



HAL
open science

Etude hydrogéologique de la région de la Mure - Isère- Alpes françaises.

Paul Camporota

► **To cite this version:**

Paul Camporota. Etude hydrogéologique de la région de la Mure - Isère- Alpes françaises.. Géologie appliquée. Université de Grenoble, 1963. Français. NNT: . tel-00740364

HAL Id: tel-00740364

<https://theses.hal.science/tel-00740364>

Submitted on 10 Oct 2012

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.

d'ordre: 303

Double 205.142 D

1963

5



THESE

Presentée a la Faculte des Sciences
de l'Universite de Grenoble

Pour obtenir le Grade de Docteur de troisieme cycle
Specialite : Geologie Appliquee

Par Paul CAMPOROTA

Etude hydrogeologique
de la region de La Mure

BIBLIOTHEQUE
GRENOBLE
UNIVERSITAIRE

Soutenu le 27/2/1963 devant la Commission d'Examen

M. M. BARBIER , President

MICHE L

SARROT - REYNAULD

HAUDOUR , Invite

Double
LOS. H2O
1963
5

S O M M A I R E

PREAMBULE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE.- FACTEURS CONDITIONNANT L'HYDROLOGIE
DE LA REGION.

A - CADRE GEOGRAPHIQUE

1. Situation - Peuplement
2. Structure générale
3. Les bassins versants : délimitation - orientation -
ruisseaux émissaires ou arrosants.
 - a) le plateau
 - b) le massif montagneux.

B - LE CLIMAT

1. Climat général de la région. Comparaison avec les
régions voisines. Evolution dans le temps.
2. Climat de la région pendant l'année juillet 1961 -
juin 1962.
 - a) précipitations
 - b) températures - Evapotranspiration.

C - CADRE GEOLOGIQUE

1. Situation de la région dans les Alpes.
2. La série stratigraphique - Comportement des terrains
vis-à-vis de l'eau.
 - I. Les terrains anténoouillers
 - II. Le Houiller.
 - III. La couverture mésozoïque
 - a) Le Trias
 - b) Le Lias
 - c) Le Dogger
 - IV. Le Quaternaire
 - a) Les formations anciennes
 - b) Les formations récentes.

BIBLIOTHEQUE
GRENOBLE
UNIVERSITAIRE

3. La Tectonique.

I. Les déformations anciennes

II. Les déformations récentes.

III. Importance de la tectonique pour la circulation des eaux.

4. Description du gisement houiller.

DEUXIEME PARTIE : INVENTAIRE DES RESSOURCES EN EAU.

A. EAUX SUPERFICIELLES.

1. Jaugeages des cours d'eau

a) Les méthodes de mesure

b) Les points de mesure

c) Les résultats

2. Cubage approximatif des lacs

3. L'eau empoisonnée par les marais de La Mure.

B - EAUX SOUTERRAINES

1. Les eaux potables

a) ressources exploitées

I. Alimentation en eau de la ville de La Mure et de quelques communes limitrophes.

1. Historique

2. Condition géologique des sources

3. Autres communes alimentées par les captages de Rif-Bruyant.

a) Nantes-en-Rattier

b) Ponsoonas

c) Sousville

4. Alimentation en eau de Cognet

5. Bibliographie.

II. Alimentation en eau du syndicat intercommunal :
La Motte d'Aveillans, Susville, Pierre-Châtel,
Villard-Saint-Christophe.

1. L'alimentation en eau potable à l'échelle du syndicat ;
2. L'alimentation des communes du syndicat :
 - a) La Motte d'Aveillans
 - b) Susville
 - c) Pierre-Châtel
 - d) Villard-Saint-Christophe.
3. Bibliographie.

III. Alimentation en eau de La Motte-Saint-Martin

IV. Alimentation en eau de la commune de Saint-Honoré

V. Alimentation en eau de la commune de Prunières

VI. Adduction d'eau de la commune de Mayres

VII. Alimentation en eau de la commune de Saint-Arey

VIII. Alimentation en eau de la commune de Marcieu.

1. Ressources exploitables
2. Eaux thermales
 - a) Sources thermales de la Motte-les-Bains
 - b) Source thermale de Mayres.
3. Les eaux recueillies par les travaux miniers
 - a) Généralités
 - b) Points de mesure
 - c) Résultats.

TROISIEME PARTIE : PROPRIETES PHYSICO-CHEMIQUES DES EAUX.

A - GENERALITES

1. Données physiques
 - a) la température
 - b) la résistivité.

2. Données chimiques.

- a) le pH ;
- b) principaux ions et leur expression dans les analyses ;
- c) calculs effectués à partir des analyses ;
- d) représentation graphique des analyses ;
- e) classification en groupes d'affinité chimique.

3. Intérêt des analyses physico-chimiques en hydrogéologie.

B - ANALYSES D'EAUX DANS LA REGION DE L'ETUDE.

1. Les résultats bruts des analyses

- a) analyses récentes
- b) anciennes analyses.

2. Calculs effectués à partir des analyses

- a) milliéquivalents
- b) répartition en groupes naturels
- c) représentation graphique

C - INTERPRETATION DES RESULTATS.

1. Les groupes naturels

2. Synthèse

- a) Variations dans l'espace de la composition chimique des eaux ;
- b) variations dans le temps de la composition chimique des eaux ;
- c) conclusion.

QUATRIEME PARTIE : REGIME GENERAL DES EAUX.

A - RELATIONS AVEC LE CLIMAT ET LA GEOGRAPHIE

1. Eaux superficielles

2. Eaux souterraines.

- a) eaux des nappes des marais ;
- b) eaux des terrains de couverture.

B - RELATIONS AVEC LA GEOLOGIE.

I. Stratigraphie.

1. Importance des terrains perméables de la couverture :

- a) données statistiques
- b) interprétation.

2. Importance des terrains quaternaires.

II. Tectonique.

C - SYNTHESE.

I. Interprétation du décalage général du premier maximum des graphiques de débit.

- 1. Eaux superficielles
- 2. Eaux souterraines peu profondes.

II. Le deuxième maximum des graphiques de débit.

III. Le cas des eaux souterraines profondes.

IV. Le cas du versant ouest du Senepy.

CINQUIEME PARTIE : INFLUENCES RECIPROQUES DE L'HYDROGEOLOGIE et des TRAVAUX MINERS.

A - INTERET DES TRAVAUX DE MINE POUR L'ETUDE DES CIRCULATIONS SOUTERRAINES.

I. Exemple du rôle de la stratigraphie

II. Exemples du rôle de la tectonique.

- 1. Cas de la Galerie de Combe-Neveuse
- 2. Cas de la faille du Villaret.

B - L'EAU ET LES TRAVAUX DE MINE.

C - INCIDENCE DE LA MISE EN TERRIL SUR LES TERRAINS AQUIFERES DES MARAIS DE LA MURE.

SIXIEME PARTIE. INFLUENCE DES OUVRAGES HYDROELECTRIQUES
SUR LE REGIME HYDROLOGIQUE.

Le BARRAGE de MONTMAYNARD

b A - Problèmes posés par l'épigénie

B - Influence sur les circulations souterraines

Rapports avec les travaux de mine :

1. La Galerie du Drac
2. La Galerie de Saint-Arey.

CONCLUSION.

Liste des figures

Bibliographie.

P R E A M B U L E .

Au seuil de ce mémoire, je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont aidé, directement ou indirectement, à sa réalisation.

Mes remerciements vont tout d'abord à mes professeurs : Messieurs MORET, BARBIER, MICHEL et DEBELLIAS, pour leur enseignement, et plus particulièrement à Monsieur SARROT-REYNAULD qui m'a proposé le sujet de la présente étude, m'a conseillé pendant toute sa durée, et dont les travaux géologiques sur la même région m'ont beaucoup aidé.

D'autre part, ce travail n'aurait jamais vu le jour sans la collaboration des Houillères du Bassin du Dauphiné, et j'exprime ma reconnaissance à leur Directeur général Monsieur Ch. GUINET, fervent géologue, qui m'a autorisé à l'entreprendre.

L'étude entière s'est effectuée en relation constante avec le service géologique des H.B.D., et je tiens à dire à l'ingénieur qui le dirige, Monsieur J. HAUDOUR, tout le plaisir que j'ai eu à travailler avec lui, et tout le profit intellectuel que j'ai tiré de sa remarquable expérience du terrain.

Je suis heureux de pouvoir remercier aussi les employés des H.B.D. qui n'ont pas ménagé leur peine pour aider à mon travail.;

Monsieur MICHON, du Service géologique,
Messieurs PEYRAUD et CLAVEL du Service des sondages,
Monsieur PIOT, du Service d'étude des dégagements instantanés,

L'équipe du Service des géomètres du fond, et plus particulièrement ceux qui se sont succédés à mes côtés lors des nombreuses mesures effectuées sur le terrain :

Monsieur COSTE, qui m'a beaucoup aidé dans les débuts en me communiquant sa profonde connaissance de la région, ainsi que Messieurs DESMOULINS et KLECHE ;

Les chimistes attachés au laboratoire de la Centrale thermique et surtout leur chef Monsieur GERMAIN qui, en plus de nombreux travaux d'analyses, m'a aimablement communiqué les résultats de ses observations météorologiques.

Je dois aussi au Service du Génie Rural de l'Isère d'avoir pu consulter de nombreuses archives, et j'en remercie leur Directeur général Monsieur RAMBAUD ; je ne saurais dire l'obligance et l'amabilité de Messieurs CASANOVA, LAUNAIS et TRANCHIER qui m'ont beaucoup facilité ce travail et fourni en outre des documents fort utiles.

Je terminerai en remerciant les Maires et le personnel de Mairie des nombreuses communes où j'ai effectué des enquêtes, pour l'aimable accueil qu'ils m'ont réservé, et particulièrement Monsieur DESCOMBES, Maire de La Mure.

INTRODUCTION .

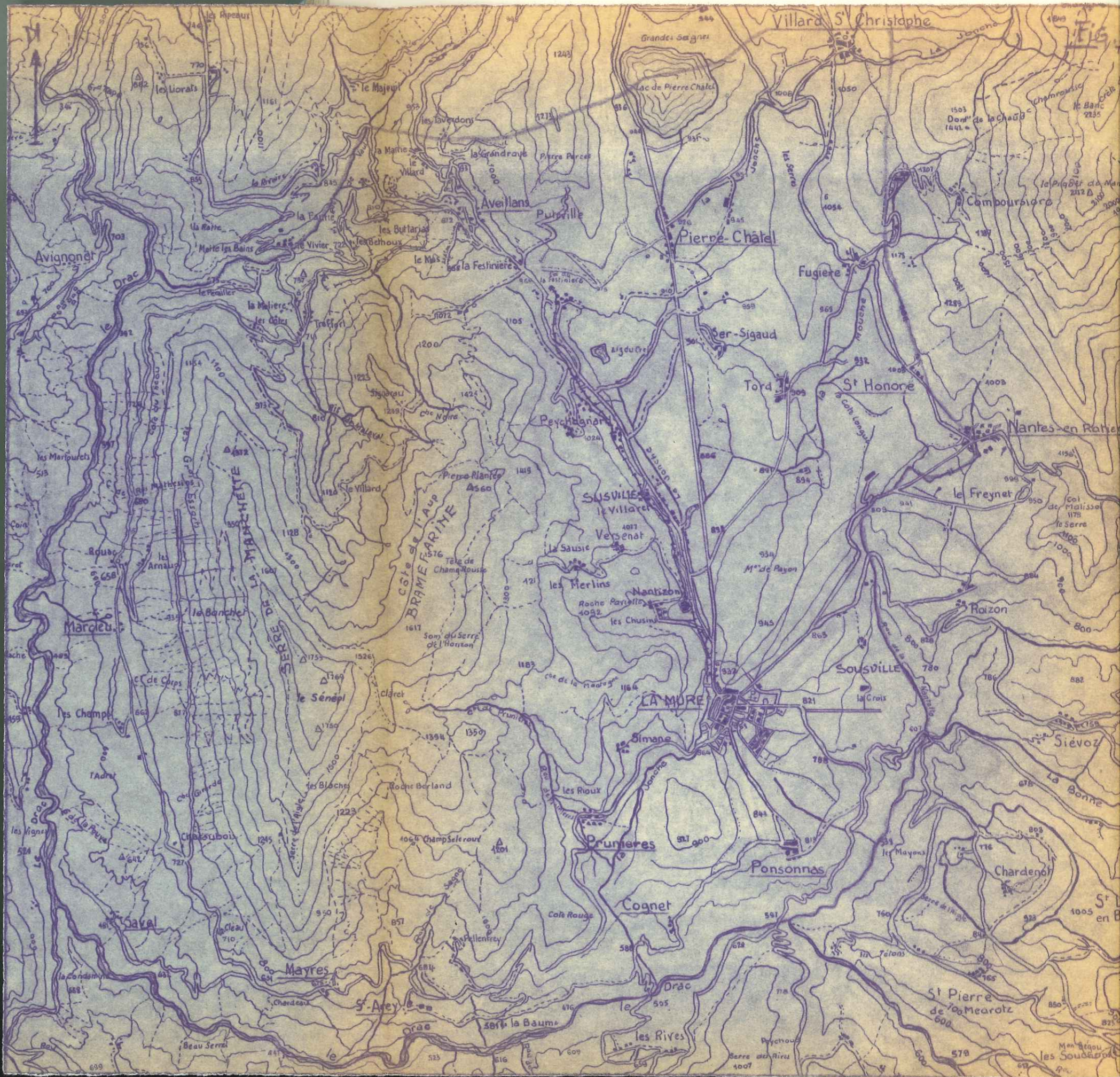
La région de La Mure, déjà étudiée au point de vue géologique par Monsieur SARROT-REYNAULD, et au point de vue de la Paléontologie du Touiller par Madame SARROT-REYNAULD, n'avait pas encore fait l'objet d'une étude hydrogéologique.

D'autre part, les Houillères du Bassin du Dauphiné ayant jusqu'alors réalisé sans grandes difficultés l'exhaure de leurs travaux miniers, prévoyaient que des problèmes allaient se poser à ce sujet dans l'avenir. L'ingénieur en chef des services géologiques, Monsieur HAUDOUR, qui a déjà beaucoup travaillé en relation avec le Laboratoire de la Faculté de Géologie, prit alors contact avec celui-ci et lui proposa de confier le travail des recherches hydrologiques à l'un de ses étudiants, les Houillères fournissant l'aide matérielle nécessaire.

C'est ainsi que ce travail a comporté une part de recherche fondamentale et une autre d'application des résultats de celle-ci au cas particulier des travaux miniers ; c'est ce qui constitue l'attrait de ce genre d'études où théorie et pratique interfèrent, s'étayant mutuellement et s'expliquant l'une par l'autre. Les Houillères donnèrent un certain nombre de problèmes à élucider, entre autres :

- inventaire des ressources en eau ;
- recherches d'origine des eaux ;
- incidence de la retenue du barrage de Monteynard sur l'exhaure de la mine ;
- incidence de la mise en terril sur des zones de marais ;
- étude de la composition des eaux ;
- étude des variations saisonnières des venues d'eau.

Il sera répondu à ces questions dans le présent mémoire, qui esquissera en même temps un tableau général de l'hydrogéologie de la région de La Mure, et par là satisfera mieux les esprits scientifiques en systématisant les résultats des recherches.



(400 h.) ; Prunières (400 h.) ; Villard-Saint-Christophe (278 h.) ; Ponsonnas (200 h.) ; Mayres (200 h.) ; Sousville (140 h.) ; Marcieu (140 h.) ; Saint-Arey (90 h.) ; Cognet (60 h.) . Citons enfin le petit village de Savel, rasé récemment, car il devait être submergé par la retenue du barrage de Monteynard, et dont les 55 habitants se sont répartis dans les hameaux d'alentour, principalement à Mayres et Saint-Arey.

2. Structure générale.

Elle est caractérisée par l'opposition entre la zone montagneuse de l'Ouest et le grand plateau alluvial de l'Est.

- Ce plateau, appelé couramment Matheysine, se situe à 900 mètres d'altitude environ, au pied des massifs du Grand Serre et du Tabor qui le bordent à l'Est. Il descend en pente douce vers le Sud, avec quelques ondulations et se termine par une pente abrupte due au recoupement par la vallée du Drac. Il se termine de la même façon au Nord, en vallée suspendue au-dessus de la vallée de la Romanche.

- Le massif montagneux de l'Ouest culmine au Senepy à environ 1700 mètres. Le versant ouest descend en pente assez régulière, se raccorde à un replat morainique et se termine par une pente plus rapide sur la vallée du Drac.

Le versant est descend en plusieurs gradins jusqu'au niveau de la Matheysine ; versant du Senepy, puis Crouillonne et Bramefarine à environ 1300 mètres, enfin le Cimon et le Brédan vers 1100 mètres.

Au Sud, ce sont : le Combéron vers 1200 mètres, le Serre Chauvet vers 900 mètres, un replat morainique et la descente sur le Drac qui se situe vers 500 mètres.

Au Nord : Pierre Rochette, Rocher Pellat, Les Barrioux, de 1400 à 1200 et d'Est en Ouest, dont la pente se casse au contact avec le replat morainique de la région des Mottes. Ce replat est lui-même entaillé par les différents cours d'eau qui

Sousville et se jette dans la Bonne. Cette dernière va confluer avec le Drac un peu plus bas, au niveau du Pont de Ponnas.

b) Le massif montagneux.

Il présente six bassins versants importants orientés au Nord, à l'Est, au Sud Est et au Sud. La partie orientée à l'Ouest a des caractères particuliers.

+ Le flanc ouest du Senepy.

Il ne comporte pratiquement pas de cours d'eau, sinon quelques torrents très fugaces lors de la fonte des neiges ou des gros orages. Cette particularité sera expliquée ultérieurement.

+ Bassins orientés au Nord.

Ce sont ceux du Rif Montey et du Rif Loula. Ils se jettent dans le ruisseau de Vaulx.

. Bassin versant du Rif Montey.

Il couvre 10,500 km² (les limites des bassins sont marquées seulement jusqu'au point de jaugeage habituel du ruisseau émissaire).

Il est limité à l'Ouest par le Serre de la Manchette puis les Pras-Sérieux ; au Sud par le Fumay et le Serre de l'Horizon ; à l'Est par le Serre de la Combette, Pierre plantée, le Replan et les Barriaux. Le Rif Montey, émissaire total qui est jaugeé, est formé par la confluence de trois ruisseaux : le Rif Montey proprement dit, au pied du Serre de la Manchette, qui reçoit plus bas les affluents de rive droite, le Rif de Malaval et le ruisseau de la Touche-Dame.

. Bassin versant du Rif Loula.

Superficie 4,800 Km².

Il confine au Rif Montey par sa limite ouest : Pierre Plantée, le Replan, les Barriaux. A l'Est, la limite part encor de Pierre Plantée (qui constitue le sommet au Sud), puis elle passe au Vernay, descend vers le Bois-Noir et aboutit au col de la Fes-

tinière ; elle passe ensuite au-dessus de la Motte d'Aveillans et ferme le bassin au Nord par les Buttarias, la Faurie et enfin le Vivier où se trouve le point de jaugeage.

Le Rif Loula est constitué par la jonction de deux ruisseaux : le Rif des Rivaux à l'Ouest, qui descend de Combe Noire et un petit ruisseau qui descend de la Motte et conflue avec le premier sous les Béthoux.

. Le ruisseau de Vaulx.

Ce n'est qu'un ruisseau arrosant pour la région des Mottes. Il prend sa source à la Fontaine de Las dans le massif du Connex, entre les sommets de la Peyrouse et du Collet. Il draine ensuite la vallée de Notre-Dame-de-Vaulx, passe sous la Motte d'Aveillans, conflue avec le Rif Loula au hameau du Vivier et le Rif Montey sous le château de la Motte-les-Bains. Il va enfin se jeter dans la retenue du barrage de Monteynard au niveau de l'ancienne usine électrique d'Avignonet maintenant submergée.

+ Bassins orientés à l'Est.

Il s'agit principalement du ruisseau des Chuzins. Quelques petits ruisseaux de faible importance existent aussi dans les petites cornes qui bordent immédiatement le plateau : par exemple le ruisseau du Peycha-gnard ou le ruisseau de Combe de la Vouta au-dessus du Villaret.

. Bassin versant du ruisseau des Chuzins.

Il s'étend sur une surface de 3,170 Km². Sa limite ouest est constituée par le Serre de la Combette entre le Serre de l'Horizon et Pierre-Plantée, donc contiguë au bassin du Rif Montey.

La limite nord est part de Pierre Plantée, elle comprend les Treize-Bises et la crête qui du Nord du hameau des Merlins va jusqu'à Roche-Paxiotte sous laquelle se trouve le point de jaugeage.

La limite sud part du Serre de l'horizon, passe au Pré rond

au point coté 1231 (carte au 1/20 000 La Mure n° 1), contourne la Grange Haugiron et s'achève par la crête en face de Roche Paviotte.

Le ruisseau est formé de deux branches principales : le ruisseau des Merlins qui s'individualise au-dessus du hameau du même nom, et un petit ruisseau vers le Pré Rambeau qui vient se joindre au premier sous le hameau précité ; l'ensemble s'appelle alors ruisseau des Chuzins, du nom de la localité située à l'aval de Roche Paviotte. Il va finalement confluer avec la Jonche aux alentours du village de Nantizon.

+ Bassins orientés au Sud Est.

Ici encore un cours d'eau principal : le ruisseau des Rioux.

A côté de lui des ruisseaux moins abondants et réguliers : citons les ruisseaux de la Combe de Simane entre La Mure et Prunières, de la Combe de Champ Rioux et de la Combe de Trémoulin en dessous de Prunières, allant tous se jeter dans la Jonche.

. Bassin versant du ruisseau des Rioux.

Superficie : 3,990 Km²

La limite nord ouest va du sommet du Senepy au Serre de l'Horizon en passant par le Fumay, donc contiguë au Rif Montey.

La limite nord est commence avec le ruisseau des Chuzins : du Serre de l'Horizon au point 1231.

La limite est est formée par la crête qui se trouve entre les points 1231 et 1168 (carte au 1.20 000 La Mure n° 5), puis descend vers le village des Rioux en amont duquel se situe le point de jaugeage.

La limite sud part des Rioux et va jusqu'au point coté 1365 (carte au 1/20 000 La Chapelle-en-Vercors 7-8) en passant par le lieu dit "écurie Templier".

La limite sud ouest joint le point 1365 au sommet du Senepy par le Serre de Chat Pendu.

Le ruisseau des Rioux va confluer avec la Jonche en dessous de Prunières.

+ Bassins orientés au Sud.

Deux grandes unités :

le ruisseau de Saint-Arey et le ruisseau de Mayres. A part cela, quelques ruisselets sur les bords du Drac, un ruisseau plus important dans la région de La Baume et surtout celui du vallon de Combe Neveuse qui ne prend de l'importance qu'à partir de l'endroit où il reçoit l'écoulement d'une galerie des Houillères du Bassin du Dauphiné.

. Bassin versant du ruisseau de Saint-Arey.

Superficie : 1,330 Km².

La limite est part du point 1365, passe à Comberton Chenevarie, Pellenfrey et le Mas, avant d'aboutir au Moulin Goubet sur le bord de la Départementale 116 où se situe le point de jaugeage.

La limite ouest part du même point 1365, passe aux Sagnes et au Serre Chauvet et aboutit au Moulin Goubet.

. Bassin versant du ruisseau de Mayres.

Superficie 4,430 Km².

La limite nord est est contiguë au ruisseau des Rioux : elle part du sommet du Senepy et va au point 1365 en passant par le Serre de Chat Pendu.

La limite est, du point 1365 au Serre Chauvet, est commune au ruisseau de Saint-Arey, puis du Serre Chauvet oblique vers le virage en épingle à cheveux de la D.116 où se trouve le point de jaugeage.

La limite sud ouest : part du point de jaugeage, monte le flanc est du Serre de Mayres, passe aux Peyrouses et finit aux côtes de Mayres.

La limite ouest est la ligne de crête du massif de Senepy : le Serre de l'Aigle et se termine au sommet du Senepy.

Le ruisseau de Saint-Arey et le ruisseau de Mayres confluent au point coté 627 (carte au 1/20 000 La Chapelle-en-Vercors 7-8) sous le Serre de Mayres, et le cours d'eau résultant va se jeter dans la retenue du barrage de Monteynard à l'aval du village de

Saint-Arey.

Nota. - Tous les noms propres cités sont ceux des cartes topographiques au 1/20 000 : La Mure n° 1 et 5 ;
La Chapelle-en-Vercors n° 3-4 et 7-8.

X B - LE CLIMAT.

Le climat est le deuxième facteur important pour étudier un régime hydrologique, et il convient de noter son adaptation étroite à la géographie.

A l'échelle du département par exemple, l'altitude a un rôle prépondérant et découpe la région en grandes zones à climats assez tranchés.

D'autres facteurs amènent des variations par rapport à ces types moyens de climat, quand la région considérée est moins étendue et les variations relativement faibles ; c'est le cas par exemple de l'orientation des versants et plus particulièrement de l'opposition entre versants nord et sud.

1. Climat général de la région. Comparaison avec les régions voisines. Evolution dans le temps.

Le Climat de la Matheysine est rude, du fait de son altitude - environ 900 mètres pour le plateau - et de ce que le vent souffle avec violence étant en quelque sorte canalisé entre les massifs montagneux : Connex et Senepy à l'Ouest, Grand Serre et Tabor à l'Est.

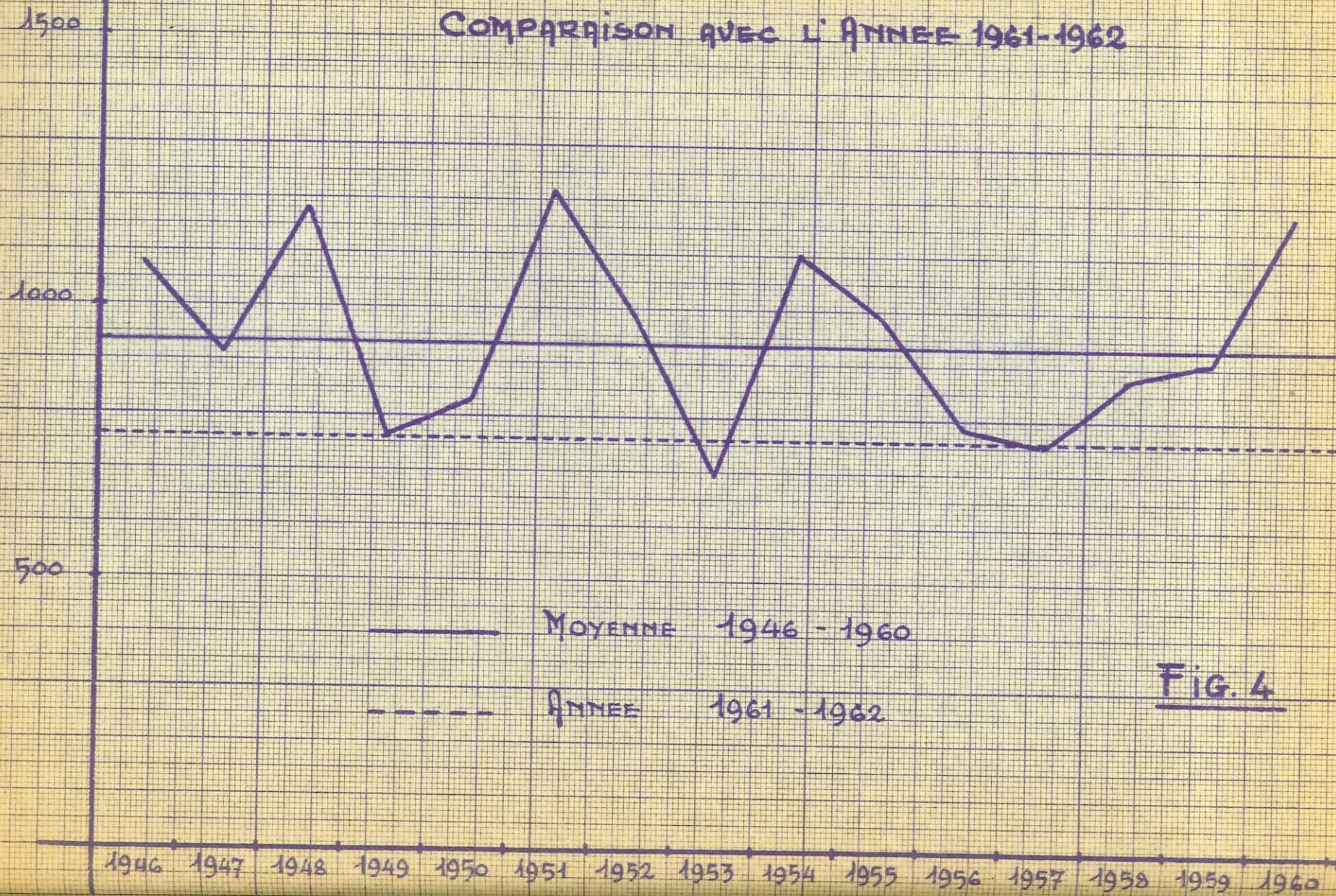
Le document de la figure 3 (aimablement communiqué par le Génie Rural de l'Isère) permet de comparer les hauteurs moyennes de précipitations dans le département.

La région étudiée reçoit entre 700 et 1100 millimètres d'eau par an, et plus précisément 700 à 900 millimètres sur le plateau et 900 à 1100 sur les sommets. C'est donc une zone assez faiblement arrosée puisque le minimum départemental se situe à 700 millimètres. La région la moins arrosée est celle qui se

HAUTEUR
D'EAU
mm./ann. l/m^2

PRECIPITATIONS DE 1946 A 1960

COMPARAISON AVEC L'ANNEE 1961-1962



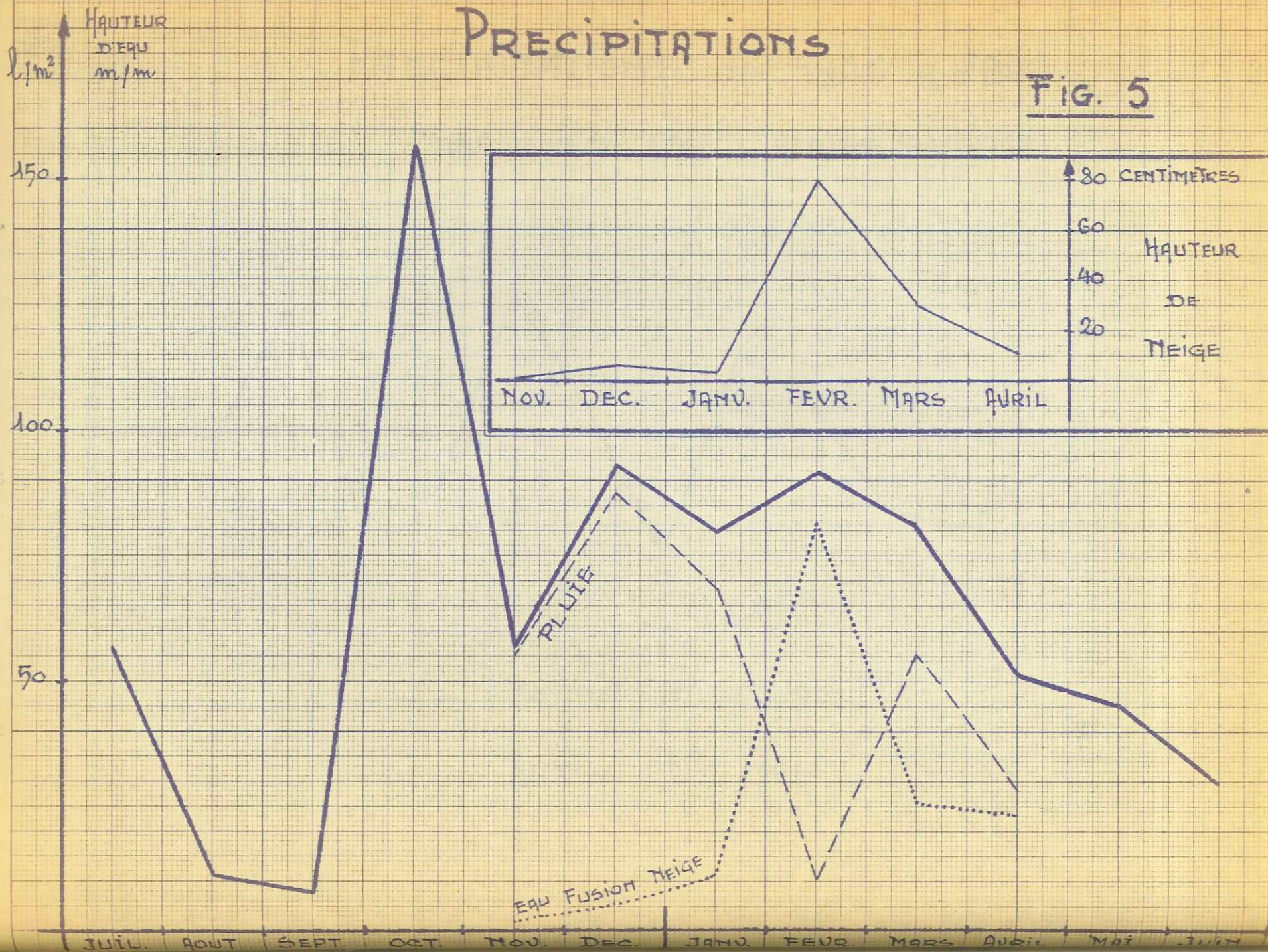
MOYENNE 1946 - 1960

ANNEE 1961 - 1962

FIG. 4

PRECIPITATIONS

FIG. 5



ISOHYETES ANNUELLES 1961

Hauteur totale des Précipitations pour l'année 1961
(Document E.D.F.)

LEGENDE

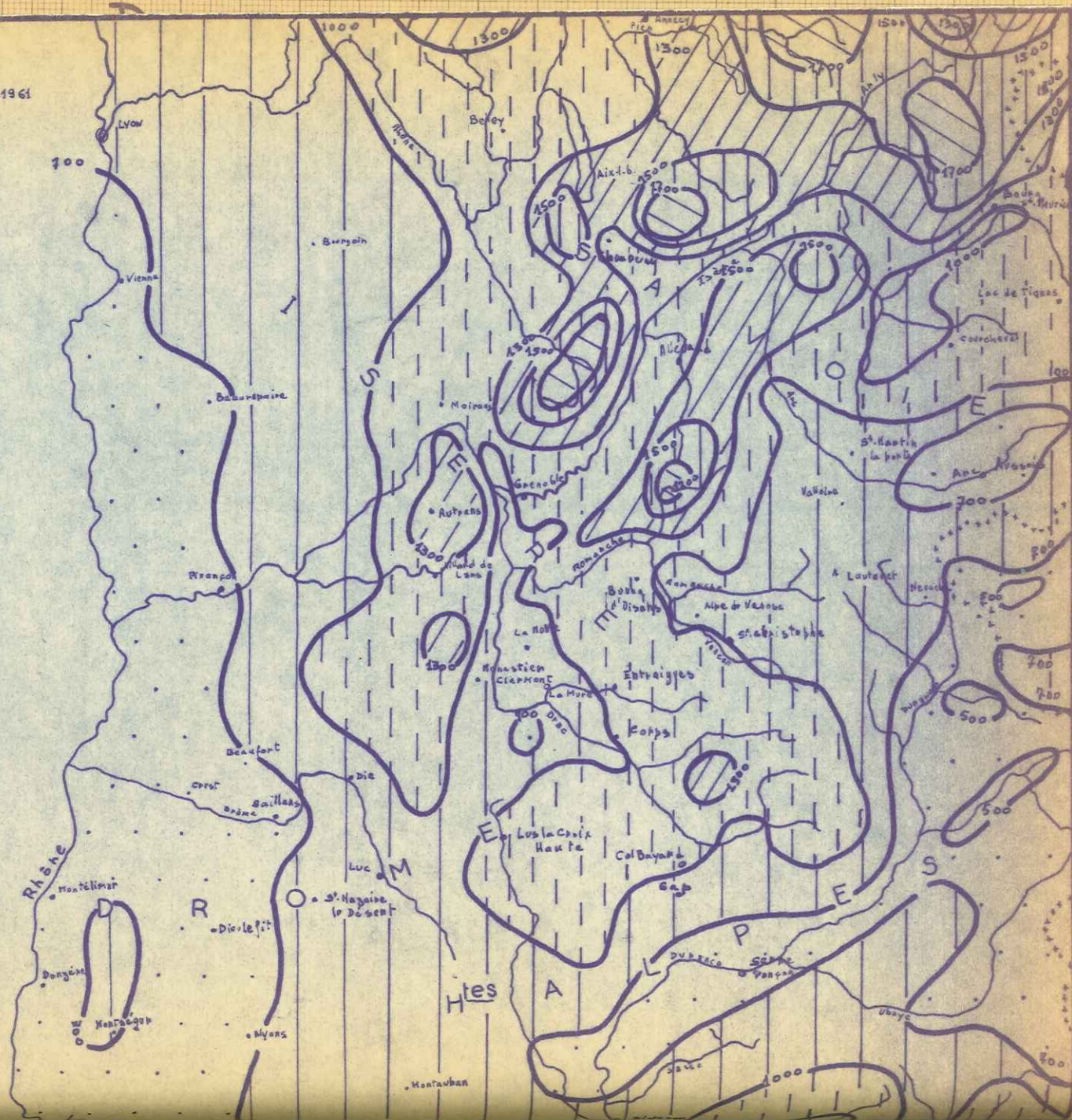
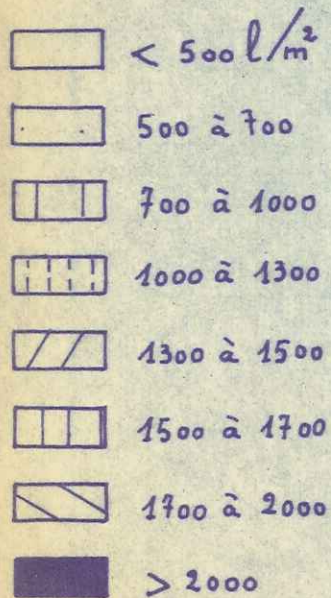


Fig. 6

trouve en bordure de la plaine du Rhône avec 700 à 900 millimètres. Plus à l'Est, l'ensemble : plateau de Chambaran, plaine de Bièvre, région de La Tour-du-Pin et Ile Crémieu est plus humide, recevant 900 à 1100 millimètres par an. Les régions les mieux arrosées sont les grands massifs montagneux : Vercors et Chartreuse, Sud de Belledonne et Taillefer, avec 1100 à 1500 millimètres par an ; les hauts sommets reçoivent le maximum, c'est-à-dire plus de 1500 millimètres.

Après la répartition dans l'espace, il faut considérer l'évolution des hauteurs de précipitations dans le temps (fig. 4). Les observations portant sur quinze années successives (1946 à 1960) ont été effectuées : à la station de La Motte-d'Aveillans jusqu'en 1955, puis à celle de Susville. En toute rigueur, le climat ne peut être absolument identique dans les deux stations, mais l'erreur faite en le supposant tel est minime : en effet, les stations sont proches et leur orientation n'est pas opposée. La différence serait plus marquée si la deuxième station se trouvait au Sud, vers Saint-Arey par exemple.

Les hauteurs d'eau se situent entre un minimum de 700 et un maximum de 1200 millimètres, la moyenne se trouvant à environ 935 millimètres par an.

2. Climat de la région pendant l'année Juillet 1961-juin 1962.

a) Précipitations.

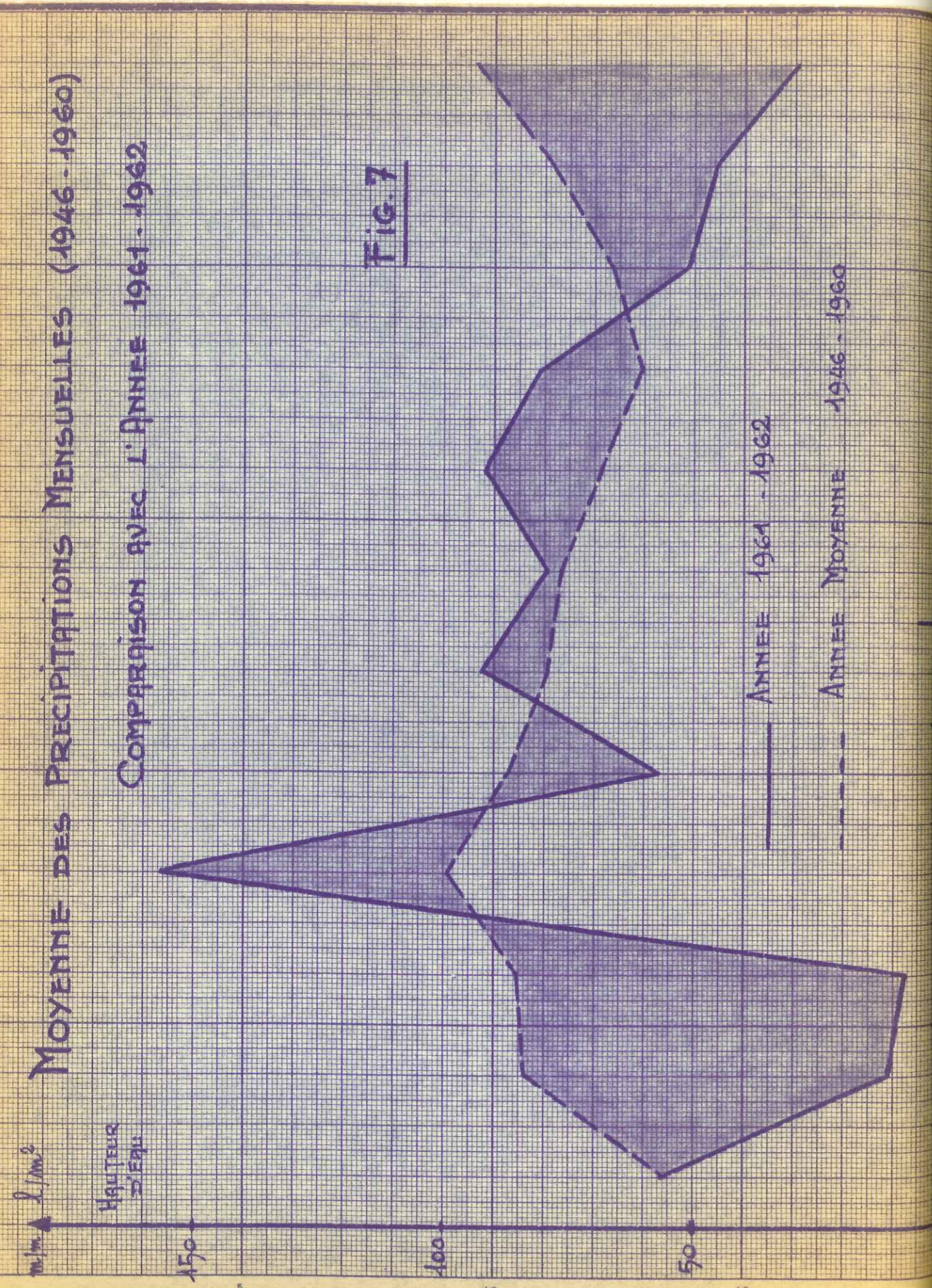
Les observations concernant concernent toujours la station de Susville (Fig. 5). La hauteur totale d'eau tombée a été de 760,5 millimètres dont 80 % sous forme de pluie et 20 % sous forme de neige. Le minimum se situe en août (11 mm) et septembre (8 mm), le maximum au mois d'octobre (157 mm).

La figure 6 (document communiqué par l'Electricité de France) représente la hauteur totale des précipitations pour l'année 1961

MOYENNE DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES (1946-1960)

COMPARAISON AVEC L'ANNÉE 1961-1962

FIG. 7



de la Savoie aux Hautes-Alpes, et permet de comparer la pluviosité de la Matheysine et celle des régions d'alentour.

Dès que le climat intervient dans une étude, il est bon que celle-ci porte sur une longue durée.

En effet, si pour une période d'une dizaine ou d'une quinzaine d'années le climat d'une région peut être considéré en moyenne comme stable, il n'en est plus de même quand des durées plus courtes sont envisagées ; c'est ainsi que d'une année à l'autre la différence de pluviosité peut être importante - pour la région par exemple, 590 millimètres d'eau en 1953 et 1100 mm en 1954, soit 57 % en plus.

La présente étude n'ayant pu porter, pour diverses raisons, que sur une année, il est nécessaire de situer le climat de cette année par rapport au climat moyen et de donner par là une valeur plus générale aux conclusions.

Comme précédemment, ce sont les observations des années de 1946 à 1960 (fig. 7) qui serviront de référence. Sur le graphique a été portée la hauteur des précipitations de 1961-1962 qui se trouve inférieure de 175 millimètres à la moyenne. C'est une année sèche, ce niveau n'ayant été atteint que trois fois et une seule année ayant été inférieure en quinze ans.

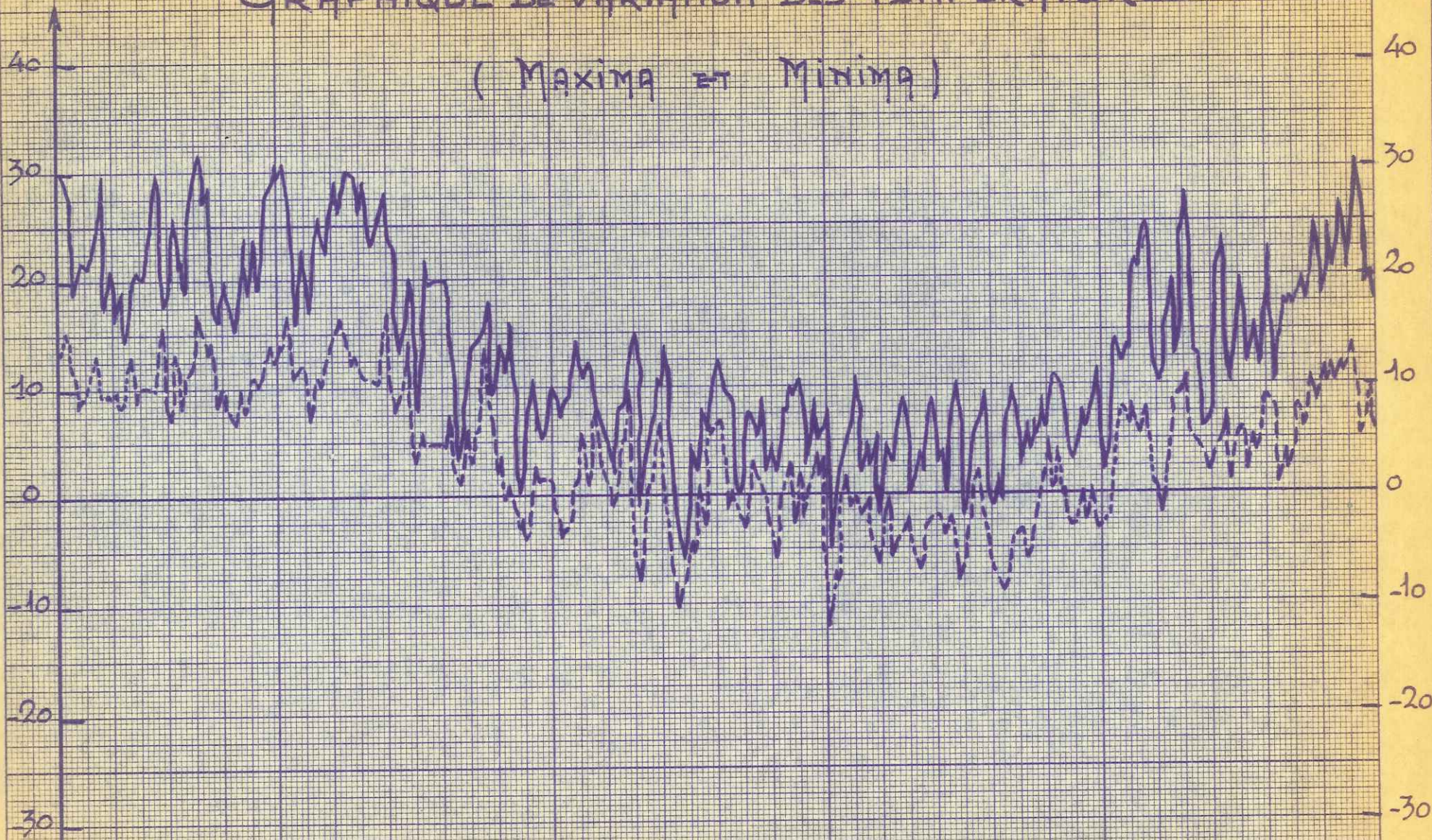
Il est intéressant aussi de comparer les hauteurs mensuelles de précipitations avec les moyennes mensuelles pour les quinze années de référence. Dans ce cas, il ne faut pas tant considérer les valeurs absolues des moyennes que la ligne générale du graphique, car ce dernier se trouve aplati du fait que le même mois voit ses différences de pluviosité d'année en année se compenser statistiquement.

Entre juillet et septembre, le graphique de l'année varie en sens inverse de celui de la moyenne en accusant une forte baisse de pluviosité ; entre septembre et novembre la variation se fait dans le même sens pour les deux graphiques ; ils s'opposent à nouveau entre novembre et décembre, se suivent à peu près entre décem-

TEMPERATURE

GRAPHIQUE DE VARIATION DES TEMPERATURES

(MAXIMA ET MINIMA)



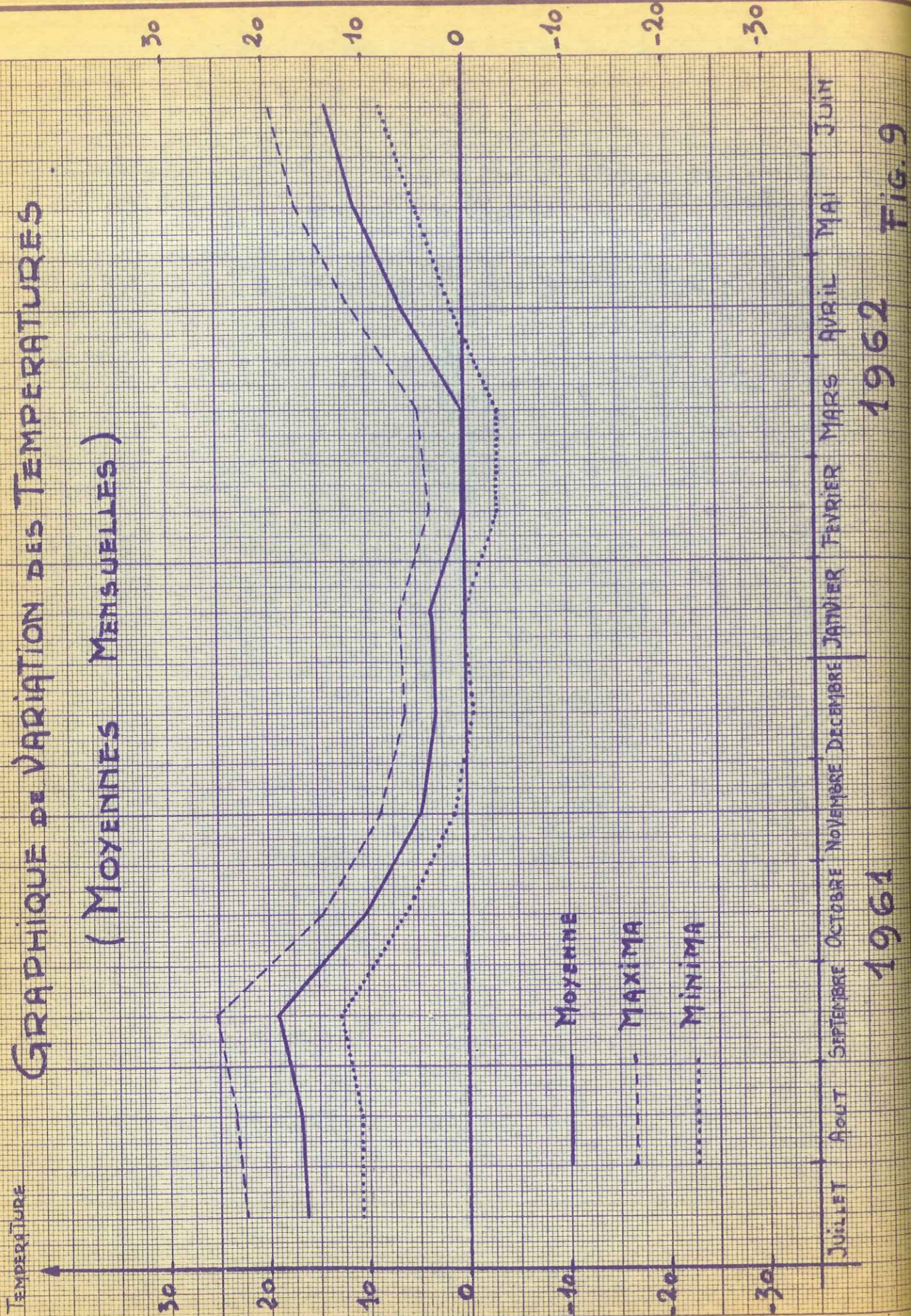
JUILLET AOUT SEPTEMBRE OCTOBRE NOVEMBRE DECEMBRE JANVIER FEVRIER MARS AVRIL MAI JUIN

1961

1962

Fig. 8

GRAPHIQUE DE VARIATION DES TEMPERATURES (MOYENNES MENSUELLES)



1962 FIG. 9

1961

bre et mars et divergent à nouveau fortement jusqu'en juin indiquant encore un déficit par rapport à la moyenne. Ce déficit en eau se visualise bien par la surface qu'encadrent les deux graphiques : les surfaces où le graphique de 1961-1962 forme la limite inférieure sont plus importantes que celles où il forme la limite supérieure.

En résumé, l'année 1961-1962 est peu pluvieuse, et la hauteur de précipitations avoisine le minimum des moyennes de la région.

b) Températures. Evapo-transpiration.

La variation des températures est représentée sur le graphique de la figure 3 et résume les observations de la station de Susville. La température a été relativement clémente cette année, puisqu'elle ne s'est maintenue que rarement au-dessous de zéro d'une façon régulière. La figure 9 concerne les moyennes mensuelles ; elle permet de relier précipitations et température, car quand cette dernière se maintient près de zéro ou au-dessous, l'eau est retenue sous forme solide pour n'être libérée que quand la température remonte suffisamment.

× Il est aussi possible de corriger la valeur brute des hauteurs de précipitations, car un décalage peut exister dans le temps entre leur chute effective et leur utilisation sous forme liquide par les cours d'eau. ×

× La température a évidemment une action directe sur l'évaporation de l'eau, mais elle est assez faible sous nos climats. Plus importante est l'action de la végétation qui prélève une fraction non négligeable des précipitations pour ses besoins. L'ensemble groupé sous le nom d'évapotranspiration est mesuré par le "déficit d'écoulement", c'est-à-dire en gros la différence entre la quantité d'eau tombée et celle qui est évacuée par le cours émissaire. Certains auteurs l'estiment à 550 ou 600 millimètres pour une année moyenne (entre 1891 et 1950) dans la région de Grenoble. Ce chiffre a besoin d'être modifié en tenant compte des facteurs qui peuvent faire différer une zone donnée du cas

moyen pour la région entière : par exemple des espèces végétales différentes, car toutes n'ont pas les mêmes besoins, ou encore des différences d'altitude qui peuvent imposer des modes de vie dissimilaires à une même espèce. C'est le cas pour la région de l'étude dans l'année considérée, où l'estimation citée plus haut se montre en général bien supérieure à la réalité.

C - CADRE GÉOLOGIQUE.

Après la situation géographique et le climat qui conditionnent la quantité d'eau reçue par la région, la constitution géologique de celle-ci a une incidence sur la destinée des précipitations après leur arrivée au sol. En effet, suivant la nature des terrains, l'eau va courir à leur surface ou s'infiltrer en profondeur. De même, des dislocations de ces terrains peuvent présenter des voies de cheminement préférentiel ou un obstacle. Au total, ce troisième facteur amène des modifications du régime hydrologique qui vont porter sur le circuit des eaux, dans l'espace (verticalement et horizontalement) et dans le temps.

Nous allons, après avoir situé la région dans les Alpes, décrire sommairement la série stratigraphique, en indiquant le comportement des différents terrains vis-à-vis de l'eau, puis la tectonique qui l'a affectée.

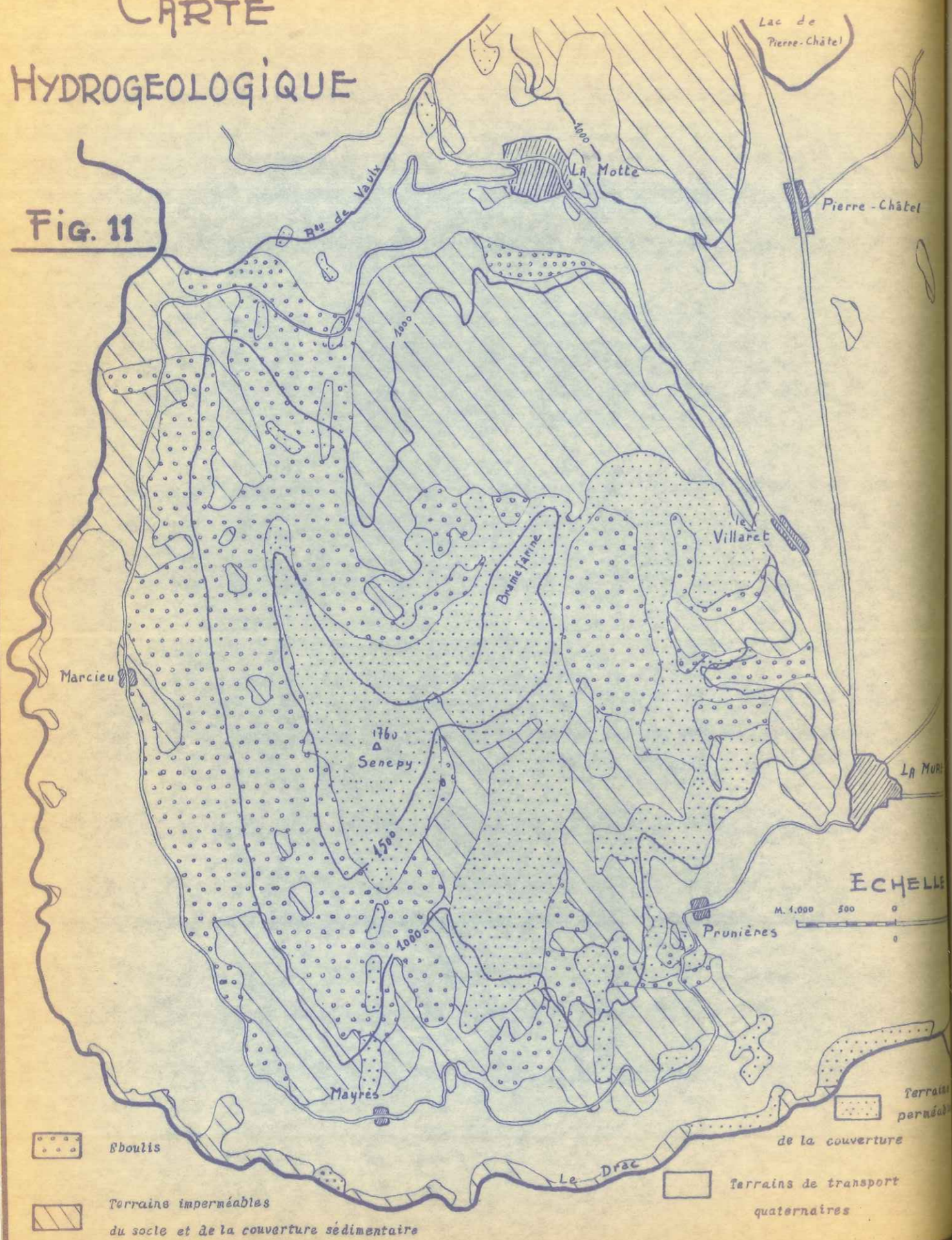
1. Situation de la région dans les Alpes.

Le plateau glaciaire de La Matheysine, sur lequel se trouve le Bassin houiller de La Mure, se situe au point d'inflexion maximum de l'arc des massifs cristallins externes des Alpes occidentales.

La chaîne hercynienne de Belledonne comporte deux chaînons parallèles de direction Nord-Est-Sud-Ouest ; après la cluse de la Romanche, en allant vers le Sud, le chaînon interne dévie vers l'Est, tandis que le chaînon externe s'ennoie après avoir pris

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Fig. 11



une direction approximativement Nord-Sud (fig. 10).

C'est la raison pour laquelle les synclinaux de Houiller productif ont pu garder de l'importance : en effet, plus au Nord, ils ont été écrasés entre les deux rameaux de la chaîne cristalline.

2. La série stratigraphique. Comportement des terrains vis-à-vis de l'eau.

Pour caractériser la façon dont une roche se comporte vis-à-vis de l'eau, il faut définir deux grandeurs à bien distinguer : la porosité et la perméabilité.

La porosité est la proportion du volume de la roche qui correspond à des vides susceptibles d'être occupés par l'eau ; elle s'exprime en pourcentage.

La perméabilité est un coefficient caractérisant la facilité plus ou moins grande avec laquelle l'eau circule à travers la roche.

Elles ont une signification statistique car elles caractérisent l'effet total d'une série de vides, communiquant plus ou moins largement entre eux, sans analyser le détail de leur forme.

Mais, deux cas très différents se présentent : si les vides correspondent aux interstices entre les grains de la roche, le volume qu'il faut considérer pour que les valeurs de la porosité et de la perméabilité aient un sens reste petit par rapport à la valeur des phénomènes de circulation. Il s'agit de porosité et perméabilité "en petit".

L'autre cas concerne la porosité et la perméabilité "en grand". Les vides de la roche sont alors dus à la fracturation et surtout à la dissolution. Ces vides peuvent être extrêmement irréguliers et séparés par des distances de l'ordre du mètre, du décimètre ou même plus. Le volume nécessaire pour les caractériser par des porosités moyennes devrait être de l'ordre de l'hectomètre cube, du kilomètre cube et parfois plus grand. En tous cas, à la dif-

férence de la première possibilité, aucune détermination de ces propriétés moyennes sur échantillons, en laboratoire, n'est possible.

La série stratigraphique va des terrains antéhouillers (micaschistes) au Dogger inférieur. Il faut ensuite attendre l'ère quaternaire pour voir de nouveaux dépôts : ce sont des terrains de transport fluvio-glaciaires.

I. - Les terrains antéhouillers.

Ce sont des micaschistes - série cristallophyllienne acide - qui forment le substratum des assises houillères, roches assez tendres, altérables et très feuilletées, dont l'âge est indéterminé.

Dans la zonéographie de JUNG et ROQUES, ils correspondraient à la zone des micaschistes supérieurs. Ceci représente leur position zonéographique actuelle car, comme dans toute la chaîne de Belledonne, il y a eu deux phases de métamorphisme : la première a placé la série cristallophyllienne dans la zone des micaschistes inférieurs, la seconde, moins intense, la faisant remonter - rétro-morphose - dans les micaschistes supérieurs.

Ces terrains forment le plus généralement des masses imperméables. Néanmoins, la partie superficielle en est souvent diaclasée et fissurée, permettant ainsi la circulation des eaux et par conséquent la présence de sources. Ces dernières sont peu abondantes car la zone constituant le réservoir d'alimentation présente un volume relativement peu important du fait de sa faible profondeur ; cette condition explique aussi que les sources fonctionnent surtout à la fonte des neiges, l'eau étant alors abondante à la surface du sol, et que le débit baisse tout de suite après.

II. Le Houiller.

Il comprend deux étages : Westphalien et Stéphanien, développant au total une épaisseur de 300 mètres dont 70 pour le Westphalien.

WESTPHALIEN.— Un conglomérat de base peu épais, nettement discordant sur les micaschistes, le précède au contact du socle ; il est polygénique et composé d'éléments de quartz, de micaschistes et de roches vertes, enrobés dans une pâte très micacée.

Au-dessus viennent des schistes fins, bitumineux, contenant une flore à Lixonema alpinaprèpondérant et plusieurs espèces de Pecopteris.

Ce sont ensuite des terrains plus micacés à débris végétaux.

A la suite de mouvements orogéniques ou épirogéniques, la sédimentation s'est interrompue et a repris sous la forme d'un conglomérat de base.

STÉPHANIEN.— Au-dessus de ce conglomérat se trouve une puissante série de schistes et de grès qui contiennent les couches d'anthracite constituant l'assise productive d'âge Stéphanien A, exploitée par les Houillères du Bassin du Dauphiné.

Près des 80 % de l'exploitation se font sur la "Grande Couche" dont la puissance varie entre 10 et 12 mètres. D'autres veines, plus réduites, sont néanmoins exploitables dans certains cas favorables, par exemple la "couche Henriette" ou la "couche Rolland". Ces couches sont constituées d'anthracite, comme tous les charbons des Alpes, ou plus exactement de peranthracite, au point de vue minéralogique. Les bonnes qualités se caractérisent par leur éclat vitreux et brillant, leur grande dureté et leur cassure conchoïdale.

D'une densité de 1,60 à 1,65 et d'une dureté de 2,5 à 3, elles sont composées de :

89,5 % de carbone, 4 % de matières volatiles, 2,6 % de cendres et 3,9 % d'eau.

Dans les charnières anticlinales, près de la couverture mésozoïque, l'anthracite présente des diaclases recimentées par de

la silice, de la dolomie ou de la calcite, qui abaissent la qualité par suite d'une augmentation notable de la teneur en cendres.

- Comportement hydrologique.

Les terrains houillers étant formés principalement de schistes et de grès seraient imperméables en eux-mêmes ; cependant, des circulations d'eau, parfois importantes, existent en leur sein ainsi qu'il est constaté dans les travaux des Houillères du Bassin du Dauphiné (H.B.D.). Il faut en chercher l'explication dans la tectonique et la nature des terrains sus-jacents. Les assises qui surmontent immédiatement le Houiller sont celles du Trias qui est le plus souvent fortement aquifère. Il suffira donc que des mouvements tectoniques aient disloqué en partie une zone de Houiller, ou qu'une grande fracture perméable l'affecte ainsi que sa couverture, pour que l'eau venant du Trias puisse s'y infiltrer et y circuler. Il n'est donc aquifère que par suite de circonstances spéciales, indépendantes de sa composition lithologique.

III.- La couverture mésozoïque.

Elle est essentiellement constituée des terrains du Trias, du Lias et du Dogger inférieur, reposant en discordance sur le Houiller et même parfois sur le socle cristallophyllien.

La zone où se trouvent les exploitations des H.B.D. correspond sensiblement à l'axe du seuil vindélicien apparu à la fin du cycle hercynien. Sur ce haut-fond se déposent les différentes assises du Trias et du Lias. Les faciès de ces sédiments ont des caractères particuliers, qui évoluent quand on s'éloigne de l'axe de ce seuil.

a) Le Trias.

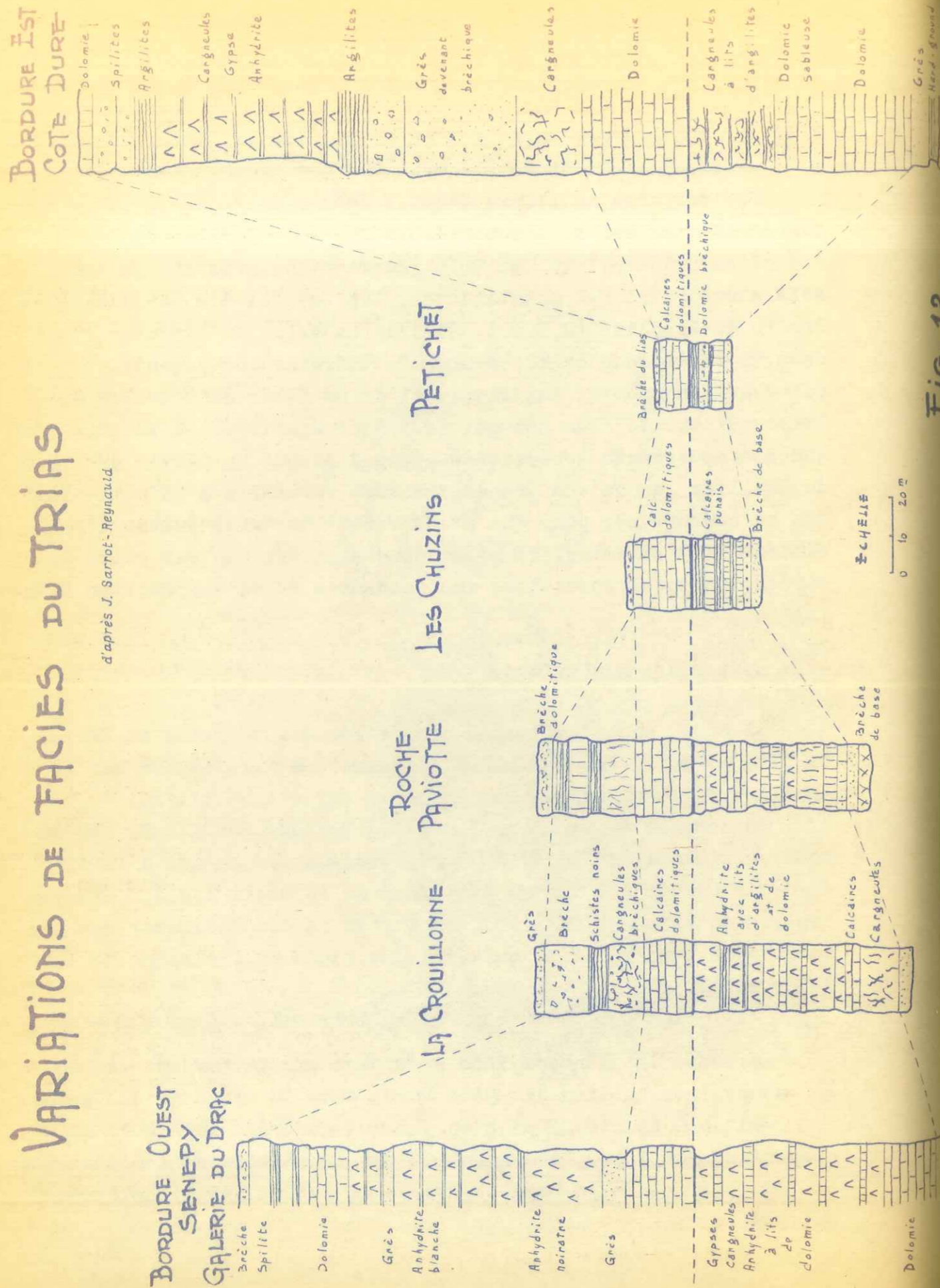
La coupe la plus complète se trouve sur la bordure est de la Matheysine, au lieu-dit Côte Dure, dans le ravin de la Jonche.

Elle est limitée à sa base par les gabbros, amphibolites et serpentines du Tabor, à son sommet par le Rhétien et l'Uettangien.

En partant de la base se trouve la succession lithologique suivante :

VARIATIONS DE FACIÈS DU TRIAS

d'après J. Sarrot-Reynaud



- une brèche de base ;
- des grès de base ;
- des "dolomies inférieures" gréseuses ou même sableuses, contenant des liyophories ;
- des gypses et anhydrites "inférieurs" alternant avec des lits dolomitiques ;
- des "dolomies principales", gris clair, qui ont également fourni des liyophories et constituent l'horizon-repère du Trias de la région ;
- elles sont surmontées de grès, passant vers le haut à des brèches ;
- des gypses et anhydrites "supérieurs", alternant avec des lits d'argilites et se terminant par des bancs dolomitiques ;
- des coulées de spilités séparées par des intercalations d'argilites.

L'épaisseur totale est d'environ 250 mètres.

Cette série présente d'importantes variations de faciès, tant du Nord au Sud que d'Est en Ouest (fig. 12).

. Variations du Nord au Sud :

la réduction d'épaisseur de la partie supérieure de la série peut être attribuée à l'érosion anté-liasique. Par contre, la réduction de la base de la série marque un biseau stratigraphique correspondant à une transgression tardive de la mer du Trias, représentée ici par les calcaires dolomitiques.

La transgression a été plus tardive au Nord qu'au Sud de la région.

. Variations dans le sens Est-Ouest :

elles traduisent l'existence, dans la région Laffrey-Petitchet, d'un haut-fond causant le dépôt d'une série réduite calcaréo-dolomitique. Ce haut-fond sépare deux zones à séries plus épaisses, où évaporites et laves spilitiques sont bien représentées : ce sont les bordures actuelles du dôme de La Hure.

Ces variations de faciès, très brusques, et très importantes, se produisent sur des distances assez courtes, par exemple 5 kilomètres entre Petitohet et Côte Dure.

Le haut-fond serait un fragment du Seuil viridélien, paléorelief encadré de sillons profonds ; il est dû à des mouvements orogéniques de la fin du Permien. Les transgressions ont lieu tout autour du relief de La Hure, qui fut submergé pendant deux périodes : celle du dépôt des dolomies "capucin" et celle de la dolomie "principale".

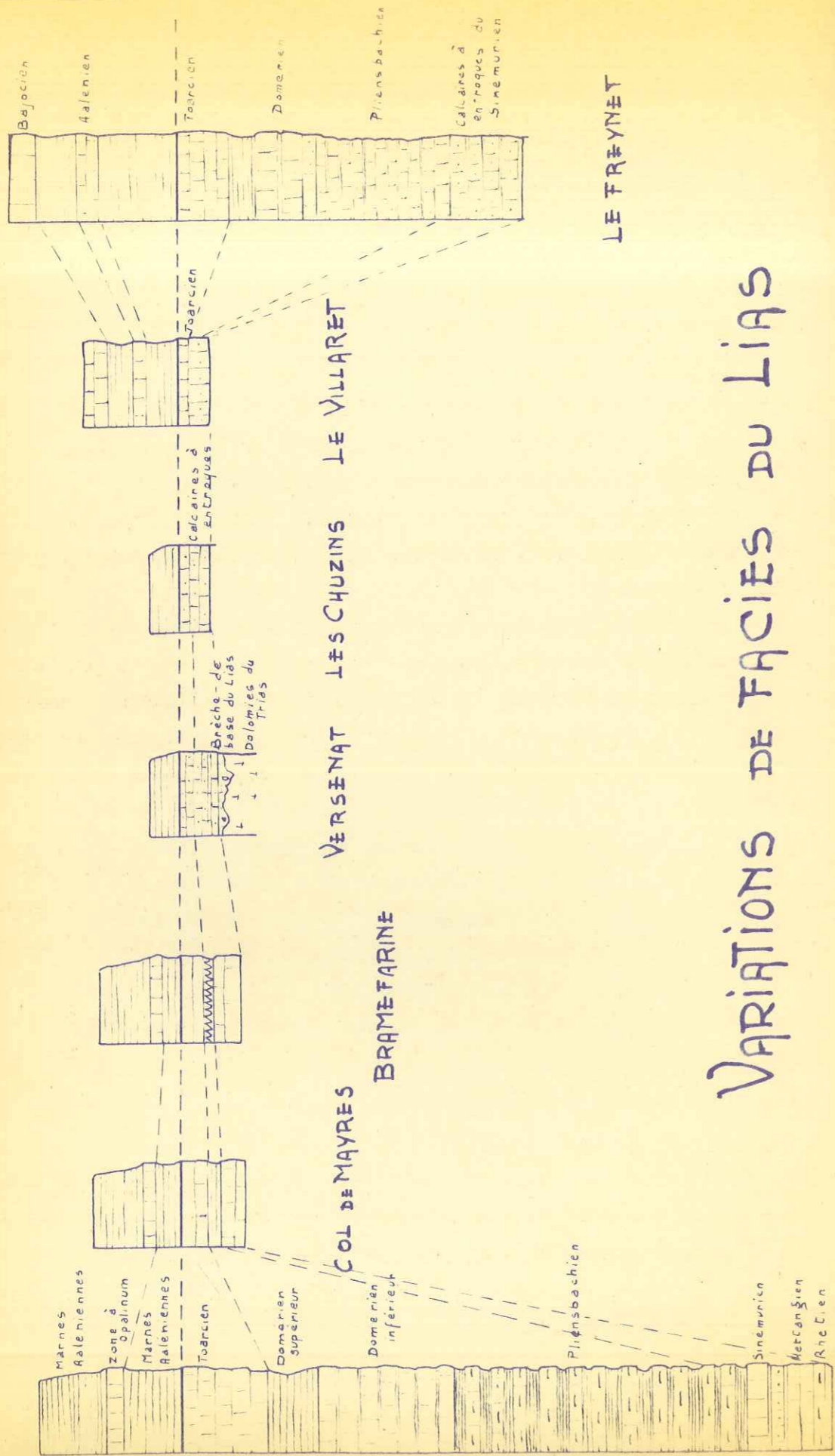
. Importance du Trias pour les circulations d'eau.

Le Trias est un terrain qui a ici une grande influence sur le régime hydrologique, par le fait qu'inversement l'eau a une action importante sur lui : dans ses différents constituants lithologiques se trouvent en effet des termes plus ou moins solubles.

Il faut en premier lieu citer le gypse (sulfate de calcium hydraté) qui se dissout le plus facilement ; ensuite vient l'anhydrite, variété non hydratée du sulfate de calcium. Cet anhydrite, roche dure et de bonne qualité au point de vue mécanique, peut dans certains cas se transformer en gypse, beaucoup plus tendre, sous l'action de l'eau, la réaction s'accompagnant d'un gonflement important qui le fait "foisonner" ; les conditions de cette transformation ne sont pas encore clairement élucidées.

Les calcaires dolomitiques sont eux aussi solubles, mais beaucoup moins que les deux roches précédentes ; leur altération peut produire une roche singulière, la cargneule, masse calcaire spongieuse à vides polyédriques, où ce qui reste est un réseau de veines ayant cimenté une roche très fragmentée qui a disparu. L'origine de ces cargneules pourrait se trouver dans des phénomènes de dissolution sélective, en admettant une réaction du gypse sur la dolomie, le sulfate de magnésium, très soluble, devant disparaître. Ceci ne suffit quand même pas à expliquer pourquoi le calcaire avait pris la forme d'un réseau de

ECHELLE 0 100 200 m



VARIATIONS DE FACIES DU LIAS

SENEPY

Fig. 13

veines entre les fragments anguleux qui ont disparu.

Quel que soit le degré de véracité de ces hypothèses, les faits demeurent : le Trias présente dans sa masse des cavités de dissolution plus ou moins reliées entre elles et offrant de ce fait une voie de circulation à l'eau. Ces cavités peuvent avoir des dimensions très importantes, ainsi que l'ont montré des observations dans les travaux des Houillères du Bassin du Dauphiné.

Il peut ainsi se former de vastes poches pleines d'eau permettant au Trias d'assumer un rôle de "réservoir" et de compenser les variations du régime climatique pour les sources qui en sortent. Ces sources apparaissent quand le Trias affleure en des points bas par exemple, ou quand un obstacle imperméable oblige l'eau à remonter ; elles sont caractérisées par leur teneur importante en sulfate dissous.

Les quantités d'eau pénétrant dans ce terrain par infiltration sont importantes, du fait que celle-ci ne se produit pas seulement aux endroits où le Trias lui-même affleure, mais aussi à ceux où il est seulement recouvert par le calcaire de Laffrey ainsi qu'on le verra dans le paragraphe suivant.

b) Le Lias.

Il constitue la majeure partie de la couverture mésozoïque du dôme de La Plure ; des variations de faciès donnent encore des séries différentes suivant que l'on se trouve dans l'axe du haut-fond ou dans les sillons marginaux.

La figure 13 schématise ces variations d'Ouest en Est. Il est intéressant de décrire deux séries typiques, l'une correspondant à l'épaisseur maximum, l'autre à la plus grande réduction.

. Le Lias dauphinois.

C'est la série complète dont la coupe typique peut se trouver dans les pentes du Senepy, identique à celle trouvée dans la Galerie du Drac des H.B.D.

A la base, une brèche à éléments triasiques repose sur des spilites très colorés.

Au-dessus vient le Rhétien, composé de dolomies à patine rousse alternant avec des argilites.

L'Hettangien débute par des calcaires noduleux, puis alternance de bancs calcaires et lits marneux.

La série passe insensiblement au Sinémurien au sommet duquel se trouvent quelques bancs de calcaires à entroques, surmontés de plusieurs gros bancs de calcaire franc. Ce sont les derniers épisodes bien calcaires précédant la série monotone de calcaires marneux et de schistes noirs formant la puissante assise que les fossiles permettent d'attribuer au Lotharingien et au Fliensbachien.

Une alternance de bancs calcaires et de lits marneux correspond ensuite au Pliensbachien supérieur et au Domérien inférieur. Les bancs terminaux du Domérien inférieur, plus calcaires, forment par exemple le Bec d'Avignonet.

Le Domérien supérieur, au-dessus de cette corniche plus dure, correspond à la combe des "marnes de la Clapisse". Après ces marnes, nouvelle corniche de calcaires plus ou moins francs, pouvant devenir crinoïdiques vers le sommet : c'est le Toarcien qui présente une belle patine rousse et se débite en assez gros blocs.

A son sommet se trouve un hard-ground qui marque la fin de la zone à Bifrons, avant le dépôt des marnes aaléniques inférieures.

L'épaisseur de cette série liasique est voisine de 1200 mètres pour la partie comprise entre l'Hettangien et le Toarcien.

Quant à la série aalénienne, son épaisseur est difficile à apprécier étant donné les phénomènes d'érosion et de recouvrement glaciaires. On peut néanmoins fixer celle des marnes aaléniques inférieures à une centaine de mètres.

Au-dessus, les calcaires marneux de la zone à Opalinum ont une puissance d'une trentaine de mètres. Les marnes aaléniques supérieures leur succèdent, très épaisses, formant une vaste zone à topographie assez molle. Leur épaisseur est d'autant plus difficile à évaluer qu'elles sont peut-être redoublées par faille.

. Dans le périmètre des Houillères du Bassin du Dauphiné.

Le Lias est incomplet ; ni le Rhétien ni l'Hettangien classiques ne s'y trouvent.

La "brèche à argilites" de la fin du Trias peut donc être considérée comme compréhensive du Rhétien et d'une partie de l'Hettangien.

La transgression proprement dite du Lias se présente sous la forme d'un dépôt d'un mètre ou deux de grès argileux et pyriteux reposant sur un banc très riche en zones siliceuses.

Au-dessus de cette microbrèche de transgression se trouve une puissante série de calcaires d'une épaisseur de 60 à 80 mètres. Ils sont formés en majeure partie de cristaux de calcite provenant d'articles de crinoïdes et de piquants d'oursins, enrobés dans un ciment calcaire peu abondant. On les désigne généralement sous le nom de "Calcaire de Laffrey".

C'est un calcaire néritique, grenu, gris bleuté, dur, à cassure miroitante, qui peut devenir spathique ou bréchoïde. Il se présente en bancs d'un mètre de puissance environ, séparés par des joints siliceux. Il s'agit d'une série compréhensive englobant Sinémurien, Charmouthien et Toarcien, comme le montrent les fossiles trouvés. Certains horizons tels que les zones siliceuses, en particulier au Charmouthien, font penser à des épisodes de sédimentation réduite.

Cette masse de calcaire de Laffrey modèle la topographie dans toute la région de La Mure, permettant de suivre la tectonique. A son sommet, un niveau plus marneux, riche en Hildoceras, marque la fin du Toarcien.

Au-dessus vient la puissante série des marnes aaléniennes, donnant des combes et des ravinements dans la topographie et dont l'épaisseur va de 30 à 100 mètres. Elles sont riches en Posidonomyes et passent à leur sommet aux calcaires marneux contenant de la pyrite et des matières organiques, qui représentent le Bajocien.

- Rôle hydrologique du Lias.

C'est surtout cette série réduite qui va nous intéresser, et plus particulièrement le Calcaire de Laffrey. Ce dernier, formé de carbonate de calcium presque pur, subit une certaine dissolution sous l'action des eaux chargées en gaz carbonique ; cependant un autre phénomène est bien plus important. Il faut bien se souvenir qu'il surmonte directement les assises plus solubles du Trias, donc si des diaclases assez importantes l'affectent ou si des déformations tectoniques l'ont plus ou moins fracturé, l'eau va pouvoir s'y infiltrer facilement et parvenir ainsi au Trias. Arrivée là, elle va le dissoudre assez vite, formant sous la dalle de calcaire un vide de plus en plus grand. Or, si le calcaire de Laffrey est dur, il est par contrecoup bien cassant ; un moment va donc arriver où le vide étant trop important, le toit de calcaire va s'y effondrer sous forme de blocs formant ce que l'on appelle une "doline". Cette excavation, plus ou moins vaste, met en communication presque directe le Trias avec l'extérieur et c'est pourquoi les affleurements de calcaire de Laffrey contribuent aussi à l'alimenter en eau. Ces dolines sont bien visibles et leurs entonnoirs se remarquent particulièrement dans la zone de Bramefarine et la Crouillonne, ainsi que sur le sommet du Senepy où les calcaires sont encore assez durs pour produire le phénomène

Quant aux marnes aaléniennes, elles forment un niveau régulièrement imperméable, sauf dans les zones de grands accidents tectoniques, comme pour tous les autres terrains.

c) Le Dogger.

C'est la formation la plus récente de la série mésozoïque dans la région.

Alors que le Bathonien appartient déjà au complexe des "terres noires", le Bajocien constitue une cuesta quasi continue tout au long des massifs cristallins externes.

. Dôme de La Hure.

Une coupe typique est celle du Bajocien entre Nantizon et Les Chuzins.

C'est une succession de bancs plus durs et plus calcaires et d'intercalations marneuses plus foncées. La différence est surtout nette à l'affleurement car, en profondeur, la masse des sédiments est plus homogène ; les calcaires marneux gris-bleuâtre ne montrent alors que quelques passées plus tendres et sont très riches en pyrite.

Les premiers horizons du Bajocien forment un ressaut calcaire assez net au-dessus des marnes de l'Aalénien supérieur.

Au-dessus de l'alternance calcaires marneux -- marnes, viennent des calcaires marneux en gros bancs se décomposant en boules. C'est la deuxième zone du Bajocien, caractérisée par Stephanoceras humphriesianum. L'épaisseur du Bajocien est de 150 à 200 mètres à Brédan par exemple.

Seule cette coupe nous intéresse, d'autres coupes différentes se trouvant en dehors de la région de la présente étude.

Le Dogger montre que si certains caractères du dôme de La Hure, comme son ennoyage au Sud et à l'Ouest vers des zones à faciès plus profonds, sont encore un peu marqués, cette époque représente la fin de l'histoire propre de ce haut-fond.

Les faciès de calcaires marneux témoignent, sur l'axe du dôme, de profondeurs marines plus importantes au Dogger qu'au Lias, profondeurs ne dépassant probablement pas quelques centaines de mètres.

Cet étage représente encore une zone imperméable.

IV.- Le Quaternaire. (Fig. 14).

Deux sortes de formations y correspondent : celles qui sont dues à l'activité des glaciers et des fleuves pendant et entre les grandes glaciations du Riss et du Würm, ce seront les formations "anciennes" ; celles qui traduisent l'action des différents agents actuels modifiant la morphologie du sol seront les formations "récentes".

COUPE SCHEMATIQUE DES FORMATIONS QUATERNAIRES

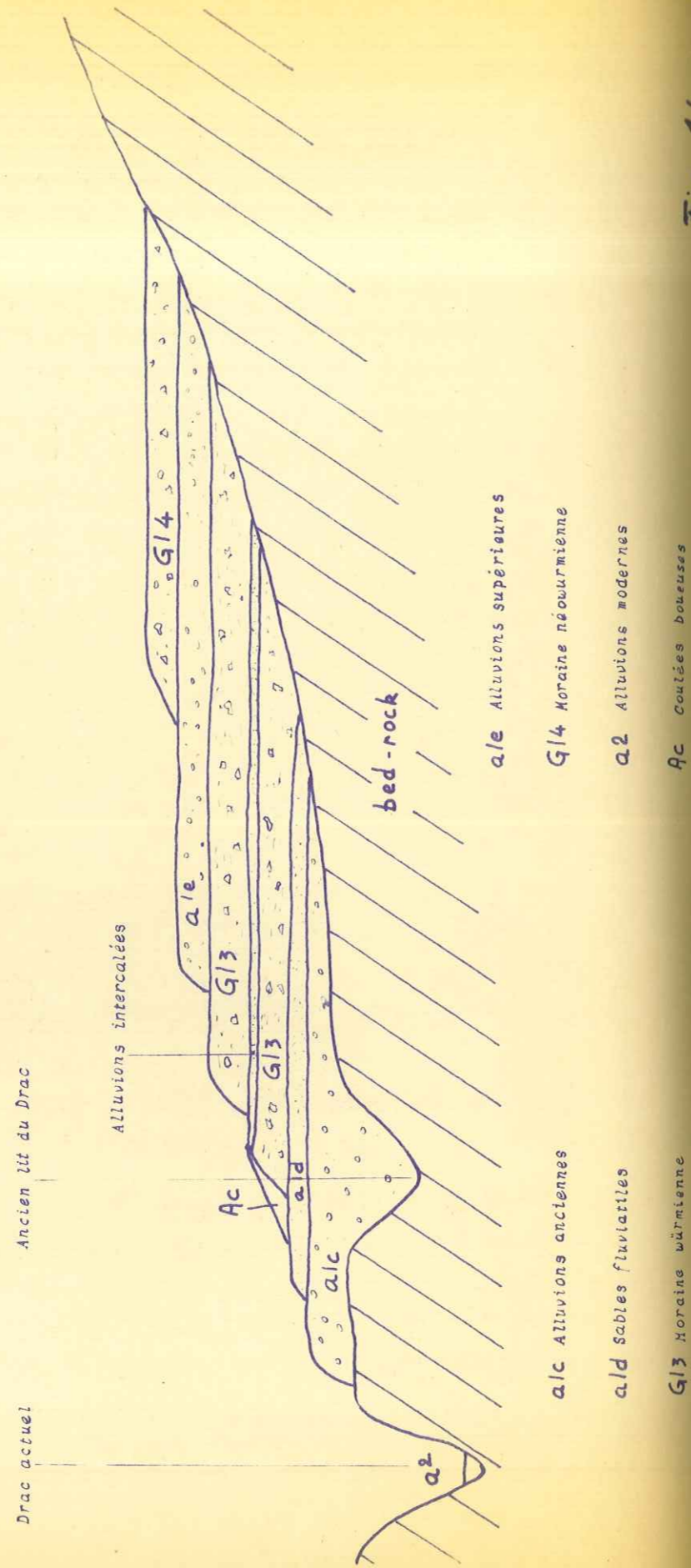


Fig. 14

a) Les formations anciennes.

- Au Riss. La région est occupée par un glacier très important. Par suite des érosions ultérieures, il ne laisse que quelques blocs erratiques et des résidus morainiques.

- Après la décrue du Riss. Le Drac creuse un lit assez profond, rapidement remblayé par des alluvions très puissantes (a 1 c) comportant parfois des sables fluviaux. Ces alluvions sont à l'heure actuelle souvent conglomérées et parfois masquées par des coulées boueuses (Ac), principalement dans les zones où existent les sables fluviaux (a 1 d).

- Au Würm. La masse d'alluvions est très rapidement recouverte par un énorme complexe argileux qui représente la moraine de fond (G1 3) du glacier würmien, et comporte parfois des alluvions intercalaires. Les vallées du Drac et de la Romanche sont occupées par ce glacier, qui recouvre tout le plateau matheysin ainsi que le seuil de la Festinière et la vallée de Vaulx.

- Après le retrait du glacier würmien. Nouvelle phase d'activité fluviale. Elle se manifeste par des phénomènes d'érosion et surtout par la formation d'une importante terrasse alluviale : celle des alluvions supérieures (a 1 e).

- Néowürmien. C'est le retour du glacier, qui recouvre en particulier au stade d'Eybens, une partie des alluvions de moraines de fond peu épaisses (G1 4). Cette époque voit aussi le dépôt de vallums morainiques frontaux, ceux du Calvaire de La Mure, de Peychaud et de Siévoz, pour le glacier du Drac. Une légère phase de décrue est rapidement suivie par la récurrence du stade de Vizille, peu importante dans le bassin du Drac.

Entre ces deux derniers stades, ou peu après eux, se déposent des alluvions formant les basses terrasses du Drac et le remplissage alluvial de la Matheysine (a 1 f).

Le Drac actuel commence alors sa phase de creusement aboutissant au paysage que nous connaissons, modifié peu à peu par l'apport croissant d'alluvions modernes (a²).

- Comportement vis-à-vis de l'eau.

A la différence de ce qui a été vu jusqu'à présent, la perméabilité de ces terrains est une perméabilité en petit.

. Les formations morainiques.

Elles sont très irrégulières mais présentent en général une forte proportion d'argiles ; elles sont donc peu perméables. Ces dépôts peuvent néanmoins contenir des lentilles de sables ou de graviers, éventuellement déposés par les torrents sous-glaciaires, et qui alternent de façon capricieuse avec les véritables moraines. La perméabilité de ces lentilles quoique variable, leur permet d'emmagasiner de l'eau, et l'on s'en méfie à juste titre lors des travaux dans ces terrains.

. Les alluvions fluviales.

Formées de matériaux beaucoup plus grossiers que les précédents dépôts, elles sont le plus souvent perméables. Cependant cette propriété varie fortement avec leur granulométrie et dépend surtout du diamètre des éléments fins : très forte pour des graviers et des sables, elle diminue beaucoup dès qu'il s'y ajoute des vases ou des argiles.

. Les alluvions fluvioglaciales.

Elles forment tous les termes de passage entre les deux formations précédentes. Le ruissellement fluvial a étalé les matériaux alluviaux en avant et en contrebas des moraines frontales des glaciers et les a reliés progressivement vers l'aval aux terrasses fluviales anciennes. Moins perméables que les alluvions fluviales mais moins hétérogènes que les moraines, elles renferment en général d'importantes quantités d'eau.

Tous ces dépôts, sauf de rares cas où ils sont complètement imperméables, donnent un niveau aquifère utilisable, au contact avec le substratum rocheux moins imperméable.

b) Les formations récentes.

- Les éboulis.

Les éboulis vifs sont inégalement représentés et se trouvent surtout dans les massifs cristallins.

Les calcaires du Lias inférieur, seul niveau dur du Mésozoïque, donnent plutôt des écroulements de blocs que des éboulis, à cause de la faible hauteur des falaises et la nature des terrains sous-jacents. Cette formation résulte essentiellement de la fragmentation de gros blocs écroulés, car ils sont minés par l'érosion des terrains au-dessous, plutôt qu'à la décomposition de la roche en place par les agents atmosphériques.

Les schistes du Lias, se délitant facilement, forment des éboulis vastes et homogènes, à petits éléments. Les pentes du Senepy, ainsi que le flanc ouest du Grand Serre, sont recouverts d'importantes nappes d'éboulis, mais ce sont pour la plupart des éboulis morts, stabilisés, recouverts de végétation. Ces éboulis du Lias schisteux peuvent aussi passer aux brèches de pente, quand les eaux de circulation chargées de carbonate de calcium les cimentent.

Beaucoup de roches de la région donnent des ravinements ou des glissements en masse, qu'elles soient très friables ou que, moins tendres, elles se diaclasent et s'écroulent en blocs. C'est le cas le plus fréquent pour les éléments constituant le Trias.

- Possibilités de présence d'eau dans les éboulis.

Toutes ces formations sont beaucoup plus perméables que la roche sous-jacente, quelle que soit la nature de celle-ci ; leur perméabilité va évidemment être très variable suivant la granulométrie, mais aussi suivant le degré de consolidation, le dépôt de carbonates pouvant obstruer, ou du moins réduire, une certaine fraction des pores. Il va donc y avoir accumulation de petites nappes aquifères locales, affleurant au contact du substratum rocheux moins perméable. Des sources apparaîtront vers l'aval de la formation à ce contact, plus ou moins superficielles et souvent nombreuses, même sur un espace assez réduit, mais par contre irrégulières et d'un débit peu important.

Mais en certains endroits, ces placages de formations superficielles peuvent avoir une grande épaisseur et couvrir une surface considérable : la nappe aquifère s'y trouvant pourra alors être très importante. Les sources seraient alors beaucoup plus

abondantes et surtout plus régulières du fait du volume du réservoir.

- Les tufs

Ils sont très importants et bien développés sur la bordure de la vallée du Drac, surtout à la Baume et à Saint-Arcy. Ces tufs semblent souligner un ancien niveau hydrostatique ou de résurgence de sources, cimentant des éboulis anciens, conglomérant des alluvions anciennes ou récentes. Etant formés d'incrustations irrégulières et spongieuses, moulant souvent des débris végétaux, ils ont une structure vacuolaire qui rend l'ensemble poreux. Les eaux y circulent, en surface et dans la masse, dissolvant ou déposant le calcaire, et l'on trouve même des cavernes visitables quand l'épaisseur du dépôt est assez importante. Toute la région de La Baume et Saint-Arcy est humide, ainsi qu'une végétation de peupliers le montre à la première vue ; pendant toute l'année l'eau ruiselle en surface, certainement alimentée par des réserves profondes.

- Les alluvions modernes sont peu développées. Il y en a eu sur le Plateau matheysin, mais elles sont très peu épaisses. Ce sont des formations perméables qui contiennent de l'eau dans les grandes vallées alpines où leur épaisseur est assez importante.

- Il faut signaler encore les coulées boueuses ou glissements de terrains, dus à l'imbibition des argiles glaciaires. Ceci montre bien que si les argiles sont imperméables, c'est une notion relative : elles absorbent l'eau, mais celle-ci y circule à une vitesse si réduite qu'il n'y a pratiquement pas de débit à travers elles. La quantité d'eau qu'elles peuvent contenir arrive à être importante puisque dans le cas de glissements de terrains la boue argileuse est assez fluide pour bien couler. Ces mouvements de terrains causent parfois des dégâts spectaculaires aux habitations, qui sont automatiquement mis sur le compte de la mine dans le périmètre des exploitations.

3) La Tectonique.

La région a été affectée de deux séries de déformations qui se sont succédées dans le temps.

I.- Les déformations anciennes.

L'existence de plusieurs épisodes tectoniques varisques différents a pu être montrée, une phase très ancienne, probablement sudète, de formation d'une ancienne chaîne de Belledonne, puis des mouvements asturiens, orogéniques ou épirogéniques.

C'est donc sur les roches cristallophylliciennes ou sur les assises supérieures du Westphalien que se sont déposés les sédiments du Stéphanien, dans des bassins où les réajustements du socle, liés aux phénomènes de subsidence, ont pu produire des variations dans la sédimentation.

Des mouvements palatins sont à l'origine de la discordance angulaire et stratigraphique du Trias sur le Houiller, puisqu'ils ont affecté les assises du Stéphanien.

Il y a eu dans Belledonne une direction Nord-Sud antéstéphanienne, puis une direction palatine Nord Est - Sud Ouest.

Les directions hercyniennes ont plus ou moins rejoué par la suite, étant elles-mêmes l'héritage des directions de la vieille chaîne calédonienne.

A la suite de P. LORY, J. SARROT-REYNAULD et J. HAUDOUR ont pu montrer que, pendant tout le Trias et jusqu'à l'Aalénien, le dôme de La Mure a été une région surélevée. Elle a été affectée non seulement par des phénomènes de subsidence, mais aussi par des mouvements épirogéniques. C'est en particulier à la faveur de failles en cours de réajustement que se sont produits, à la fin du Trias, les épanchements de lavas spilitiques, et qu'a pu se développer la sédimentation syntectonique qui caractérise la région.

L'uniformisation des faciès se produit au Bajocien.

COUPE OUEST-EST DE SENEPEY A MALISSOL

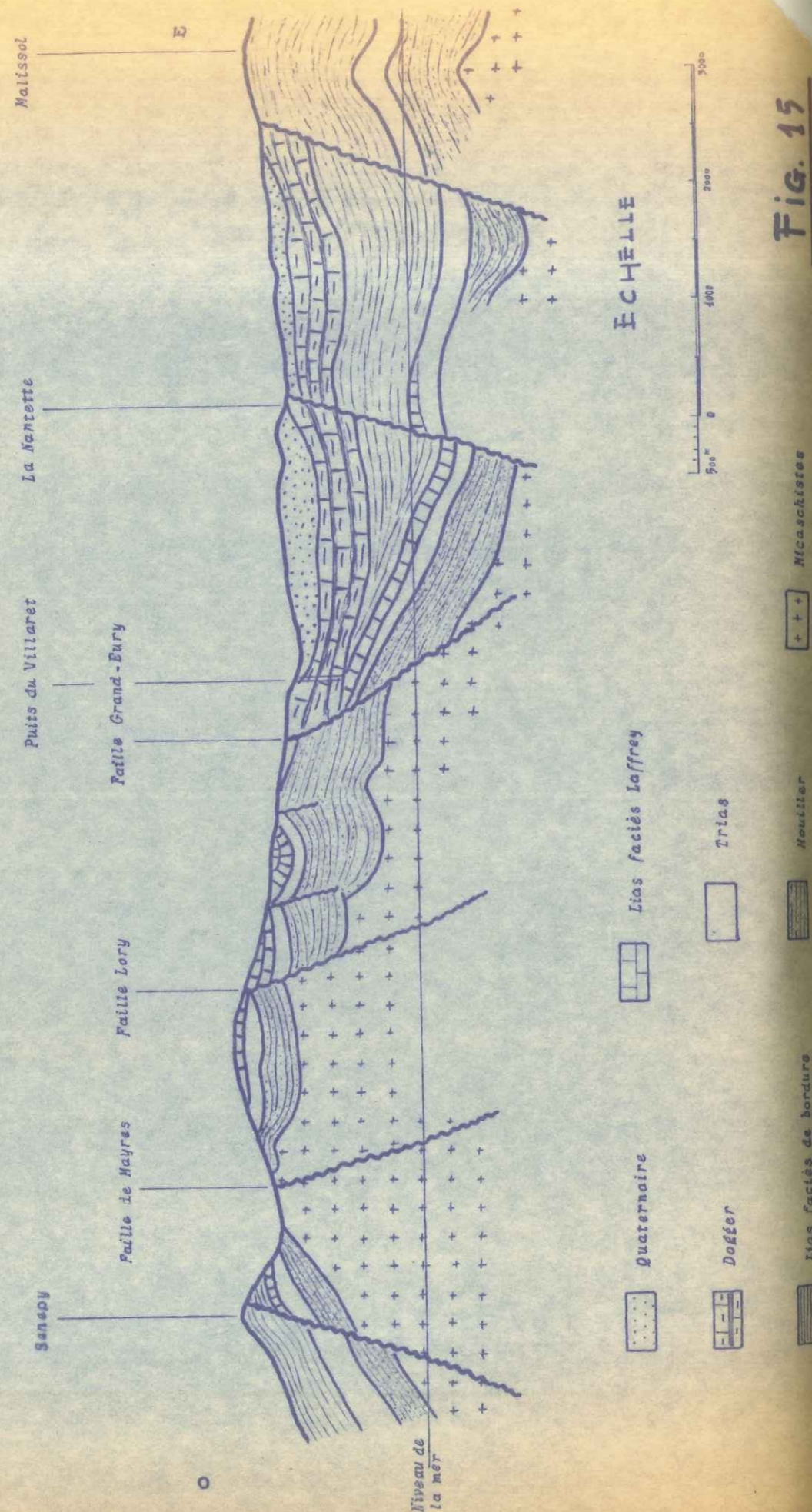


Fig. 15

II. Les déformations récentes.

Elles sont produites par deux tectoniques successives : antésénonienne et alpine.

a) Les mouvements antésénoniens.

Ce sont des mouvements importants affectant la couverture mésozoïque, et qui se traduisent par des plis d'axe est-ouest.

Les travaux de recherche, joints à l'étude détaillée des plans des travaux miniers des E.B.D., ont permis d'établir que ces mouvements se poursuivent en profondeur et affectent les terrains houillers, entraînant des anomalies dans le gisement.

Deux de ces failles sont actuellement connues dans les exploitations : la faille de Roche-Paviotte et la faille des Rioux-Devay. Elles apportent la preuve de l'existence d'une tectonique dont les axes sont sensiblement de direction est-ouest, c'est-à-dire pyrénéo-provençale.

b) Les mouvements alpins.

La tectonique alpine montre un style particulier mais assez monotone. Le dôme de La Mure est un horst accidenté de gradins multiples en ce qui concerne le socle. Les gradins coïncident, pour la couverture mésozoïque, avec des anticlinaux et des synclinaux étirés sur des failles du socle à très fort pendage.

Ces failles, affectant à la fois socle et couverture, ne sont la plupart du temps formées que par le rejeu d'anciennes fractures hercyniennes. Les minéralisations y ont été remises en mouvement par les phénomènes de métasomatose (gîtes secondaires hydrothermaux).

Synclinaux et anticlinaux correspondent à l'accentuation des plis.

Plusieurs accidents très importants sont la conséquence de ces mouvements (fig. 15):

.la faille Grand Eury :

affectant à la fois socle hercynien et couverture ; le rejet très important au Nord semble s'amortir vers le Sud, et disparaît presque complètement dans la région de Cognet.

. Faille de Prunières et faille des Berlins.

Ce sont des accidents moins importants que le précédent et qui perdent encore leur importance du Nord au Sud. Cet amortissement général doit être en relation avec l'envoyage du socle et la divergence des deux rameaux de Belledonne.

. La Faille de Combe Neveuse.

. La Faille Lory.

Ainsi nommée pour rendre hommage au géologue qui l'a observée en 1909 au Col des Treize Bises. C'est un accident majeur qui délimite à l'Ouest le gisement exploité, comme la faille Grand Jury le fait à l'Est.

Le rejeu, au Nord des Treize Bises, est de l'ordre de 500 mètres ; elle se dédouble ensuite vers le Sud, pour donner les failles Lory est et ouest, au rejet d'environ 200 mètres.

. La Faille de Hayres,

située à l'Ouest de la précédente et passant par la localité du même nom, est très bien observable sur la rive du Drac où son crochon est nettement visible. Son rejet peut se fixer à environ 150 mètres puisqu'elle met en contact Trias et Aalénien.

CONCLUSION.

La tectonique se caractérise donc par trois phases majeures : hercynienne, antésénonienne et alpine. Les traces des deux premières sont oblitérées par la tectonique alpine, la plus récente.

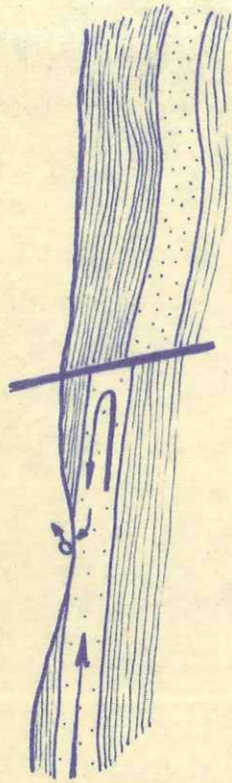
Chacune de ces phases correspond à un ensemble de plis et de cassures. Cependant, la tectonique alpine s'est moulée en partie sur la tectonique hercynienne par accentuation des anciens plis et rejeu des cassures majeures.

III.-- Importance de la tectonique pour la circulation des eaux.

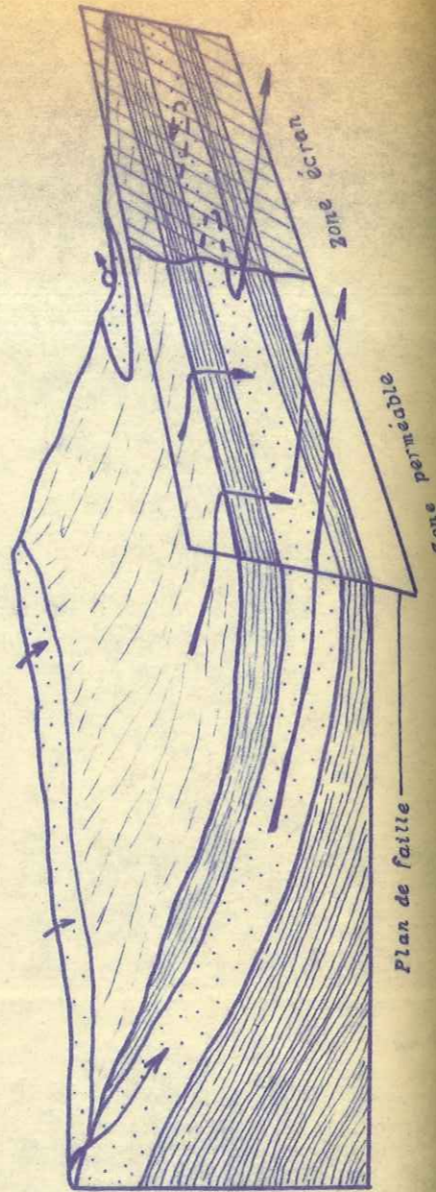
Elle peut agir en favorisant les circulations d'eau, ou inversement en les contrariant (fig. 16).

ROLE DES FRACTURES DANS LA CIRCULATION DES EAUX

FAILLE ECRAN

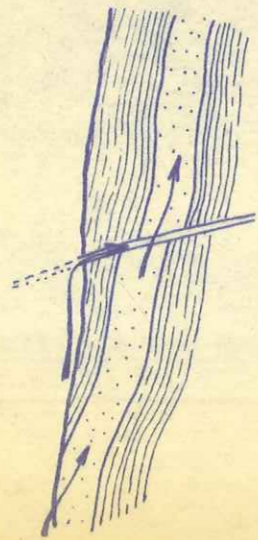


FAILLE MIXTE



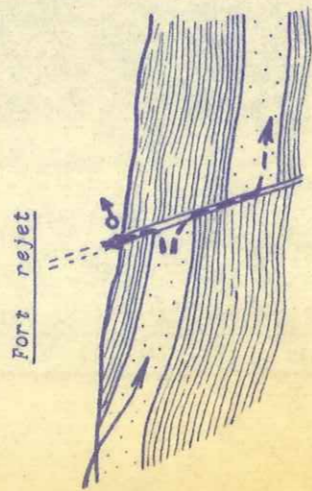
Plan de faille

Réurgences



Faible rejet

FAILLE PERMEABLE



Fort rejet

Couche aquifère

Couche imperméable

Trajets des eaux

Fig. 16

a) Cas d'un accident créant une zone perméable.

Une cassure constitue une zone de broyage par le frottement considérable qu'elle entraîne entre les couches ; les roches, réduites en petits éléments, peuvent alors former un milieu poreux où l'eau circule, augmentant dans certains cas les dimensions des voies qu'elle emprunte par dissolution ou entraînement des éléments les plus fins. On peut citer comme exemple une partie de la faille qui côtoie la limite est du bassin du ruisseau de Saint-Arey, comme nous le verrons ultérieurement.

- Deux possibilités se présentent quant le rejet est important : ce dernier peut amener en contact deux couches perméables ou, au contraire, une couche perméable et une autre imperméable.

Si deux terrains perméables se trouvent en continuité, l'eau va passer aisément de l'une à l'autre, pouvant voir sa quantité majorée de l'apport drainé par la faille.

Si un terrain perméable est en contact avec un autre qui l'est beaucoup moins l'eau pourra, en suivant la voie de circulation facile offerte par la cassure, trouver un chemin vers une couche qui l'accueillera.

Il est assez fréquent que la zone broyée présente une perméabilité moins forte que la couche, soit qu'elle ait une épaisseur bien inférieure à celle du niveau aquifère, soit que sa structure livre un passage moins facile à l'eau. Dans ce cas, la circulation pourra diminuer brusquement d'importance, et l'augmentation de pression en résultant pourra faire remonter les eaux à la surface du sol si celle-ci n'est pas très éloignée.

- - Quand le rejet n'est pas très important, ne dépassant pas l'épaisseur de la couche perméable, celle-ci ne sera évidemment pas interrompue. Elle présentera néanmoins un étranglement plus ou moins important à l'endroit même de la cassure, qui pourra gêner un peu la circulation.

En résumé, les circulations souterraines vont être le plus souvent descendantes, et dans certains cas devenir ascendantes, au moins en partie.

b) Cas d'un accident créant une zone imperméable.

La zone de broyage existe toujours ici, mais ses pores ont été obstrués. Le phénomène peut être dû à une qualité chimique particulière de l'eau, qui dépose les sels qu'elle contient parfois en abondance, et le plus généralement du carbonate de calcium. D'autres fois elle se charge en surface ou en profondeur d'éléments colloïdaux (principalement des argiles), qui iront colmater la fracture. Quoiqu'il en soit, celle-ci va déterminer un "écran" empêchant la circulation. L'eau va donc s'accumuler en amont et, si la couche affleure non loin de là, des résurgences vont s'observer dans ses points bas. D'autre part, des circulations vont se produire le long du plan de faille, dans la couche même, cherchant un point où elles auront une issue. La faille du Villaret en constitue un exemple qui sera détaillé dans un autre chapitre.

c) Accident à rôle mixte.

Comme toujours, la nature offre tous les termes de passage possibles entre ces deux types schématiques, et en particulier une faille peut appartenir aux deux genres. En effet, la même fracture présente parfois, et le fait sera prouvé plus loin, une partie perméable et une autre formant écran, la transition pouvant se faire sur une courte distance. Ceci permet de penser que l'eau ne trouvant pas une voie pour cheminer verticalement, peut suivre parallèlement une faille jusqu'à trouver un passage dans une zone favorable. C'est le cas d'une faille de la région Saint Arrey-Combe Neveuse, que nous examinerons ultérieurement.

d) Fracturation du Calcaire de Laffrey.

C'est une action par ricochet, mais néanmoins très importante. Les différentes couches réagissent plus ou moins souplement aux déformations qui les affectent, suivant leur degré d'élasticité. Dans le cas du Lias à faciès zoogène, il s'agit d'une zone très cassante qui a réagi en se fracturant, ce qui augmente encore les possibilités d'infiltration par le fait des diècles et fractures.

4. Description du gisement houiller de La Mure. (Fig. 17).

Les travaux d'exploitation de l'antracite ont commencé, au Sud du Col de La Festinière, aux affleurements de couches situés près des villages du Villaret et du Psychagnard.

Puis, dans le but de trouver le prolongement de ces couches, fut creusée une grande galerie horizontale à l'altitude de 890 mètres (niveau 12). Elle permit de découvrir deux synclinaux productifs, qui firent apprécier l'importance du gisement.

Il a ensuite fallu envisager une exploitation des zones inférieures au niveau 12 ; c'est pour cela qu'a été creusée la grande galerie de Prunières au niveau 15 (770 mètres) qui part des bords de la Jonche, sous le village de Prunières, et aboutit au puits du Villaret. Elle est située pour sa plus grande part dans les terrains mésozoïques et ne traverse le Houiller de l'anticlinal de Prunières que vers son milieu. Le charbon arrivant par cette galerie est remonté directement au jour par une longue bande convoyeuse, qui emprunte un plan incliné à 14°, le plan Richard.

La galerie de Prunières a servi de point de départ à plusieurs galeries d'exploitation :

- a - le travers-banc Est-Ouest qui, à la latitude 500 (coordonnées H.B.D.), recoupe les plis déjà trouvés au niveau 12 ;
l'anticlinal du Poullardit - Villaret,
le synclinal Bois-Freyenet - Eperons,
l'anticlinal Eperons - Quatrième Pendage,
le synclinal Quatrième-Cinquième Pendage.

- b - le travers-banc Est-Ouest, à la latitude 8 000, qui a montré l'existence des prolongements amont du synclinal des Rioux-Devay.

Ce dernier constitue en fait la suite du synclinal Quatrième-Cinquième Pendage, ainsi que l'ont montré les travaux du centre de l'exploitation:

- le Travers-Banc des Chuzins niveau 10 (963 m) ;
- le Travers-Banc des Chuzins niveau 15 (770 m).

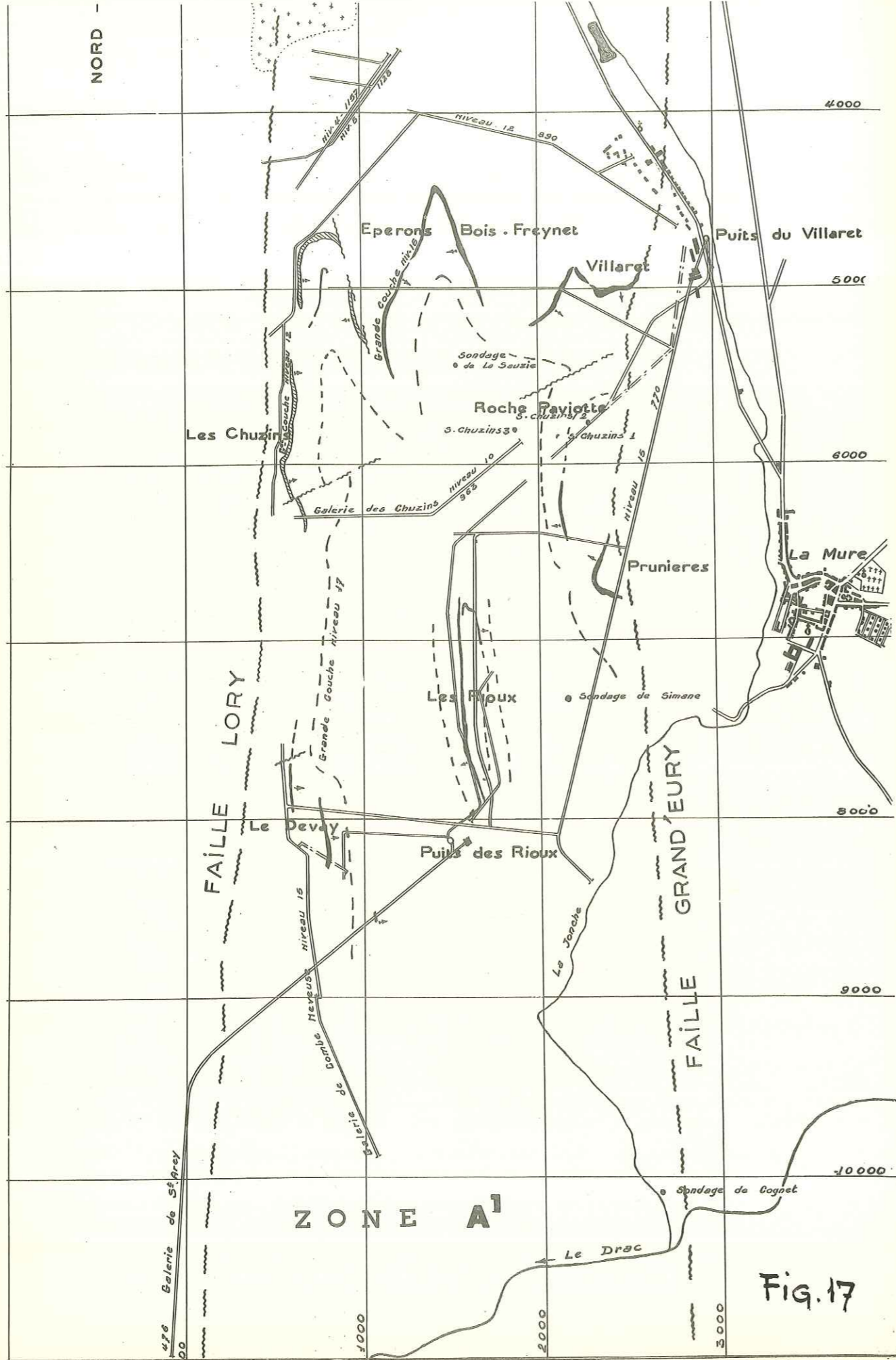


Fig. 17

Actuellement, le plan Richard est prolongé du niveau 15 au niveau 17 (cote 626 m) ; la bande convoyeuse descendra alors jusqu'à ce niveau et permettra d'amener aux installations de surface la production de charbon du niveau 17. L'infrastructure d'exploitation à ce niveau est déjà avancée et le dépilage des couches commencera dès la mise en service du nouveau plan Richard, c'est-à-dire dans les premiers mois de l'année 1963. La production du quartier des Rioux-Devay empruntera aussi cette voie.

Les réserves reconnues au niveau 17 laissent prévoir 15 à 20 ans d'exploitation avant l'obligation de continuer vers l'aval.

L'extraction actuelle est d'environ 700 000 tonnes par an. Les réserves reconnues sont importantes puisqu'à la cadence actuelle qui sera portée dans les années prochaines au million de tonnes par an, elles permettraient encore 200 ans d'exploitation.

DEUXIEME PARTIE
ESTABLISSEMENT DES RESSOURCES EN EAU

INVENTAIRE DES RESSOURCES EN EAU.

Cet inventaire portera sur les deux catégories d'eaux : celles qui coulent à la surface du sol et celles qui émergent après un trajet plus ou moins long sous terre. Parmi ces dernières se présentent deux cas particuliers : les eaux thermales de la Motte-les-Bains et les eaux qui circulent dans les travaux souterrains des Houillères du Bassin du Dauphiné.

A - EAUX SUPERFICIELLES.

1. Jaugeage des cours d'eau.

Ces mesures de débit ont été effectuées avec l'aide d'une équipe d'employés des Houillères du Bassin du Dauphiné, tous les mois pendant l'année qui va de juillet 1961 à juin 1962.

a) Les méthodes de mesure.

Elles appartiennent à ce domaine de l'hydrodynamique sur lequel portent de très nombreuses études, et qui nécessite, pour l'obtention de résultats précis, la mise en oeuvre d'une technique complexe.

L'une des plus valables est celle qui utilise le moulinet de Woltmann ; l'appareil se compose schématiquement d'une hélice montée sur un pivot et qu'il faut placer perpendiculairement au courant. Ce dernier fait tourner l'hélice dont différents systèmes peuvent donner la vitesse de rotation et, grâce à des tables d'équivalence, celle du courant. Pour que le résultat final soit d'une précision comparable à celle des mesures de vitesse, il faut effectuer, pour la section du cours d'eau où l'opération a lieu, des mesures suivant plusieurs verticales et plusieurs horizontales;

la vitesse de l'eau est en effet assez variable d'un point à l'autre de la section. Les côtes de cette dernière, mesurées avec soin, sont reportées à l'échelle sur un papier millimétré et, sur la figure obtenue, les points de mesure et la vitesse du courant qui y correspond ; une intégration permet alors de calculer la vitesse moyenne pour la section, et, connaissant la surface de celle-ci, le débit du cours d'eau.

Il n'a pas été possible d'utiliser cette méthode dans le cas de la présente étude pour différentes raisons :

-/tout d'abord par le fait que, pendant la majeure partie de l'année, un certain nombre de cours d'eau présentaient une trop faible profondeur pour une utilisation correcte du moulinet ;

- d'autre part, et surtout, le temps nécessité par les mesures et le dépouillement ultérieur des résultats est trop important, vu le nombre de mesures à effectuer chaque mois.

Une autre méthode est celle des déversoirs, qui consiste à aménager une portion du cours d'eau en lui donnant un profil soigneusement calculé, grâce à un petit ouvrage en ciment. Les caractéristiques de l'écoulement étant alors bien connues en cet endroit, il suffit souvent, après un étalonnage, de lire la hauteur de l'eau sur un index gradué pour en déduire le débit. Il est alors possible, et c'est le grand intérêt de la méthode, de faire des mesures rapides et rapprochées dans le temps.

Ce système n'a malheureusement pu être employé ici car il impose deux conditions qui ne pouvaient être assurées ; une main d'oeuvre spécialisée et un investissement en matériel assez considérable.

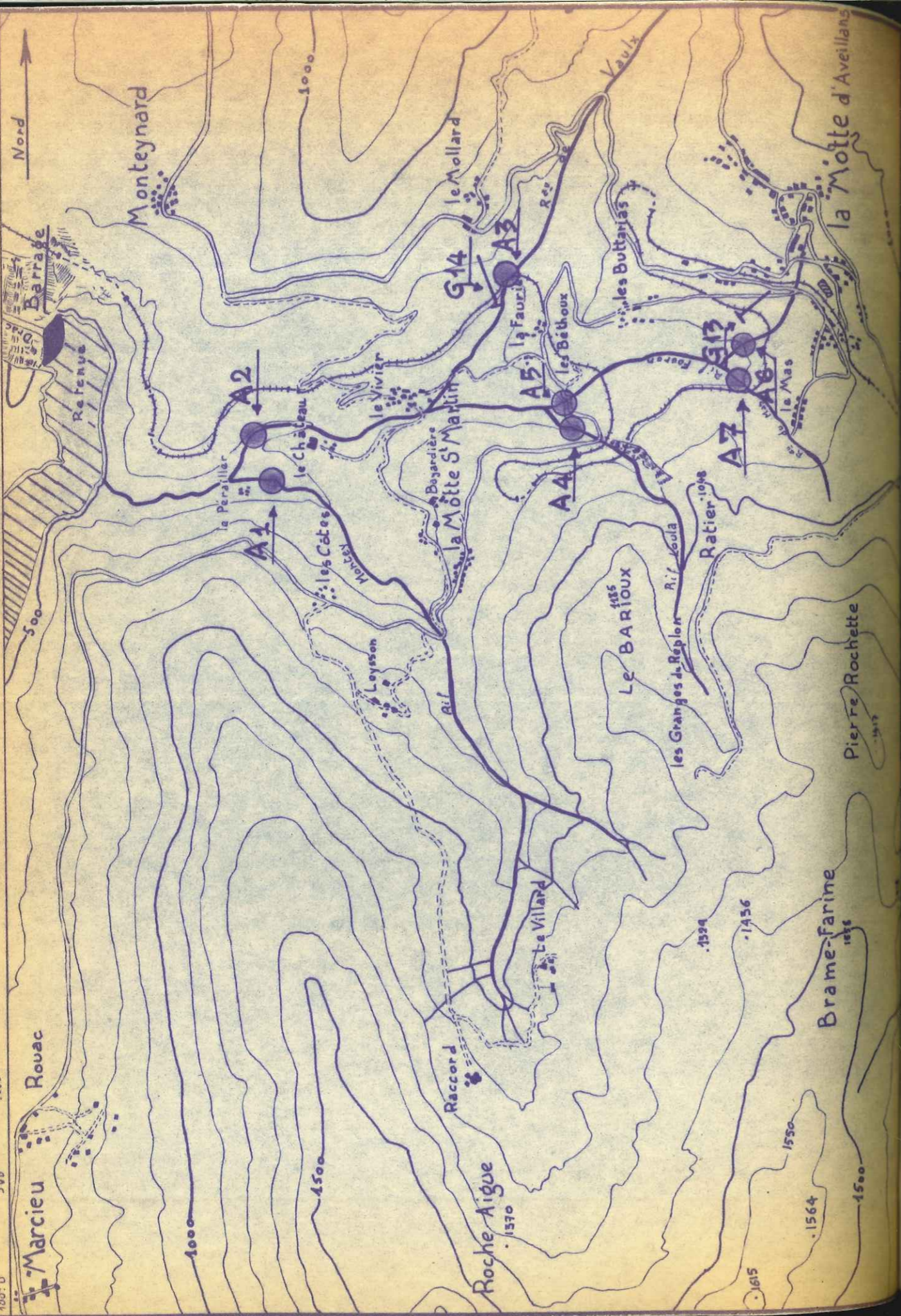
Compte tenu des possibilités locales, deux méthodes ont pu être appliquées : l'une, qui consiste à mesurer la vitesse du courant à l'aide de flotteurs ; l'autre, à chronométrer le temps nécessaire au remplissage d'un récipient de capacité bien connue.

La première ne permet de connaître que la vitesse de la partie superficielle de l'écoulement, mais l'approximation est suffisante car ce n'est pas tant la précision dans la valeur absolue qui est recherchée, que la connaissance des variations du débit dans le temps.

Fig. 18

ECHELLE

1000 0 500 1000



Dans la pratique, la longueur d'une portion du cours d'eau est correctement mesurée et sa traversée par un flotteur chronométrée. L'opération est reprise plusieurs fois en lâchant le flotteur à diverses distances des berges de façon à obtenir une vitesse moyenne. Il faut alors déterminer la surface de section moyenne de la portion de rivière par des mesures en plusieurs endroits et la multiplier par la vitesse moyenne de l'eau pour avoir le débit. Celui-ci est évidemment connu avec une certaine marge d'erreur qu'il est possible de réduire en utilisant les méthodes citées plus haut, mais non d'éliminer complètement.

Plus exacte est la deuxième méthode employée et aussi plus facile à mettre en application: dans le cas où l'écoulement est canalisé de façon assez correcte pour permettre de le recueillir totalement dans un récipient, le chronométrage suffit pour connaître le débit. Il est nécessaire de recommencer plusieurs fois l'opération au même point, de façon à éliminer autant que possible les erreurs résultant des délais de mise en place du récipient ou de déclenchement du chronomètre.

Afin de s'adapter à tous les cas, il est bon de disposer de deux ou trois récipients de capacités différentes (entre dix et cinquante litres). La limite supérieure pour la méthode se situe pratiquement vers des débits de l'ordre de 25 litres à la seconde, car un récipient de cinquante litres est déjà difficile à maîtriser et descendre au-dessous de deux secondes pour les temps de mesure amènerait trop de risques d'erreurs.

b) Les points de mesure.

Ils sont 28 au total, visités et jaugés chaque mois pendant toute l'année de l'étude, et groupés en trois zones faisant l'objet de trois "tournées" de mesures d'une journée chacune.

Ces trois régions correspondent au découpage des trois figures (18-19 et 20) situant sur la carte les points de mesure. Ceux-ci ont été affectés sur le plan d'une lettre indiquant la région :

- A pour la région des Mottes ;
- B pour Pierre Châtel - La Hure ;
- D pour Mayres - Saint Arcy.

La lettre G désigne les galeries débouchant au jour et dont il sera question ultérieurement. Elles sont au nombre de 11. Les différents points sont alors désignés par un numéro accolé à la lettre.

La liste des points va suivre, avec la désignation en clair de leur repérage sur la carte.

1. Région de La Motte (fig. 18).

- A1. Rif Montey à l'amont de son confluent avec le ruisseau de Vaultz ;
- A2. Ruisseau de Vaultz à l'amont de son confluent avec le Rif Montey ;
- A3. Ruisseau de Vaultz à l'amont de la galerie de la Faurie ;
- A4. Rif Loula à son confluent avec le Rif Fouron ;
- A5. Rif Fouron à son confluent avec le Rif Loula ;
- A6. Rif Fouron à son confluent avec le ruisseau du Mas ;
- A7. Ruisseau du Mas.

- G13. Galerie niveau 14, au stade de La Motte ;
- G14. Galerie de La Faurie.

2. Région Pierre-Châtel - La Hure (fig 19).

- B1. La Nantette ;
- B3. Ruisseau des Chuzins en amont de la galerie ;
- B4. La Jonche vers le pont du garage ;
- B5. La Mouche en aval du pont des marais ;
- B6. La Mouche, près du pont de Pontcharra ;
- B7. Écoulement des anciennes eaux de La Hure ;
- B8. Écoulement du marais près de la Centrale ;
- B9. La Jonche près de l'étang de la Centrale ;
- B10. La Jonche en amont de l'endroit où elle traverse le chemin de la Prête ;
- B11. Ruisseau provenant de l'étang du croy à son confluent avec la Jonche ;
- B12. La Jonche à son confluent avec le déversoir du lac de Pierre-Châtel ;
- B13. Déversoir du lac de Pierre-Châtel au confluent avec la Jonche.

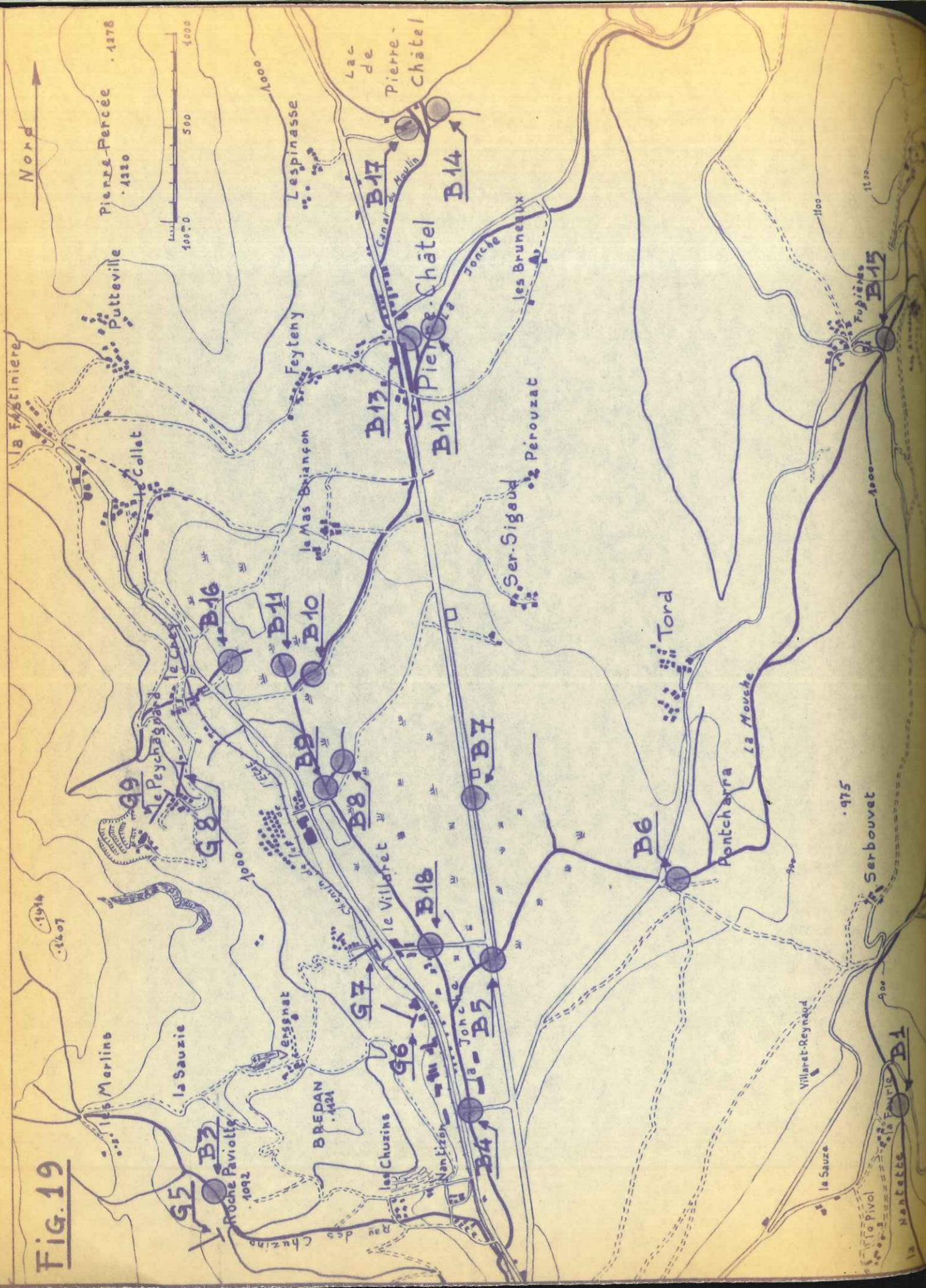


FIG. 19

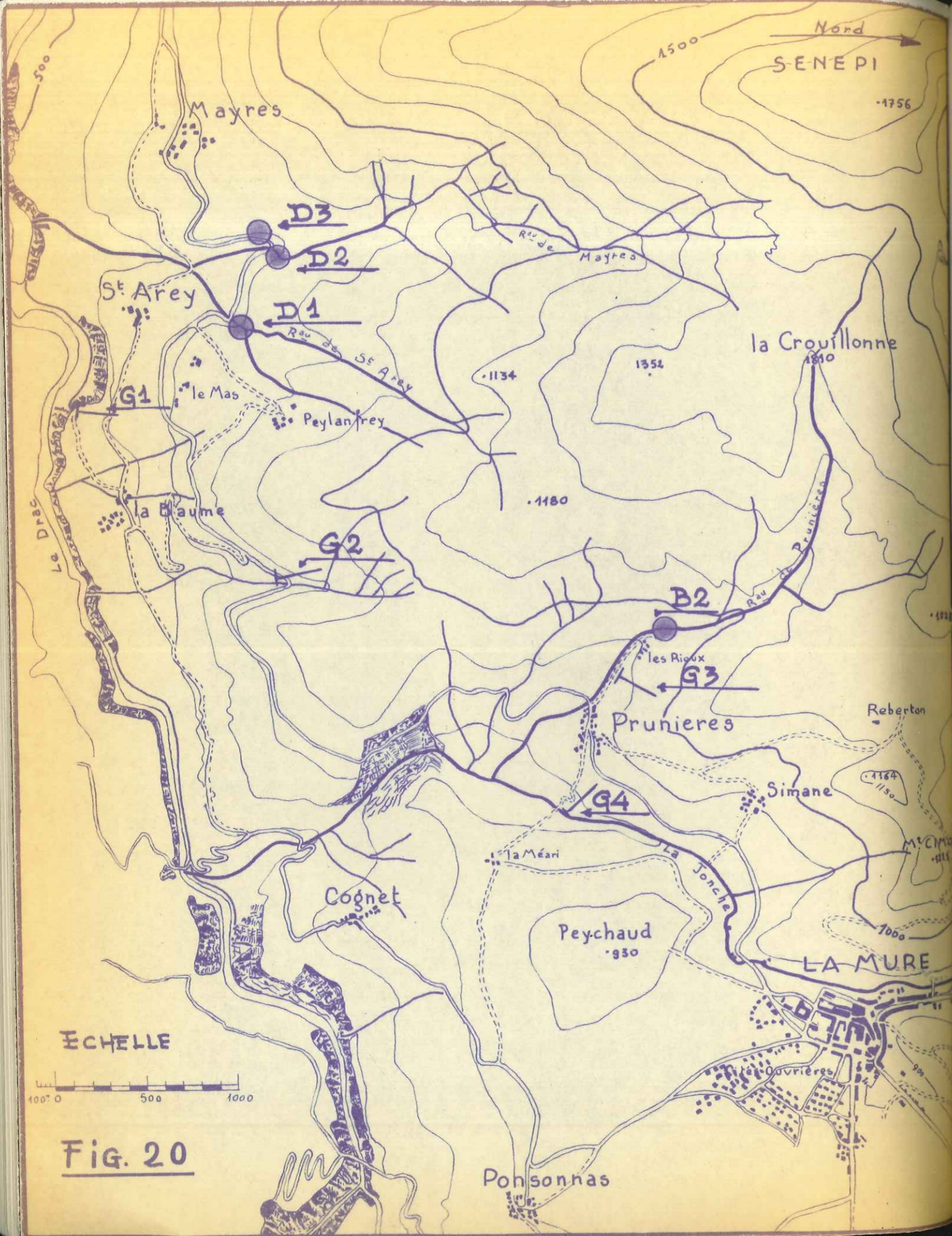


Fig. 20

- B14. Déversoir naturel du lac de Pierre-Châtel ;
- B15. Ruisseau de Fugières près du village ;
- B16.. Ruisseau du Psychagnard à la sortie du caniveau près de l'étang ;
- B17. Déversoir à vannes du lac de Pierre-Châtel ;
- B18. La Jonche sous le pont du Razier.

- G5. Galerie des Chuzins niveau 10 ;
- G6. Galerie de traction niveau 12 ;
- G7. Galerie Henri-Giroud niveau 12 ;
- G8. Galerie niveau 10 ;
- G9. Galerie niveau 9.

3. Région de Mayres - Saint-Arey (fig. 20).

- B2. Ruisseau des Rioux au-dessus du village des Rioux ;
- D1. Ruisseau de Saint-Arey près de l'ancien moulin Goubot ;
- D2. Ruisseau de Mayres en amont de la route de Mayres à La Mure ;
- D3. Source près du ruisseau de Mayres en amont de la route ;
- G1. Galerie de Saint-Arey niveau 20 (cote = 473 m) ;
- G2. Galerie de Combe Neveuse niveau 15 ;
- G3. Galerie des Rioux niveau 12 ;
- G4. Galerie de Prunieres niveau 15.

c) Les résultats.

A chaque point de mesure correspondait une fiche sur laquelle étaient reportées régulièrement les observations : mesures du débit et des températures.

Les résultats vont être donnés pour chaque cours d'eau étudié, sous forme d'un débit moyen annuel calculé à partir des débits constatés lors des mesures mensuelles. L'ordre suivi sera celui de l'énumération des bassins versants :

La Jonche (au point B4) : débit moyen de 750 litres/seconde, à quoi il faut ajouter le débit de quelques affluents qui s'y jettent avant qu'elle ne parvienne au Drac. Ce sont principalement : le ruisseau des Chuzins et le ruisseau des Rioux.

- La Houche (au point B5) : 550 litres/seconde ;
- La Mantette (au point B1) : 200 litres/seconde ;
- Rif Montey : 190 litres/seconde ;
- Rif Loula : 40 litres/seconde ;
- Ruisseau de Vaulx (au point A2 : 575 litres/seconde ;
- Ruisseau des Chuzins : 9 litres/seconde ;
- Ruisseau des Rioux (ou de Prunières) : 22 litres/seconde ;
- Ruisseau de Saint-Arey : 130 litres/seconde ;
- Ruisseau de Mayres (plus la source en amont de la route)
7 litres/seconde ;
- Déversoir du lac de Pierre-Châtel : 220 litres/seconde.

2. Cubage approximatif des lacs.

Quatre lacs, qui sont une des raisons de sa célébrité, se trouvent à la surface du Plateau matheysin. Ce sont des lacs de barrage morainique dus au dépôt des vallums frontaux déposés par le Glacier de la Romanche lors de ses reculs successifs. Un autre lac plus important, mais artificiel celui-là, se situe dans la région : il est constitué par la retenue du barrage de Monteynard. Nous allons donner une évaluation approchée du volume d'eau qu'ils contiennent.

- Lacs matheysins :

Ce sont, du Nord au Sud :

- le Lac Mort : 5 600 000 mètres cube ;
- le Grand Lac de Raffroy : 26 000 000 de m³ ;
- le Lac de Petitchet : 8 000 000 de m³ ;
- le Lac de Pierre-Châtel : 21 200 000 de m³.

✓ - La retenue du barrage de Monteynard :

Le volume de la tranche utile est de 118 millions de mètres cube.

3. L'eau emprisonnée par les marais de La Muro.

Le volume de cette eau est considérable mais pratiquement impossible à chiffrer, pour des raisons qui seront examinées un peu plus loin.

Ces marais s'étendent à partir du hameau du Collet le long de la route de La Mure à La Motte d'Aveillans (fig. 21) ; ils s'élargissent ensuite à partir de la Centrale thermique et jusqu'à la sortie du Villaret, pour s'étendre sur toute la portion comprise entre la route du Villaret et la route de Grenoble qu'ils dépassent en formant un coin atteignant le hameau de Pontcharra.

Une autre zone marécageuse s'étend dans la cuvette de Nantes-en-Rattier et une dernière sur une petite surface de la colline du Payon.

La surface totale qu'ils représentent est d'environ 2 kilomètres carrés.

Leur origine, qui sera détaillée ultérieurement, est due à la présence à la surface du sol d'une couche de limons imperméables qui obligent l'eau à stagner sur place. Il s'y développe l'abondante végétation particulière de ces milieux, plantes hygrophiles de toutes sortes où dominent surtout les roseaux.

L'alimentation de ces marais se fait par les eaux des nappes souterraines sous pression qui arrivent de temps en temps à crever le manteau imperméable et à se répandre en surface.

C'est ce dernier phénomène qui empêche l'estimation du volume d'eau qu'ils retiennent.

En effet, s'ils étaient alimentés par les seules précipitations, ce volume pourrait s'obtenir par la différence entre la quantité d'eau reçue sur une certaine surface et la quantité qui s'en échappe sous forme de ruisseau émissaire. Or, ce ruisseau se trouve éliminer beaucoup plus d'eau que n'en reçoit la portion de marais, ce qui démontre bien la réalité de l'alimentation par les nappes aquifères.

4. Conclusion.

Les eaux superficielles représentent un grand volume, mais dont une bonne part, circulant sur le sol, s'élimine en allant se jeter dans le Drac.

Les cours d'eau importants drainent au total 2 500 litres par seconde, c'est-à-dire un volume total de 72 500 000 mètres cube par an.

Le volume d'eau retenu dans les lacs naturels de la Hautes-Savoie est voisin de 61 millions de mètres cube, donc d'un ordre de grandeur similaire.

L'eau emprisonnée dans les marais de La Hure, bien que son volume soit considérable en valeur absolue, ne doit pas modifier de beaucoup ces chiffres.

Quant au lac artificiel qui constitue la retenue du barrage de Monteynard, il atteint un volume dont la valeur est proche de celle du volume total de l'eau coulant ou stagnant sur la région.

B - EAUX SOUTERRAINES.

La présence dans la série stratigraphique de plusieurs termes susceptibles d'offrir un passage à l'eau permet l'infiltration dans le sol d'une partie des précipitations. Suivant les terrains traversés et la longueur ou la profondeur du trajet, ces eaux vont acquérir des propriétés chimiques assez diverses et se classer en différentes catégories : eaux potables ou non, eaux thermales. Une place à part est à faire aux circulations dans les travaux des Houillères du Bassin du Dauphiné : ceux-ci représentent, par leur volume et leur extension, un important système de drainage et restituent des eaux à caractères assez particuliers.

1. Les eaux potables.

Pour leur plus grande part, les eaux pouvant convenir à l'alimentation humaine sont déjà exploitées par les différentes agglomérations de la région. C'est pourquoi un bilan satisfaisant peut être obtenu par l'examen des réalisations de captage et d'adduction dans les communes.

a) Ressources exploitées.

Cet inventaire a été réalisé grâce aux documents aimablement communiqués par le Génie Rural de l'Isère, ceux trouvés à la Bibliothèque de l'Institut Dolomieu, ceux enfin qu'il a été possible de retrouver parfois dans les Mairies des communes.

COUPE SCHEMATIQUE DU RAVIN DE LA NANTETTE

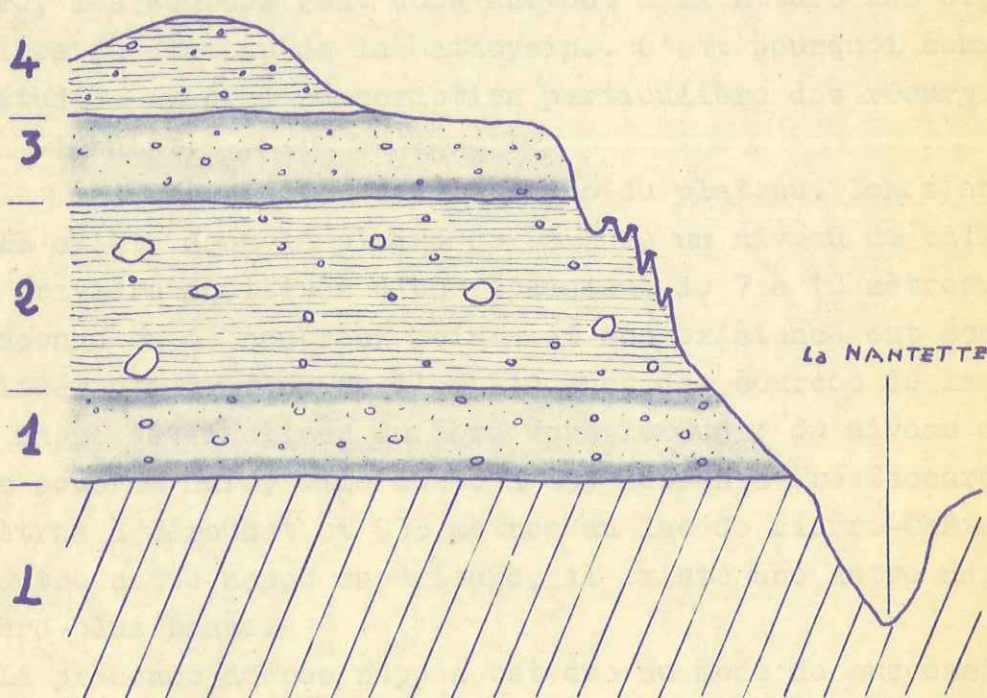
Argile
avec cailloux

Cailloutis

Argile grise
avec cailloux
et blocs

Cailloutis

Calcaires et
schistes noirs
du Lias



 ZONES AQUIFERES

Fig. 24

En plus des eaux qui ont été utilisées pour l'alimentation, ou qui le sont actuellement, seront citées les sources utilisées temporairement dans le même but, ou régulièrement pour les divers besoins de l'agriculture et l'élevage.

L'étude des ressources en eau des différentes communes va être menée en suivant l'ordre d'importance de celles-ci, donc en commençant par la plus importante : La Hure.

I. Ressources en eau de La Hure et de quelques communes limitrophes.

Nous commencerons par examiner les facteurs géologiques qui conditionnent la présence des eaux et indiquerons ensuite brièvement celles qui sont utilisées pour alimenter les agglomérations.

1. Conditions géologiques des sources.

A part celles du Rif Bruyant, qui se trouvent assez loin de La Hure, les sources sont dues surtout à la nature des dépôts quaternaires du Plateau de la Matheysine. C'est pourquoi ceux-ci seront étudiés avant la description particulière des résurgences qui en viennent.

a) Description des terrains du plateau. Zones aquifères.

Il existe dans la plaine de La Hure un niveau de cailloutis et de graviers aquifères d'une épaisseur de 7 à 10 mètres. Il a été reconnu en de nombreux points et son existence est confirmée par différents travaux et l'emplacement des sources de la région. Cette nappe est inclinée du Nord vers le Sud : du niveau de 850 mètres sous La Hure, elle monte à 895 mètres à Pré Baccard, 902 et 910 mètres à Pérouzat et 935 mètres au lac de Pierre-Châtel.

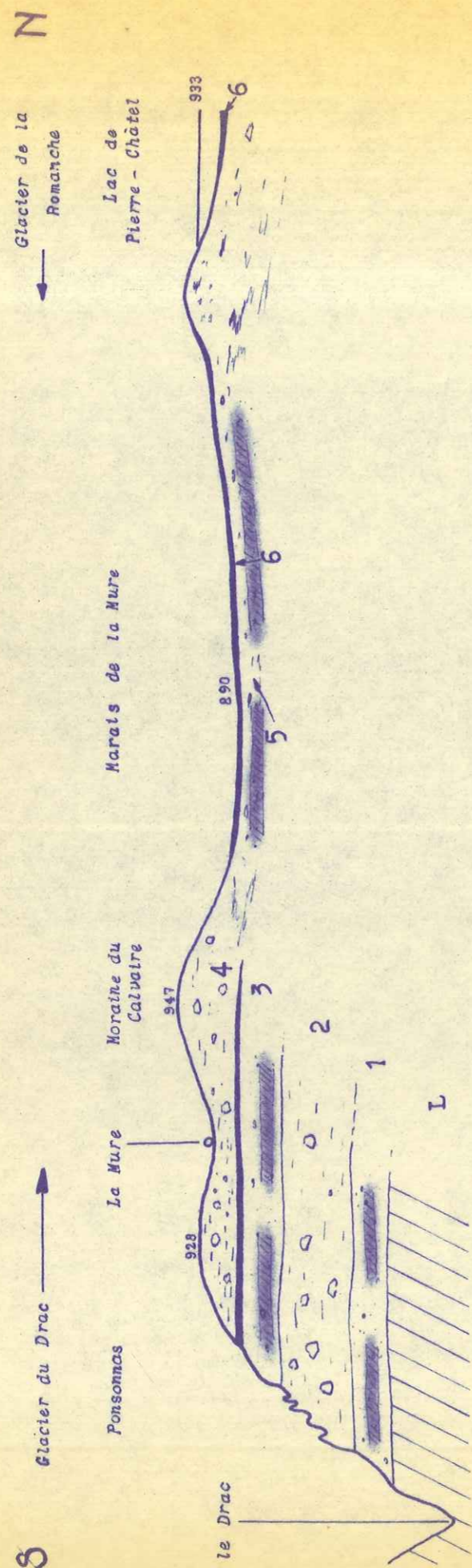
Outre cette nappe supérieure, il existe une autre nappe aquifère plus basse.

La présence de ces nappes est due au mode de succession des couches recouvrant la région et à la nature des dépôts. Ce sont des terrains sableux et graveleux alternant avec d'épaisseurs argiles glaciaires à cailloux striés.

Des coupes très nettes se trouvent dans les ravins qui entourent Ront-Haut, et en particulier le ravin de la Nantette qui va

COUPE SCHEMATIQUE DU SOUS-SOL DE LA MATHEYSINE

d'après W. Killian et L. Moret



6 Limons superficiels colmatants.

Cailloutis torrentiels du marais de la Mure

5 remplissant l'espace compris entre les deux fronts glaciaires (Romanche au Nord, Drac au Sud).

4 Moraine argileuse à blocs (stade Neowürmien).

3 Alluvions fluviatiles post-würmiennes.

2 Moraine argileuse à blocs (glacier würmien).

1 Alluvions fluviatiles post-rissiennes.

Fig. 25

être décrit (fig. 24).

En partant de la base, les couches s'ordonnent comme suit :

- L : schistes et calcaires noirs du Lias
- + 1 - Une assise de galets roulés et de sables, souvent conglomérés, d'une épaisseur de 15 à 20 mètres. Ce sont des alluvions déposées par le Drac après la décrue du Riss.
- 2 - Au-dessus, une puissante couche de boues argilieuses grises ou gris-bleuâtre, contenant des cailloux striés et des blocs disséminés dans sa masse. Ces derniers sont plus rares vers le sommet où l'argile, plus fine, se délite souvent. La masse a été découpée par le ruissellement en pyramides ou "demoiselles" sur les flancs des ravins.

Elle représente la moraine de fond du glacier würmien, d'une épaisseur totale d'environ 150 mètres.

- 3 - Nouvelle assise de galets roulés et de sables, en couches régulières à la base, passant vers le haut à une sorte de gravier mal calibré avec des blocs striés et des couches de sable inclinées.

C'est une terrasse alluviale correspondant à une phase d'activité fluviatile qui suit le retrait du glacier würmien.

- 4 - Une deuxième couche d'argiles grises ou bleuâtres, d'origine glaciaire, avec quelques cailloux striés disséminés dans la masse. Son épaisseur est de 50 à 70 mètres. Elle est due à un retour du glacier au stade néowürmien.

En remontant vers le Nord, à l'emplacement des marais de La Mure, deux autres couches se présentent (fig. 25).

- 5 - Des cailloutis torrentiels remplissant l'espace qui était compris entre deux fronts glaciaires : celui de la Romanche au Nord, celui du Drac au Sud.
- 6 - Des limons superficiels de ruissellement issus des moraines proches, qui colmatent la surface de la précédente nappe de graviers superficiels.

- Au point de vue hydrologique, ces différentes couches ont la signification suivante :

Les assises argilieuses 2 et 4 sont imperméables ainsi que

l'écran argileux 6.

Les cailloutis 1, 3 et 5 sont perméables, et les eaux y circulent avec facilité.

Donc, trois niveaux aquifères importants existent.

. Dans la masse des graviers inférieurs (1) et surtout à sa base, au contact des couches argilo-calcaires du Lias, et aussi à son sommet, au contact de la masse argileuse (2).

. Dans les graviers supérieurs (3) et principalement à leur base et à leur sommet, au contact des deux couches argileuses imperméables qui empêchent les eaux de s'échapper des graviers.

. Dans les cailloutis torrentiels (5) qui se trouvent eux aussi entre deux couches imperméables.

Outre ces nappes aquifères, on trouve de l'eau sur tout le pourtour du bassin, au contact des terrains de transport énumérés avec les roches encaissantes. Ce sont des sources moins importantes et au débit moins constant.

En suivant le niveau de graviers supérieurs sur une grande distance, de Ponsoonas au lac de Pierre-Châtel, on constate que les affleurements sont constamment jalonnés de sources.

b) Les sources de Pérouzat (fig. 26).

Dans la direction du Nord, à partir du Calvaire de La Hure, les formations glaciaires qui recouvrent les alluvions fluviales diminuent peu à peu d'épaisseur. C'est ainsi que dans la région du Pérouzat, les alluvions elles-mêmes affleurent et constituent la surface même du sol. Les graviers dont il s'agit constituent la berge sud et une grande partie de la cuvette du lac de Pierre-Châtel, dont le niveau est à 933 mètres environ.

Ces graviers perméables reposent sur un substratum d'argiles glaciaires imperméables. La surface du sol s'abaisse vers le Sud à partir de Pierre-Châtel et la plaine de Pérouzat se trouve à 22 mètres en contrebas du lac. Il est donc normal, dans ces conditions, et malgré la présence du déversoir naturel de la Jonche, que les eaux du lac s'infiltront dans les graviers qui en constituent l'assiette au Sud, et viennent augmenter encore le débit de la nappe aquifère.

SCHEMA PROBABLE DE L'ALIMENTATION DES NAPPES AQUIFERES DE LA MATHEYSINE

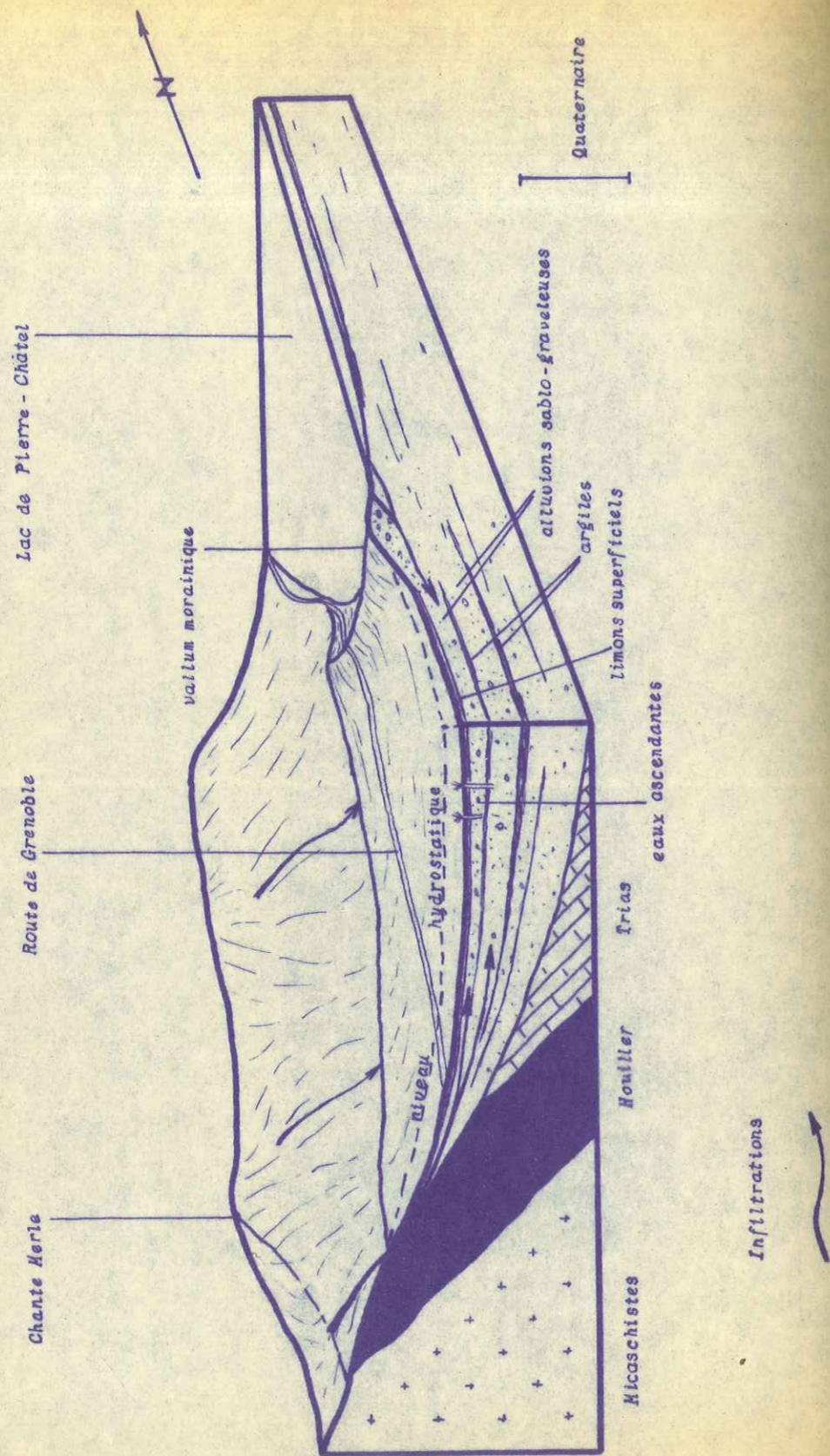


Fig. 26

La conclusion est confirmée par l'existence de nombreuses petites sources dans la petite plaine située au Sud et en contrebas du lac, et qui a pour assiette les mêmes graviers. Elle l'est aussi par les sondages effectués dans cette plaine : ils ont fourni, outre la nappe d'eau superficielle, des eaux jaillissantes qui attestent encore la communication et l'existence d'une pression exercée par les eaux du lac.

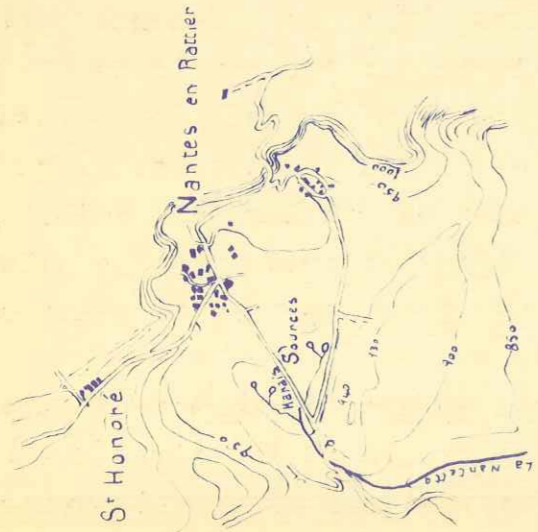
De toute façon, il ne faut pas perdre de vue que l'alimentation principale du système aquifère s'effectue par des infiltrations au contact des terrains quaternaires du plateau et du bedrock jurassique, sur le pourtour dudit plateau (fig. 26). Le fait se constate par l'amoindrissement du débit de nombreux cours d'eau à leur arrivée dans la zone de contact, parfois même à leur disparition complète en période peu humide. D'autre part, ces infiltrations expliquent aussi la présence d'eaux jaillissantes ; en effet les terrains quaternaires ont sur le pourtour une cote supérieure à celle qu'ils ont au centre du plateau. Le niveau hydrostatique va donc se situer très près de la surface au milieu de la plaine, voire même au-dessus.

c) Sources de Bouteillaret et Pré Baccard.

Le Pré Baccard se trouve entre La Mure et Pérouzat, et ses eaux appartiennent au même système aquifère que Pérouzat. Comme pour ces dernières, il est probable que les eaux du lac de Pierre-Châtel interviennent plus ou moins pour leur alimentation. Il est possible aussi que ces sources soient influencées par des infiltrations venant du ruisseau de Bouteillaret. Enfin, le trop-plein des captages de Pérouzat s'écoule dans un fossé non loin de là : or le débit des captages de Pré Baccard aurait plus que doublé depuis que le trop-plein fonctionne, atteignant 20 l/s en moyenne. Ainsi des infiltrations venant du trop-plein contribueraient encore à alimenter ces captages.

Quatre puits sont situés à proximité des captages de Pré Baccard et leurs eaux appartiennent donc toujours au même système.

Echelle



ORIGINE PROBABLE

DES SOURCES DES MARAIS

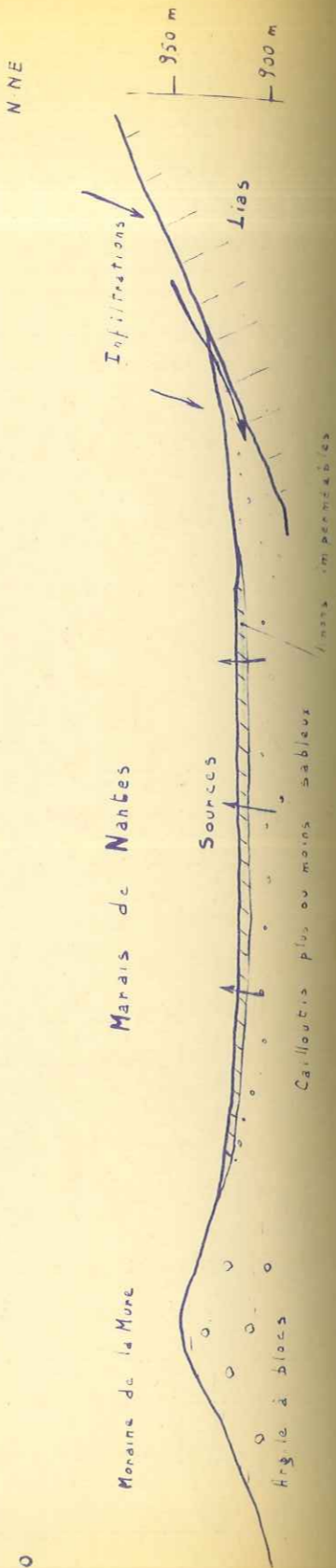
DE NANTES EN RATTIER

Fig. 27

Echelle



S-50



d) Sources du Marais de Nantes-en-Rattier (fig. 27).

La région de Nantes constitue une dépression d'origine glaciaire creusée dans les terrains liasiques et remplie de dépôts récents. Le Lias n'affleure que dans le versant est de la dépression et vers l'Ouest où il forme une petite colline.

Partout ailleurs la dépression est limitée par des terrains de transport d'origine morainique, et particulièrement vers le Sud où se trouve une longue crête formée par la grande moraine de La Mure, et qui a été déposée par le glacier du Drac.

Pendant le période de stationnement du glacier, les eaux de fonte qui ruisselaient sur les pentes nord de la moraine déposaient vers l'aval des cailloutis et des sables. Puis, peu à peu, après le départ du glacier, la dépression ne fut plus comblée que par des limons de ruissellement qui en colmatèrent le fond, rendant ainsi possible la formation de marécages.

Ces marécages sont alimentés, pour la plus grande part, par des sources pérennes et abondantes, qui forment à la surface du sol des petites mares dont le fond limoneux est agité par les venues d'eau. Ces sources sont incontestablement ascendantes et peuvent être considérées comme des événements mettant la nappe captive profonde en communication avec la surface.

La nappe, emmagasinée dans les lentilles de cailloux et de sables intercalées sur le front de la moraine de la Mure, est alimentée par les infiltrations d'eau qui se produisent sur le pourtour de la cuvette de Nantes. Elle est maintenue captive par l'épais manteau imperméable formé par les limons de la surface.

Ce sont ces limons que l'eau profonde sous pression arrive à perforer çà et là pour atteindre la surface. Il est certain que ces eaux sont lointaines et bien régularisées (elles n'ont jamais tari de mémoire d'homme). Ayant circulé dans les alluvions sablo-caillouteuses, et sur des trajets importants, elles sont bien filtrées et de bonne qualité.

e) Autres sources venant des formations quaternaires.

Elles se situent aux endroits où les niveaux graveleux aquifères affleurent ou ne sont pas loin du sol et particulièrement au

au Sud du Plateau mtheysin, où le Drac et ses affluents les ont entaillés réalisant ainsi une coupe naturelle.

On trouve ainsi toute une série de sources, employées ou non, dont le grand nombre et l'importance relativement secondaire ont empêché l'étude détaillée ; nous nous contenterons de préciser leur emplacement et commencerons par celles qui se trouvent le plus à l'Ouest.

- Sur les bords du ravin de la Jonche, à l'aval de La Vure, deux groupes d'émergences apparaissent : l'une au Nord de la butte de Peychaud, l'autre aux alentours de Cognet. Cette dernière comprend une source sur le bord de la route qui descend de Cognet au Drac, peu avant le pont qui franchit la Jonche ; une autre se trouve un peu au-dessus de Cognet et débite environ 1,5 litres/seconde à l'étiage.

- Au Sud-est de La Vure, trois sources émergent au lieu-dit "Pré-des-Moines", les unes formant un ruisseau temporaire qui passe au village du Crozet avant de rejoindre la Bonne à l'aval de Pont Haut, les autres, canalisées sur une certaine distance pour l'irrigation donnent ensuite un ruisseau qui passe au-dessus de Ponsonnas et rejoint aussi la Bonne. D'autres sources, au débit variable et pratiquement nul en période de sécheresse, sont captées juste au Nord de Ponsonnas.

- A l'Est de La Vure, dans la zone plus ou moins marécageuse que constitue le lieu-dit "Champagne", coulent quelques sources minimes et temporaires. Un certain nombre d'émergences apparaissent encore entre les villages du Crozet et de la Croix, dont certaines, proches des agglomérations, ont fait l'objet de captages, peu satisfaisants d'ailleurs. Signalons enfin des écoulements d'eau provenant des alluvions au-dessus de Pont-Haut, vers le confluent de la Nantette et de la Bonne, et dont l'un, plus conséquent, mérite le nom de source et a été capté.

Quelques sources se trouvent encore au Nord de La Vure, dans le quartier de la Robine, c'est-à-dire au pied de la butte morainique sur laquelle passe la route de Grenoble peu après son embranchement avec celle du Villaret, et qui laisse sourdre en certains points l'eau qu'elle absorbe.

ORIGINE PROBABLE DES SOURCES DU VALLON DE RIF BRUYANT

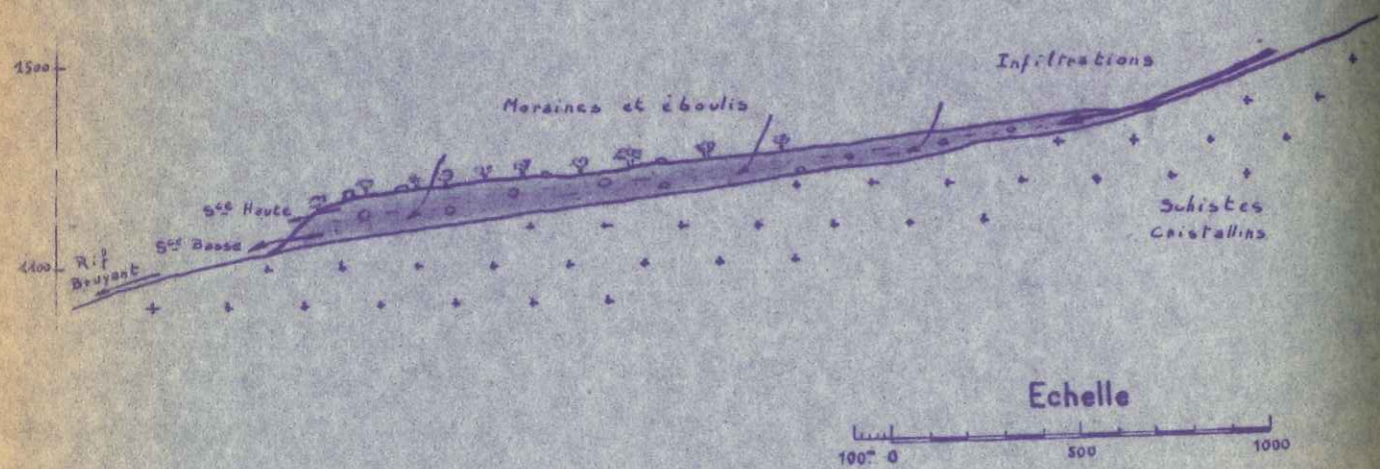
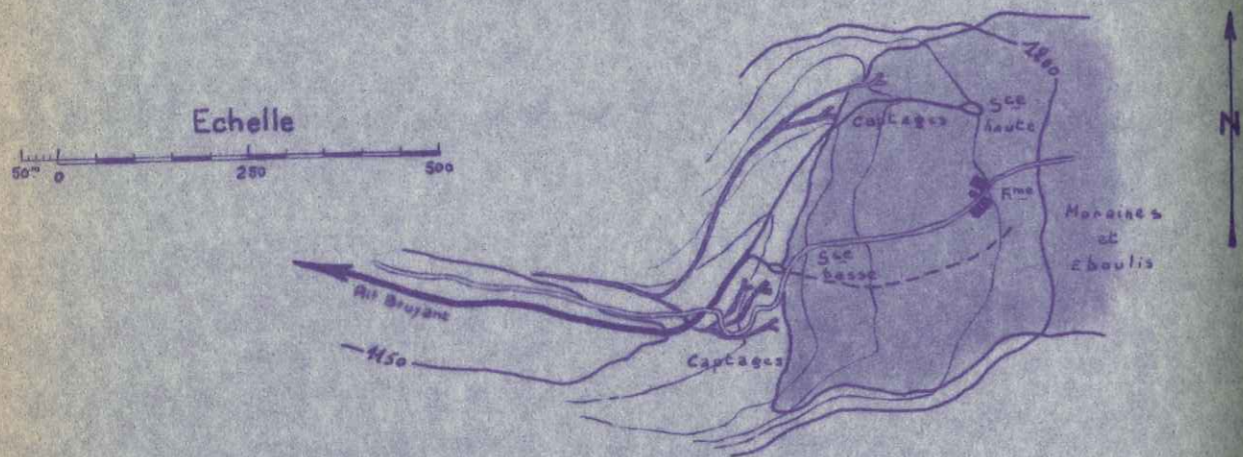


Fig. 28

- Quant aux sources dues à des résurgences d'infiltrations dans les moraines qui se trouvent dans les petites vallées anciennement envahies par une languette glaciaire reliée au glacier principal, nous citerons celles qui sont captées au bas des pentes du Piquet de Nantes, au-dessus du village de Nantes-en-Rattier.

f) Les sources de Rif Bruyant (fig. 28).

Le Rif Bruyant est un petit torrent situé sur la rive gauche de la Roizonne, entre Lavalens et La Valette. Sa vallée est entièrement creusée dans les schistes cristallins (gneiss et mica-schistes) qui forment la partie sud du Taillefer au sens large. Les sources émergent le long de la vallée, non loin des fermes de Rif-Bruyant et des caves-glacières où se font les fromages du pays.

Au printemps, lors de la fonte des neiges, l'eau sort de toutes parts et le torrent, démesurément grossi, arrive à un débit dépassant 1 000 litres à la seconde. A l'étiage, les torrents provenant du grand bassin de réception constitué par les têtes du Grand-Vent, des Frétails et de la Grisonnière sont à sec, et le Rif-Bruyant n'est plus alimenté que par une série de sources assez régulières, celles qui ont été captées.

L'une se situe immédiatement à l'amont des fermes : elle est appelée "source haute". L'autre, 200 mètres environ à l'aval, est la "source basse". Le débit total avoisine 100 litres par seconde.

. Source haute :

Elle émerge au pied d'un gros bloc, au fond d'un petit vallon. Son débit moyen est de 15 litres/seconde, très régulier été comme hiver. Elle est à l'origine du torrent car, plus à l'amont, le lit est à sec et ne fonctionne qu'à la fonte des neiges. C'est une source d'éboulis bien filtrée, qui doit son origine au gros amas de terrains glaciaires qui barre la vallée vers l'amont et dans lequel s'accumulent les eaux de ruissellement ainsi que l'eau des sources plus hautes qui y disparaissent toutes plus ou moins.

. Source basse.

Elle se trouve dans le lit même du torrent ou à son voisinage immédiat.

CAPTAGES ET ADDUCTION

DU RIF BRUYANT

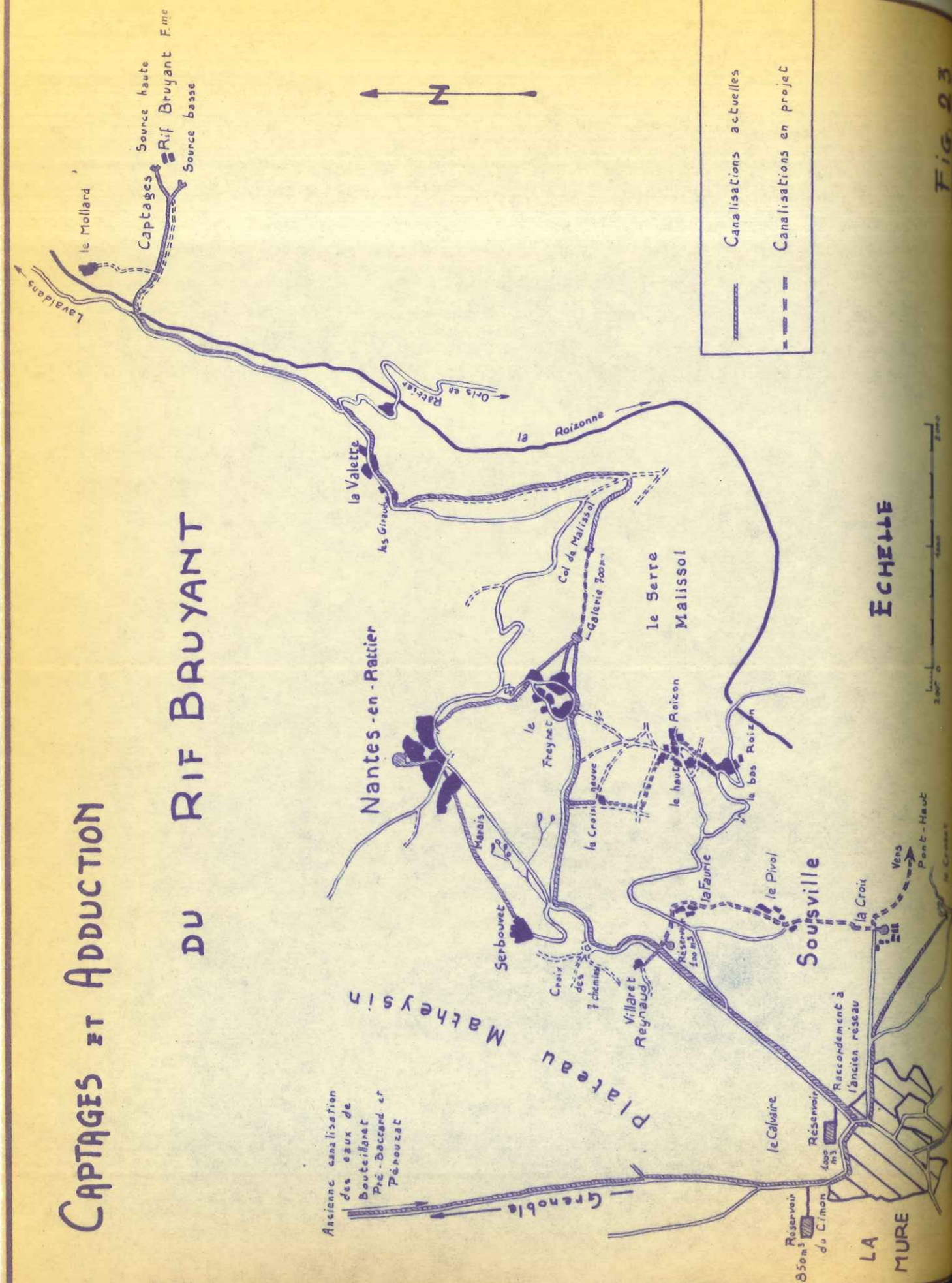


Fig. 23

L'origine est analogue à celle de la source haute, mais il est possible qu'une partie de l'eau qui l'alimente vienne du versant gauche de la vallée où se trouvent des terrains meubles.

Elle cascade sur un lit qui vient confluer avec le torrent déterminé par la source haute, et se décompose en réalité en quatre sources pérennes de débits importants, de haut en bas : les sources A, B, C et D.

= Source A. Elle se trouve à la cote 1049, au niveau de l'eau sur la rive droite, et au pied d'un talus de dix mètres. Débit moyen : 25 litres/seconde.

= Source B. Elle émerge quelques mètres plus bas que la précédente et aussi dans le lit du torrent, mais sur l'autre rive. Débit moyen : 5 litres/seconde.

= La source C est très importante. Elle semble recevoir ses eaux autant du bassin du Rif-Bruyant que de celui de la cascade de la Pisse, situé sur la rive gauche de la vallée. Elle émerge au-dessus du torrent, au-dessous d'un grand talus, à la cote 1138 ; son débit moyen est de 45 litres/seconde.

= La source D, découverte quelques mètres plus bas que C, présente un débit régulier d'environ 25 litres/seconde.

2. Alimentation en eau des communes,

Elles ont toutes commencé par utiliser les ressources locales et sont maintenant desservies, totalement ou en partie, par l'importante adduction des captages réalisés au Rif-Bruyant.

a) La Mure (fig. 23).

La ville a effectué de nombreuses adductions au cours des temps, les améliorant de plus en plus et aboutissant actuellement aux travaux importants qui utilisent l'eau des sources captées à Rif-Bruyant.

Avant 1580, -date à laquelle les habitants incendièrent la ville dans le but de ne livrer que des ruines aux soldats du Duc de

Mayenne qui l'assiégeaient -, des tuyaux de bois amenaient l'eau des sources reconnues dans les marais au Nord de la ville.

La canalisation ne put être rétablie après le siège, et jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les habitants durent se contenter de l'eau des puits publics qui exploitaient l'eau d'une nappe de graviers locale et superficielle.

De nouveaux captages furent ensuite réalisés, avec des fortunes diverses, qui utilisaient l'eau des sources des marais au Nord de la ville, et non loin de celle-ci.

Vers 1820 sont découvertes les eaux de Pré-Baccard qui suffiront jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Elles baissent ensuite et de nouvelles recherches sont effectuées, qui amènent l'utilisation des sources de Pérouzat.

Ces dernières finissent aussi par être insuffisantes et La Mure manque d'eau en période de sécheresse ; c'est ainsi qu'en 1946, le problème de l'alimentation en eau est à nouveau sérieusement examiné et sa solution nécessite deux réalisations : l'aménagement rationnel de la distribution par un remaniement du réseau qui devra tenir compte des besoins futurs, l'augmentation du cubage d'eau. A ce dernier point de vue, il avait été calculé que les besoins doubleraient dans les dix années suivantes et, tablant sur une consommation moyenne de 400 litres par habitant et par jour, 4 800 mètres cube seraient journellement nécessaires, ce qui représente un débit continu de 58 litres à la seconde. Deux groupes de sources furent étudiés, celui des Marais de Nantes-en-Rattier et celui du Rif Bruyant, ce dernier étant finalement choisi. Comme le débit disponible est largement supérieur aux besoins de La Mure, le surplus est utilisé par d'autres communes.

Une longue conduite relie les captages à La Mure et dessert au passage les agglomérations près desquelles elle passe.

b) Nantes-en-Rattier (fig. 23).

Le branchement sur la conduite principale du Rif-Bruyant à La Mure se fait peu après la galerie de 700 mètres qui suit le col de Malissol. Il se bifurque tout de suite : une première canalisation dessert le hameau du Freynet, la deuxième va sur le chef-

CAPTAGES ET ADDUCTIONS DE PONSONNAS, COGNET PRUNIERES, SAINT AREY ET MAYRES

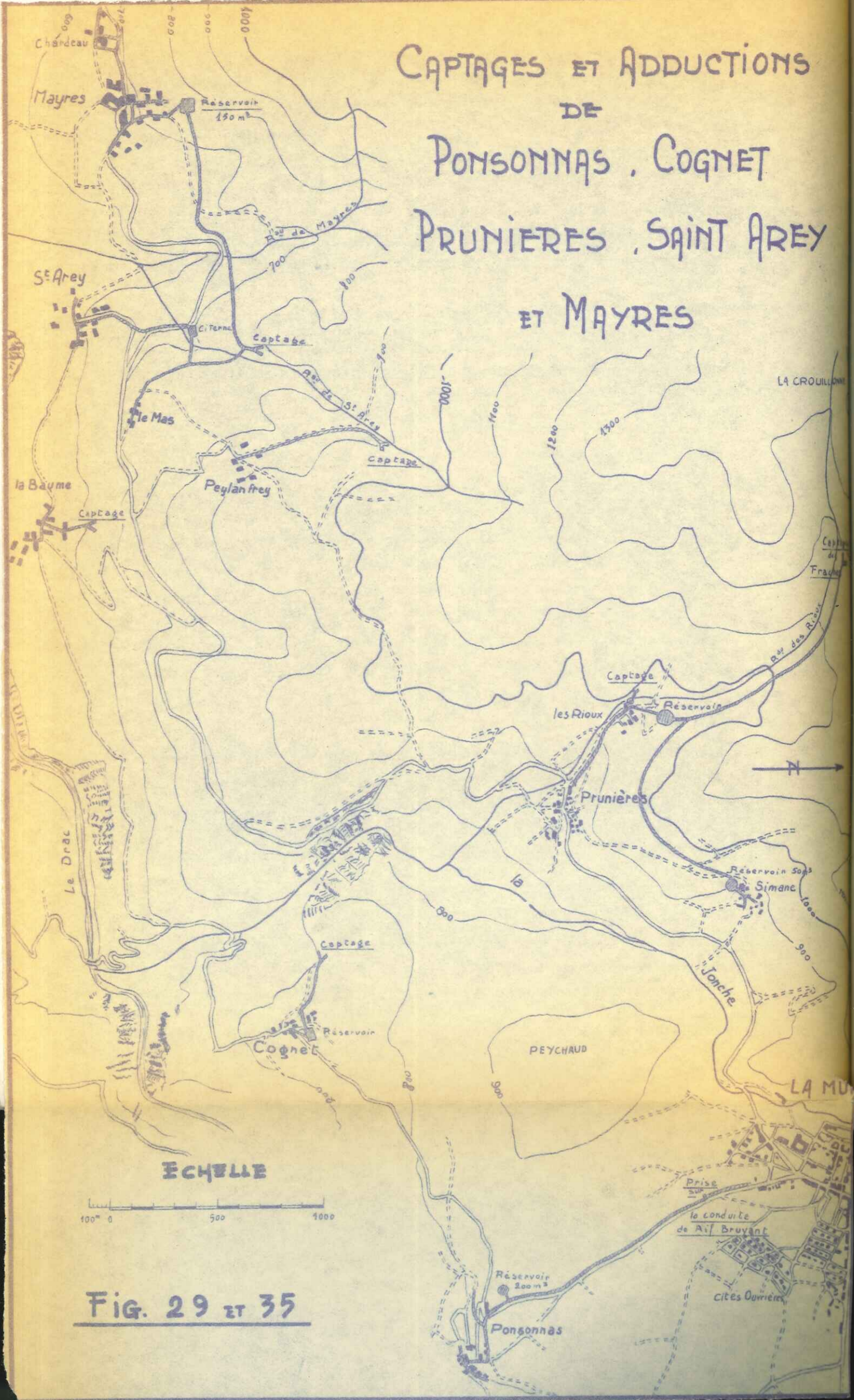


Fig. 29 ET 35

lieu et
est relié
bouvet.
captées
éboulis
que le
Rif Bruy
fère.

A l
duite on
Neuve".
une cana
hameaux

La
sur le v
La Mure
litres p
réservé d
Ponsonna

Les
cions ca

C'e
son nom
qu'à la
teau, à
Haut, da
140 habi

A l
de Rif B
vers l'Or
ché direc

Un p
réalisé,

lieu et se raccorde vers la route à l'ancien réseau. Ce dernier est relié à un réservoir et va alimenter aussi le hameau de Serbouvet. La commune utilise encore en partie ces anciennes sources, captées au bas des pentes du Piquet de Nantes et venant soit des éboulis, soit de fissures dans le Drias ; à ce propos, signalons que le tunnel réalisé sous le col de Malissol pour la conduite du Rif Bruyant a rencontré une de ces fissures qui s'est révélée aquifère.

A l'aval du Freynet, un autre raccordement a lieu et une conduite en gros diamètre va vers le Sud jusqu'à la ferme de la "Croix Neuve". Un projet, qui sera réalisé au printemps de 1953, prévoit une canalisation qui, partant de cette ferme, ira alimenter les hameaux du Haut-Roizon et du Bas-Roizon.

c) Ponsonnas (fig. 29).

La commune est située à 1,5 kilomètre au Sud Est de La Mure, sur le versant de la vallée du Drac. Elle compte 200 habitants. La Mure lui cède un débit permanent de 50 litres par minute (360 litres par habitant et par jour) qui est pris à l'extrémité du réseau de la ville, à un peu plus d'un kilomètre du réservoir de Ponsonnas.

Les bassins publics continuent d'être alimentés par les anciens captages, qui sont au nombre de trois.

c) Sousville (fig. 23).

C'est une commune limitrophe, à l'Est de La Mure - et comme son nom l'indique, située en contrebas - qui s'étend au Sud jusqu'à la rivière de la Bonne. Les hameaux sont emplacés sur le plateau, à l'exception de quelques foyers situés au lieu-dit Mont-Haut, dans la vallée de la Bonne; la population totale s'élève à 140 habitants.

A l'heure actuelle, deux hameaux sont alimentés par les eaux de Rif Bruyant : il s'agit du Crozet, qu'une canalisation relie vers l'Ouest au réseau de La Mure, et de Villaret-Reynaud, branché directement sur la conduite principale d'amenée.

Un projet, qui n'attend que des crédits suffisants pour être réalisé, prévoit l'alimentation des autres hameaux. La prise se

ferait aux alentours de celle de Villaret-Reynaud et desservirait La Faurie, Le Pivol, La Croix et Pont-Haut.

Pour le moment, ces villages ont recours à quelques sources particulières dont la plupart tarissent en été et qui sont sujettes à contamination. Leur origine géologique se trouve encore dans la nappe la plus superficielle des moraines du plateau.

4. Alimentation en eau de Cognet. (Fig. 29).

Cette petite commune (60 habitants) située à proximité de Ponsoonas, utilise elle aussi les eaux d'une nappe intra-morainique du plateau. La source captée atteint un débit d'étiage de 1,5 litre/seconde.

5. Bibliographie

Pour avoir plus de détails sur certains points de l'exposé précédent, il sera avantageux de se reporter aux études suivantes :

- BLANCHET (F.) 1930 - Rapport géologique sur les sources des marais de La Mure (inédit).
- BREISTROFFER (M.) 1942 - Rapport géologique sur le projet de nouveaux captages de sources présenté par la commune de La Mure (inédit).
- GIGNOUX (M.) 1913 - Rapport sur les conditions géologiques des sources que la commune de La Mure se propose d'utiliser pour l'alimentation publique (inédit).
- KILIAN (W.) 1899 - Recherches d'eau dans les "Marais de La Mure" près de la station du Villaret (inédit).
- LORY (P.) et MORET (L.) 1949 - Rapport sur des recherches d'eau dans les marais de La Mure (inédit).
- MORET (L.) 1935 - Rapport sur les conditions géologiques d'un projet de réfection des captages et canalisations des sources alimentant en eau potable la Ville de La Mure (inédit).

MORET (L.) 1946 - Rapport géologique sur un projet destiné à compléter l'alimentation actuelle insuffisante de La Lure (inédit).

1903-Notes historiques sur les eaux d'alimentation de la Ville de La Lure.- Découverte des nappes aquifères ascendantes.- Notice technique (Édité par les soins de la Municipalité de La Lure, Imprimerie Girard, La Lure).

II.- Ressources en eau du syndicat intercommunal La Motte d'Aveillans, Susville, Pierre-Châtel, Villard-Saint-Christophe.

Le groupement de plusieurs communes en syndicat pour leur alimentation en eau correspond à la nécessité d'équilibrer les ressources en eau et les besoins des différentes agglomérations. En effet, certaines communes peu peuplées possèdent sur leur territoire des sources abondantes, dépassant de beaucoup les besoins locaux.

Avant de considérer en détail les besoins particuliers et les réalisations de chaque commune, il est bon d'avoir une vue d'ensemble sur la façon dont les ressources ont été mises en commun et réparties ensuite dans chaque localité, en fonction de ses propres besoins.

1. L'alimentation en eau potable à l'échelle du syndicat.

La commune de Pierre-Châtel utilise la source "du Bois de Villard Saint-Christophe" d'un débit de 8,5 litres par seconde à l'étiage ; sur ce débit, la commune est autorisée à dériver 5 litres/seconde pour ses besoins. La commune de Villard-Saint-Christophe, qui avait réservé ses droits sur la source, est autorisée à dévier 1 l/s pour parfaire son alimentation. Il reste donc 2,5 l/s disponibles à la source. Avant le groupement en syndicat, la situation était la suivante : La commune de Susville était alimentée incomplètement et dans de mauvaises conditions.

La Motte-d'Aveillans possède un réseau de distribution ali-

monté par plusieurs sources à débit très variable, et ne permettant pas, en période de sécheresse, de satisfaire à ses besoins. D'autre part, ces sources sont situées dans la zone des galeries d'extraction d'anthracite et parfois de mauvaise qualité.

La commune de Villard-Saint-Christophe était alimentée par des sources d'un débit insuffisant et très variable.

Or, la plupart de ces communes n'avaient pas sur leur territoire de sources suffisantes et, comme Pierre-Châtel, durent orienter leurs recherches sur le versant de Villard-Saint-Christophe qui se trouve dans de meilleures conditions au point de vue géologique. Elles donnèrent, lors de l'établissement du projet de Pierre-Châtel, un accord de principe sur l'utilisation des eaux supplémentaires de la source du Bois de Villard-Saint-Christophe, ce qui permit de prévoir une conduite d'aménée capable de leur donner satisfaction ultérieurement.

Le débit disponible à cette source est insuffisant pour les alimentations envisagées, mais peut servir d'appoint au débit de l'importante source "des Tibannes" située à environ 700 mètres de la précédente.

a) Alimentation réalisée.

Elle se fait grâce aux deux sources dont il a été question et dont les conditions géologiques d'émergence seront étudiées avec la commune de Villard-Saint-Christophe.

- Source du Bois de Villard-Saint-Christophe (fig. 33).

Elle émerge à la cote 1210 et a un débit d'étiage de 8,5 litres/seconde. Elle est captée pour Pierre-Châtel et Villard-Saint-Christophe, qui en dérivent respectivement 5 l/s et 1 l/s:

- Source des Tibannes (fig. 33).

Elle se trouve 700 mètres en amont de la précédente, au lieu-dit "Vaujalla".

C'est un groupe d'émergences très voisines, dont le débit total, en basses eaux, est de l'ordre de 11 litres/seconde. Il y a lieu d'envisager que des captages en augmentent notablement le débit.

A l'extrémité de la conduite, à une cote légèrement supérieu-

re à celle du trop-plein du réservoir de Pierre-Châtel, un ouvrage répartiteur de débit distribue l'eau au prorata des besoins de La Motte-d'Aveillans, Susville et Pierre-Châtel.

b) Quantités d'eau nécessaires.

La Motte d'Aveillans aura besoin d'un débit continu de 6,5 l/s.

Susville : on table sur 5 l/s, mais le développement de l'agglomération étant possible, le supplément nécessaire pourra être prélevé sur les sources du Bois-Noir, au-dessus de La Festinière.

Pierre-Châtel est autorisée à dériver 5 l/s, alimentant deux réseaux indépendants qui nécessitent 3,5 et 1,5 l/s.

Les besoins en eau des trois communes ci-dessus sont donc au total de 16,5 l/s : le débit des sources étant d'environ 20 l/s, 3,5 l/s restent disponibles que la commune de Villard-Saint-Christophe s'est réservé au titre de propriétaire de la source des Tibannes.

2. L'alimentation des communes du syndicat.

a) La Motte d'Aveillans (fig. 30).

Elle utilise deux sources locales et complète son alimentation avec une partie des eaux du syndicat.

-- Condition géologique des sources :

La Source du Bois Noir.

Elle se situe dans les terrains glaciaires de La Festinière, mais juste à leur sommet, tout près des affleurements de micaschistes. Les terrains étant recouverts d'éboulis perméables, la source doit constituer une résurgence des eaux qui y circulent, au contact des terrains argileux imperméables sous-jacents. D'autre part, elle se trouve exactement sur le trajet d'une grande faille de direction nord-sud et il est probable qu'une partie de ses eaux s'explique par un drainage dû à la faille, le fait qu'elles remontent étant causé par un colmatage de celle-ci (même relativement superficiel) au moyen des argiles glaciaires entraînées en partie par les eaux. La source débite un peu plus d'un litre/seconde.

La source du Mas.

Elle se trouve dans le ravin du même nom, à l'Ouest de la précédente, un éperon de micaschistes et de Houiller les séparent.

L'origine géologique est analogue à celle du Bois Noir et l'on peut encore invoquer l'action d'une faille nord-sud, parallèle à la première et sur le trajet de laquelle se situe l'émergence. Le débit moyen est de 2,5 litres par seconde.

+ Réseaux de distribution. Sources locales.

Le plan général d'adduction comporte trois grands réseaux de canalisations.

. Le réseau 1 : alimente La Motte d'Aveillans, Le Mas, La Festinière. Il est relié aux captages de la source du Bois Noir.

. Le réseau 2 : alimente les hameaux de Combefolle, le Villard et la Hairie.

. Le réseau 3 : dessert les Buttarias, les Béthoux, la Faurie, Il est indépendant et alimenté par la source du "Mas".

Branchement sur la conduite du syndicat.

C'est un peu au-dessus du hameau de Puteville que le premier réseau de La Motte est connecté à la conduite amenant les eaux du syndicat.

Un ouvrage répartiteur accolé au réservoir de 125 mètres cube situé en ce lieu, permet de distribuer l'eau à Pierre-Châtel, La Motte ou Susville, cette dernière commune étant reliée au réseau de La Festinière.

b) Susville (fig. 31).

+ Condition géologique des sources.

La commune s'étage sur le flanc est de Bramefarino qui descend en gradins jusqu'à la plaine de La Hure. Le plateau de Bramefarino est formé d'un grand affleurement de calcaire de Laffrey au Nord duquel se trouvent des terrains triasiques. Viennent ensuite, vers l'Est, deux anticlinaux (ceux-là même qui sont recoupés par le travers-banc est-ouest des exploitations du Villaret), où affleurent Lias calcareux et Trias. Entre ces trois zones se trouvent des ondulations synclinales, au fond desquelles apparaissent les schis-

tes aléniens.

Le tout est recoupé par des failles de direction nord-sud, plus ou moins tronçonnées par une grande faille est-ouest.

. Sources de l'Allier.

Elles se trouvent à l'amont des Herlins et sortent du Trias; Sur l'emplacement même des sources, l'affleurement n'est pas très net, formé de blocs épars de cargneules et de dolomies jaunes; mais très peu au-dessous, dans la tranchée d'un chemin creux, dolomies et cargneules sont en place. Le débit est de 14 litres/minute.

. Sources des Treize Bises.

Elles émergent au lieu-dit, à quelques centaines de mètres du col de Bramefarine. Il s'agit d'une série de cinq sources réunies dans une même citerne et provenant de deux groupes de captages.

Un premier groupe de trois sources vient de la rive droite du vallon des Pagnes, un deuxième groupe de deux sources venant d'un vallon perpendiculaire au vallon des Sagnes; le débit total atteint 1,5 litre/seconde.

Tous ces captages sont situés dans des prairies dominées par des forêts de pins, et les tranchées ont été creusées dans l'éboulis qui recouvre sur une certaine épaisseur des roches imperméables appartenant probablement à l'Alénien.

Donc ici, les eaux paraissent sans rapports directs avec le Trias et doivent provenir de circulations dans les éboulis.

. Sources de Pré-Bernard et Pré-Diron.

Elles sont très voisines l'une de l'autre, immédiatement à l'Ouest au-dessus des Herlins, sur la rive gauche du ruisseau des Herlins, dans une prairie inclinée et marécageuse dans sa partie basse. Les deux captages dont les eaux se réunissent dans une citerne commune sont dominés à l'Ouest par une petite falaise de Lias à faciès Laffrey, alors que l'emplacement de la prairie drainée correspond à un niveau de cargneules et de dolomies triasiques.

. Source des Plagnoux.

Elle se situe au lieu-dit "les Plagnoux", à environ 1500 mètres au Nord Ouest de La Mure. La citerne de captage est placée sur le bord d'un petit ravin affluent de la rive droite du ruisseau des Herlins, exactement au point où ce ravin se bifurque vers l'amont.

La partie supérieure du ravin, jusqu'à son confluent avec le ruisseau des Herlins, est constituée de schistes noirs imperméables du Houiller. Mais à partir du citerneau, ces schistes n'apparaissent plus sur les deux flancs du ravin et font place à des calcaires et des dolomies. Cette source est donc encore d'origine triasique. Son débit est faible et irrégulier.

Sources de Sagne-Morel.

Elles se présentent en deux groupes : Sagne-Morel proprement dit et Bois-les-Pellats.

La source de Sagne-Morel

se trouve au lieu-dit "Col des Treize-Bises", dans une échancrure de la montagne qui forme limite entre Susville et La Motte-d'Aveillans. Elle alimente un petit bassin en bois situé sur le bord du chemin de la Sauzie à la montagne du Pellat. Le captage se fait en pleine forêt, par un petit drain remontant la pente au-dessus du chemin. L'origine géologique est semblable à celle des sources des Treize-Bises, c'est-à-dire qu'elle semble indépendante du Trias et due au contact des éboulis perméables sur le substratum imperméable. Le débit est voisin de 0,5 litre/seconde.

Les sources du Bois-les-Pellats

sont situées à environ 500 mètres à l'Ouest du Psychagnard, sur la rive gauche de la Combe de la Fontaine du Crey. Les deux captages, dont les eaux sont réunies dans un citerneau commun, sont établis dans les éboulis qui recouvrent les micaschistes formant le sous-sol et ont un débit du même ordre que la source précédente.

Source des Lauzes (ou puits des Marais).

C'est un forage, effectué dans un terrain communal au lieu-dit "Les Lauzes" à près de 200 mètres au Nord Est de l'étang de la Centrale, et qui atteint 10 mètres de profondeur. L'extrémité inférieure atteint la nappe aquifère et l'eau remonte dans le système jusqu'au voisinage de la surface du dol, en se mélangeant avec celle d'une nappe superficielle rencontrée à 2 mètres de profondeur à peine. Un système de pompes, situé

au Villaret, on capte les eaux. L'origine géologique des nappes a été étudiée dans le paragraphe concernant La Hure.

- Réseaux de distribution.

La commune comporte neuf hameaux principaux : ceux de la plaine, les plus rapprochés de la route nationale (Le Crey, La Centrale, Le Villaret, Nantizon, Les Chuzins), ont une population composée surtout de mineurs.

Par contre, les villages supérieurs (Les Merlins, La Sauzie, Versenat, Le Psychagnard), ont une population semi-agricole.

+ Répartition des ressources dans les différents hameaux

Elle se fait suivant deux grandes zones :

1. Le Service Haut.

Il utilise trois groupes de sources.

- . Les sources de l'Allier : alimentent le village des Merlins.
- . Les captages des Treize-Bises, Fré Bernard et Pré Diron : alimentent les hameaux de La Sauzie et Versenat.
- . Les captages des Plagneux : sont utilisés pour les Chuzins et Nantizon. Leur débit, faible et irrégulier, pouvant même être nul en période de sécheresse, il est possible aux deux villages d'utiliser le surplus des captages précédents. D'autre part, Nantizon est relié au Villaret par une canalisation qui permet un apport éventuel du Service Bas.

2. Le Service Bas.

- . Captages de Sagne-Morel. Ce sont les seuls qui lui sont propres ; ils alimentent le Psychagnard.

+ Alimentation en eau de la Centrale thermique du Villaret.

Cette Centrale électrique, située sur le bord de la route de La Hure à La Motte d'Aveillans, près du Villaret, consomme une importante quantité d'eau.

Son édification répond au besoin des Houillères du Bassin du Dauphiné de se débarrasser des fines de charbon peu commercialisables, tout en n'étant pas perdantes au point de vue économique. Une ancienne Centrale, dont les bâtiments restants se situent à

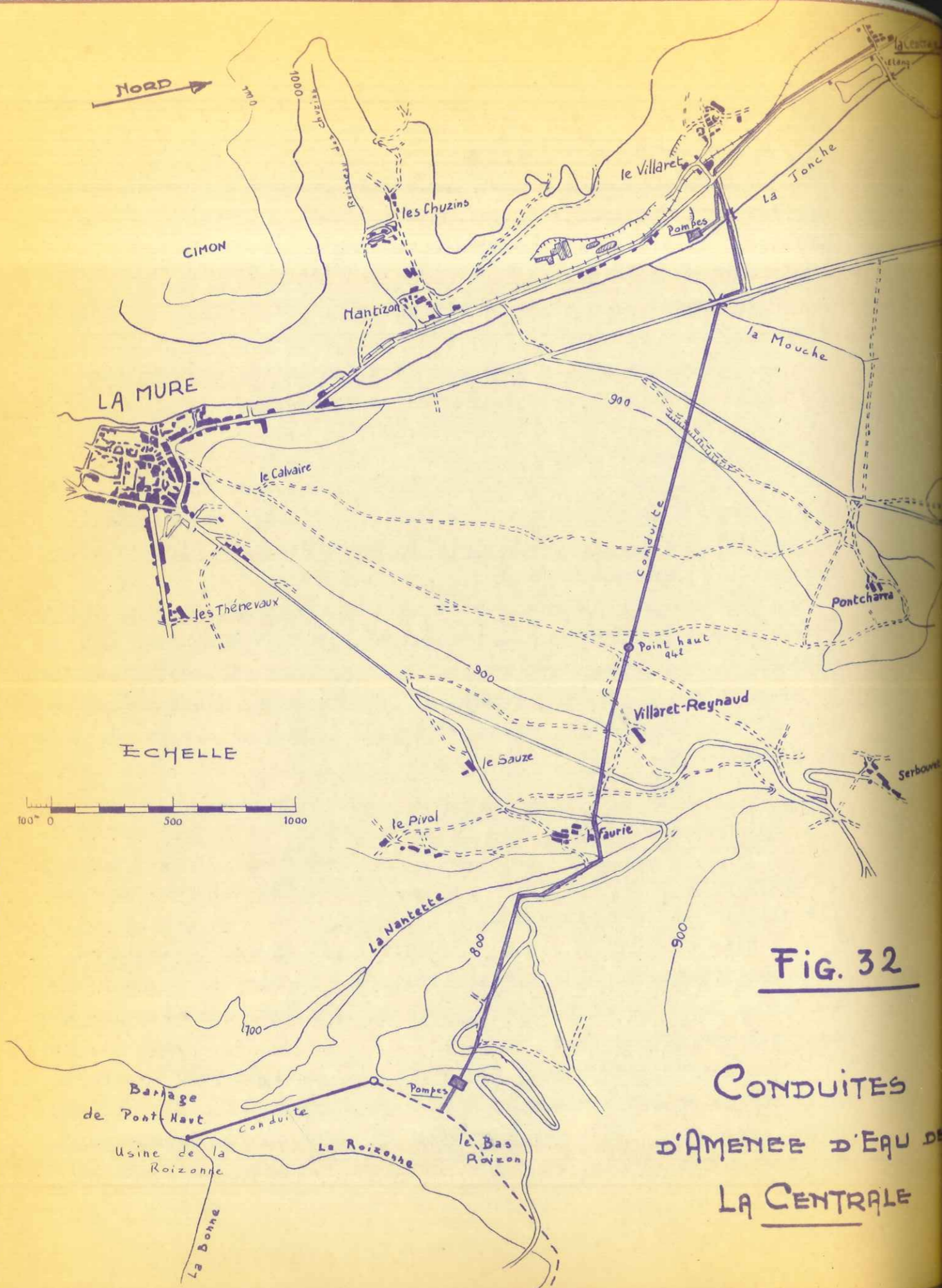


FIG. 32

CONDUITES
D'AMENEE D'EAU DE
LA CENTRALE

côté de ceux de la Centrale actuelle, a fonctionné jusqu'à la mise en route de celle-ci : son alimentation en eau se faisait grâce à l'étang de la Centrale creusé à cet effet, tirant lui-même ses eaux de l'étang du Crey. La Centrale actuelle a une puissance de 50 000 kilowatts/heure et brûle 800 tonnes de charbon brut par jour (en marche à plein rendement). Elle fonctionne depuis 1954 et en moyenne trois mois par an.

Alimentation en eau (fig. 32).

Le débit d'eau à refroidir est de 13 200 m³ à l'heure. Les pertes par évaporation s'élèvent à 170 m³ à l'heure (pour les deux condenseurs), ce qui représente dans l'année 400 000 m³ d'eau environ. Pour combler ce déficit, on utilise les eaux de la Jonche ou de la Roizonne.

. La prise d'eau sur la Jonche: se fait un peu à l'aval du pont du Razier, juste après le confluent avec la Mouche. La station est constituée de trois groupes de pompes de 90 chevaux.

. La prise d'eau de la Roizonne est effectuée sur la conduite de l'usine de Pont-Haut. Une canalisation de 5 kilomètres amène l'eau à la Centrale : deux groupes de motopompes de 240 chevaux la refoulent jusqu'au point haut situé sur la colline de Payon, puis la gravité joue jusqu'à la Centrale.

L'eau a besoin d'être purifiée à son arrivée, afin d'éviter l'entartrage des canalisations. Pour cela, une station d'épuration fonctionne à la Centrale, traitant 70 à 80 m³ d'eau par jour. Le traitement consiste en un adoucissement suivi d'une distillation. L'eau de Javel est employée pour décomposer les matières organiques. Pour l'adoucissement, des échangeurs d'ions sont utilisés, qui remplacent l'ion calcium des sels par l'ion sodium qui est sans inconvénients. Les résines sont ensuite régénérées par le chlorure de sodium. Les sels sont précipités, décantés, et les eaux finalement obtenues ont un titre hydrométrique nul, ce dernier étant vérifié constamment au cours du traitement pour contrôler la qualité de l'eau.

Au point de vue économique, l'eau de la Roizonne est achetée à l'Electricité de France qui en demande paiement surtout sous

forme d'énergie électrique. C'est pourquoi l'eau de la Jonche est utilisée de préférence, tant que son débit est suffisant, bien qu'elle soit beaucoup moins pure et nécessite de ce fait un traitement plus important.

c) Commune de Pierre-Châtel (fig. 33).

Elle groupe 1230 habitants et se trouve à environ 4 kilomètres au Nord de La Sure, sur la route nationale qui va vers Grenoble.

- Réseaux de distribution.

La situation topographique permet difficilement d'envisager une simple accumulation de l'eau par gravité dans un réservoir unique, d'où partiraient un ou plusieurs réseaux de distribution. La distribution générale se fait donc au moyen de deux réseaux indépendants, desservis chacun par un réservoir approprié.

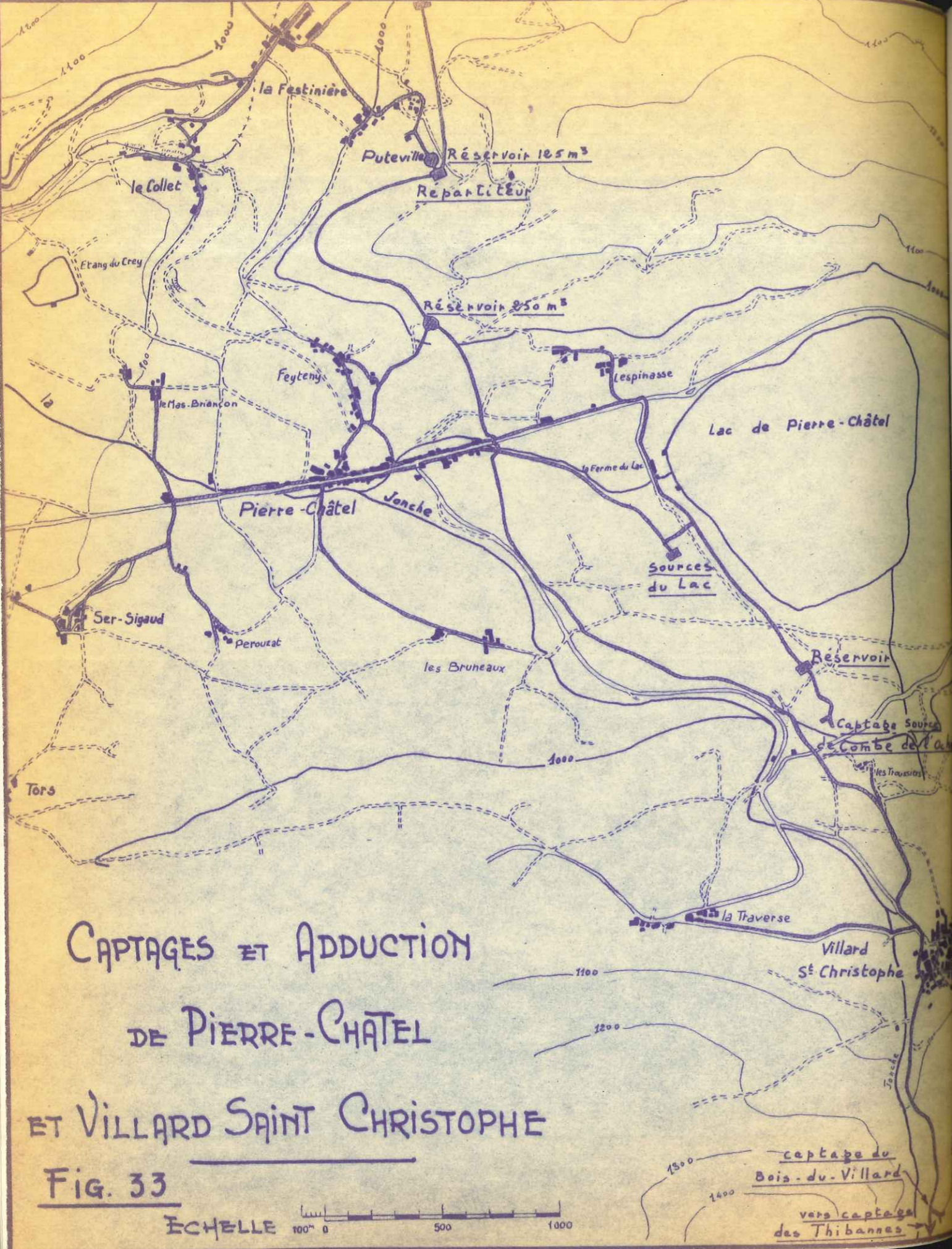
. Le réseau numéro 1 : comprenant le chef-lieu, Westeny, Lespinasse, les Bruncaux, Pérouzat et Ser-Sigaud, est commandé par un réservoir de distribution. Il est alimenté, comme le second, par les sources du Bois du Villard et des Tibannes. D'autre part, d'anciens captages y sont reliés : ceux des sources du Lac et de la source de la Combe de l'Oche. Mais leur rôle est insignifiant et Pierre-Châtel prend la totalité de ses 5 l/s d'eau sur les sources du syndicat.

. Le réseau numéro 2 dessert Puteville, La Festinière et Le Collet.

- Condition géologique des sources.

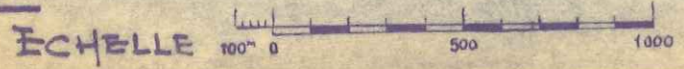
. Sources des alentours du lac : elles ont leur origine dans les masses de terrains morainiques qui entourent le lac, et accumulent les eaux de pluie ou de ruissellement, les restituant plus bas sous forme de sources. Leur débit étant très variable et peu important, elles ne sont presque plus utilisées.

. Sources du syndicat. Elles se situent sur le territoire de la commune de Villard-Saint-Christophe et seront étudiées avec cette commune.



CAPTAGES ET ADDUCTION
DE PIERRE-CHÂTEL
ET VILLARD SAINT CHRISTOPHE

Fig. 33



Possibilité d'utilisation du Lac de Pierre-Châtel;

Si on voulait l'utiliser en totalité, il faudrait en surélever le niveau actuel par un ouvrage au droit du déversoir. Des quantités importantes d'eau passent par ce dernier (200 litres/seconde environ en moyenne), constituant une véritable hémorragie ; en arrêtant cette perte continue, le problème de l'alimentation totale serait probablement résolu. Afin de compenser les pertes, on pourrait dériver dans le lac le cours supérieur torrentiel de la Jonche (en moyenne 200 litres/seconde à ce point).

Mais, arrivé au droit du lac, le ruisseau s'en trouve séparé par un bourrelet morainique, de direction Nord-Sud, puis arqué au Sud-Sud Est, ce qui produit un coude de la Jonche dans cette même direction. C'est à cet endroit-là qu'elle se perd dans les alluvions de son lit au moment de l'étiage.

La dérivation ne pourrait donc se faire qu'au moyen d'un souterrain traversant les terrains morainiques (argiles à blocs) sur près de 500 mètres, distance qui sépare l'amorce du coude de la Jonche de la rive la plus proche du lac. Il faudrait prendre des mesures de précaution afin d'éviter que de trop grandes quantités de graviers ne soient amenées avec l'eau au moment des crues. D'autre part, la dérivation risquerait de perturber l'alimentation des nappes aquifères captées au marais de La Fure. Enfin, la construction du barrage lui-même soulèverait des difficultés et cette solution semble devoir être abandonnée.

Le lac devrait donc être utilisé sans surélévation et l'on ne pourrait compter que sur son alimentation naturelle pour compenser le débit utilisé.

Il a été constaté, même pendant les années de grande sécheresse, que le plan d'eau du lac de Pierre-Châtel (ainsi que celui des autres lacs), n'est pas aussi bas qu'on l'aurait prévu. Or, la Jonche évite le lac, et il est peu probable que des infiltrations de ce cours d'eau s'engagent souterrainement vers le lac. Elles devraient alors traverser l'épais coussin d'alluvions, probablement colmatées, qui l'en sépare dans cette zone.

Il faut admettre que l'alimentation naturelle se fait, non

seulement par le ruissellement et l'apport du ruisseau de la Combe de l'Oche, mais encore par des sources sous-lacustres. Ceci paraît normal si l'on se souvient que ce lac (d'origine glaciaire comme les autres lacs de la Mathoysine et dû à une branche latérale du Glacier de la Romanche) est entièrement entouré de terrains meubles et spongieux, d'origine morainique. Ces terrains peuvent localement constituer de véritables réservoirs pour les eaux météoriques.

d) Commune de Villard-Saint-Christophe (fig. 33).

Les ressources en eau du réseau sont constituées par des sources communales et surtout par le débit prélevé sur la conduite intersyndicale.

- Origine géologique des sources.

Villard-Saint-Christophe se trouve au débouché d'un vallon situé au Sud du Grand-Serre. Ce vallon, où prend naissance la Jonche, est creusé dans les micaschistes, les gneiss, les dolomies triasiques et le Lias calcaire. Dans une de ses parties reposent des dépôts morainiques.

A la fin du Quaternaire, après le retrait des grands glaciers, la plupart des petites dépressions alpines situées à une certaine altitude et actuellement parcourues par des torrents, étaient occupées par des languettes de glace, ramifications plus ou moins importantes de glaciers plus étendus. Ces languettes transportaient alors des cailloutis et des blocs plus ou moins volumineux qui se sont accumulés en abondance sous forme de moraines, celles-ci enfin abandonnées après disparition des glaciers.

Les sources jaillissent en général de la partie inférieure des niveaux de cailloutis.

Le dépôt glaciaire qui se trouve dans le vallon atteint près de 1500 mètres de long sur 700 à 800 mètres de large ; c'est un amas de blocs et de boues argilo-sableuses.

Une telle formation, perméable dans son ensemble, emmagasine, au moment des pluies, une grande quantité d'eau qu'elle élimine sous forme de sources dans les points bas.

Il est également possible qu'une certaine quantité de

l'eau du ruisseau s'enfonce dans ces alluvions pour venir se mélanger aux eaux provenant des pluies, et augmenter les réserves souterraines. Mais, d'après l'altitude et la disposition des sources de telles infiltrations, si elles se produisent, ne peuvent avoir lieu qu'à plusieurs centaines de mètres en amont des émergences.

De telles eaux ont donc subi, au cours de leur cheminement souterrain, une excellente filtration et peuvent être livrées en toute sécurité à l'alimentation. Le schéma général des conditions géologiques de ces sources est analogue à celui des sources du Rif-Bruyant (voir figure 28).

Chimiquement, ces eaux sont très pures, ayant généralement traversé des terrains cristallins peu solubles. Les analyses révèlent cependant, pour certaines d'entre elles, la présence de sulfates et de carbonates, leur origine s'expliquant par d'importants affleurements de Trias qui existent non loin d'elles, vers le Nord.

3. BIBLIOGRAPHIE.

Des détails supplémentaires sur l'origine des différentes sources du syndicat intercommunal pourront se trouver dans les rapports suivants :

- BLANCHET (F.) 1934 - Existence de la source du Grand-Pré, commune de Villard-Saint-Christophe (inédit).
- " 1939 - Rapport géologique sur un projet d'alimentation en eau potable présenté par la commune de Pierre-Châtel (inédit).
- " 1942 - Rapport géologique sur un projet d'alimentation en eau potable présenté par la commune de La Motte d'Avoillans (inédit).
- " 1949 - Rapport géologique sur divers projets d'alimentation en eau potable présentés par la commune de Susville (inédit).
- " 1956 - Rapports sur les conditions géologiques d'un projet de captage présenté par la commune de Susville au lieu-dit "Les Lauzes" (inédit).

- BLANCHET (F.) 1956 - Rapport sur les conditions géologiques de deux captages que la commune de Susville se propose d'utiliser pour compléter son alimentation en eau potable (inédit).
- GIGNOUX (M.) 1913 - Rapport sur les conditions géologiques des sources de la commune de Susville (inédit).
- LAMBERT (R.) 1932 - Rapport sur les conditions géologiques d'une source destinée à alimenter en eau potable le hameau des Troussiers, commune de Villard-Saint-Christophe (inédit).
- L O R Y (P.) et MORET (L.) 1949 - Rapport sur des recherches d'eau dans les Marais de La Mure (inédit).
- PIRAUD (V.) 1923 - Rapport sur les conditions géologiques des sources dont la commune de Villard-Saint-Christophe se propose de modifier le captage (inédit).

III. Alimentation en eau de La Motte-Saint-Martin.

La commune, qui groupe 660 habitants répartis en de nombreux hameaux, s'étend à l'Ouest de La Motte d'Aveillans, sur les deux flancs de la vallée du ruisseau de Vaulx.

1. Alimentation des différents hameaux.

- . La source du Jat, très abondante, suffit pour les hameaux suivants : Le Pérailler, Bayardièrre, Treffort (chef-lieu), La Mollière, Les Côtes, Leysson et Raccord.
- . La source du Villard dessert le hameau de même nom.
- . Le Vivier utilise la source "du Château" et une autre source située sous Bayardièrre.
- . Le Mollard et le Majcuil, situés sur le flanc est du Connex, sont alimentés par la source du Majcuil.

2. Condition géologique des sources.

a) Source du Jat.

Elle est située dans le massif montagneux qui s'étend entre Senepy et signal de Brame-Farine, à peu de distance du sommet de cette crête et à une altitude d'environ 1400 mètres.

La partie inférieure de ce massif, qui domine immédiatement La Motte-Saint-Martin, est formée de schistes cristallins, puis de

Houiller. La partie haute de la montagne est constituée des terrains marneux ou calcaires du Lias et de ceux du Trias. Le Trias, représenté surtout par des dolomies et calcaires jaunes, forme des bandes anticlinales étroites qui pointent au milieu des calcaires du Lias.

La source est dans une de ces bandes du Trias, qui coupe en écharpe le versant ouest de Bramc-Farine et qui apparaît ici uniquement formé de cargneules et de dolomies ; on n'y voit pas de gypse, mais un autre affleurement situé non loin de là en comprend.

Les crêtes qui dominent la source sont formées de calcaire du Lias à faciès Laffrey, très fissuré et perméable : les eaux s'y infiltrent immédiatement en profondeur.

Au contraire, au-dessous de la source, la partie inférieure est formée par les schistes et grès du Houiller et les schistes du Lias, qui arrêtent les eaux circulant en profondeur et déterminent la position de la source.

b) Source du Villard.

L'adduction des eaux de la source du Jat au hameau du Villard aurait nécessité une conduite longue et coûteuse, c'est pourquoi cette source plus proche a été utilisée.

Le sous-sol profond est constitué des schistes noirs et conglomérats du Houiller, mais dans les pentes qui s'élèvent au-dessus des maisons, et où se trouve la source, le Houiller est complètement recouvert par des éboulis très épais formés presque uniquement de cargneules triasiques (dites "tufs" dans le pays).

Les éboulis sont perméables et le contact avec le substratum imperméable détermine la formation de la source.

c) Source du Château.

Elle a une origine analogue à celle de la source du Jat et provient d'un affleurement de Trias situé au lieu-dit "les Côtes".

d) Source Bayardière.

Elle se trouve sous le hameau du même nom, et son origine est semblable à celle de la source du Villard. Elle prend naissance au contact des affleurements houillers avec les éboulis qui le recouvrent et doit être alimentée en partie au moyen des eaux

drainées par une grande faille nord-sud et qui s'infiltrant dans les éboulis comme la source du Bois Noir à La Motte.

e) Source du L'ajouil.

Ses eaux constituent le petit ruisseau qui coule dans la courbe située au-dessus du hameau du L'ajouil, sur le flanc est du massif du Connex. La source vient encore une fois d'un affleurement de Trias que surmontent les couches liasiques formant le sommet du Connex.

M. GIGNOUX, dans un rapport inédit datant de 1913, avait étudié une partie de ces sources, dont le captage n'était encore qu'un projet à l'époque.

IV.- Alimentation en eau de la commune de Saint-Honoré.

La commune se compose de plusieurs hameaux situés sur le bord est du plateau de la Matheysine et les premières pentes du Massif du Tabor, entre Nantes-en-Rattier et Villard-Saint-Christophe.

Sa population totale est de 430 habitants. Les réalisations d'adduction se présentent en trois parties :

1. Première partie.

C'est l'adduction principale, qui dessert les hameaux de Combalberte, Les Alemans, Fugières, Les Lazuers, Le Tord et Pontcharra.

Le seul endroit où il soit pratiquement possible de capter les eaux potables nécessaires est situé au Nord de Comboursière, sur le versant ouest du Massif du Tabor.

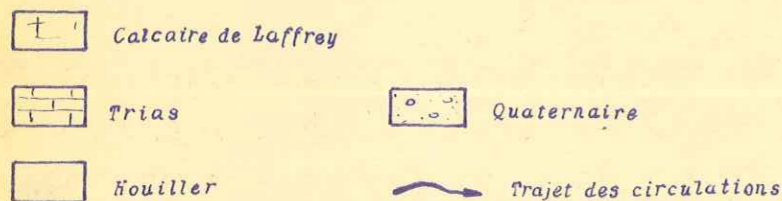
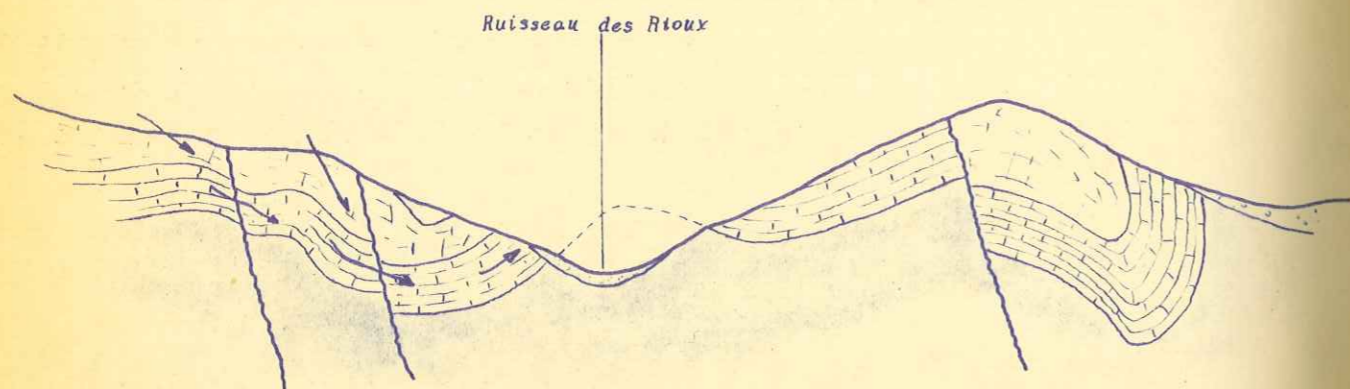
Condition géologique des sources.

Elle est analogue à celle qui a déjà été étudiée pour les sources de Villard-Saint-Christophe et de Rif-Bruyant.

Ce sont plusieurs émergences issues d'un affleurement glaciaire, dans lequel s'infiltrant les eaux recueillies par un vaste bassin de réception qui s'étend jusqu'au crêtes du Tabor.

Les jaugages donnent un débit moyen de 5 l/s, le minimum descendant rarement au-dessous de 4 l/s.

ORIGINE DE LA SOURCE DES RIOUX



ECHELLE

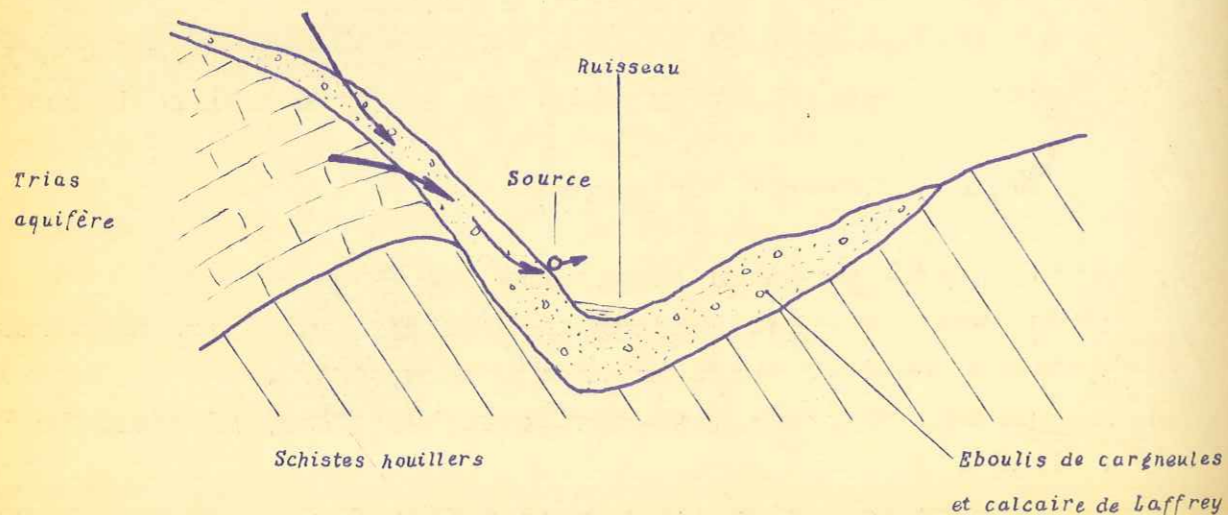
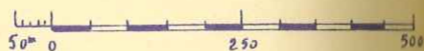


Fig. 34

2. Deuxième partie.

Elle concerne l'alimentation du hameau de Comboursière.

Les deux sources captées sont situées à l'Est du village, sur le versant du Tabor. Elle sortent encore d'un placage de moraines, au contact du substratum liasique.

3. Troisième partie.

C'est celle qui réalise l'alimentation du chef-lieu. Les sources captées sont celles du ruisseau qui coule dans le thalweg central de la Combe du Villard, au-dessus et à l'Est de Saint-Honoré.

Au point de vue géologique, l'origine des eaux est la même que pour les deux adductions précédentes.

V.- Alimentation en eau de la commune de Prunières. (Fig. 29).

Elle compte 400 habitants pour trois hameaux : le chef-lieu (200 h.), Simane (150) et les Rioux (50).

Le chef-lieu est alimenté par une source captée près des Rioux, sur la rive gauche du ruisseau de Prunières, à une altitude qui ne permet que l'alimentation du quartier desservi.

Simane et les Rioux utilisent une source, toujours en rive gauche du ruisseau de Prunières, mais beaucoup plus à l'amont que la précédente, vers le lieu-dit "les Fraches).

Un ouvrage répartit les eaux entre les deux quartiers, mais en période de sécheresse le débit des sources diminue beaucoup.

A - ORIGINE GEOLOGIQUE DES SOURCES.

1. Source des Rioux (fig. 34).

La combe du ruisseau de Prunières est entaillée dans les schistes du Houiller pour sa partie inférieure.

Sur la rive droite, au-dessus du Houiller, affleure le Trias aquifère.

Ces deux formations sont recouvertes d'une couche d'éboulis

à éléments surtout triasiques (dolomies et cargneules), mais aussi liasiques, avec des fragments du calcaire de Laffrey. Les eaux viennent du Trias et circulent à sa base sur les schistes imperméables du Houiller. Elles passent ensuite dans les éboulis, en partie aussi alimentés par les infiltrations superficielles et ressortent dans les points bas sous forme de sources.

La source des Rioux a un débit moyen d'environ 4 l/s. Cette quantité paraît importante, mais il faut considérer que les installations du puits de mine des Rioux, situé un peu au-dessous du hameau, en utilisent une partie.

Une source très voisine, la source de la Verpillère, due aux mêmes conditions géologiques, devait être utilisée à sa place mais elle tarit complètement peu avant que le projet fut adopté.

Cette disparition fut mise au compte des travaux de mine de la région, mais elle n'était due qu'à la sécheresse ainsi que le démontre un rapport inédit de Monsieur J. HAUDOUR en 1958.

2. Source des Fraches.

Elle a une origine analogue car elle se trouve dans un éboullis de calcaires de Laffrey et de roches triasiques, recouvrant un affleurement de Trias. Le débit moyen est de 1,5 l/s, mais baisse beaucoup en période sèche, ce qui oblige les habitants à surveiller leur consommation d'eau.

B - BIBLIOGRAPHIE.

BLANCHET (F.) 1954 - Rapport sur les conditions géologiques d'un projet d'alimentation en eau potable présenté par la commune de Prunières (inédit).

" 1955 - Rapport sur les conditions géologiques d'un projet d'alimentation en eau potable de la commune de Prunières (inédit).

M O R E T (L.) 1929 - Rapport géologique sur un projet d'adduction de sources présenté par la commune de Prunières (inédit).

VI.- ADDUCTION D'EAU DE LA COMMUNE DE MAYRES.

La commune, d'une population totale de 200 habitants, est située à 6 kilomètres à vol d'oiseau de La Mure. Les quatre hameaux qui la composent s'échelonnent sur la route qui mène à Marcieu en contournant l'extrémité sud du Massif de Senepy. Ce sont : le chef-lieu, Chardeau, Cléau et Châteaubois.

Le dernier, abandonné depuis des années, voit en ce moment la création d'un foyer de l'U N E S C O . L'alimentation en eau de fait par deux réseaux.

A - PREMIER RESEAU (fig. 35).

Il dessert le chef-lieu et Chardeau et reçoit son eau de la source du "Moulin de Saint-Arey" qui jaillit à 1200 mètres au Nord Est de Mayres, sur la rive droite du vallon des Sagnes et en amont du confluent de celui-ci avec le ruisseau de Pellenfrey.

Son débit est variable, mais toujours important et suffisant et toute saison : 15 l/s en moyenne et 5 l/s à l'étiage. La source se trouvant sur le territoire de la commune de Saint-Arey, un accord a été réalisé : Mayres a effectué le captage et y a prévu une prise de départ pour Saint-Arey qui n'aura qu'à y brancher une conduite pour être alimentée. Mayres a le droit de dériver 2 l/s.

- Origine géologique de la source.

Les collines au Nord de Saint-Arey sont formées de schistes noirs et surtout de calcaires zoogènes du Lias. Les calcaires, disloqués et brisés par suite de la tectonique, laissent facilement infiltrer les eaux pluviales dans ses fentes et diaclases. A cela s'ajoutent les phénomènes de dissolution, et il se constitue ainsi, en profondeur, une importante réserve aquifère qui s'écoule dans les points bas où la roche est entaillée par l'érosion.

Dans le thalweg du ruisseau des Sagnes, qui correspond à une de ces entailles, les calcaires liasiques sont complètement érodés et, en certains points, apparaît le substratum triasique : calcaires dolomitiques, cargneules et masses d'anhydrite plus ou

moins gypsifère en surface. Ce Trias va, lui aussi, laisser écouler de l'eau et c'est elle qui constitue la majeure partie des résurgences. Les eaux de la source apparaissent dans ces dernières formations. Sur l'emplacement même de la source, il n'y a pas d'affleurements nets et l'on ne voit que des blocs épars de cargneules et dolomies jaunes, mélangés à des roches diverses d'origine glaciaire et à des fragments d'éboulis. Les eaux contiennent une importante quantité de sulfates et présentent un cas de "potabilité relative" : la teneur en sulfates dépasse le maximum ordinairement admis pour une eau potable, mais comme il n'existe pas dans la région de sources moins chargées et aussi importantes, elle est quand même livrée à la consommation.

B - DEUXIÈME RESEAU.

Le hameau de Cléau est alimenté par une source située dans un petit ravin, au Nord Est des maisons, et qui débite environ 1 litre/seconde.

Celui de Châteaubois n'a pas actuellement de ressources en eau, à part un puits qui trouve l'eau à 5 mètres de profondeur et une source non captée, à 1 kilomètre environ des maisons, sur le bord de la route qui mène au hameau des Champs, et qui donne 0,3 L/s.

L'origine géologique de ces sources sera étudié avec celle des eaux de Marcieu, où l'on trouvera le cas général du versant ouest du Senepy.

C. BIBLIOGRAPHIE.

BLANCHET (F.) 1952 - Rapport géologique sur l'alimentation en eau potable de la commune de Mayres (inédit).

VII.- Alimentation en eau de la commune de Saint-Arey.

La commune est située sur la rive droite du Drac, à proximité de Mayres ; elle compte 90 habitants répartis dans les hameaux de Saint-Arey, La Baume, Peylanfrey et Le Lias (fig. 35).

1. Saint-Arey - Le Lias.

Ces deux hameaux utilisent une partie de la source du Moulin de Saint-Arey, grâce à un branchement qui a été prévu lors de son captage par la commune de Mayres.

2. Peylanfrey.

Le village est alimenté par les eaux d'une source captée dans le vallon de Sagnes, à l'amont de celle du Moulin de Saint-Arey, et d'un débit moyen de 0,5 l/s.

Son origine géologique est analogue à celle de cette dernière et s'explique par les affleurements de Trias dans les zones où l'érosion du calcaire de Laffrey le fait apparaître et permet à ses eaux de venir au jour (voir fig. 77).

3. La Baume.

Ce hameau est situé dans une région où la vallée du Drac présente des affleurements de schistes et calcaires noirs imperméables de l'Aalénien.

Mais, au-dessus du hameau, se trouve une croupe où le Lias est recouvert par une croûte épaisse de tufs calcaires

déposés autrefois par des eaux de sources. Le village lui-même est construit sur une croupe analogue de tufs, se terminant d'une manière abrupte. Signalons encore l'abondance des formations quaternaires, discordantes sur le Lias schisteux, qui s'observent sur les bords du chemin descendant de Combe-Neveu-se à la Baume

Les tufs sont très fissurés et les eaux y circulent en profondeur dans un réseau irrégulier de petites canalisations souterraines naturelles : ils ont donc le rôle d'une vaste éponge dans laquelle les eaux de ruissellement viennent s'accumuler. Les eaux ressortent à la surface aux points où les canaux les ramènent au jour, en particulier dans les régions où le soubassement imperméa-

COUPE SCHEMATIQUE DU FLANC OUEST DU SENEPEY

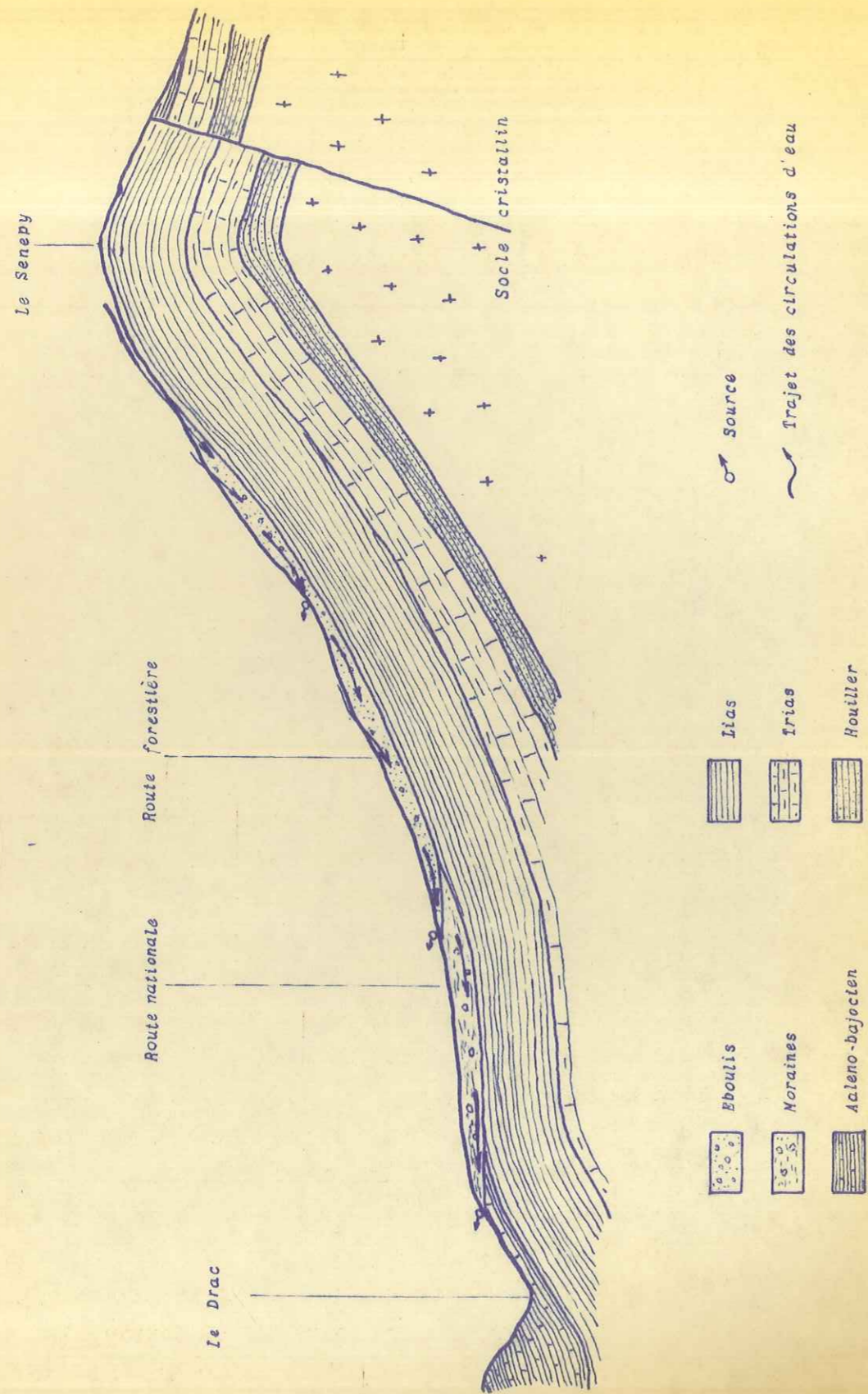


FIG. 36

ble de schistes noirs du Lias affleure. Le principal niveau des eaux souterraines soit donc exister à la base des tufs, au contact des schistes. C'est là l'origine des sources de la Côte et de la Révia qui sont captées pour alimenter le village et débitent en moyenne 1,5 litre par seconde.

Les eaux qui circulent en profondeur dans les tufs ne s'y filtrent pas, mais heureusement la croupe de tufs est, dans sa partie haute, inculte ou garnie de forêts de pins, de sorte qu'il n'existe pas de causes spéciales de contamination.

Un rapport inédit de H. GIGNOUX, datant de 1928, concerne cette région.

VIII.- Alimentation en eau de la commune de Marcieu.

La commune de Marcieu est peuplée de 140 habitants répartis dans six hameaux : Les Arnauds, Ronac, Marcieu, Les Pras, Les Champs et Mignane.

Elle est alimentée par trois sources : la source des Arnauds (2 l/s), captée au Sud du hameau ; la source de Marcieu qui se trouve au-dessus du chef-lieu ; la source de Mignane, au-dessous du hameau et située au lieu-dit Les Buissons. Elles sont reliées à trois réservoirs de 45 m³ qui alimentent six kilomètres de conduite. Le débit des deux dernières est difficile à estimer car seul est visible l'écoulement du trop-plein des captages.

Tous les hameaux sont desservis et le réseau donne satisfaction ; la plus grande difficulté rencontrée pour son entretien est due aux glissements de terrain.

- Origine géologique des sources (fig. 36).

Elle est la même pour toutes les sources et c'est pourquoi elles sont groupées dans une même rubrique.

La commune est établie sur un plateau légèrement incliné vers l'Ouest et allongé du Nord au Sud, entre le profond thalweg du Drac et le Massif de Senepy qui la sépare du Bassin de La Hure. La partie supérieure de la montagne du Senepy est constituée de calcaires du Lias inférieur. La partie inférieure, formant le

substratum du plateau de Marcieu est représentée par des schistes foncés du Lias supérieur, que les érosions du Drac font affleurer sur ses deux rives et qui apparaissent en outre en plusieurs points entre Roñac et Les Champs. Partout ailleurs, les schistes liasiques sont recouverts par des dépôts argileux très développés, d'origine glaciaire, coupés par des lentilles sableuses perméables d'alluvions intercalées. Ce sont des moraines würmiennes déposées par le glacier du Drac.

Dans la région la plus voisine du Drac, on voit ces formations argileuses reposer sur des alluvions de progression qui la séparent des bancs schisteux liasiques. Mais, au fur et à mesure qu'on va vers l'est, la couverture morainique disparaît à son tour sous les éboulis du Senepy, souvent consolidés en brèches de pente, et dont la limite inférieure correspond à peu près à la route nationale.

Une grande part des eaux de pluie tombées sur la montagne s'écoulent sur les pentes et s'infiltrer d'abord dans l'éboulis perméable qui en recouvre la base. Arrivées au contact du substratum imperméable constitué vers l'amont par les schistes du Lias supérieur, vers l'aval par les argiles glaciaires, elles circulent à la surface de ces deux formations et s'infiltrer en partie dans les bancs sableux qui coupent les argiles glaciaires.

Les sources jaillissent principalement à la base de l'éboulis et à la surface des argiles, ce qui confirme l'interprétation.

Les argiles absorbent une grande quantité d'eau, ce qui peut les amener à un certain degré de fluidité et déclencher les spectaculaires glissements de terrain et coulées boueuses si fréquents dans la région. Le phénomène s'aggrave du fait que les couches de sables, interstratifiées dans les moraines, une fois gorgées d'eau peuvent constituer des plans de glissement soit à la base, soit au sein des dépôts morainiques.

Des détails supplémentaires pourront se trouver dans :
BLANCHET (F.) 1948 - Rapport géologique sur les glissements de terrain dans la région de Marcieu (inédit).

IX.- Conclusion.

L'étude de détail nous a fait connaître les ressources en eau de chaque commune et ainsi sont apparus plusieurs types de sources correspondant à des facteurs géologiques différents, et qui se combinent dans certains cas en types mixtes.

- Les terrains de transport recouvrant la Matheysine contiennent des nappes aquifères donnant lieu en certains points à des résurgences et pouvant être atteintes par des sondages ou des puits. Ces eaux sont le plus souvent ascendantes, et quand elles viennent d'une couche assez profonde, bien régularisées et filtrées.

- Le Trias forme aussi des sources, soit qu'un emplacement topographique particulier favorise la sortie des eaux, soit qu'une faille peu perméable fasse remonter les eaux vers l'amont jusque vers un affleurement en surface où elles s'écoulent.

- Les éboulis contiennent des réserves aquifères provenant des précipitations et parfois aussi de résurgences dans les terrains sous-jacents. Ces eaux circulent et vont ressortir aux endroits où l'éboulis est limité par un substratum imperméable, par exemple des argiles glaciaires.

- Les fractures tectoniques ont aussi leur rôle dans la genèse des sources, soit indirectement, comme nous l'avons indiqué plus haut, soit directement en drainant des eaux. Celles-ci venant de la surface ou des couches profondes ressortiront à l'amont des points où la faille leur livre un passage moins facile. Ces circulations affectent surtout les failles de direction nord-sud.

b) Ressources exploitables.

Elles sont pratiquement impossibles à chiffrer. Nous nous contenterons d'en indiquer les zones où l'on peut trouver des eaux potables et qui constituent forcément un bilan général des régions d'alimentation des captages actuels.

1. Dans la région du Plateau matheysin.

- Il s'agit d'abord des eaux contenues dans les nappes des dépôts morainiques quaternaires. Elles sont en général bien filtrées par leur circulation dans les bancs sablo-graveleux, mais il est bon de s'assurer, par des analyses, qu'elles ne sont pas con-

taminées par des infiltrations d'eaux superficielles usées.

Les réserves sont en tout cas très importantes.

- Dans les pentes est du massif montagneux, les sources d'éboulis et surtout les résurgences dues aux affleurements du Trias aquifère peuvent être intéressantes.

2. Sur le versant sud du massif montagneux.

- Dans la partie inférieure, ce seront les eaux des terrains glaciaires et principalement au contact du substratum rocheux.

- Un peu au-dessus, les résurgences des circulations qui se produisent dans les tufs.

- Dans la partie supérieure, les eaux qui s'infiltrent dans les éboulis de surface et les eaux venant des affleurements de Trias, qui peuvent d'ailleurs circuler dans les éboulis. Pour ces dernières, il est préférable de vérifier que leur teneur en sulfates ne dépasse pas le maximum admis.

3. Sur le versant ouest du Senepy.

- Les ressources d'eau potable sont d'abord constituées par les sources qui sortent des éboulis liasiques, au contact du sous-sol imperméable.

- D'autre part, les sources qui sont issues des niveaux perméables de la moraine würmienne.

4. La région des Hottes.

- Dans la partie inférieure, c'est-à-dire celle constituée des argiles glaciaires : les sources se trouvent surtout au contact des éboulis perméables avec les moraines imperméables.

- Dans le versant montagneux :

. Ce sont d'abord les eaux qui sortent d'éboulis, mais au contact du substratum imperméable houiller ou cristallin.

. Un peu plus haut, les eaux viennent des affleurements de Trias situés sous les corniches de calcaire de Laffrey.

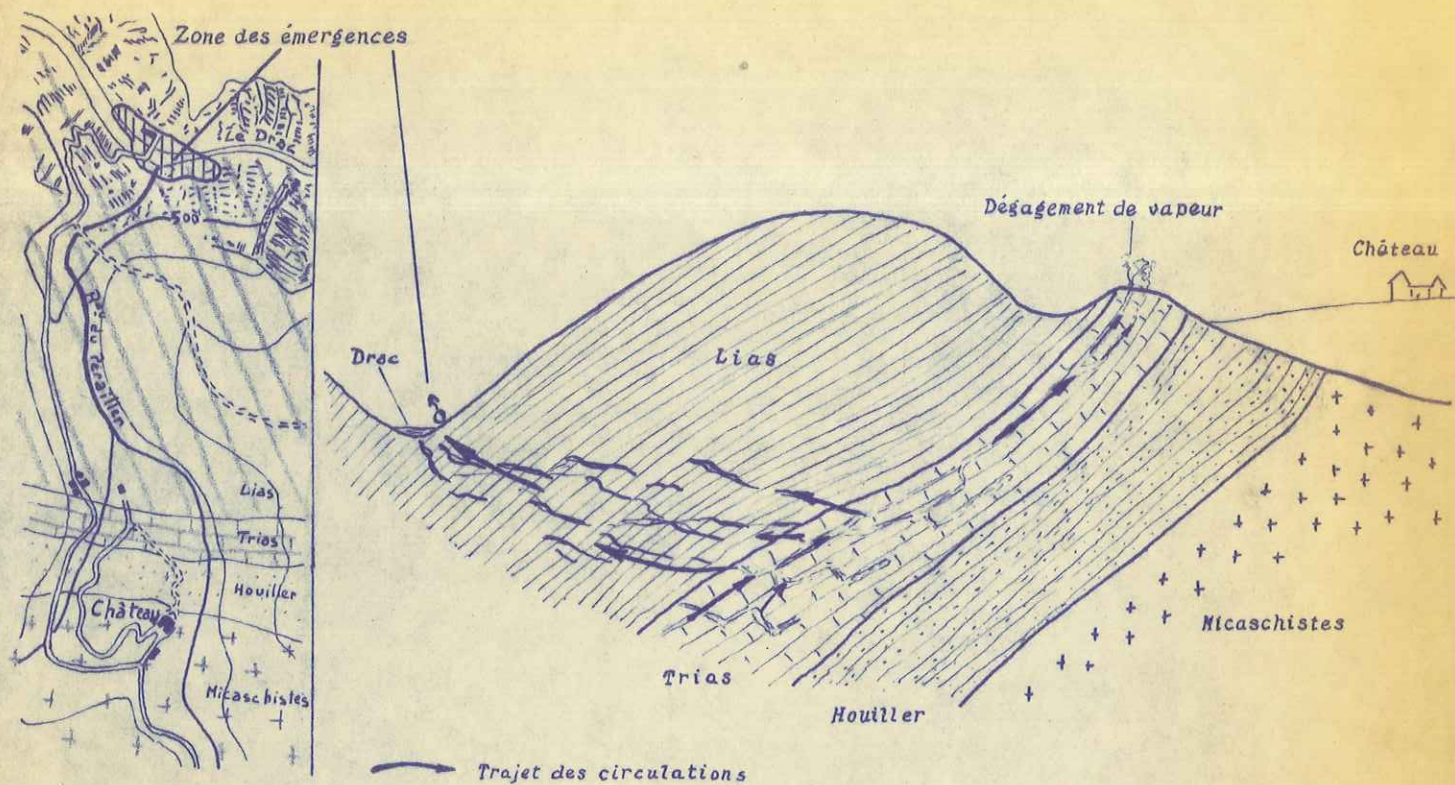
5. Versant est du Senepy et Branefarine.

Ici encore, deux types de sources apparaissent :

. celles venant des couches aquifères du Trias, en dessous des affleurements de Lias calcaire ;

. celles venant de la résurgence des eaux d'éboulis au con-

ORIGINE DES EAUX THERMALES DE LA MOTTE



INTERPRETATION SCHEMATIQUE

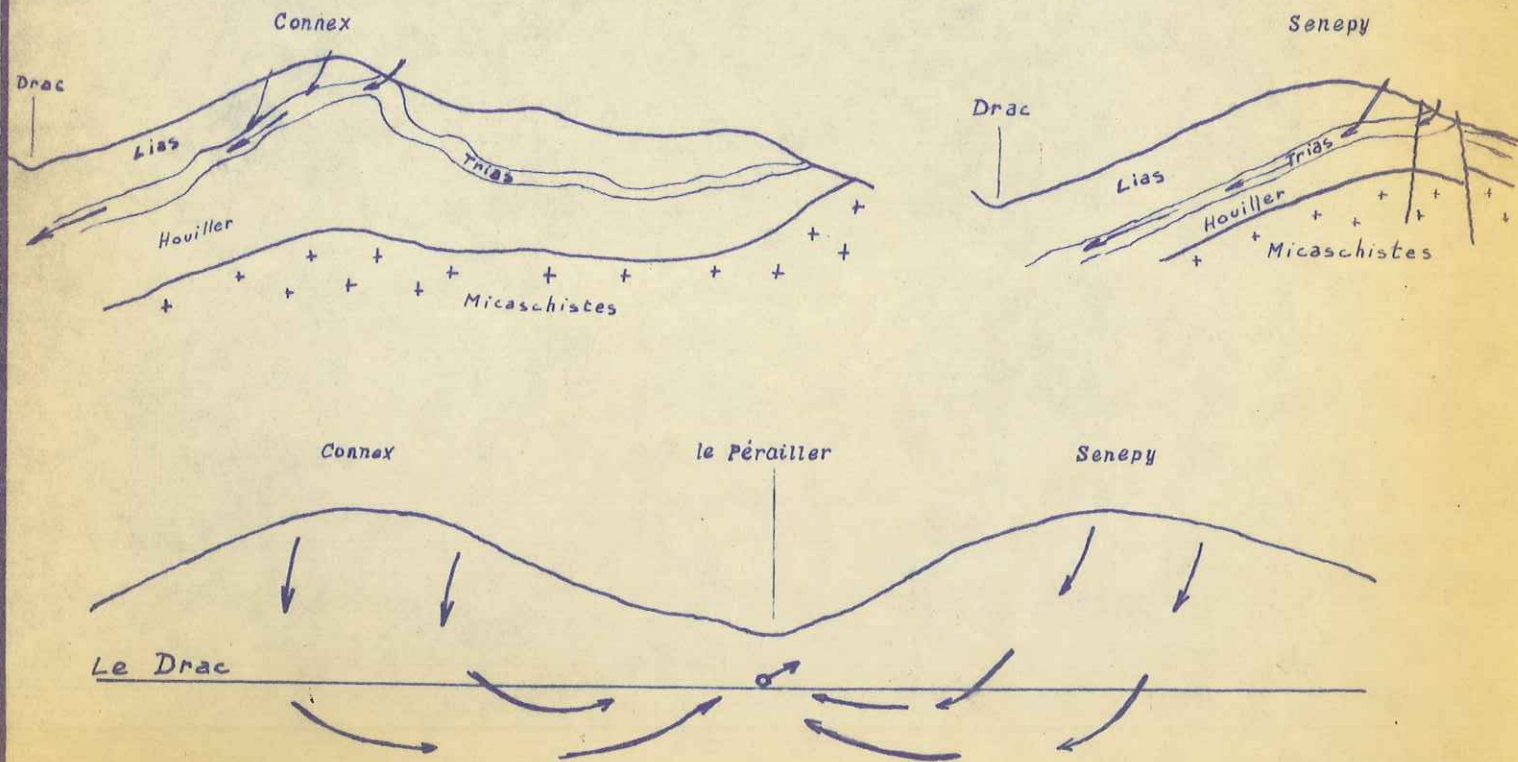


FIG. 37 ET 38

tact d'un substratum imperméable, le plus souvent constitué dans ce cas par les schistes aaléniens.

2. Eaux thermales

Cas particulier parmi les eaux qui émergent après une circulation souterraine, les eaux thermales se caractérisent par leur température élevée et leur importante minéralisation. Ces propriétés sont dues à la profondeur des circulations, élevant la température par suite de l'augmentation du gradient géothermique ; et à leur longueur, qui permet une dissolution importante des éléments minéraux.

La région compte deux de ces résurgences, à Mayres et à La Motte Saint-Martin, cette dernière ayant eu son heure de célébrité puisqu'un établissement thermal a fonctionné grâce à elle.

a) Sources thermales de Motte-les-Bains.

Elles ne présentent qu'un intérêt historique car elles sont désormais recouvertes des 100 mètres d'eau que la retenue du barrage de Monteynard atteint à cet endroit.

Elles se situaient (fig. 37) sur les bords du Drac et dans le lit même, aux alentours de l'endroit où le ruisseau de Vaulx, ayant pris le nom de ruisseau du Pérailler, conflue avec lui venant formant une chute de 200 mètres de haut.

Cette vallée du Pérailler se situe entre deux massifs montagneux, Connex au Nord, Senepy au Sud.

Ces eaux émergeaient de nombreuses fissures de la roche vive sous l'usine électrique d'Avignonet, dans le canal de fuite de cette usine, dans le lit du torrent et enfin sur la rive droite aux sources du Puits et de la Dame, distantes l'une de l'autre de 100 mètres. L'eau avait une température de 62°.

Un établissement thermal occupait le château de La Motte (XIV^e siècle), qui se trouve sur un monticule isolé dans la vallée du Pérailler. Une ingénieuse machine, prenant son moteur dans la cascade du Pérailler, remontait les eaux jusqu'au château par une canalisation de près de deux kilomètres.

Le débit des sources, qui était de 4 litres/seconde en 1836,

était passé à 1,5 l/s en 1844, et cette diminution continue causa pour une part l'arrêt du fonctionnement des thermes quelques années avant la dernière guerre.

- Composition et propriétés curatives des eaux.

Il s'agit d'eaux hyperthermales chlorosulfatées, contenant aussi du brome et du lithium. Elles ont été utilisées contre toutes sortes d'affections, rhumatismes, tuberculose osseuse, asthme etc... et même jusqu'à l'hystérie. Le Connétable de Lesdiguières s'en servit pour soigner une sciatique.

Une analyse sérieuse en a été faite en 1884 par M. les docteurs Bally et Henri, membres de l'Académie Nationale de Médecine, et a donné les résultats suivants :

Sur mille grammes :

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Acide carbonique libre : | Quantité indéterminée |
| Carbonate de chaux | 0,30 |
| Carbonate de magnésie | 0,30 |
| Sulfate de chaux | 1,65 |
| Sulfate de magnésie | 0,12 |
| Sulfate de soude anhydre | 0,77 |
| Chlorure de sodium | 3,30 |
| Chlorure de magnésium | 0,14 |
| Chlorure de potassium | 0,06 |
| Bromure alcalin | 0,02 |
| Silicate d'alumine | 0,02 |
| Crénate et carbonate de fer | 0,02 |
| Manganèse | traces |
| Eau | 992,60 |

- Origine géologique (fig. 37-38)

Les environs de La Motte-les-Bains sont constitués, du Drac vers l'Est : de Lias calcaire imperméable, mais souvent fissuré ; de Trias perméable ; de Houiller et de micaschistes imperméables. Toutes ces formations plongent vers l'Ouest et forment au Nord le massif du Connex, au Sud le massif de Senepy, tronçons d'une même chaîne que sépare la vallée du Pérailler, due à l'érosion, au point où le Drac décrit vers l'Est un coude brusque qui entaille les

calcaires fissurés du Lias. Les eaux chaudes minéralisées arrivaient au jour en cet endroit.

Elles ont pour origine les eaux pluviales qui tombent à la surface des montagnes environnantes et qui, emprisonnées sous les terrains imperméables du Lias plongeant vers le Drac, s'échauffent et se minéralisent au contact des assises triasiques qu'ils traversent, au fur et à mesure de leur descente.

Ces eaux doivent être présentes en profondeur, à l'Ouest du Connex et du Senepy, situés : l'un à 7 kilomètres au Nord, l'autre à 7 kilomètres au Sud des sources, et doivent donc franchir ces distances pour les alimenter. Si ces eaux circulent sur 7 kilomètres sans rencontrer de fracture jouant le rôle de collecteur, pour se rendre aux points d'émergence, il faut qu'elles cheminent et s'élèvent dans le Trias lui-même. Or, les affleurements les plus bas de ce terrain sont situés aux environs du Château de la Tette-les-Bains, où ils traversent la vallée du Pérailler. La colonne descendante qui s'y forme, principalement par les infiltrations des cours d'eau, est donc la moins haute et la plus discontinue de toutes celles qui existent entre Connex et Senepy. Elle ne saurait donc contrebalancer la force ascensionnelle de l'eau thermale qui s'élève dans les fissures. D'autre part, les nombreuses fissures par lesquelles les sources arrivent au jour sont minimes et localisées et doivent suivre le plus court chemin entre le Trias et les émergences. Enfin, l'entaille faite par le coude du Drac dans cette partie, en fait un point d'élection pour la sortie de l'eau minérale, car il diminue l'épaisseur du manteau liasique.

Ainsi, l'eau échauffée en profondeur à l'Ouest du Connex et du Senepy, emprisonnée sous le Lias, est refoulée à travers les vides et fissures du Trias par les colonnes d'eau froide descendant des montagnes. Elle s'élève dans les parties de ce terrain qui affleurent dans la vallée du Pérailler, en vertu de la pression hydrostatique, à un niveau au moins égal à celui de la source la plus élevée. Elle s'échappe ensuite à travers le Lias, aux points où ce terrain présente le plus de fissures et le moins d'épaisseur.

L'hypothèse est renforcée par la présence, à l'Ouest du château, d'un mamelon de calcaires triasiques dont les fentes laissent échapper de la vapeur d'eau qui ne peut provenir que de l'eau thermale.

- Bibliographie.

PUSSTNOT (C.) 1925 - Rapport géologique sur les effets du creusement de la galerie projetée par la Compagnie des Mines de La Fure sur les sources minérales de La Motte (inédit).

KILIAN (W.) 1903 - Rapport relatif aux conditions géologiques d'une galerie d'écoulement projetée par la Compagnie des Mines de La Fure entre le hameau de La Faurie et le Drac (inédit).

" 1913 - Rapport supplémentaire sur un projet de galerie conçu par la Compagnie des Mines de La Fure et sur l'influence que pourrait avoir son exécution sur les mines de la région (inédit).

b) Source thermale de Fayros.

Elle est citée dans l'ouvrage de DORGEVAL - DUBOUCHET (voir bibliographie), mais on n'en voyait plus de traces depuis longtemps et actuellement le lac de retenue du barrage de Monteynard recouvre l'endroit d'où elle émergeait.

Ses eaux étaient connues depuis des temps très anciens et surtout employées dans les cas d'affections gastriques.

Avant 1811, elle émergeait de plusieurs points dans le gravier du Drac. A cette époque, un éboulement considérable des roches qui encaissent le fleuve étant venu en barrer le cours, son lit s'éleva notablement. Le lit ne pouvant plus baisser à cause de l'énormité des blocs qui étaient en aval, on n'espérait plus voir reparaître la source par une issue naturelle.

En 1844, M. BONNIOT, propriétaire du sol, décida de faire quelques recherches sur les points indiqués comme étant ceux où l'eau jaillissait avant l'éboulement. Ces recherches furent faites au moment de l'étiage, mais ne donnèrent aucun résultat.

C'est alors que M. BONNIOT, après avoir examiné les roches de la rive opposée, dont les couches concordantes avec celles du côté de Mayres sont parfaitement dessinées, décida de fouiller au-dessus du niveau des plus hautes eaux, dans le voisinage d'une fissure très apparente de l'autre côté (la faille de Mayres). Après avoir creusé un puits de 6,50 mètres, jusqu'au niveau du lit du torrent, dans une roche de calcaire noirâtre (l'Aalénien) un sondage incliné à 5 degrés fut pratiqué ; quand la sonde eût atteint la profondeur de 3,60 mètres, l'eau jaillit avec une telle force que les sondeurs eurent à peine le temps de dégager leurs instruments et de sortir du puits. Une conduite en plomb fut ensuite ajustée à l'orifice du trou de sonde, et bien que sa hauteur fut de 15 mètres, l'eau continua de jaillir avec violence.

La source débitait environ 1 litre par seconde et sa composition chimique (donnée par E. GUEYFARD) était :

| | |
|-----------------------------|---------------|
| Argile noirâtre | 0,480 grammes |
| Carbonate de chaux | 0,540 |
| Sulfate de chaux hydraté | 1,180 |
| Sulfate de magnésie anhydre | 0,460 |
| Chlorure de magnésium | 0,112 |
| Chlorure de sodium | 1,228 |

Cette eau, quoiqu'un peu moins minéralisée, est d'une composition chimique analogue à celle des eaux de La Motte. La présence abondante de sulfates et de chlorures, et aussi la structure géologique de la zone d'émergence indiquent clairement qu'il s'agit encore là d'une eau triasique.

Le trou de sonde effectué par M. BONNIOT se situait dans la zone de la grande faille de Mayres et a dû atteindre celle-ci, donc le Trias qui en forme l'une des lèvres, livrant ainsi passage à ses eaux qui devaient encore avoir une origine semblable à celles de La Motte.

Cet exemple montre une fois de plus l'importance des failles et plus particulièrement des failles de direction nord-sud, pour la circulation des eaux souterraines et leur résurgence. La faille de Mayres se poursuit au Sud du Drac et passe au Grand Oriol ; or on observe aussi des sources minéralisées dans cette région, mais elles sont bicarbonatées ferrugineuses, ce qui laisse supposer une prépondérance des eaux de circulation superficielle dans les marnes ferrugineuses de l'Aalénien. D'autre part, cette faille remonte au Nord en longeant le flanc est du Massif de Senopy et traverse la vallée du Pérailler aux alentours du Château de La Motte. Il est donc probable que les sources thermales de cette région y sont plus ou moins liées.

Une autre corrélation pourrait se faire, toujours à propos des sources de La Motte, avec une grande faille est-ouest qui passe dans la vallée du Pérailler et côtoie à l'Ouest, Monestier-de-Clermont. En effet, des eaux thermales se trouvent au voisinage de cette agglomération, mais leur faible température et la présence de carbonates en quantité prépondérante indiquent des infiltrations assez superficielles dans les terrains argilo-calcaires du Callovo-Oxfordien. Dans le cas des sources de La Motte, l'influence de cette faille sur les résurgences pourrait se trouver dans la fracturation du Lias dans le coude que fait le Drac, et favorisant donc la remontée des eaux.

3. Les eaux recueillies par les travaux miniers.

a) Généralités.

Les travaux de mine des Houillères du Bassin du Dauphiné comportent une grande longueur de galeries (environ 80 kilomètres pour tous les travaux en exploitation ou abandonnés) représentant un important volume de vides (550 000 mètres cubes environ).

Ils réalisent donc un énorme système de drainage artificiel pour les eaux souterraines, dont ils modifient profondément le régime. En effet, ces travaux recoupent les couches aquifères (principalement Trias ou Calcaire de Laffrey) dont ils ponction-

nent en quelque sorte les eaux pour les dériver à de plus grandes profondeurs. Ils rencontrent aussi les grands accidents tectoniques, pouvant, là encore, offrir un passage à l'eau qu'ils drainent parfois. Ces eaux, recueillies dans tous les travaux, s'écoulent dans une rigole (plus précisément une "cunette" en termes techniques) qui court au pied d'un des parlements des galeries. Partent des plus petites cheminées d'exploitation, cet écoulement converge de plus en plus vers des galeries plus importantes, augmenté au passage par les infiltrations propres à ces galeries, pour aboutir finalement dans un petit nombre de grandes voies qui éliminent au jour l'important volume ainsi amassé. Cette eau constitue "l'exhaure" de la mine.

Il faut signaler le phénomène important que constitue l'approfondissement progressif du niveau de base de ce système : au fur et à mesure de l'épuisement du gisement à un niveau donné, les travaux continuent à un niveau inférieur, que les nombreuses liaisons entre les niveaux amènent à recueillir toutes les eaux. L'exhaure se fait actuellement par gravité (ce qui est peu fréquent dans les mines), car les grands axes de sortie débouchent à la surface.

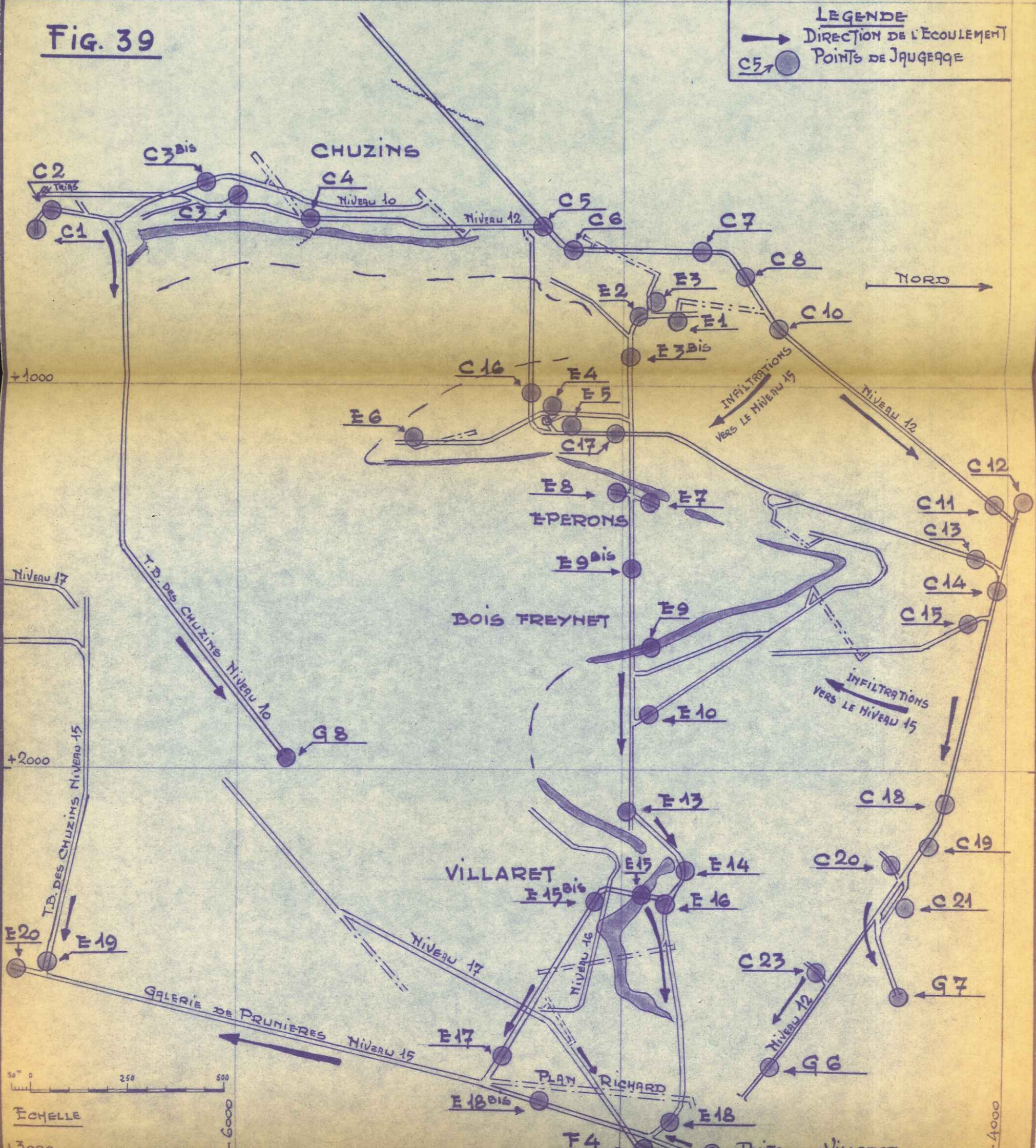
De nombreux jaugeages ont été effectués chaque mois dans les travaux de mine, en des points où les arrivées d'eau étaient importantes quantitativement, ou encore aux points présentant des particularités intéressantes. Une énumération de ces points va suivre. Les méthodes de jaugeage ont été identiques à celles employées pour les cours d'eau superficiels : toutes les fois où c'était possible, chronométrage du temps de remplissage d'un récipient étalonné ; dans les autres cas, mesures de la vitesse de l'eau et multiplication par une section moyenne de l'écoulement.

b) Points de mesure.

Les jaugeages ont été effectués dans des galeries situées à trois niveaux différents, auxquels correspondent des lettres d'identification pour le repérage sur plans. Ce sont, en descendant :

Fig. 39

LEGENDE
DIRECTION DE L'ÉCOULEMENT
POINTS DE JAUGEAGE



| | | |
|-------------------------|---|---|
| le niveau 10 (cote 897 |] | C |
| le niveau 12 (cote 889 | | |
| le niveau 15 (cote 770) | | E |
| le niveau 17 (cote 626) | | F |

Les mesures furent faites dans deux régions différentes :

- la région des Chuzins - Villaret, où deux tournées de mine étaient nécessaires, l'une pour les niveaux 10 et 12, l'autre pour le niveau 15 ;

- la région des Rioux, où une seule tournée de mine suffisait pour les niveaux 15 et 17.

1. Région des Chuzins - Villaret (fig. 39).

- Niveau 10.

- C1. Les Chuzins. Plan 12 Sud. Deux trous de sonde dans la galerie au mur.
- C2. Les Chuzins. Plan 12 Sud. Eau provenant du fond de la galerie qui touche le Trias.
- C3. Les Chuzins. Traverse sud. Plan 11. Traçage au charbon.
- C3 bis Les Chuzins. Plan 11. Trou de sonde capté.

- Niveau 12.

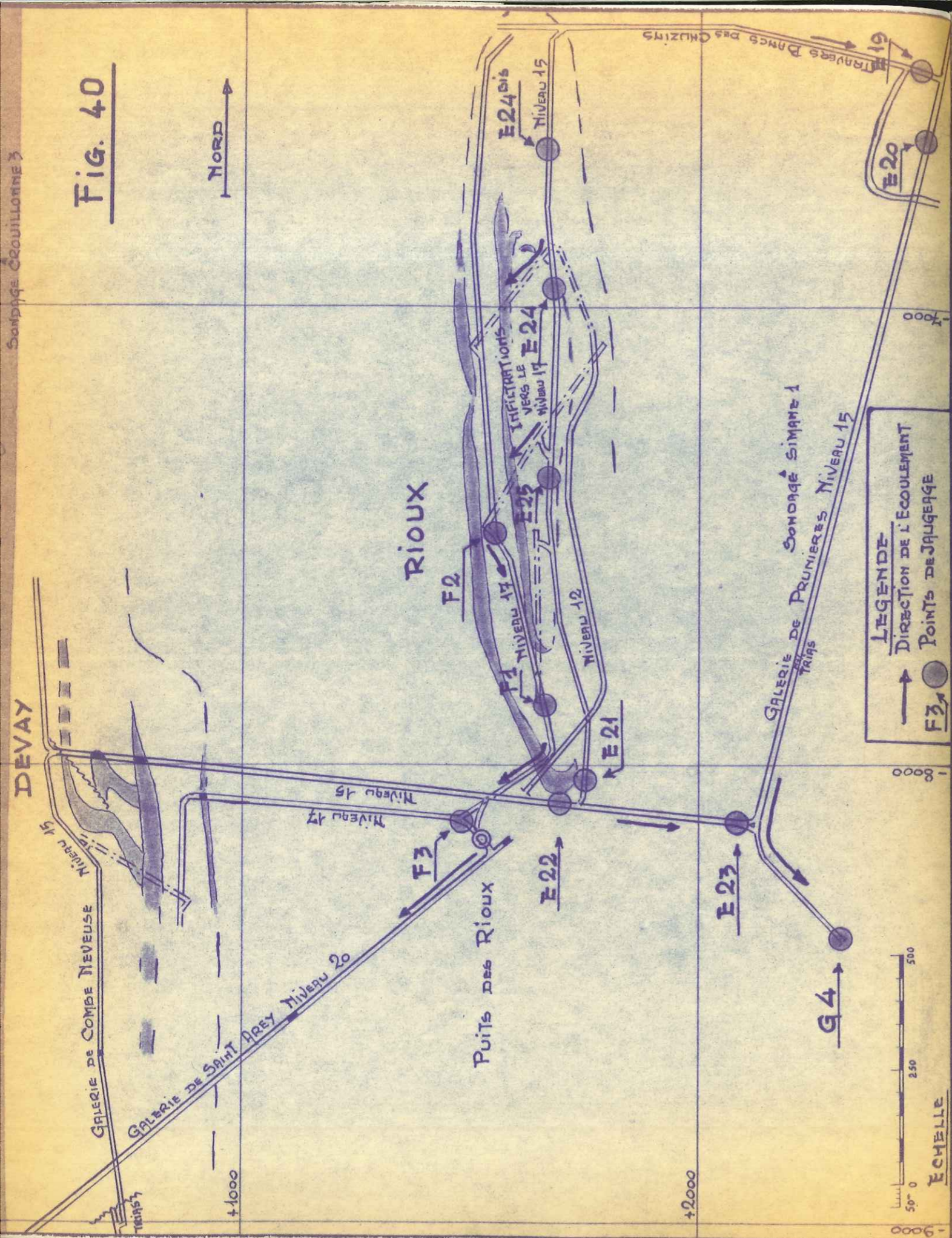
- C4. Les Chuzins. Plan 11. Captage dans un tuyau des eaux venant du niveau 9.
- C5. Les Chuzins. Cunette au début de la galerie au mur.
- C6. Plan 9, en aval de la venue de l'ancien plan 9.
- C7. Eau descendant du plan 8 bis.
- C8. Galerie au mur du 5e pondage. Tuyau d'arrivée de la cheminée 4.
- C10. Galerie au mur des Supérieurs. Arrivée de l'ancienne cheminée 4 bis.
- C11. Entrée de la galerie au mur des Supérieurs.
- C12. Base du grand puits.

- C13. Début de la galerie au mur des Eperons.
- C14. Base de l'ancienne cheminée des chevaux.
- C15. Entrée de la galerie au mur des Bois-Freynef.
- C16. Grande Couche, Quatrième Pendage. Cunette.
- C17. Galerie au mur. Bure 7. Cunette.
- C18. Atelier des mécaniciens.
- C19. Fontaine dans la galerie de traction.
- C20. Galerie au mur des Villarets 1.
- C23. Galerie au mur des Villarets 2.

- Niveau 15.

- E1. Pied de la cheminée 15-14 1/2 - Plan 9.
- E2. Eau du plan 8, captée dans une colonne de 100.
- E3. Eau du plan 9, captée dans une colonne de 59-65.
- E3 bis Sortie générale des Supérieurs.
- E4. Eau de bure 4, captée dans un flexible.
- E5. Bure 4. Eau captée dans un tuyau Lecq. 51-54.
- E6. Eau du plan 5, captée dans une conduite de 59-65.
- E7. Traçage des Eperons, côté Nord.
- E8. Traçage des Eperons, côté Sud.
- E9. Bois-Freynef - Traçage au toit, Nord
- E 9 bis. Cunette générale niveau 15, en amont des Bois-Freynef.
- E10. Ancienne galerie au mur des Bois-Freynef.
- E13. Base du Bure 5. Villaret 1.
- E14. Banc du mur, Villaret 2.
- E15. Grande Couche, Villaret 2.
- E15 bis. Sortie de la chambre de décantation dans un tuyau de remblayage, Villaret 2.
- E16. Travers-banc venant de la descenderie de l'école.
- E17. Cunette principale en amont du Plan Richard.
- E18. Début de la galerie des Villarets, dans le parage du Plan Richard au puits.
- E18 bis. Cunette à 100 mètres au Sud du Plan Richard, en allant vers le puits.

Fig. 40



E19. Travers-banc des Chuzins aux abords de la galerie de traction.

- Niveau 17.

F4. Cunette niveau 17. Puits du Villaret.

2. Région des Rioux. (Fig. 40).

- Niveau 15.

- E 20. Cunette principale à l'aval du travers-banc des Chuzins.
- E 21. Galerie au mur près du travers-banc ouest du Devay.
- E 22. Cunette venant du puits et du Devay, en face de la galerie au mur.
- E 23. Cunette du travers-banc ouest des Rioux vers la "patte d'oie".
- E 24. Cunette aux abords du plan 3.
- E 24 bis. Cunette en amont du plan 3.
- E 25. Traverse plan 2. Eau captée dans un tuyau provenant du traçage - Cote + 3.

- Niveau 17.

- F 1. Recette plan 1 - Sortie dans un tuyau.
- F 2. Eau descendant par le plan 2.
- F 3. Cunette entre le plan 1 et le puits.

c) Résultats.

Comme il s'agit ici d'un bilan général, seuls les résultats concernant les grandes sorties d'eau vont être donnés et toujours sous la forme d'un débit moyen annuel, calculé à partir des mesures mensuelles.

Les points de mesure se situent aux endroits où les galeries débouchent au jour et qui sont indiqués par la lettre G sur les cartes de puits de jaugeage des eaux superficielles. Nous suivrons donc l'ordre donné lors de l'énumération de ces derniers.

1. Région de La Motte. (Fig. 18).

G 13. 1 litre par seconde

G 14. 140 litres/seconde*

Galerie du Drac 140 l/s pour une mesure en novembre 1961.

2. Région de Pierre-Châtel - La Hure (fig. 19).

G 5. 1 l/s

G 6. 0,2 l/s

G 7. 12 l/s

G 8. 5 l/s

G 9. 0,8 l/s

3. Région de Mayres - Saint-Arey (fig. 20).

G 1. 6,5 l/s (niveau 20. Cote 473 m).

G 2. 43 l/s

G 3. 0,5 l/s

G 4. 57 l/s.

Il faut préciser que l'exhaure des travaux actuels, c'est-à-dire ceux qui s'effectuent dans les régions Chuzins - Villaret - Rioux, est donné par les débits des galeries G 1 à G 9.

La longueur totale des galeries de ces travaux atteint 60 kilomètres environ, représentant un volume de vides de l'ordre de 400 000 mètres-cube.

La surface de sol drainée par les travaux est d'environ 15 kilomètres-carrés ; l'exhaure totale étant de 126 l/s, le calcul montre qu'elle correspond à 265 millimètres d'eau pour l'année, donc à environ un tiers des eaux tombées en surface.

TROISIEME PARTIE

PROPRIETES PHYSISO-CHEMIQUES DES EAUX.

A - GENERALITES.

Les eaux naturelles, superficielles ou souterraines, contiennent des substances dissoutes en quantités plus ou moins grandes. La mise en solution de ces substances se fait par dissolution et attaque des éléments contenus dans les roches traversées, et le rôle des gaz dissous dans les eaux peut avoir de l'importance (c'est en particulier le cas du gaz carbonique pour les calcaires).

L'attaque chimique des roches se fait suivant plusieurs processus : l'hydratation, c'est-à-dire la pénétration de l'eau dans le système réticulaire des cristaux ; l'hydrolyse, qui a un rôle important dans la décomposition de certaines substances, les silicates en particulier ; enfin, par l'oxydo-réduction.

On sait qu'un électrolyte en solution se décompose toujours, au moins partiellement, en ses différents ions (en l'absence de tout courant électrique) : c'est le cas pour la plupart des éléments contenus dans les eaux minéralisées. La seule façon logique d'indiquer leur composition est donc d'exprimer séparément la quantité des différents anions et cations.

1. Données physiques

a) La Température.

Il est parfois important de connaître la température de l'eau, en particulier dans le cas des sources. Si elle est assez constante et indépendante de la température de l'air, on peut considérer que les eaux circulent assez profondément pour que les variations extérieures ne les influencent pas.

Si au contraire la température de l'eau suit les variations de celle de l'air, on peut en conclure que les circulations se font au voisinage de la surface du sol, et dans le cas de la recherche d'eau potable, qu'il y a des risques de contamination par infiltrations d'eaux superficielles éventuellement polluées.

b) La résistivité.

Elle s'exprime en ohms par centimètre carré à 18 degrés et sa valeur est d'autant plus basse que l'eau est plus minéralisée. Comme elle varie fortement avec la température, il est important que sa mesure soit faite dans des conditions rigoureuses à ce point de vue.

Elle permet de caractériser rapidement des eaux différentes et de les comparer, à défaut d'une analyse complète toujours longue et coûteuse.

2. Données chimiques.

a) Le pH.

Ce symbole représente le cologarithme décimal de la concentration en ions H^+ dans la solution, et définit l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité de l'eau.

Quand le pH a une valeur de 7, il indique une solution neutre ; pour les valeurs inférieures à 7 une solution acide, et une solution alcaline pour les valeurs supérieures à 7.

b) Principaux ions et leur expression dans les analyses.

Les principaux ions contenus dans les eaux minéralisées sont:

. pour les cations :

calcium (Ca^{++})

magnesium (Mg^{++})

fer (Fe^{++})

sodium (Na^+)

potassium (K^+)

. pour les anions :

sulfate (SO_4^{--})

carbonate (CO_3^{--})

bicarbonate (CO_3H^-)

chlore (Cl^-)

SIGNIFICATION DES TITRES ALCALIMÉTRIQUES

FIG. 41

| SELS DISSOUS (EN DEGRÉS) | mg./l PAR DEGRÉ | VALEURS RESPECTIVES DES TITRES TA ET TAC. | | | | |
|--|--------------------------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| | | TA = 0 | TA < $\frac{TAC}{2}$ | TA = $\frac{TAC}{2}$ | TA > $\frac{TAC}{2}$ | TA = TAC |
| HYDROXYDES $(OH)^-$ CaO CaOH ² MgO MgOH ² Na(OH) | 3,4 5,6 7,4 4,0 5,8 8 | 0 | 0 | 0 | 2TA-TAC | TAC |
| CARBONATES CO_3^{--} CO_3Ca CO_3Mg CO_3Na_2 | 6,0 10,0 8,4 10,6 | 0 | 2TA | TAC | 2(TAC-TA) | 0 |
| BICARBONATES CO_3H^- CO_3H^2Ca CO_3H^2Mg CO_3NaH | 12,2 16,2 14,6 16,8 | TAC | TAC-2TA | 0 | 0 | 0 |

La silice, lorsqu'il en existe, paraît plutôt être sous une forme colloïdale plus ou moins hydratée correspondant à SiO_2 , que sous forme d'ions, pour lesquels plusieurs formules sont d'ailleurs possibles (par exemple SiO_3^{--} , $Si_2O_5^{--}$, etc.). Plus exactement, elle s'hydrolyse facilement et passe alors de la forme ionisée à la forme colloïdale. Il paraît plus rationnel de l'exprimer sous la forme SiO_2 .

Les résultats d'analyses sont donnés, pour la plupart des ions, sous forme de la quantité (en milligrammes) qu'en contient un litre d'eau. Cependant, certains résultats sont exprimés en degrés (le degré correspond à la concentration d'une solution normale /5 000).

c) Calculs effectués à partir des résultats d'analyses.

- Résultats exprimés en degrés.

Il s'agit du T.A. (titre alcalimétrique simple) et du T.A.C. (titre alcalimétrique complet), qui permettent par leurs valeurs respectives de connaître la répartition des trois grandes catégories de corps constituant l'alcalinité de l'eau : hydrates, carbonates, bicarbonates. Le tableau de la figure 41 donne les principes de ce calcul et permet aussi de convertir la valeur d'un ion donné en milligrammes par litre.

Un autre titre se mesure en degrés, c'est le T.H. (titre hydrotimétrique total), couramment employé en raison de sa commodité. Il indique la teneur globale de l'eau en sels de chaux et de magnésie, qui rendent l'eau "dure" (sels incrustants et qui s'opposent à la fois à la cuisson des légumes et à la production de mousse avec le savon).

- L'emploi du milliéquivalent.

Pour faciliter les calculs, on a pris l'habitude en chimie d'exprimer les résultats d'analyses non pas en grammes par litre, mais en équivalent-grammes par litre. L'équivalent-gramme, quantité de corps simple à dissoudre dans un litre d'eau pour avoir une solution normale, s'obtient en divisant le poids atomique de l'élément considéré, par sa valence. En pratique, le milliéquivalent-gramme par litre (mé/l) est le plus souvent utilisé, qui

CLASSIFICATION DES EAUX D'APRES
LEUR COMPOSITION CHIMIQUE
(CHTCHOUKAREV ET SLAVIANOV)

Fig. 43

| CATIONS ANIONS | Ca | Ca-Mg | Mg | Na-Ca | Na-Ca-Mg | Na-Mg | Na |
|---------------------------------------|------------------|-------|----|-------|----------|-------|----|
| | HCO ³ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| HCO ³ -SO ⁴ | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| HCO ³ :SO ⁴ :Cl | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| HCO ³ -Cl | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| SO ⁴ | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| SO ⁴ -Cl | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| Cl | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 |

permet d'éviter les nombres trop faibles. Une méthode graphique, rapide et commode, qui permet d'effectuer la conversion mg/l à mé/l, sera étudiée plus loin. La concentration d'un ion en mé/l est symbolisée par un "r" placé devant lui : par exemple r Cl⁻, r Ca⁺⁺ etc...

Il est possible de faire la corrélation entre milliéquivalents et degrés français : le premier correspond à la concentration d'une solution N/1 000, le deuxième, par définition à celle d'une solution N/5 000. Un milliéquivalent par litre correspond donc à 5 degrés français.

- Rapports caractéristiques entre ions.

Ce sont surtout des rapports entre anions permettant de caractériser les différents types d'eaux, et particulièrement :

le rapport r Ca/r Mg

le rapport r Na/r K.

Un rapport entre cations est aussi intéressant : c'est le rapport r SO⁴/r HCO³.

d) Représentation graphique des analyses.

Elle présente un grand intérêt car elle permet de visualiser immédiatement les résultats d'analyses et de les comparer commodément. Il en existe un certain nombre de types, dont certains sont plus satisfaisants que d'autres.

Tous les diagrammes réduisant les éléments en pourcentage sont à éviter car ils sont susceptibles d'interprétations erronées.

Les diagrammes rayonnants manquent de souplesse : ils ne permettent guère d'ajouter des éléments et, de plus, rendent très difficile, sinon impossible, de placer plusieurs eaux sur un même graphique. Ils peuvent néanmoins être utiles quand il s'agit de distribuer des représentations sur une carte.

Les diagrammes en colonne présentent les mêmes inconvénients, mais ils sont cependant très parlants. Les diagrammes verticaux, plus souples, permettent d'ajouter de nouveaux éléments et de porter plusieurs eaux sur un même graphique sans amener de confusion. Parmi ceux-ci, les diagrammes semi-logarithmiques sont les plus

pratiques car ils évitent tout calcul lors du report des éléments et, de plus, permettent de connaître immédiatement les rapports des éléments entre eux et des caractéristiques importantes.

- Diagrammes semi-logarithmiques (fig. 42).

Ils ont été utilisés pour la première fois par H. SCHELLER.

Les radicaux sont disposés à intervalles réguliers sur l'axe des abscisses. Sur l'axe des ordonnées, gradué suivant une échelle logarithmique, est porté le nombre de milliéquivalents de chacun des radicaux. Il est aussi possible de disposer certaines caractéristiques des eaux comme : pH, TH ou résidu sec. Les points obtenus sont alors reliés par des droites, et il en résulte des graphiques moins enchevêtrés que les graphiques arithmétiques à réduction en pourcentage. Si les eaux qu'ils représentent ont des concentrations différentes ils se placent les uns au-dessous des autres au lieu de se recouvrir.

De plus, par suite de l'échelle logarithmique, toute droite réunissant deux éléments d'une même eau et parallèle à une autre droite réunissant les mêmes éléments d'une autre eau, indique un même rapport des éléments.

Ces graphiques permettent encore, d'après l'inclinaison des traits, de connaître les rapports des éléments entre eux (par exemple $r \text{ Mg}/r \text{ Ca}$). Certains calculs peuvent être effectués : par exemple le produit $[\text{So}^4] [\text{Ca}]$, afin de se rendre compte si la saturation en So^4Ca est atteinte ou presque atteinte, c'est-à-dire si l'eau peut encore ou non se charger en ions So^4 ou en ions Ca. Il suffit pour cela de joindre les points représentatifs de $r \text{ So}^4$ et $r \text{ Ca}$ par une droite. Si cette droite coupe la verticale So^4Ca , placée à mi-chemin entre $r \text{ So}^4$ et $r \text{ Ca}$, au-dessous du point de saturation S, la saturation n'est pas atteinte. Si le point d'intersection est au-dessus de S, il y a sursaturation.

Un autre avantage des diagrammes semi-logarithmiques est de dispenser du calcul des milliéquivalents en partant du poids de radicaux donnés par les analyses. Pour cela, il faut confectionner une sorte de règle à calcul en découpant dans le papier semi-logarithmique une bande de l'échelle logarithmique.

Sur cette règle sont portés les différents ions, radicaux,

éléments : par exemple Ca à la graduation 20, Mg à la graduation 12, So^4 à 48, HCo^3 à 61 etc.

Elle est ensuite utilisée pour reporter les éléments de l'analyse sur le graphique. Si par exemple on veut reporter Ca : 240 milligrammes, il faut placer la règle de telle façon que la marque Ca = 20 se superpose à la valeur 1 de l'échelle du graphique ; il suffit alors de repérer le point 240 de la règle et de le reporter à côté sur le graphique.

e) Classification des eaux en groupes d'affinité chimique.

Elle est basée sur les ions dominants, ainsi dits quand leur teneur est supérieure au quart de la somme des ions en milliéquivalents.

Sept classes différentes se définissent ainsi, basées sur les anions :

Ce sont d'abord les eaux où un seul ion domine.

1. Eaux hydrocarbonatées (quand $r \text{HCO}^3$ est supérieur à 25 % de la somme des anions en mé) ;
2. Eaux sulfatées ;
3. Eaux chlorurées ;

Les quatre autres classes concernent des groupes d'anions.

4. Eaux hydrocarbonato-sulfatées ;
5. Eaux hydrocarbonato-chlorurées ;
6. Eaux sulfato-chlorurées ;
7. Eaux sulfato-chloruro-hydrocarbonatées.

Outre les anions, il est nécessaire d'indiquer aussi dans la caractéristique de la composition chimique la teneur en cations dont la valeur dépasse le quart du total des cations en milliéquivalents.

C'est ainsi que sept sous-classes sont distinguées à l'intérieur de chaque classe précédente :

Celles d'abord où un seul ion domine :

1. Eaux de calcium ;
2. Eaux de magnésium ;
3. Eaux de sodium

puis celles où les ions dominants sont groupés :

ANALYSES DE JUILLET 1961

Fig. 44

| Echantillons | pH | Résistivité Ω/cm^2 à 20° | TH | TA | TAC | Extrait Sec mg/l | So ₄ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SiO ₂ mg/l | NH ₄ mg/l | Fe mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | K ₂ O mg/l | Na ₂ O mg/l |
|----------------|-----|---------------------------------------|-----|------|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| A1 | 8,2 | 2600 | 23 | 0 | 10,00 | 314 | 77,8 | 3,5 | 4,0 | 0 | 0 | 69,4 | 5,5 | | |
| A ² | 7,9 | 920 | 63 | 0 | 5,50 | 970 | 426,3 | 5,3 | 3,5 | 0 | 0 | 199,4 | 64,3 | | |
| A4 | 7,9 | 5200 | 11 | 0 | 9,25 | 157 | 23,0 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 42,4 | 4,3 | | |
| B ² | 8,2 | 2700 | 23 | 0,25 | 10,75 | 285 | 50,2 | 1,7 | 6,0 | 0 | 0 | 65,9 | 11,9 | | |
| B3 | 8,2 | 2500 | 26 | 0 | 14,50 | 333 | 31,8 | 1,7 | 5,0 | 0 | 0 | 79,6 | 16,2 | | |
| B8 | 8,0 | 2600 | 26 | 0 | 11,25 | 306 | 21,8 | 1,7 | 6,5 | 0 | 0 | 88,4 | 3,5 | | |
| B9 | 7,6 | 2700 | 21 | 1,75 | 6,50 | 307 | 46,4 | 1,7 | 3,0 | 0 | 0 | 43,8 | 3,2 | | |
| B12 | 8,0 | 3600 | 15 | 0 | 6,25 | 180 | 15,3 | 0 | 2,5 | 0 | 0 | 51,8 | 2,0 | | |
| B14 | 7,6 | 3500 | 16 | 0 | 14,25 | 191 | 18,4 | 0 | 5,0 | 0 | 0 | 53,0 | 2,1 | | |
| D1 | 7,8 | 700 | 72 | 0 | 33,25 | 1325 | 760,0 | 3,5 | 6,0 | 0 | 0 | 313,2 | 44,8 | | |
| G1 | 7,9 | 800 | 29 | 0,25 | 13,75 | 961 | 482,8 | 5,3 | 8,0 | 0 | traces | 60,5 | 24,9 | | |
| G2 | 7,7 | 1400 | 42 | 0 | 13,00 | 700 | 344,6 | 0 | 6,0 | 0 | 0 | 168,6 | 5,2 | | |
| G3 | 8,1 | 1700 | 33 | 0 | 13,75 | 456 | 167,8 | 1,7 | 7,5 | 0 | 0 | 32,0 | 28,6 | | |
| G5 | 7,9 | 850 | 56 | 0 | 17,25 | 1129 | 538,6 | 3,5 | 2,0 | 0 | 0 | 58,5 | 115,8 | | |
| G7 | 8,0 | 360 | 162 | 0,25 | 18,00 | 3335 | 1809,6 | 7,0 | 4,0 | 0,20 | traces | 229,2 | 335,7 | | |
| G8 | 8,0 | 520 | 134 | 0,25 | 16,50 | 2055 | 1028,2 | 5,3 | 7,5 | 0 | traces | 202,2 | 208,4 | | |
| G9 | 8,0 | 860 | 70 | 0 | 14,75 | 1040 | 435,2 | 5,3 | 8,0 | 0 | traces | 86,9 | 98,2 | | |

pH

pH

ANALYSES DE JUILLET 1961

Fig. 45

| Echantillons | pH | Résistivité Ω/cm^2 à 20° | TH | TA | TAC | Extrait sec mg/l | SO ₄ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SiO ₂ mg/l | NH ₄ mg/l | Fe mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | K ₂ O mg/l | Na ₂ O mg/l |
|-------------------|-----|---------------------------------------|-----|------|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| G13 | 7,5 | 280 | 256 | 0 | 13,75 | 4247 | 8528,6 | 10,5 | 4,5 | 0 | traces | 398,2 | 368,2 | | |
| G14 | 6,9 | 600 | 110 | 0 | | 1660 | 870,8 | 7,0 | 2,0 | 0 | traces | 198,9 | 145,3 | | |
| C1 | 8,2 | 880 | 69 | 0 | 13,00 | 1105 | 448,0 | 1,7 | 7,0 | 0 | 0 | 181,8 | 73,2 | | |
| C3 ^{bis} | 7,6 | 560 | 127 | 0 | 16,25 | 1220 | 1045,4 | 3,5 | 8,0 | 0,20 | 0 | 530,3 | 64,2 | | |
| C4 | 7,8 | 1250 | 46 | 0 | 23,00 | 684 | 259,2 | 1,7 | 7,0 | 0 | 0 | 105,8 | 48,8 | | |
| C6 | 7,7 | 1400 | 51 | 0,25 | 17,00 | 924 | 354,7 | 1,7 | 7,0 | 0 | 0 | 113,8 | 61,0 | | |
| C7 | 7,8 | 960 | 66 | 0,25 | 27,00 | 990 | 331,2 | 3,5 | 7,0 | 0 | 0 | 170,2 | 64,0 | | |
| C14 | 7,5 | 190 | 485 | 0 | 0 | 8114 | 4173,1 | 14,0 | 9,0 | 0 | traces | 509,1 | 852,8 | | |
| C18 | 3,4 | 900 | 64 | 0 | 15,50 | 933 | 639,4 | 5,3 | 4,0 | 0,35 | 3,2 | 144,8 | 64,8 | | |
| C19 | 7,9 | 1800 | 21 | 0 | 34,25 | 380 | 61,2 | 5,3 | 7,0 | 0 | 0 | 78,4 | 24,1 | | |
| C20 | 7,8 | 240 | 388 | 0 | 1,50 | 5999 | 3497,3 | 8,75 | 3,0 | 0 | 0 | 589,0 | 382,0 | | |
| C23 | 6,6 | 240 | 381 | 0 | 9,00 | 6080 | 3720,0 | 8,75 | 2,0 | 0 | 2,6 | 514,4 | 357,3 | | |

dose non

FEVRIER 1962

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|------|----|---|-------|-----|------|------|-----|---|---|------|------|--|--|
| D7 | 7,9 | 9400 | 24 | 0 | 21,25 | 270 | 17,3 | 3,55 | 6,5 | 0 | 0 | 87,8 | 1,09 | | |
|----|-----|------|----|---|-------|-----|------|------|-----|---|---|------|------|--|--|

SEPTEMBRE 1962

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|------|----|---|-------|-----|-------|------|---|---|---|-------|------|--|--|
| Plan Richard niv. 17 | 7,7 | 2400 | 31 | 0 | 21,50 | 533 | 155,0 | 26,6 | 7 | 0 | 0 | 103,3 | 17,2 | | |
|-------------------------|-----|------|----|---|-------|-----|-------|------|---|---|---|-------|------|--|--|

ANALYSES D'AVRIL 1962

Fig. 46

| Echantillons | pH | Résistivité Ω/cm^2 à 20° | TH | TA | TAC | Extrait sec mg/l | SO ₄ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SiO ₂ mg/l | NH ₄ mg/l | Fe mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | K ₂ O mg/l | Na ₂ O mg/l |
|--------------------|-----|--|-----|----|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| A1 | 8,2 | 6400 | 16 | 0 | 11,50 | 205 | 39,4 | 3,55 | 4,0 | 0 | 0 | 47,74 | 1,61 | 1,5 | 3,05 |
| A2A amont Trias | 7,8 | 2400 | 48 | 0 | 17,75 | 641 | 289,1 | 3,55 | 5,0 | 0,30 | 0 | 109,76 | 34,62 | 3,3 | 18,7 |
| A2B aval Trias | 7,8 | 2800 | 47 | 0 | 17,25 | 608 | 292,0 | 3,55 | 1,5 | 0,20 | 0 | 98,62 | 41,64 | 3,0 | 18,5 |
| B2 | 7,8 | 4600 | 19 | 0 | 16,75 | 184 | 23,0 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 46,02 | 3,10 | 0 | 1,9 |
| B3A amont Trias | 7,6 | 4200 | 27 | 0 | 22,75 | 264 | 43,1 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 57,82 | 16,2 | 0,5 | 1,8 |
| B3B aval Trias | 7,6 | 4300 | 27 | 0 | 22,75 | 283 | 45,2 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 60,72 | 15,94 | 0,5 | 1,6 |
| B9 | 7,8 | 5400 | 16 | 0 | 12,00 | 212 | 31,6 | 0 | 2,5 | 0 | 0 | 47,40 | 9,38 | 1,7 | 4,7 |
| B10 | 7,5 | 5000 | 24 | 0 | 13,25 | 347 | 110,2 | 0 | 3,0 | 0,30 | 0 | 58,26 | 19,44 | 1,7 | 11,5 |
| B1 | 7,8 | 4400 | 20 | 0 | 17,75 | 192 | 18,9 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 41,82 | traces | 1,4 | 3,85 |
| D1 | 7,6 | 1700 | 90 | 0 | 15,00 | 1238 | 747,1 | 3,55 | 4,0 | 0,50 | 0 | 279,30 | 30,10 | 1,25 | 4,4 |
| D2 | 7,7 | 4200 | 23 | 0 | 17,50 | 250 | 68,6 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 64,96 | 11,88 | 0,5 | 3,15 |
| G2 | 7,4 | 3100 | 51 | 0 | 16,00 | 641 | 347,1 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 147,36 | 24,78 | 0,5 | 2,85 |
| G5 | 7,3 | 2800 | 50 | 0 | 22,50 | 711 | 299,2 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 114,24 | 50,60 | 3,8 | 33,2 |
| G13 | 7,1 | 2200 | 242 | 0 | 23,00 | 3853 | 2413,0 | 5,32 | 5,0 | 1,60 | traces | 377,42 | 358,28 | 8,5 | 158,4 |
| G14 | 7,0 | 1600 | 158 | 0 | 31,00 | 2288 | 1356,9 | 3,55 | 4,5 | 1,10 | 0 | 240,32 | 227,50 | 5,3 | 87,3 |
| C1 | 7,1 | 2400 | 76 | 0 | 24,25 | 1023 | 492,5 | 3,55 | 4,0 | 0 | 0 | 167,50 | 53,24 | 26,1 | 8,1 |
| C3 ^{bis} | 7,3 | 2200 | 58 | 0 | 28,50 | 786 | 280,1 | 0 | 4,5 | 0 | 0 | 128,94 | 60,20 | 8,3 | 17,5 |

ANALYSES D'AVRIL 1962

Fig. 47

| Echantillons | pH | Résistivité Ω/cm^2 à 20% | TH | TA | TAC | Extrait Sec mg/l | SO ₄ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SiO ₂ mg/l | NH ₄ mg/l | Fe mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | K ₂ O mg/l | Na ₂ O mg/l |
|---|-----|--|-----|----|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| C4 | 7,4 | 2200 | 60 | 0 | 28,50 | 836 | 332,7 | 0 | 4,5 | 0 | 0 | 123,36 | 63,08 | non | dosé |
| C6 | 7,7 | 2600 | 59 | 0 | 29,50 | 891 | 354,9 | 0 | 5,0 | 0 | 0 | 125,08 | 67,24 | 7,65 | 54,7 |
| C7 | 7,7 | 2400 | 62 | 0 | 30,00 | 728 | 291,6 | 0 | 5,0 | 0 | 0 | 165,20 | 48,56 | 1,85 | 6,3 |
| C14 | 7,5 | 1400 | 402 | 0 | 72,50 | 6125 | 3510,1 | 3,55 | 8,5 | 0,14 | 0 | 396,20 | 721,38 | 5,9 | 169,7 |
| C18 | 3,4 | 700 | 78 | 0 | 0 | 1203 | 752,8 | 5,32 | 4,0 | 1,70 | traces | 179,92 | 75,90 | 2,55 | 6,65 |
| C19 | 7,4 | 3400 | 35 | 0 | 24,50 | 320 | 92,1 | 0 | 4,0 | 0 | 0 | 90,38 | 24,84 | 0,8 | 2,2 |
| C20 | 7,6 | 300 | 332 | 0 | 30,50 | 5147 | 2994,2 | 3,55 | 5,0 | 0,60 | 0 | 613,60 | 355,74 | 1,8 | 64,9 |
| C23 | 6,4 | 200 | 463 | 0 | 14,25 | 6993 | 4268,1 | 3,55 | 6,0 | 0,40 | traces | 739,84 | 450,30 | 6,1 | 20,7 |
| Trias chuzins niv. lo. Plan II. ch. 8 | 6,8 | 2200 | 58 | 0 | 29,75 | 723 | 267,3 | 0 | 6,0 | 0,40 | 0 | 146,20 | 172,78 | 5,2 | 3,7 |

ANALYSES DE SEPTEMBRE 1961

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|------|-----|---|-------|------|-------|-------|-----|------|--------|-------|-------|--|--|
| G ^{ris} du Drac | 6,8 | 290 | 116 | 0 | 18,00 | 1720 | 963,2 | 21,40 | 9,0 | 0,40 | traces | 526,4 | 58,80 | | |
| A2A amont trias | 7,2 | 480 | 66 | 0 | 21,50 | 937 | 448,3 | 7,10 | 9,0 | 0 | 0 | 215,0 | 64,70 | | |
| A2B aval trias | 7,4 | 480 | 66 | 0 | 21,50 | 935 | 452,2 | 7,10 | 9,0 | 0 | 0 | 218,8 | 66,18 | | |
| B3A amont trias | 7,8 | 1200 | 27 | 0 | 20,00 | 844 | 49,7 | 3,55 | 7,0 | 0 | 0 | 81,4 | 15,04 | | |
| B3B aval trias | 7,8 | 1200 | 27 | 0 | 19,50 | 851 | 48,9 | 3,55 | 7,0 | 0 | 0 | 76,6 | 17,58 | | |
| D1 | 7,9 | 370 | 92 | 0 | 12,00 | 1300 | 745,1 | 5,32 | 6,0 | 0 | 0 | 401,4 | 47,42 | | |

non dosé

ANALYSES DE SOURCES

Fig. 48

| Analyses | Résistivité Ω/cm^2 à 18° | Extrait sec à 100° mg/l | TH total | TH permanent | TAC en CO_3Ca | CaO moins celle du carbonate mg/l | MgO mg/l | SO ₃ mg/l | NaCl (chlorures) mg/l | Nitrates en NO_3H mg/l | Ammoniaque en NH_3 mg/l | CO ₂ mg/l | O ₂ consommé en milieu acide mg/l | O ₂ consommé en milieu alcalin mg/l |
|----------|---------------------------------|---------------------------|----------|--------------|-----------------|-------------------------------------|------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--|--|
| 1 | 16.429 | 66 | 3 | 3 | 25 | 3 | 8 | 4 | 6 | 0,6 | 0 | 3 | 0,9 | 0,8 |
| 2 | 1379 | 740 | 42 | 22 | 220 | 104 | 9 | 165 | 22 | 3 | traces | 3 | 0,9 | 0,9 |
| 3 | 3846 | 190 | 15 | 6 | 120 | 11 | 2 | 20 | 16 | 3 | traces | 0,7 | 0,7 | |
| 4 | 3448 | 222 | 16 | 6,5 | 115 | 15 | 2 | 28 | 12 | traces | faibles traces | 2 | 1,0 | 0,9 |
| 5 | 3174 | 222 | 16 | 4,5 | 146 | 5 | 2 | 12 | 12 | traces | traces | 3 | 1,8 | 1,6 |
| 6 | 2293 | 364 | 30 | 14 | 187 | 54 | 14 | 89 | 17 | 0,9 | 0 | 7 | 4,4 | 1,3 |
| 7 | 1384 | 808 | 63 | 40 | 164 | 78 | 72 | 230 | 11,5 | 4,6 | 0 | 10 | 4,3 | 1,4 |
| 8 | 1222 | 845 | 64 | 42 | 172 | 80 | 75 | 235 | 10,5 | 2 | 0 | 10 | 0,8 | 0,9 |
| 9 | 2717 | 257 | 19 | 4 | 184 | 6 | 8 | 11 | 8 | faibles traces | 0 | 5 | 0,9 | 0,9 |
| 10 | 2666 | 268 | 20 | 4,5 | 192 | 7 | 10 | 12 | 8 | faibles traces | 0 | 6 | 0,8 | 0,9 |
| 11 | 3731 | 187 | 11,5 | 4 | 110 | 4 | 9 | 9 | 9 | 0,1 | 0 | 5 | 1,2 | 1,2 |
| 12 | 5444 | 130 | 9 | 3,5 | 90 | 2 | 7 | 5 | 8 | faibles traces | faibles traces | 3 | 1 | 1,1 |
| 13 | 2222 | 322 | 24 | 11 | 128 | 29 | 16 | 72 | 7 | faibles traces | 0 | 4 | 1,1 | 1,2 |

B - ANALYSES D'EAUX DANS LA REGION DE L'ETUDE.

Il a été possible d'en étudier 27, dont certaines ont été effectuées au cours de la présente étude, et d'autres, plus anciennes, retrouvées dans différents dossiers.

1. Les résultats bruts des analyses.

a) Analyses récentes.

Elles sont 63, qui ont été effectuées au Laboratoire de la Centrale thermique du Villaret.

Les échantillons d'eau qu'elles concernent ont été recueillis dans les travaux de mine des Louillères du Bassin du Dauphiné et en surface, à des époques différentes:

- en juillet 1961 (fig. 44 et 45) ;
- en septembre 1961 (fig. 47) ;
- en février 1962 (fig. 45) ;
- en avril 1962 (fig. 46-47) ;
- en septembre 1962 (fig. 45).

Le pH et la résistivité, mesurés à l'aide d'appareils électriques spéciaux, sont connus avec une bonne précision.

L'ion NH_4^+ et SiO_2 sont mesurés au comparateur colorimétrique et donc encore de façon précise.

TI, TA, TAC et Cl^{2-} sont titrés par détermination du virage d'un indicateur coloré et la précision diminue déjà un peu.

Pour les ions Ca, Mg, SO_4^{2-} et Fe, a été employée la méthode gravimétrique qui consiste à peser le poids de l'ion précipité par certains réactifs. Leur valeur est donc connue avec moins de précision, mais les trois premiers étant en général abondants, le fait est relativement peu important.

Le dosage des ions alcalins (Na - K) n'a pu être fait pour les premières analyses, car le laboratoire de la Centrale n'était pas outillé en conséquence, et la méthode qui aurait dû être employée ne présentait aucune sécurité quant aux résultats. Pour les analyses les plus récentes, ce dosage a pu être effectué au Laboratoire de l'Institut Dolomieu, à l'aide du spectrophotomètre de flamme, donc de façon précise.

ANALYSES DE SOURCES

Fig. 49

| Analyses | Résistivité Ω/cm^2 à 48° | Extrait sec à 100° mg/l | TH total | TH permanent | TAC en CO_3Ca | CaO moins celle du carbonate mg/l | MgO mg/l | SO ₃ mg/l | Chlorures en NaCl mg/l | Nitrates en NO ₃ H mg/l | Ammoniaque en NH ₃ mg/l | CO ₂ mg/l | CO ₂ consommé en milieu acide mg/l | CO ₂ consommé en milieu alcalin mg/l | |
|----------|---------------------------------|-------------------------|----------|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------|----------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|---|---|--------|
| 14 | 2552 | 296 | 23 | 6 | 215 | 10 | 8 | 18 | 7 | faibles traces | 0 | 6 | 0,9 | 0,9 | |
| 15 | 3816 | 190 | 15 | 4 | 142 | 3 | 9 | 6 | 7 | faibles traces | faibles traces | 4 | 1,1 | 1,1 | |
| 16 | 3164 | 243 | 19,5 | 4,5 | 182 | 5 | 2 | 12 | 12 | 4 | faibles traces | 3 | 1,4 | 1,2 | |
| 17 | 3472 | 228 | 19 | 4,5 | 164 | 4 | 2 | 16 | 10 | 6 | 0,2 | 3 | 2,6 | 2,4 | |
| 18 | | 130 | 12 | 5 | 57 | 5,7 | 20 | 28 | 3 | 0 | 0 | 9,5 | 1,85 | 0,40 | |
| 19 | | 120 | 11 | 4,5 | 61 | 5,7 | 14,7 | 18 | 2,5 | 0 | 0 | 4,75 | 1,9 | 0,2 | |
| 20 | | 132 | 11 | 6 | 48 | 11 | 17 | 35 | 5 | 0 | 0 | 4,75 | 2 | 1,8 | |
| 21 | 5208 | 150 | 10 | 4 | 95 | 7 | 9 | 10 | 7 | traces | 0 | 3 | 0,7 | 0,7 | |
| 22 | 905 | 756 | 56 | 45 | 142 | 212 | 20 | 342 | 8 | traces | 0 | 9 | 1,6 | 1,7 | |
| 23 | 8695 | 82 | 6 | 4 | 46 | 6 | 3 | 9 | 6 | traces | 0 | 4 | 0,9 | 1 | pH=7,5 |
| 24 | 8547 | 84 | 6 | 4 | 46,5 | 5 | 4 | 8 | 7 | traces | 0 | 4 | 1 | 1 | pH=7,4 |

Toutes ces analyses sont affectées, pour permettre le repérage de leur emplacement sur la carte, d'une lettre et d'un chiffre correspondant à ceux des points de jaugeage qui ont été énumérés plus haut.

b) Anciennes analyses.

Elles ont, pour la plupart, été trouvées dans les sossiers d'adduction d'eau potable des communes et se rapportent toutes à des sources.

Il y en a 24, dont le numéro d'ordre marqué sur les figures 48 et 49 correspond aux différentes sources concernées, dont la dénomination va suivre.

La Motte d'Aveillans.

- 1. Source des Tibannes (Janvier 1943) ;
- 2. Source Taverdon
- 3. Source du Mas (Septembre 1953)
- 4. Source du Bois Noir

Pierre-Châtel.

- 5. Source du Grand Pré

Prunières.

- 6. Source de la Verpillère (Novembre 1954) ;

Saint-Arey.

- 7. Source de la Côte (Juillet 1928)
- 8. Source de la Revia

Susville.

- 9. Puits des Lauzes ;
- 10. Source des Plagnoux (Décembre 1949) ;
- 11. Source du Bois-Noir
- 12. Source de Sagne-Morel
- 13. Source de l'Allier (Février 1949) ;
- 14. Source Pré-Bernard et Pré-Diron
- 15. Source des Treize-Bises

ANALYSES DE JUILLET 1961 - MILLIÉQUIVALENTS PAR LITRE FIG. 50

| Echantillons | Groupes | $\approx \text{SO}_4$ | $\approx \text{HCO}_3$ | $\approx \text{Cl}$ | $\approx \text{SiO}_2$ | $\approx \text{Ca}$ | $\approx \text{Mg}$ | $\approx \text{K}_2\text{O}$ | $\approx \text{Na}_2\text{O}$ |
|--------------|---------|-----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| A1 | 8 | 1,62 | 2 | 0,1 | 0,13 | 3,4 | 0,45 | | |
| A2 | 30 | 8,88 | 1,1 | 0,149 | 0,11 | 9,97 | 5,35 | | |
| A4 | 1 | 0,479 | 1,85 | 0 | 0,133 | 2,12 | 0,358 | | |
| B2 | 8 | 1,045 | 2,05 | 0,047 | 0,2 | 3,295 | 0,99 | | |
| B3 | 2 | 0,662 | 2,9 | 0,047 | 0,166 | 3,98 | 1,35 | | |
| B5 | 1 | 0,454 | 2,25 | 0,047 | 0,216 | 4,42 | 0,291 | | |
| B9 | 8 | 0,996 | 0,6 | 0,047 | 0,1 | 2,19 | 0,266 | | |
| B12 | 1 | 0,318 | 1,25 | 0 | 0,083 | 2,59 | 0,166 | | |
| B14 | 1 | 0,383 | 2,85 | 0 | 0,166 | 2,65 | 0,175 | | |
| D1 | 8 | 15,83 | 6,65 | 0,098 | 0,2 | 15,66 | 3,733 | | |
| G1 | 30 | 10,058 | 2,65 | 0,149 | 0,266 | 3,025 | 2,075 | | |
| G2 | 8 | 7,179 | 2,6 | 0 | 0,2 | 8,43 | 0,433 | | |
| G3 | 9 | 3,495 | 2,75 | 0,047 | 0,25 | 1,6 | 2,383 | | |
| G5 | 31 | 11,22 | 3,45 | 0,098 | 0,066 | 2,925 | 9,65 | | |
| G7 | 30 | 37,7 | 3,5 | 0,197 | 0,133 | 11,46 | 27,97 | | |
| G8 | 30 | 21,42 | 3,2 | 0,149 | 0,25 | 10,11 | 17,36 | | |
| G9 | 30 | 9,066 | 2,95 | 0,149 | 0,266 | 4,345 | 8,183 | | |

dose
non

ANALYSES DE JUILLET 1961 . MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE Fig. 51

| Echantillons | Groupes | ΣSO_4 | ΣHCO_3 | ΣCl | ΣSiO_2 | ΣCa | ΣMg | $\Sigma \text{K}_2\text{O}$ | $\Sigma \text{Na}_2\text{O}$ |
|--------------------|---------|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| G 13 | 30 | 52,679 | 2,75 | 0,295 | 0,15 | 19,91 | 30,683 | | |
| G 14 | | 18,425 | | 0,197 | 0,066 | 9,945 | 12,408 | | |
| C 1 | 30 | 9,33 | 2,6 | 0,047 | 0,233 | 9,09 | 6,1 | | |
| C 3 ^{bis} | 29 | 21,77 | 3,35 | 0,098 | 0,266 | 26,51 | 5,35 | | |
| C 4 | 9 | 5,4 | 4,6 | 0,047 | 0,233 | 5,29 | 4,066 | | |
| C 6 | 9 | 7,389 | 3,3 | 0,047 | 0,233 | 5,69 | 5,08 | | |
| C 7 | 9 | 6,9 | 5,3 | 0,098 | 0,233 | 8,51 | 5,33 | | |
| C 14 | 31 | 86,93 | 0 | 0,394 | 0,3 | 25,455 | 71,06 | | |
| C 18 | 30 | 13,3 | 3,10 | 0,149 | 0,133 | 7,24 | 5,4 | | |
| C 19 | 2 | 1,272 | 6,85 | 0,149 | 0,233 | 3,92 | 2 | | |
| C 20 | 30 | 72,86 | 0,30 | 0,246 | 0,1 | 29,45 | 31,83 | | |
| C 23 | 30 | 77,5 | 1,8 | 0,246 | 0,066 | 25,72 | 29,775 | | |

non dosé

FEVRIER 1962 MILLIEQUIVALENTS / LITRE

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|-----|-------|------|-------|--|--|
| B 7 | 1 | 0,360 | 4,254 | 0,1 | 0,216 | 4,39 | 0,090 | | |
|-----|---|-------|-------|-----|-------|------|-------|--|--|

SEPTEMBRE 1962 MILLIEQUIVALENTS / LITRE

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Plan Richard niveau 17 | 8 | 3,229 | 4,30 | 0,749 | 0,233 | 5,165 | 1,433 | | |
|---------------------------|---|-------|------|-------|-------|-------|-------|--|--|

ANALYSES D'AVRIL 1962

MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE

Fig. 52

| Echantillons | Groupes | $n \text{ SO}_4$ | $n \text{ HCO}_3$ | $n \text{ Cl}$ | $n \text{ SiO}_2$ | $n \text{ Ca}$ | $n \text{ Mg}$ | $n \text{ K}_2\text{O}$ | $n \text{ Na}_2\text{O}$ |
|-----------------------------------|---------|------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| A1 | 1 | 0,80 | 2,3 | 0,1 | 0,133 | 2,387 | 0,134 | 0,031 | 0,098 |
| A2A <small>amont tries</small> | 9 | 6,08 | 3,24 | 0,1 | 0,05 | 4,931 | 3,47 | 0,068 | 0,603 |
| A2B <small>aval tries</small> | 9 | 6,022 | 3,55 | 0,1 | 0,166 | 5,488 | 2,886 | 0,062 | 0,596 |
| B ² | 1 | 0,479 | 3,35 | 0 | 0,133 | 2,301 | 0,258 | 0 | 0,061 |
| B3A <small>amont tries</small> | 2 | 0,897 | 4,55 | 0 | 0,133 | 2,891 | 1,343 | 0,010 | 0,058 |
| B3B <small>aval tries</small> | 2 | 0,941 | 4,55 | 0 | 0,133 | 3,036 | 1,328 | 0,010 | 0,051 |
| B9 | 1 | 0,658 | 2,4 | 0 | 0,083 | 2,370 | 0,781 | 0,035 | 0,151 |
| B18 | 9 | 2,295 | 2,65 | 0 | 0,10 | 2,913 | 1,62 | 0,035 | 0,370 |
| B1 | 1 | 0,393 | 3,55 | 0 | 0,133 | 2,091 | traces | 0,029 | 0,124 |
| D1 | 29 | 15,564 | 3 | 0,1 | 0,133 | 13,965 | 2,508 | 0,026 | 0,142 |
| D2 | 8 | 1,429 | 3,5 | 0 | 0,133 | 3,248 | 0,99 | 0,010 | 0,101 |
| G2 | 8 | 7,231 | 3,2 | 0 | 0,133 | 7,368 | 2,065 | 0,010 | 0,092 |
| G5 | 9 | 6,237 | 4,5 | 0 | 0,133 | 5,712 | 4,216 | 0,079 | 1,070 |
| G13 | 30 | 50,27 | 4,6 | 0,149 | 0,166 | 18,921 | 29,856 | 0,177 | 5,109 |
| G14 | 30 | 28,268 | 6,2 | 0,1 | 0,15 | 12,016 | 18,958 | 0,110 | 2,816 |
| C1 | 9 | 10,239 | 4,85 | 0,1 | 0,133 | 8,375 | 4,436 | 0,543 | 0,261 |
| C3bis | 9 | 5,835 | 5,7 | 0 | 0,15 | 6,447 | 5,016 | 0,173 | 0,564 |

ANALYSES D'AVRIL 1962. MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE

Fig. 53

| Echantillons | Groupes | ΣSO_4 | ΣHCO_3 | ΣCl | ΣSiO_2 | ΣCa | ΣMg | $\Sigma \text{K}_2\text{O}$ | $\Sigma \text{Na}_2\text{O}$ |
|---|---------|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| C 4 | 9 | 6,93 | 5,7 | 0 | 0,15 | 6,168 | 5,256 | non dosé | |
| C 6 | 9 | 7,343 | 5,9 | 0 | 0,166 | 6,254 | 5,603 | 0,159 | 1,764 |
| C 7 | 9 | 6,075 | 6 | 0 | 0,166 | 8,260 | 4,046 | 0,038 | 0,203 |
| C 14 | 31 | 73,127 | 14,5 | 0,1 | 0,283 | 19,810 | 60,115 | 0,123 | 5,474 |
| C 18 | 30 | 15,683 | 0 | 0,149 | 0,133 | 8,996 | 6,316 | 0,053 | 0,214 |
| C 19 | 9 | 1,916 | 4,9 | 0 | 0,133 | 4,519 | 2,07 | 0,016 | 0,070 |
| C 20 | 30 | 62,379 | 6,1 | 0,1 | 0,166 | 30,680 | 29,645 | 0,037 | 2,093 |
| C 23 | 30 | 88,918 | 2,85 | 0,1 | 0,2 | 36,992 | 37,525 | 0,127 | 0,667 |
| Trias Chuzins niv 10. Plan 11 ché 8 | 9 | 5,568 | 5,95 | 0 | 0,2 | 7,310 | 14,398 | 0,108 | 0,119 |

SEPTEMBRE 1961 MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE

| | | | | | | | | | |
|--------------------------|----|-------|-------|-------|------|-------|------|----------|--|
| G ^{nie} du Drac | 29 | 20,06 | 3,66 | 0,60 | 0,3 | 26,32 | 4,91 | non dosé | |
| A 2A | 9 | 9,33 | 4,37 | 0,2 | 0,3 | 10,75 | 5,39 | | |
| A 2B | 9 | 9,41 | 4,37 | 0,2 | 0,3 | 10,94 | 5,51 | | |
| B 3A | 1 | 1,03 | 4,06 | 0,01 | 0,23 | 4,07 | 1,25 | | |
| B 3B | 2 | 1,018 | 3,965 | 0,01 | 0,23 | 3,83 | 1,46 | | |
| D 1 | 29 | 15,52 | 2,44 | 0,149 | 0,2 | 20,07 | 3,15 | | |

ANALYSES DE SOURCES

MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE

Fig. 54

| Analyses | Groupes | ΣSO_3 | ΣCO_3 | ΣClNa | ΣCa | ΣMg | $\Sigma \text{Ca} / \Sigma \text{Mg}$ |
|----------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 0,10 | 0,5 | 0,102 | 0,928 | 0,40 | 2,320 |
| 2 | 8 | 4,125 | 4,40 | 0,376 | 8,114 | 0,450 | 18,031 |
| 3 | 1 | 0,50 | 2,40 | 0,273 | 2,792 | 0,10 | 27,920 |
| 4 | 1 | 0,70 | 2,30 | 0,205 | 2,835 | 0,10 | 28,350 |
| 5 | 1 | 0,30 | 2,920 | 0,205 | 3,098 | 0,10 | 30,980 |
| 6 | 8 | 2,225 | 3,740 | 0,290 | 5,668 | 0,70 | 8,077 |
| 7 | 9 | 5,750 | 3,280 | 0,196 | 6,065 | 3,60 | 1,684 |
| 8 | 9 | 5,875 | 3,440 | 0,179 | 6,297 | 3,75 | 1,679 |
| 9 | 1 | 0,275 | 3,680 | 0,136 | 3,894 | 0,40 | 9,735 |
| 10 | 1 | 0,30 | 3,840 | 0,136 | 4,090 | 0,50 | 8,180 |
| 11 | 1 | 0,225 | 2,20 | 0,153 | 2,342 | 0,450 | 5,204 |
| 12 | 1 | 0,125 | 1,80 | 0,136 | 1,871 | 0,350 | 5,345 |
| 13 | 8 | 1,80 | 2,560 | 0,119 | 3,595 | 0,80 | 4,473 |

ANALYSES DE SOURCES

MILLIEQUIVALENTS PAR LITRE

Fig. 55

| Analyses | Groupes | ΣSO_3 | ΣCO_3 | $\Sigma \text{Cl Na}$ | ΣCa | ΣMg | $\Sigma \text{Ca} / \Sigma \text{Mg}$ |
|----------|---------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 14 | 1 | 0,450 | 4,30 | 0,119 | 4,657 | 0,40 | 11,642 |
| 15 | 1 | 0,150 | 2,840 | 0,119 | 2,947 | 0,450 | 6,548 |
| 16 | 1 | 0,30 | 3,640 | 0,205 | 3,818 | 0,10 | 38,180 |
| 17 | 1 | 0,400 | 3,280 | 0,170 | 3,422 | 0,10 | 34,220 |
| 18 | 9 | 0,700 | 1,140 | 0,051 | 1,343 | 1 | 1,343 |
| 19 | 9 | 0,450 | 1,220 | 0,042 | 1,423 | 0,735 | 1,936 |
| 20 | 9 | 0,875 | 0,960 | 0,085 | 1,352 | 0,850 | 1,590 |
| 21 | 1 | 0,25 | 1,9 | 0,119 | 2,15 | 0,45 | 4,77 |
| 22 | 29 | 8,55 | 2,84 | 0,136 | 10,411 | 1 | 10,411 |
| 23 | 1 | 0,225 | 0,92 | 0,102 | 1,134 | 0,15 | 7,56 |
| 24 | 1 | 0,2 | 0,93 | 0,119 | 1,144 | 0,2 | 5,72 |

Villard-Saint-Christophe.

- 16. Source des Troussiers (Octobre 1924) ;
- 17. La Jonche
- 18. Source de Pré-Chourier
- 19. Source des Vorzes (Octobre 1924)
- 20. Source du Chemin-Vaugelas
- 21. Source Baret (Février 1939).

Mayres.

- 22. Source du Moulin de Saint-Arey (Novembre 1951) ;

La Hure.

- 23. Source A B D
 - 24. Source E
- [Rif Bruyant (Novembre 1950).

2. Calculs effectués à partir des analyses.

a) Milliéquivalents.

Les analyses ayant fourni les résultats en milligrammes par litre et en degrés, le premier travail a consisté dans leur conversion en milliéquivalents-gramme par litre, selon la méthode exposée précédemment. Les résultats de ces calculs sont exprimés par les figures 50 à 55.

b) Répartition des eaux en groupes naturels.

Pour chaque eau a ensuite été déterminé le groupe d'affinité chimique et le chiffre correspondant dans la classification de CHTCHOUKAREV et SLAVIANOV (fig. 43) a été porté dans la première colonne des résultats (fig. 50 à 55).

Le travail suivant a été de calculer pour chaque groupe la valeur des paramètres lui correspondant, en faisant la moyenne pour chaque paramètre de toutes les analyses de ce groupe (fig. 56). Ces moyennes ont porté sur : pH, résistivité, TH total, résidu sec, cations (Ca, Mg, Na, K), anions (HCO_3 , SO_4 , Cl, SiO_2) et deux rapports caractéristiques ($r \text{Ca} / r \text{Mg}$, $r \text{Na} / r \text{K}$).

c) Représentation graphique.

Il eût été trop long de représenter

GROUPES NATURELS

VALEUR MOYENNE DES PARAMETRES

Fig. 56

| Groupes Paramètres | 1 | 2 | 8 | 9 | 29 | 30 | 31 |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| pH | 7,8 | 7,8 | 7,7 | 7,5 | 7,4 | 6,9 | 7,6 |
| Résistivité | 4008 | 2800 | 2335 | 2294 | 840 | 780 | 580 |
| TH total | 17 | 25 | 34 | 54 | 106 | 192 | 314 |
| Résidu sec | 217 | 302 | 525 | 746 | 1369 | 3080 | 5122 |
| ΣCa^{++} | 3,101 | 3,531 | 5,982 | 6,395 | 21,716 | 15,861 | 16,063 |
| ΣMg^{++} | 0,311 | 1,496 | 1,119 | 4,637 | 4,179 | 19,135 | 46,941 |
| ΣNa^+ | 0,139 | 0,054 | 0,141 | 0,315 | 0,142 | 2,179 | 5,474 |
| ΣK^+ | 0,023 | 0,010 | 0,010 | 0,128 | 0,026 | 0,100 | 0,123 |
| ΣCO_3H^- | 2,919 | 4,563 | 3,235 | 4,439 | 3,112 | 2,913 | 5,983 |
| ΣSO_4^{--} | 0,431 | 0,958 | 4,245 | 6,217 | 18,220 | 37,220 | 57,092 |
| ΣCl^- | 0,100 | 0,041 | 0,190 | 0,068 | 0,236 | 0,158 | 0,197 |
| ΣSiO_2^- | 0,152 | 0,179 | 0,166 | 0,182 | 0,224 | 0,168 | 0,216 |
| $\Sigma Ca / \Sigma Mg$ | 16,287 | 2,393 | 7,622 | 1,509 | 5,241 | 0,987 | 0,330 |
| $\Sigma Na / \Sigma K$ | 5,340 | 5,450 | 9,650 | 6,824 | 5,461 | 20,063 | 44,504 |

GROUPE 1 EAU HYDROCARBONATÉE DE CALCIUM

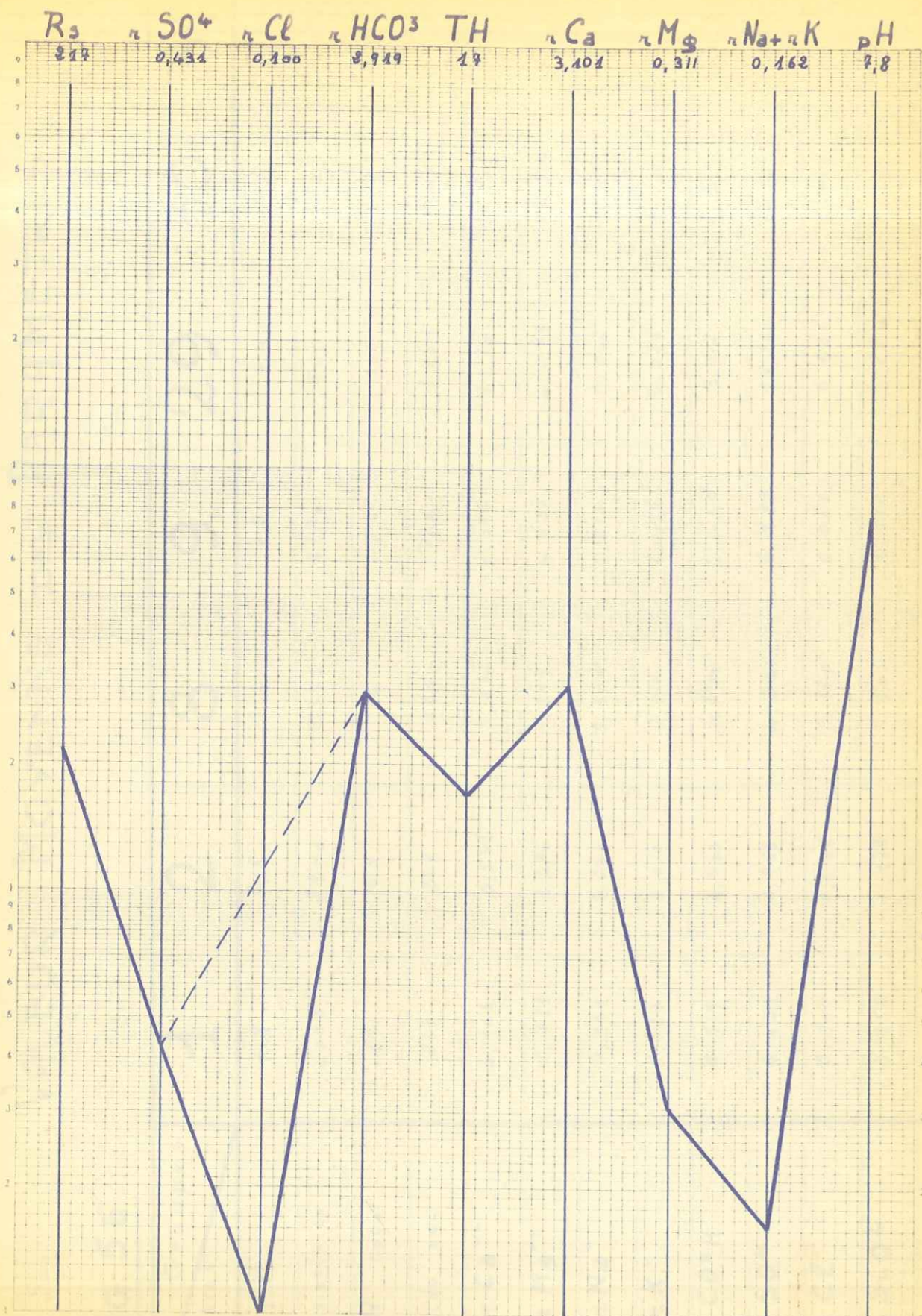


Fig. 57

chaque analyse par un diagramme particulier et, d'autre part, les résultats auraient été confus. C'est pourquoi les diagrammes semi-logarithmiques (fig. 57 à 63) représentent uniquement les valeurs moyennes des paramètres de chaque groupe, caractérisant globalement les eaux qui en font partie. Il est ainsi possible d'établir aisément des comparaisons entre les groupes naturels.

Sur ces diagrammes sont reportées les valeurs de neuf caractéristiques des eaux ; ce sont, de gauche à droite : le résidu sec (R_s), les trois anions principaux ($r SO_4$, $r Cl$, $r HCO_3$), le titre hydrotimétrique total (TH), les trois cations principaux ($r Ca$, $r Mg$ et les alcalins groupés en $r Na + r K$), enfin le pH. Tous les ions sont reportés suivant la même échelle, mais les autres caractéristiques, pour pouvoir se trouver au même niveau dans le graphique, l'ont été suivant d'autres échelles. C'est pourquoi, sous chaque symbole, se trouve la valeur du paramètre qu'il représente, ce qui permet de la replacer dans l'absolu et évite de compliquer le diagramme en figurant les différentes échelles suivant les verticales qui leur correspondent.

C.- INTERPRÉTATION DES RESULTATS.

Chaque groupe naturel sera commenté, puis une synthèse du chimisme des eaux sera esquissée.

1. Les groupes naturels.

Ils sont au nombre de sept qui vont être détaillés d'après leurs diagrammes représentatifs et dont les numéros d'ordre correspondent à ceux de la classification de CHTCHOUKAREV et SLAVANOV.

a) Groupe 1 (fig. 57).

Eau hydrocarbonatée de calcium.

24 analyses le composent, dont les échantillons proviennent tous d'eaux superficielles.

Le rapport $r SO_4 / r HCO_3$ (représenté par la pente de la droite

GROUPE 2 EAU HYDROCARBONATEE DE CALCIUM-MAGNESIUM

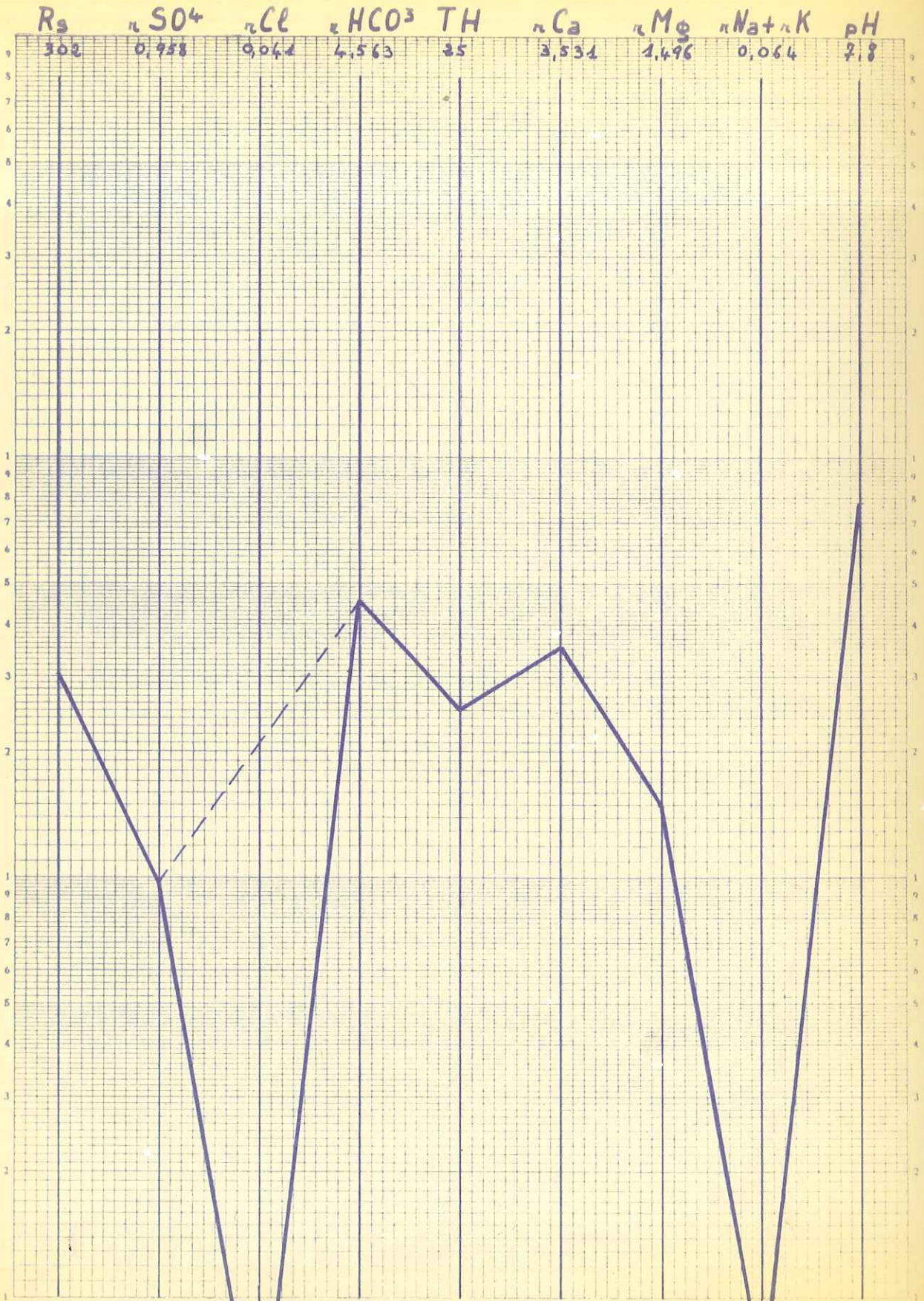


Fig. 58

TOUCHON LEPAGE, PARIS - ESTIENNE

QUADRILLE SEMI-LOGARITHMIQUE A 3 MODULES

GRUPE 8 EQU HYDROCARBONATO-SULFATEE DE CALCIUM

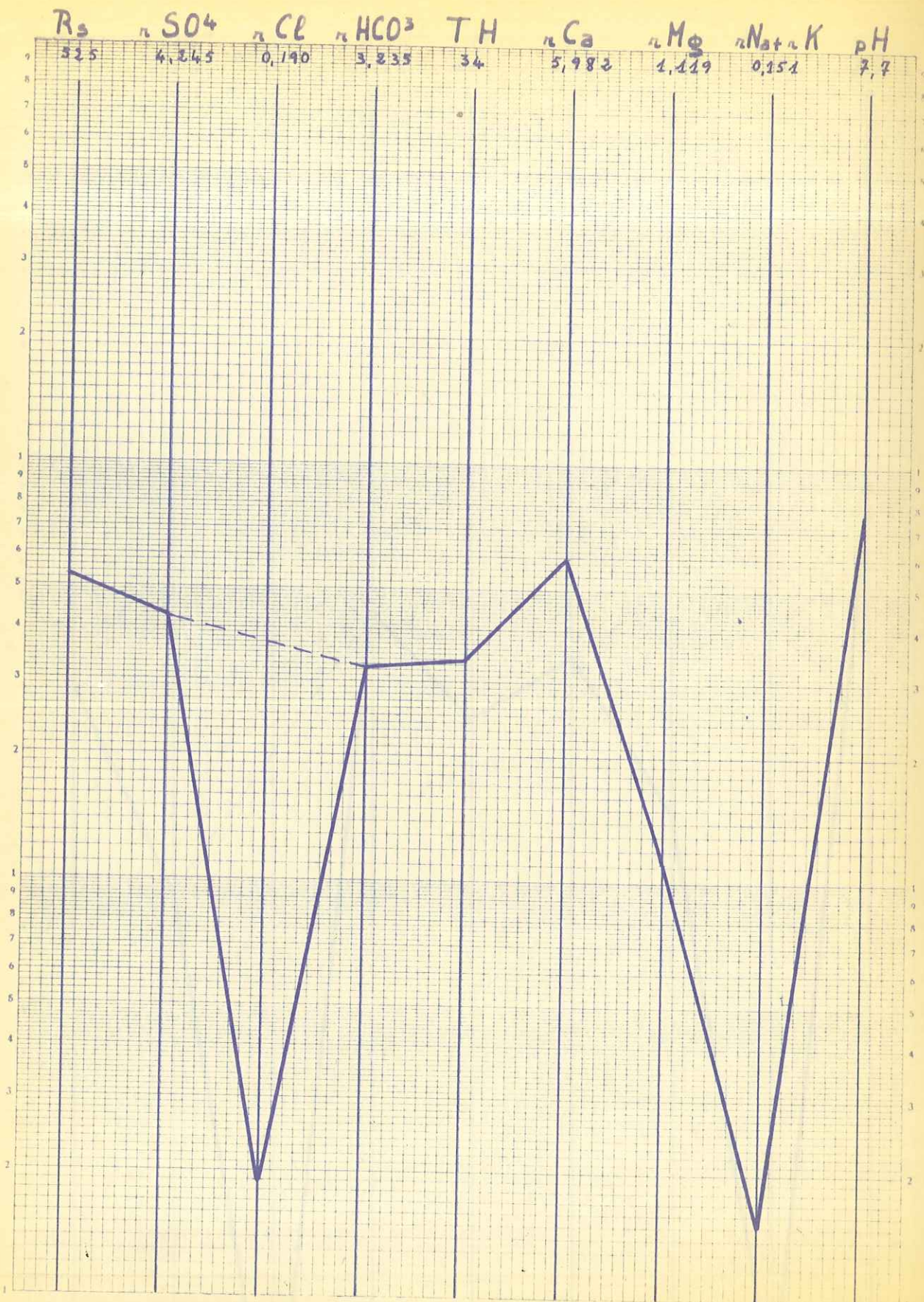


Fig. 59

GROUPE 9 EAU HYDROCARBONATE-SULFATEE DE CALCIUM - MAGNESIUM

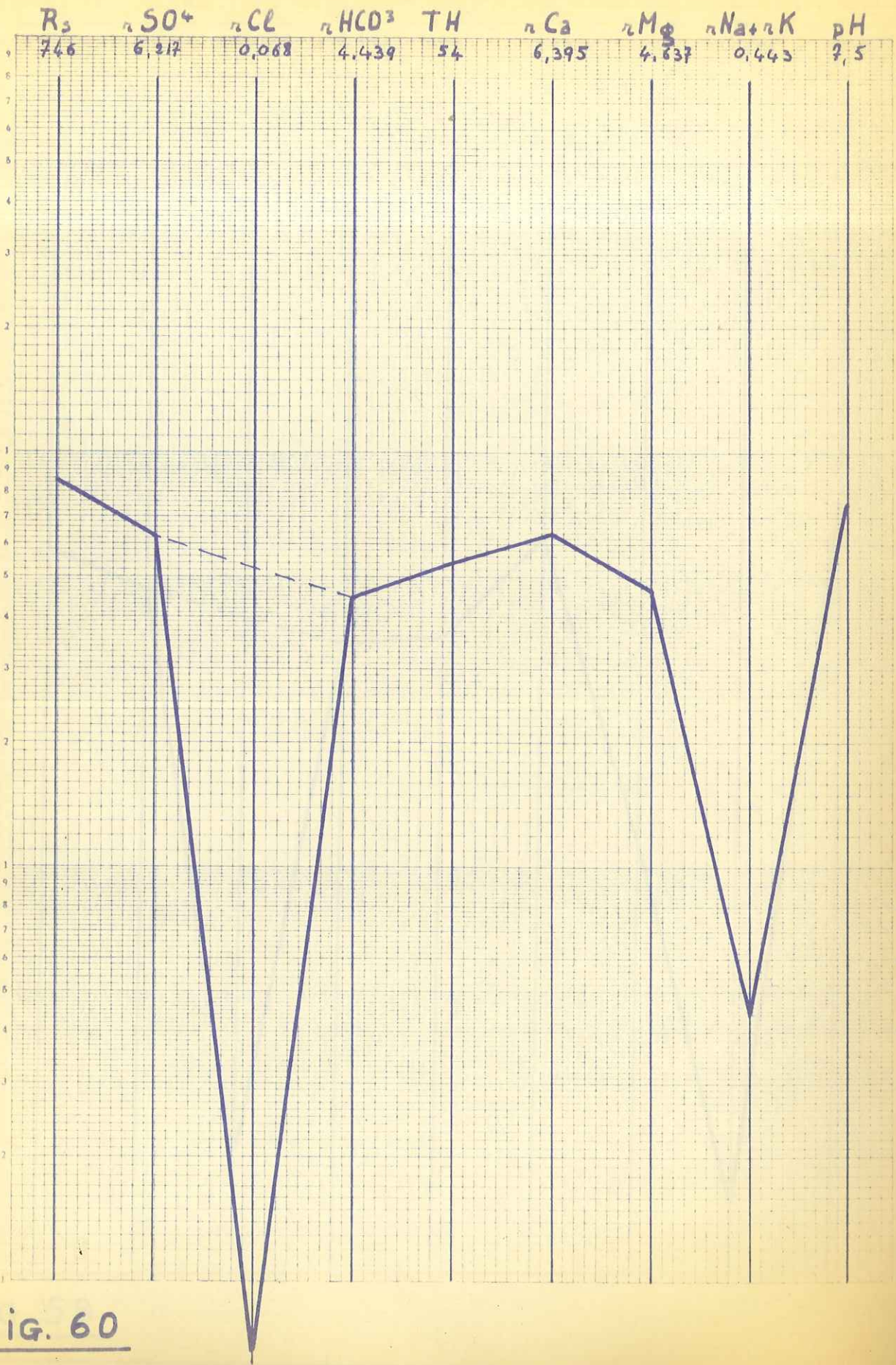


Fig. 60

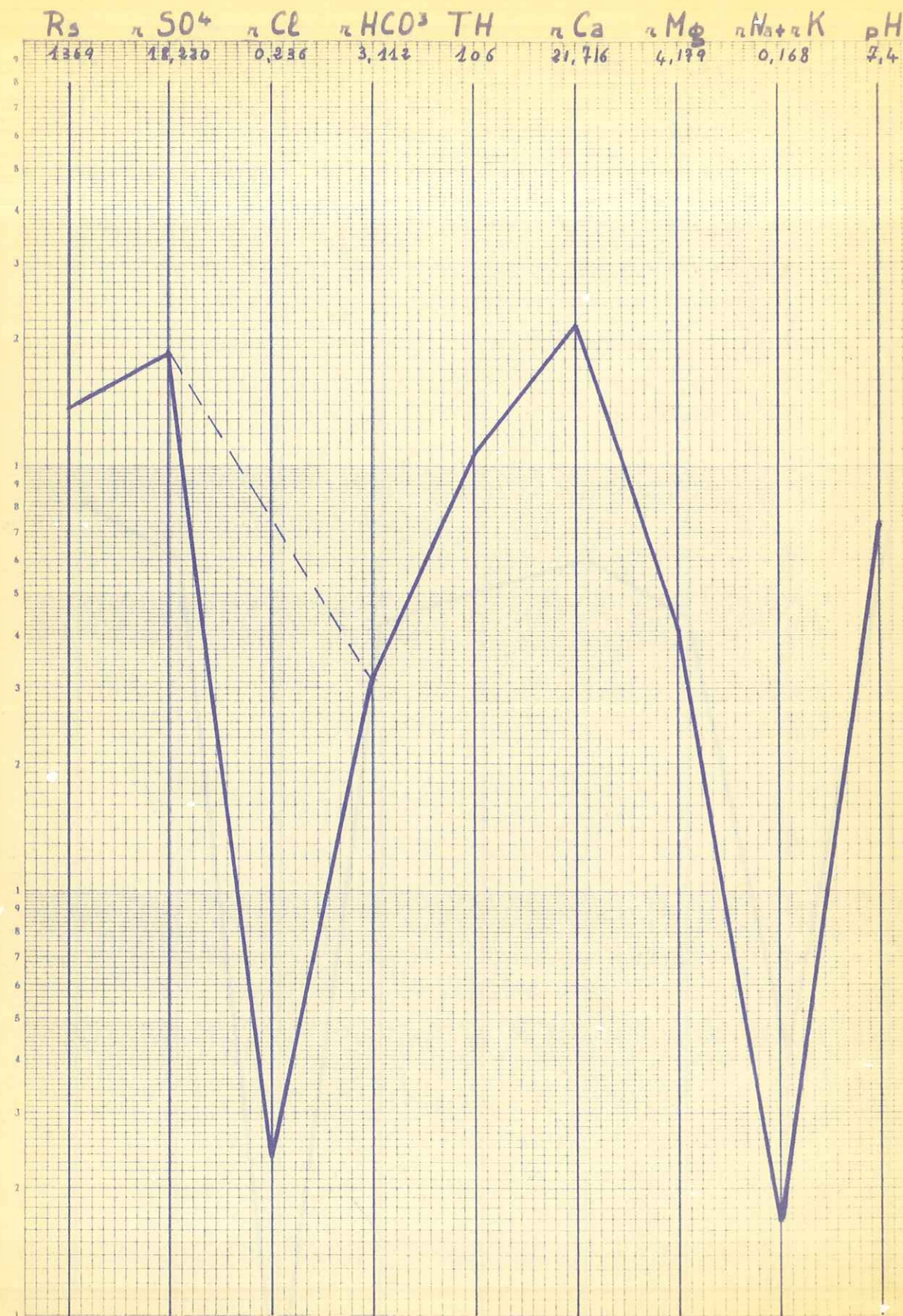


Fig. 61

en pointillé unissant ces éléments) est nettement négatif, le rapport r_{Ca}/r_{Mg} étant au contraire fortement positif.

Le résidu sec est peu important.

b) Groupe 2 (fig. 58).

Eau hydrocarbonatée de calcium-magnésium.

Sur les six analyses qu'il comporte, cinq représentent des eaux superficielles et une seule une eau souterraine.

Le rapport r_{SO^4}/r_{HCO^3} est toujours négatif et plus fortement encore que dans le groupe 1. Le rapport r_{Ca}/r_{Mg} a tellement diminué que ces deux ions sont caractéristiques.

Le résidu sec a un peu augmenté.

c) Groupe 8 (fig. 59).

Eau hydrocarbonato-sulfatée de calcium.

Le rapport r_{SO^4}/r_{HCO^3} est devenu positif, mais les valeurs des deux ions sont assez proches pour qu'ils soient encore employés ensemble dans la dénomination. Le rapport r_{Ca}/r_{Mg} est de nouveau augmenté au point que r_{Ca} domine.

Le résidu sec continue d'augmenter.

Sur 11 analyses, 8 viennent d'eaux superficielles, 3 d'eaux souterraines.

d) Groupe 9 (fig. 60).

Eau hydrocarbonato-sulfatée de calcium-magnésium.

Cette fois-ci, les ions entrant dans le calcul des rapports r_{SO^4}/r_{HCO^3} et r_{Ca}/r_{Mg} ont des valeurs assez voisines pour que les quatre termes caractérisent le groupe. On voit néanmoins que l'ion SO^4 domine un peu dans le premier rapport et l'ion Ca dans le deuxième.

22 analyses s'y rapportent, dont 10 d'eaux superficielles et 12 d'eaux souterraines.

e) Groupe 29 (fig. 61).

Eau sulfatée de calcium.

Cinq analyses dont trois d'eaux superficielles et deux d'eaux souterraines.

Les deux rapports caractéristiques employés sont nettement positifs.

Le résidu sec devient important.

GRUPE 30 EAU SULFATEE DE CALCIUM - MAGNESIUM

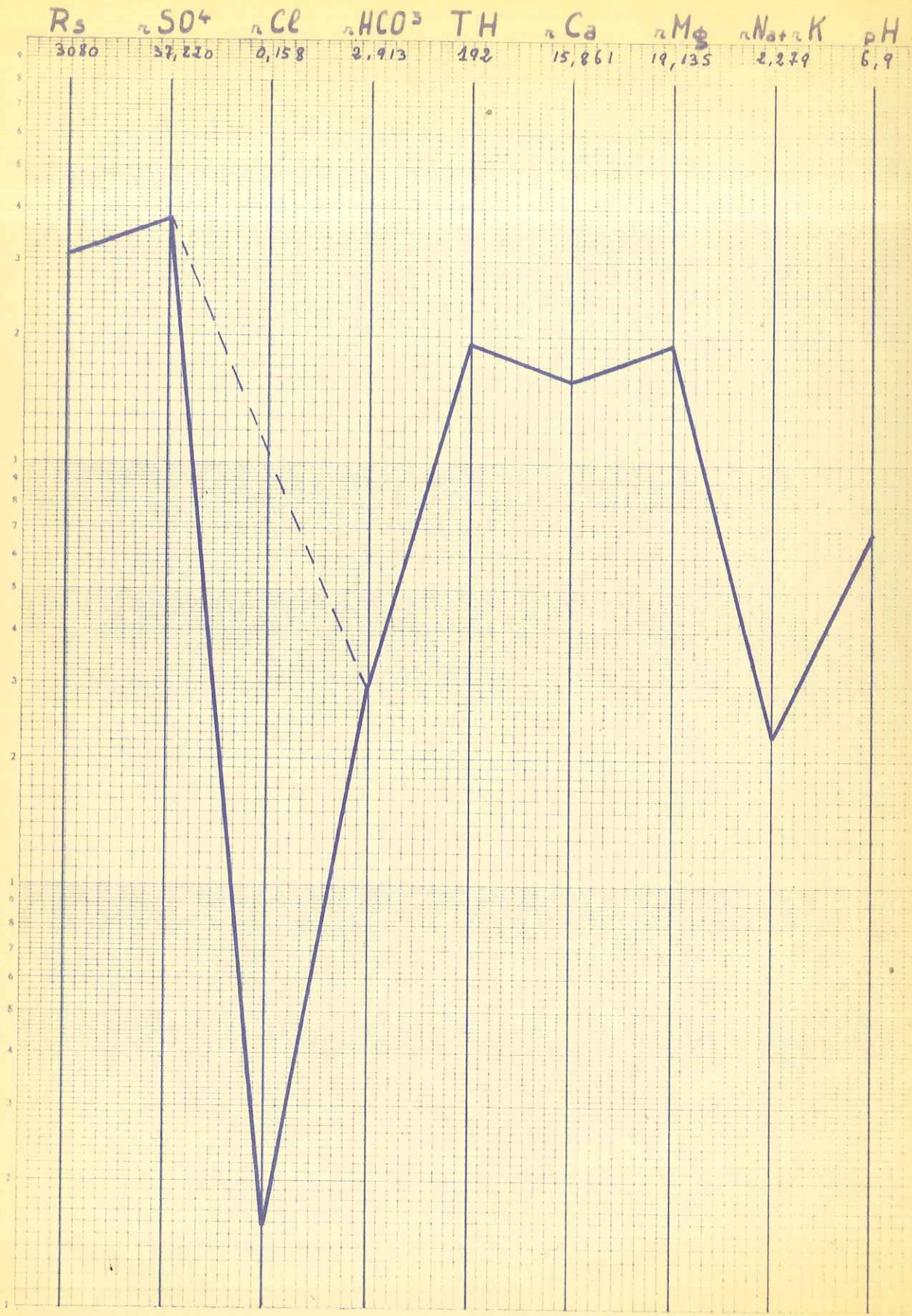


Fig. 62

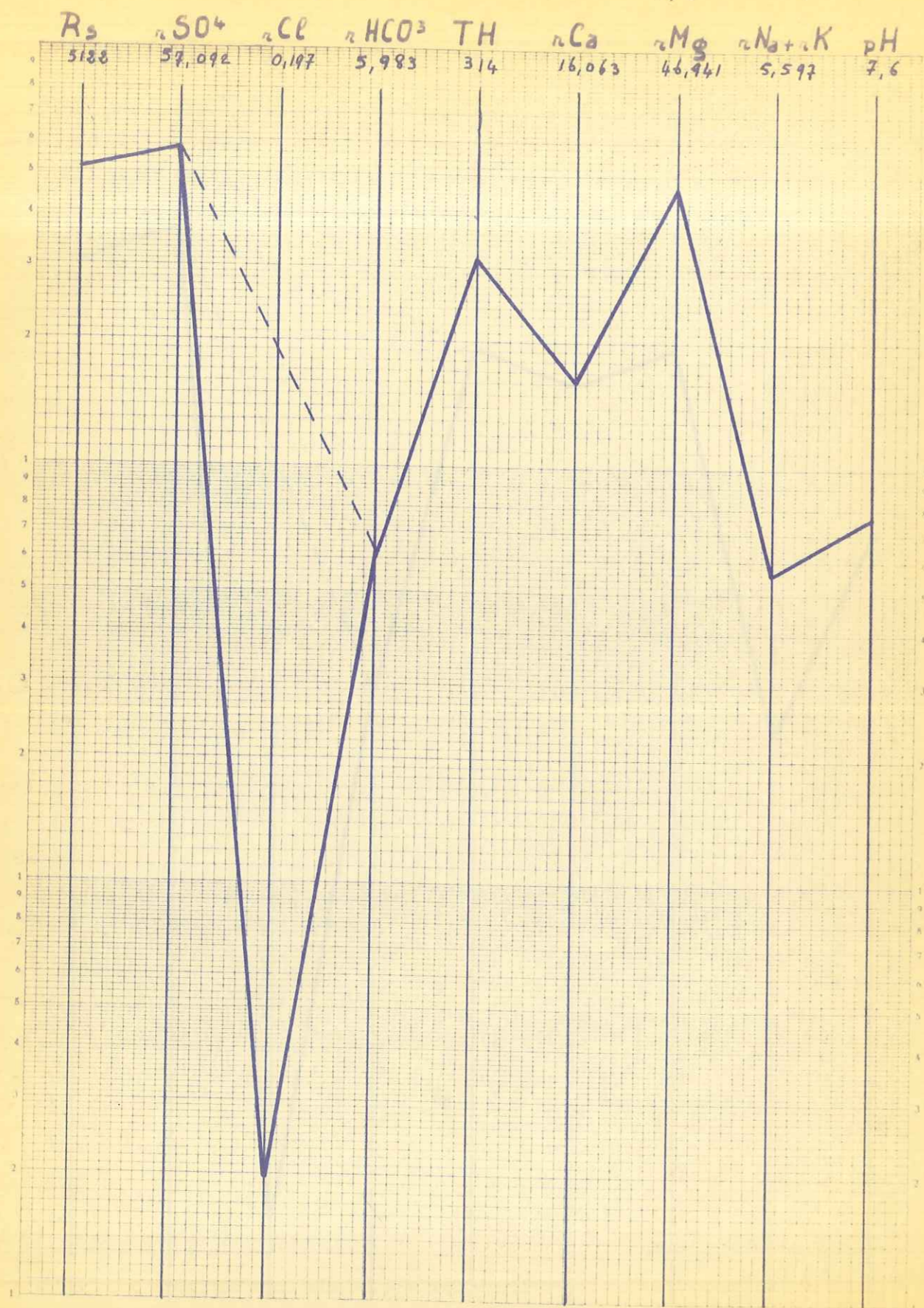


Fig. 63

f) Groupe 30 (fig. 62).

Eau sulfatée de calcium-magnésium.

Les eaux souterraines y dominent nettement puisqu'elles représentent 14 analyses sur 15.

L'ion magnésium est un peu prépondérant ; le rapport $r Ca/r Mg$ est devenu négatif.

g) Groupe 31 (fig. 63).

Eau sulfatée de magnésium.

C'est un groupe rare puisque trois eaux seulement en font partie qui sont toutes souterraines.

Le résidu sec a atteint une valeur très élevée et le rapport $r Ca/r Mg$ a pris sa plus petite valeur.

2. Synthèse.

Les variations des deux rapports $r SO_4/r HCO_3$ et $r Ca/r Mg$ expriment une fois de plus le rôle prépondérant des terrains triasiques dans l'hydrologie de la région.

En effet, seules ces formations contiennent des sulfates en abondance et aussi des sels de magnésium en quantité supérieure aux autres terrains.

Du groupe 1 au groupe 31, le nombre d'analyses d'eaux souterraines dans le total composant le groupe va en augmentant. Or, le rapport $r SO_4/r HCO_3$ suit une évolution parallèle, et de même la valeur du résidu sec augmente rapidement.

a) Variations dans l'espace de la composition chimique des eaux.

- Les eaux du groupe 1 sont surtout celles qui ont lessivé des formations superficielles : moraines, éboulis etc. Elles peuvent aussi circuler sur des terrains rocheux en place, mais dans ce cas indiqueront un court trajet, car elles n'ont pas eu le temps de se charger en sels de magnésium, moins solubles que les sels de calcium.

- Le groupe 2 se rapproche du précédent, la teneur plus forte en ion magnésium traduisant un trajet plus long qui a permis leur mise en solution. Le seul cas d'eau souterraine, qui est une eau

de mine, indique une infiltration sur un court trajet et ne suivant pas le Trias.

- Les groupes 8 et 9 caractérisent un mélange d'eaux ayant circulé en surface, et d'eaux venant du Trias par la valeur voisine des ions HCO_3^- et SO_4^{2-} . Ils se départagent par l'ion magnésium dont la valeur indique pour le premier la prépondérance de la quantité d'eaux superficielles et pour le deuxième de celle d'eaux souterraines.

- Les groupes 29, 30 et 31, constitués presque uniquement d'eaux souterraines, voient dominer l'ion sulfate, et donc les circulations triasiques. La plus ou moins grande importance de l'ion magnésium va alors indiquer, à cause de sa faible solubilité, des longueurs de trajet différentes.

Pour les quelques eaux de surface s'y classant, cette composition traduit un important apport des résurgences du Trias.

- L'augmentation de la valeur du résidu sec se traduisant par un déplacement des graphiques vers le haut des diagrammes représentatifs est due à la longueur croissante des trajets dans le Trias, qui comporte le plus d'éléments solubles.

Les eaux souterraines qui sont pratiquement toutes ici des eaux circulant dans les travaux des Houillères montrent donc bien l'influence capitale de ce dernier dans toute l'hydrologie souterraine.

b) Variations dans le temps de la composition chimique des eaux.

Elles démontrent une variation saisonnière dans les apports du Trias aquifère, elle-même en rapport plus ou moins direct avec les facteurs climatiques.

Ceci peut se concrétiser par des exemples précis.

- Eaux superficielles.

Cas du ruisseau de Saint-Arey (D1).

. En juillet 1961 ses eaux appartiennent au groupe 8, et dénotent une alimentation mixte, souterraine et superficielle.

. Au mois de septembre de la même année, moment où le ruisseau est le plus bas, une analyse le situe dans le groupe 29. Il faut donc admettre que les eaux superficielles ayant très fortement baissé,

l'alimentation se fait presque uniquement par des résurgences venant du Trias, qui affleure dans le lit même du cours d'eau et à son voisinage.

. En avril 1962, l'eau se classe toujours dans le groupe 29, et son débit est supérieur au double de celui de juillet 1961. Or, la hauteur de précipitations dans cette période ne peut expliquer à elle-seule une telle abondance et il faut invoquer encore une fois une alimentation par le Trias, qui dégorge les eaux accumulées auparavant. Ceci explique que ces dernières imposent leur composition chimique aux circulations superficielles moins abondantes.

- Les eaux de mines.

Elles présentent les mêmes variations et, par exemple, le point C1.

. Aux basses eaux de juillet 1961, son appartenance au groupe 30 démontre la prépondérance des venues profondes.

. Aux hautes eaux d'avril 1962, l'importance des venues superficielles atténue les caractéristiques de l'eau du Trias et place l'ensemble dans le groupe mixte 9.

c) Conclusions.

Les analyses chimiques présentent donc un grand intérêt dans l'étude hydrologique de la région, du fait que le terrain qui a un rôle majeur dans le régime des eaux souterraines, donne à celles-ci des caractéristiques telles qu'elles sont bien discernables des eaux provenant d'autres terrains. Il est alors possible de vérifier grâce à elles des hypothèses sur les rapports entre ces différentes circulations.

Au point de vue quantitatif, les valeurs croissantes de concentration en sels dissous permettent de distinguer : des eaux superficielles, des eaux de terrains quaternaires, et des eaux circulant profondément dans les terrains de la couverture sédimentaire, principalement dans le Trias.

Au point de vue qualitatif, la proportion d'ions sulfates dans le total des éléments augmente avec la profondeur ainsi que celle des ions magnésium ; l'évolution est parallèle à celle de la

TEMPERATURE DES SOURCES

concentration totale.

Entre les types extrêmes, bien distincts, existent des termes de passage qui présentent des concentrations de valeur intermédiaire et des associations d'ions indiquant le mélange de plusieurs catégories d'eaux.

D - IMPORTANCE DE LA TEMPERATURE DES SOURCES.

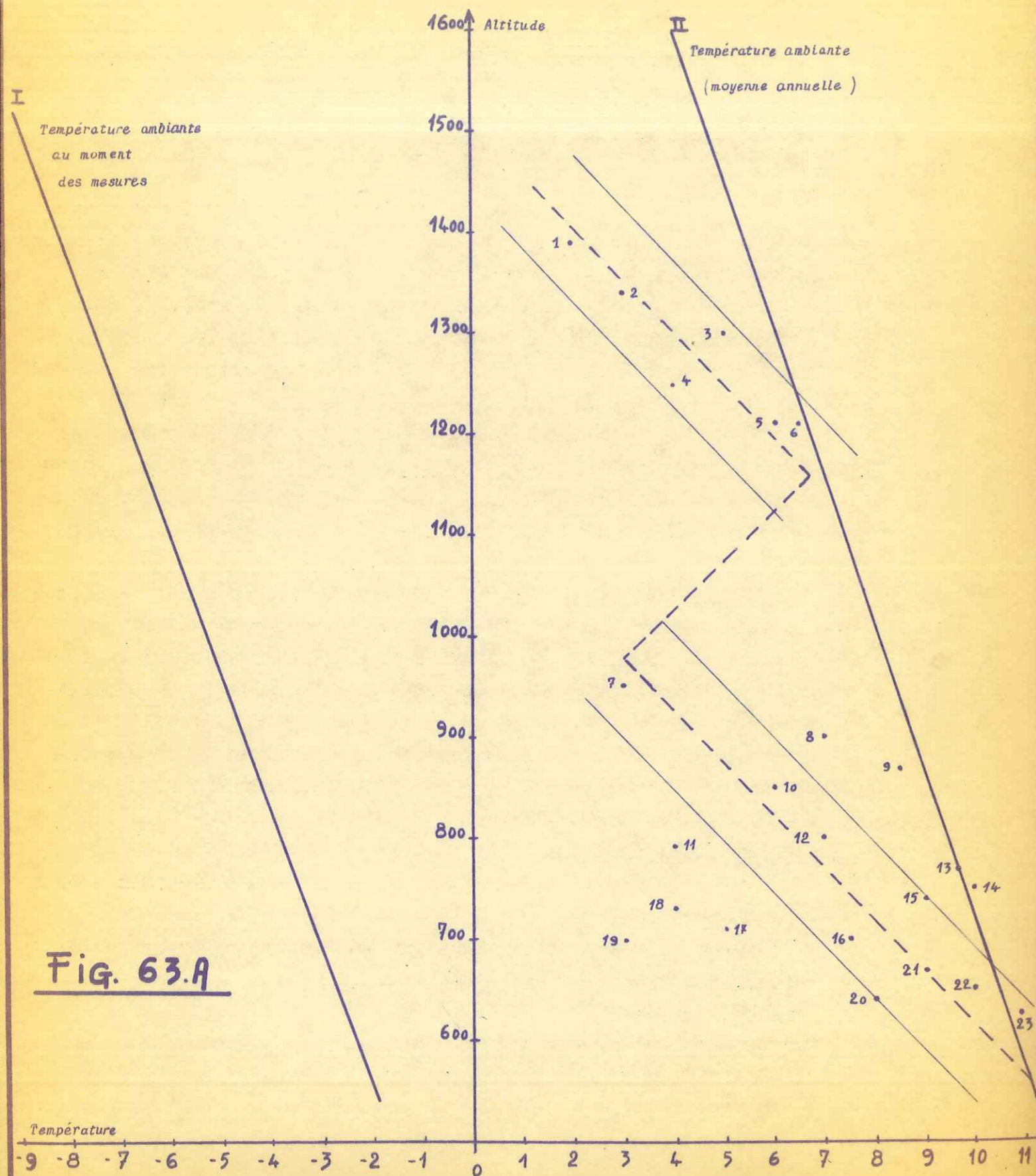
La comparaison de la température d'une source avec celle du lieu où elle se trouve permet de se faire une idée sur la profondeur des circulations : si la température de l'eau se situe en toutes saisons aux alentours de la température moyenne ambiante, on peut considérer que la circulation des eaux est assez profonde. Si au contraire la température de l'eau reflète les variations extérieures la circulation sera superficielle.

Il n'a pas été possible de faire une étude systématique pour toutes les sources, mais nous allons présenter une série de mesures qui sont intéressantes, car elles ont été effectuées en plein hiver, donc au moment où les différences de températures seront les plus marquées.

La figure 63-A synthétise ces observations. La droite I représente la température extérieure constatée au moment des mesures, la droite II (due à M. MICHEL in "Contribution à l'étude de la température des sources dans le département de l'Isère"), les températures moyennes aux différentes altitudes dans le département.

Vingt-trois sources ont été étudiées dont nous allons préciser la position (les numéros correspondent à ceux de la figure) :

1. Source des Treize-Bises
2. Source de Pré-Claret
3. Source à l'aval du Pré-Claret, sur le bord du chemin menant à la Crouillonne
4. Source Tapa (au bord du chemin menant du col de Brame-Farine à la Festinière).
5. Rif-Bruyant
6. Source des Fraches
7. Source des Rioux.



8. Source captée au bébut du hameau de La Festinière
9. Eaux de Pré-Baccard.
10. Source de Combefolle
11. Source de Loysson
12. Source des Arnauds, au-dessus de Ronac
13. Eau de Combe-Neveuse
14. Source du Moulin de Saint-Arey
15. Source de Cléau
16. Source de Châteaubois (sur le bord de la route allant à Marcieu.
17. Source de Marcieu
18. Eau du puits de Châteaubois
19. Source à côté du ruisseau de Mayres
20. Source à l'aval de Saint-Arey, dans les tufs
21. Source de Mignane
22. Source de La Baume
23. Source sous Marcieu

Leurs températures seront comparées à la droite II.

On remarque immédiatement que plusieurs sources se placent directement sur la droite ou à son voisinage ; or, ce sont précisément celles dont nous avons dit plus haut qu'elles étaient d'origine profonde : les sources 6, 13 et 14 venant du Trias, la source 9 des nappes profondes du plateau, et déjà un peu en dessous de la température moyenne, la source 23 du contact éboulis-moraines sur le flanc ouest du Senepy, la source 5 de moraines. Les sources au voisinage de la droite, 3, 15, 22 sont tributaires de circulations moins longues et moins profondes.

Les autres sources ont une température qui s'écarte notablement de la moyenne annuelle, révélant ainsi l'origine peu profonde de leurs eaux.

La droite moyenne qui les relierait présente une cassure nette aux alentours de 1200 mètres, pouvant s'expliquer par la présence permanente de la neige qui préserve les eaux des rigueurs du froid. Ainsi les eaux superficielles dont la température avait baissé en fonction de l'altitude, jusque vers 1100 mètres, voient

leur température remonter dès que le manteau neigeux les protège.

Il est difficile dans ce genre d'observations de tracer rigoureusement une droite représentative, et l'on cherche plutôt à obtenir l'enveloppe d'un "nuage" de points qui s'alignent dans une direction préférentielle. C'est ce qui a été réalisé sur la figure 63 A.

Certains points se placent en dehors de la première portion de la zone moyenne : ce sont les sources 11, 17, 18, 19, et 20, qui représentent donc des eaux tout à fait superficielles, venant des tufs par exemple pour la source 20, ou d'un placage d'éboulis pour la source 17.

QUATRIEME PARTIE .

REGIME GENERAL DES EAUX

Jusqu'ici, le régime hydrologique de la région a été examiné d'une façon analytique, et c'est ainsi qu'ont été décrits les facteurs qui l'influencent et les résultats de l'influence de ces facteurs sur lui.

Il s'agit maintenant de relier synthétiquement ces éléments c'est-à-dire examiner les rapports entre l'hydrologie et les facteurs qui la conditionnent.

Le régime hydrologique sera d'abord envisagé dans ses rapports avec le climat, puis avec la structure géologique (stratigraphie et tectonique). Un dernier paragraphe étudiera l'interférence de ces deux facteurs.

A - RELATIONS AVEC LE CLIMAT ET LA GEOGRAPHIE.

Elles sont nécessaires et évidentes mais présentent diverses modalités dépendant surtout de la profondeur des circulations.

1. Eaux superficielles.

Leur régime va dépendre directement ou presque des quantités d'eau que les précipitations amènent à la surface du sol. Nous avons vu (fig. 5) la valeur brute des précipitations ; or ce graphique ne suffit pas en lui-même, et il faut maintenant préciser la notion d'eau "disponible" en établissant des corrélations entre précipitations et température (fig. 8).

En effet, la quantité de précipitations comprend la valeur des eaux de pluie et la valeur des eaux de fusion de la neige,

a - La Jonche. (fig. 65).

Son graphique a été établi à l'aide des mesures au point B 12, où son régime typique n'est pas encore perturbé par celui de ses affluents.

Deux périodes de hautes eaux sont apparentes : la première en décembre, très importante, correspond à l'alimentation pluviale et présente deux mois de retard sur le maximum des précipitations. La deuxième, moins importante quantitativement, mais répartie sur un temps plus long, traduit l'influence de l'alimentation en eau de fonte des neiges, qui est plus progressive.

Les périodes de basses eaux se situent surtout en été et en automne, et les minima d'hiver correspondent au manque d'eau disponible. Le régime est donc mixte, c'est-à-dire pluvio-nival, avec une prépondérance du premier genre d'alimentation.

b - La Mouche (fig. 66).

Les mesures concernant le point B 6. Le régime est encore pluvio-nival, mais mieux équilibré que pour la Jonche. D'autre part, si le premier maximum présente encore un écart de deux mois avec la période de grosses pluies, le maximum nival coïncide avec celui des eaux de fonte de neige.

c - Rif-Montey (fig. 67).

Son régime est pluvio-nival et bien équilibré puisque les deux maxima ont presque la même valeur.

Les périodes de basses eaux se situent à la même époque que précédemment, mais leur valeur est moins différente de celle des périodes de hautes eaux. Le cours d'eau garde en toute saison un débit important. Le maximum pluvial se produit toujours avec deux mois de retard et le maximum nival coïncide avec celui du graphique des précipitations.

d - Rif Loula.(fig. 68).

Son graphique est semblable à celui du Rif Montey, et les mêmes conclusions peuvent en être tirées. Il est toutefois remarquable que les minima d'étiage arrivent jusqu'à l'assèchement complet.

e - Ruisseau des Chuzins (fig. 69).

Le régime change totalement ici puisqu'il devient nivel, le maximum coïncident avec celui des eaux de fonte de neige. Le cours d'eau est presque réduit à néant pendant l'été et une petite remontée du débit se produit deux mois après les abondantes pluies d'octobre.

f - Ruisseau des Rioux (fig. 70).

Son régime est pratiquement identique à celui du cas précédent.

g - Ruisseau de Saint-Arey (fig. 71).

Le débit, toujours important, a son maximum au mois de mars et redescend lentement jusqu'en juin, ces quatre mois constituant la période de hautes eaux. Dans son cas, l'influence de la structure géologique du bassin versant domine celle du climat et le régime sera étudié ultérieurement.

h - Ruisseau de Mayres (fig. 72).

Il débite de très faibles quantité d'eau. Le lit est sec de juillet à septembre, puis un filet d'eau y coule au moment du grand maximum pluvial.

A partir de décembre, le graphique représentatif du débit suit fidèlement celui des quantités d'eau disponibles, en accentuant les différences entre points hauts et points bas.

Le régime est encore ici particulier et sera traité avec celui du ruisseau de Saint-Arey.

2. Eaux souterraines.

Il faut distinguer les eaux circulant dans les formations superficielles des eaux circulant profondément dans les terrains de couverture du dôme.

a - Eaux des nappes des Marais. (fig. 73).

Elles sont bien représentées par les "anciennes eaux de La Fure" ou eaux de Pré-Baccard (B 7), dont l'origine a été étudiée précédemment.

Après la saison de basses eaux, se présente un premier maximum, qui est en retard de deux mois sur le maximum des pluies.

Le débit reste élevé et le grand maximum coïncide avec le maximum nival, s'étalant jusqu'à la fin du graphique.

b) Eaux des terrains de couverture.

Les eaux circulant dans les travaux des douillères du Bassin du Dauphiné en représentent un cas typique. Les débits des grandes galeries sont plus intéressants que ceux des petites venues dans des travaux localisés. Ces dernières en effet, plus ou moins capricieuses, peuvent présenter des anomalies dues à une particularité géologique peu importante, alors que les sorties générales, par le mélange qu'elles constituent, établissent une moyenne. Les exemples choisis seront représentatifs des différents types de régime de cette classe d'eaux souterraines.

- La grande galerie de Prunières - niveau 15 (fig. 74).

Elle est représentée par le point de mesure H 20. Son débit est important en toute saison. Le maximum pluvial est marqué, mais se situe trois mois après celui des pluies ; d'autre part il constitue une pointe moins aiguë car il est annoncé par une remontée des eaux au mois de décembre. Par contre, le maximum nival coïncide avec celui des précipitations, les graphiques se suivant bien de février à juin.

- La galerie niveau 10 (fig. 75).

Elle correspond au point de mesure G 8.

Le graphique est similaire au cas précédent, mais ici le maximum pluvial ne présente que deux mois de retard.

- La galerie de Combe Neveuse - niveau 15 (fig. 76).

Son débit est mesuré au point G 2.

Les variations sont d'assez faible amplitude puisque le débit se situe entre 38 et 50 l/s. Le graphique est mou ; le grand maximum s'étale sur quatre mois et décale un peu sa pointe de celle du maximum d'eaux nivales.

B - RELATIONS AVEC LA GÉOLOGIE.

La structure géologique a une grande importance et va modifier le régime hydrologique par le comportement des divers terrains vis-à-vis de l'eau, et aussi par celui des accidents tectoniques. Ces deux aspects vont être successivement étudiés, mais il est nécessaire avant d'en traiter, de définir quelques paramètres employés pour caractériser les cours d'eau ; ce sont : le débit spécifique, l'indice d'écoulement et le déficit d'écoulement.

. Le débit spécifique (D.S.)

Il consiste en un rapport entre le débit du cours d'eau et la surface de son bassin versant, et s'exprime en litres par seconde au kilomètre carré (l/s/km²). Il est très intéressant car il permet de comparer des régimes hydrologiques afférent à des cours d'eau différents.

. L'indice d'écoulement.

Encore appelé "hauteur d'eau de la lame écoulée", il est complémentaire au débit spécifique. On désigne sous ce nom la hauteur de la lame d'eau dont le volume serait égal à celui de l'eau ayant traversé la station durant toute la période considérée, et qui aurait pour base l'aire du bassin alimentant la station. Sa valeur est exprimée, comme pour les précipitations, en millimètres d'eau (ou litres au mètre carré).

✓. Le déficit d'écoulement (D.E.)

La dénomination est parlante : elle désigne la différence entre la hauteur des précipitations annuelles et l'indice d'écoulement sur la même période, et s'exprime encore en millimètres d'eau. Il est précieux car il met en évidence les quantités d'eau qui ne sont pas évacuées et qui servent donc dans le bassin aux besoins de la végétation et aux infiltrations.

L'évapotranspiration qui indique globalement la quantité d'eau absorbée par les végétaux et celle évaporée, nécessite pour sa mesure la mise en oeuvre de techniques complexes, délicates et coûteuses et il n'a pas été possible de s'en faire une idée ici. Le défi-

cit d'écoulement y correspond en partie, mais il est difficile de chiffrer la fraction qui correspond à l'évapotranspiration et celle qui revient aux infiltrations. Cette estimation n'a pas été tentée et le déficit d'écoulement sera considéré comme s'il représentait uniquement les infiltrations, car ses variations importent plus que sa valeur absolue et l'on ne tiendra pas compte de l'erreur sur celle-ci, étant entendu que l'évapotranspiration en représente une part importante.

I.- STRATIGRAPHIE.

Son rôle est axé sur le comportement de l'eau dans les terrains et sur les proportions respectives de ceux-ci dans un bassin-versant donné.

1. Importance des terrains perméables de la couverture.

Les termes de la série stratigraphique vont être grossièrement distingués en :

- . terrains perméables : le Trias et son corollaire le calcaire de Laffrey ;
- . terrains imperméables : les autres étages et les mica-schistes.

Enfin, seront considérés de façon globale les terrains de transport quaternaires et les formations les plus récentes (éboulis etc...) sous le nom de "terrains récents".

Le rôle des terrains perméables a pu être mis en évidence par le calcul du pourcentage qu'ils représentent de la surface des bassins versants, et la comparaison avec les caractéristiques du régime des cours d'eau émissaires de ceux-ci.

a) Données statistiques.

Les bassins versants vont être cités par ordre croissant de pourcentage en terrains perméables.

- Rif Loula.

Les terrains récents représentent 56 % de la surface, tout le reste étant constitué de roches imperméables.

D.S. = 7,8 l/s/km²

D.E. = 512,8 mm, donc 68 % de l'eau reçue sur le bassin ne s'élimine apparemment pas par l'émissaire.

- Rif Montey.

Les terrains perméables représentent 14 % du total ; les terrains récents 55 %

D.S. = 18,3 l/s /km²

D.E. = 182 mm = 24 % des précipitations.

- Ruisseau de Saint-Arey :

Terrains perméables 24 %. Terrains récents 55 %.

D.S. = 95 l/s / km²

La notion de déficit d'écoulement n'a plus de valeur dans le cas présent, l'émissaire éliminant trois fois plus d'eau que n'en reçoit le bassin versant.

- Ruisseau des Rioux.

Terrains perméables : 33 %. Terrains récents 56 %.

D.S. = 5,47 l/s /km².

D.E. = 588 mm = 77 % de l'eau reçue.

- Ruisseau des Chuzins :

Terrains perméables : 34 %. Terrains récents 48 %.

D.S. = 2,83 l/s / km²

D.E. = 671 mm = 88 % de l'eau reçue.

- Ruisseau de Mayres :

Terrains perméables : 44 %. Terrains récents 38 %.

D.S. = 1,5 l/s /Km²

D.E. = 713 mm = 94 % de l'eau reçue.

b) Interprétation.

Les chiffres cités montrent qu'en général le déficit d'écoulement croît avec le pourcentage de terrains perméables, puisque pour des valeurs de 14 à 24 % de ces derniers, le déficit passe de 24 à 94 % de l'eau reçue.

Néanmoins ce phénomène ne présente pas toujours la régularité qu'on pourrait en attendre, et ceci s'explique par l'interférence

d'autres causes géologiques. C'est ainsi que des variations parfois importantes se produisent par rapport au schéma simple.

Les anomalies.

Elles ne sont qu'apparentes, puisqu'elles sont explicables dans tous les cas où elles se présentent.

. Rif Loula.

Ce bassin, bien que ne comportant pas de terrains de couverture perméables, présente néanmoins un déficit d'écoulement supérieur à celui du Rif Montey qui, lui, en présente 14 %.

Or, sa partie aval est constituée des terrains morainiques de La Motte et c'est certainement à leur contact qu'une partie des eaux manquantes s'infiltrent.

D'autre part, les pentes du bassin versant sont très raides et ce fait s'ajoute à l'imperméabilité des terrains pour causer un écoulement très rapide des eaux reçues. Comme les mesures de débit étaient effectuées une fois par mois, une part de ces grosses eaux, s'éliminant trop rapidement, échappait aux investigations. La valeur du déficit d'écoulement est donc à corriger et doit être rapprochée de celle du Rif Montey.

. Ruisseau des Chuzins.

Il comporte 34 % de terrains perméables et perd 88 % de l'eau reçue, alors que le ruisseau des Rioux, avec un pourcentage analogue de terrains perméables, n'en perd que 77 %.

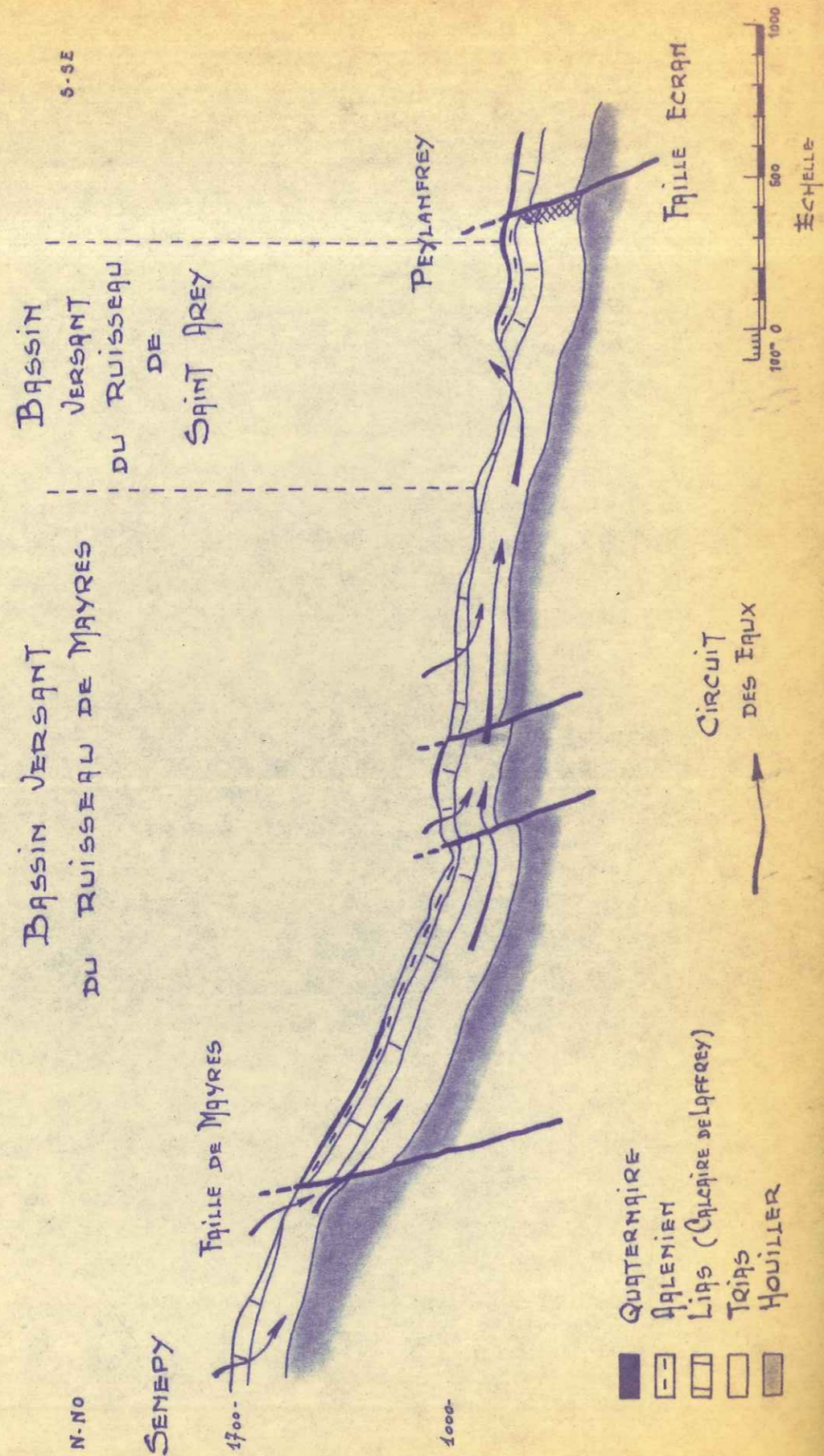
La différence s'explique par le fait que le ruisseau des Chuzins compte 48 % de terrains récents et celui des Rioux seulement 36 %. Le premier va donc présenter une absorption supérieure et le deuxième un écoulement en surface plus important, dû surtout à un pourcentage supérieur de terrains imperméables.

. Ruisseau de Saint-Arey.

C'est un cas aberrant à première vue, mais logique quand on considère la structure géologique de la région. Son bassin versant jouxte à l'Ouest celui du ruisseau de Mayres, et celui-ci voit une infiltration presque totale de son eau. Or, nous avons vu que le Trias affleure dans le lit du ruisseau en maints endroits où ce

Fig. 77

SCHEMA PROBABLE DES INFILTRATIONS
SUR LE FLANC EST DU MASSIF DE SENEPEY



dernier a décapé le Lias calcaire sus-jacent. C'est par ces zones que se fait la résurgence des eaux infiltrées à l'amont, sur le versant du Senepy (fig. 77). La grande importance de cette alimentation doit son origine à la surface du bassin du ruisseau de Mayres, qui est trois fois supérieure à celle du ruisseau de Saint-Arey.

2. Importance des terrains quaternaires.

Ils ont le plus souvent un rôle absorbant vis-à-vis de l'eau et agissent comme une espèce de "volant régulateur":

. s'ils sont perméables, ils vont constituer d'importantes réserves d'eau, cette eau étant mobile ;

. s'ils sont imperméables il peut y avoir accumulation d'eau par imprégnation des argiles qui les constituent, mais aussi stagnation en surface, d'où la présence de marais. Ces derniers représentent d'importantes quantités d'eau et ont aussi une action par la végétation qui s'y développe, accentuant les phénomènes d'évapotranspiration, déjà importants par le fait d'une grande surface d'eau libre.

II. - TECTONIQUE.

Il a déjà été question de son rôle en général et nous ne reviendrons pas longuement dessus dans ce chapitre.

Il faut néanmoins citer un exemple caractéristique d'une de ses possibilités d'intervention dans le circuit des eaux souterraines.

- Cas du ruisseau de Saint-Arey. (Fig: 77).

L'importance particulière des résurgences a été expliquée par la grande surface offerte aux infiltrations et la zone de sortie bien localisée, mais elle n'est possible à ce degré que par l'intervention de la tectonique. En effet, les couches de Trias aquifère se poursuivent à l'aval du ruisseau de Saint-Arey et normalement les circulations devraient continuer en grande partie dans cette direction. Or, une grande faille se situe à la limite est du bassin de Saint-Arey et doit être imperméable, au moins en par-

tie, à ce niveau-là, constituant un écran qui impose une circulation remontante des eaux et leur résurgence aux points où la couche aquifère affleure en surface.

D'autres exemples de l'action de la tectonique seront donnés plus loin.

III.- CONCLUSION.

L'action fondamentale des facteurs géologiques sur l'hydrologie dépend des terrains perméables, et surtout de ceux de la couverture mésozoïque : pourquoi au fur et à mesure de l'augmentation du pourcentage de ceux-ci dans les bassins versants, nous avons vu le déficit d'écoulement augmenter. Mais ceci n'est valable que d'une façon assez grossière, car l'intervention d'autres facteurs géologiques modifie le schéma, et parfois au point de le rendre secondaire. C'est ainsi que vont agir les terrains imperméables, les terrains quaternaires et les grands accidents tectoniques, en donnant à l'ensemble des phénomènes la souplesse et la grande variété de tout ce qui se rapporte à la nature.

C - SYNTHESE.

La description du régime des eaux au premier paragraphe de ce chapitre a montré un certain nombre de particularités dans ses rapports avec le climat, qui peuvent être interprétées en faisant intervenir les conditions géologiques à l'origine de ces eaux.

I.- INTERPRETATION DU DECALAGE GENERAL DU PREMIER MAXIMUM DES GRAPHIQUES DE DEBIT.

Ce décalage par rapport au maximum des hauteurs de pluies est d'une durée de deux mois pour les eaux superficielles, de trois dans le cas où l'influence du climat est bien marquée sur les eaux souterraines. Cependant, pour la plupart de ces dernières, les variations des quantités d'eau disponibles en surface sont amorties et réparties sur un temps plus long dans les graphiques de débit.

1. Eaux superficielles.

Il est à remarquer que ce maximum se situe après la période sèche. Pendant ces trois mois, qui sont aussi les plus chauds de l'année, les pertes d'eau dues à l'évaporation et aux végétaux, n'ont pas été compensées.

Les différents terrains aquifères, qu'ils s'agisse de ceux de la couverture sédimentaire, ou à un degré supérieur, ceux des formations récentes présentent souvent un important déficit en eau.

Les grosses pluies d'octobre vont donc servir, au début, à combler celui-ci, et ce n'est qu'une fois les zones perméables convenablement approvisionnées par les infiltrations, que l'eau va pouvoir à nouveau courir normalement en surface.

Le grand maximum de pluies va donc, le plus souvent, servir à la réalimentation des terrains aquifères, et le grand maximum des débits correspondra aux chutes de pluie de décembre. Le décalage n'est donc qu'apparent, le graphique de débit effaçant presque la grande pointe d'octobre des hauteurs de précipitations.

2. Eaux souterraines peu profondes.

Elles présentent des différences, suivant qu'elles sont encore tout près de la surface, ou situées un peu plus profondément.

a) Nappes aquifères de La Matheysine.

Elles sont relativement superficielles et présentent le même décalage apparent que les eaux de surface. Le débit d'été se maintient cependant à un certain niveau, car ses eaux sont alors prélevées sur les réserves souterraines accumulées pendant la saison humide précédente. Le fait qu'à l'inverse des cours d'eau des alentours, le grand maximum des eaux de Pré-Baccard soit nival, peut s'expliquer en considérant que les terrains qui l'alimentent, bien que réapprovisionnés en eau, n'ont pas encore rétabli leur régime d'écoulement normal, qui doit mettre un certain temps à se stabiliser, et ce, d'autant plus, que l'apport d'eau a été rapide.

b) La galerie niveau 10.

Elle représente le cas d'eaux un peu plus profondes et surtout alimentées par les terrains de la couverture sédimentaire. Elle draine un volume moins important que les venues situées à l'aval, et les répercussions des variations dans l'alimentation se font sentir d'une façon plus nette et plus rapide que pour elles. Les conclusions sont les mêmes que pour les nappes du plateau.

II. LE DEUXIEME MAXIMUM DES GRAPHIQUES DE DEBIT.

A part des cas d'eaux souterraines, il coïncide avec le maximum d'alimentation du mois d'avril, qui correspond à la fonte des neiges. Ce fait complète bien les explications précédentes et les confirme.

En effet, les quantités d'eau disponible en surface ont eu une valeur normale pendant trois mois, le minimum n'a duré qu'un mois et une nouvelle remontée en mars a préparé les grandes venues d'eau d'avril. A cela s'ajoute le fait que les basses températures et la couverture de neige ont fortement réduit l'évaporation et que la végétation est dans une période de vie peu active.

Les eaux sont donc arrivées sur des terrains aquifères déjà bien alimentés et ont tout de suite circulé en surface et en profondeur.

III.- LE CAS DES EAUX SOUTERRAINES PROFONDES.

Le fait primordial, en ce qui les concerne, est l'intercalation d'un réservoir naturel entre elles et les eaux de la surface. Les assises du Trias qui constituent la plus grande partie de celui-ci représentent un volume total énorme, et par la présence de grandes cavités et de chenaux d'écoulement, une quantité d'eau considérable.

L'anecdote permet d'illustrer de façon concrète la formation de ces vides, sous l'action principale des phénomènes de dissolution.

Les faits suivants sont cités dans l'ouvrage : "La Mure et ses environs" du Professeur CAILLET (Imprimerie nouvelle, Grenoble 1925).

"Le 28 mai 1855, il s'effectua, à 20 mètres au-dessus du pont
"de la Jonche (le pont qui permet à la route de Cognet de franchir
"la rivière) un éboulement souterrain en forme d'entonnoir. Le pont
"fut lézardé. Le gouffre ne fit qu'augmenter ; toutes les eaux de la
"Jonche s'y perdaient ; deux mois après, il avait quarante mètres
"et atteignait le pont qui s'écroula en septembre. Ce beau pont avait
"18 m 50 d'ouverture et seulement 53 ans d'existence. Le 19 mars 1912
"le même fait se renouvela : après une crue importante, la Jonche
"disparut pendant quelques jours dans un gouffre où un boeuf aurait
"pu entrer. Cette nouvelle perte eut lieu quelques mètres en amont
"de la précédente".

Est-il la peine d'ajouter que la Jonche traverse justement un
affleurement triasique en ce point ?

En tout cas, le volume d'eau contenu dans le Trias, bien que
subissant des fluctuations, n'est jamais nul et se trouve de plus
protégé des phénomènes d'évapotranspiration. Il va donc, lui aussi,
constituer un volant régulateur compensant en partie les variations
de précipitations.

1. La grande galerie de Prunières, niveau 15.

L'amortissement se traduit par un graphique moins accentué.
Pendant la saison sèche, les venues sont alimentées par les réserves
constituées en saison humide ; les maxima se font sentir moins
brusquement et se répartissent sur plusieurs mois.

2. La Galerie de Combe-Neveuse et le ruisseau de Saint-Arcy.

Le ruisseau est placé dans le même paragraphe que la galerie,
car il est alimenté principalement par des venues souterraines et
que celles-ci font partie du système aquifère auquel est dû le dé-
bit de la galerie, comme nous le verrons ultérieurement.

La composition chimique de leurs eaux confirme l'interprétation
et l'abondance relative de l'ion HCO_3^- dans les eaux de Combe-Neveuse
peut s'expliquer par une zone plus carbonatée dans le Trias, à l'a-

mont des venues d'eau.

L'amortissement et l'étalement des maxima de précipitations peut les amener à se chevaucher plus ou moins, et c'est ainsi que leurs multiples interférences rendent difficile la comparaison entre graphiques de débit et de précipitations. Le cas du ruisseau de Saint-Arey est encore compliqué par son alimentation partielle en eaux superficielles.

On retrouve néanmoins dans les graphiques de débit le maximum du printemps.

Dans le cas du Ruisseau, il se situe en mars, à cause de l'exposition au Sud de tout le versant, qui cause une fonte des neiges plus précoce qu'ailleurs. La baisse qui suit est plus lente que pour les autres cours d'eau en raison de l'alimentation souterraine prépondérante. Le débit de la Galerie réagit encore moins vite à la montée des eaux de surface, à cause d'une distance et d'une profondeur supérieures, amenant un trajet plus long des circulations.

IV.- LE CAS DU VERSANT OUEST DU MASSIF DE SENEPEY.

Sa structure géologique, déjà décrite précédemment, explique l'aridité de ce versant. Il ne présente pas de cours d'eau permanent et seuls quelques torrents temporaires, qu'on peut qualifier d'oueds, débitent pendant plusieurs jours d'affilée aux moments de grosses pluies, et représentent l'eau qui n'a pas le temps de s'infiltrer. Tout le reste des eaux circule au sein des éboulis et des formations morainiques de l'aval, ressortant sous forme de sources aux endroits favorables.

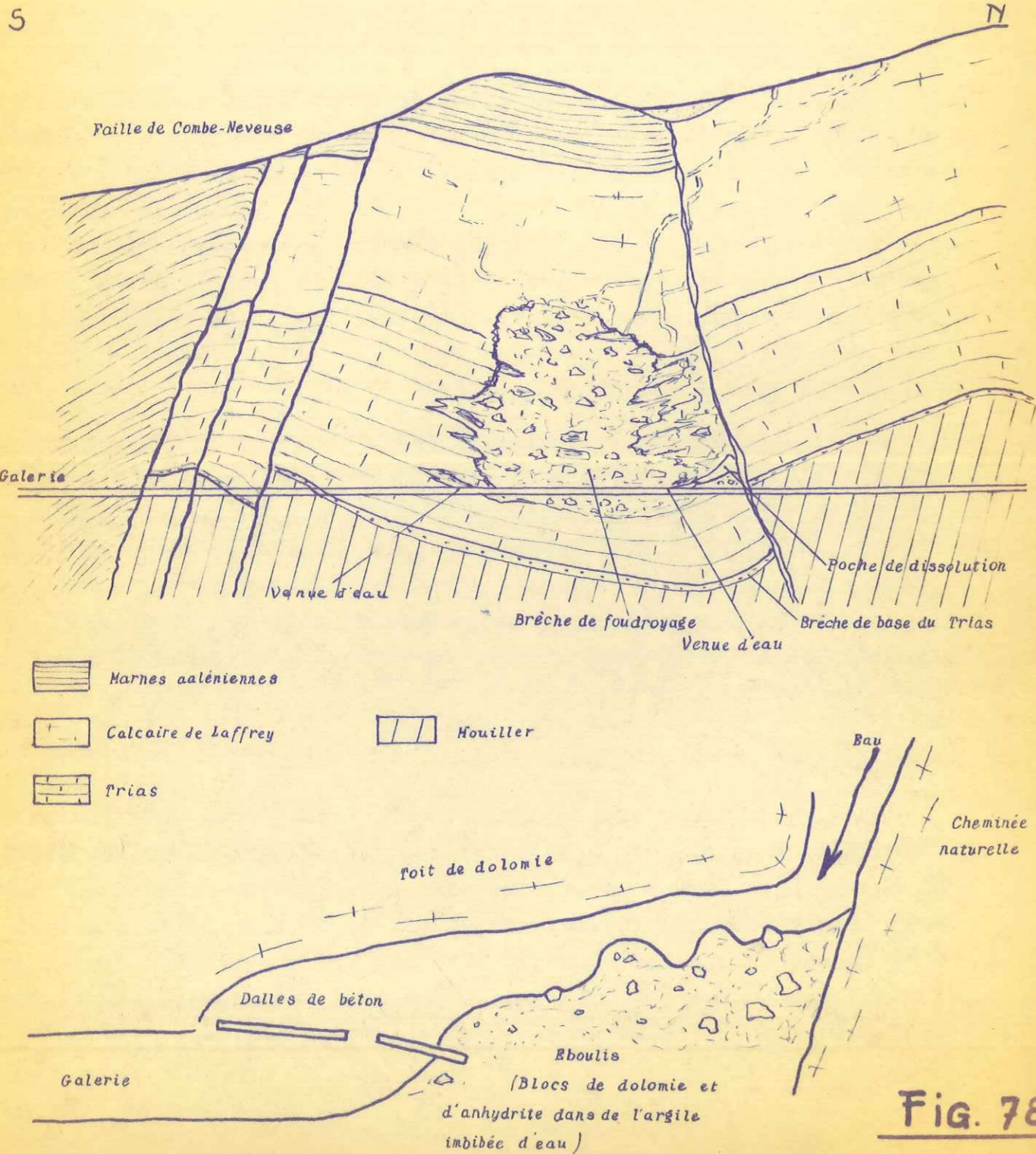
V.- CONCLUSION.

La profondeur croissante des circulations entraîne une indépendance de plus en plus marquée entre les graphiques de débit et de précipitations. C'est ainsi que les eaux superficielles réagissent très vite aux variations de quantités de précipitations, qui sont amorties pour les eaux souterraines par la présence d'un important réservoir entre eaux d'infiltration et résurgences, ce fait entraînant aussi une plus grande régularité des débits.

COUPE SUIVANT LA GALERIE DE COMBE NEVEUSE

CINQUIÈME PARTIE

INFLUENCES RECIPROQUES DE L'HYDROGÉOLOGIE ET DES TRAVAUX MINIRS.



Nous avons déjà vu que le volume de vides créé par les galeries d'exploitation constituait un système de drainage artificiel pour mes eaux profondes, mais ce volume est minime en comparaison du volume de vides laissés par l'extraction de l'antracite. Ces vides, une fois le charbon sorti, sont remplis par foudroyage des roches encaissantes, mais celles-ci réduites en blocs, laissent un passage facile à l'eau.

D'un point de vue inverse, ces venues d'eau vont avoir une action sur les travaux, qui est surtout ressentie sur le plan économique : gêne du travail, mouillage du charbon ; et dans le cas de mines ne présentant pas une exhaure par gravité, dépenses d'énergie pour entretenir des stations de pompage remontant l'eau au niveau du sol.

Nous laisserons de côté ces considérations pour ne traiter que du problème scientifique.

A - INTERET DES TRAVAUX DE MINE POUR L'ETUDE DES CIRCULATIONS SOUTERRAINES.

Il est grand puisque les travaux miniers permettent d'étudier les circulations souterraines de la meilleure façon qui soit : en les observant sur place.

Quelques exemples vont être donnés, qui sont des illustrations précises de phénomènes décrits précédemment.

I.- EXEMPLE DU ROLE DE LA STRATIGRAPHIE.

Il est fourni par un incident qui s'est produit dans la galerie de Combe-Neveuse au niveau 15, à la fin de l'année 1960 (fig. 78).

Pendant les 600 premiers mètres, elle a traversé des schistes aaléniens formant un anticlinal. Elle a ensuite traversé l'importante faille de Combe Neveuse et le contact sur le Houiller du Trias formant un synclinal qui continuait jusqu'au point 960.

C'est vers le coeur de ce synclinal (point 947), que s'est produite une brutale venue d'eau (en l'absence du personnel) qui donna 10 m³/s pendant 50 minutes, et se maintint à 120 l/s pendant un mois. L'avancement fut poursuivi dans un chaos de blocs de dolomie enrobés d'une argile jaunâtre imbibée d'eau et déboucha finalement dans une vaste cavité de plus de six mètres de haut, quinze de long et trois de large, du haut de laquelle s'écoulait une cascade et dont le sol était toujours formé de l'amas boueux contenant des blocs. Cette cavité devait représenter une zone de dissolution importante de gypses et anhydrites dans le coeur du synclinal, par les eaux d'infiltration qui avaient tendance à se rassembler au point bas qu'il constitue. Le vide qui s'était ainsi créé aurait été comblé par frou-droyage naturel du toit de dolomie, des argiles de décomposition ayant colmaté l'ensemble. Les eaux de circulation se seraient alors accumulées en amont de ce barrage naturel et présenté ainsi un volume important. La galerie venant percer en cet endroit a causé l'irruption en masse des eaux sous pression, vidant l'importante poche de dissolution sur le coup et drainant ensuite pendant un mois les quantités d'eau mises en réserve dans un périmètre plus étendu.

II.- EXEMPLES DU RÔLE DE LA TACTONIQUE.

Deux cas vont être cités, qui démontrent : l'un l'existence d'une faille à rôle mixte, l'autre d'une faille-écran.

1. Cas de la galerie de Combe Neveuse.

C'est par le problème de l'alimentation des venues d'eau qui s'y produisent que cette galerie nous intéresse ici.

On a vu que celles-ci sont régulières et se maintiennent aux alentours de 45 litres/seconde, quelle que soit la saison. Or l'alimentation directe par infiltrations dans le bassin versant qui surmonte sa région est impensable : en effet, celui-ci est très réduit, et la quantité d'eau qu'il reçoit dans l'année, même si toute collo-

EXEMPLE DE FAILLE ÉCRAN

FAILLE DE LA RÉGION DU VILLARET

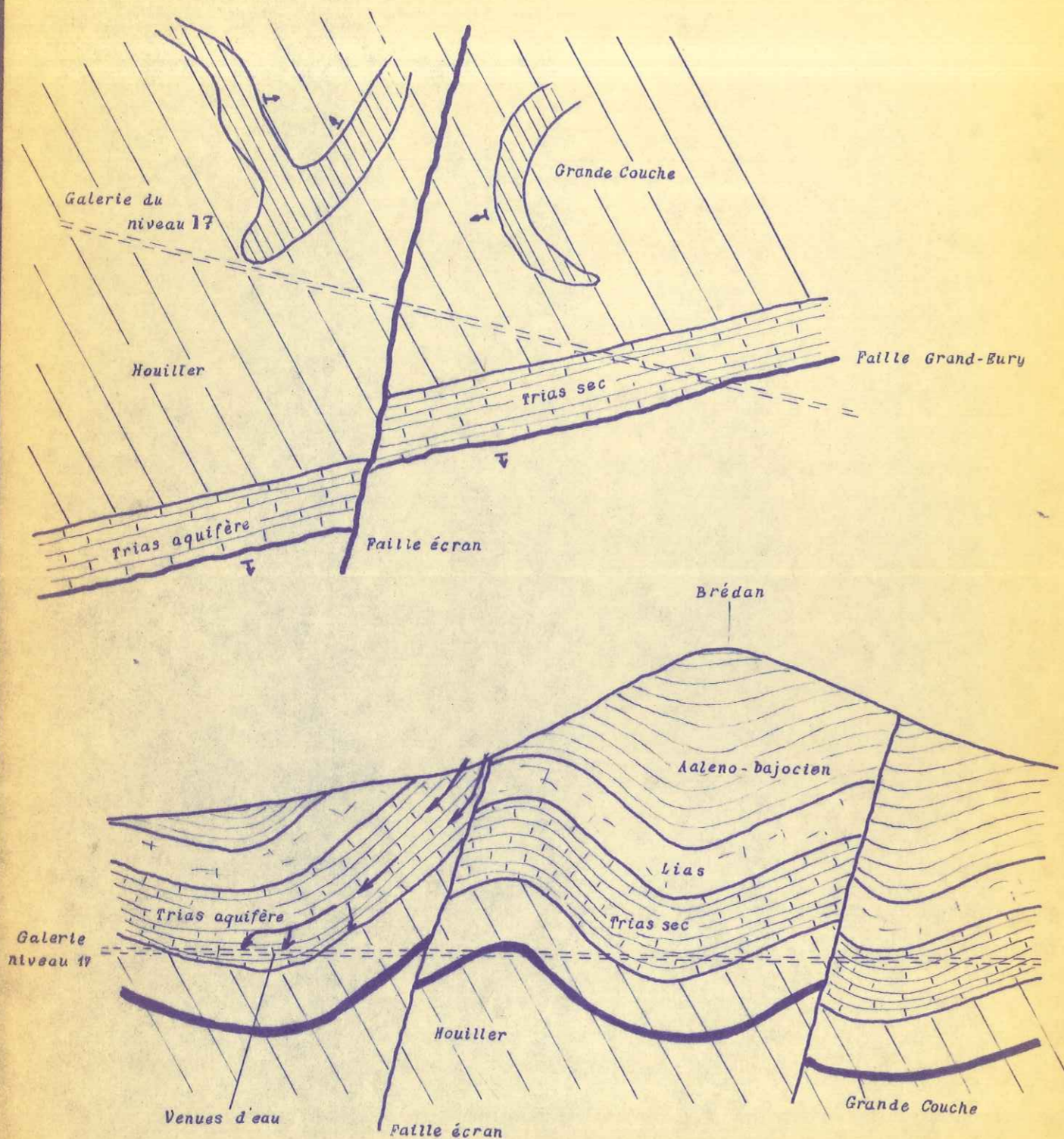


Fig. 79

ci s'infiltrait, ne peut absolument pas être comparée à celle qui sort de la galerie. Il faut donc envisager une circulation d'eaux souterraines venant des zones éloignées. La galerie se trouve à l'aval du ruisseau de Saint-Arey, dont l'alimentation se fait par résurgence des infiltrations se produisant sur les flancs du Senepy. Les venues de la galerie doivent avoir la même origine et, pour cela, il faut que la faille qui constituait écran au niveau du ruisseau de Saint-Arey soit perméable plus au Nord, permettant ainsi le passage des eaux vers Combe Neveuse.

Une partie de l'eau doit aussi provenir des infiltrations dans le calcaire de Laffrey de la région du Combéron, mais on ne peut dissocier celle-ci de celle du Senepy, car le Trias constitue un système dont les différentes parties se relient plus ou moins et mélangent leurs eaux.

2. Cas de la faille du Villaret (fig. 79).

C'est une faille est-ouest dont la trace, à la surface du sol, se situe entre la montagne de Brédan et Roche-Paviotte. Elle recoupe la faille Grand-Eury, amenant un décalage dans le Trias et un redoublement de la Grande Couche dans le Houiller.

Or, la galerie du niveau 17 du Villaret a recoupé dans le compartiment nord de cette faille, des couches de Trias absolument sèches et saines. Dans le compartiment sud au contraire, les travaux ont rencontré des venues d'eau.

Il faut, pour expliquer cela, admettre que la faille du Villaret constitue une zone imperméable entre les deux compartiments qu'elle décale.

Dans le compartiment nord, les terrains imperméables de l'Aaléno-Bajocien affleurent à la surface du sol, protégeant ainsi le Trias des eaux superficielles.

Dans le compartiment sud, le Trias a été remonté jusqu'au jour, livrant ainsi passage aux infiltrations. Or, si la faille du Villaret était perméable, les eaux circulant dans ce compartiment pourraient aisément passer dans l'autre et le Trias rencontré au Nord serait aquifère.

Ce rôle de barrage qu'assument parfois les fractures entraîne la nécessité d'une grande prudence en ce qui concerne les prévisions de venues d'eau, un terrain parfaitement sec dans une certaine zone pouvant devenir fortement aquifère dans une zone très voisine.

B - L'EAU ET LES TRAVAUX DE MINES.

Un exemple va concrétiser le rôle de drain des travaux miniers pour les eaux souterraines : c'est celui de la porte totale du ruisseau des Merlins (fig. 80).

Des venues d'eau importantes se produisaient dans les travaux des alentours du "bure 4", et gênaient l'exploitation. Or, une exploration du ruisseau des Merlins (partie amont du ruisseau des Chuzins) nous permit de constater une disparition complète de ses eaux au niveau des affleurements de Trias qui recoupent son lit. Le débit diminuait à mesure que le cours d'eau progressait sur ce terrain, pour s'annuler avant que le lit ne se trouve dans les couches imperméables de l'Aalénien.

Comme le ruisseau se trouve à l'aplomb des travaux des "4e et 5e Pondages", il était clair que les venues d'eau constatées en provenaient.

La région présente une structure anticlinale, coupée d'une faille dont le compartiment ouest est remonté. Le cœur de l'anticlinal, érodé, laisse apparaître le Trias, recouvert à l'Ouest par le calcaire de Laffrey. A l'Est de la faille se trouvent les terrains schisteux de l'Aalénien.

D'autre part, la charnière anticlinale du Touiller a été arasée par l'érosion antétriasique et, de ce fait, la Grande Couche se trouve en contact direct avec la brèche de base du Trias. L'exploitation de cette Grande Couche était déjà bien avancée puisque les dépilages de charbon représentaient une verticale de 325 mètres dans le flanc est (dit 3e Pondage) et de 215 mètres dans le flanc ouest (dit 4e Pondage) de l'anticlinal.

Le circuit des infiltrations se déduit de cette structure : les eaux pénétrant dans le Trias trouvaient, à l'aval de celui-ci, une

du niveau 12 et à cinq du niveau 15. Des échantillons furent prélevés pendant trois jours et ne présentèrent jamais de coloration visible, ni la fluorescence caractéristique sous les radiations ultraviolettes, qui permet d'en déceler les traces quand la concentration est très faible.

L'eau colorée n'est donc pas ressortie aux points où elle devait logiquement apparaître, ni d'ailleurs en d'autres points : si elle était apparue dans les travaux, sa présence n'aurait pas manqué d'attirer l'attention du personnel de la mine qui s'y trouve en permanence, et si elle était réapparue au jour, les populations locales se seraient alarmées et la rumeur publique nous en aurait avertis.

On voit donc que l'échec de l'expérience n'infirmit le schéma admis pour les infiltrations et il restait alors à expliquer la disparition de la fluorescéine.

- A priori, le dosage du colorant ne peut être incriminé car il était très supérieur aux normes admises.
- La cause principale doit se trouver dans le phénomène de fixation du colorant par les argiles, car le Trias peut en contenir une certaine quantité à la suite de la décomposition des roches dans les zones aquifères. Certaines expériences réalisées en laboratoire, avant les essais de Serres-Bonçon par exemple, ont démontré la réalité de cette action.
- L'eau de mine, la plupart du temps très agressive, a pu aussi décomposer le colorant dont la limite d'utilisation se trouve vers un pH de 5, et que sa nature organique rend assez vulnérable.

Une deuxième expérience de coloration, toujours négative, a paru confirmer la deuxième hypothèse.

Un sondage effectué dans la région de la Crouillonne était arrivé à un certain niveau dans le Trias et d'importantes pertes de boue s'étaient alors manifestées. On a donc pensé, avant de cimenter le forage pour l'étanchéiser, d'injecter du colorant et de voir où il ressortirait. La dose de fluorescéine fut très importante (4 kilogrammes) et elle fut mélangée à la boue de forage dans le bac de réserve, donc injectée sous pression avec celle-ci.

La concentration était si élevée que la boue, quoique représentant un volume important, avait encore une couleur orange.

La surveillance dura plusieurs jours et ici encore il ne fut observé de sortie d'eau colorée ni au jour, ni au fond.

La fluorescéine paraît donc ne pas convenir à l'étude des circulations dans le Trias aquifère de la région, et il faudrait faire des expériences pour déterminer le genre de colorant dont les limites d'emploi correspondraient aux caractéristiques du terrain.

Une autre méthode, peu onéreuse, pourrait aussi être valable, qui consiste à déverser dans les eaux d'infiltration une importante quantité de chlorure de sodium, leur trajet étant repéré par la variation de résistivité accompagnant l'arrivée dans les eaux de résurgence.

C - INCIDENCE DE LA MISE EN TERRIL DES DÉBLAIS DE MINA SUR LES TERRAINS AQUIFÈRES DES LARAIS DE LA MURE.

Il s'agit d'une action secondaire des travaux de mine. L'antracite, à la sortie de la mine, n'est pas pur, et comporte un certain pourcentage des schistes et grès encaissants, entraînés avec le charbon lors des tirs de mine.

On sépare alors les débris rocheux et les charbons, et ces derniers sont lavés pour en éliminer les dernières impuretés. Ces sous-produits d'extraction représentent un volume important dont les bouillères se débarrassent en les accumulant sous forme de terrils. Une portion de l'espace qui se trouve entre la route de Grenoble et celle du Villaret est déjà occupée par ces terrils qui s'étendent ainsi jusqu'à l'extrémité nord de l'agglomération du Villaret. Une extension de cette zone est prévue vers le Nord, donc vers les Larais qui se trouvent aux abords de la Centrale thermique (fig. 31). Comme les terrains sont meubles et très aquifères, on a pu craindre que des déformations ne les affectent et, si elles se propageaient assez loin, qu'elles ne compromettent la stabilité de l'usine. Le peu de résistance de ces terrains a d'ailleurs entraîné l'obligation de bâtir la Centrale sur des pieux prenant pied dans le bed-rock juras-

En admettant une porosité de 0,4 (cas défavorable pour le matériau), le calcul prévoit une remontée de l'eau au pied de l'édifice égale à un mètre par excès, et il n'y a pas de risques de boulangerie à cet endroit.

Par contre, si la jonction des terrains de transport morainiques avec le bed-rock n'est pas étanche (et c'est souvent le cas) il pourrait y avoir des remontées d'eau suivant cette voie.

4. Mesures à prendre.

Si les venues d'eaux dont il vient d'être question se manifestaient, un puits drainant serait la solution à apporter pour les éviter, en abaissant le niveau de la nappe.

De toute façon, il sera bon de surveiller le comportement des terrains aux alentours du terril, et cela peut se réaliser facilement en implantant des pieux sortant du sol. Leur position sera bien repérée et leurs éventuels déplacements verticaux ou horizontaux pourront être détectés par des nivellements à intervalles de temps réguliers.

SIXIEME PARTIE

INFLUENCE DES OUVRAGES HYDROELECTRIQUES SUR LE REGIME HYDROLOGIQUE.

Le cours du Drac est à présent presque complètement aménagé pour la production d'énergie hydroélectrique, et l'un des ouvrages réalisés va nous intéresser : il s'agit du barrage de Monteynard, situé au "bec" d'Avignonet, à l'aval du point où la rivière du Férailler se jette dans le Drac.

L'action modificatrice de ces ouvrages est due à la surélévation du niveau de l'eau du torrent.

Le Barrage de Monteynard.

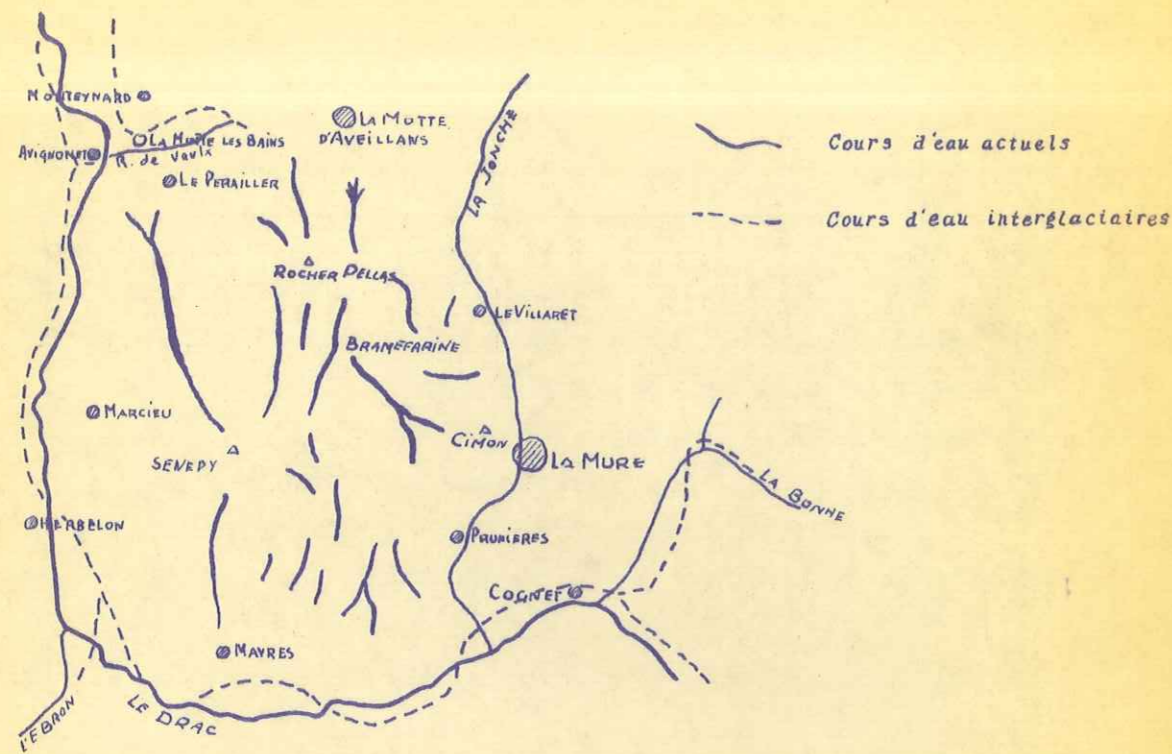
Deux sortes de problèmes s'y rapportent : les uns concernant la retenue elle-même et c'est la possibilité de fuites par l'ancienne vallée du Drac ; l'autre, l'influence de la retenue sur les circulations souterraines et en particulier les travaux de mine des Houillères du Bassin du Dauphiné.

A - LES PROBLEMES POSES PAR L'EPIGENIE.

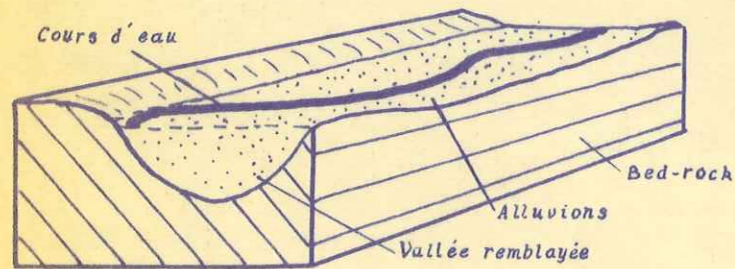
L'ouvrage de Monteynard, situé à l'aval de ceux du Sautet et de Saint-Pierre de Cognet, constitue comme ceux-ci un exemple des cas où la retenue risque de voir une partie de ses eaux contourner le barrage en s'infiltrant dans les alluvions d'une ancienne vallée remblayée.

La vallée du Drac a été occupée au Quaternaire par un grand glacier, dont les phases successives de progression et de régression ont entraîné des variations dans le régime du cours d'eau

LA VALLEE EPIGENIQUE DU DRAC



SCHEMAS EXPLICATIFS



Fin de la période de remblayage

Fin de la période de creusement

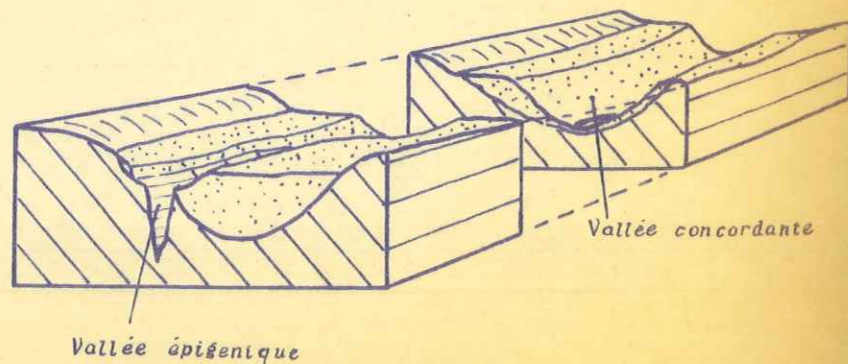


Fig. 82

glaciaire. Celles-ci se sont traduites par une succession de creusements et d'alluvionnements d'une grande amplitude.

C'est ainsi qu'une vallée importante, située dans le rocher, s'est trouvée remblayée par des alluvions fluviales ou des moraines, au sommet desquelles sinuait le cours d'eau.

Un abaissement du niveau de base se produisant à ce moment-là, une phase de creusement s'est amorcée et le torrent s'est enfoncé dans ses alluvions, la nouvelle vallée continuant à s'approfondir sur place. Elle a pu alors coïncider avec le tracé de l'ancienne vallée ou creuser un nouveau lit dans le substratum rocheux.

La vallée du Drac actuel recoupe ainsi fréquemment l'ancienne vallée ; les régions où elle est large correspondent à l'ancien tracé où le cours d'eau creuse son lit dans des formations meubles, les gorges encaissées entaillent le bed-rock. Cette opposition conditionne l'emplacement des barrages qui trouvent dans les canyons des conditions favorables à leur implantation, tandis que les parties élargies se prêtent bien à la création d'une importante retenue.

Les gorges correspondent à ce que l'on nomme "vallée épigénique", car leur position a été imposée par le tracé du cours d'eau qui coulait à un niveau supérieur sur l'ancienne plaine alluviale. Le barrage du Sautot, implanté dans un de ces tronçons épigéniques, avait subi d'importantes pertes par l'ancienne vallée qui baignait la retenue. Instruits par ce précédent, les constructeurs du barrage de Saint-Pierre-de-Cognet, qui présente une disposition analogue, effectuèrent d'importants travaux de recherches et furent amenés à réaliser, en travers de l'ancienne vallée, un écran d'injection qui l'étanche de façon satisfaisante.

Pour l'ouvrage de Monteynard, lui aussi dans le même cas, l'ancienne vallée est recoupée en rive gauche, à l'amont du barrage, et va rejoindre la vallée actuelle à l'aval de celui-ci. Des fuites suivant ce trajet étaient donc à prévoir, et des études furent effectuées à l'aide d'une galerie de reconnaissance et de prospections géophysiques. Les résultats obtenus montrèrent que

COUPE SUIVANT LA GALERIE DU DRAC

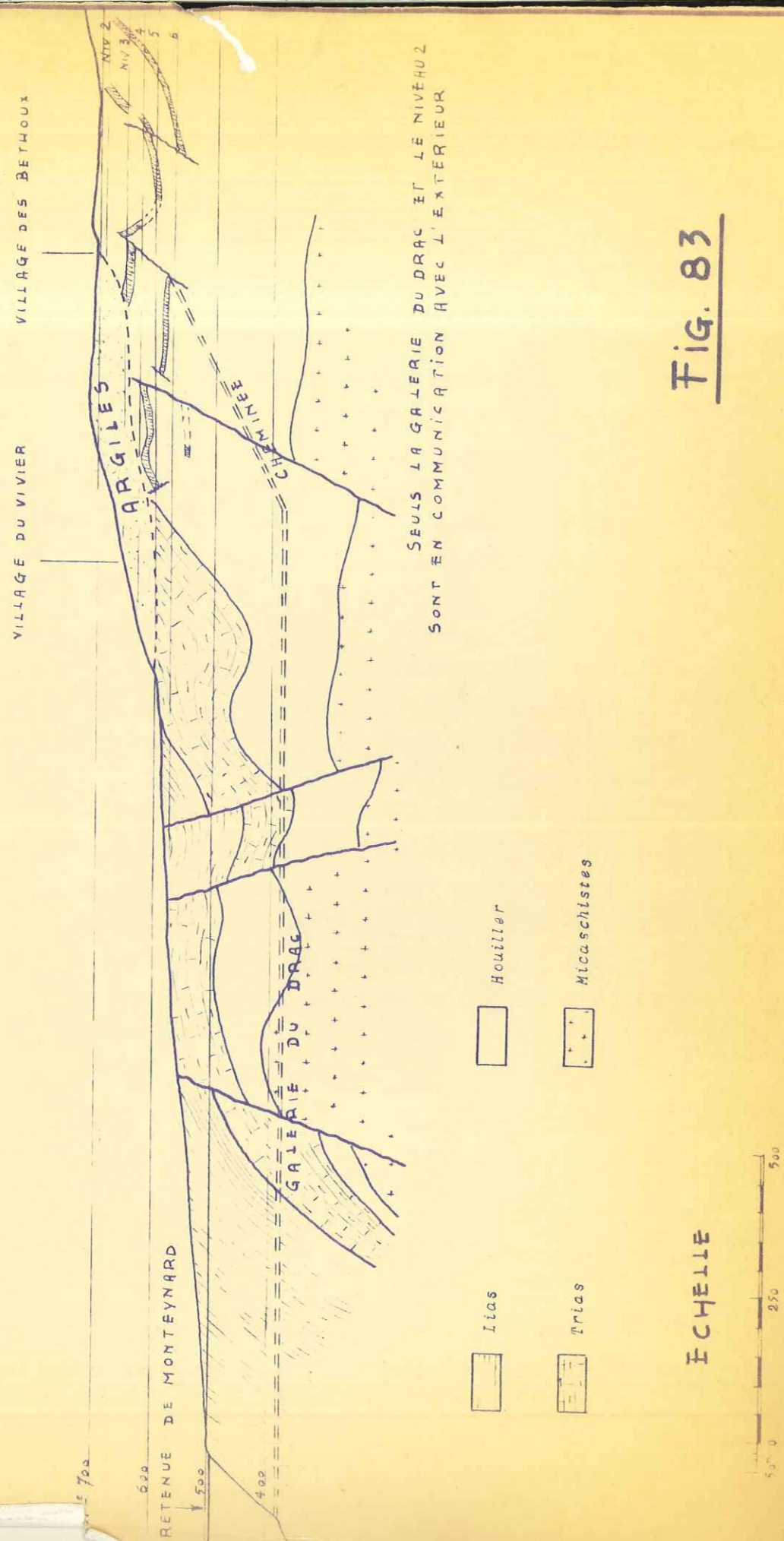


Fig. 83

le débit de ces fuites serait minime par rapport à l'importance de la retenue et ne nécessiterait pas la mise en oeuvre d'un voile d'étanchéité.

B - INFLUENCE SUR LES CIRCULATIONS SOUTERRAINES.

La cote maximum de la retenue se situe à 490 mètres, ce qui représente une hauteur d'eau de 126 mètres contre le barrage ; le lac remonte à l'amont jusqu'aux environs du village de la Baume.

Il va en résulter une surélévation du niveau de base pour les circulations souterraines et surtout pour la région située à l'Ouest du massif de Senepy où la hauteur d'eau est encore importante.

Ce phénomène, joint à la pression exercée par les eaux du lac, va certainement avoir une influence sur les anciennes sources thermales de La Motte, et peut-être arriveront-elles à trouver un nouveau chemin vers la surface. Il faudra en tout cas attendre assez longtemps pour qu'un nouvel équilibre s'établisse étant donné le volume des terrains affectés par le remaniement.

Mais une autre action est plus accessible à l'étude et se manifeste déjà actuellement : il s'agit de l'influence de la retenue sur deux galeries d'écoulement d'eau des Houillères du Bassin du Dauphiné et qui sont désormais noyées.

Rapports avec les travaux de mine.

Nous avons vu que l'exhaure actuelle des travaux se fait par de grandes galeries débouchant au jour. L'une d'entre elles, l'importante galerie du Drac, draine les eaux d'infiltration des anciens travaux de la région des Béthoux (près de La Motte d'Avellan). Une autre, la galerie de Saint-Arcy, dont l'importance est appelée à augmenter dans un proche avenir, élimine les eaux provenant du niveau 17 de la région des Rioux - Devay. Or, la pre-

mière se situe maintenant à 144 mètres sous les eaux de la retenue et la deuxième à 17 mètres.

1. La Galerie du Drac.

Elle se situe à la cote 376 et évacue entre 100 et 150 litres /seconde.

En partant du Drac, elle traverse d'abord 600 mètres de mar-no-calcaires du Lias et recoupe le Trias avant d'arriver au Houiller. Seulle cette galerie et celle du niveau 2 (cote 680) sont en communication avec l'extérieur.

- Le lac du barrage devant recouvrir l'entréo de la galerie du Drac, on pouvait envisager d'empêcher les eaux d'y pénétrer en barrant la galerie vers son extrémité aval. A ce moment, les eaux d'exhaure se seraient accumulées derrière le serronment, et si des infiltrations importantes ne se produisaient pas dans le Trias, elles seraient remontées jus-u'au niveau 2 avant de trouver une issue vers l'extérieur.

Malheureusement, cette région est recouverte de formations d'argiles lacustres (fig. 84) et l'on pouvait craindre que les eaux ne les imbibent. Ces dépôts ont été fréquemment touchés par les travaux du fond (fig. 83) sans que des venues d'eau se soient manifestées, et sont donc secs. Plusieurs villages étant construits sur les argiles, leur humidification risquait de compromettre dans certains cas la stabilité des édifices par les glissements qui pouvaient s'y produire.

- Dans le cas où aucune précaution ne serait prise, les eaux de la retenue rempliraient la galerie et remonteraient jus-qu'à la cote 490, représentant le niveau hydrostatique. Celui-ci se trouvant bien en deçà des couches d'argiles, aucun risque n'é-tait à prévoir de leur côté.

Par contre, des infiltrations pouvaient se produire dans les terrains triasiques et si un cheminement abondant s'établissait une partie des eaux de la retenue aurait pu court-circuiter le

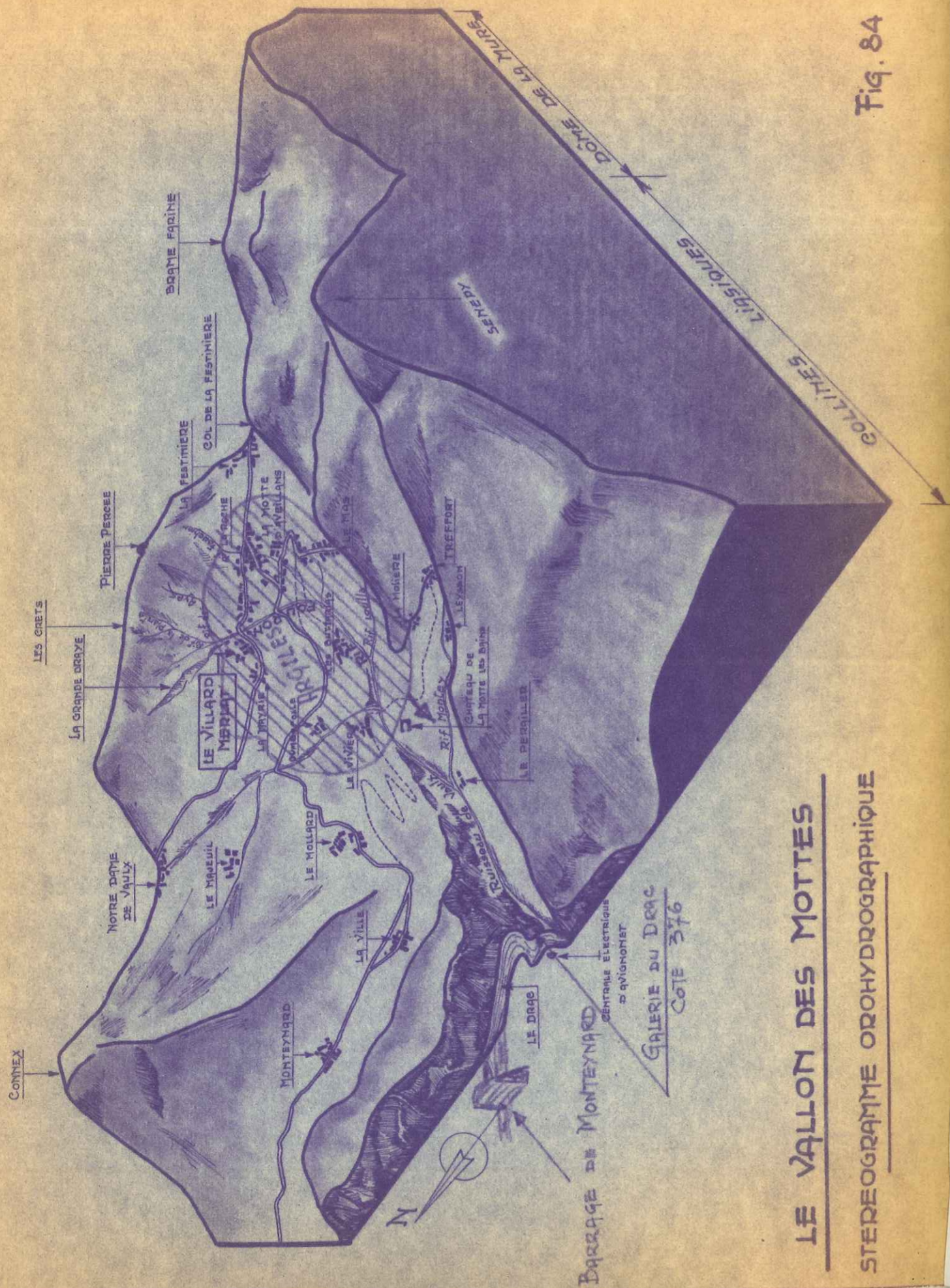


Fig. 84

LE VALLON DES MOTTES
STEREOGRAMME OROHYDROGRAPHIQUE

barrage.

- En définitive, la solution suivante a été adoptée : un important serrement de béton a été construit à 100 mètres environ de l'issue de la galerie, et une canalisation le traverse. Le niveau hydrostatique s'établit ainsi à la cote 490 dans les travaux de mine, comme si la galerie était totalement ouverte, mais les variations de pression résultant des baisses ou des montées du niveau de la retenue sont un peu amorties.

2. La Galerie de Saint-Arcy.

Elle a 3 500 mètres de longueur, aboutit au-dessous du village de La Baume (fig. 20) et surmonte de quelques mètres l'ancien niveau du Drac (cote 473). Sa position conditionne la plus grande partie de l'exhaure future des Houillères. Son autre extrémité débouche au niveau 20 du puits des Rioux (fig. 40) à la cote 480, et les eaux du niveau 17 de ce quartier n'ayant pas d'autre issue au jour cascadedent dans le puits et suivent ensuite la galerie.

A l'heure actuelle, le débit au niveau 17 est d'environ 8 l/s et se trouve déjà en progression par rapport à celui de l'année précédente.

En effet, les Houillères réalisent l'ossature d'exploitation au niveau 17, dont l'importance ira croissant à mesure que les travaux se déplacent à l'aval du niveau 15. Les liaisons nombreuses qui existeront entre les niveaux 17 et 15 amèneront les eaux de ce dernier à s'infiltrer plus bas, et à emprunter de plus en plus les voies de cheminement à la cote inférieure.

Le quartier des Rioux - Devay n'est pas le seul concerné, car le niveau 17 du Villaret n'a pas non plus d'issue au jour et va être incessamment relié aux travaux des Rioux, y amenant ainsi les eaux qu'il recueillera dans les quartiers des Chuzins, des Bois-Freyndet et de Roche Paviotte.

C'est en tenant compte des débits mesurés dans ces différents quartiers, et en estimant la fraction qui en descendra vers

le niveau 17 à mesure que le niveau 15 s'y reliera, qu'on a pu prévoir le débit de la galerie de Saint-Arey dans les années à venir et jusqu'en 1970 où il se situera à environ 140 l/s. C'est dire l'importance présentée par cet axe de sortie pour l'avenir de l'exploitation.

Bien avant que le barrage de Monteynard ne soit mis en eau, un serrement de béton a été construit à 100 mètres de la sortie et une cheminée de 33 mètres, partant juste derrière le serrement, aboutit à la surface du sol. Ici encore, une canalisation munie d'une vanne de fermeture traverse de part en part le massif de béton. A la montée des eaux, cette communication fut laissée ouverte et la galerie a été noyée ainsi que la base du puits des Rioux. La circulation s'établit évidemment vers la retenue, mais si un éboulement obstruait complètement la galerie, les eaux pourraient s'accumuler vers l'amont et, n'ayant pas d'autre issue avant le niveau 15, remonteraient vers celui-ci. Un tel événement est cependant peu probable et la galerie du Drac l'illustre bien : elle était en bien plus mauvais état que ne l'est actuellement la galerie de Saint-Arey, et des éboulements s'y étaient produits il y a quelques années, qui la bouchaient presque complètement. Or, malgré cela, le passage de l'eau (dont le débit est de l'ordre de celui prévu pour la galerie de Saint-Arey) n'a jamais été interrompu ; le fait peut s'expliquer par l'augmentation de pression résultant de la faible section offerte à l'écoulement, qui permettrait l'entraînement des matériaux.

Un autre risque, qui s'est révélé tout récemment, est constitué par l'accumulation des gaz toxiques plus lourds que l'air (CO , CO^2) dans la portion de puits comprise entre les niveaux 17 et 20 (1800 mètres cube) et éventuellement dans la portion de galerie non noyée quand le niveau de l'eau est assez bas.

Une variation du niveau de la retenue a provoqué la remontée de ces gaz qui se sont répandus au niveau 17, et les mineurs, incommodés, abandonnèrent juste à temps les travaux.

C O N C L U S I O N

Le régime hydrologique de la région de La Mure, lié à une structure géologique tourmentée et constamment modifiée par les travaux de mine, présente une grande complexité.

Deux catégories de formations aquifères ont sur lui une influence dominante, ce sont : le Trias et les terrains de transport quaternaires.

L'interférence des facteurs tectoniques modifie souvent ces données, soit que les accidents aient un rôle hydrologique en eux-mêmes, soit par les déplacements relatifs qu'ils peuvent amener entre deux parties d'une même couche aquifère.

Une autre action modificatrice importante est due à la présence des travaux de mine des Houillères du Bassin du Dauphiné qui drainent un volume très important ; leur approfondissement progressif entraîne une circulation de plus en plus décalée vers l'aval. Enfin la présence du grand barrage de Montcynard a, lui aussi, une influence, mais sa mise en eau encore trop récente ne permet pas d'évaluer à coup sûr toutes les répercussions qu'il aura sur l'hydrologie. Le régime des eaux est conditionné par un climat qui présente, du fait de l'altitude de la région, deux saisons humides : celle des pluies d'automne et celle des fontes de neige du printemps. Deux saisons sèches se définissent aussi, l'une correspondant à la sécheresse réelle de l'été, l'autre à l'hiver, où l'eau est immobilisée plus ou moins longtemps sous forme solide.

Les réserves en eau sont importantes globalement, mais si l'on excepte les nappes aquifères du plateau, le plus souvent dispersées en résurgences d'importance relativement faible. Les eaux des formations quaternaires sont de bonne qualité et utilisables pour la consommation, à condition de vérifier que des eaux superficielles polluées ne s'y mélangent pas. Les eaux du Trias présentent quelques inconvénients du fait de leur teneur souvent

importante en sels dissous et particulièrement en sulfates.

Nous espérons avoir montré par le présent travail que si l'étude du régime hydrologique ne peut se faire sans l'aide de la Géologie, elle ne peut non plus s'en contenter uniquement et dépend de façon aussi importante de données et de mesures concernant une longue période de temps.

L I S T E D E S F I G U R E S .

Figures

1. Carte de la région.
2. Schéma des bassins versants.
3. Pluviométrie moyenne dans le département de l'Isère.
4. Précipitations de 1946 à 1960.
5. Précipitations pendant l'année 1961-1962.
6. Isohyètes annuelles 1961.
7. Moyenne des précipitations mensuelles 1946-1960.
8. Graphique de variation des températures.
9. Moyennes mensuelles des températures.
10. Situation de la région dans les Alpes.
11. Carte hydrogéologique.
12. Variations de faciès du Trias.
13. Variations de faciès du Lias d'Ouest en Est.
14. Coupe des terrains quaternaires.
- 15.
16. Rôle de la tectonique dans les circulations.
17. Schéma du gisement houiller.
18. Points de jaugeage de la région des Mottes.
19. Points de jaugeage de la région Pierre Châtel - La Mure.
20. Points de jaugeage de la région Mayres - Saint Arcy.
21. Carte des Marais de La Mure.
22. Localisation des anciens captages de La Mure.
23. Captages et adduction du Rif-Bruyant.
24. Coupe schématique du ravin de la Nantette.
25. Coupe schématique du sous-sol de la Matheysin.
26. Alimentation des nappes aquifères des Marais.
27. Origine probable des sources des Marais de Nantes-en-Rattier.
28. Origine probable des sources du vallon de Rif-Bruyant.

Figures

29. Adduction d'eau de Prunières - Ponnassas - Cognac.
30. Adduction d'eau de la Motte d'Avoillans.
31. Adduction d'eau de la commune de Susville.
32. Conduits d'amenée d'eau de la Centrale.
33. Captages et adduction de Pierre-Châtel et Villard-
Saint-Christophe.
34. Origine probable de la source des Rioux.
35. Adduction d'eau de Mayres et Saint-Arey.
36. Coupe du versant ouest du Senepy.
37. (
38.) Origine des eaux thermales de La Motte-les-Bains.
39. Points de jaugeage des Chuzins - Villaret.
40. Points de jaugeage du quartier des Rioux.
41. Valeur des titres T.A. et T.A.C.
42. Exemple de diagramme semi-logarithmique.
43. Classification des eaux d'après leur composition chimique.
44. Analyses de juillet 1961.
45. Analyses de juillet 1961, Février 1961, septembre 1962.
46. Analyses d'avril 1962.
47. Analyses d'avril 1962 et septembre 1961.
48. Analyses de sources.
49. Analyses de sources.
50. Analyses de juillet 1961 (milliéquivalents/litre).
51. Analyses de juillet 1961, février 1962, septembre 1962
(mé/l).
52. Analyses d'avril 1962 (mé/l).
53. Analyses d'avril 1962, septembre 1961 (mé/l).
54. Analyses de sources (mé/l).
55. Analyses de sources (mé/l).
56. Valeur moyenne des paramètres des groupes naturels.
57. Diagramme du groupe 1.
58. Diagramme du groupe 2.
59. Diagramme du groupe 8.

Figures.

60. Diagramme du groupe 9.
61. Diagramme du groupe 29.
62. Diagramme du groupe 30.
63. Diagramme du groupe 31.
- 63 A. Températures de sources.
64. Quantités d'eau disponibles à la surface du sol.
65. Graphique de débit de la Joncho.
66. Graphique de débit de la Mouche.
67. Graphique de débit du Rif-Montey.
68. Graphique de débit du Rif Loula.
69. Graphique de débit du ruisseau des Chuzins.
70. Graphique de débit du ruisseau des Rioux.
71. Graphique de débit du ruisseau de Saint-Arcy.
72. Graphique de débit du ruisseau de Mayres.
73. Graphique de débit des anciennes eaux de La Mure.
74. Graphique de débit de la galerie de Prunières.
75. Graphique de débit de la galerie niveau 10.
76. Graphique de débit de la galerie de Combe Neveuse.
77. Schéma probable des infiltrations sur le flanc est du
Massif de Senepy.
78. Coupes suivant la galerie de Combe Neveuse.
79. Exemple de faille-écran : la faille du Villaret.
80. Schéma des infiltrations du ruisseau des Merlins.
81. Coupe et plan des terrils de la région de la Centrale.
82. Plan et coupe de la région du barrage de Monteynard.
83. Coupe suivant la galerie du Drac.
84. Stéréogramme orohydrographique du vallon des Mottes.

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

- BARBIER (R.) 1958-1959 - Cours d'Hydrogéologie, Grenoble.
(Non édité, Professé au Certificat de Géologie appliquée).
- BERDING (C.J.A.) 1951 - The control of intrushes of water into coal mines (Le contrôle des coupes d'eau dans les mines de houille). 3e Congrès de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Heerlen).
- BOGOMOLOV (G.V.) et SILIN-BEKTCHOURINE (A.I.) 1955 - Hydrogéologie spécialisée (Moscou). Traduction française : Annales du service d'informations géologiques du Bureau de Recherches géologiques, géophysiques et minières, Paris 1959.
- DELECOURT (J.) 1930 - La circulation des eaux souterraines dans les nappes captives. Le débit des puits artésiens. Les variations de pression et de composition chimique des eaux d'une même nappe. (Congrès international Mines métalliques et Géologie appliquée, Sixième session, Section Géologie.
- DELECOURT (J.) Le titre natronique.
(Bulletin de la Société géologique belge) :
Tome 50 (1941) p. 154-166 ;
Tome 51 (1942) p. 107-142 ;
Tome 52 (1943) p. 143-171.
- DEGREMONT 1958 - Memento technique de l'eau.
- DORGEVAL-DUBOUCHET (L.) 1849 - Guide du baigneur aux eaux thermales de La Motte-les-Bains (Paris, Baillière, libraire rue de l'Ecole de Médecine).
- FERENC (V.) Protection contre les venues d'eau des cavités karstiques et d'autres eaux souterraines. (Publications de l'Institut de Recherches de l'Industrie minière de Hongrie, numéro 2, p. 114-124, 5 figures. Traduction n° 772-62 du Service de Documentation technique du Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France.

- FLEKSER (N.J.) et SHIPENKO (O.P.) 1961 - Appareils pour le contrôle des écoulements souterrains par la méthode des traceurs radioactifs. (Filiale de Moscou de l'Institut Orgenergostroj. Traduction B.R.G.M. de Razvedka i okhrana nedr. Juin.
- FOURMARIER (P.) 1958 - Hydrogéologie. Introduction à l'étude des eaux destinées à l'alimentation humaine et à l'industrie (Masson, Paris.).
- F R E Y (R.) 1933 - Les analyses d'eau et leur interprétation géologique (Rabat).
- GIGNOUX (M.) et BARBIER (R.) 1955 - Géologie des barrages et des aménagements hydroélectriques (Masson, Paris.).
- GIGNOUX (M.) et MORET (L.) 1952 - Géologie dauphinoise, 2e édition, (Masson, Paris).
- GOGUEL (J.) 1952 - Traité de Tectonique. (Masson, Paris).
- GOGUEL (J.) 1959 - Application de la Géologie aux travaux de l'ingénieur (Masson, Paris).
- GUERRIER (R.) 1960 - Incidence des venues d'eau sur l'exploitation houillère. (Communication aux sixièmes journées de l'Hydraulique souterraine, Mars).
- HAUDOUR (J.) et SARROT-REYNAULD (J.) 1960 - Phénomènes de dissolution du Trias dans le Sud du Dôme de La Mure. Société géologique de France, novembre).
- H O U R S (R.) 1955 - L'emploi des traceurs radioactifs en Hydrologie (Revue la Houille Blanche, Grenoble, mai-juin).
- K L I R (S.) 1959 - Sondages de reconnaissance lors du creusement de galeries en terrain crevassé contenant des poches d'eau (Rudy, mars).
- LINSEL (E.) 1941 - Neue Gesichtspunkte und Verfahren zur Bekämpfung von Geringhaltung von Wasserflüssen im Rheinisch-Westphalischen steinkohlenbergbau. (Nouveaux points de vue et nouveaux procédés pour combattre les coups d'eau et maintenir faibles les venues d'eau dans l'industrie houillère rhénano-westphalienne). (Archiv. für Bergbauliche Forschung. Avril).

- MARLIÈRE (R.) Terrils en marche. (Publications de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Monod)
- MARTIN (M.) 1958 - Relations entre la résistivité des eaux et leur composition chimique. (Revue I.F.P., vol. XIII, n° 11, p. 1499-1537, 9 pl., 3 fig., 1 tabl.)
- MICHEL (R.) 1961 - Aperçu d'ensemble sur la structure géologique du département de l'Isère dans ses rapports avec l'Hydrologie souterraine. (Extrait de la Revue de Géographie Alpine, tome XLIX, fasc. 1).
- MICHEL (R.) 1960 - Contribution à l'étude de la température des sources dans le département de l'Isère. (T.L.G.G., t. 36, p. 115-131).
- MONOMAKHOFF (C.) 1960 - Les venues d'eau dans les terrains houillers en France, leur influence sur le déplacement et la répartition des gaz dans les couches de charbon. (Sixièmes journées de l'Hydraulique, Nancy).
- M O R E T (L.) 1962 - Précis de Géologie (Masson, Paris).
- M O R E T (L.) 1945 - Les éboulements de terrain en montagne (Grenoble).
- M O R E T (L.) 1946 - Les sources thermominérales (Paris).
- M O R E T (L.), HAUDOUR (J.) SARROT-REYNAULD (J.) 1962 - Contribution à la recherche de l'origine des dépôts de surface dans la région du Dôme de La Mure (Isère). (Revue de l'Industrie minière, vol. 44, n° 9, septembre).
- MUCHEMBLE (G.) 1952 - Observation sur les eaux souterraines radioactives du Nord de la France, et la radioactivité des roches encaissantes. (Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie, t. XXIII).
- PFEFER (D.) 1959 - Etude du chimisme de la nappe aquifère des terrains crétacés sous recouvrement tertiaire ou alluvionnaire, dans la bordure septentrionale du Bassin de Paris. (D.E.S., Lille).
- PLOTNIKOV (N.A.) 1962 - Ressources en eaux souterraines : classification et méthodes d'évaluation. (Gauthier-Villars et Cie, Paris).

- T O L A K (E.J.) 1953 - Problem of working under water bearing deposits. (Le problème de l'exploitation sous-marine des couches aquifères). (Iron and Coal Trades Review, Janvier).
- REMENTIER (G.) 1960 - L'Hydrologie de l'Ingénieur (Editions Eyrolles).
- RODIER (J.) 1960 - L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau. (Dunod, Paris).
- SARROT-REYNAULD (J.) 1961 - Etude géologique du Dôme de La Mure (Isère) et des régions annexes. Thèse, Grenoble (Mémoires n° 2 des T.L.G.G.).
- SARROT-REYNAULD (J.) et HAUDOUR (J.) 1958 - Le Gisement houiller de La Mure (Houillères du Bassin du Dauphiné).
- S A U L (H.) 1959 - Water problems in the Coalfields of Great Britain. (Colliery Guardian).
- SCHOELLER (H.) 1955 - Hydrogéologie. (II volumes, I.F.P.).
- SCHOELLER (H.) 1961 - Les eaux souterraines. (Masson, Paris).
- SCHNEEGANS (D.) 1935 - Le problème de la réduction des sulfates par les Bactéries en présence d'hydrocarbures ou des matières carbonneuses et l'origine des dépôts de soufre de la France méridionale (Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée, VI^e session, Paris. Section de Géologie appliquée, t. I).
- SEITLER (W.) 1961 - Umreines Grundwasser und Grundwasserentzug als vorübergehender Bergschaden. (Eau souterraine impure et assèchement de la nappe souterraine, comme conséquence passagère de dégâts miniers). Bergbauwissenschaften, décembre, p. 565-568, 3 fig.)
- SKARDA (K.) 1956 - Navrh na umoznèni bezpekné exploatace uhelných zásob pod detritem. (Possibilités d'exploitation sans danger de réserves de charbon situées sous les terrains détritiques. Uhli, août).
- VANDENETRACHE (A.) 1960 - Obstacles à la circulation des eaux dans les terrains calcaires : notion de limite d'un réseau karstique. (Annales de la Société géologique du Nord, t. LXXX).

- VANDENBERGHE (A.) 1961 - Etude hydrogéologique de la région de Gardanne et du bassin crétacé d'Aix-en-Provence. (Annales de la Société géologique du Nord, t. LXXXI, Juin).
- V I D A L (V.) 1961 - Exploitation des Mines. (Dunod, Paris).
- WATERLOT (G.) 1950 - L'évolution du chimisme des eaux du calcaire carbonifère de Lille - Roubaix - Tourcoing et régions limitrophes. (Annales de la Société Géologique du Nord, t. LXX, p. 79).
- WATERLOT (M.) 1960 - Matériaux pour l'étude des eaux du terrain houiller du Nord de la France. (D.E.S. Université de Lille, juin).

BIBLIOTHEQUE
GRENOBLE
UNIVERSITAIRE

