

HG.73.0455

Partie 1/2

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

SERVICE DU GENIE RURAL

CIRCONSCRIPTION DE CHAMBERY

**Syndicat intercommunal  
d'assainissement et d'urbanisme  
de la region de CHAMBERY**

**ETUDE DE LA NAPPE**

**DE**

**CHAMBERY**

HG. 73.0455

ETUDE DE LA NAPPE

---

DE CHAMBERY

---

Première Partie

-----

Pages n° 1 à 38

---

COMPAGNIE DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE FRANÇAISE

V - Eau souterraine disponible

- A - Pluviométrie
- B - Calcul de Q (excédent d'eau)
- C - Estimation de l'infiltration
- D - Bilan des eaux

VI - Conclusion et recommandation

A N N E X E S

- Annexe I - Documentation
- Annexe II - Répertoire des puits relevés
- Annexe III - Prospection électrique
- Annexe IV - Calcul de l'écoulement par la méthode de Thorntwaite

-----

P L A N C H E S

- GR. 275 - 01 - Plan de situation  
GR. 275 - 02 - Carte des bassins versants  
GR. 275 - 03 - Carte des courbes isopièzes  
GR. 275 - 04 - Carte des courbes d'égal degré hydrotimétrique  
GR. 275 - 05 {<sup>a</sup>  
                  {<sup>b</sup> Coupes d'interprétation géophysique  
dans le texte : 23 figures



T A B L E   D E S   M A T I E R E S

I - Introduction ..... Page 1

- Historique et but des travaux
- Consistance des travaux

II - Cadre géographique ..... Page 2

- 1°) Limites des bassins versants ..... Page 2
  - A) Le bassin versant amont
  - B) Le bassin versant aval
- 2°) Détermination de la superficie des bassins pluviométriques par la méthode de Thiessen . Page 3

III - Cadre géologique ..... Page 4

IV - Caractères de la nappe souterraine ..... Page 6

- A - Topographie de la nappe - Surface piézométrique ..... Page 6
  - a) Les directions de l'écoulement souterrain et les limites des bassins versants ..... Page 7
  - b) La profondeur de la surface piézométrique et le profil de dépression ..... Page 7
  - c) Le gradient hydraulique ..... Page 8

B - Caractères chimiques de la nappe .....	Page	9
1°) Analyses chimiques complètes .....	Page	9
2°) Détermination du degré hydrotimétrique ..	Page	11
C - Caractères bactériologiques de la nappe .....	Page	14
D - Caractères physiques de la nappe .....	Page	15
1°) Prospection géophysique .....	Page	15
2°) Sondages mécaniques .....	Page	18
3°) Essais hydrauliques .....	Page	22
A) Les essais d'absorption .....	Page	22
B) Les essais de pompage .....	Page	23
1°) Régime d'équilibre .....	Page	25
2°) Régime de non équilibre .....	Page	30
V - <u>Eau souterraine disponible</u> .....	Page	33
A - Pluviométrie .....	Page	34
B - Calcul de Q (excédent d'eau) par la méthode de Thornwaite .....	Page	37
C - Estimation de l'infiltration .....	Page	39
D - Bilan des eaux .....	Page	46
1°) Bilan global de l'eau souterraine du bassin .	Page	46
2°) Bilan d'ensemble .....	Page	48
VI - Conclusion et recommandations .....	Page	49

*2<sup>e</sup> partie*

ANNEXES

Annexe I	- Documentation .....	Page	52
Annexe II	- Répertoire des puits relevés ..	Page	54
Annexe III	- Prospection électrique .....	Page	65
Annexe IV	- Calcul de l'écoulement par la méthode de Thornwaite .....	Page	74

~~-----~~

.../...

## I - INTRODUCTION

A la demande du Syndicat d'Assainissement et d'Urbanisme de la Région de CHAMBERY, la Compagnie de Prospection de Géophysique Française a entrepris sous l'égide du Service du Génie Rural, Circonscription de CHAMBERY, l'étude de la nappe de CHAMBERY.

Cette étude effectuée de Juin à Décembre 1964 a été conduite par Mr LUNSKI, ingénieur géologue E.N.S.G., assisté par Mr ATLAN opérateur géophysicien. La supervision a été assurée par Mr BOLELLI, Directeur Général Adjoint et Mr LAKSHMANAN, Directeur de la Division Nord-Est. Nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés dans cette étude et plus particulièrement Mr le Professeur GIDON et les chefs des Organismes tant publics que privés qui ont mis à notre disposition les renseignements qu'ils détenaient.

### HISTORIQUE ET BUT DES TRAVAUX

L'alimentation en eau de CHAMBERY a d'abord été assurée par les eaux de source. Le début du siècle a vu la mise en exploitation des eaux souterraines à Barberaz et à Pasteur (1925), non sans que le pompage des eaux du lac du Bourget ou du lac d'Aiguebelette ait été envisagé. Puis, le puits Joppet n° 1 a été mis en service en 1951 et le puits n° 2 en 1958.

Néanmoins, devant la croissance de la population de l'agglomération chambérienne, l'industrialisation de la région et les débits actuels des puits qui s'avèrent déjà insuffisants, il a fallu envisager la prospection de ressources nouvelles souterraines en eau. C'est dans ce but que nous avons entrepris l'étude de la nappe de Chambéry.

### CONSISTANCE DES TRAVAUX

Pour déterminer au mieux, compte tenu des crédits du Syndicat, la quantité d'eau souterraine disponible dans le bassin de la Leysse, cette étude poursuivie sur une période de sept mois a nécessité :

.../...



- le dépouillement de nombreux documents concernant la climatologie, les puits actuels et les études antérieures (c.f. Annexe I - Documentation)
- le relevé de près de trois cents puits et points d'eau en vue de l'établissement de la carte piézométrique et de la carte chimique (c.f. Annexe II - Répertoire des puits)
- l'implantation de cent vingt sondages électriques, de six sondages de reconnaissance (six pouces), de deux forages d'essai (500 mm) avec piézomètres. (c.f. le plan de situation G.R. 275.01)

## II - CADRE GEOGRAPHIQUE

C'est celui des bassins versants de la Leyse et de ses affluents.

### 1°) Limites des bassins versants

(c.f. la carte des bassins versants GR.275.02)

Le bassin de la Leyse est divisé topographiquement en deux parties par la Cluse de Chambéry. Considérons alors les limites du bassin versant amont et du bassin versant aval.

#### A/ Le bassin versant amont

En se dirigeant vers le Nord de Chambéry et dans le sens dextrogyre, sa limite passe par les Monts, le Roc Peney, le Malpassant, le Pas de Rebellion, la gare du Revard, le Roc des Trois Croix, le col de Plainpalais où la Leyse prend sa source, le Mont Margerie, le Mont de la Croix, la Pointe des Torchets, le Col des Prés où la Reysse prend sa source, le Mont de la Buffe, la Pointe de la Galoppe, le col du Lindar, le col de Maroca, la roche du Guet, le sommet de Montgelas, le mont Levin, Saint-Jeoire-Prieuré, le Château des Favres, le Marais du Chêne, la Cha, le col du Granier, le Mont-Joigny, la Pointe de la Gorgeat, Montagnole, les Charmettes.

Ce bassin est drainé principalement par la partie amont de la Leyse, l'Albanne, le Nant de Petchi.

.../...

B/ Le bassin versant aval

En partant de Chambéry vers le Sud et dans le sens dextrogyre, la limite est commune à celle du bassin amont jusqu'à la pointe de la Gorgeat. Elle passe ensuite par le col du Molard, la crête du Mont Outheran, le col des Egaux, le Mont Beauvoir, le Mont Grolle, la Pointe de Gratte Cul, le col Saint-Michel, le col de l'Epine. Elle quitte ensuite la crête du Mont du Chat pour passer par les Granges, le Noiray, la Plaisse où la partie aval de la Leysse reçoit le ruisseau des Combes et celui du Varon. A l'Est de la vallée, le bassin versant aval est limité par la crête qui va de Voglans à Chambéry par Autigny, Moraz, le Molard.

Le bassin amont et le bassin aval sont séparés ici par le bassin du Tillet qui, à première vue, ne semble pas participer à l'alimentation du bassin de la Leysse.

Le bassin aval est drainé par la partie aval de la Leysse, l'Hyères, le Chantabord, le Nant Bruyant.

2°) Détermination de la superficie des bassins pluviométriques par la méthode de THIESSEN

Les stations pluviométriques suivantes ont été reportées sur la carte :  
les Déserts, Aillon le Jeune, Chambéry, Challes, Saint-Thibaud de Couz, la Motte-Servolex, Aix, Yenne, Saint-Alban de Montbel, Aiguebelette. Les médiatrices des segments reliant ces stations déterminent des polygones affectés de la hauteur de précipitation de la station pluviométrique centrale. Les superficies des polygones ainsi déterminés sont les suivantes :

- Bassin amont :

Fraction dépendant des Déserts	: 59,1 Km <sup>2</sup>
Aillon	: 15,6 Km <sup>2</sup>
Chambéry	: 18,4 Km <sup>2</sup>
Challes	: 66,1 Km <sup>2</sup>
St Thibaud	: <u>6,7 Km<sup>2</sup></u>
	<u>165,9 Km<sup>2</sup></u>

.../...

- Bassin aval (arrêté au Tremblay)

Fraction dépendant de St Thibaud	:	53,8 km <sup>2</sup>
La Motte	:	40,2 km <sup>2</sup>
Chambéry	:	30,9 km <sup>2</sup>
		-----
		124,9 km <sup>2</sup>
		=====

(le Tillet arrêté à Drumettaz : 23,8 km<sup>2</sup>)

En résumé

Bassin amont	:	166 km <sup>2</sup>
Bassin aval (Pont du Tremblay)	:	125 km <sup>2</sup>
Bassin du Tillet (pour mémoire) jusqu'à Drumettaz	:	24 km <sup>2</sup>

III - CADRE GEOLOGIQUE

Les notions géologiques ont été empruntées aux travaux suivants de Mr le Professeur GIDON :

- a) "La géologie chambérienne" (Annales du Centre d'Enseignement Supérieur de Chambéry)
- b) La carte géologique au 1/50 000
- c) La carte géologique au 1/80 000

La dépression chambérienne est constituée par deux vallées sensiblement parallèles et de direction Sud-Nord, séparées par la cluse de Chambéry. La vallée Sud est constituée par les bassins de l'Albanne et de la Leysse amont, la vallée Nord par le bassin de la Leysse aval alimenté par celui de l'Hyères. La vallée Sud est bordée à l'Ouest par les chaînons subalpins de la Chartreuse, à l'Est par le versant Sud-Ouest des Bauges. La vallée Nord est bordée à l'Ouest par le mont du Chat et la montagne de l'Épine qui limite également le bassin de l'Hyère. Ce dernier est bordé à l'Est par les chaînons jurassiques de la Chartreuse tandis que le bassin aval de la Leysse est séparé à l'Est de la chaîne du Nivolet par la dépression de la vallée du Tillet et la butte de Chambéry le Vieux à Voglans.

Il en résulte que tectoniquement, les terrains des bassins de la Leysse aval et celui de l'Hyères appartiennent à des formations jurassiennes tandis que ceux du bassin de la Leysse amont - Albane appartiennent, eux, à des formations alpines. La faille subalpine qui sépare ces deux styles tectoniques est marquée par la falaise tithonique à l'Est de la dépression au Nord de Chambéry. Elle est déjetée vers l'Ouest à la hauteur de St Saturnin à la rencontre de la faille St Saturnin-Col de Doris. La faille subalpine se continue au Sud par la gare de Chambéry, le Biollay et le versant oriental du Mont Outheran.

En fait, bien que les styles tectoniques soient différents : les monts jurassiens sont à tendance anticlinale alors que les sommets des massifs subalpins ont plutôt une allure de synclinaux perchés, les diverses formations diffèrent peu au point de vue pétrographique. Du jurassique au tertiaire, les terrains représentés dans la région sont soit calcaires, soit marneux, avec cependant des épaisseurs très supérieures pour les formations subalpines.

On a donc affaire soit à des terrains imperméables avec les marnes dans lesquelles les eaux ruissellent sans infiltration et des terrains perméables en grand avec les calcaires. Ces derniers seront d'autant plus perméables qu'ils seront proches des zones faillées, et par conséquent fracturés. Ces zones calcaires fracturées seront aussi plus intéressantes vers la zone subalpine car leur puissance y est plus importante.

Au début du tertiaire, on rencontre encore des calcaires et des marnes, mais aussi des sables et des grès, l'oligocène marquée par l'émergence des Alpes voit le dépôt de grès et de marnes, suivi au miocène par celui de la molasse, peu perméable d'ailleurs.

Le quaternaire est marqué par les glaciations du Riss et du Würm. Entre ces deux glaciations se sont déposées successivement des alluvions lacustres, palustres et fluviatiles. Les carrières de galets de Chambéry-le-Vieux sont constituées par ces dépôts fluviatiles qui sont recouverts par l'argile bleue et jaune de la moraine de fond würmienne. Ces terrains sont perméables en petit.

Les alluvions post-glaciaires constituent le bassin actuel de l'Albarneet de la Leysse. Ils sont formés par de larges et minces lentilles argileuses alternant avec des niveaux de graviers et de sables. Ce sont ces derniers niveaux qui constituent le réservoir principal des eaux souterraines. L'établissement de la carte piézométrique, de la carte chimique, la prospection géophysique et les sondages ont eu pour but l'étude de ce réservoir.

On remarquera que le tiers environ du bassin est constitué de terrains perméables (alluvions et calcaires) et que les deux tiers restants sont constitués de terrains imperméables (argiles, marnes, molasse). Cela explique en partie le régime torrentiel de la Leysse dont les eaux ne peuvent s'infiltrer qu'en arrivant à St Alban dans la plaine à l'amont de Chambéry.

#### IV - CARACTERES DE LA NAPPE SOUTERRAINE

##### A - TOPOGRAPHIE DE LA NAPPE - SURFACE PIEZOMETRIQUE

Les puits examinés sont situés dans la plaine et sur les buttes avoisinantes entre les Marches et le lac du Bourget. Près de trois cents points d'eau ont été relevés (c.f. Annexe II Répertoire des puits). La côte N.G.F. des niveaux d'eau a été reportée sur la carte GR.245.03 et les courbes isopièzes relient les points d'égal niveau piézométrique par rapport à la cote zéro N.G.F.

#### RESULTATS

1°) Cette carte donne des indications sur :

- les directions de l'écoulement souterrain et les limites des bassins versants,
- La profondeur de la surface piézométrique et le profil de dépression,
- Le gradient hydraulique  $i$ .

.../...

FIG. 1

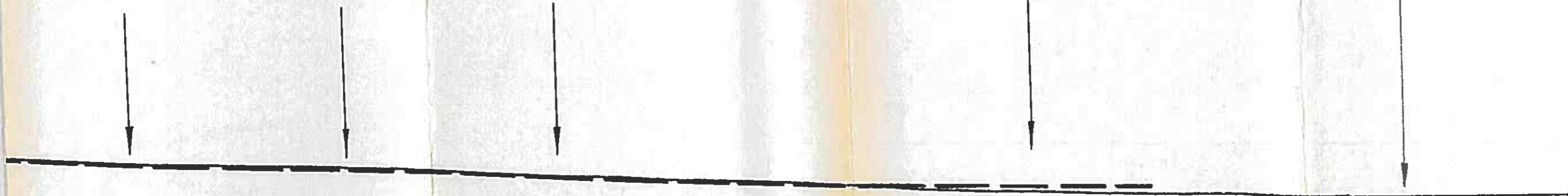
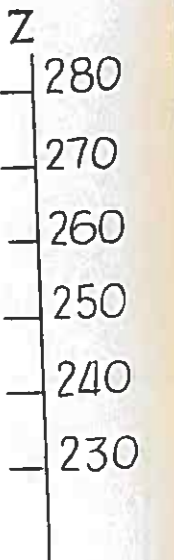
SION ( PLAIN E A L'AVAL DE CHAMBERY )

( ETIAGE 1964 )

SAUNAS la Leysse RN. 491.514 VILLARCHER

BASE AERIENNE

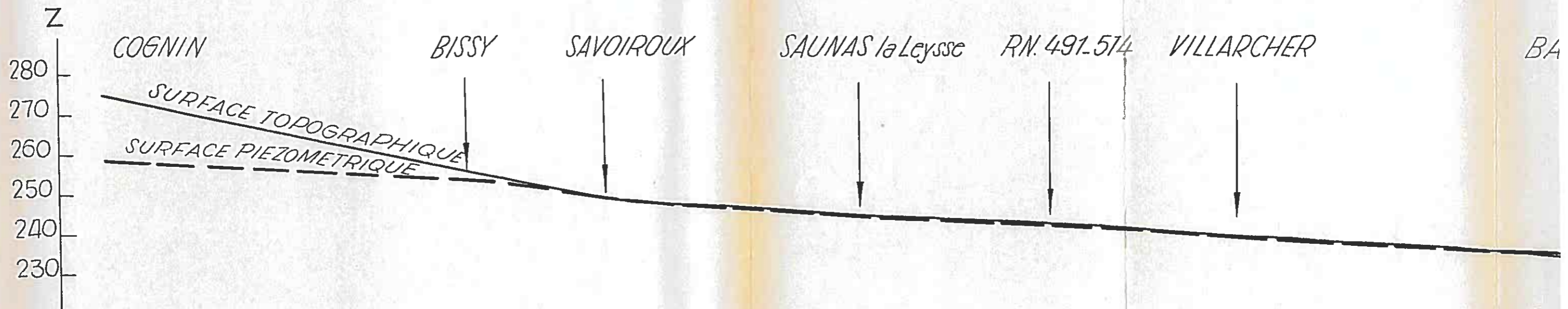
LAC DU BOURGET



ECHELLE V. 1/1000  
H. 1/20.000

# PROFIL DE DEPRESSION ( PLAINE A L'AVAL DE CI

(ETIAGE 1964)



ECHELLE V. 1/1000  
H. 1/20.000

a) Les directions de l'écoulement souterrain et les limites des bassins versants

Elles sont normales aux courbes isopièzes. On voit ainsi qu'à l'étiage, les cours d'eau drainent la nappe. Toutefois, à l'aval de Chambéry, la Leysse semble indépendante de la nappe, tout au moins dans la région de Bissy la Motte Servolex où le Chantabord draine la nappe (étude de la SERC - BRGM) et au-delà de Villarcher où la Leysse est déjetée à l'Ouest de l'axe des courbes isopièzes.

Les courbes en bordure de la plaine montrent également l'importance de l'alimentation latérale et permettent de préciser certaines limites comme :

- La limite amont du bassin chambérien à la hauteur du seuil de Saint-Jeoire-Prieuré ;
- La ligne de partage des eaux de la butte Voglans - la Croix-Rouge, dont l'alimentation en eau semble assurée par l'avancée de la falaise du terrain militaire.

b) La profondeur de la surface piézométrique et le profil de dépression

A l'aval de Chambéry, la surface piézométrique est proche de la surface topographique (étiage 1964) entre Bissy et Villarcher. A l'amont, vers Cognin, la surface topographique surplombe la surface piézométrique d'une quinzaine de mètres, tandis qu'à l'aval de Villarcher, c'est la dernière qui surmonte la première d'une hauteur de l'ordre du mètre, tout sondage dans cette région est artésien (c.f. la figure 1).

.../...



c) Le gradient hydraulique

Il est calculé sur une ligne de plus grande pente reliant deux points de la surface piézométrique, de cotes  $Z_1$  et  $Z_2$ , distants de  $D$  par la relation :

$$i = \frac{Z_1 - Z_2}{D}$$

Si le débit souterrain  $q'$  passe par une section rectangulaire  $s$  (de largeur  $l$  et de hauteur  $h$ ) avec la "vitesse"  $v$ , on a :

$$q' = s \cdot v = l \cdot h \cdot k \cdot i$$

$k$  étant la perméabilité Darcy définie par  $v = k \cdot i$

D'où :

$$i = \frac{q'}{l \cdot h \cdot k}$$

et les variations de  $i$  pourront donner des indications sur les variations de  $l \cdot h \cdot k$ , si on suppose le débit constant.

On obtient :

1) Bassin amont (la Madeleine - Chambéry)	$i = 4 \text{ ‰}$
2) Chambéry	$i = 10 \text{ ‰}$
3) Chambéry - Bissy	$i = 2 \text{ ‰}$
4) Bissy - les Champagnes (usine Cabaud)	$i = 8 \text{ ‰}$
5) Les Champagnes - Villarcher	$i = 3 \text{ ‰}$
6) Villarcher - la Base Aérienne	$i = 2 \text{ ‰}$

Le gradient le plus fréquent est de l'ordre de 3 ‰. Les zones (2) et (4) se distinguent par un gradient trois fois plus élevé.

Le fort gradient de la zone (2) peut s'appliquer par la diminution de la largeur de la vallée et peut-être par la remontée du substratum (anticlinal Jacob-Lemenc), c'est à dire par une diminution de  $h$ .

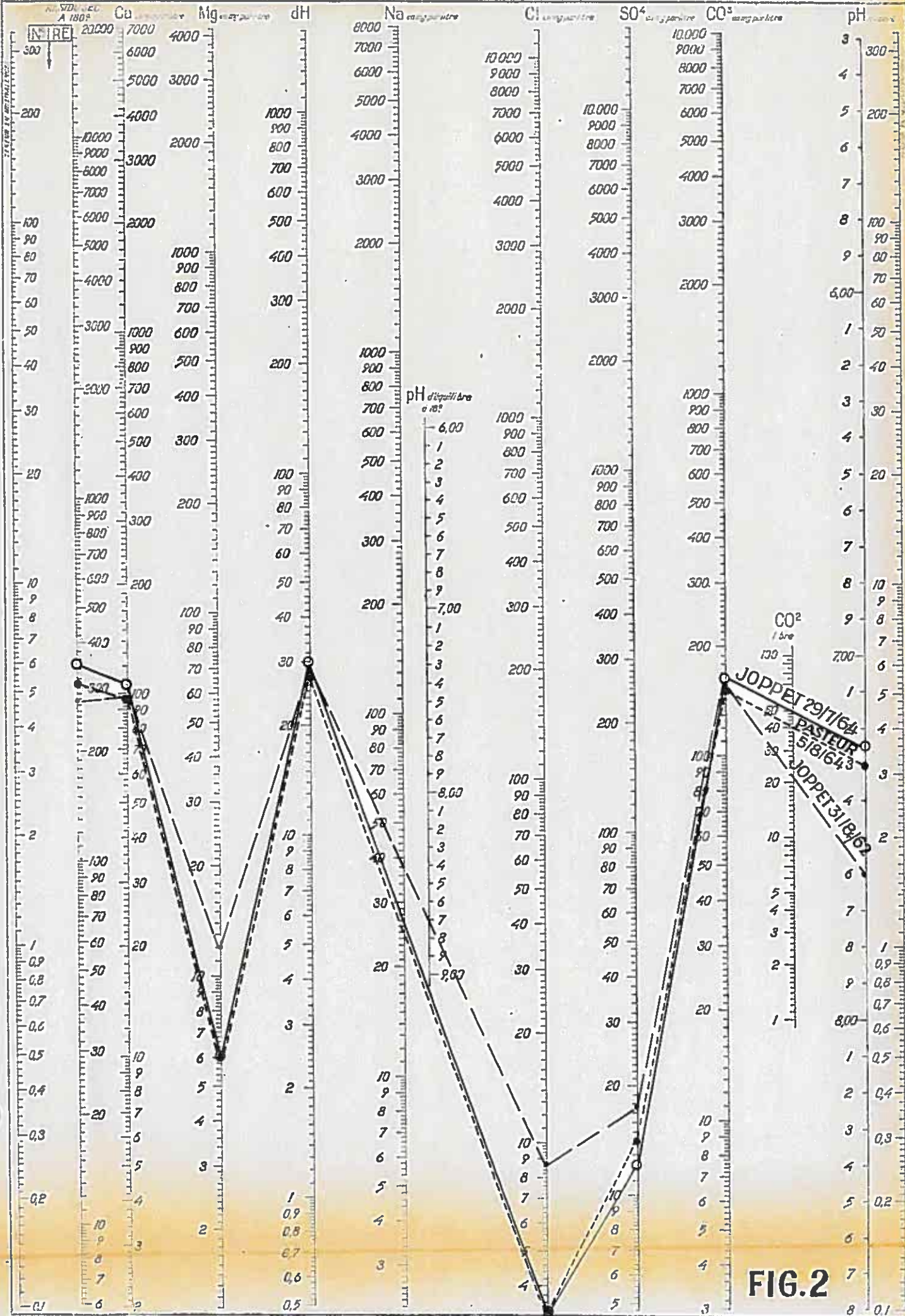


FIG. 2

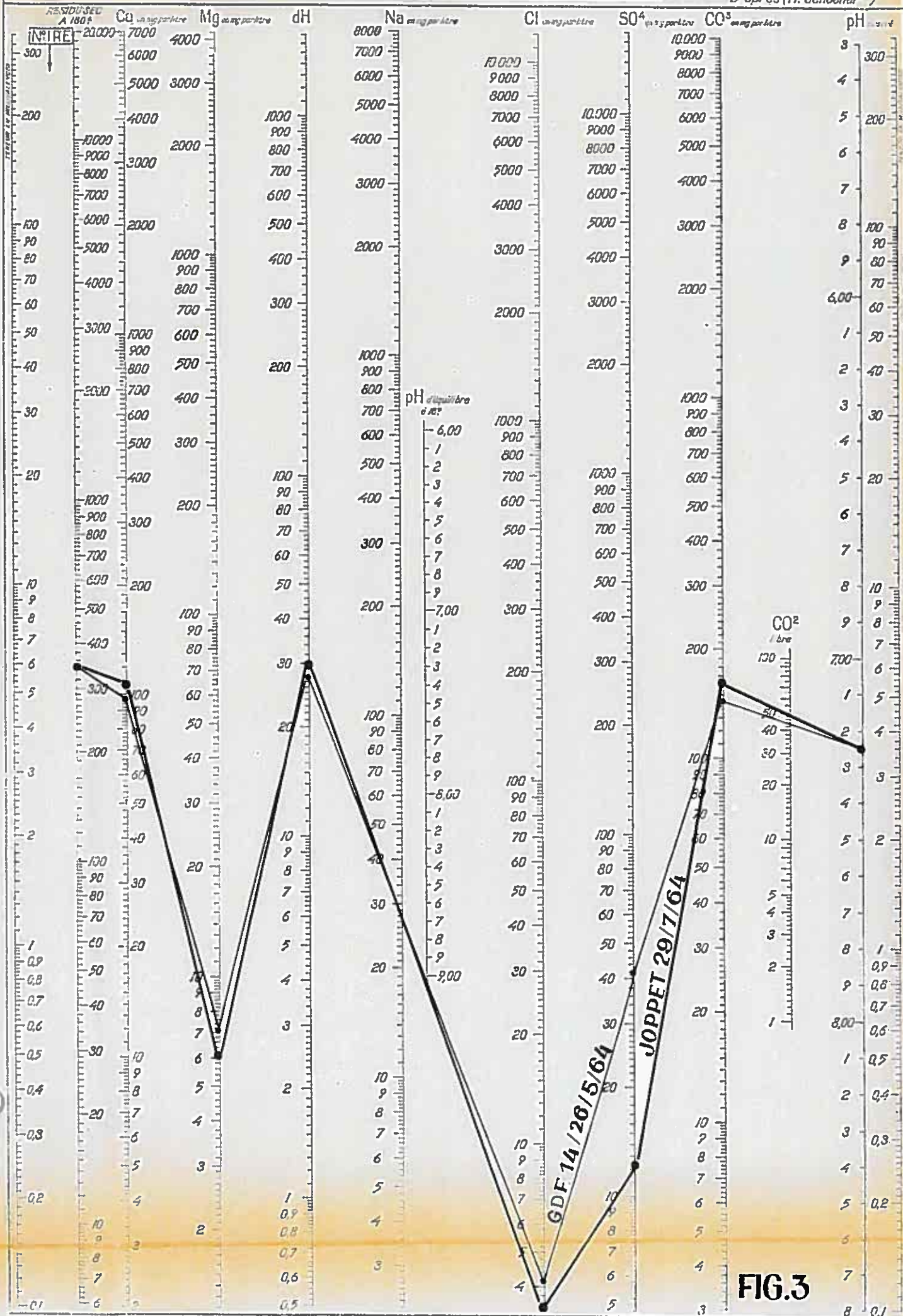


FIG.3

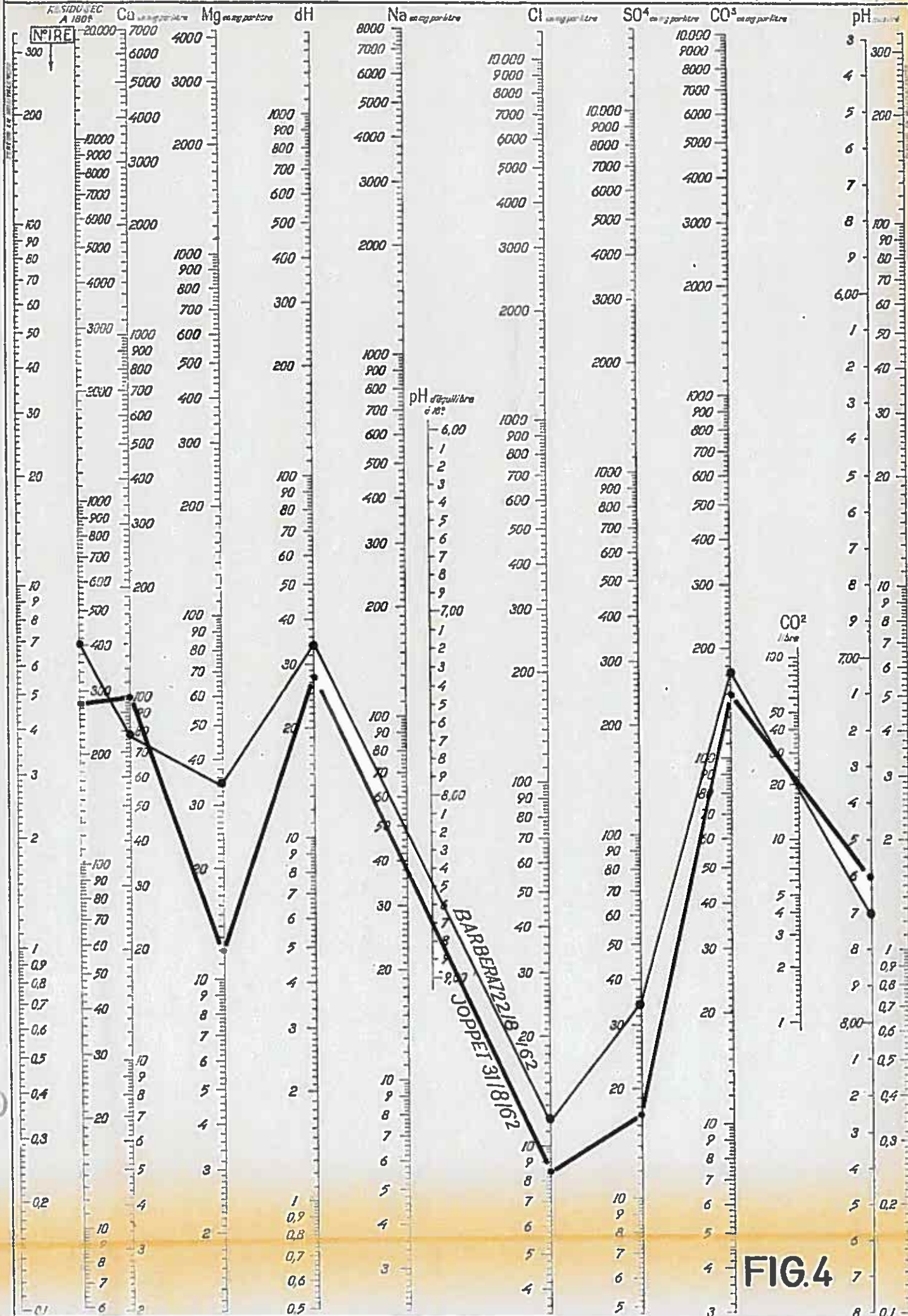


FIG.4

Le fort gradient de la zone (4) peut lui aussi s'expliquer par une diminution de h, soit parce que les molasses de Chamoux ne sont pas loin et pourraient former une barrière souterraine, soit parce que la nappe souterraine superficielle voit diminuer sa puissance.

B - CARACTERES CHIMIQUES DE LA NAPPE

Ils sont déterminés ici :

- par les analyses chimiques complètes effectuées par exemple pour les industries ou les collectivités

- par une analyse partielle telle que la détermination du degré hydrotimétrique

1°) Analyses chimiques complètes

Elles sont effectuées généralement pour le contrôle de la potabilité chimique des eaux mais elles permettent également la comparaison des eaux entre elles. On utilise à cet effet la représentation logarithmique de Schoeller-Berkaloff. Les teneurs en millivalences des différents ions sont portées en ordonnée sur des échelles logarithmiques. L'analyse chimique d'une eau est donc représentée par un diagramme ayant l'aspect d'une ligne brisée dont les sommets indiquent la teneur des différents ions. Des eaux de même origine ont des diagrammes parallèles, ces eaux présentant les mêmes rapports entre les divers éléments même si leur concentration diffère.

L'examen d'une quarantaine d'analyses des eaux conduit à les classer en 3 catégories.

- a) Catégorie du diagramme n° 1 (figure 2)

Les eaux de ce type sont analogues à celles rencontrées dans les puits Pasteur et Joppet. Le diagramme n° 1 montre l'identité chimique de ces eaux lors d'une analyse de l'été 1964.

On remarquera toutefois qu'il est important de comparer des analyses synchrones. En effet, une analyse effectuée l'été 1962 montre une teneur double en Mg, triple en Cl.

A ce type appartiennent les eaux de la rive droite du bassin amont : St Jean d'Arvey, St Alban Leysse, puits de S.L.I.M., la généralité des eaux du bassin aval : puits de la station d'épuration de Chambéry, puits Cabaud, puits de la S.V.T., puits de la plaine de Bissy - la Motte Servolex et même les eaux du lac de Bourget.

- b) Catégorie du diagramme n° 2 (figure 3)

Ces eaux se distinguent des premières par une teneur plus grande en SO<sub>4</sub> principalement. C'est le cas des eaux des puits G.D.F., CEGEDUR. Le diagramme n° 2 indique la parfaite identité des concentrations des divers éléments des eaux de Joppet et du Gaz de France, à l'exception de la concentration de SO<sub>4</sub> qui est quadruple pour G.D.F.

- c) Catégorie du diagramme n° 3 (figure 4)

Ce sont les eaux de la rive gauche du bassin amont (puits de Barberaz, sources à Apremont et Jacob Belle Combette) marquées par des teneurs plus élevées en SO<sub>4</sub> et Mg principalement.

La qualité des eaux de la région est donc assez homogène, ce qui n'est guère étonnant en raison de l'homogénéité lithologique des terrains.

Les anomalies proviennent de l'extrémité septentrionale de la Chartreuse avec des teneurs plus élevées en sels de magnésium, dont l'origine est peut-être dolomitique,

- de puits situés dans la plaine au pied de la Cassine et dont les eaux présentent une plus grande teneur en sulfates due peut-être à la proximité hypothétique d'un substratum salifère.

.../...

Néanmoins, ces influences sont faibles puisque les eaux des puits de l'aval sont analogues à celles des puits Pasteur et Joppet.

Notons pour terminer que les analyses ont mis en évidence du fer mais en proportions très variables.

2°) Détermination du degré hydrotimétrique

Le but de cette détermination est d'évaluer la dureté de l'eau, c'est à dire la quantité approximative de sels de calcium et de magnésium qu'elle renferme.

La dureté est évaluée en degrés hydrotimétriques (TH). Le degré hydrotimétrique français équivaut à la présence, dans un litre d'eau, de la quantité de calcium ou de magnésium nécessaire pour décomposer un décigramme d'oléate alcalin. Le degré hydrotimétrique d'une eau potable est inférieur à 30.

Calculée en sels, cette quantité représente environ :

- chlorure de calcium .....	11,4 mg	1 litre
- carbonate de " .....	10,3 mg	"
- sulfate de " .....	14 mg	"
- chlorure de magnésium .....	11,4 mg	"
- carbonate de " .....	8,8 mg	"
- sulfate de " .....	12,5 mg	"

Le dosage se fait pratiquement à l'aide de deux méthodes :

- la méthode au savon (méthode de terrain rapide, précision 1°)
- la méthode au complexon (méthode de laboratoire, précision 0,1°)

Ces deux méthodes ont été utilisées ici, les mesures au complexon étant réalisées par le laboratoire municipal de Chambéry.

L'intérêt de cette mesure est la mise en évidence des axes hydrauliques, en effet :

- Les zones de bas degré hydrotimétrique peuvent correspondre :
  - . Soit à des zones de grande vitesse de circulation
  - . Soit à des zones d'apport d'eau douce
- Les zones de haut degré hydrotimétrique peuvent correspondre :
  - . Soit à des zones de stagnation
  - . Soit à des zones d'apport d'eau salée.

En considérant la carte des courbes d'égal degré hydrotimétrique GR.275.4 on rencontre des :

ZONES DE HAUT DEGRE : supérieur à 40

- 1°) les points hauts : seuil de St Jeoire, le Haut Molard, butte de Voglans.
- 2°) Les zones de stagnation ou d'apport salé :
  - a) La vallée de l'Hyère qui semble ne rien drainer en période sèche. C'est d'ailleurs la seule zone du bassin chambérien où les puits ont des profondeurs de l'ordre de 25 mètres, alors que par ailleurs, ils ont moins de 10 mètres de profondeur en moyenne ;
  - b) Une zone de très haut degré le long de la D10, vers la Cassine et vers la Racine. On peut l'expliquer soit par un mauvais drainage, soit par la possibilité de l'existence de couches salées. Cette dernière hypothèse étant appuyée par la plus haute teneur en sulfate des puits de la plaine à la hauteur de la Cassine.

.../...



ZONES DE BAS DEGRE : inférieur à 30

- 1°) La plaine entre le Haut-Molard et le lac, mais chose curieuse, cette bande de degré inférieur à 30 s'infléchit vers l'Ouest à l'aval de Chambéry, à la hauteur de Bissy. On peut l'expliquer, soit par un apport salé oriental (axe C de la planche GR.275.04), soit par une zone de perméabilité moindre mais dans ce secteur, les puits de l'usine Cabaud et du 504 ont donné d'excellents résultats.
  
- 2°) Une zone entre Servolex et Villarcher de très bas degré inférieur à 20. L'axe de cette zone (axe A de la carte GR.275.03) est dans le prolongement de la crête de l'Epine, le Mont Grelle et la pointe de Gratte Cul, col St Michel, c'est à dire dans celui de la faille F1 marquant le changement de direction de l'arête de l'Epine. On doit imaginer une circulation préférentielle par cette zone faillée pour expliquer l'allure des courbes d'égal degré. En effet, tout se passe comme si la couverture était la plus faible vers Villarcher et par là le trajet ascendant de cette eau le plus court. Vers le Sud-Ouest, le degré augmente car la couverture augmente et vers le Nord-Est le degré augmente parce que le substratum s'abaisse. Cet axe fluvial ainsi mis en évidence est malheureusement situé dans une zone constituée exclusivement de sable très fin (forage 1105), donc peu perméable. D'ailleurs, si les venues étaient très importantes, le gradient des lignes isopiézométriques serait également plus important, ce qui n'a pas été mis en évidence. On pourrait envisager un apport souterrain par le lac, mais on devrait alors constater une inversion des lignes isopiézométriques au voisinage du lac. Or, il n'en est rien.

- 3°) Une zone de degré inférieur à 30 correspondant aux venues du terrain militaire et de St-Saturnin déjà mises en évidence par la carte isopiézométrique. L'axe de cette zone débouche dans la vallée à la hauteur du forage 504. Cette axe (axe B de la carte GR.275-03) correspond à la faille F2 provenant du col de la Doria.
- 4°) Une zone de degré inférieur à 30 correspondant au drainage de la vallée du Tillet. L'axe de cette zone de drainage ne coïncide pas avec le lit du ruisseau, mais avec l'axe du bassin.

#### C - CARACTERES BACTERIOLOGIQUES

Les analyses bactériologiques effectuées au cours des essais de pompages des eaux souterraines ont montré que ces eaux étaient potables, ainsi par exemple, l'analyse effectuée au forage 504 :

A - Dénombrement total des bactéries sur gélose nutritive  
nombre de colonies à 37° : 20 par ml, au 2e jour  
" " à 20° : 20 par ml, au 4e jour

B - Colimétrie

- a) Escherichia coli : 0 par 100 ml  
b) Bactéries coliformes : 0 par 100 ml

C - Dénombrement des streptocoques fécaux : 0 par 100 ml

Par ailleurs, on ne rencontre ni ammoniacque, ni nitrites.

#### CONCLUSION -

Cette carte chimique montre bien les zones d'alimentation et surtout celle de la région du col de St-Saturnin et celle de Villar-cher qui coïncident probablement avec des failles.

.../...

D - CARACTERES PHYSIQUES DE LA NAPPE

1°) PROSPECTION GEOPHYSIQUE

Elle a eu pour but la distinction et l'estimation de l'importance des terrains perméables et des terrains imperméables dans la vallée.

Elle est basée sur le contraste existant entre les résistivités faibles des argiles (quelques dizaines d'ohm.mètres) et les résistivités plus élevées des sables et des galets (quelques centaines d'ohm.mètres). (c.f. Annexe III - Prospection électrique). Les résultats de cette prospection ont été synthétisée sur les coupes GR.275.05

A - Bassin aval.

Coupe 1 (le long de la RN 514b, au bord du lac du Bourget) entre la Leysse et la RN 491).

On rencontre ici sur une centaine de mètres d'épaisseur des sédiments argileux avec quelques passées sableuses. On rencontre des terrains plus résistants vers la rive droite (SE 101 et 102) sans que l'on puisse les attribuer à des galets ou au prolongement de la molasse de Tresserve.

Coupe 2 (le long de la D 17, entre la RN 514 et le canal des Terres Nues).

L'épaisseur des formations argileuses a singulièrement diminué puisqu'elle n'est plus que d'une quarantaine de mètres, et d'une dizaine de mètres à l'Ouest du Sondage électrique 205 et à l'Est de la RN 491.

Coupe 3 (axe le Tremblay - Usine de Voglans, entre la RN 514 et la RN 491).

La sédimentation est toujours dans les quarante premiers mètres à prépondérance argileuse.

Coupe 4 (au Nord de Villarcher, entre Montarlet et la voie S.N.C.F.)

La couche argileuse superficielle est de l'ordre de cinq mètres d'épaisseur. Les sables sous-jacents en ont une de 35 mètres et reposent sur des sédiments argileux.

Coupe 5 (à la hauteur de la fourche RN 514 - RN 491) entre le ruisseau de la Combe et le ruisseau des Moulins).

La puissance de l'argile superficielle est de l'ordre d'une quinzaine de mètres, celle des sables et graviers est d'une trentaine de mètres au minimum au centre de la vallée.

Coupe 6 (à 550 mètres à l'amont de la précédente).

La couche d'argile de surface varie de trois à dix mètres d'épaisseur. Celle des sables et graviers est de l'ordre de trente mètres et ils reposent sur un substratum plus argileux.

Coupe 7 (à la hauteur de l'Usine Cabaud entre la DI et la RN 491).

La couche d'argile de dix mètres de puissance environ recouvre une formation de sables et de graviers d'une quarantaine de mètres d'épaisseur. Cette formation repose sur un substratum dont la résistivité est de l'ordre d'une centaine d'ohms correspondant peut-être à la continuation de la molasse de Chamoux.

Coupe 8 (c'est une coupe longitudinale entre le sondage électrique 109 et le sondage électrique 504 qui résume les résistivités rencontrées dans le bassin aval).

Elle montre que :

- a) la couche protectrice argileuse est continue en surface
- b) la limite Nord des formations continues supposées aquifères dont la résistivité est supérieure à la centaine de ohm.mètres se situe immédiatement au Nord de Villarcher entre les sondages électriques PL 22 et PL 11.

.../...

- c) La puissance de cette formation aquifère est d'une quarantaine de mètres sur deux kilomètres de largeur et de 7 Km 500 de longueur ce qui équivaut à un réservoir de :  $6 \times 10^8$  m<sup>3</sup>. Pour un coefficient d'emmagasinement de l'ordre de :  $5 \times 10^{-2}$ , cela correspond à une réserve d'eau théorique de :  $3 \times 10^7$  m<sup>3</sup>.
- d) On notera aussi l'accroissement de la résistivité au SE 303 (P = 180 Ω.m) qui coïncide avec le passage du prolongement de la faille de St Michel dont les venues ont probablement décolmaté les sables argileux (P = 50 Ω.m), le forage 305 a d'ailleurs montré l'existence d'un sable très propre

#### B - Bassin amont

Une prospection géophysique contrôlée par sondage entreprise pour une société privée au carrefour de la RN 512 et de la D 21, à l'aval du Pont de la Trousse, a montré que l'on avait, à partir de la surface, des galets, sans couverture argileuse, jusqu'à 22 m de profondeur reposant sur une couche argileuse de 4 mètres environ d'épaisseur. Sous cette couche argileuse, on trouve au moins 30 m de sables très fins gorgés d'eau, mais moins perméables.

#### Coupe 9 (par Barberaz, le Bas-Molard et Barby)

Ici, on a un seuil et les résistivités correspondent pour la plupart à des terrains en place. Des résistivités d'alluvions grossières apparaissent à l'Est de la RN 6 sur une vingtaine de mètres de profondeur et sur un kilomètre de largeur.

A l'Ouest, les alluvions de l'Albane sont probablement peu puissantes.

Cette interprétation reste à être confirmée par sondages.

.../...

Coupe 10 (Axe le Molard - St Jeoire Prieuré, entre la D 201 et les Baraques).

De même, on retrouve ici des résistivités de terrains en place. Pour les alluvions récentes, on notera que le lit de l'Albanne est ici colmaté tandis qu'à l'Est, à la hauteur des Baraques, on rencontre des résistivités que l'on peut attribuer éventuellement à des sables d'ailleurs peu épais (10 mètres).

Le réservoir du bassins amont est de l'ordre de :  $3 \times 10^8$  m<sup>3</sup>) ; il est intéressant parce que présentant des caractéristiques de nappe libre. (Si le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de 10 %, la réserve d'eau est de  $3 \times 10^7$  m<sup>3</sup>).

Au delà, vers le Sud, nous quittons le bassin versant chambérien.

En résumé, après cette prospection géophysique, il apparaît que les caractéristiques du bassin amont sont différentes de celles du bassin aval.

A l'aval, les alluvions post-glaciaires sont importantes et constituent en réservoir conséquent, tandis qu'à l'amont les terrains en place (calcaires et marnes) sont subaffleurents, sauf à l'aval de la Ravoire, et constituent une zone d'alimentation.

Comme par ailleurs, les pompages à l'amont sont trop importants (c.f.  $\frac{1}{2}$  V B), les sondages de reconnaissance ont été effectués à l'aval de Chambéry, c'est à dire dans la zone d'accumulation des eaux souterraines.

## 2°) SONDAGES MECANIQUES

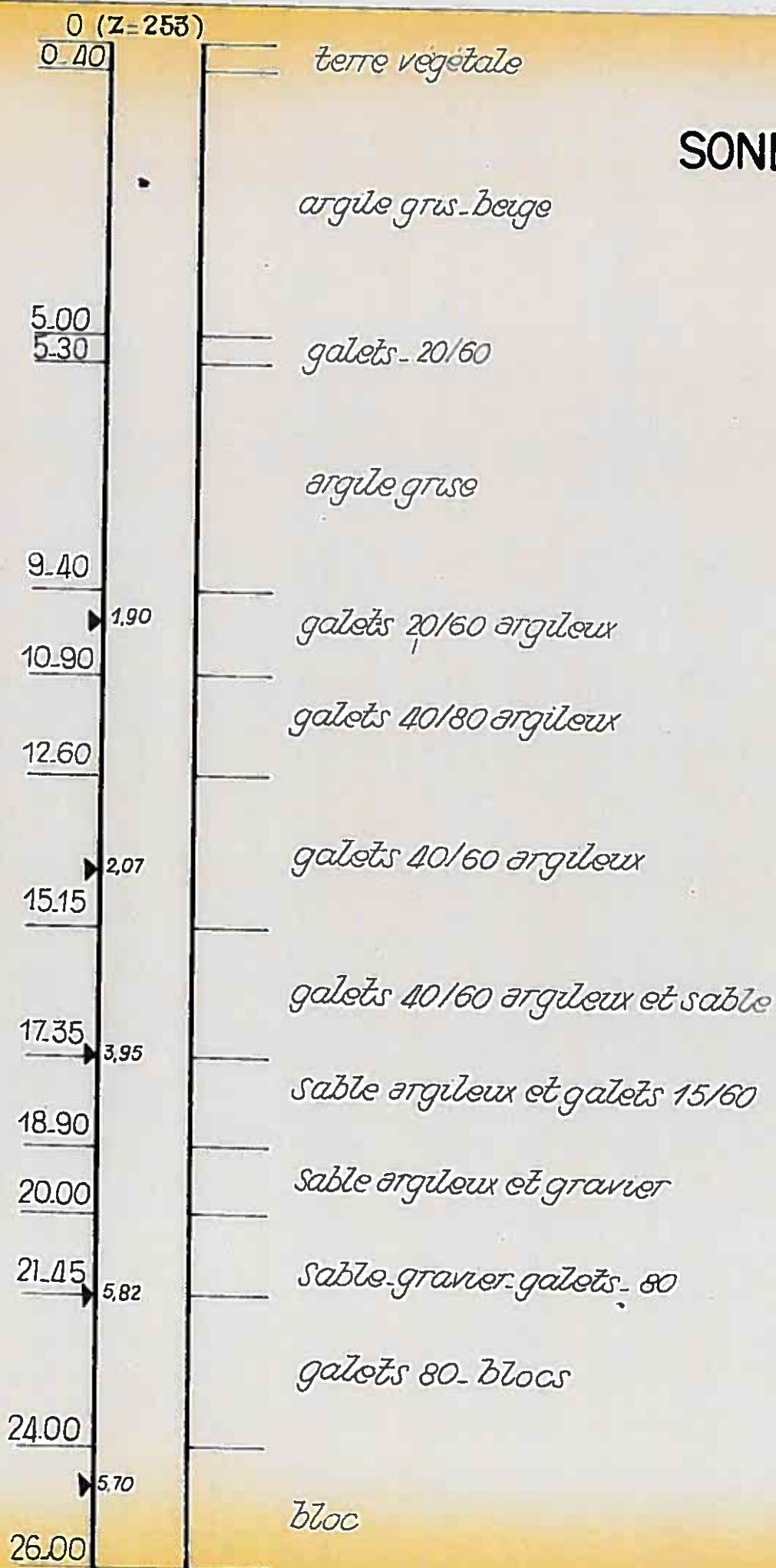
Les emplacements reconnus comme favorables par la prospection géophysique ont été contrôlés par des sondages mécaniques, c'est à dire au droit des sondages électriques suivants : BY<sub>1</sub> - 504 - 1105 - 305 - 302 - 1103.

La société Les Travaux Souterrains les a réalisés au battage (diamètre de 6 pouces) au cours de l'été 1964.

.../...

**FIG.5**

**SONDAGE B Y\_1**



Ces sondages mettent en évidence les coupes des terrains qui sont présentées par les figures 5 à 10. Sur ces figures, les niveaux d'eau rencontrés sont indiqués par des flèches dont la pointe porte en regard la cote à laquelle s'est établi le niveau hydrostatique.

### CONCLUSION

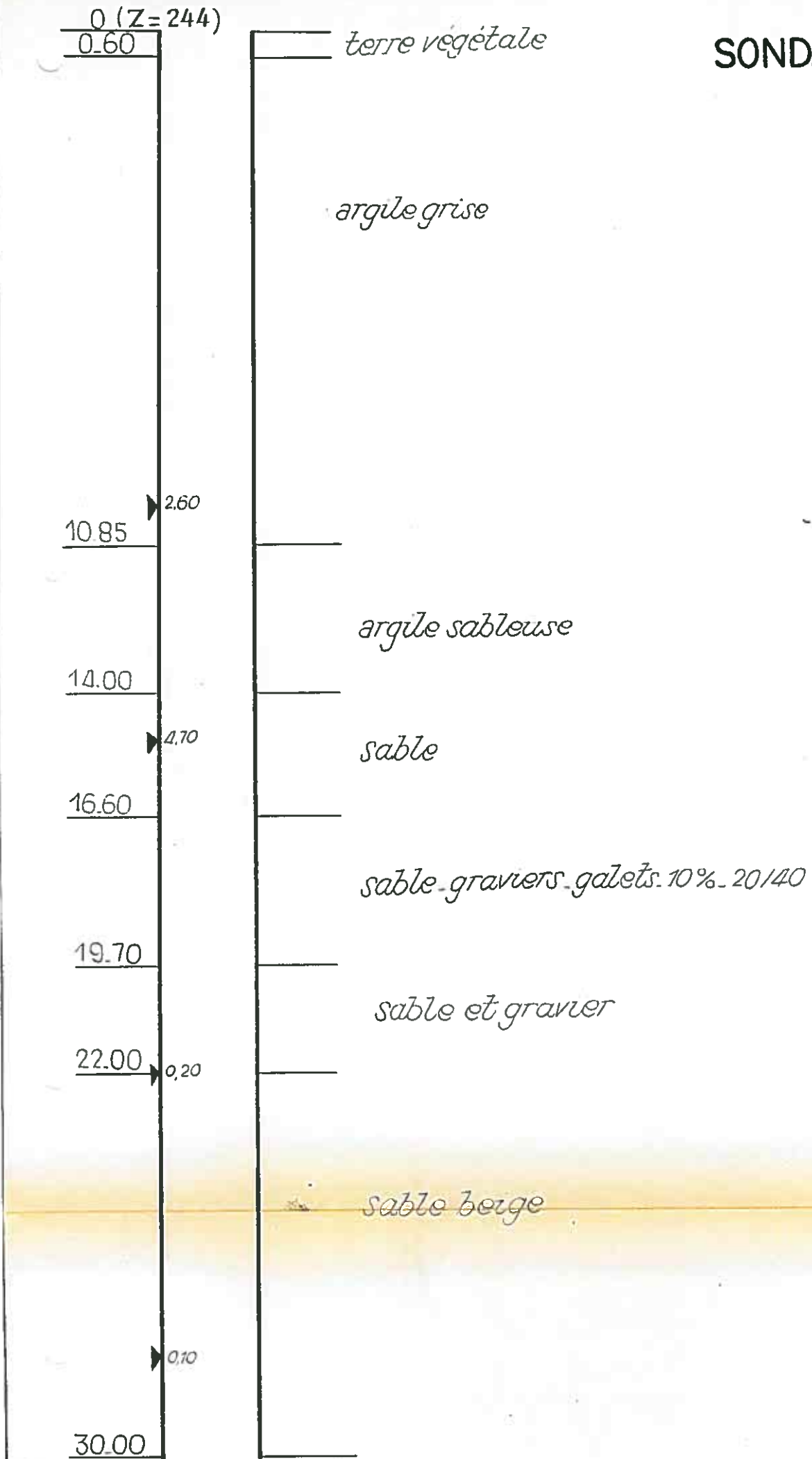
#### a) Nature des terrains :

On a :

- terre végétale jusqu'à une profondeur de 0,30 à 0,60 m
- argile jusqu'à une profondeur de 4,80 à 13,60 m  
(avec une couche intercalaire de 0,30 m de puissance au BY1. C'est la terminaison en biseau de la couche contenant la nappe superficielle alimentant les sources du Chantabord et la station de pompage de Bissy). La puissance de cette couche peut être inférieure à 4 m. Sur le tracé de l'autoroute A 43 (marais de Servolex) les P et C ont effectué des sondages à faible profondeur sur 3 axes parallèles distants de 40 m dans les marais de Servolex. Ces sondages montrent la grande variation de l'épaisseur de la couche d'argile. Du Sud vers le Nord, sur la rive droite de la Laysse, l'épaisseur de la couche d'argile varie de 2 m à 7,30 m. Il en est de même latéralement sur des distances d'une centaine de mètres, l'épaisseur varie de 1,50 m à 9,50 m.
- galets et sables jusqu'à l'arrêt des forages soit environ à 30 m de profondeur. Les éléments sont plus grossiers à l'amont qu'à l'aval. Dans un même sondage, ils sont plus grossier en tête de cette couche et deviennent très fins vers une vingtaine de mètres de profondeur. Cette couche aquifère présente plusieurs nappes en charge séparées par des lentilles argileuses très minces. Le tableau ci-après résume les différents niveaux piézométriques (NP) rencontrés aux différentes profondeurs (p).

.../...





**FIG.8**

**SONDAGE 305**

U (Z=243)

0-30

*terre végétale*

*argile grise*

13.60

*argile sableuse*

15.10

▶ 265

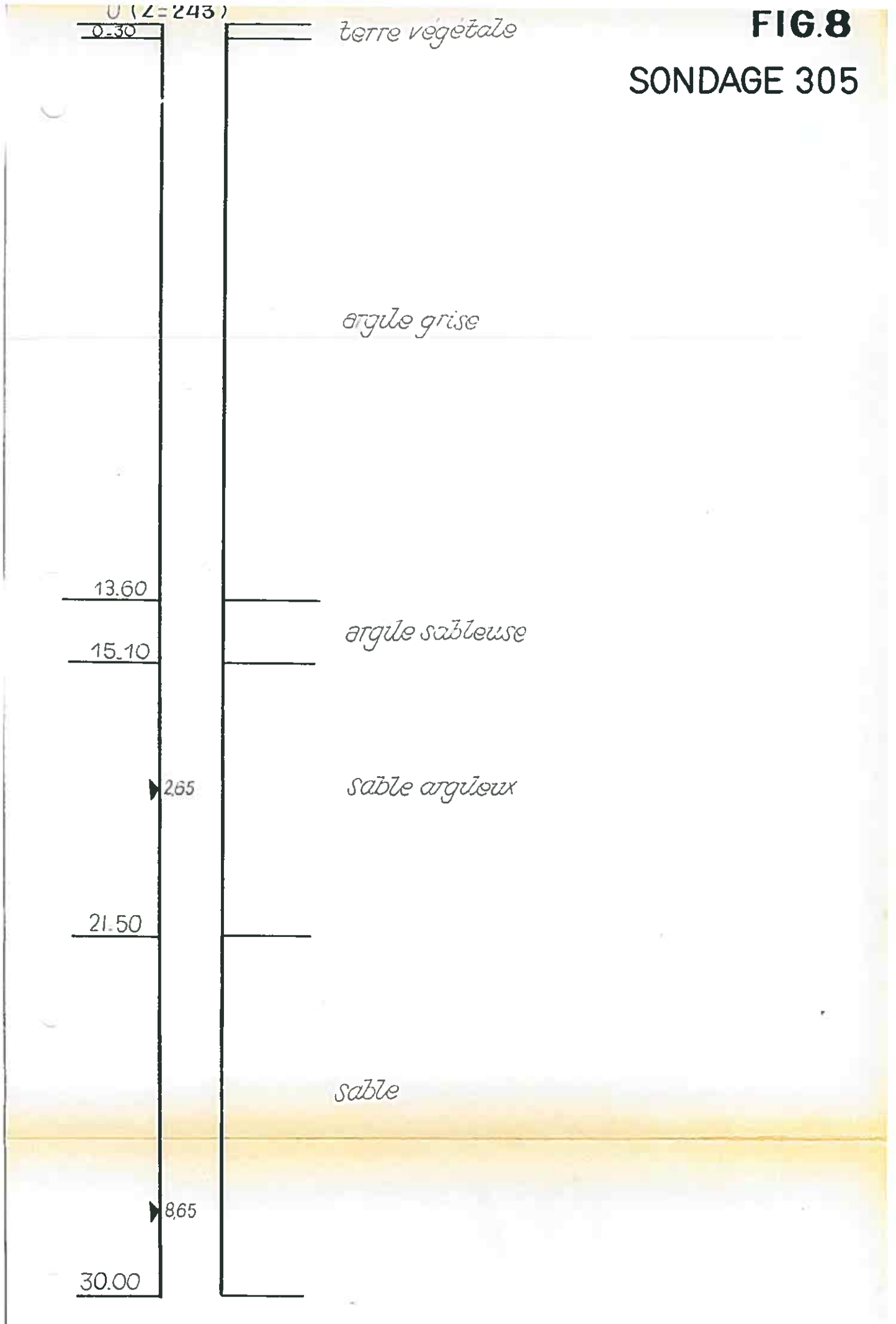
*sable argileux*

21.50

*sable*

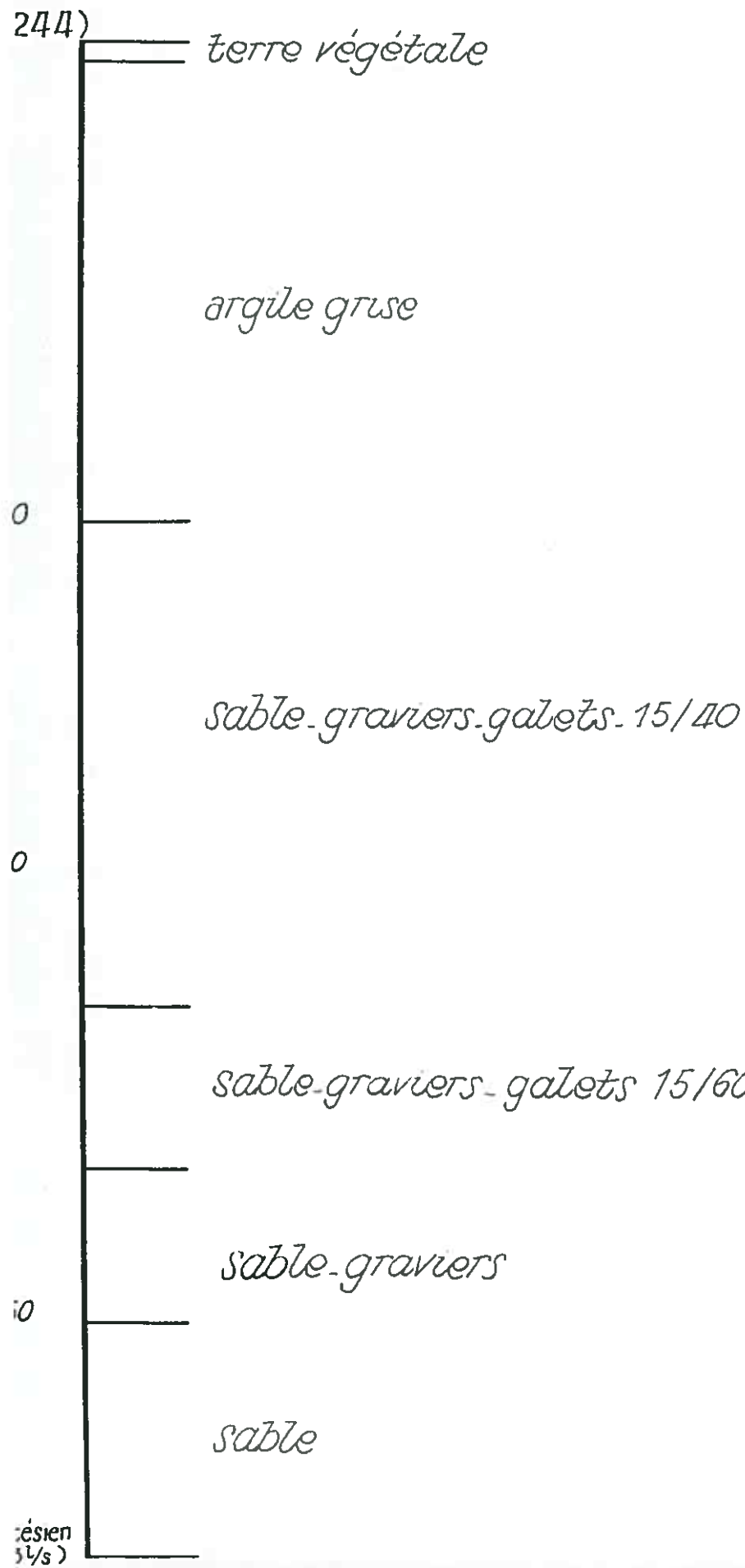
▶ 865

30.00

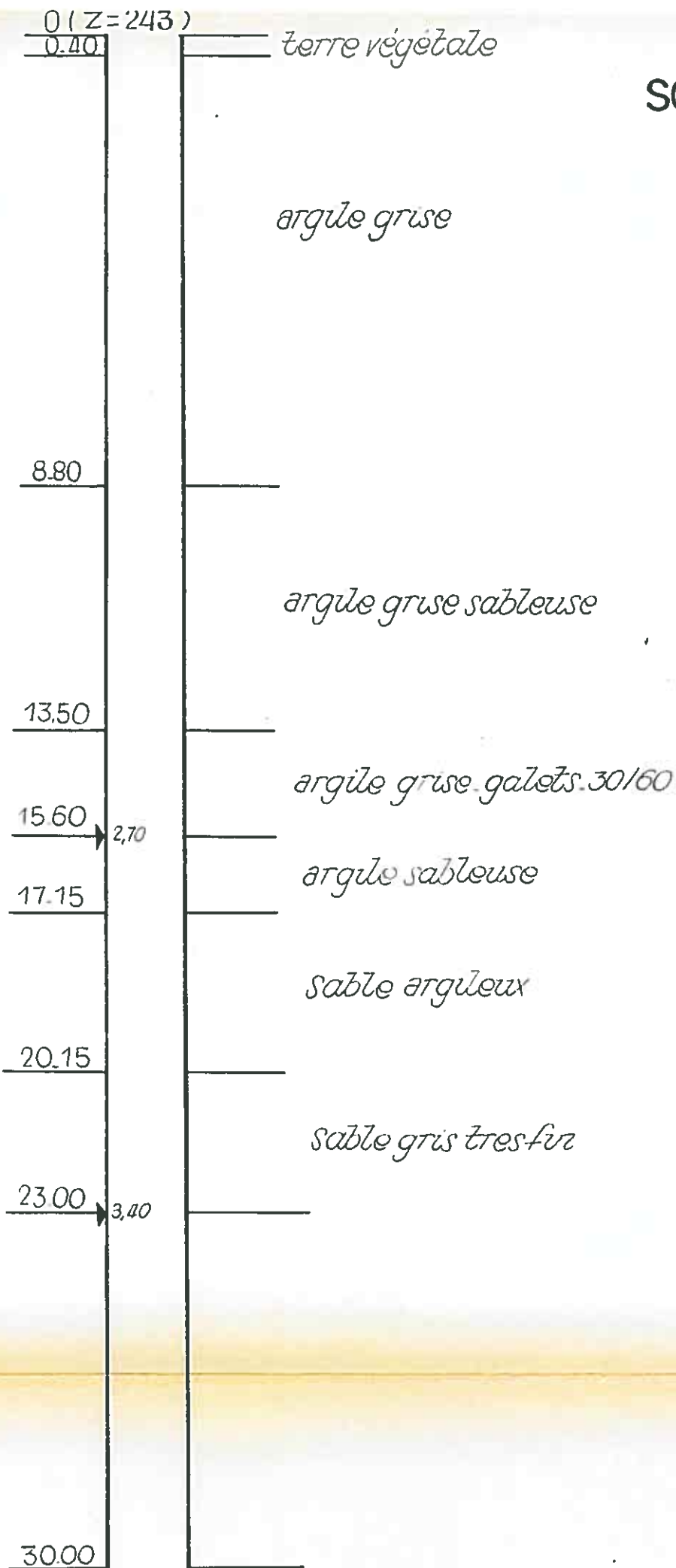


**FIG.9**

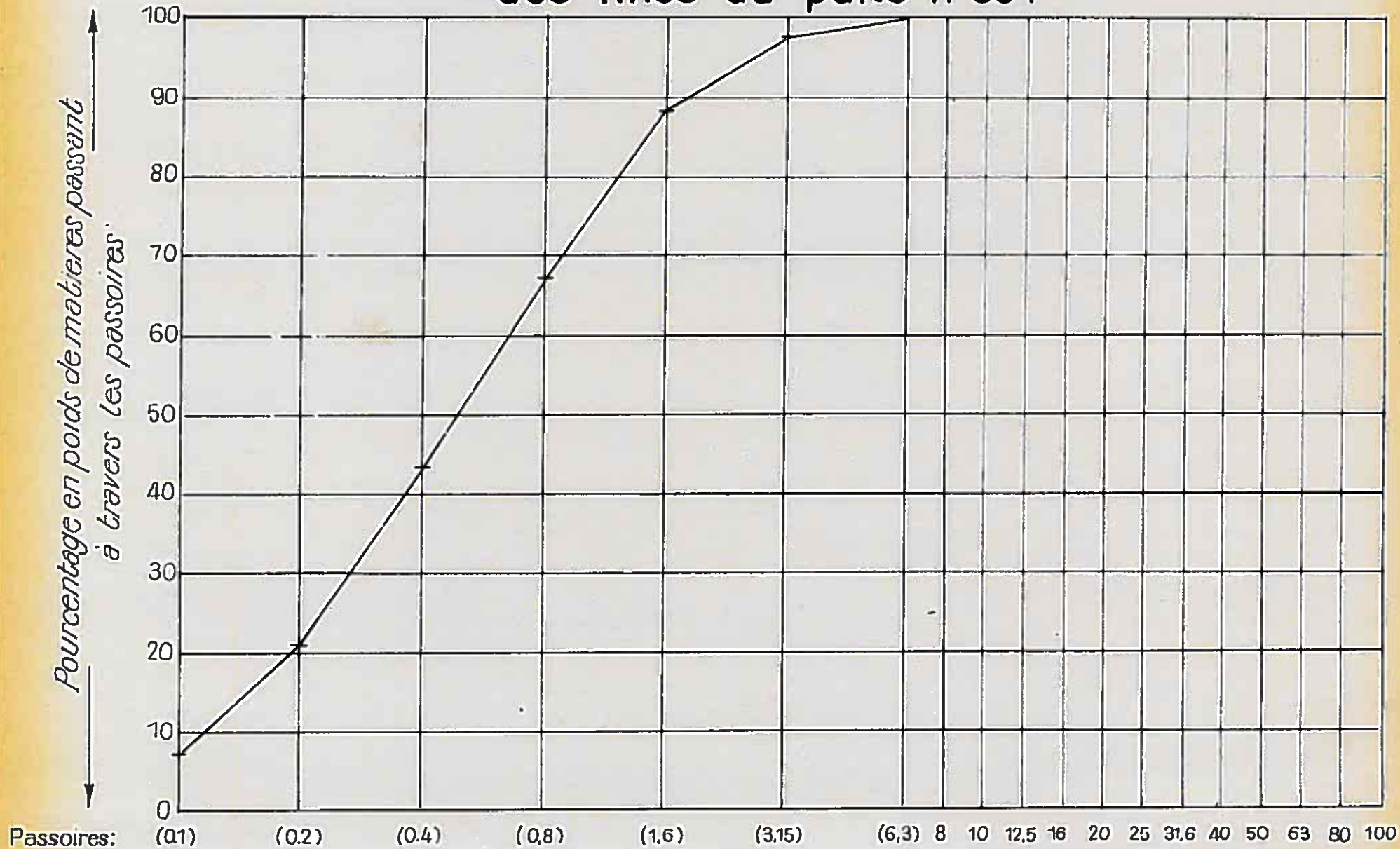
**SONDAGE 1103**



**FIG. 10**  
**SONDAGE 1105**



# Courbe Granulométrique des fines du puits n°504



*Diamètre D des trous des passoirs en m/m (Ech proportionnelle à log D)*

b) Les nappes

Sondages	BY1		504		403		302		1105		305	
cote NGF	253		253		244		244		243		243	
	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP
			7,50	1								
10		1,90										
			13,50	2,25								
14		2,07	14,20	2,50	7	3,10	10	2,60				
			18,00	2,58								
									15,60	2,70	18,00	2,65
	17,35	3,95	21,70	4,65	12	+0,10						
			26,70	3,76								
	21,45	5,82							23,00	3,40		
	24,60	5,70										
					18	2,50	15	4,70				
											28	8,65
					22	Artésien 3L/s	22	0,20				
							28	0,10				

Ce tableau montre bien que la couche aquifère n'est pas unique, mais qu'elle est composée de plusieurs nappes (3 en moyenne)

.../...

c) Corrélation avec les sondages électriques

La résistivité de l'argile superficielle varie de 7 à 32  $\Omega$ m, les sables très argileux ont la même résistivité.

Les couches moins argileuses voient leur résistivité varier de 10 à 120  $\Omega$ m. Cette résistivité est en corrélation avec la perméabilité (granulométrie) mais aussi avec la présence des lentilles argileuses très minces qui délimitent les différentes nappes aquifères. Ainsi, une couche importante de sable propre mais très fin (donc peu perméable) apparaît avec une résistivité plus élevée que celle d'un ensemble de couches de galets (perméables) séparées par des lentilles argileuses. La résistivité faible de ces dernières abaisse la résistivité moyenne de l'ensemble.

Compte tenu de cette remarque, la prospection électrique indique donc correctement la frontière des argiles superficielles et des alluvions aquifères et elle permet de distinguer les perméabilités de ces dernières.

Ces perméabilités doivent être précisées par des essais hydrauliques : - essais d'absorption et essais de pompages.

REMARQUE :

Nous joignons la courbe granulométrique (fig. 11) des éléments fins retirés des forages 504 lors de son développement par pistonage. Si un puits d'exploitation est installé au 504, c'est contre ces éléments qu'il faudra prévoir les filtres.

.../...

### 3°) ESSAIS HYDRAULIQUES

Ils appartiennent à deux catégories :

- 1°) les essais d'absorption
- 2°) les essais de pompage

#### A - Les essais d'absorption

a) principe : On crée une cavité en remontant la colonne de forage de diamètre  $d$  d'une hauteur  $l$  et on injecte de l'eau à un débit  $q$  jusqu'à stabilisation du niveau. Si on appelle  $h$  la dépression par rapport au niveau statique de la nappe, on a

$$q = \frac{k \cdot h \cdot d}{c}$$

soit :

$$k = \frac{q \cdot c}{h \cdot d}$$

$c$  étant un coefficient de forme de la cavité.

On remarquera que la valeur de  $k$  est obtenue par défaut, la valeur prise pour  $d$  étant connue par excès. Cette méthode doit donc être considérée seulement comme indicatrice afin de permettre la comparaison des perméabilités entre les différents sondages.

b) résultats :

#### - Sondage BY1

tranche	11,80 m	à 12,20 m	.....		m/s
"	15	à 15,40	.....	$1 \times 10^{-6}$	"
"	22	à 26	.....	$1,7 \times 10^{-7}$	

.../...



- Sondage 504

tranche 24,50 m à 28,50	.....	$2,6 \times 10^{-8}$	m/s
" 20 à 28,50	.....	$2,3 \times 10^{-4}$	"

- Sondage 1105

tranche 25 m à 30 m	.....	$1 \times 10^{-8}$	m/s
" 20 m à 30 m	.....	$2 \times 10^{-8}$	"

- Sondage 305

tranche 25 à 30 m	.....	$6 \times 10^{-7}$	m/s
-------------------	-------	--------------------	-----

- Sondage 302

tranche 25 à 30 m	.....	$3,3 \times 10^{-7}$	m/s
-------------------	-------	----------------------	-----

Le sondage 1103 artésien n'a pas été testé par absorption. Il a fait l'objet d'un essai de pompage de 48 heures.

c) conclusion :

De tous ces sondages, c'est le 504 qui apparaît comme le plus intéressant.

Pour confirmation, des essais d'absorption ont été effectués une fois les piézomètres du 504 étant équipés d'un tube plastique de 42 x 50 mm et d'un filtre de graviers. La perméabilité ainsi obtenue est de l'ordre de  $10^{-3}$  m/s  
 $0,8 \times 10^{-3}$  m/s  $< k < 2 \times 10^{-3}$  m/s

B - Les essais de pompage

Ils ont été effectués aux emplacements des sondages 504 et 1103 forés en 500 mm de diamètre et équipés d'un tube crépiné de 350 mm de diamètre (504 ; longueur de 14 m - 1103 ; longueur de 5 m). Ces forages ont été munis d'un filtre de gravier et le développement a été effectué par piston nage pendant 8 jours pour le 504 et 2 jours pour le 1103.

.../...

Les débits ont été mesurés au débitmètre et les niveaux à la sonde électrique.

Les deux essais de pompage ont duré 48 heures. Les descentes et les remontées ont été notées en fonction du temps.

Ils ont eu pour buts principaux la mesure de la perméabilité  $k$  et du coefficient d'emmagasinement .

En effet, pour une nappe captive, on a :

B1) régime d'équilibre (formule de DUPUIT)

$$s = \frac{0,366}{k \cdot e} Q \log \frac{R}{x}$$

$s$  = rabattement (m)

$Q$  = débit (m<sup>3</sup>/s)

$e$  = puissance de la nappe captive (m)

$k$  = coefficient de perméabilité (m/s)

$R$  = rayon d'action (m)

$x$  = distance du piézomètre au puits de pompage (m)

B2) régime de non équilibre (formule de JACOB)

a) pompage :

$$\text{descente : } s = \frac{0,183}{k \cdot e} Q \log \frac{2,25 k e t}{x^2 \mu}$$

$t$  étant le temps de pompage et  $\mu$  le coefficient d'emmagasinement.

b) arrêt de pompage (origine des temps  $t'$ )

$$\text{remontée : } s = \frac{0,183}{k \cdot e} Q \log \frac{t}{t'}$$

.../...

Rabattement  $s$  (M)

# COURBE RABATTEMENT-DISTANCE

FIG 12

## PUITS 504

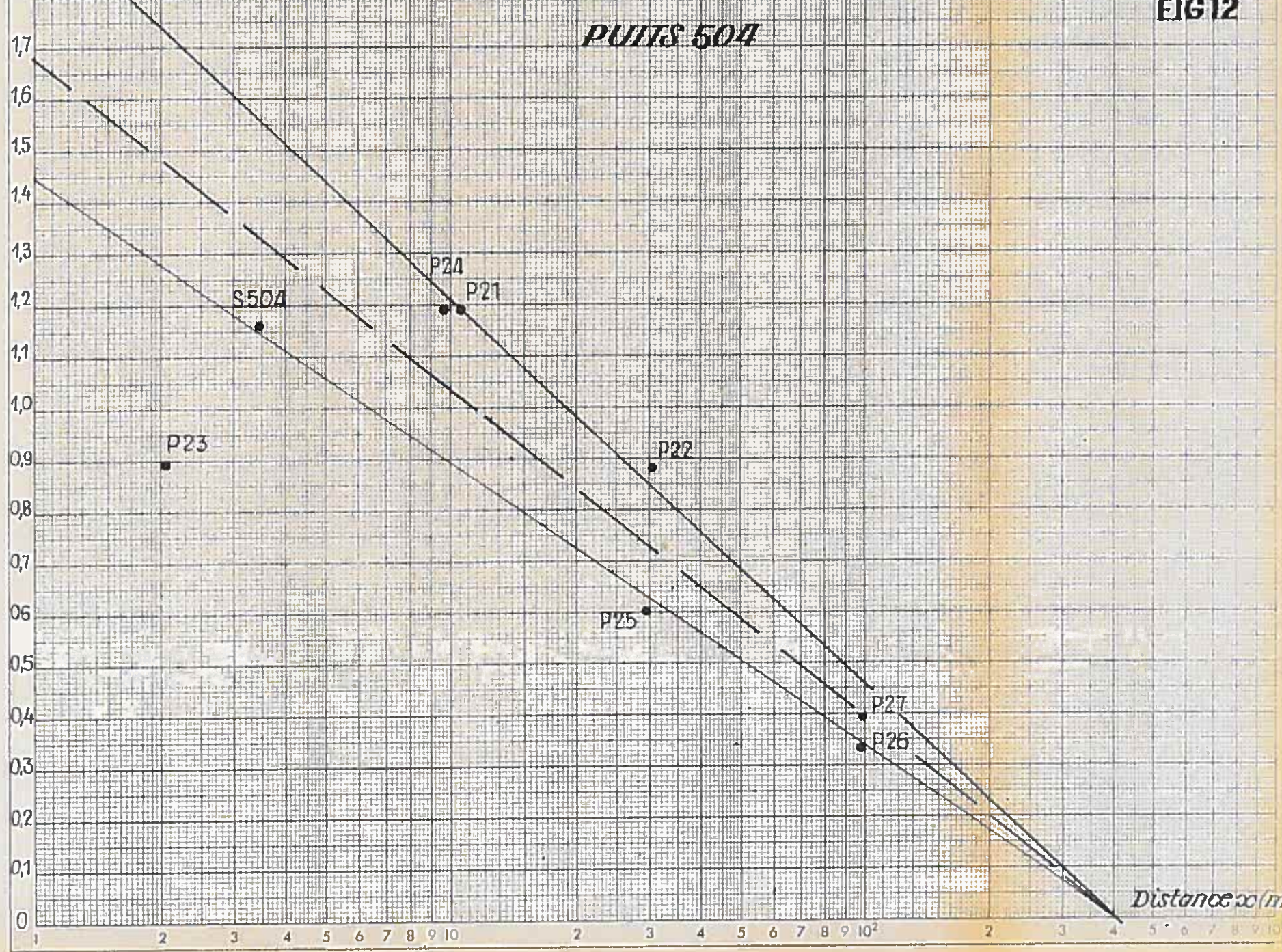
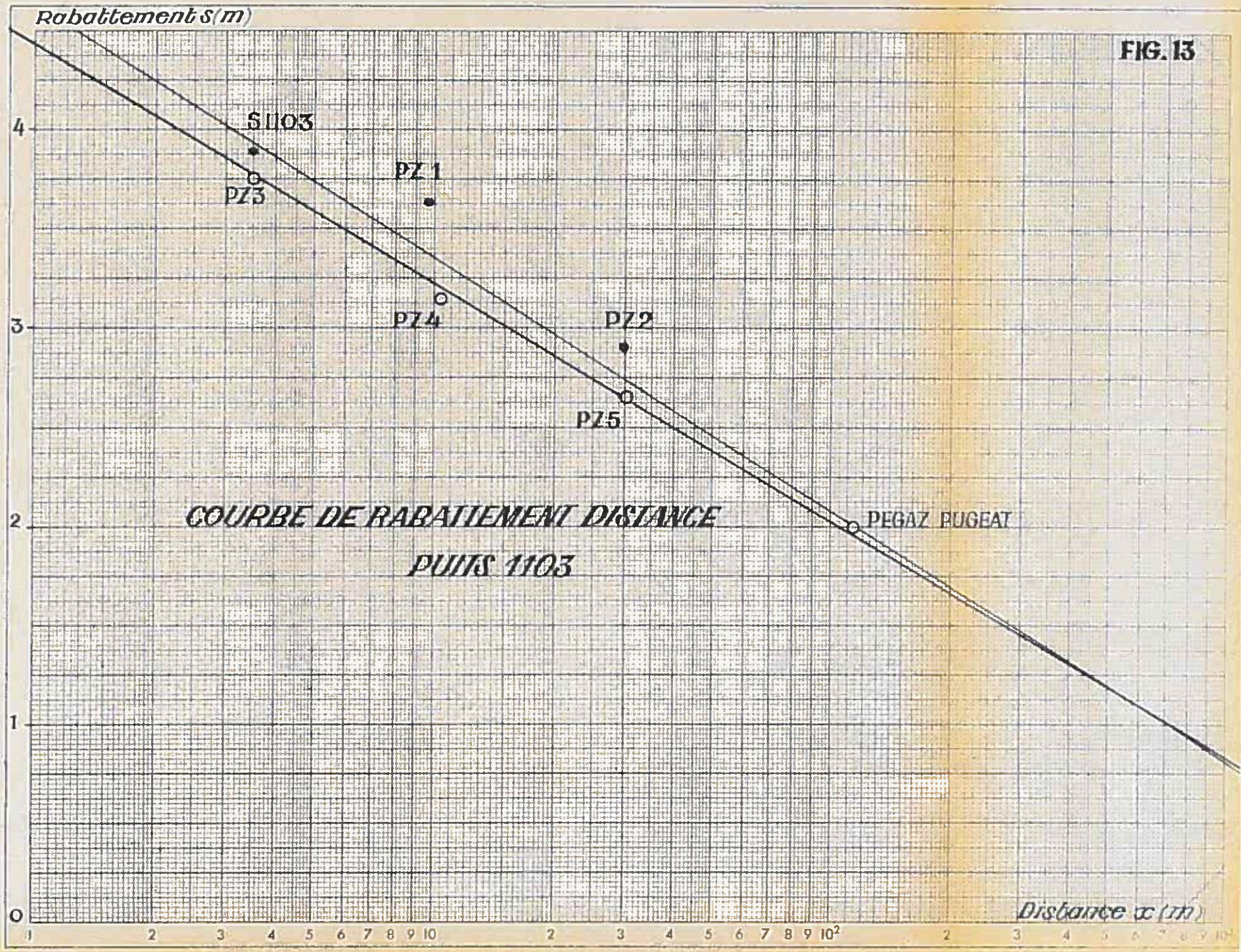


FIG. 13



B 1<sup>o</sup>) Régime d'équilibre - application de la formule de Dupuit

A - Courbe rabattement - distance

a1) - PUITS 504 (fig. 12)

Si on suppose le puits complet :

$$s = \frac{0,366}{k.e} Q \log \frac{R}{x}$$

la valeur absolue de pente de la droite moyenne  $s = f(\log x)$  est donc :  $\frac{0,366 Q}{k.e}$  (égale ici à 0,65), il vient en prenant  $e = 14$  m (longueur du tube crépiné (fig. 9) :  $k = 2,2 \times 10^{-3}$  m/s. Le rayon d'action est donné par l'intersection de la droite avec l'axe des  $x$ , on a alors  $s = 0$  et  $R = x$ . Ici  $R = 400$  m

REMARQUE

Si on fait le calcul du puits incomplet, la relation qui relie le débit  $Q$  du puits complet à celui  $Q_1$  du puits incomplet est d'après Kozeny :

$$\frac{Q}{Q_1} = \sqrt{\frac{e}{t+0,5}} \sqrt[4]{\frac{e}{2e-t}}$$

$t$  étant la hauteur de la colonne d'eau dans le puits comptée à partir de la base. Si  $e = 30$  m et  $t = 20$  m,  $r$  étant alors négligeable :

$$\frac{Q}{Q_1} = \sqrt{\frac{30}{20}} \sqrt[4]{\frac{30}{40}} = 1,2 \times 0,93 = 1,1$$

On peut donc pratiquement effectuer les calculs à l'aide des formules du puits complet.

a2) - PUITS 1103 (fig. 13)

la pente de la droite moyenne est alors de : 1,2. Comme la longueur du tube crépiné est de 5 m

$$k = \frac{0,366 \times 55,6 \times 10^{-3}}{1,2 \times 5} = \frac{20,4}{6} \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

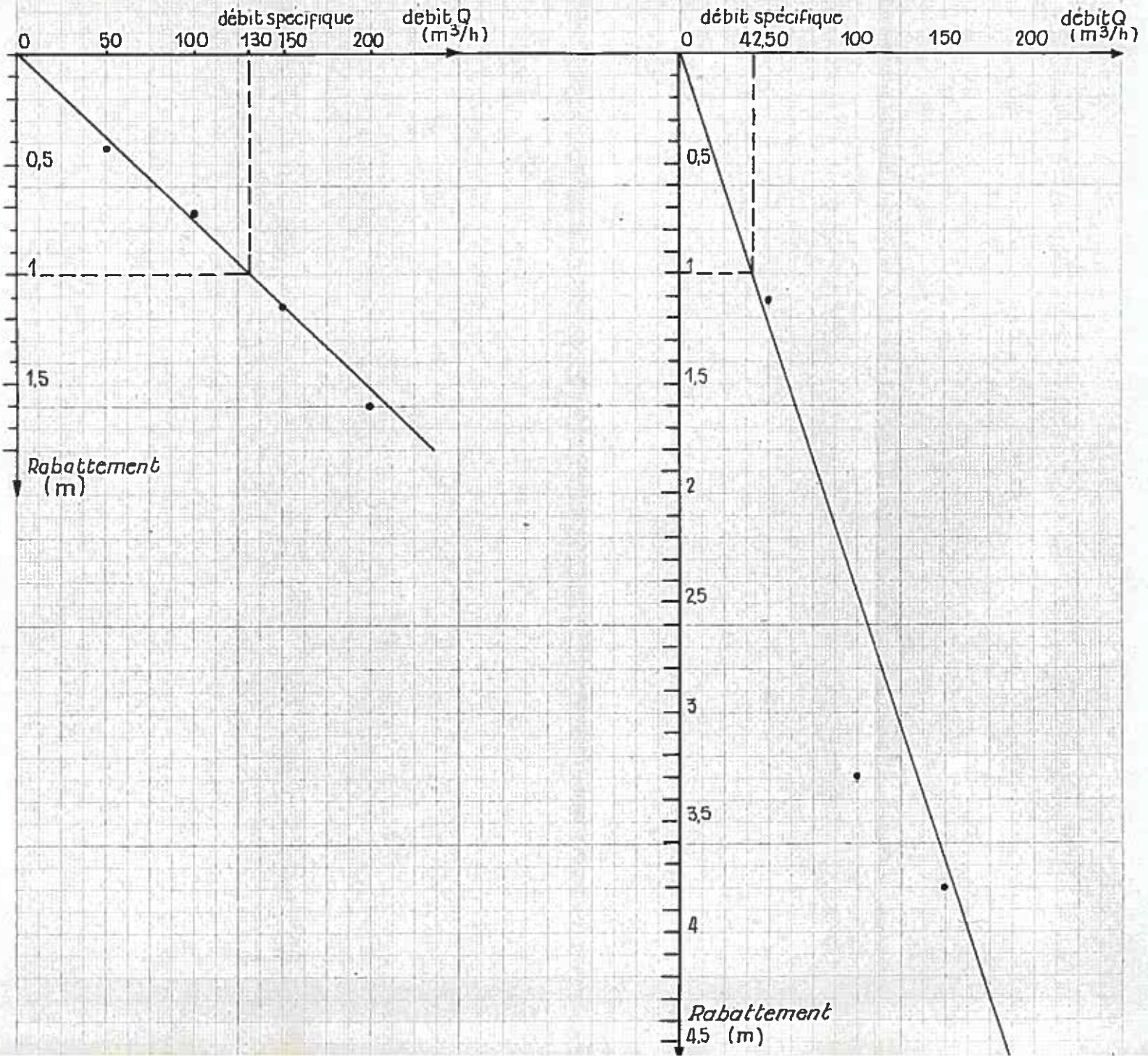
le rayon d'action est ici supérieur au kilomètre :  $R \approx 4 000$  m

.../..

# COURBE RABATTEMENT DEBIT

PUITS 504

PUITS 1103



Comparaisons des caractéristiques des puits 504 et 1103

- les perméabilités calculées sont du même ordre de grandeur
- le rayon d'action du 1103 est dix fois supérieur à celui du 504.

B - Courbe rabattement - débit (fig. 14)

Elle donne des indications sur le débit spécifique et la perméabilité.

a) Débit spécifique :

C'est le débit de pompage pour un rabattement de 1 m.

Il est de :

$$\text{- pour le 504 : } 130 \text{ m}^3/\text{h} = 36,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{- pour le 1103 : } 42 \text{ m}^3/\text{h} = 11,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Perméabilité :

On a :

$$s = \frac{Q}{2,73 k_e} \log \frac{R}{x}$$

d'où :

$$k_e = \frac{Q}{s} \times \frac{1}{2,73} \times \log \frac{R}{x}$$

- pour le 504 (R = 400 m, x ≈ 0,50 m)

$$k_e = 36,1 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2,73} \times \log \frac{400}{0,5}$$

$$k_e = \frac{36,1 \times 10^{-3} \times 2,91}{2,73}$$

.../...

$$ke = 38,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{si } e = 14 \text{ m} \quad k = \frac{38,5 \times 10^{-3}}{14} = 2,75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

- pour le 1103 (R = 4 000 m, x ≈ 0,50 m)

$$ke = \frac{11,7 \times 10^{-3} \times 3,91}{2,73}$$

$$ke = 16,8 \times 10^{-3}$$

si e = 5 m

$$k = 3,35 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

On retrouve le résultat précédent des perméabilités pratiquement égales. On notera cependant que le 504 mobilise les ressources aquifères sur une étendue bien moindre que le 1103.

VERIFICATION :

Calcul de la transmissivité ke à l'aide du gradient i :

On considère un piézomètre PZ1 situé à la distance x du puits de pompage. On dispose d'un deuxième piézomètre PZ2 situé à la distance d du piézo PZ1. Pour un débit de pompage Q, on a :

$$Q = 2 \pi ke xi$$

d'où :

$$ke = \frac{Q}{2 \pi xi}$$

le gradient i est égal à la différence entre l'écart des cotes NGF des sommets des tubes et la variation des niveaux dynamiques pris par rapport à ces sommets le tout divisé par d.

.../...



- Puits 504

On considère les piézomètres PZ1 et PZ2. On a :

$Z1 = 253,66 \text{ m}$  ;  $Z2 = 253,66 \text{ m}$  ;  $x = 10,6 \text{ m}$  ;  $d = 19,8 \text{ m}$  ;  $\sqrt{2} x = 66 \text{ m}$   
 $Z1 - Z2 = 0$

d'où le tableau suivant :

Débits	$50 \text{ m}^3/\text{h}$ $13,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	$100 \text{ m}^3/\text{h}$ $27,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	$150 \text{ m}^3/\text{h}$ $51,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	$200 \text{ m}^3/\text{h}$ $55,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Niveau N au 1 PZ1	1,83	2,05	2,17	2,70
Niveau N au PZ2	1,74	1,91	2,13	2,30
$(Z1 - Z2) -$ $(N1 - N2)$	0,09	0,14	0,34	0,40
i	$4,55 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-3}$	$17,2 \times 10^{-3}$	$20,2 \times 10^{-3}$
$\frac{Q}{i} \text{ m}^3/\text{s}$	3,05	3,91	3,01	2,76
$k_e \text{ m}^2/\text{s}$	$4,57 \times 10^{-2}$	$5,86 \times 10^{-2}$	$4,52 \times 10^{-2}$	$4,15 \times 10^{-2}$

la transmissivité  $k_e$  est de l'ordre de  $4,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , si  $e$  est de l'ordre de 14 m,  $k \approx 3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ .

.../...

- Puits 1103

On considère les piézomètres PZ3 et PZ4. On a :

$$Z3 = 244,30 ; Z4 = 244,07 ; x = 3,5 \text{ m} ; d = 7 \text{ m} ; 2 \cdot \pi \cdot x = 22 \text{ m}$$

$$Z3 - Z4 = 0,23 \text{ m}$$

d'où le tableau suivant :

Débits	50 m <sup>3</sup> /h 13,9 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s	100 m <sup>3</sup> /h 27,8 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s	150 m <sup>3</sup> /h 51,7 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s	200 m <sup>3</sup> /h 55,6 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s
Niveau N3 au PZ3	1,25	2,72	2,92	3,73
Niveau N4 au PZ4	0,83	1,93	2,02	2,72
(Z3 - Z4) - (N3 - N4)	0,19	0,56	0,67	0,78
i	2,71 x 10 <sup>-2</sup>	8 x 10 <sup>-2</sup>	8,94 x 10 <sup>-2</sup>	10,4 x 10 <sup>-2</sup>
$\frac{Q}{i}$ m <sup>3</sup> /s	5,13 x 10 <sup>-1</sup>	3,47 x 10 <sup>-1</sup>	5,79 x 10 <sup>-1</sup>	5,35 x 10 <sup>-1</sup>
ke m <sup>2</sup> /s	2,33 x 10 <sup>-2</sup>	1,58 x 10 <sup>-2</sup>	2,63 x 10 <sup>-2</sup>	2,43 x 10 <sup>-2</sup>

la transmissivité ke est de l'ordre de  $2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , si e est de l'ordre de 5 m,  $k \approx 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ .

Cette méthode montre également que les perméabilités du 504 et du 1103 sont équivalentes.

.../...

B 2°) Régime de non équilibre

Rappelons qu'en pompant au débit constant Q pendant un temps t suffisamment élevé le rabattement s est donné d'après Jacob par la relation :

$$\frac{s}{Q} = \frac{0,183}{k e} \log \frac{2,25 k e t}{x^2 \mu}$$

Cette relation établie pour une nappe captive homogène, isotrope, infinie, horizontale, de puissance constante est d'autant plus valable que le terme logarithmique est élevé, c'est à dire t élevé et x petit. On va donc étudier la courbe  $\frac{s}{Q} = f \left( \log \frac{t}{x^2} \right)$  qui est en principe une droite, de pente  $\frac{0,183}{k e}$ . l'abscisse à l'origine  $\frac{t_0}{x^2}$  est celui qui annule s, c'est à dire

$$\frac{s}{Q} = \frac{0,183}{k e} \left( \log \frac{2,25 k e t}{x^2 \mu} + \log \frac{t}{x^2} \right)$$

$$\frac{s}{Q} = 0 \text{ pour } \log \frac{2,25 k e t_0}{x^2 \mu} + \log \frac{t_0}{x^2} = 0$$

$$\frac{2,25 k e t_0}{x^2 \mu} = 1$$

$$t_0 = 2,25 k e \frac{t_0}{x^2}$$

Remontée

On a alors :

$$s = \frac{0,183 Q}{k e} \log \frac{t}{t'}$$

t est le temps total de pompage au débit Q, et t' le temps compté à partir de l'arrêt du pompage. ....

# CHAMBERY

## ETUDE de la NAPPE

### Repérage des Sondages

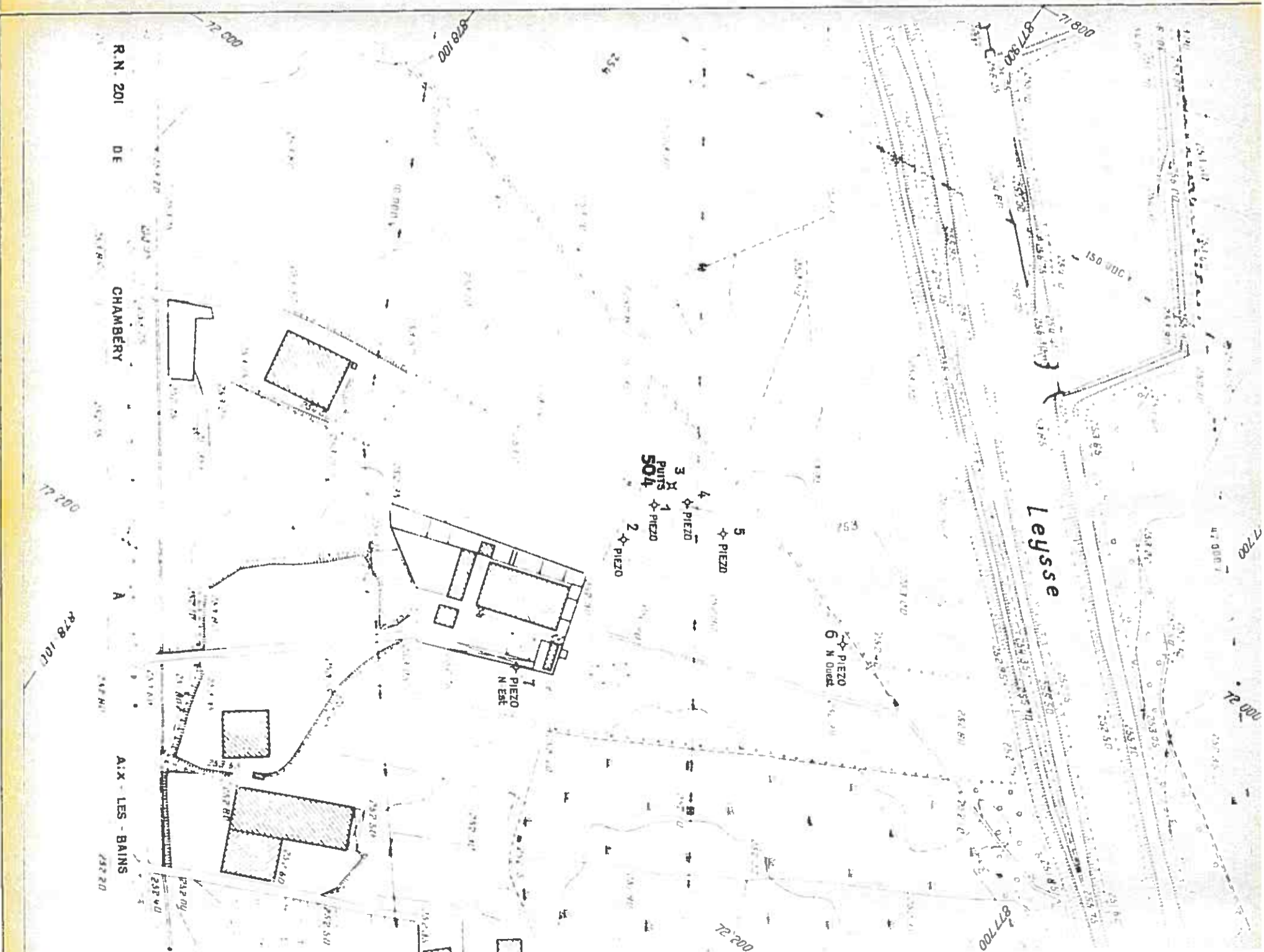
ÉCHELLE : 1/2.000

NATURE	X	Y	Z   SOL	Z   SOMMET TUBE
PIEZOS 6	877. 820.41	72.071.83	252. 79	253. 44
5	877. 889.12	72.059.96	252. 89	253. 53
4	877. 908.70	72.057.20	253.00	253.74
3	877. 916.23	72.055.70	253.09	253.73
504	877. 918.74	72.058.90	253.11	253.75
1	877. 919.83	72.065.92	253.07	253.66
2	877. 922.89	72.085.52	252.99	253.66
7	877. 931.30	72.155.00	252.79	253.52
PUITS 504	877. 918.29	72.055.44	253.11	253.75

C.E.T. CONSTANTIN Hubert  
*Géomètre - Expert Dp-16 Ingénieur-ESGT*  
 91 Place Saint Léger-CHAMBERY(Savoie)

FIG.15

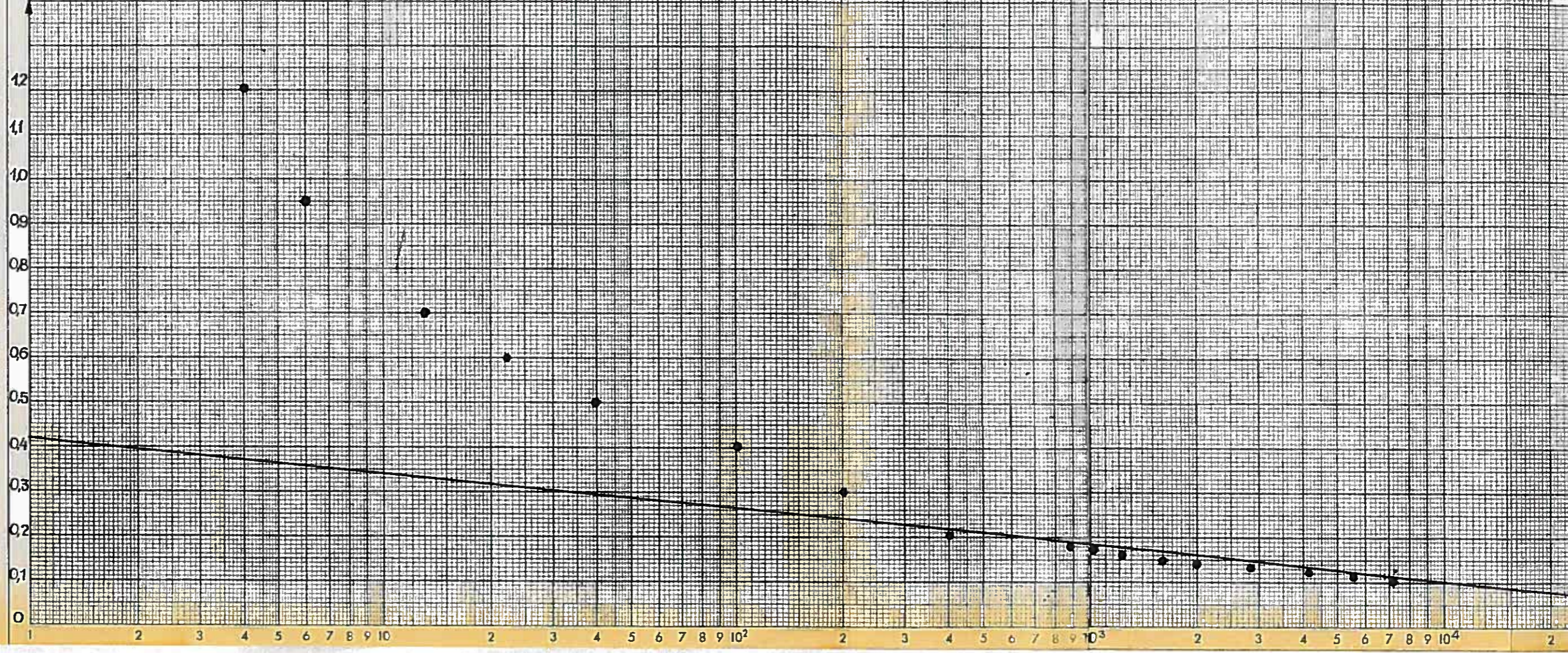
Novembre 1964  
 64 A 82



Rebattement (m)

Remontée 504

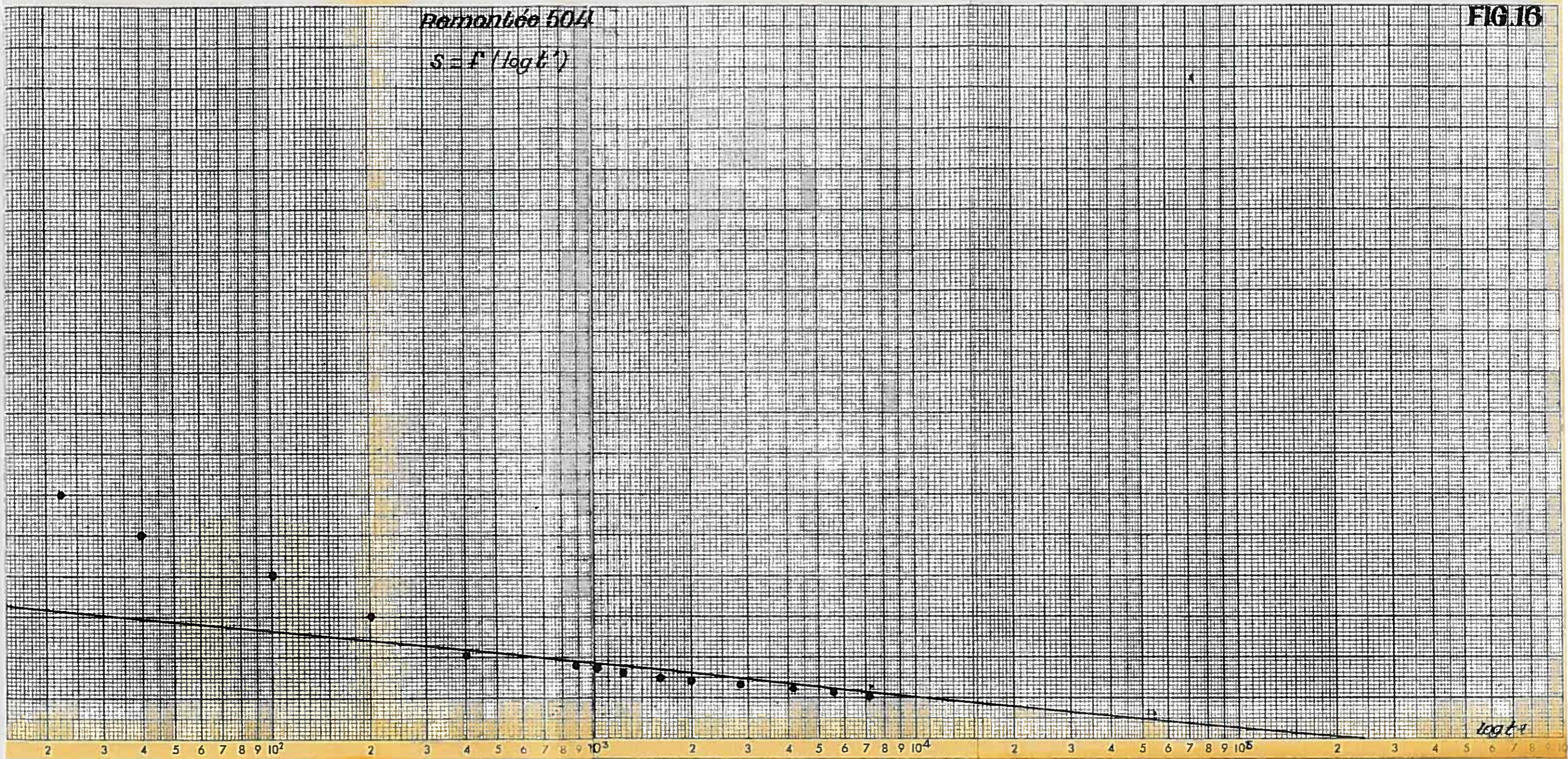
$$s = f(\log t')$$



Remontée 504

FIG.16

$$S = f(\log t')$$



FORAGE 504 (plan de situation : fig. 15)

A - Pompage

Il a été effectué par paliers de 50 m<sup>3</sup>/h, 150 m<sup>3</sup>/h et 200 m<sup>3</sup>/h. Le niveau a été si rapidement stabilisé que les mesures de temps n'ont pu être pratiquement réalisées.

Par ailleurs, les points rabattements-temps sont assez dispersés et leur interprétation conduit à en imaginer certains représentatifs d'une nappe libre, d'autres d'une nappe captive.

B - Remontée : (fig. 16)

La relation :

$$s = \frac{0,183 Q}{k e} \log \frac{t}{t'}$$

s'écrit aussi :

$$s = \frac{0,183 Q}{k e} (\log t - \log t')$$

la courbe représentative  $s = f(\log t')$  est une droite à partir de  $t' = 400$  s.

$$\text{sa pente : } \frac{0,183 Q}{k e} = 0,085$$

$$\text{comme } Q = 55,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$k e = \frac{0,183 \times 55,6 \times 10^{-3}}{0,09}$$

$$k e = 113 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{si } e = 14 \text{ m}$$

$$k \approx 8,5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Cette perméabilité ainsi déterminée est plus élevée que celle qui a été calculée précédemment.

.../...

# CHAMBERY

## ETUDE de la NAPPE

### — Repérage des Sondages —

ECHELLE: 1/1.000

NATURE	X	Y	Z (SOL)	Z (SOMMET TUBE)
PIEZO.	3		243.09	244.30
	4		242.39	244.07
	5		242.97	244.01
	S		242.92	244.17
	1		243.11	244.14
	2		242.94	244.09
PUITS 1103			243.12	244.72
PUITS Privé Pegaz-Pugest				243.77

**CET. CONSTANTIN**

Geomètre-Expert Dp16.

91 Place St Léger CHAMBERY

tel 79134-27-41

Décembre 1964

**FIG.17**

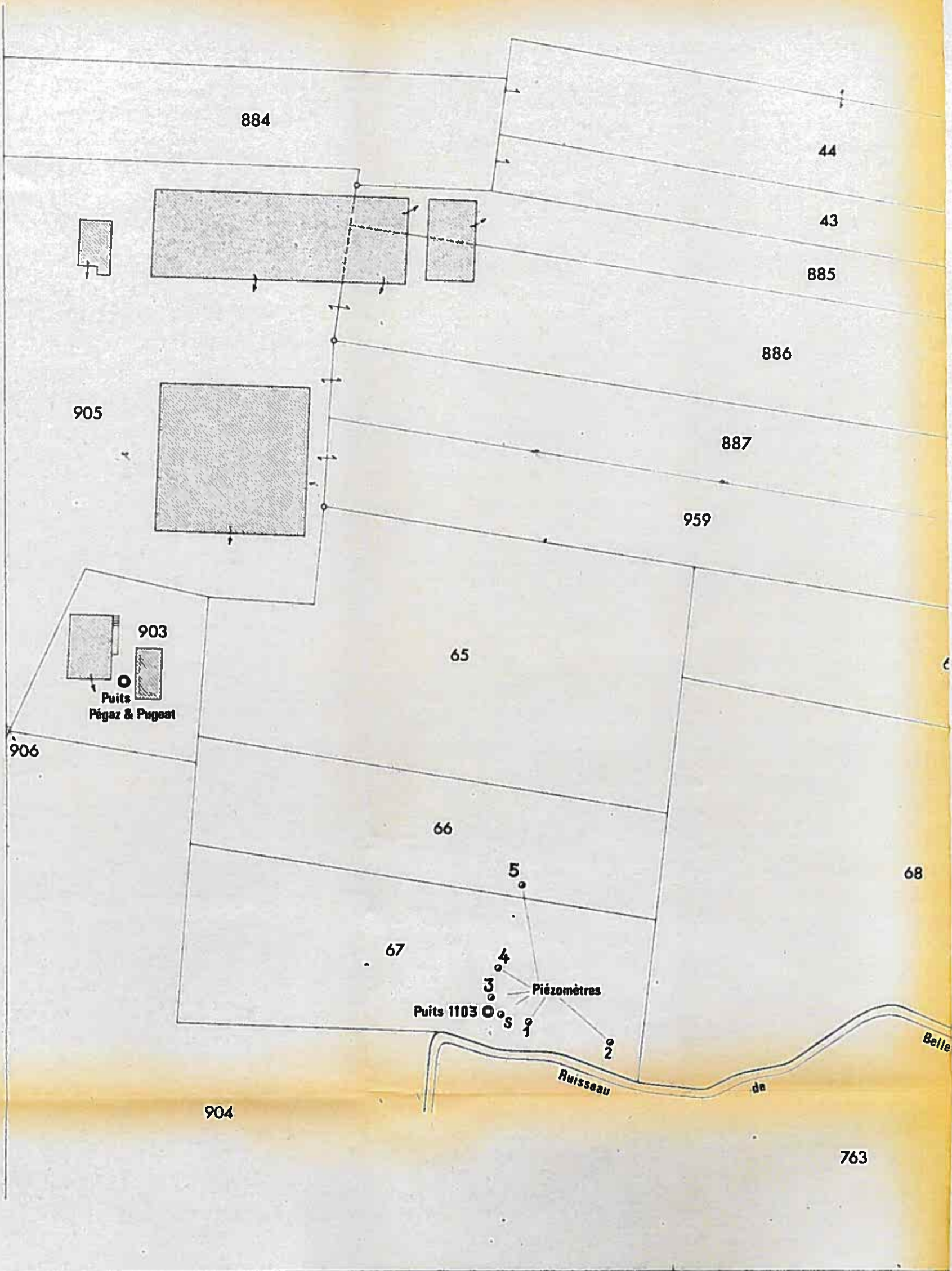
64 A 82/2



AIX

R.N. 201

CHAMBERY



884

44

43

885

886

887

959

905

65

903

Puits  
Pégaz & Pugeat

906

66

68

5

67

4

3

2

Puits 1103

Piézomètres

Ruisseau

de

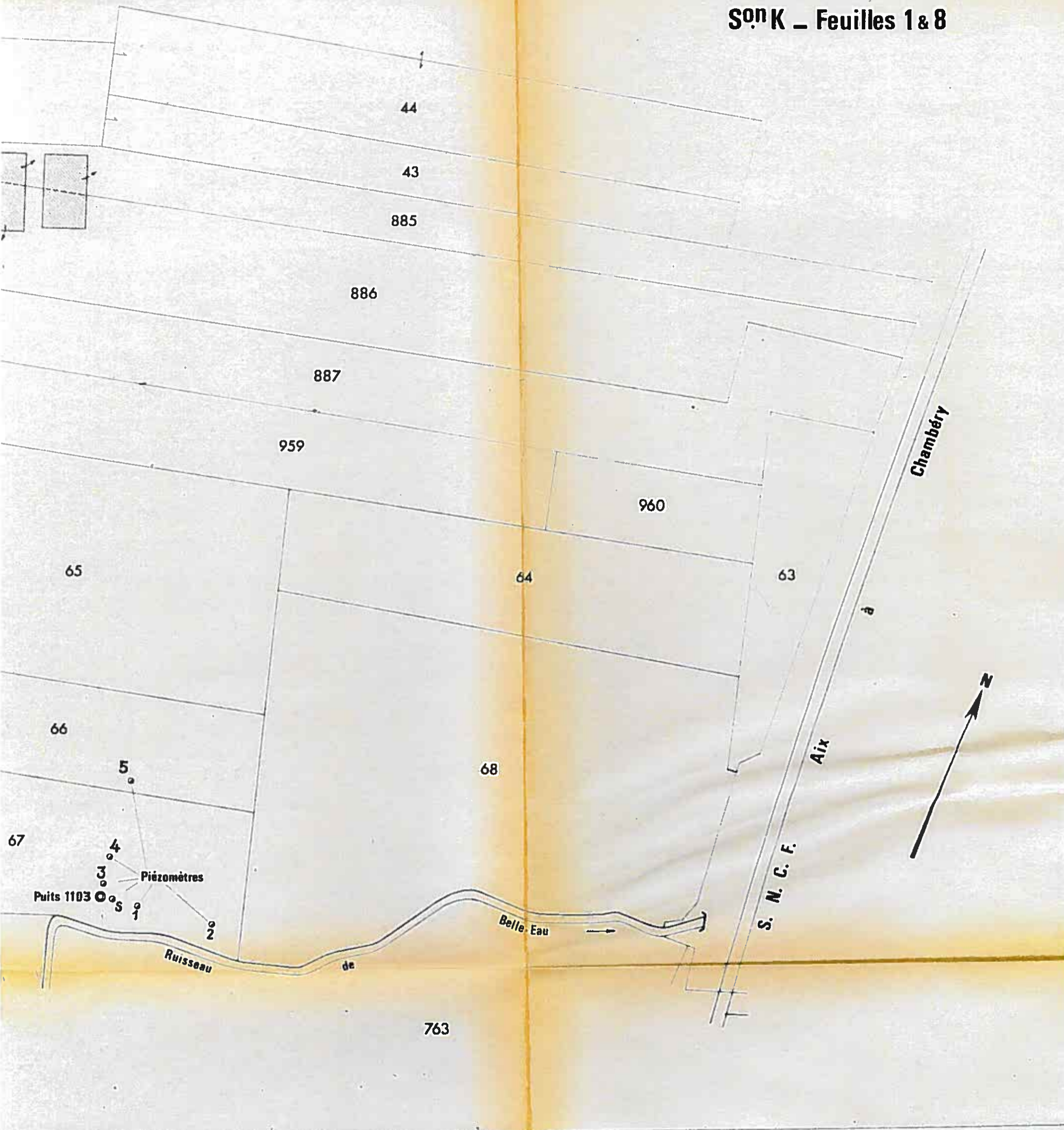
Belle

904

763

MISSON

**Extrait Cadastral**  
**S<sup>n</sup>K - Feuilles 1 & 8**



POMPAGE 1103

$$\frac{S}{Q} = f(\log \frac{t}{t_0})$$

$\delta_m$   
 $Q_{m \pm 5}$

90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

10-3 2 3 4 5 6 7 8 9 10<sup>-2</sup> 2 3 4 5 6 7 8 9 10<sup>+1</sup> 2 3 4 5 6 7 8 9 10 2 3 4 5 6 7 8 9 10

D22  
D25

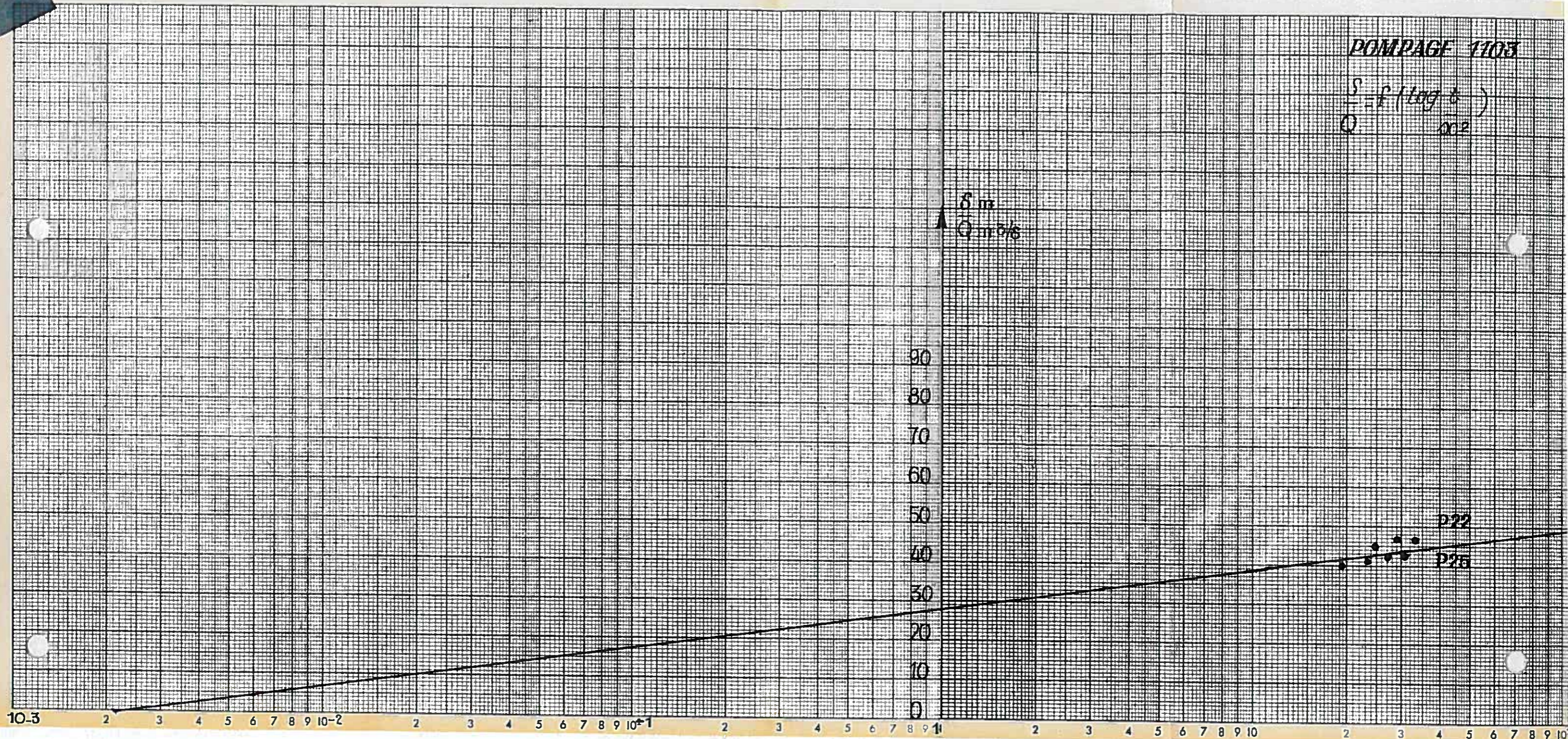


FIG.18

POMPAGE 1103

$$\frac{S}{Q} = f(\log t)$$

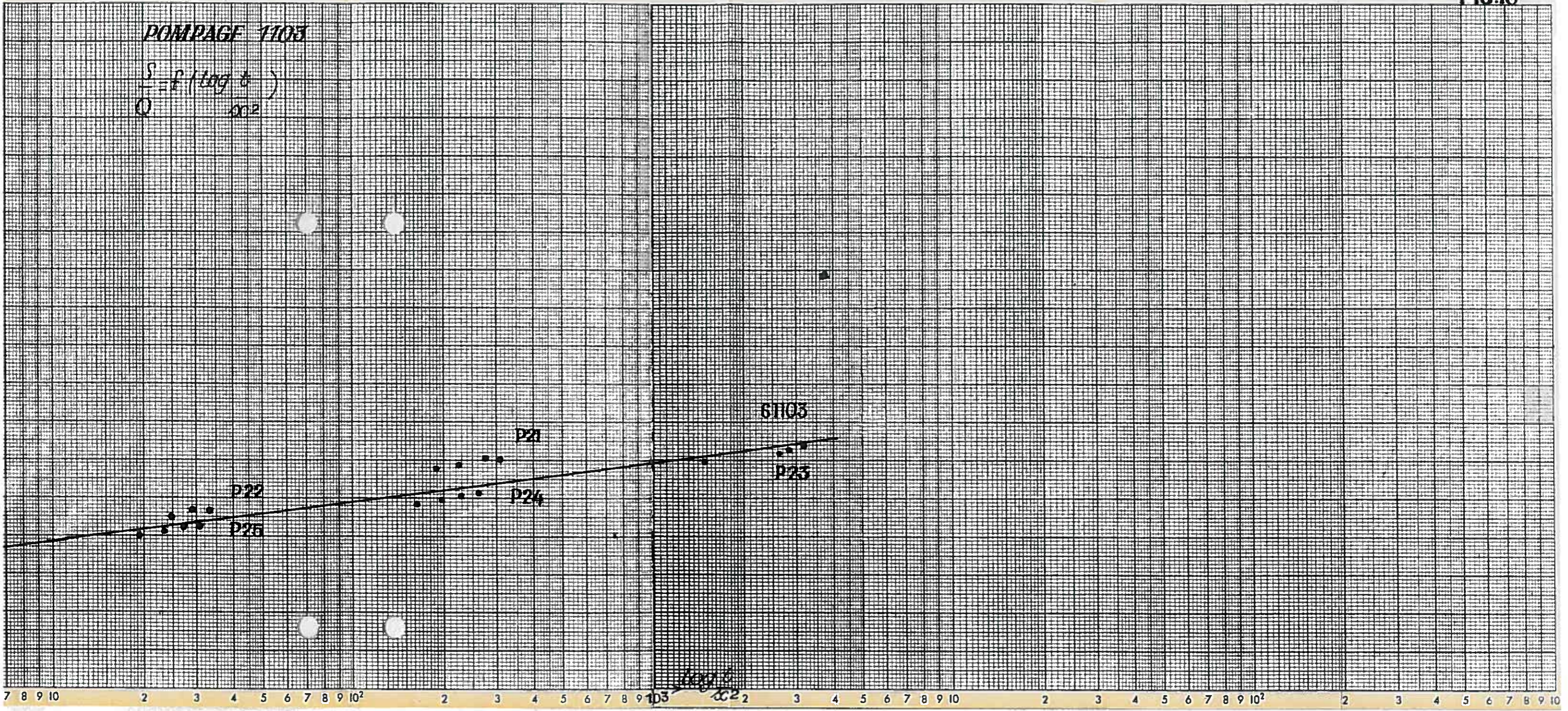
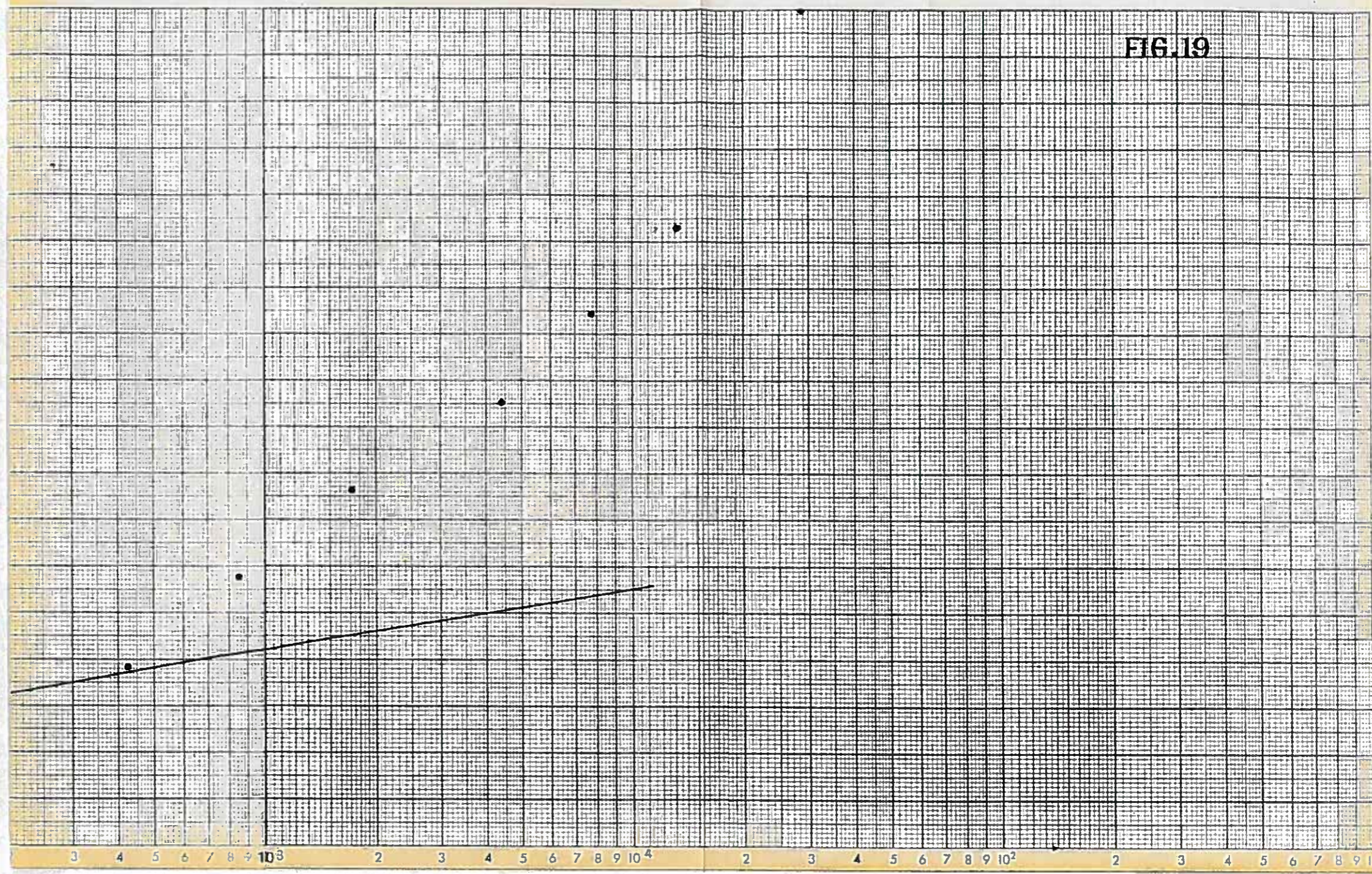
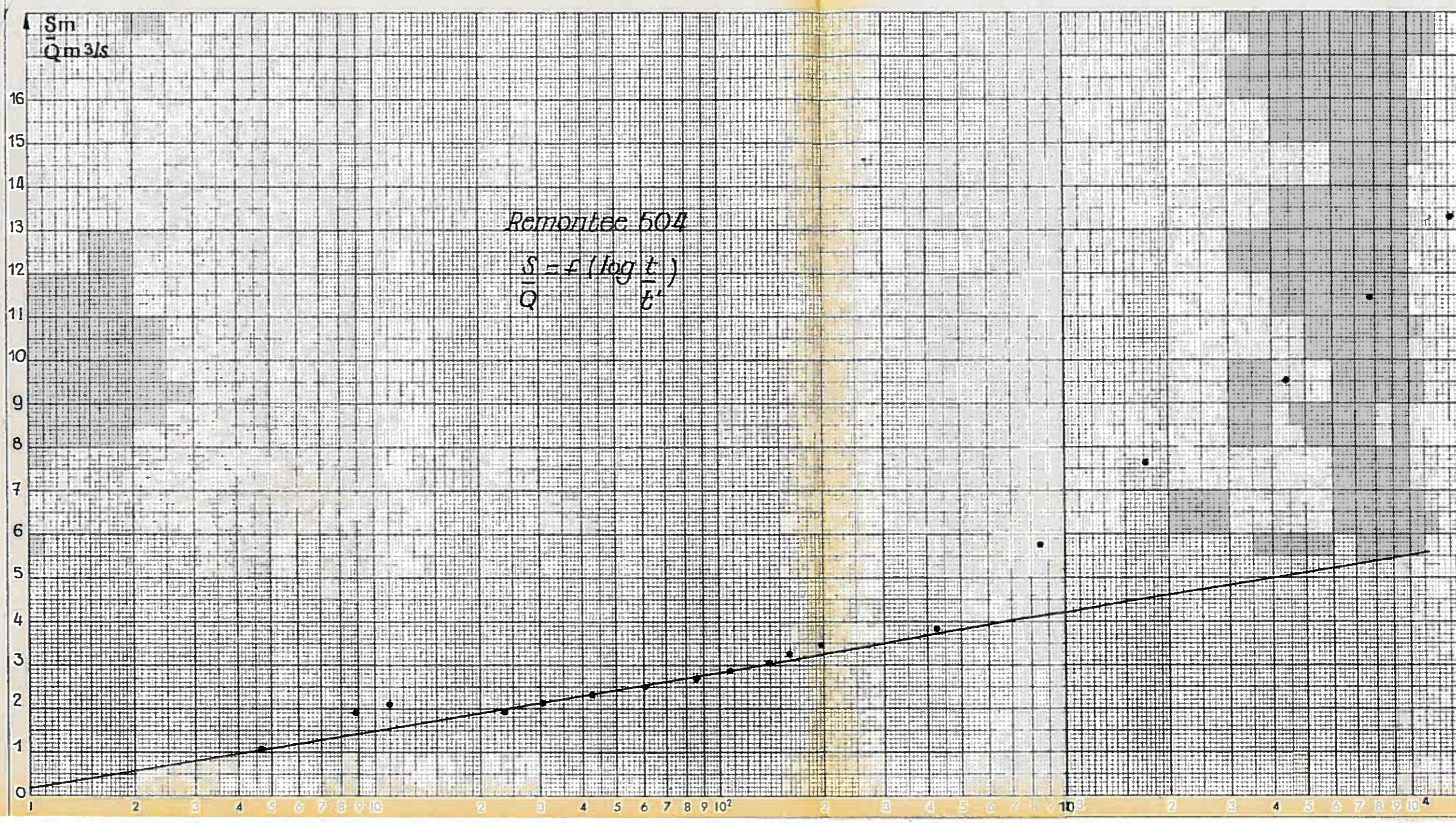


FIG. 19





FORAGE 1103

A - Pompage : (fig. 18)

la courbe  $\frac{s}{Q} = f \left( \log \frac{t}{x^2} \right)$  est une droite

dont la pente :  $\frac{0,183}{k e} = 10,5$

d'où :  $k e = 1,75 \times 10^{-2}$

si  $e = 5 \text{ m}$

$k = 3,5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

Cette droite rencontre l'axe des  $\frac{t}{x^2}$  au point

$\frac{t_0}{x} = 2,5 \times 10^{-3}$  donc :

$\frac{t_0}{x} = 2,25 k e \frac{t_0}{x^2} = 2,25 \times 1,75 \times 10^{-2} \times 2,5 \times 10^{-3} = 10^{-4}$

c'est bien l'ordre de grandeur du coefficient d'emmagasinement d'une nappe captive.

B - Remontée : (fig. 19)

la courbe  $\frac{s}{Q} = f \left( \log \frac{t}{t'} \right)$  est une droite

de pente :  $\frac{0,183}{k e} = 14$

.../...

soit : 
$$k_e = \frac{0,183}{14} = 1,3 \times 10^{-2}$$

si  $e = 5 \text{ m}$   

$$k = 2,6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

En résumé, les essais du forage 1103 mettent en évidence :

- un coefficient de perméabilité :  
 $k \approx 3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- un coefficient d'emmagasinement :  
 $\mu = 10^{-4}$

CONCLUSION

Le forage 504 apparaît plus intéressant que le 1103 en raison de sa réalimentation. On adoptera pour la perméabilité  $k = 3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  et pour le coefficient d'emmagasinement :  $\mu = 10^{-4}$ . On notera que  $\mu$  correspond à la surcharge de la nappe captive, le coefficient d'emmagasinement pratique correspondant à la nappe dénoyée est probablement de l'ordre de  $10^{-1}$ .

V - EAU SOUTERRAINE DISPONIBLE

L'estimation du débit pompable est basée sur la considération des quantités d'eau susceptibles de s'infiltrer. Cette quantité d'eau infiltrée (I) peut être déduite des quantités d'eau de précipitation (P), d'évapotranspiration (E) et de ruissellement (R), car on a la relation :

$$P = I + E + R$$

On appelle excédent d'eau, la quantité  $Q = P - E$  qui est la quantité d'eau disponible pour l'infiltration et le ruissellement. La démarche logique est d'étudier P, de calculer  $P - E = Q$  et de déduire I de la relation :

$$I = Q - R$$

.../...



quand on connaît les débits de ruissellement. Malheureusement ces données ne sont pas connues. Il existe bien deux échelles dans la région de Chambéry : celle du pont du Tremblay et celle du pont des Carmes, mais la première relevée régulièrement n'est pas entièrement tarée et la dernière abandonnée. De plus, elles ne pourraient donner que des renseignements incomplets car si l'échelle du pont des Carmes indique les débits de la Leysse et de l'Albanne réunis, une partie des eaux de ruissellement du bassin amont s'échappe par le canal de Mérande. De même, l'échelle du pont du Tremblay indique bien les débits réunis de la Leysse-Albanne et de l'Hyères mais les débits des canaux qui drainent les marais sont inconnus.

Donc tant qu'on ne disposera pas d'échelles adéquates, on ne possèdera pas de renseignements précis sur R et par conséquent sur I.

On tentera cependant d'apprécier I par des considérations qui n'auront d'autre prétention que d'en donner un ordre de grandeur.

#### A - PLUVIOMETRIE

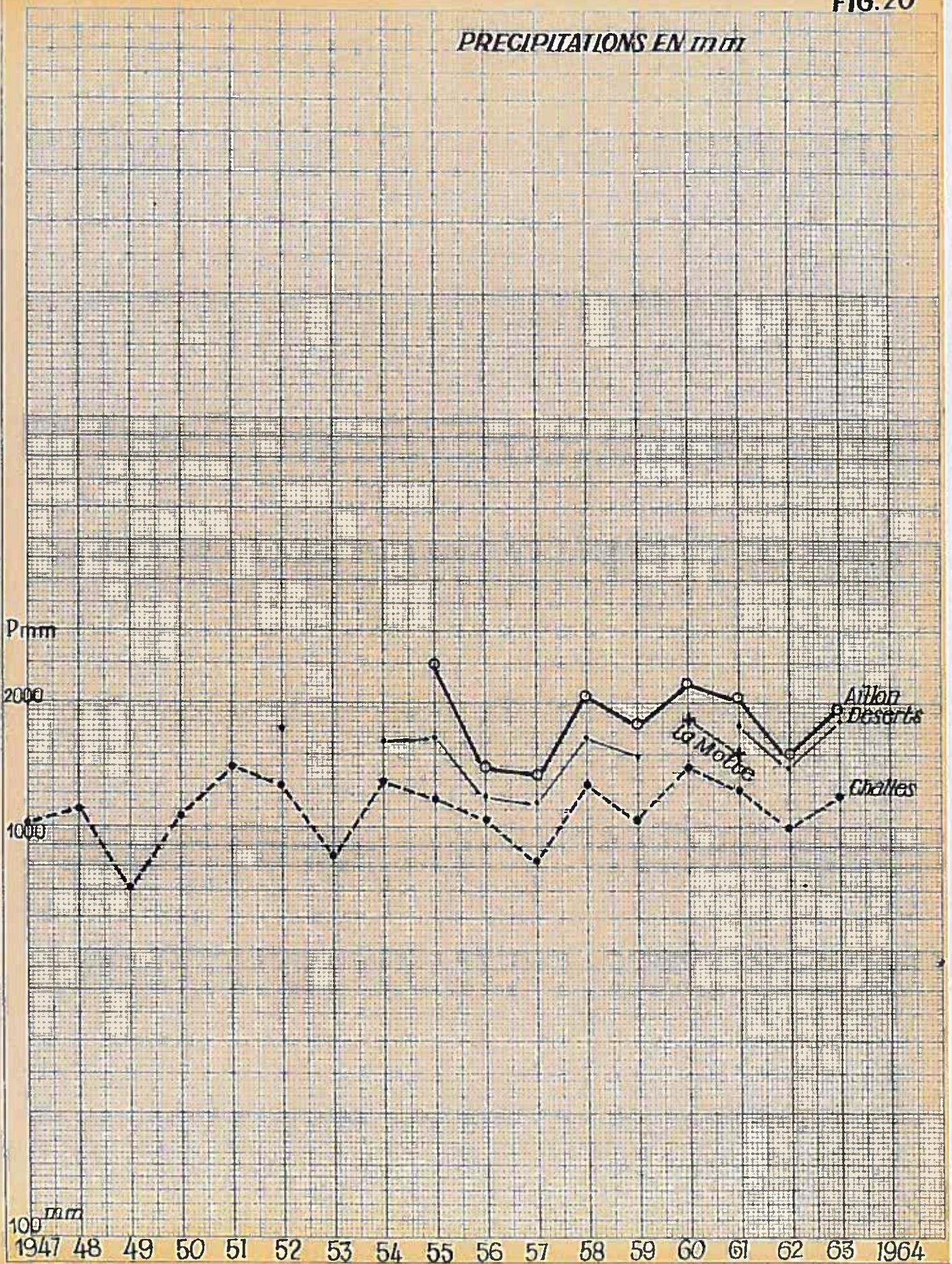
Pendant la période 1921 - 50, la pluviosité moyenne à Challes a été de 1 100 mm/an. De 1947 à 1960, le module annuel exprimé en mm est de :

1947	:	1019
1948	:	1096
<u>1949</u>	:	<u>706</u>
1950	:	1050
1951	:	1380
1952	:	1256
<u>1953</u>	:	<u>845</u>
1954	:	1267
1955	:	1159
1956	:	1032
<u>1957</u>	:	<u>832</u>

.../...

FIG. 20

PRECIPITATIONS EN mm



1958	:	1273
1959	:	1038
1960	:	1397
1961	:	1226
<u>1962</u>	:	<u>895</u>
1963	:	1178
<u>1964</u>	:	<u>822</u>

La moyenne de 1947 à 1963 est de : 1097

Elle est la mieux connue à Challes. La pluviosité de Challes est d'ailleurs la moins importante de la région et les pluviosités des autres stations peuvent se déduire de celle de Challes.

En effet, le diagramme logarithmique (fig. 20) montre que si on prend comme base le module P de Challes, les modules des autres stations pluviométriques s'en déduisent par les coefficients multiplicateurs suivants :

- Aillon	:	1,64	±	0,05
- Déserts	:	1,42	"	"
- La Motte	:	1,27	"	"
- Chambéry	:	1,05	"	"
- St Thibaud	:	1,19	"	"

La quantité totale des précipitations par rapport au module de Challes va être estimée en considérant les superficies des bassins versants déterminés par la méthode de Thiessen (ch. I) et les coefficients pluviométriques correspondants.

.../...

1°) Bassin amont - On a :

Précipitations sur les bassins dépendants de :	Superficie des bassins versants en km <sup>2</sup>		Coeff. Multip.		
Les Déserts .....	59,1	x	1,42 p	=	84 p
Aillon .....	15,6	x	1,64 p	=	25,6 p
Chambéry .....	18,4	x	1,05 p	=	19,3 p
Challes .....	66,1	x	1 p	=	66,1 p
St Thibaud .....	6,7	x	1,19 p	=	7,96 p
Total :	165,9	x	p'	=	202,96 p

Il revient donc au même de considérer la surface totale du bassin amont et de la multiplier par un coefficient tel que :

$$p' = \frac{202,96 p}{165,9} = 1,22 p$$

Et par conséquent, pour calculer la pluviosité totale du bassin on remarquera qu'il suffit de prendre la moyenne arithmétique des coefficients de Challes (P) et des Déserts (1,42 P) et de l'appliquer à tout le bassin, car on a :

$$\frac{(1,42 p + p)}{2} = 1,21 p \text{ soit } \underline{1,21} p'$$

Pour le calcul de l'excédent d'eau par la méthode de Thornwaite, on se bornera donc à étudier les stations de Challes et des Déserts en remarquant que ces stations concernent des superficies sensiblement égales et situées à des altitudes homogènes (291 m pour Challes et 1030 m pour les Déserts).

.../...

2°) Bassin de l'Hyères-Laysse aval

<u>Précipitations sur les bassins dépendants de :</u>	<u>km<sup>2</sup></u>		<u>Pluviosité</u>		
St Thibaud .....	53,8	x	1,19 p	=	64 p
La Motte .....	40,2	x	1,27 p	=	51 p
Chambéry .....	30,9	x	1,05 p	=	32,5 p
	<u>124,9</u>	x	<u>p"</u>	=	<u>147,5 p</u>

Il revient donc au même de considérer la surface totale du bassin aval et de la multiplier par un coefficient p" tel que :

$$p'' = 1,18 p \text{ soit encore } \approx p'$$

Ce coefficient est du même ordre de grandeur que le coefficient du bassin amont avec des conditions géologiques et altimétriques homologues. On pourra donc raisonnablement extrapoler les résultats du bassin amont au bassin aval où l'on ne dispose pas de renseignements certains. La quantité totale des précipitations annuelles sur le bassin chambérien peut donc être obtenue de la sorte en multipliant la superficie totale du bassin versant chambérien par un coefficient pluviométrique égal à 1,2 fois le module annuel moyen de Challes.

B - Calcul de Q (excédent d'eau) par la méthode de Thornwaite

(c.f. Annexe IV - Détail du calcul)

On aboutit au tableau suivant :

.../...

Années	P Challes	P Les Déserts	$\bar{P}$ Challes Les Dé- serts	Q Challes	Q Les Déserts	$\bar{Q}$	$\bar{Q}/\bar{P}$
1954	1267	1617	1442	523	1030	801	0,555
1955	1159	1659	1409	417	1124	770	0,546
1956	1032	1253	1142	296	720	508	0,445
1957	832	1146	989	126	611	368	0,372
1958	1273	1641	1457	495	1105	800	0,55
1959	1038	1484	1261	227	948	622	0,493
1960	1397	2059	1728	656	1205	1090	0,63
1961	1226	1752	1489	487	1217	852	0,572
1962	895	1388	1141	367	933	650	0,57
1963	1178	1801	1489	581	1266	723	0,625
1964	822	1192	1007	99	766	432	0,43

Le module moyen pluviométrique de Challes est de 1100 mm.

Le rapport  $\bar{Q}/\bar{P}$  est alors de l'ordre de 0,5.

Pour les années plus sèches, ce rapport est de l'ordre de 0,4 et pour les années humides de 0,6.

Il apparaît ainsi que 1964 a été une année particulièrement sèche, plus comparable à l'année 1957 qu'à l'année 1962.

On notera aussi que de 1955 à 1964, soit sur 10 ans, le total de l'écoulement moyen  $\bar{Q}$  est de l'ordre de 7 m. Cette donnée sera utilisée pour l'estimation du coefficient d'infiltration.

.../...

FIG.21

**BAISSE DU NIVEAU DANS LES PUIITS  
A L'AMONT DE CHAMBERY**

