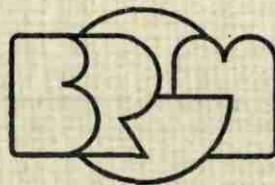


DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE

SR

**HYDROGÉOLOGIE DE LA PARTIE AMONT DE LA GALERIE
E.D.F. ARC ISERE TRAVERSANT LE MASSIF DE BELLEDONNE (73)**



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional JURA-ALPES

CONFIDENTIEL

77 SGN 438 JAL

DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE

SERVICE DU GÉNIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS

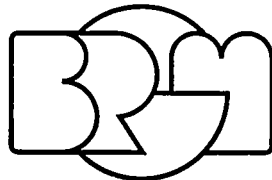
7, Avenue de Lyon — Boîte Postale 122 — 73018 CHAMBERY CEDEX

Téléphone (79) 69.05.45

**HYDROGÉOLOGIE DE LA PARTIE AMONT DE LA GALERIE
E.D.F. ARC ISERE TRAVERSANT LE MASSIF DE BELLEDONNE (73)**

par

A. PACHOUD



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B. P. 6009 — 45018 ORLEANS CEDEX — Téléphone (38) 63.80.01

Service géologique régional JURA-ALPES

B. P. 6083 — 69604 VILLEURBANNE CEDEX — Téléphone (78) 52.26.67

HYDROGEOLOGIE DE LA PARTIE AMONT
DE LA GALERIE EDF ARC-ISERE
TRAVERSANT LE MASSIF DE BELLEDONNE
PAR R. AMAT-CHANTOUX ET A. PACHOUD

77 SGN 438 JAL

RESUME

A la demande de la D.D.A. de la Savoie, le Service Géologique Régional du B.R.G.M. a effectué une étude hydrogéologique dans la galerie EDF mettant en communication les vallées de l'Arc et de l'Isère en traversant la chaîne de Belledonne.

Le but de ce travail était d'examiner la relation possible entre l'assèchement de certaines sources de surface constaté depuis 1974 et les venues d'eau rencontrées dans l'ouvrage. De plus, il était demandé d'établir si cette eau d'exhaure était potable et de déterminer dans quelles conditions elle pouvait être captée.

Modalités administratives : Contrat d'étude D.D.A. - B.R.G.M. en date du 29 avril 1977

Conclusions : Le creusement de la galerie a une influence sur le tarissement de sources situées dans le territoire des communes de Saint Etienne de Cuines et de Saint Rémy. L'eau rencontrée dans la galerie jusqu'au Pm 6100 est faiblement minéralisée et potable. Mais il n'est pas prouvé que le débit d'exhaure de 400 l/sec pourra se maintenir ; pour avoir une certitude une observation sur plusieurs cycles annuels serait nécessaire, mais la réalisation de ces mesures est exclue du fait de l'imminence du bétonnage de l'ouvrage. Une esquisse d'un programme de captage est donné.

Interlocuteur de la D.D.A. Savoie	Monsieur de Saint VAULRY - Ing.GREF
Ingénieur chargé de l'étude	A. PACHOUD
Technicien ayant participé à l'étude	R. AMAT-CHANTOUX
Secrétaire	A. BONNAFOUX
Dessinateur	M. RODET

Ce travail a été facilité par les renseignements fournis par la DDA et les services de l'Equipement et de la Géologie de l'E.D.F. Nous tenons à les remercier. Nous avons bénéficié du concours du Laboratoire de Recherches Contrôles et Expertises de Genève pour le chapitre traitant des captages

Outre le résumé, ce rapport contient 31 pages de texte, 8 figures(dans le texte), 2 tableaux (dans le texte) et 21 annexes (hors texte).

TABLE DES MATIERES



	<u>pages</u>
1. INTRODUCTION	5
2. CONDITIONS TECHNIQUES DE L'OUVRAGE E.D.F.	5
3. CARACTERES GEOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT AU-DESSUS DU TRONCON DE L'OUVRAGE ETUDIE	6
4. CONDITIONS GEOLOGIQUES	7
5. PERMEABILITE DES TERRAINS	9
6. CLIMAT ET PRECIPITATIONS	10
7. HYDROGEOLOGIE	10
7.1. Sources et eau de surface	10
7.2. Principales venues d'eau dans la galerie	13
7.3. Débit d'exhaure	16
8. QUALITE DES EAUX RENCONTREES PAR LA GALERIE	20
9. RELATION ENTRE LE DEBIT DES SOURCES ET LA SECHERESSE DE 1976	22
10. RELATION ENTRE LE DEBIT DES SOURCES ET LE PERCEMENT DE LA GALERIE	22
10.1. Commune de St. Rémy	22
10.2. Commune de St.Etienne de Cuines	24
10.3. Commentaire sur le tarissement	24
11. ESTIMATION DE L'EVOLUTION DU DEBIT D'EXHAURE	25
12. RECUPERATION DE L'EAU	26
13. METHODE POSSIBLE DE CAPTAGE EN GALERIE	27
13.1. Dans le granite et le gneiss	27
13.2. Dans les schistes et micaschistes	27
14. COLLECTE	28
14.1. Diamètres et longueurs	28
14.2. Débit et vitesse	28
15. RENTABILITE DES CAPTAGES	29
16. CONCLUSIONS	29

LISTE DES FIGURES (dans le texte)

=====

<u>N° des figures</u>	<u>Pages</u>
Fig.4 - Coupe géologique de la galerie Arc-Isère partie amont (Maurienne)	8
Fig.6 - Pluviométrie - Hauteurs moyennes des précipi- tations à Ste Marie de Cuines et à St. Alban des Villards	11
Fig.72 - Principales venues d'eau	14
Fig.73a - Courbe de débit du canal d'exhaure en fonction de l'avancement des travaux	17
Fig.73b - Débit instantané par section de la galerie - Histogramme - Mesures du 05 Juillet 1977 .	18
Fig.73c - Débit cumulé du canal d'exhaure en fonction de l'avancement de la galerie	19
Fig.9 - Chronologie du tarissement des sources jau- gées de St.Etienne de Cuines et de St.Rémy de Maurienne	23
Fig. 15 - Relations entre le débit, les distances et le coût des captages éventuels	30

TABLEAUX

<u>Tableau 72</u> : Liste de tous les points d'eau observés en galerie	15
<u>Tableau 8</u> : Résultats des analyses d'eau de la galerie . .	21

LISTE DES ANNEXES

=====

<u>N° des annexes</u>		<u>Pages</u>
Annexe 3	: Plan de situation de la galerie Arc-Isère et des sources de surface	hors texte
Annexe 72	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines - S1 - Source de la Ravoire (920 m).	32
Annexe 73	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines - N°2 - Source de Briand (1000 m).	33
Annexe 74	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (n°3) Source du Cotendon n°1. n°3b) Source du Cotendon n°2.	34
Annexe 75	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (N°4) Source de Katiou (810m)	35
Annexe 76	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (n°5) Source de Lavorge (770 m).	36
Annexe 77	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (n°6) Source de Villaron (730 m).	37
Annexe 78	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (n°7) Source de Fontagneux (580 m)	38
Annexe 79.	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (n°9) Source Cecile (510 m).	39
Annexe 710	: Courbe de débit de sources de St.Etienne de Cuines (n°11) Source des Chaudannes (460 m)	40
Annexe 711	: Courbes de débit de sources de St.Etienne de Cuines - S13 (1020 m) Bellot-Hustache-Julien S14b (1060 m) Doucy 2 - S14 (1050 m) Doucy S17 (1060 m) Poutet - S18 (910 m) Bois Bourgeois	41

Liste des Annexes - suite

	<u>Pages</u>
Annexe 712 : Courbes de débit de sources de St. Etienne de Cuines S22 (1510 m) Chaelletret (perdue dès 1973) S26 (1600 m) Chalet Forestier S21 (1610 m) Barbouillon S15 (1200 m) De l'Arche n°1. S16 (1200 m) De l'Arche n°2	42
Annexe 713 : Courbe de débit de ruisseaux de St. Rémy de Maurienne n°1.- Ruisseau de l'Arche	43
Annexe 714 : Courbe de débit de ruisseaux de St. Rémy de Maurienne n°12 - Ruisseau de Lescherette	44
Annexe 715 : Courbe de débit de sources de St. Rémy de Maurienne n°3 - Source de Pré-Michel	45
Annexe 716 : Courbe de débit de sources de St. Rémy de Maurienne n°4 - Source de la Lauze	46
Annexe 717 : Courbe de débit de sources de St. Rémy de Maurienne N°5.- Source de Beauregard et de Pré Marchand	47
Annexe 718 : Courbe de débit de sources de St. Rémy de Maurienne n°7.- Source des Perelles de l'Arche	48
Annexe 719 : Courbe de débit de sources de St. Rémy de Maurienne n°11 - Bassin du hameau de St.Sulpice	49
Annexe 720 : Courbe de débit de sources de St. Rémy de Maurienne n°12 - Source de Marzot	50
Annexe 721 : Courbe de débit de ruisseaux de St. Rémy de Maurienne n° 15 - Ruisseau des Cubières	51

1. INTRODUCTION

A la demande de la Direction départementale de l'Agriculture de la Savoie, le Service géologique régional Jura-Alpes a effectué une étude hydrogéologique sur les 6 premiers kilomètres de la galerie Arc-Isère côté amont, en rive gauche de la vallée de la Maurienne.

Cette étude a été motivée par les très nombreuses venues d'eau rencontrées par le percement de cette galerie. Il s'agissait de savoir si ces venues étaient pérennes ou temporaires et si leurs propriétés physico-chimiques et bactériologiques permettaient leur utilisation ; il était nécessaire aussi de connaître les débits disponibles ainsi que les conditions d'émergence pour permettre la récupération éventuelle des écoulements principaux. De plus, compte tenu des conditions géologiques du massif traversé, la relation existant entre les eaux de surface notamment les captages alimentant les villages proches et l'eau souterraine mise en évidence par la galerie devait être recherchée.

Ces différents examens ont été effectués au mois de Juin 1977 c'est à dire en période de fonte des neiges particulièrement abondantes en altitude cette année et durant une pluviosité assez forte.

2. CONDITIONS TECHNIQUES DE L'OUVRAGE E.D.F.

La galerie Arc-Isère fait partie de l'aménagement général du cours de l'Arc par l'E.D.F. Cet ouvrage correspond à la tranche Arc inférieur qui, en traversant le massif de Belledonne, amène les eaux de l'Arc

à l'usine de Cheylas sur le versant occidental de la chaîne, dans le département de l'Isère.

La galerie aura 19 km dont 18 km sans fenêtre ; elle passe sous le Pic du Frêne qui culmine à 2.805 m. Son diamètre de dérochement est de 5,80 m ; les débits dérivés seront d'environ 63 m³/s.

L'entrée de la galerie se trouve en Maurienne immédiatement au Sud du village de St. Etienne de Cuines, à l'aval de la vallée du Glandon. Elle débouche dans le département de l'Isère à St. Pierre d'Allevard. Une fenêtre d'environ 700 m de long a été creusée légèrement au Nord de l'entrée principale, proche du lieu dit le Crêt du Nant. L'intersection galerie-fenêtre constitue le point métrique 0 (Pm 0) de l'ouvrage actuellement en percement. Tous les Pm que nous citerons dans ce rapport auront donc ce point comme origine.

Le percement de la galerie a débuté en 1974.

3. CARACTERES GEOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT AU-DESSUS DU TRONCON DE L'OUVRAGE ETUDIE. (Annexe 3)

Notre étude ne porte que sur le tronçon de la galerie qui a été forée jusqu'au début de juin 1977 soit une longueur de 6,1 km.

A ce Pm, l'ouvrage arrive approximativement à la verticale du sommet de la chaîne qui limite le flanc de montagne constituant la couverture du tronçon de galerie étudié ici. Cette région montagneuse comprend plusieurs bassins versants de torrents notamment celui du Nantet qui rejoint le Glandon à l'amont de St Etienne de Cuines et le bassin du torrent de la Lescherette, le plus important, qui se jette dans l'Arc à St. Rémy. Cette partie du flanc oriental de Belledonne s'étend dans les altitudes 429 m et 2763 m dans la vallée de l'Arc au Pic du Crozet.

La forêt tapisse les pentes jusqu'à 1800 m environ, quelques alpages lui font suite, concentrés surtout dans le haut du vallon de La Lescherette. Au-dessus, les pentes deviennent très raides, c'est le domaine des falaises et des éboulis de la haute montagne dont le sommet dessine une crête aigüe entre le Pic du Frêne à 2.805 m et le Grand Miceau à 2.619 m.

Entre les vallons du Nant et de la Lescherette, la topographie forme une petite crête perpendiculaire à la chaîne principale qui se termine au-dessus de la vallée de l'Isère par des rochers appelés Clochers des Pères à 2416 m ; ceux-ci dominent un versant forestier de forte pente, uniforme, peu entaillé par l'érosion torrentielle, à la base duquel se trouve l'entrée de la galerie et de la fenêtre du Crêt du Nant.

4. CONDITIONS GEOLOGIQUES.

La galerie EDF est creusée à partir de la fenêtre du Crêt du Nant dans la chaîne cristalline de Belledonne dont les différents éléments sont orientés NE.SW. Par contre, l'entrée de la galerie située à St. Etienne de Cuines se trouve dans les formations sédimentaires du Lias, en couverture sur le socle de Belledonne.

D'après la géologie de surface, l'ouvrage devait traverser d'Est en Ouest une première unité granitique appelée granite de St. Colomban des Villards puis rencontrer une zone tectonisée schisteuse connue sous le nom d'"accident de Fond de France", au-delà de ce réseau fracturé on devait reconnaître des micaschistes et des gneiss appelés "série verte et série brune" suivie vers l'Ouest par l'important massif granitique des Sept Laux - Epierre qui constitue l'axe central de la chaîne de Belledonne.

Les prévisions stratigraphiques ont bien été vérifiées par l'ouvrage sauf que le granite de St. Colomban était moins développé que prévu car était en partie remplacé par des séries d'anatexite.

COUPE GEOLOGIQUE DE LA GALERIE JUSQU'A Pm 6100

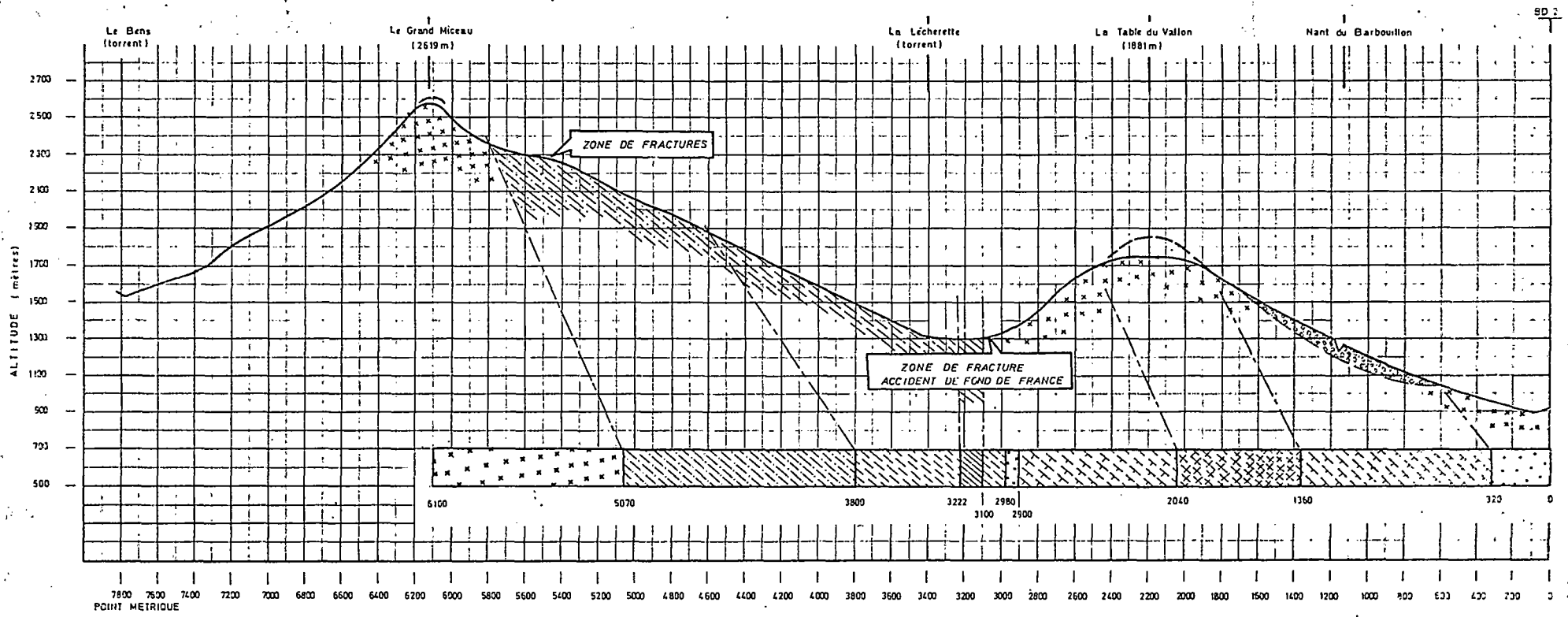
de PK 0 à 320	:	granite de St. Colomban
320 à 1360	:	anatexite rubané
1360 à 2040	:	anatexite à faciès granitoïde
2040 à 2900	:	anatexite
2900 à 2980	:	granite franc
2980 à 3100	:	série verte amphibolithique
3100 à 3222	:	schistes esquilleux compacts ("accident de Fond de France")
3222 à 3800	:	schistes et gneiss = série verte
3800 à 5070	:	schistes et gneiss = série brune
5070 à 6100	:	granite

COUPE GEOLOGIQUE DE LA GALERIE ARC-ISERE - PARTIE AMONT (MAURIENNE)

FIGURE 4

W - NW

E - SE



NOTA: La géologie de surface a été reportée d'après les levés de P. BORDET. La différence lithologique qui semble exister entre la géologie de surface de la Table du Vallon et les terrains rencontrés par la galerie n'est due qu'à une analyse pétrographique plus fine de celle-ci. En fait les anatexites sont très proches des granites.

Quant aux failles de surface, mis à part l'accident de Fond de France, celles signalées sur le tronçon de la galerie qui nous occupe ici, sont peu importantes. On en relève seulement quelques unes près des crêtes de la chaîne dans la région du Grand Miceau. Toutes sont orientées vers le Nord-Est comme l'ensemble de la chaîne. Dans la galerie "à travers bancs", parmi les multiples fractures qui ont été rencontrées, certaines étaient "en direction", c'est à dire parallèles à l'ouvrage donc orientées vers le Nord-Est, notamment entre les Pm 2040 et 2900 et vers le Pm 6180 où, lors du percement, une importante venue d'eau se produisait le long d'une fissure légèrement oblique par rapport à l'axe de l'ouvrage.

Enfin, au lieu d'une disposition stratigraphique monoclinale des couches, l'étude structurale très détaillée permettait de mettre en évidence un certain nombre de replis, pas forcément parallèles à l'axe de la chaîne. Cette diversité tectonique insoupçonnée jusqu'alors explique notamment l'importance de la fracturation de ces roches cristallines et par suite la relative facilité de la circulation des eaux souterraines.

On peut s'interroger sur la correspondance des failles de surface et celles rencontrées par la galerie. La continuité d'un accident est difficile à établir car le plus souvent il ne s'agit pas d'une seule fracture mais d'un réseau de cassures qui s'anastomosent les unes aux autres. L'identification est plus facile si on considère l'ensemble d'une zone de fracturations : par exemple la discontinuité connue en surface sous le nom d'"accident de Fond de France" se retrouve en galerie entre les Pm 3100 et 3222.

5. PERMEABILITE DES TERRAINS.

Comme nous l'avons dit plus haut, les différentes roches cristallines rencontrées par la galerie : aussi bien les granites, les anatexites, les gneiss et les schistes cristallins ont de très faibles porosité et perméabilité, il n'y a pas d'horizons provenant de l'altération du massif granitique comme par exemple des arênes qui puissent être de bons réservoirs. La circulation de l'eau souterraine et son stockage se font uniquement grâce à la fissuration de la roche.

Les éboulis et les formations glaciaires assez développés en surface sont souvent parcourus par petits réseaux aquifères et donnent lieu à des émergences notables ; tel était le cas des importantes sources de l'Arche et du Servion sur la commune de St. Etienne de Cuines. Mais il ne semble pas que l'éboulis soit un réservoir, il n'est qu'un collecteur de l'eau qui sort par des multiples fissures de la roche.

6. CLIMAT ET PRECIPITATIONS

Le climat de cette partie de la Maurienne est celui des Alpes du Nord en général sans être celui de la haute montagne malgré l'altitude élevée du centre de la chaîne.

Il existe deux stations de mesures météorologiques. L'une à Ste Marie de Cuines à 543 m, la seconde à St. Alban des Villards à 1100 m.

Le graphique des précipitations (fig.6) indique qu'il pleut plus en altitude qu'en plaine. En 1975, année moyenne, il est tombé 890 mm à Ste Marie de Cuines et 1035 mm à St. Alban des Villard. Les plus fortes précipitations se produisent en début et en fin d'année, les plus faibles en été. En altitude, au-delà de 1.800 m, elles tombent sous forme de neige à partir d'octobre ou de novembre.

La crue annuelle se produit au moment de la fonte, c'est à dire Mai-Juin. En juillet, la décrue est déjà amorcée car la chaîne de Belledonne ne possède pas de glaciers suffisamment importants pour que leur fonte d'été ait une influence sur le débit des rivières.

Le déficit de pluviosité de 1976 avait commencé dès les premiers mois de l'année comme l'indique les hauteurs moyennes mensuelles de précipitations (fig. 6). Les conséquences de cette sécheresse sur le tarissement de certaines sources seront examinées dans un autre chapitre.

7. HYDROGEOLOGIE.

7.1. Sources et eau de surface

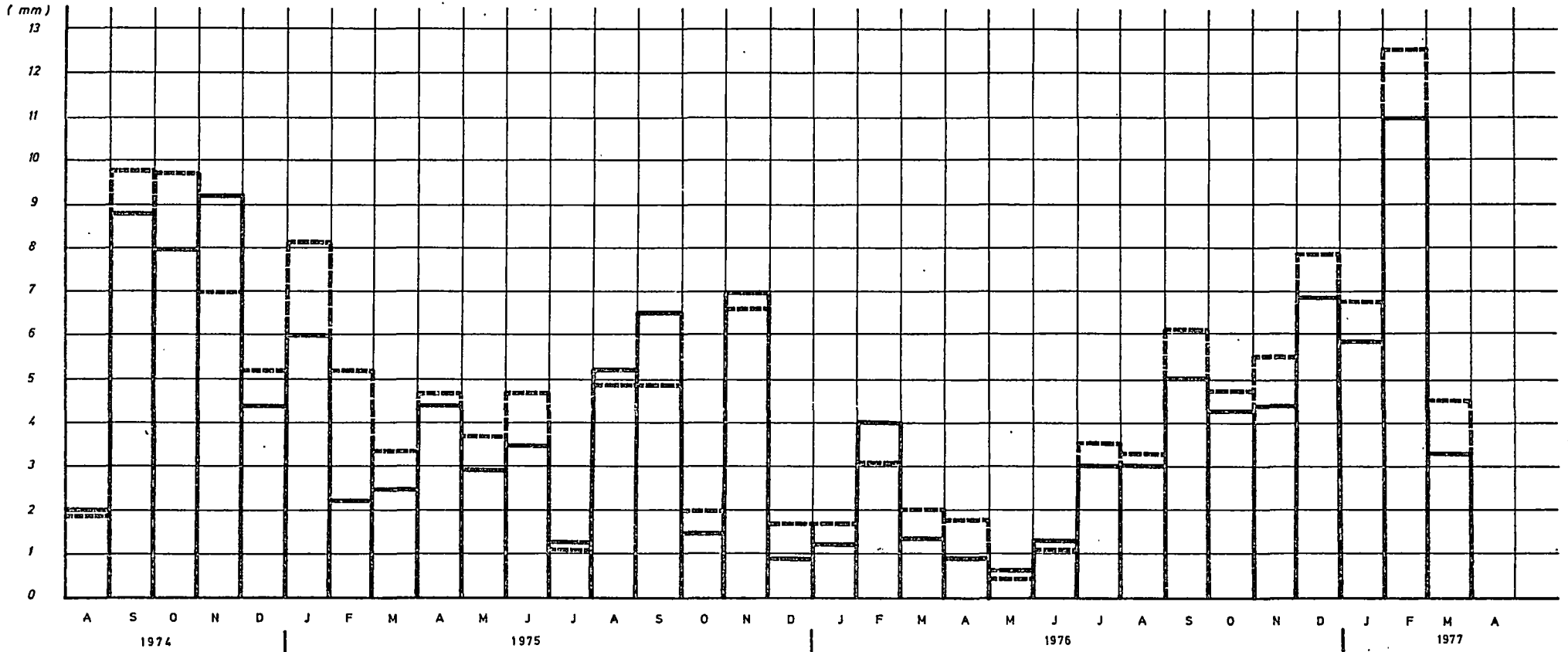
Sur ce versant de montagne, les sources étaient nombreuses et abondantes, nous n'avons pris en considération que les émergences dont le débit moyen était égal ou supérieur à 1 l/sec.

FIGURE 6

PLUVIOMETRIE

HAUTEURS MOYENNES DES PRECIPITATIONS A S^{te} MARIE DE CUINES ET A S^t ALBAN DES VILLARDS

— Précipitations à S^{te} MARIE DE CUINES (+543m)
 - - - Précipitations à S^t ALBAN DES VILLARDS (+1100m)



Des jaugeages réguliers ont été effectués depuis 1968 ou 1974 par les services de l'E.D.F. et de la D.D.A.

En 1977, sur la commune de St Etienne de Cuine, sur 27 points d'eau suivis, 19 ont tari, sur la commune de St. Rémy 11 ont été suivis, 3 ont tari.

Nous examinerons brièvement chaque secteur.

Commune de St. Etienne de Guines.

a. Sources entre le Chef lieu et la Forêt de Cuchet.

(annexes n° 3 - 7.2 - 7.4 - 7.5 - 7.6 - 7.7 - 7.8 - 7.9)

Un certain nombre d'émergences réparties pour la plupart le long de la route conduisant au village des Côtes sortaient des fissures du Lias. Leur débit était de l'ordre de quelques dizaines de litres par minute. Beaucoup se sont tariées durant les années 1975 et 1976. Toutes se trouvent à proximité du tracé du début de la galerie, avant le point de rencontre avec la fenêtre du Crêt du Nant.

b. Sources de l'Arche et de Servion - sur le flanc Est de la Table du Vallon (annexes n° 3 - 7.11 - 7.12)

Des sources abondantes se trouvaient entre les altitudes 1290 m à 1100 m environ entre le Nant de Barbouillon au Sud et le ruisseau de Pomarey au Nord. Elles sortaient des anciennes moraines et des éboulis qui tapissent à ce niveau le Cristallin sous-jacent.

Les nombreuses émergences de la Combe de l'Arche dont l'eau circulait parmi les éboulis étaient à l'origine de quatre petits ruisseaux coulant près des chalets du même nom. En étiage leur débit cumulé était d'environ 7 l/sec. La plupart sont actuellement tariées depuis 1974 et 1975.

Près des chalets de Servion, quatre sources sortant également d'éboulis avaient un débit assez important. Elles sont toutes tariées depuis 1975. Les émergences sont proches du tracé de la galerie qui passe à l'amont des éboulis et des moraines qui servaient de collecteurs aux sources.

Commune de St. Rémy

Les émergences du territoire de cette commune sont plus éloignées du tracé de la galerie que les précédentes, sauf les points d'eau situés à l'amont de la combe de La Lescherette.

Pratiquement toutes proviennent d'éboulis ou d'anciennes moraines. Deux groupes peuvent être distingués :

Sources situées autour du Replat (annexes n° 3 - 717- 718)

Elles sortent d'anciennes moraines. Parmi les quatre points d'eau situés dans le secteur du Tremblay et du Replat, deux, les plus au Sud, les plus proches de la galerie ont tari en 1975 et 1976.

Sources du vallon de Lescherette (annexes n° 3 - 714- 715- 716)

Ce vallon correspond à l'accident de Fond de France et la dépression est constituée de schistes compacts. De plus et contrairement aux autres émergences étudiées jusqu'à maintenant, le bassin versant est bien défini puisqu'il remonte jusqu'à la crête au Grand Rocher. Aucune source répertoriée n'a tari dans cette dépression dont la partie haute recoupe le tracé de la galerie.

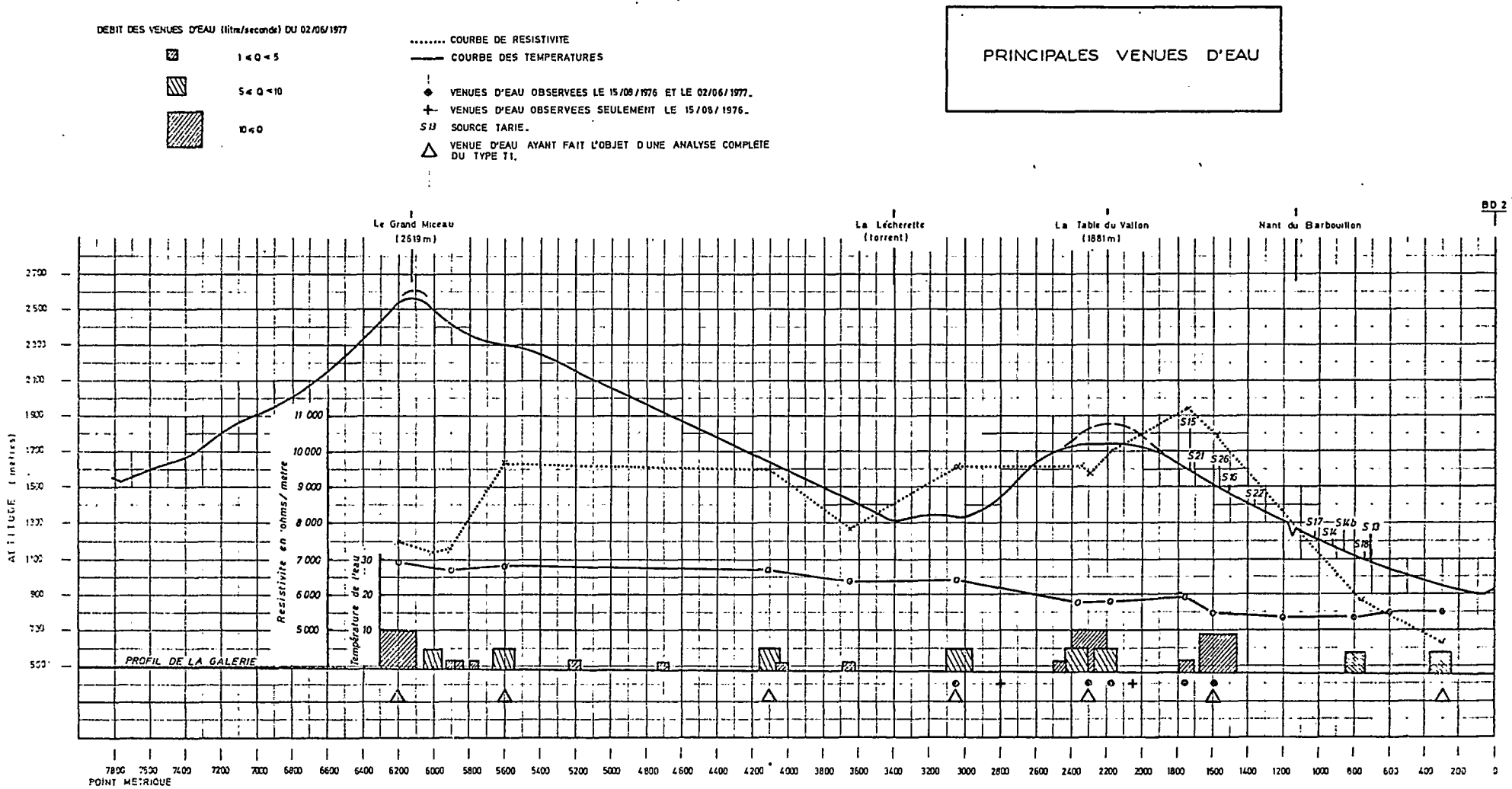
7.2. Principales venues d'eau dans la galerie

Le percement de la galerie a rencontré des venues d'eau abondantes ; le débit de certaines a baissé rapidement en fonction du temps, d'autres se sont maintenues.

La fig.7.2 situe les principales émergences tout au long de l'ouvrage. Nous n'avons pris en compte que les venues dont le débit est $>$ à 1 l/sec. Nous avons fait un premier relevé des points d'eau en Septembre 1976, et un second en Juin 1977 (Tableau 72) ce qui donne d'utiles indications sur la pérennité des débits.

Le plus souvent, l'eau s'écoule par des fissures de la roche, la longueur de la fracture est comprise en moyenne entre 4 et 5 à 6 mètres, plus rarement elle sort aussi par d'anciens trous de mine. D'une façon générale, les émergences ponctuelles d'un débit notable sont rares.

FIGURE 72



LISTE DE TOUS LES POINTS D'EAU OBSERVÉS EN GALERIE

- En septembre 1976 (Fond à 4490 - Débit d'exhaure - 220 l/sec - Période sèche
- En juin 1977 (Fond à 6182 - Débit d'exhaure 400 l/sec - Période pluvieuse

<u>Septembre 1976</u>	<u>Juin 1977</u>
.	1575
1600	.
1730	.
.	1760
.	1785
1830	.
2050	.
2180	2180
2210	.
.	2295
2300	2300
.	2350
.	2450
2800	.
3020	3025
3100	.
	3655
	4055
	4115
	4732
	5200
	5600
	5783
	5870
	5887
	5995
	6180

L'examen de la position des venues par rapport au relief (Fig. 72). montre que les principales d'entre elles se situent aux environs des Pm 6000 et entre 2500 et 1500 ce qui correspond aux lignes de crête de la topographie. Notons cependant que le débit initial des venues situées sous la Table du Vallon a fortement diminué avec le temps. Pour celles localisées autour du Pm 6000, nous n'avons pas le recul de temps nécessaire. Par contre, dans la zone de l'accident de Fond de France matérialisé par la dépression du torrent de la Lescherette, les venues en galerie sont moins abondantes, ce qui s'explique du fait de la présence de schistes argileux compacts le long de cette discontinuité géologique. Mais, elles semblent plus constantes.

7.3. Débit d'exhaure.

Au début des travaux, la courbe du débit du canal d'exhaure en fonction de l'avancée du percement de la galerie (fig.73a) indique une augmentation proportionnelle à l'avancement, ce qui correspond à la traversée du relief de la Table du Vallon. Ensuite, le débit fléchit pour recommencer à croître lorsque la galerie approche de l'axe de la chaîne, c'est à dire à l'épaisseur maximale de la couverture.

Ces conclusions sont confirmées par les mesures de débit par sections qui ont été effectuées en juin 77 (fig.73b). Cette courbe montre deux zones maximales. La première correspond à la dépression de La Lescherette et au flanc Est de la Table du Vallon.

La seconde se trouve vers 6000 m sous le Grand Miceau, crête de la chaîne principale de Belledonne.

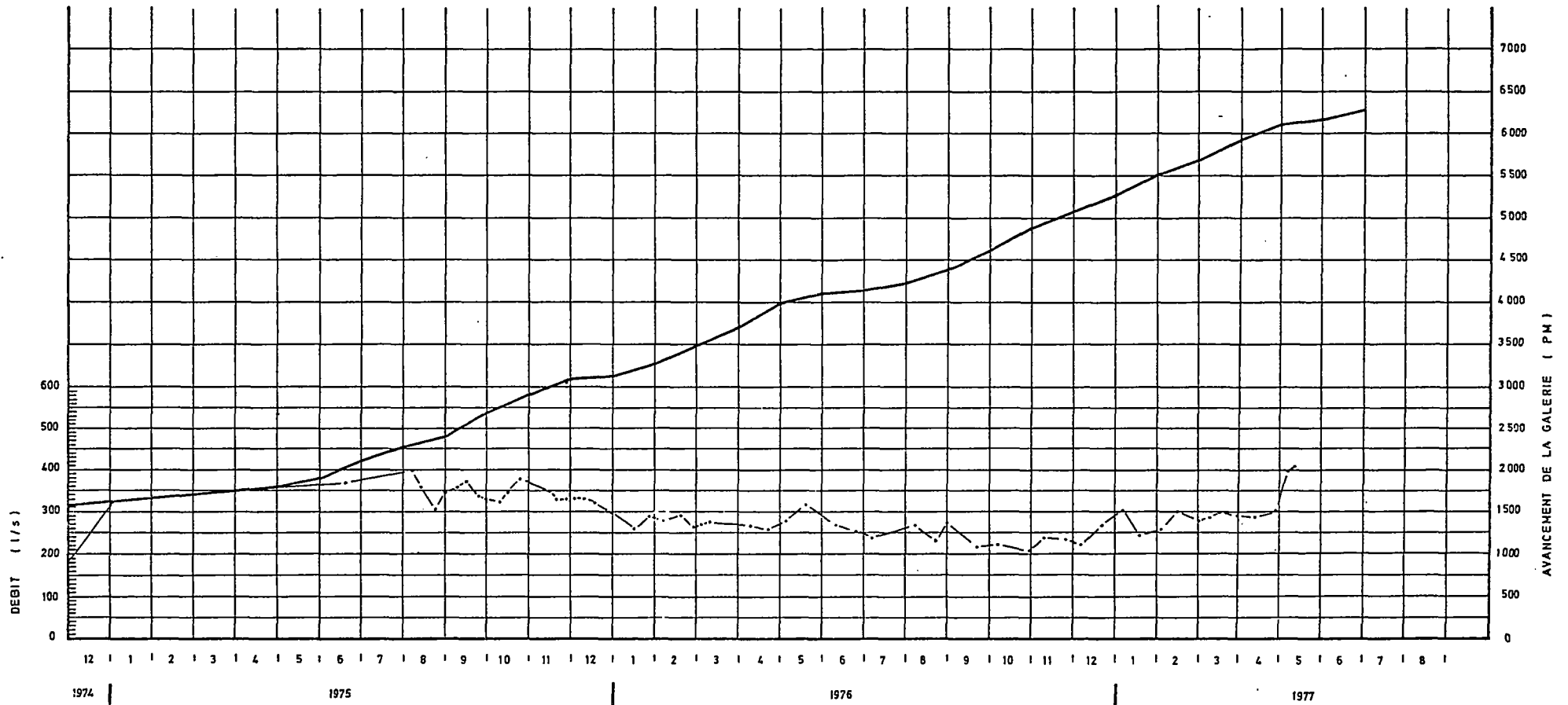
Les débits mesurés périodiquement à la sortie de la fenêtre du Crêt du Nant pendant le creusement (fig.73c) confirment les données précédentes.

Il y a augmentation jusqu'à ce que la galerie atteigne la verticale de la Table du Vallon, ensuite légère diminution et stagnation puis reprise de la courbe ascendante en approchant de l'axe central de la chaîne.

En résumé, les renseignements pouvant être tirés de l'étude des courbes de débit des venues d'eau en galerie sont les suivants :

COURBE DE DEBIT DU CANAL D'EXHAURE EN FONCTION DE L'AVANCEMENT DES TRAVAUX

— AVANCEMENT DE LA GALERIE
 - - - COURBE DES DEBITS



- 17 -

FIGURE 73 b

DEBIT INSTANTANE PAR SECTION DE LA GALERIE - HISTOGRAMME
 MESURES DU 05 JUILLET 1977

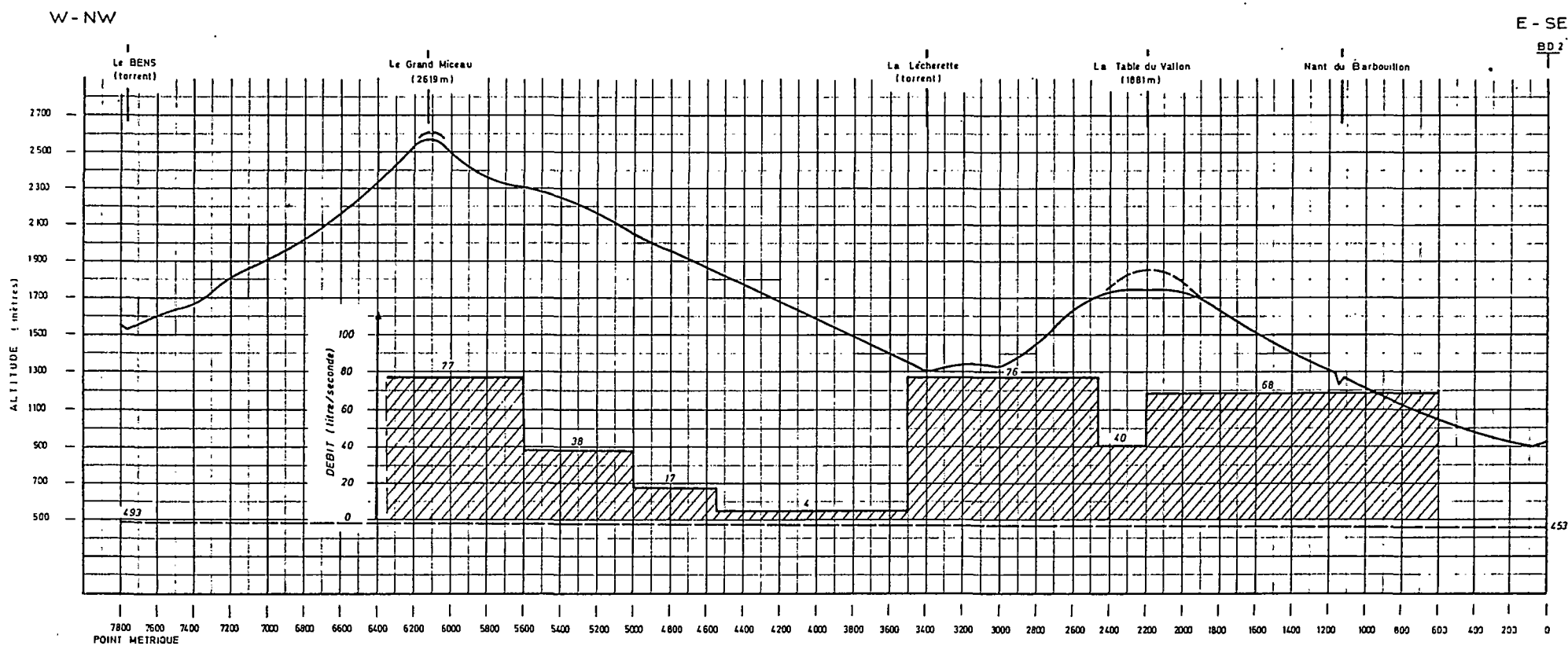
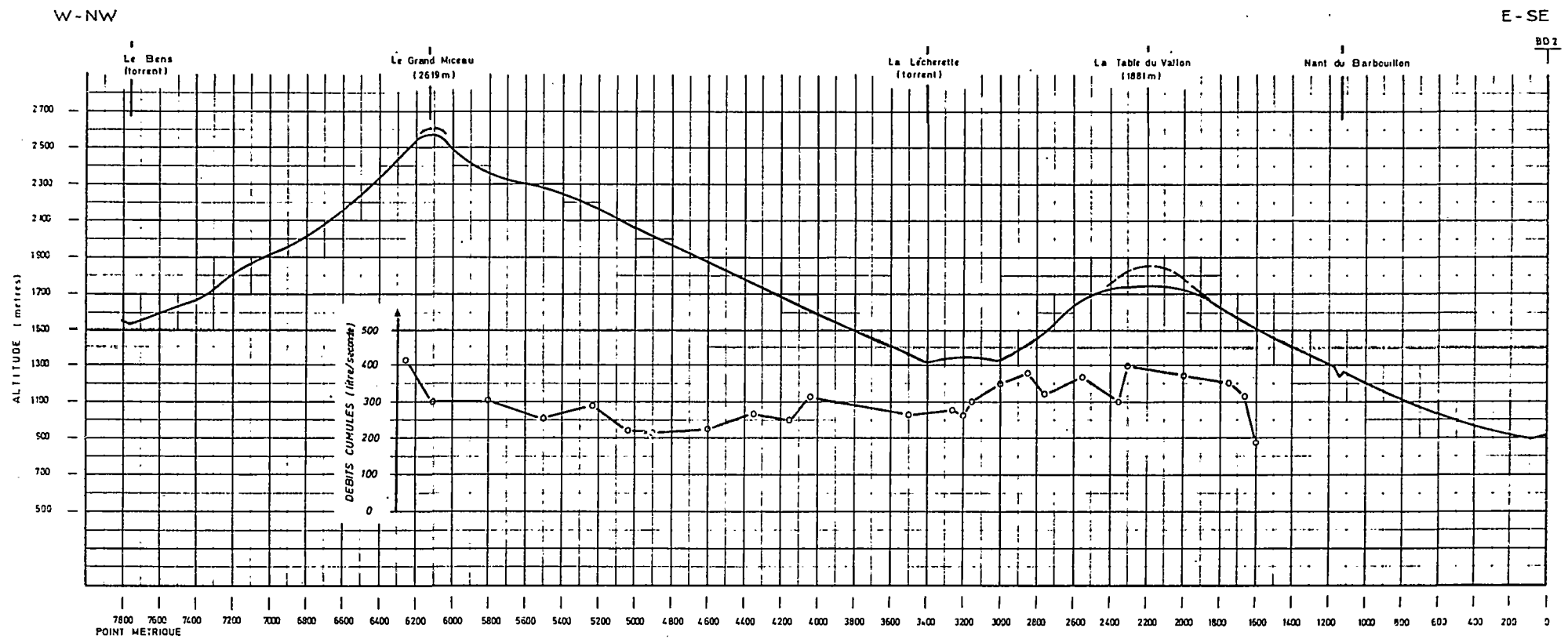


FIGURE 73 c

DEBIT CUMULE DU CANAL D'EXHAURE EN FONCTION DE L'AVANCEMENT DE LA GALERIE



-19-

- a. Le creusement du flanc Est de la Table du Vallon a produit de fortes venues - mais leur débit a fléchi avec le temps.
- b. La traversée de la dépression du torrent de La Lescherette qui correspond à l'accident de Fond de France a rencontré des débits plus faibles mais plus constants.
- c. Des venues importantes se sont manifestées lors du percement de l'axe central de la chaîne, mais nous n'avons le recul de temps nécessaire pour conclure sur l'évolution de leur débit.

8. QUALITE DES EAUX RENCONTREES PAR LA GALERIE

Sept analyses complètes de type 1 ont été effectuées par le Laboratoire de 1ère catégorie de l'Ecole de pharmacie de Grenoble. Les émergences retenues ont été choisies en fonction de leur débit (quantité et perennité) dans la mesure où il était possible de faire cette évaluation. Le tableau 8 donne les résultats obtenus.

Plusieurs remarques peuvent être faites :

- L'eau est faiblement minéralisée, ce qui est normal puisqu'elle sort d'un massif cristallin. Au Pm 6180 sa résistivité est un peu moins forte donc sa minéralisation un peu plus importante, ce qui pourrait être dû à la présence d'amphibolite. Cette minéralisation un peu plus forte que la moyenne observée en galerie se retrouve au Pm 300. Cette dernière anomalie est probablement due au fait que l'eau traverse sans doute un placage de Lias sur le Cristallin étant donné sa teneur en Ca un peu plus élevée.
- La température croît avec l'épaisseur du recouvrement de la galerie, c'est à dire avec le degré géothermique ce qui montre que la circulation entre la surface et la galerie est suffisamment lente pour que l'eau puisse s'échauffer, les fissures ne sont donc pas très ouvertes.

TABLEAU N° 8

RESULTATS DES ANALYSES D'EAU DE LA GALERIE

-21-

PM	t°	ph	ph après marbre	Résisti- vité	Th	TAC	SiO ₂ mg/l	CATIONS en meq/l	Ca ++		Mg ++		NH ₄ +		Na +		K +		Fe ++		Mn ++		Al ++		ANIONS meq /l	CO ³		HC O ³		CL		SO ⁴		NO ²		NO ³		PO ⁴		BACTERIO.	OBSERVATIONS
									mg/l	meq/l																															
300	14°	7,69	7,73	4920	10	9	7,7	2,213	36	1,79	2,19	0,18	<0,06	4,1	0,17	2,3	0,05	<0,05	<0,02	<0,02					2,2117	0	110	1,80	4	0,11	14	0,29	<0,01		0,28	0,004	<0,03			bonne	eau potable faible- ment minéralisée
1575	14,6°	8,22	8,35	9650	4,3	3,7	5,8	1,154	17	0,84	0,49	0,04	<0,06	4,55	0,19	2,5	0,06			0,03	0,03			1,193	0	45	0,73	4	0,11	16	0,33	-		0,55	0,008	0,035			très bonne	" "	
2300	17°	8,25	8,35	8845	4,4	3,6	7	1,196	15	0,74	1,58	0,12	<0,06	5,7	0,24	2,55	0,06			0,04	0,04			1,145	0	44	0,72	3	0,08	16	0,33	0,03	<0,1		<0,03			" "	" "		
3025	24°	8,15	8,22	9920	3,75	3,40	9,1	1,061	15	0,74	0,61	0,05	<0,06	4,8	0,20	2,1	0,05			<0,02				1,089	0	41	0,67	3	0,08	16	0,33	<0,01	<0,1		<0,03			" "	" "		
4115	26°	8,28	8,45	9515	3,70	2,50	8,7	1,081	14	0,69	0,49	0,04	<0,06	7,7	0,33	0,3	0,007							1,085	0	30	0,49	4	0,11	23	0,47	<0,01	0,1	0,001	<0,03			" "	" "		
5600	26,9°	8,52	8,65	9785	5,2	2,90	8,3	1,269	17	0,84	2,19	0,18	<0,06	5,0	0,21	0,8	0,02			0,025	0,028			1,257	0	36	0,59	4	0,11	26	0,54	-		0,55	0,008	0,130	0,004	" "	" "		
6180	28°	8,34	8,53	6030	4,2	2,00	13,80	1,626	17	0,84	0,36	0,03	<0,06	16,8	0,73	0,7	0,01			<0,02				1,609	0	24	0,39	4	0,11	53	1,10	-	<0,1		<0,03			1ère analyse= contamination fécale	" "		
																																							2ème analyse bactério. = bonne	" "	

- Enfin l'eau est partout dépourvue de bactéries. Deux analyses ponctuelles avaient trouvé des bactéries, mais les vérifications effectuées ont montré que cette contamination était accidentelle et sans doute liée à un prélèvement défectueux.
- Le Ph est légèrement basique. Cette caractéristique est probablement liée aux constituants chimiques basiques des roches traversées par l'eau = granite et anatexite. Le Th est très faible.

La conclusion générale des analyses effectuées est que l'eau sortant des parois de la galerie est actuellement partout potable.

9. RELATION ENTRE LE DEBIT DES SOURCES ET LA SECHERESSE DE 1976

La fig. 9 indique que la plupart des émergences ont tari en 1975. Sur les 4 sources qui ont disparu lors de l'année 1976 trois n'ont pas reparu en 1977, année pluvieuse ; il n'est donc pas possible d'imputer leur tarissement à la sécheresse de 1976, seule la source de Barbouillon a réapparu d'une façon épisodique en mai 1977. Mais ce point d'eau est plus un écoulement superficiel dans des éboulis qu'une véritable émergence - elle est donc fortement liée à la pluviosité.

10. RELATION ENTRE LE DEBIT DES SOURCES ET LE PERCEMENT DE LA GALERIE

L'évolution du débit des émergences durant ces dernières années varie suivant leur position par rapport au tracé de la galerie sauf pour le ruisseau de La Lescherette .

10.1. Commune de St. Rémy.

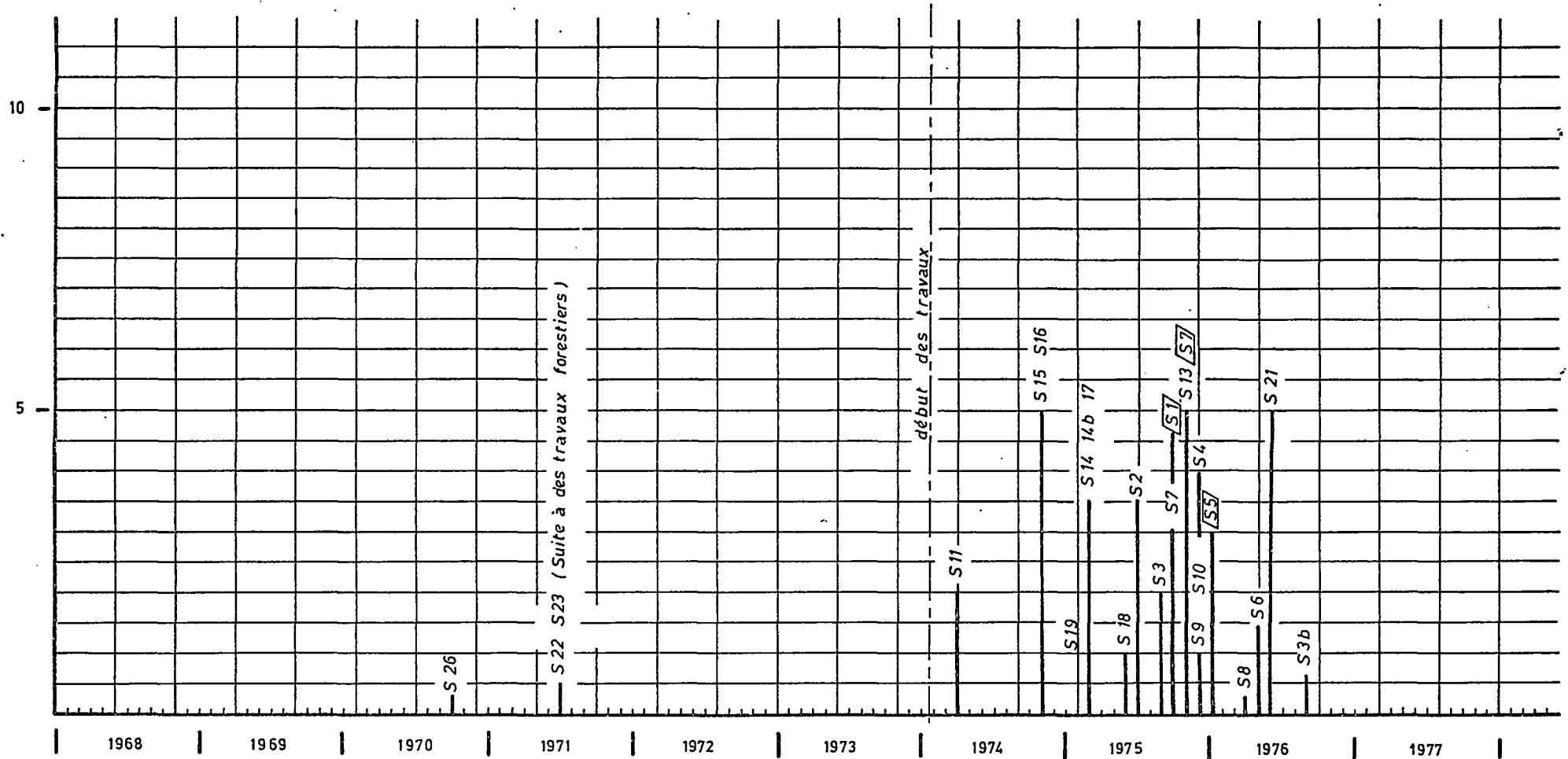
- a) Sources dont le bassin versant ne se trouve pas proche du tracé de la galerie (annexe 3). Cas du ruisseau du Cubières, source de Marzot (n° 12), source de St. Sulpice (n° 11) - La Lauze n° 14 - Pré Michel (n° 4). Le débit de ces écoulements superficiels est lié à la pluviométrie saisonnière et n'est pas concerné par le tracé de la galerie.

CHRONOLOGIE DU TARISSEMENT DES SOURCES JAUGÉES DE ST ETIENNE DE CUINES ET DE ST REMY DE MAURIENNE

S 14 Source de St ETIENNE DE CUINES
S 7 Source de St REMY DE MAURIENNE

NOMBRE DE SOURCES JAUGÉES 27 + 11
 NOMBRE DE SOURCES TARIÉES 19 + 3

ORDRE DE GRANDEUR DU DEBIT DE LA SOURCE AVANT LA DATE
DE L'ASSECHEMENT



b) Ruisseau de La Lescherette.

Bien que la combe parcourue par ce cours d'eau recoupe le tracé de la galerie, son débit n'a pas été sensiblement perturbé par le déroulement des travaux souterrains. Cette absence de tarissement peut avoir trois causes :

- le bassin versant du ruisseau est très vaste et se trouve bien à l'amont du tracé de l'ouvrage,

- lorsque la combe croise la direction de la galerie, elle coïncide avec "l'accident de Fond de France" matérialisé par des schistes argileux compacts très peu perméables.

- le débit du ruisseau est important et peut se mesurer en litres/sec, les faibles pertes qui peuvent se produire passent pratiquement inaperçues.

c) Sources du Flanc est de la Table du Vallon traversé par la galerie. Cas du ruisseau de l'Arche (n° 1), de Beauregard (n° 5), des Perelles (n° 7). Ces points d'eau sont taris.

10.2. Commune de St. Etienne de Cuines

a. Au Nord du tracé de la galerie, sur les pentes de la Table du Vallon pratiquement toutes les sources ont tari depuis 1974.

b. Entre le tracé de la fenêtre et celui de la galerie, toutes les émergences ont disparu depuis 1975.

c. Au Sud du tracé de la galerie. L'assèchement a été également général depuis 1975 sauf quelques points d'eau à faible débit à l'amont de la forêt du Cuchet.

10.3. Commentaire sur le tarissement

L'assèchement durant les années 1975 et 1976 des émergences de surfaces proches du tracé de la galerie coïncide avec les travaux d'avancement de celle-ci. Par exemple, c'est le cas du groupe de sources dit de Larche et du Servion qui se trouvent sur le flanc Est de la Table du Vallon, c'est précisément lors du percement de ce versant que les débits d'exhaure ont cru

rapidement et ont varié proportionnellement à l'avancement. Il y a donc relation entre la surface topographique et la galerie par des fissures. On peut estimer qu'avant le percement de l'ouvrage l'eau était en charge dans ces discontinuités de la roche et que les sources de surface n'étaient que la manifestation de leur trop plein. Ces conduits ont été vidangés lors du creusement de la montagne. Cette disparition en profondeur a été d'autant plus aisée que la surface collectée par chaque émergence était faible, limitée aux dimensions des éboulis ou de placages morainiques localisés. Le véritable collecteur de l'eau superficielle qui s'écoule sur la plus grande partie de ce versant de Belledonne est le torrent de la Lescherette. Sa surface reçoit le plus de précipitations car la plus étendue et son débit nous l'avons vu a été peu perturbé par l'ouvrage du fait de l'étendue de son impluvium.

11. ESTIMATION DE L'EVOLUTION DU DEBIT D'EXHAURE.

L'examen des courbes de débit d'exhaure (fig.73a) montre qu'un maximum de 400 l/s fut atteint en 1975 lorsque la galerie atteignait le Pm 2000, c'est à dire avait traversé en totalité le flanc Est de la Table du Vallon. Ensuite, la courbe fléchit en 1976 pour de nouveau atteindre 400 l/sec lorsque furent rencontrées en mai 1977 les fortes venues situées à Pm 6000. Ceci indique que le débit des fissures situées entre Pm 2000 et 2500 avait fortement décru. C'est ce que confirme la mesure constante du débit par sections qui donne une valeur de 68 l/sec jusqu'au Pm 2200 (fig. 5).

Cette mesure par section de la galerie exécutée au mois de Juillet 1977 tend à prouver

- 1°) Les venues situées entre les Pm 0 et 2500 qui ont fortement débité lors du percement en 1975 ont diminué avec le temps sans que l'on puisse dire si la stabilisation est atteinte.
- 2°) Les venues correspondant à la zone schisteuse de l'accident de Fond de France vers le Pm 3000 dont le débit est relativement faible est inférieur à 5 l/sec se sont maintenues.

3°) De fortes venues ont été rencontrées vers le Pm 6000 au début de 1977 mais il est encore trop tôt pour savoir si elles subsisteront. En ce lieu la couverture de la galerie qui correspond à la ligne de crête de la chaîne est de l'ordre de 2000 m. Le réseau de fissures réservoirs est donc très long, le temps de stabilisation du débit leur est proportionnel mais on ne peut connaître dès à présent sa valeur.

12. RECUPERATION DE L'EAU

Au stade actuel d'avancement de la galerie et compte tenu des débits connus, les secteurs où une récupération de l'eau pourrait être envisagée sont les suivants :

PM

6170 - 6180
6000
5600
4115
3025
2350
2300 - 2295
2180
1760
1575
1535
755
710
300

Entre les Pm 0 et 6200, le débit total récupérable en période de pluviosité moyenne sera sans doute un peu inférieur à 400 l/s.

13. METHODE POSSIBLE DE CAPTAGE EN GALERIE

13.1. Dans le granite et le gneiss

- . Forage - Mise en place de drains en plastique, diamètre 50 mm avec fixation par crochet et fermeture étanche en bordure à l'aide d'epoxy.
- . Scellement en profondeur ; le trou doit faire environ 100 cm de profondeur et l'emmanchement du tuyau plastique environ 50 cm. Le blocage sera effectué à l'aide de ciment à prise rapide, et probablement sursulfaté. Puis, étanchement à l'aide d'epoxy ou polyurethane.
- . Il y a lieu d'être prudent quant à la position des drains.
Nous pensons qu'il serait souhaitable de le fixer en position latérale droite et gauche plutôt qu'au centre, en haut.
- . La foration devra être faite dans les failles du granit, en obturant au-dessus et au-dessous. Nous pensons également qu'il peut être utile de se servir d'une foreuse diamant pour le trou préliminaire, de façon à ne pas provoquer de micro-fissuration par la rotopercussion.
- . Les obturations seront faites à l'aide de mortier epoxy à 20% environ étanche.

13.2. Dans les schistes et micaschistes

- . Dans ce cas, étant donné le mauvais état possible du schiste, il faut forer sur au moins 2 mètres. Il est nécessaire d'utiliser le diamant d'abord puis la rotopercussion, pour des raisons identiques à celles exposées plus haut.
- . Dans les parties non fuyardes, prévoir un trou tous les 3 mètres environ.
Dans les parties laissant passer beaucoup d'eau :
 - Utiliser les orifices de venues d'eau.
 - Sinon, un trou tous les mètres, de la même façon que précédemment.

- . L'ensemble des trous peut être envisagé en 50 mm ou un diamètre voisin.
- . Les drains plastiques de diamètre identique seront raccordés sur le drain principal à l'aide de T. On peut prévoir la réunion de quelques drains initiaux en un drain secondaire avant d'arriver au principal.

14. COLLECTE.

L'ensemble des captages est prévu en diamètre 50 mm avec embouchure plastique.

La descente verticale peut se faire en matière plastique "alimentaire" spécialement protégé.

Le rassemblement au drain principal se fera à l'aide de T et sera étanché aux résines epoxy ou polyurethane de façon systématique.

14.1. Diamètres et longueurs.

- 1) a- Drains de captage : 50 mm de diamètre,
longueur estimée : 500 m en éléments de 3 ou 4 m
 - b- Drains secondaires (éventuels) :
100 mm de diamètre,
longueur : 50 à 60 m en éléments de 2 m.
 - c- Drain principal : 350 mm de diamètre,
longueur : 6.200 m.
- 2) Longueur totale \cong 6.800 m de drains.

14.2. Débit et vitesse :

- . 425 l/seconde.

Vitesse d'écoulement estimée dans les drains de captage (et sur les grosses sources) : 5,5 m/s.

Vitesse d'écoulement estimée dans le drain principal (en fonction de 40 l/s pour chaque source donnée à 10 l/s) : 4,4 m/s.

15 RENTABILITE DES CAPTAGES (Fig. 15)

Nous avons établi une courbe prenant en compte les principales venues pouvant être captées avec un débit supérieur à 5 l/sec environ. De ce fait, beaucoup de petites venues dont le débit cumulé représente pratiquement la moitié de l'exhaure n'ont pas été retenues. Les renseignements suivants ont été reportés sur le graphique :

- le débit cumulé de ces points d'eau
- leur distance par rapport à la fenêtre du Crêt du Nant
- le prix de revient en fonction de la distance

La conclusion que l'on peut tirer de ce graphique est la suivante :

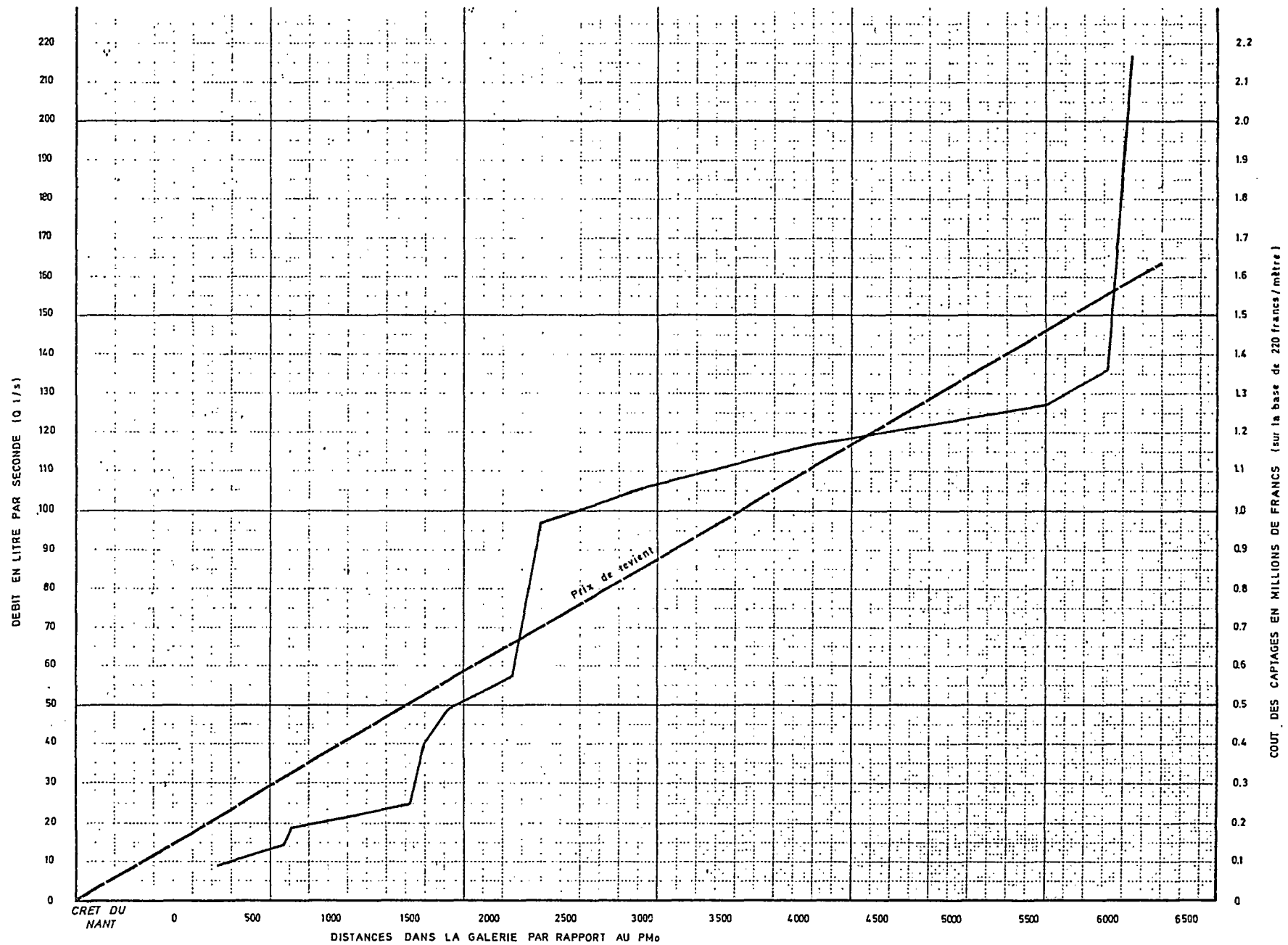
- un investissement d'environ 700.000 F : permet d'obtenir un débit de 100 l/sec
- un investissement de 1.600.000 F : permet d'obtenir un débit de 200 l/sec

16. CONCLUSIONS.

La galerie étudiée entre les Pm 0 et 6100 a un débit d'exhaure total d'environ 400 l/sec. Les venues les plus notables se sont produites dans les roches les plus dures : granite, gneiss, anatexite, car dans ces formations, les fractures sont ouvertes. Par contre, dans les schistes, les fissures étant obstruées, les débits initiaux sont moins importants mais plus continus.

L'existence de ces fractures du massif cristallin de Belledonne mettant en communication la surface du sol avec la galerie E.D.F. a eu pour conséquence le tarissement de certaines sources situées sur les communes de

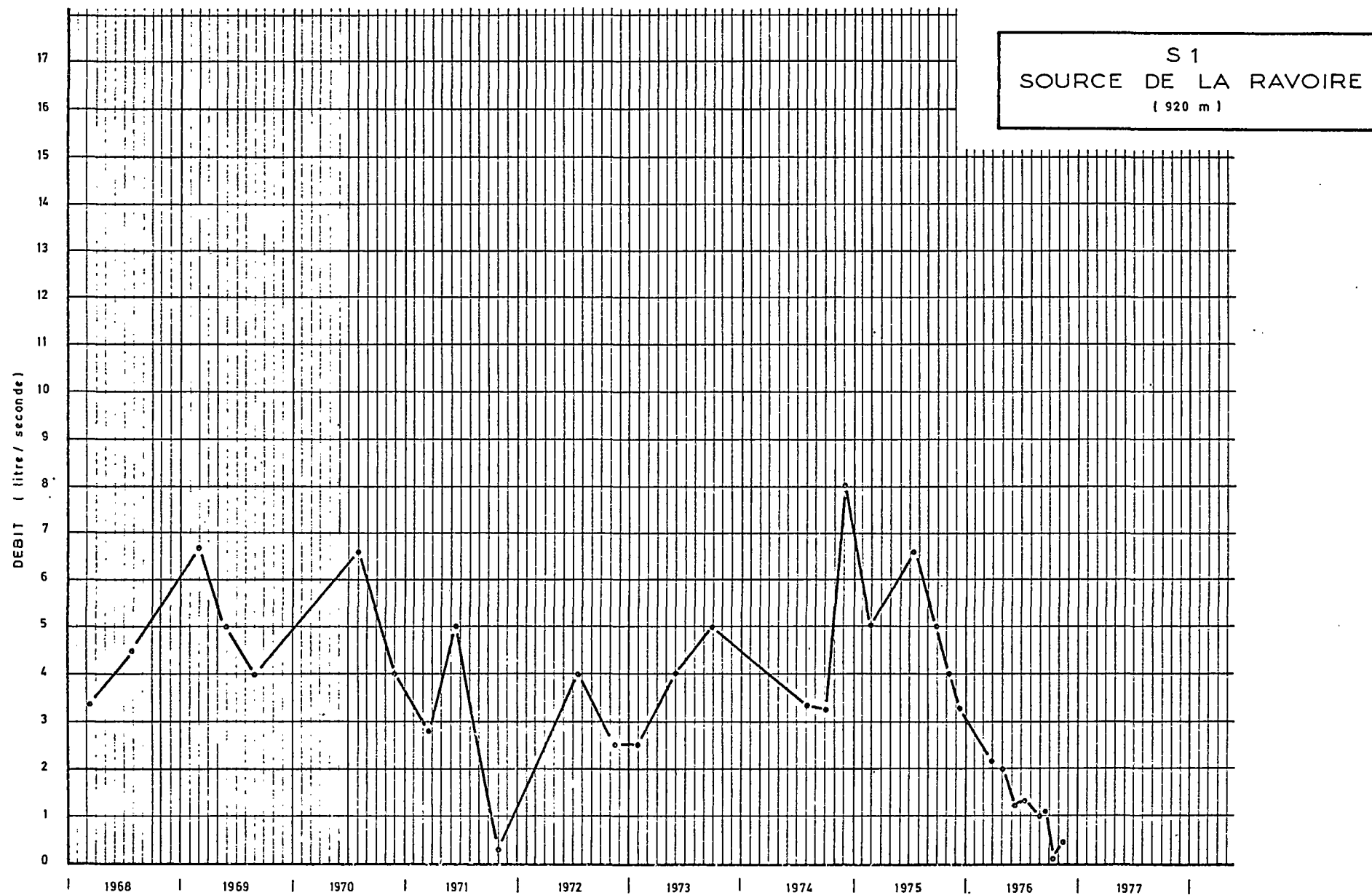
RELATIONS ENTRE LE DEBIT, LES DISTANCES, ET LE COÛT DES ZONES DE CAPTAGES EVENTUELS



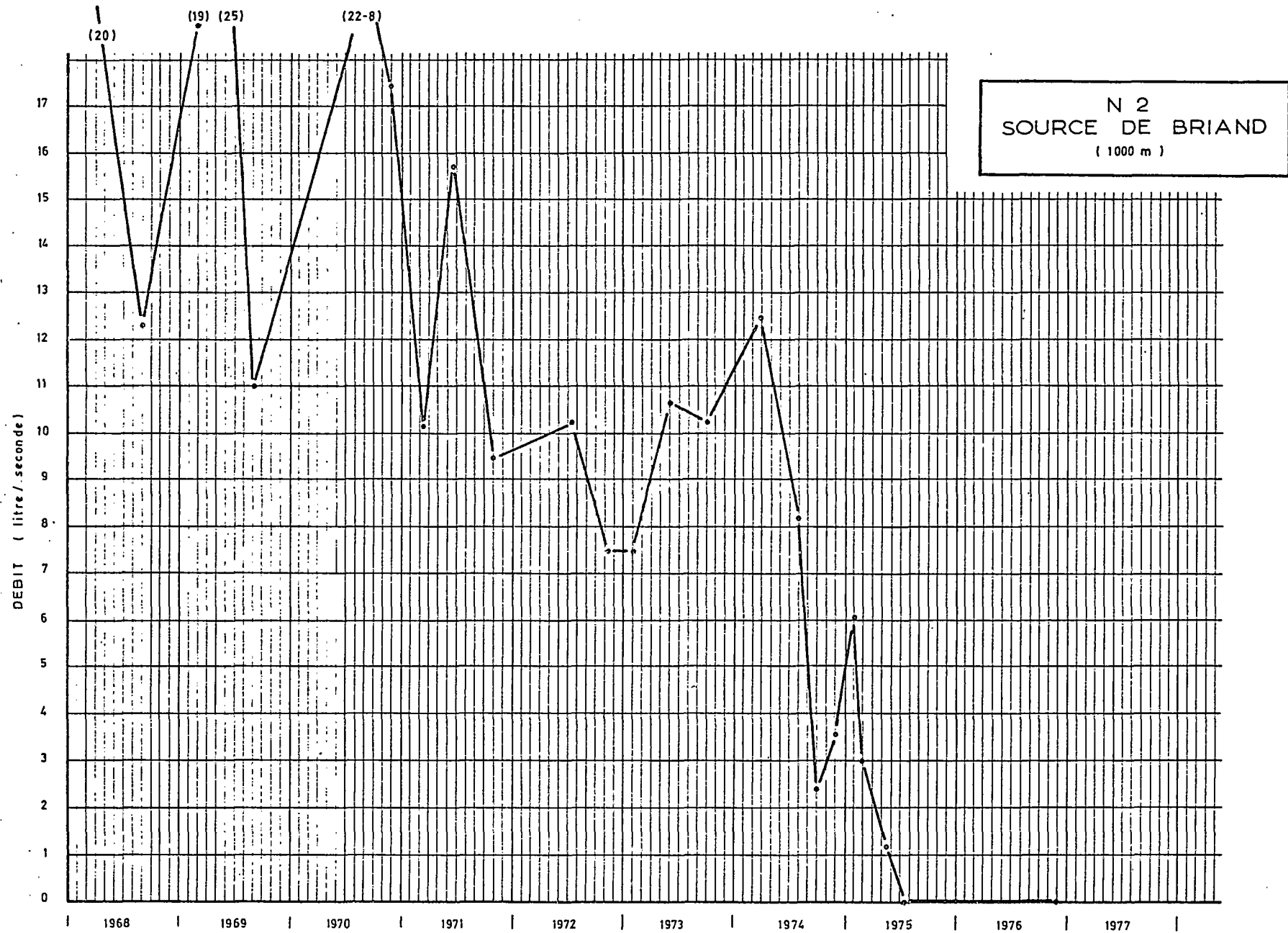
St. Etienne de Cuines et de Saint Rémy de Maurienne. Le captage des principales venues dans la galerie présente un grand intérêt pour la partie de la vallée de la Maurienne située au voisinage de la fenêtre du Crêt du Nant où l'eau peut être utilisée pour des adductions communales ou des usages agricoles et industriels. Cependant, étant donné que ces captages imposeraient une sélection des émergences, le débit de 400 l/sec ne pourra être maintenu.

Selon l'investissement financier disponible, le choix semble résider entre deux solutions :

- soit un débit d'environ 100 l/sec captés en différents points jusqu'à une distance de 2.800 m
- soit un débit d'environ 200 l/sec captés en différents points jusqu'à une distance de 6.800 m depuis la fenêtre du Crêt du Nant.

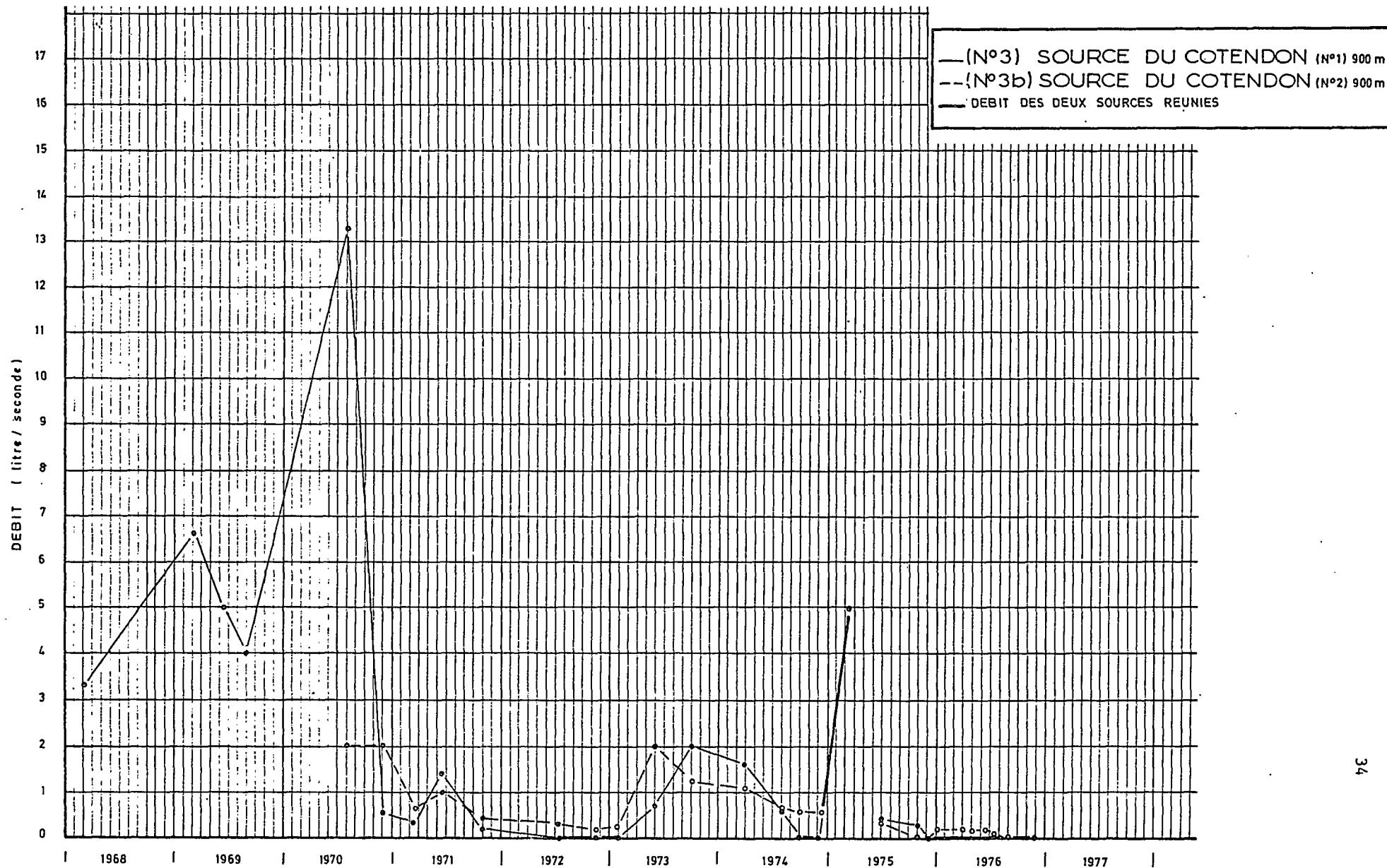
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE S^t ETIENNE DE CUINES

COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST ETIENNE DE CUINES

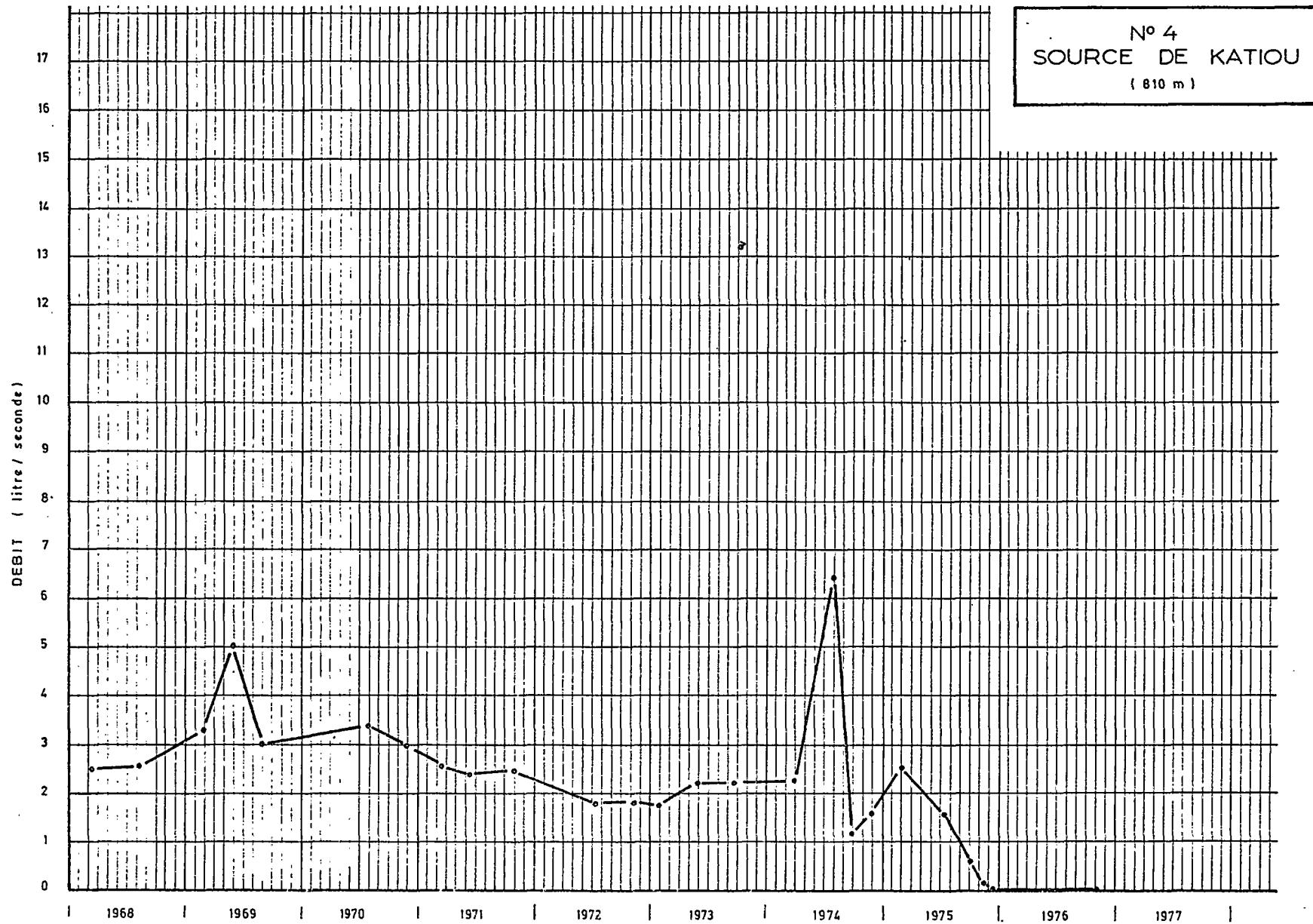


COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST ETIENNE DE CUINES

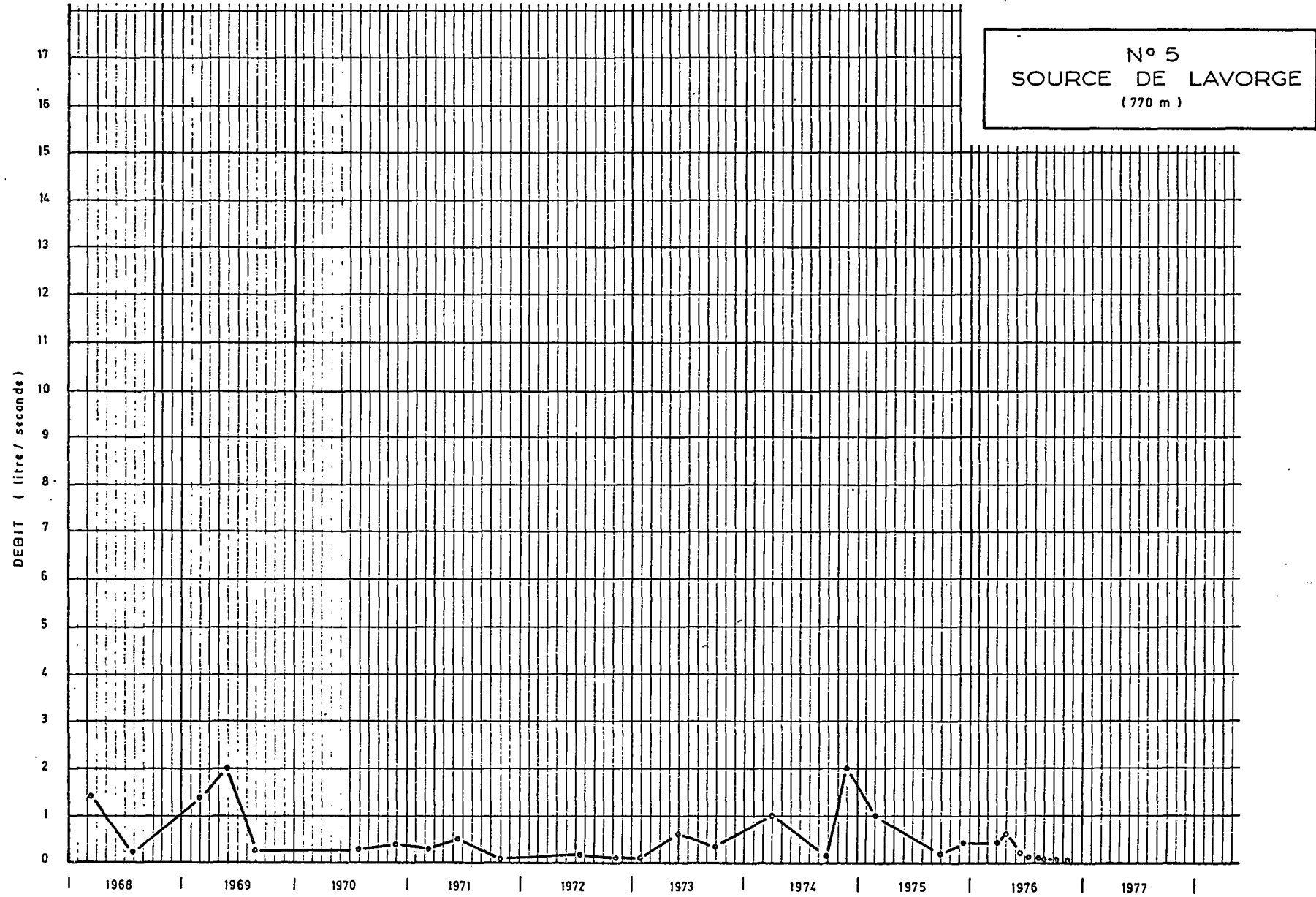
ANNEXE 74



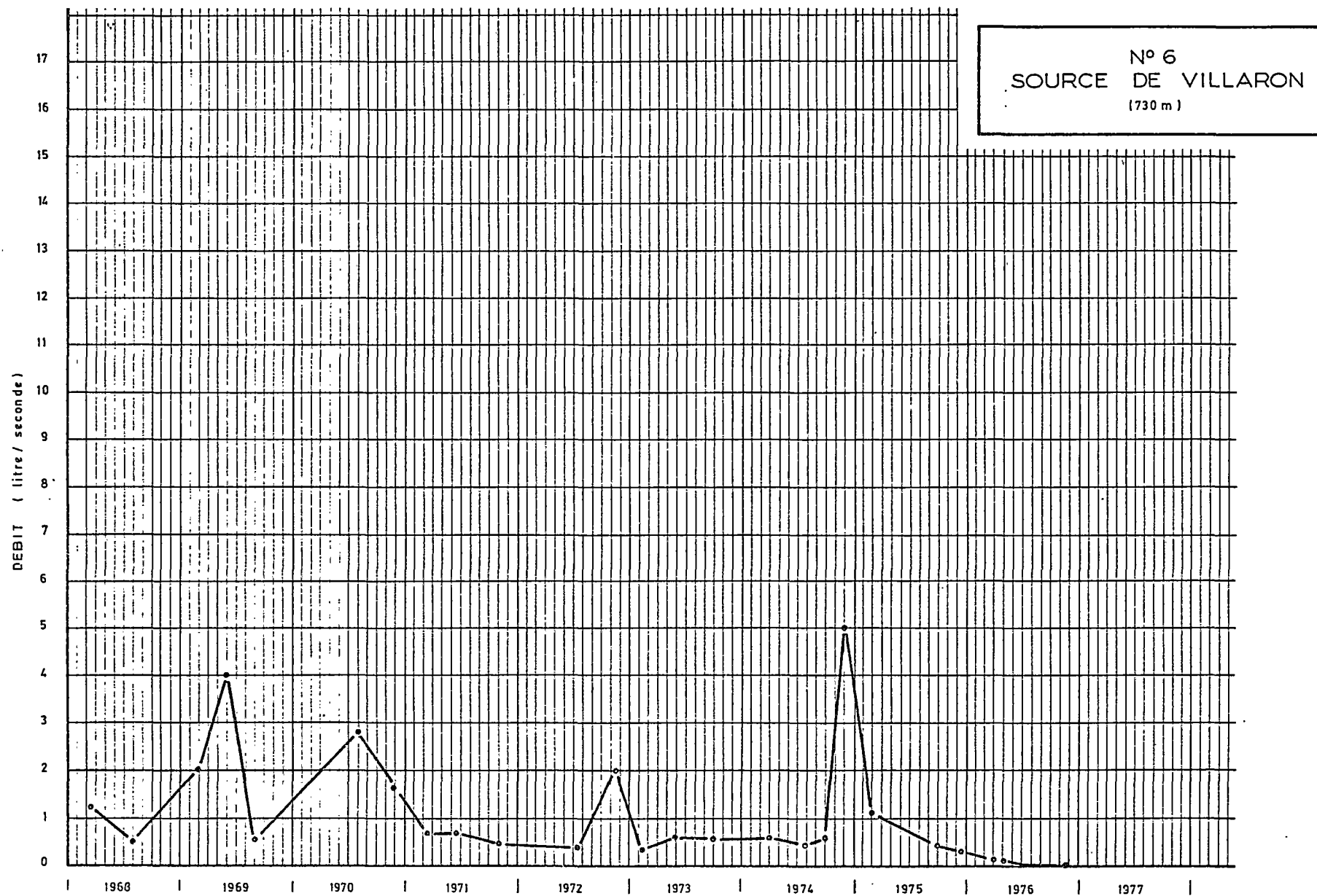
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST ETIENNE DE CUINES



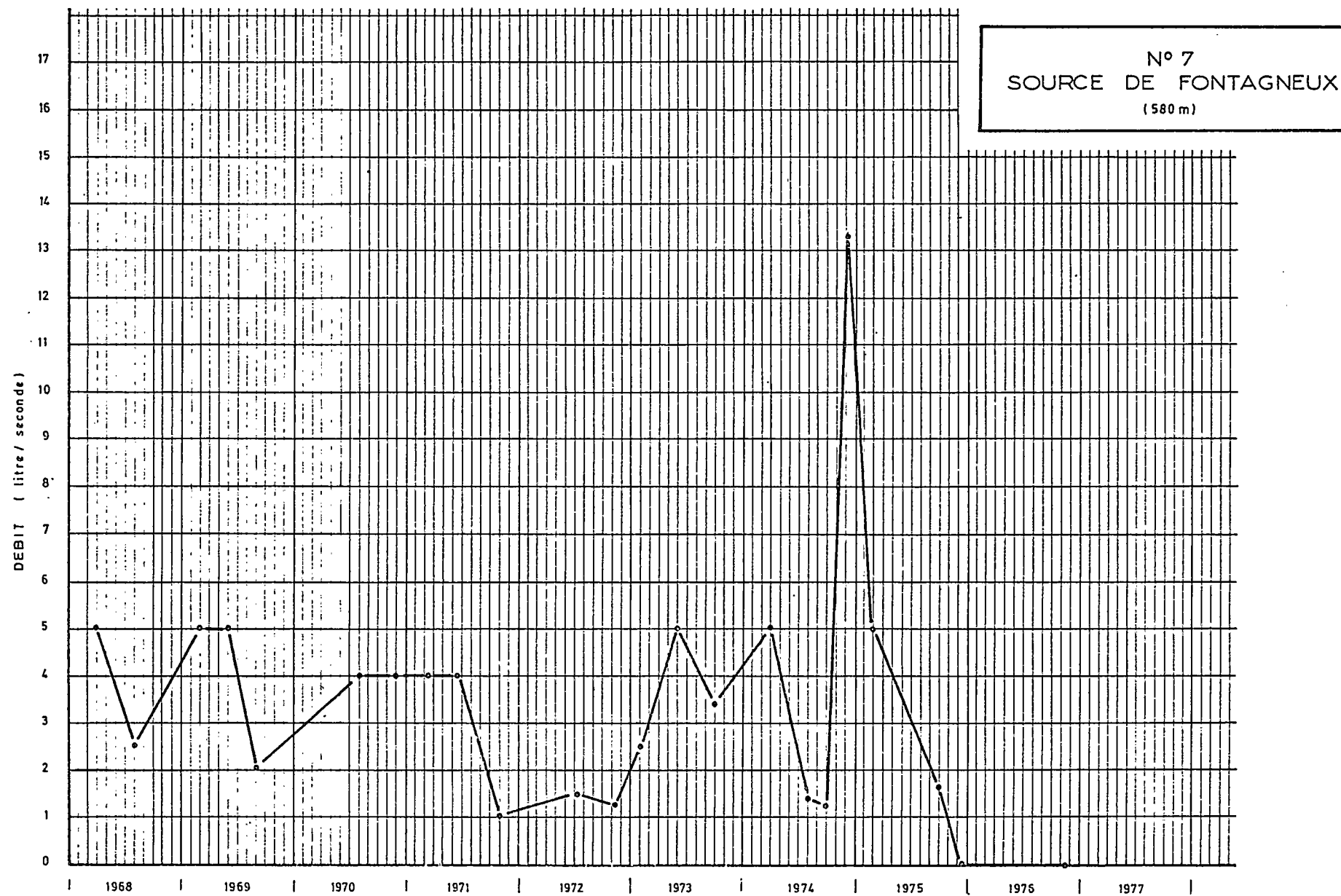
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE St ETIENNE DE CUINES



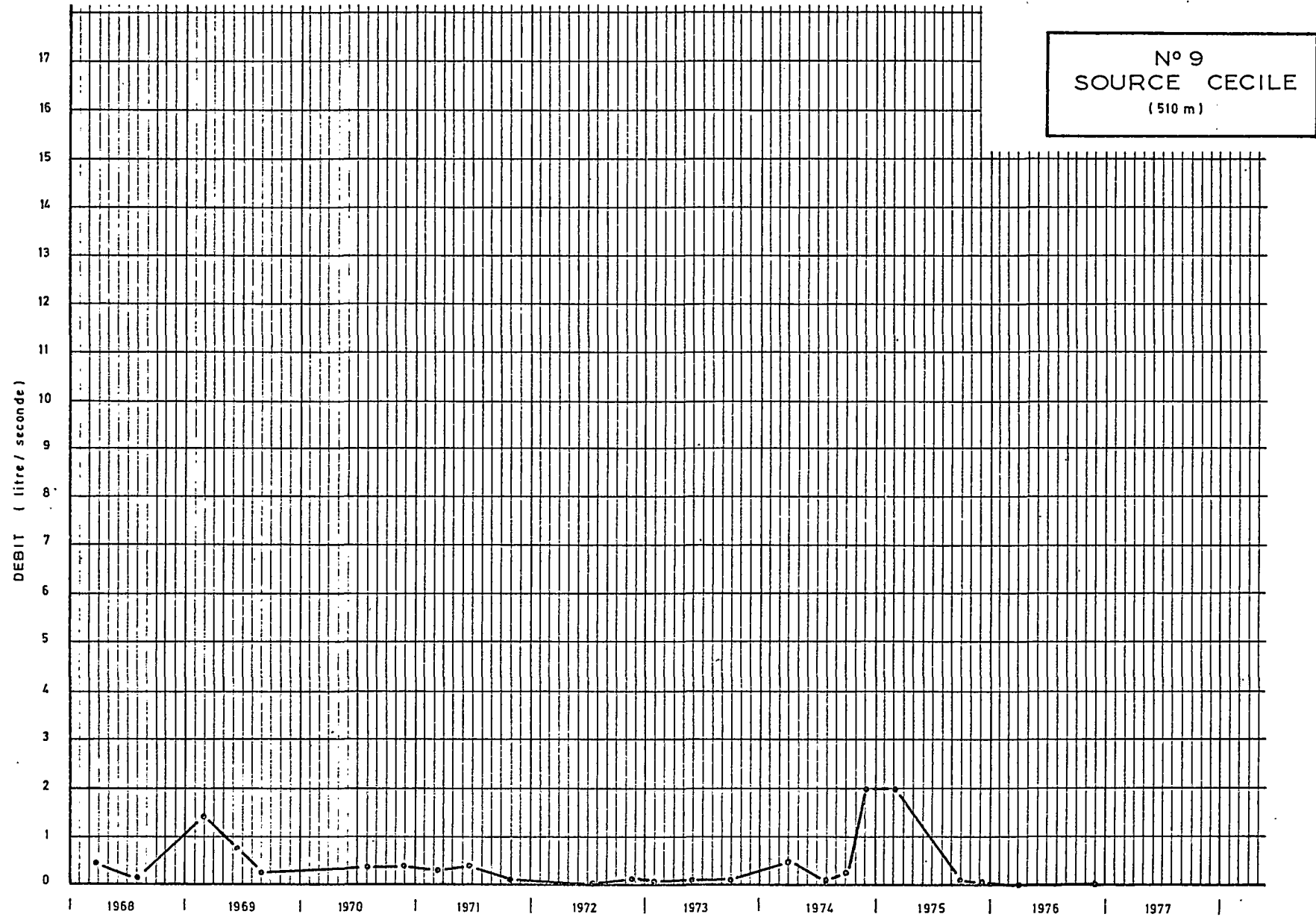
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST ETIENNE DE CUINES



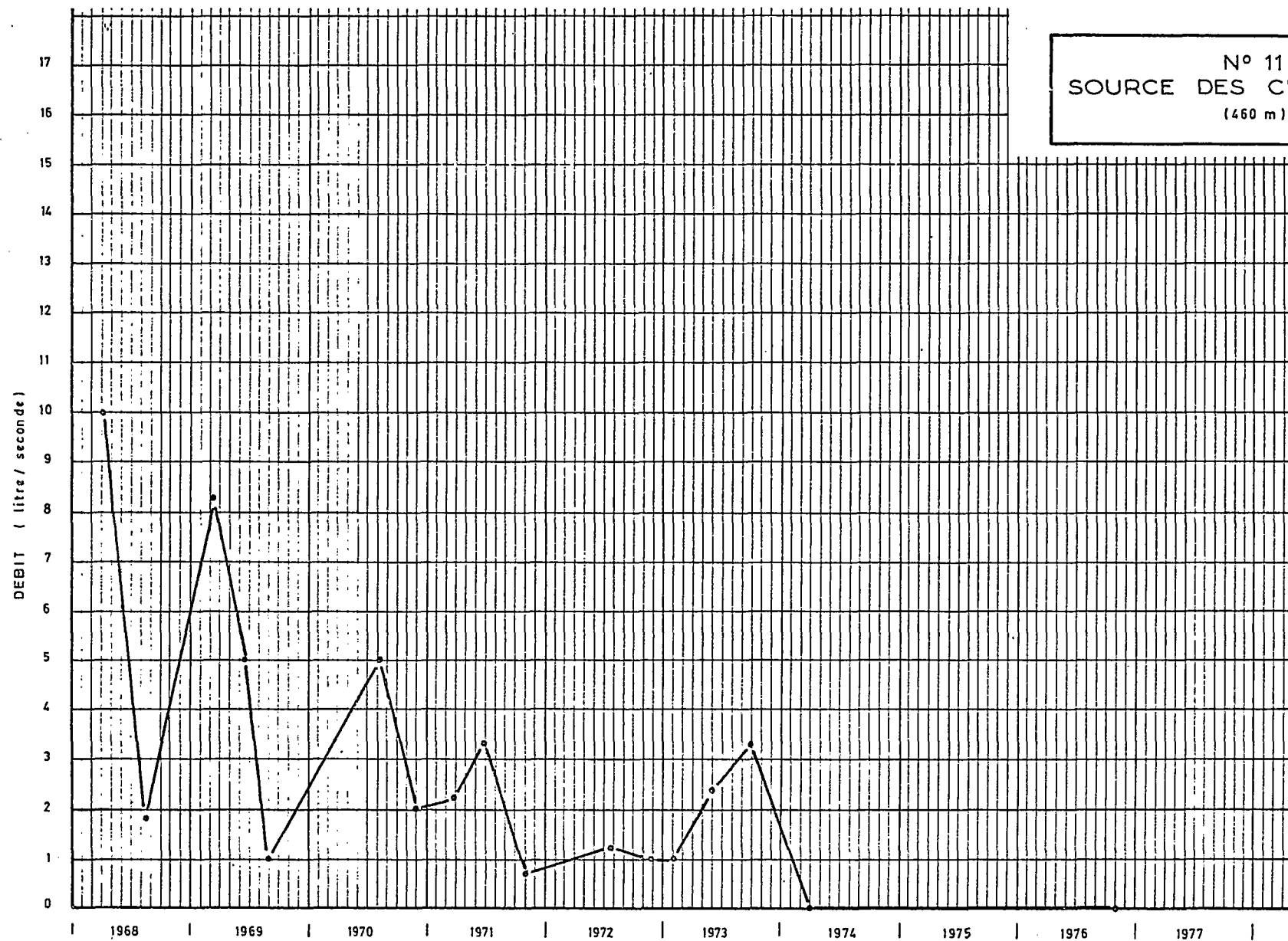
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE St ETIENNE DE CUINES



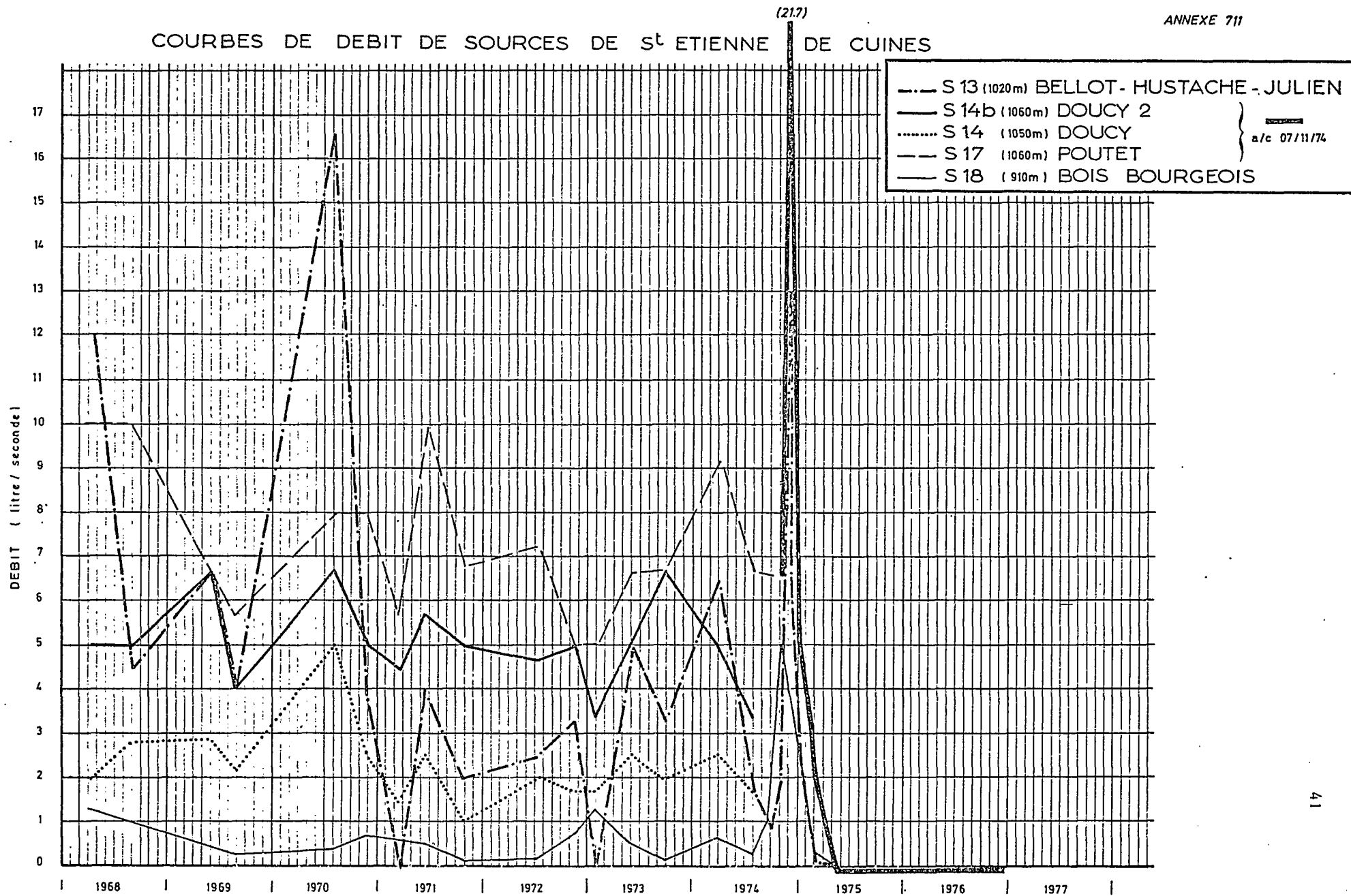
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST ETIENNE DE CUINES



COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST ETIENNE DE CUINES

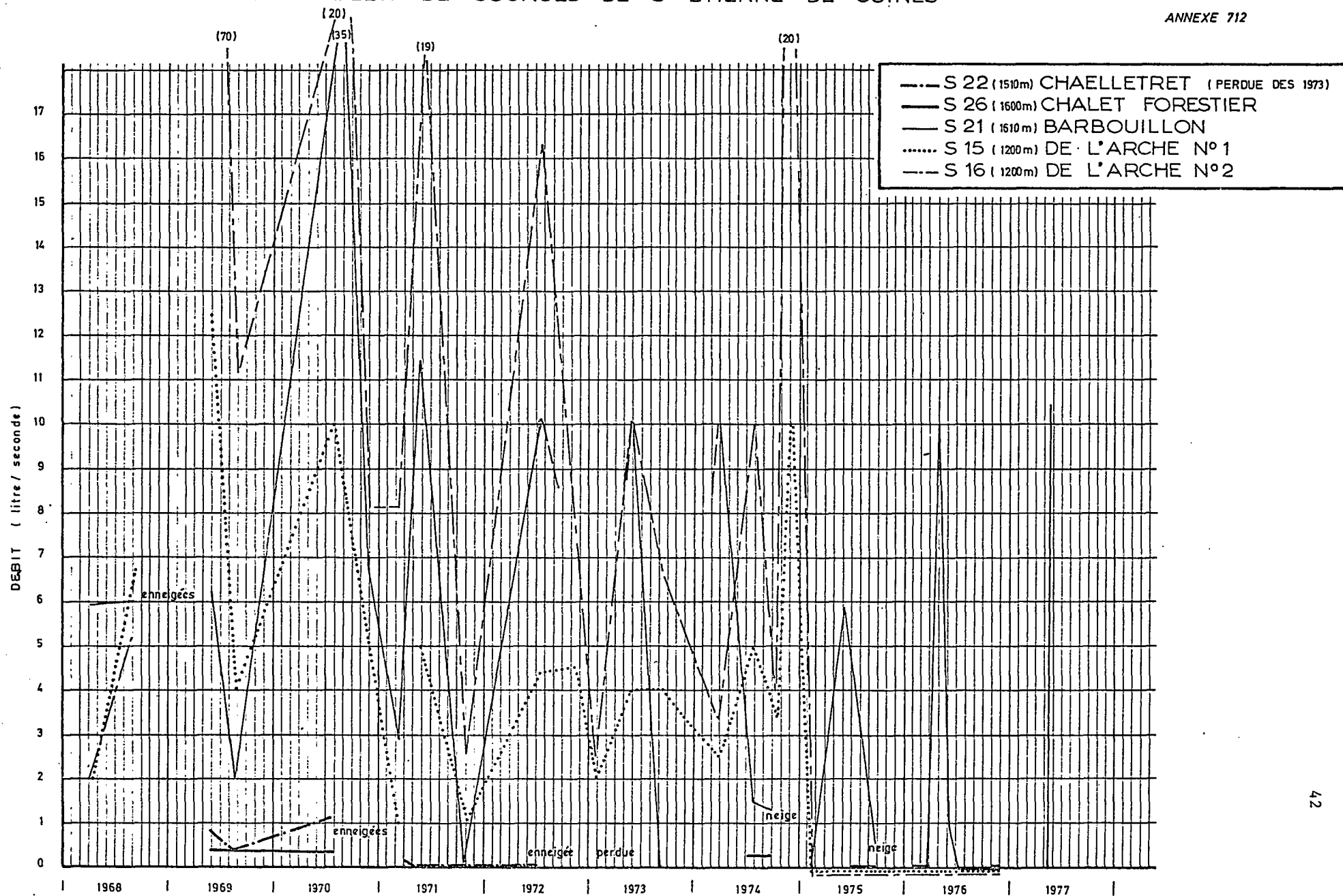


COURBES DE DEBIT DE SOURCES DE St ETIENNE DE CUINES

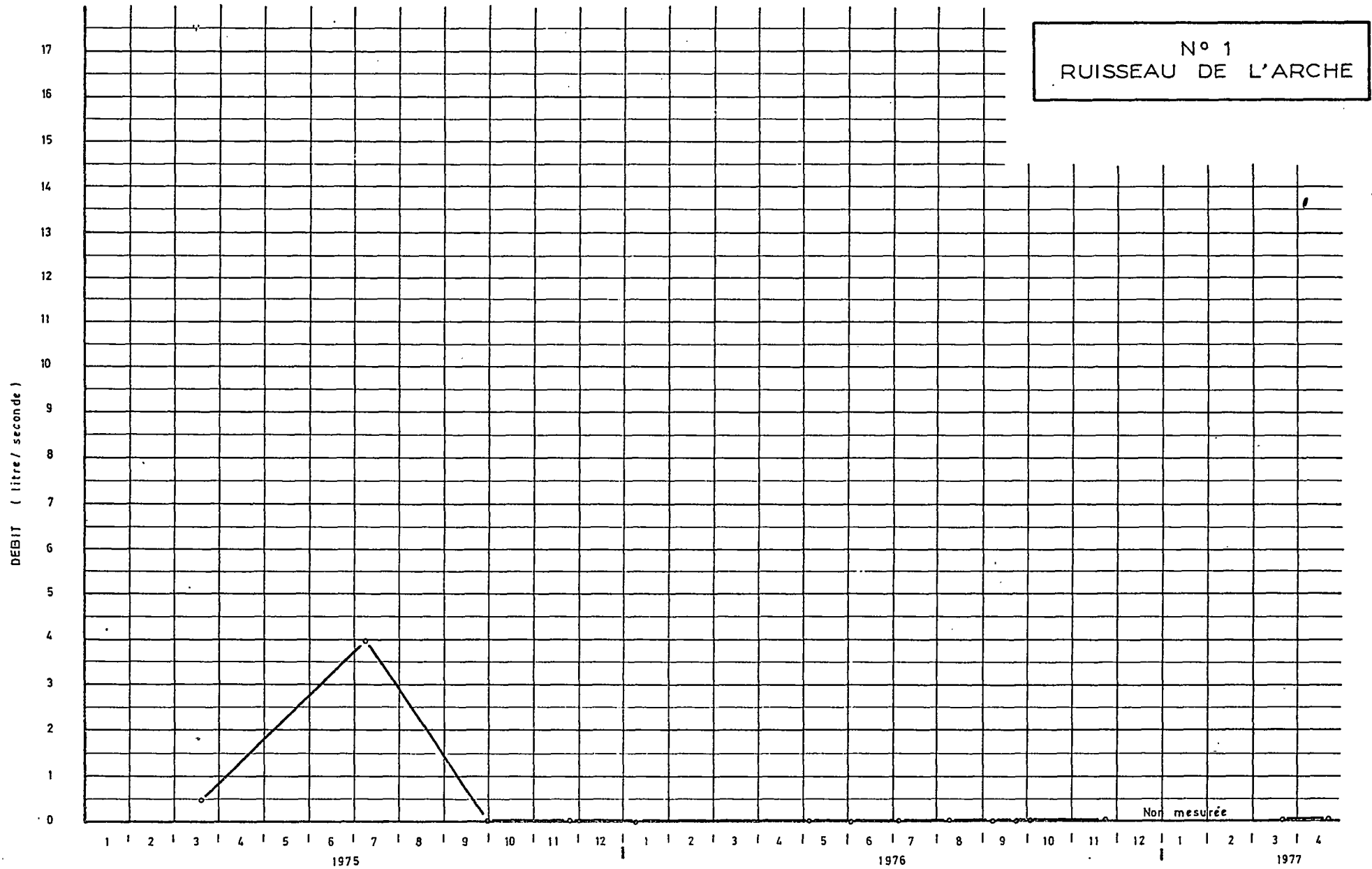


COURBES DE DEBIT DE SOURCES DE St ETIENNE DE CUINES

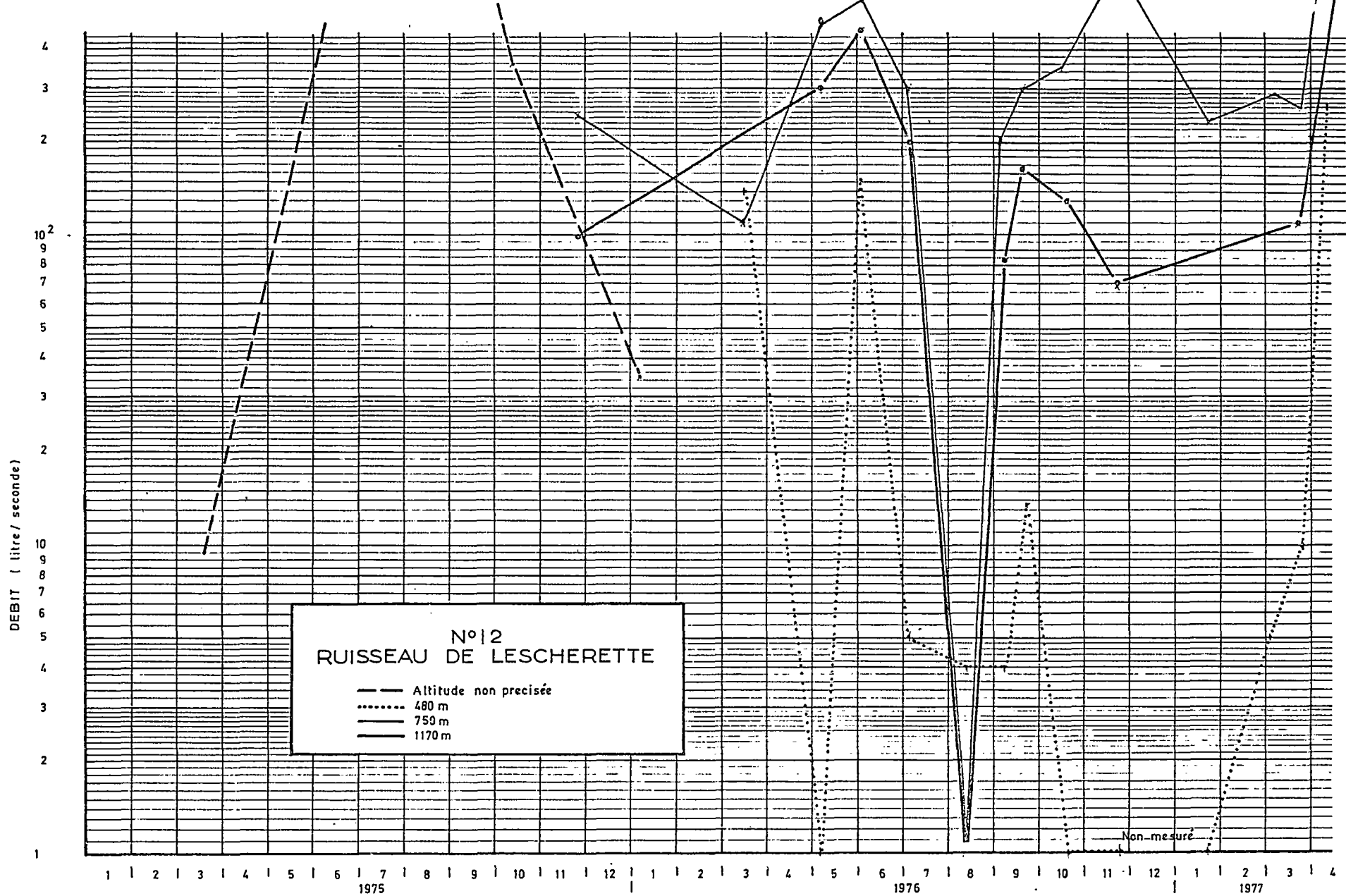
ANNEXE 712



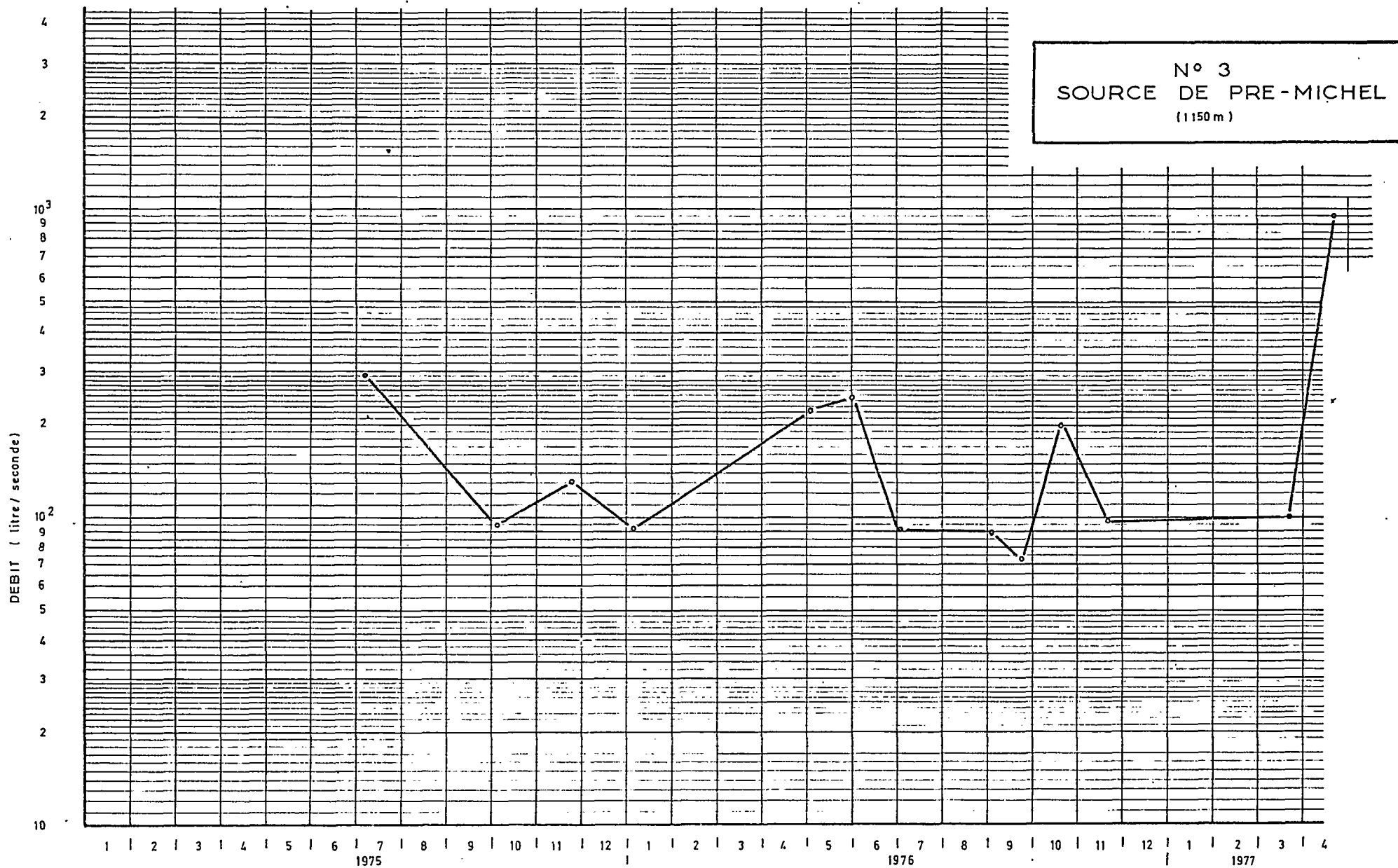
COURBE DE DEBIT DE RUISSEAUX DE St REMY DE MAURIENNE



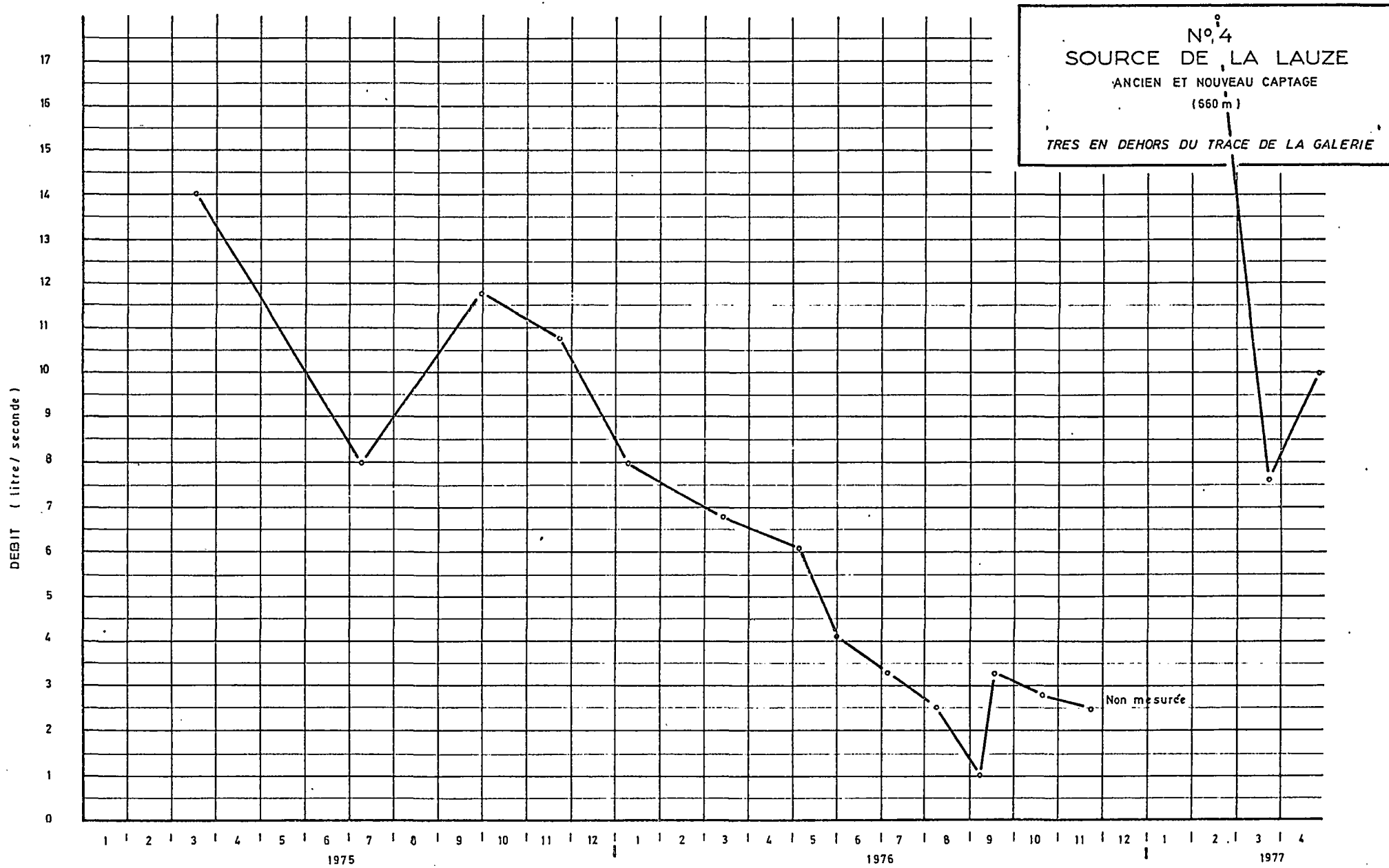
COURBE DE DEBIT DE RUISSEAUX DE ST REMY DE MAURIENNE



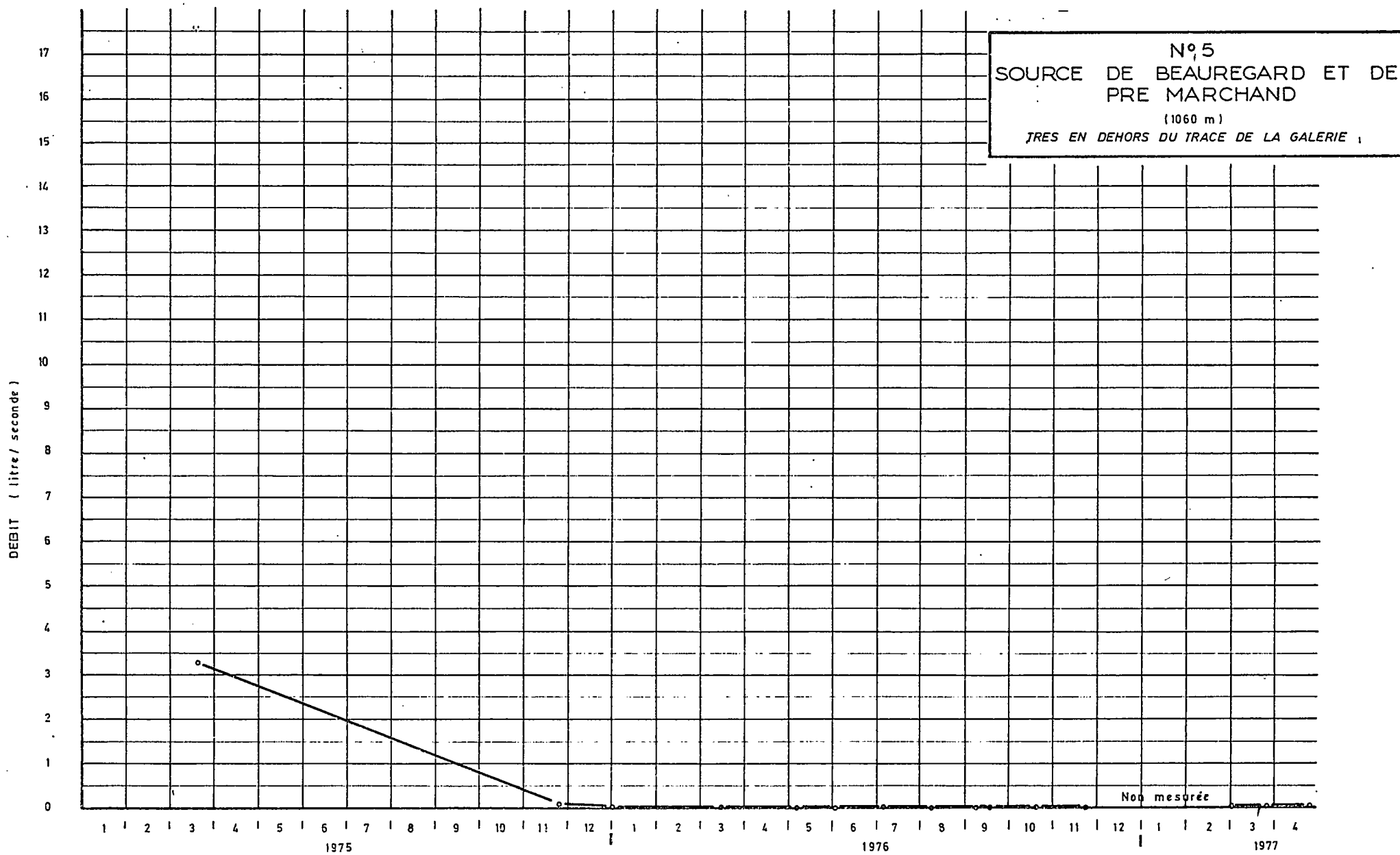
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE St REMY DE MAURIENNE



COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST REMY DE MAURIENNE

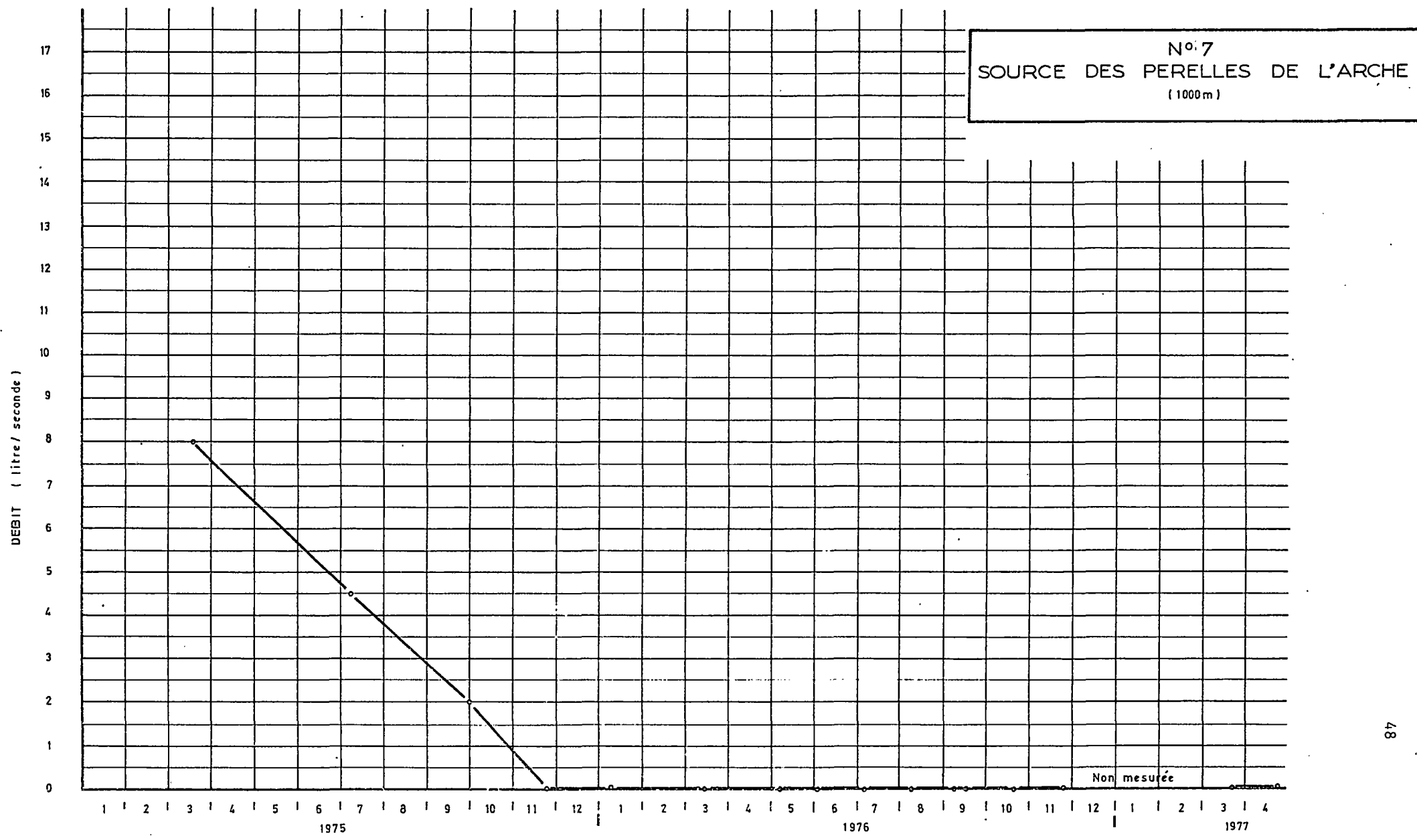


COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST REMY DE MAURIENNE

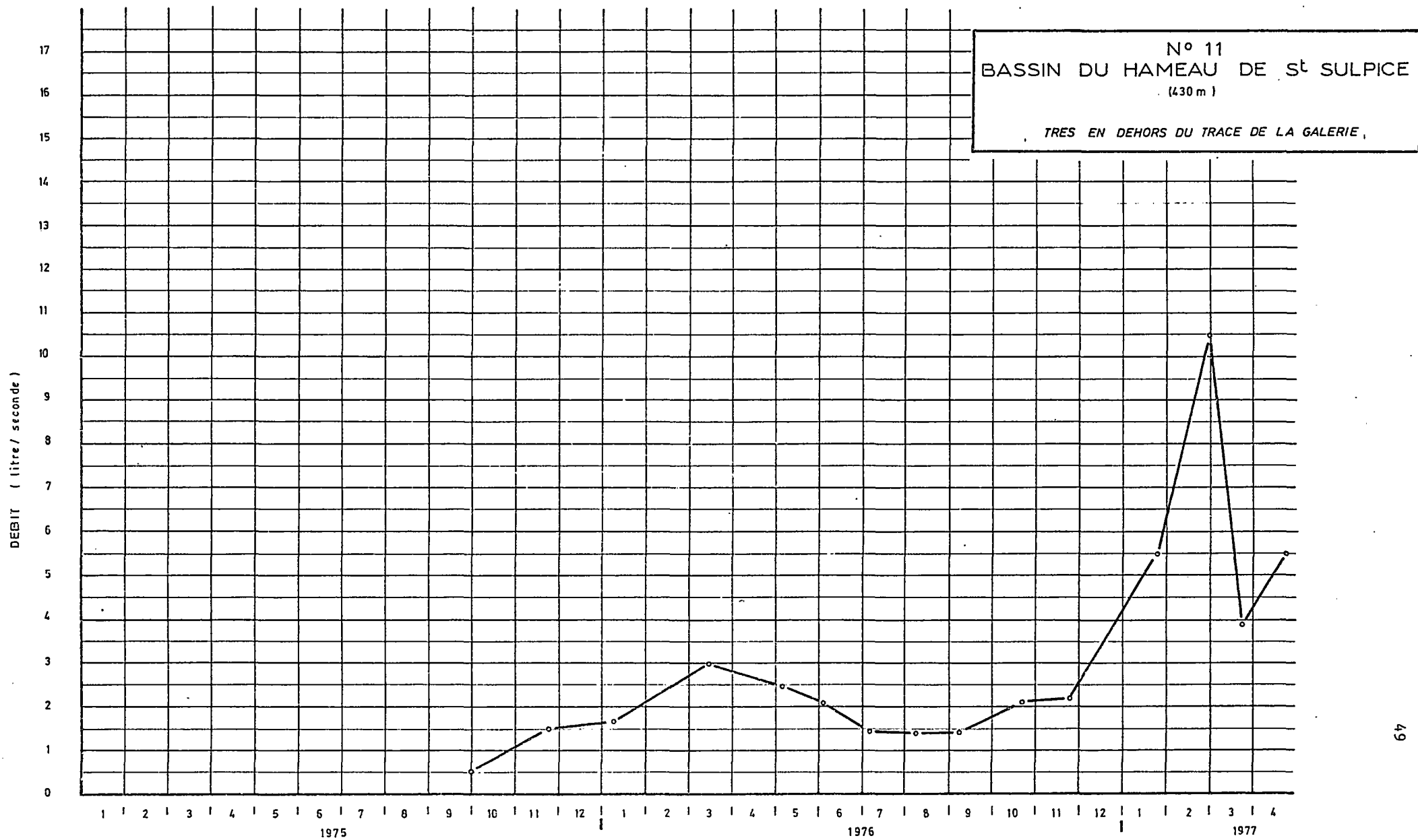


47

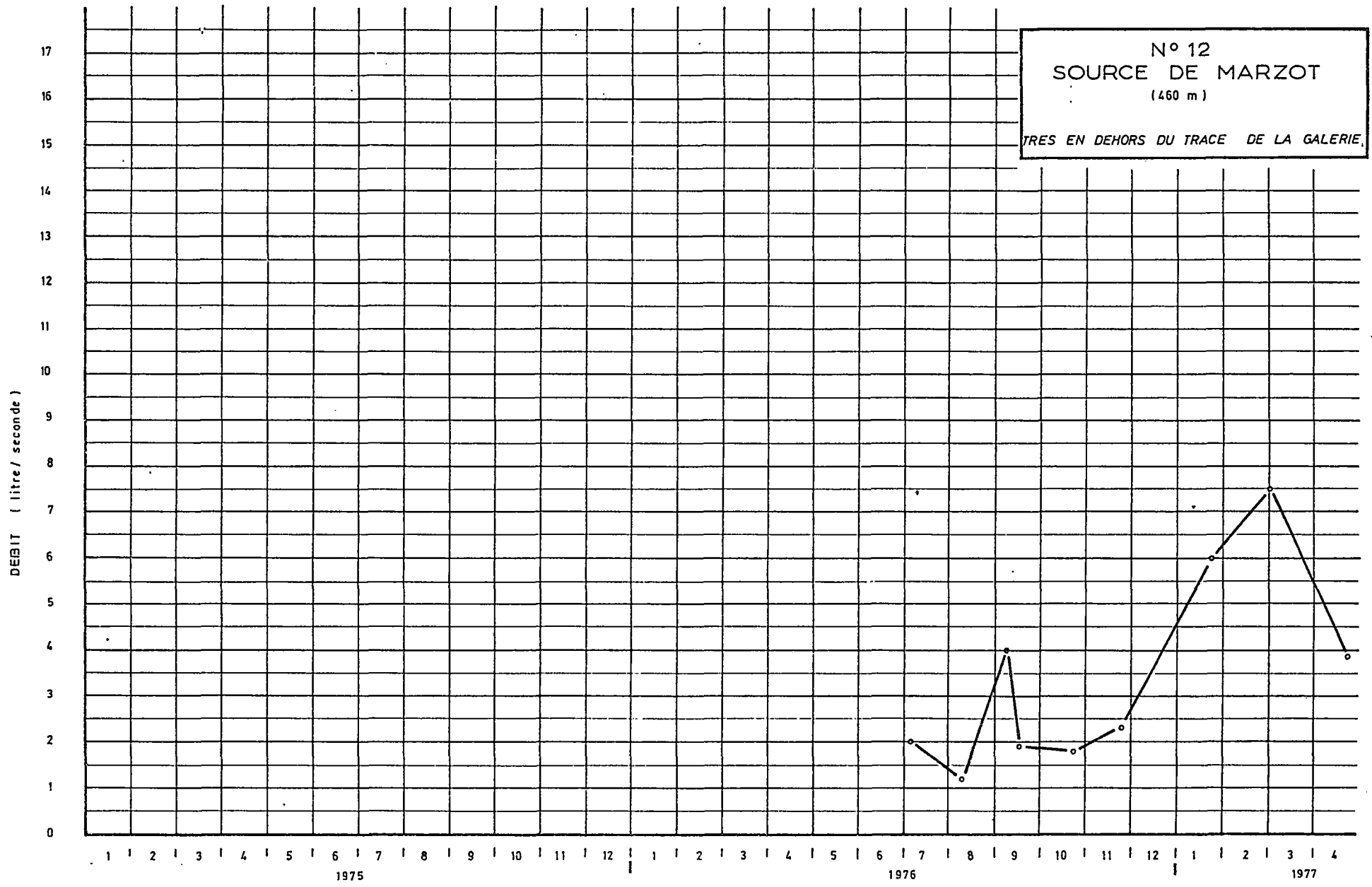
COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE S^t REMY DE MAURIENNE



COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST REMY DE MAURIENNE

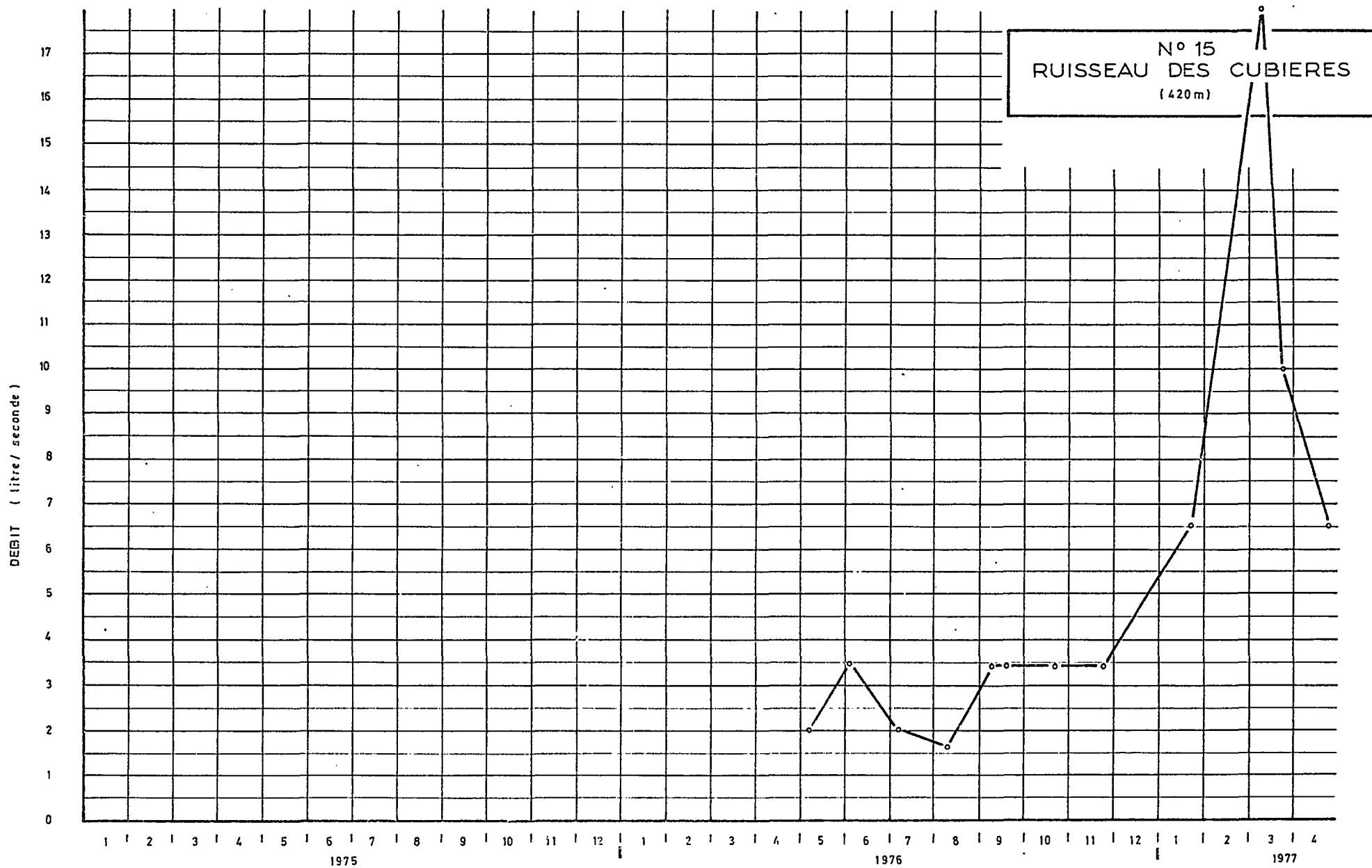


COURBE DE DEBIT DE SOURCES DE ST REMY DE MAURIENNE



COURBE DE DEBIT DE RUISSEAUX DE ST REMY DE MAURIENNE

ANNEXE 721



PLAN DE SITUATION DE LA GALERIE ARC-ISERE
ET DES SOURCES DE SURFACE

LEGENDE

- 9 SOURCE DE DEBIT < 1 litre/seconde
- 12 SOURCE DE DEBIT < 1 litre/seconde TARIE - DATE DE TARISSEMENT
- △ 14 SOURCE DE DEBIT ≥ 1 litre/seconde
- ▲ 7 SOURCE DE DEBIT ≥ 1 litre/seconde TARIE - DATE DE TARISSEMENT
- ⊕ SOURCE JAUGEE - SITUATION IMPRECISE
- JAUGEAGE DE TORRENT
- JAUGEAGE DE TORRENT - TORRENT TARI

ECHELLE 1 / 20 000

BRGM | SGR JURA-ALPES | 09-77

77 SGN 438 JAL



LIMITE PROBABLE DE LA ZONE
DE DRAINAGE DE LA GALERIE

