesures géophysiques 118

3 - CONCLUSION 118

CHAPITRE VII - DETERMINATION DES CARACTERES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES DE LA REGION 119

1 - INTRODUCTION 120

2 - CALCUL DE LA TRANSMISSIVITE (T)..... 120

3 - CALCUL DE (T) ET INTERPRETATION DES COURBES POUR CHAQUE PUIITS 121

3-1- Les forages sur les calcaires 121

3-1-1- Puits n° 3 121

3-1-2- Puits n° 1 A et sondage n° 1 B... 124

a) Puits n° 1 A 124

b) Sondage n° 1 B 126

c) Conclusion 128

3-1-3-Puits n° 25 128

3-2- Les forages sur les alluvions de la vallée

3-2-1- Puits n° 7..... 130

3-2-2- Groupe des puits de la vallée "Kelariz "..... 131

3-2-1-1- Avec un débit de 25,7m3/h 131

a) Puits d'observation n° 38-1 131

b) Puits d'observation n° 38-2 133

c) Puits d'observation n° 38-3 133

d) Puits d'observation n° 38-4 135

3-2-2-2- avec un débit de 38 m3/h 135

a) Puits d'observation n° 38-1... 135

b) Puits d'observation n° 38-2... 136

c) Puits d'observation n° 38-3... 136

d) Puits d'observation n° 38-4 138

3-2-3-3- avec un débit de 57,6 m3/h 138

a) Puits d'observation n° 38-1 138

b) Puits d'observation n° 38-2	139
c) Puits d'observation n° 38-3	141
d) Puits d'observation n° 38-4	141
3-2-2-4- Calcul de la perméabilité	141
3-2-2-5- Conclusion	142
3-2-3- Puits n° 8 et puits superficiel n° 2	143
3-2-3-1- Les valeurs de T obtenues par l'essai de pompage sur le puits n° 8	143
a) Essais de rabattement	143
b) La valeur de T par le courbe de remontée	144
3-2-3-2- Les valeurs de T obtenues par les mesures simultanées sur le puits superficiel n° 2 pendant l'essai de pompage sur le puits n° 2	144
a) les valeurs de T sur la courbe de rabattement	144
b) La valeur de T après la courbe de remontée	146
3-2-3-3- Perméabilité	146
3-3- Conclusion sur les essais de pompage	148
4 - COURBES DE TARISSEMENT	149
4-1- Formule de Maillet	149
4-1-1- Source de Sarkhan n° 5	150
4-1-2- Source n° 8 (Pachkelat)	152
4-1-3- Source n° 4 (Kolomdar)	154
4-2- Formule de Tison G	156
4-2-1- Source de Sarkhan n° 5	157
4-2-2- Source n° 8 (Pachkelat)	158
4-2-3- Source n° 4 (Kelariz)	161
4-3- Conclusion et comparaison	165
5 - CONCLUSION GENERALE DU CHAPITRE	165
<u>CHAPITRE VII - ETUDE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DES SOURCES, DES PUIITS ET DES TUNNELS D'EXPLOITATION DE CHARBON</u>	167
1 - CARACTERES PHYSIQUES	168

1-1- Débit	168
1-1-1- Sources	168
1-1-2- Tunnels	169
1-2- Température	169
1-3- Conductivité	172
1-4- pH	174
2 - CARACTERES CHIMIQUES	176
2-1- Classification des eaux du point de vue chimique	178
2-1-1- Classification des eaux sur les diagrammes de " Piper "	178
2-1-2- Classification des eaux sur les diagrammes de Schoeller-Berkaloff	181
2-1-2-1- Zone B	181
2-1-2-1-1- Les éboulis de Dalit-chaï la famille bicarbonatée calcique	181
a) le groupe de Kelariz..	181
b) le groupe de Pachkelat	183
c) le groupe de Kelamarg	183
d) le groupe de Mehmandoueh	185
e) puits superficiel n°1 de Tazareh.	185
f) conclusion et comparaison des résultats	189
2-1-2-1-2 Les formations liasi-ques - la famille bicarbonatée sodique	189
a) le groupe de Kelariz	189
b) le groupe de Kelamarg...	191
c) le groupe de Pachkelat...	191
d) le groupe du puits n° 7..	194
e) conclusion	194
2-1-2-1-3- La formation du Dévonien carbonifère - la famille sulfatée calcique	196
a) groupe du puits n° 1 A ..	196

2-1-2-2- Zone A	198
2-1-2-2-1- Formation de Mila - La famille carbonaté sodique ...	198
a) groupe de Kalevan	198
2-1-2-2-2- Formation de Geïroud- la famille sulfatée calcique..	200
a) le groupe de Talou	200
b) le groupe de Sarkhan	200
2-1-2-2-3- Formations liasiques la famille sulfatée calcique....	203
a) le groupe de Hert.....	203
2-1-2-3- Conclusion générale	203
<u>CHAPITRE IX - ANALYSE ISOTOPIQUE</u>	205
1 - <u>PRINCIPES</u>	206
2 - <u>LE TRITIUM</u>	206
3 - <u>L'AGE ET LE MODE DE CIRCULATION DES EAUX DANS LA RÉGION DU TAZAREH</u>	207
<u>CHAPITRE X - PROPRIETES BACTERIOLOGIQUES DES EAUX</u>	209
1 - <u>GENERALITES</u>	210
2 - <u>CONCLUSION</u>	212
<u>CHAPITRE XI - RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS ET CONCLUSION GENERALE</u>	213
1 - <u>RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS</u>	214
2 - <u>CONCLUSION GENERALE</u>	220
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	223
<u>LISTE DES FIGURES</u>	228
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	232
<u>TABLE DES MATIERES</u>	233



Dernière page d'une thèse

VU

Grenoble, le

Le Président de la thèse

R. BARBIER

VU, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale

G. CAU