

DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE DU GARD

**ALIMENTATION EN EAU
DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)**

RÉSULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUÉS A SALAVAS (Ardèche)

par X. POUL



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional LANGUEDOC – ROUSSILLON

Mas Jausserand, La Pompignane, 34 MONTPELLIER

Tél.: (67) 92.93.31

72 SGN 214 LRO

Montpellier, le 28 juin 1972

RESUME

La Direction départementale de l'Agriculture du Gard a demandé au Service géologique régional Languedoc-Roussillon du Bureau de recherches géologiques et minières d'examiner le problème de l'alimentation en eau du Syndicat de BARJAC, dont les besoins en eau sont évalués à $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

Quatre sondages, S1 à S4, dont la profondeur est comprise entre 20 et 49 m pour une longueur cumulée de 114 m, ont été exécutés au marteau "fond de trou" en diamètre 120 mm, sur la basse terrasse de l'Ardèche, à 20 m environ des sources du Boeuf.

Des essais sommaires par injection ou par pompage ont été effectués sur les quatre sondages.

Un pompage d'essai de 20 heures a été effectué sur le sondage S1. Le rabattement est voisin de 2 m, pour un débit de $51 \text{ m}^3/\text{h}$.

Nous proposons l'exécution d'un forage d'exploitation à l'emplacement du sondage S1 dont nous définissons les modalités d'exécution.

SOMMAIRE

	Pages
RESUME	1
SOMMAIRE	2
LISTE DES ANNEXES	3
1 - INTRODUCTION	4
2 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SONDAGES S1 à S4 RESULTATS DES ESSAIS SOMMAIRES PAR INJECTION	5
2.1 - Principales caractéristiques des sondages S1 à S4	5
2.1.1 - Sondage S1	5
2.1.2 - Sondage S2	6
2.1.3 - Sondage n° 3	6
2.1.4 - Sondage n° 4	7
2.2 - Résultats des essais par injection	8
3 - APPROFONDISSEMENT DU SONDAGE S1	9
3.1 - Résultats des pompages d'essai : évolution du débit en fonction de la profondeur du sondage S1	9
3.2 - Résultats des pompages d'essai effectués les 14 et 15 juin 1972	11
3.2.1 - Essai n° 1	11
3.2.2 - Détermination de la courbe caractéristique du sondage S1 : résultats des essais n° 2 et 3 ...	17
4 - PROPOSITION DE TRAVAUX	20
5 - CONCLUSION	22

LISTE DES ANNEXES

- Annexe n° 1 Essais d'eau à niveau constant par injection dans les sondages S1 à S4.
- Annexe n° 2 Courbes caractéristiques établies pour différentes profondeurs du sondage S1.
- Annexe n° 3 Evolution du débit pour un mètre de rabattement en fonction de la profondeur du sondage.
- Annexe n° 4.1 Tableau des résultats des mesures effectuées au cours de l'essai de pompage n° 1.
4.2
- Annexe n° 5 Observations sur les piézomètres. Essai de pompage sur le sondage S1.
- Annexe n° 6 Diagrammes de pompage sur S1 du 14 juin 1972 au 15 juin 1972 à 12h 00.
- Annexe n° 7 Diagramme de pompage sur le sondage S1.
- Annexe n° 8 Relation entre les rabattements sur les sondages S2 et S3 en fonction du log de leurs distances à S1 en pompage à 51 m³/h.
- Annexe n° 9 Tableau des résultats des mesures effectuées au cours de l'essai n° 2.
- Annexe n° 10 Tableau des résultats des mesures effectuées au cours de l'essai n° 3.
- Annexe n° 11 Diagramme de pompage sur le sondage S1 à 36 et 25 m³/h.
- Annexe n° 12 Courbes débit - rabattement.

1 - INTRODUCTION

La Direction départementale de l'Agriculture du Gard a demandé au Service géologique régional Languedoc-Roussillon du Bureau de recherches géologiques et minières d'examiner le problème de l'alimentation en eau du Syndicat de BARJAC.

Dans un premier rapport en date du 15 novembre 1971, B. LEMAIRE a exposé les résultats des travaux réalisés sur la haute terrasse de l'Ardèche à SALAVAS jusqu'au 30 septembre 1971.

Le débit obtenu dans le forage d'exploitation F1 étant insuffisant pour satisfaire les besoins en eau du Syndicat de Barjac, évalués à $100 \text{ m}^3/\text{h}$, il a été décidé, au cours de la réunion du 20 janvier sur le site de captage, d'implanter des sondages de reconnaissance sur la basse terrasse entre les émergences qui se manifestent au niveau de l'Ardèche (sources du Boeuf) et le forage F1.

Dans une note du 1er février 1972, nous précisons les modalités des travaux de reconnaissance à entreprendre. Il était prévu en particulier d'exécuter 150 à 200 m de sondage au marteau de fond en diamètre 120 mm. Quatre sondages, S1 à S4, dont la profondeur est comprise entre 20 et 49 m pour une longueur cumulée de 114 m, ont été exécutés entre le 15 mai et le 13 juin. Les pompages d'essai ont été effectués sur S1, les 14 et 15 juin. Auparavant, des essais sommaires, par injection ou par pompage, ont été effectués sur les quatre sondages.

2 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SONDAGES S1 à S4

RESULTATS DES ESSAIS SOMMAIRES PAR INJECTION

2.1 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SONDAGES S1 à S4

2.1.1 - Sondage S1

Le sondage S1 a été implanté le 15 mai 1972, à 20 m environ des sources du Boeuf "amont", dans le prolongement d'un banc calcaire affleurant en rive gauche. Le sol est situé approximativement à 2 m au-dessus du niveau de l'Ardèche, ce même jour.

- Coupe géologique

0	à	4	m	alluvions grossières : sables et galets,
4	à	20	m	succession de fissures plus ou moins remplies d'argile rougeâtre qui traversent les calcaires urgoniens lapiazés.

Le sondage est tubé de 0 à 5,95 m, en diamètre 125/133 mm. Une cimentation sur 2 m de hauteur, à la base du tubage, assure une étanchéité relative entre les alluvions et les calcaires.

La profondeur du niveau piézométrique par rapport au sommet du tubage est égale à 1,87 m, le 25 mai 1972. Le sommet du tubage est situé à 0,40 m au-dessus du sol.

Dans un premier temps correspondant à la recherche d'un conduit karstique, le sondage S1 a été arrêté à 20 m de profondeur. Dans un second temps, il a été approfondi de 20 à 49 m ; les résultats seront exposés dans le chapitre suivant.

Une injection de 100 grammes de fluorescéine a été effectuée dans le sondage S1, le 6 juin 1972. Un débit de 3,6 m³/h correspondant à une surcharge

de 0,80 m, a été injecté dans ce même sondage, pendant 2 heures, pour "pousser" le colorant. Aucune apparition de fluorescéine ne s'est manifestée aux différents griffons des sources du Boeuf ni dans l'Ardèche.

2.1.2 - Sondage S2

Il est situé 3,50 m à l'aval du sondage S1, suivant une direction parallèle au cours de l'Ardèche.

- Coupe géologique

0	à	3,60 m	alluvions grossières : sables et galets,
3,60	à	25 m	calcaires urgoniens plus ou moins fissurés.

Le sondage est tubé de 0 à 6 m, en diamètre 125/133 mm. Une cimentation de 2 m de hauteur, à la base du tubage, isole les alluvions des calcaires.

Le sondage tubé est pratiquement sec jusqu'à 9,50 m au-dessous du sol. La première arrivée d'eau claire se manifeste à cette profondeur. Le débit de l'émulsion augmente à 14,45 m. A 16,20 m, on note une chute d'outil de 0,25 m et une augmentation du débit de l'émulsion. Vers 17 m, on note encore un vide de quelques centimètres. La fissuration est importante entre 18 et 23 m.

La profondeur du niveau piézométrique est de l'ordre de 1,50 m au-dessous du sol.

2.1.3 - Sondage n° 3

Il est situé 7 m à l'aval du sondage S1, suivant une direction parallèle au cours de l'Ardèche.

- Coupe géologique

0	à	3	m	alluvions grossières : sables et galets,
3	à	5,70	m	calcaires urgoniens peu fissurés,
5,70	à	7,00	m	arrivées de graviers dans les fissures des calcaires,
7,00	à	10,40	m	graviers,
10,40	à	20	m	calcaires fissurés et arrivées de graviers.

On a adopté les mêmes dispositions techniques que dans les sondages S1 et S2 pour isoler les alluvions du substratum calcaire.

Le débit de l'émulsion est du même ordre de grandeur que celui du sondage S2. La cote du niveau piézométrique est identique à celles des sondages S1 et S2.

2.1.4 - Sondage n° 4

Il est situé 5 m à l'amont du sondage S1, suivant une direction parallèle au cours de l'Ardèche.

- Coupe géologique

0	à	5,60	m	alluvions grossières : sables et galets,
5,60	à	20	m	calcaires urgoniens peu fissurés. Les fissures sont plus ou moins remplies d'argile rougeâtre.

Les alluvions ont encore été isolées des calcaires, à la périphérie du tubage par un bouchon de ciment. Le débit de l'émulsion est faible relativement aux débits des autres sondages.

2.2 - RESULTATS DES ESSAIS PAR INJECTION

Des essais sommaires par injection ont été effectués le 6 juin 1972 pour obtenir une première évaluation de la productivité des sondages de reconnaissance S1 à S4. Les graphiques de l'annexe n° 1 indiquent la surcharge mesurée dans les sondages pour différents débits constants injectés. On a obtenu les couples des valeurs suivants :

	S1	S2			S3	S4
débit en m ³ /h	3,6	5	8,9	12,1	12,4	1,8
surcharge en m	0,80	0,23	0,59	0,89	0,77	1,04

Pour une même surcharge de 1 m, les débits d'absorption des sondages seraient approximativement de :

- 1,7 m³/h pour S1
- 13 m³/h pour S2
- 15 m³/h pour S3
- 4,5 m³/h pour S4

Les sondages S1 à S4 n'ont pas recoupé de chenaux karstiques alimentant les sources du Boeuf. Il a donc été décidé d'approfondir le sondage S1 pour en augmenter la productivité. Il était souhaitable de s'éloigner du sondage S3, dans lequel le karst superficiel est rempli d'alluvions, pour ne pas avoir d'apports d'éléments de granulométrie fine au cours du pompage dans un éventuel ouvrage d'exploitation.

3 - APPROFONDISSEMENT DU SONDAGE S13.1 - RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI : EVOLUTION DU DEBIT EN FONCTION DE LA PROFONDEUR DU SONDAGE S1

Le sondage S1 a été approfondi au marteau 'fond de trou' de 20 à 46,30 m et au tricône de 46,30 à 49 m en diamètre 120 mm. Nous aurions souhaité approfondir ce sondage au moins jusqu'à 60 m, mais, eu égard aux difficultés d'avancement de l'outil, le sondage a été arrêté à 49 m.

Les terrains traversés sont représentés par des calcaires urgoniens. Il est difficile d'évaluer l'importance de la fissuration en l'absence de carottage, mais les essais de pompage de courte durée effectués au fur et à mesure de l'avancement traduisent l'importance relative de la fissuration. Les résultats de ces essais figurent dans le tableau ci-dessous et sur l'annexe n° 2 où nous avons reporté un certain nombre de couples de points -débit et rabattement correspondants- pour différentes profondeurs du sondage.

Profondeur du sondage S1 en m	Débit en m ³ /h	Rabattement en m
20	3,6	0,80
30	3,4 7,4 12,6	0,15 0,42 1,20
36	5,4 9,6 16,8 18,5	0,15 0,35 1,00 1,30
42	12,8	0,47
46,30	5,5 8,4 12,6	0,11 0,20 0,41
49	25 36 49	0,66 1,19 1,96

On peut évaluer approximativement le débit du sondage S1 pour 1 m de rabattement, au fur et à mesure de son approfondissement en utilisant les courbes caractéristiques de l'annexe n° 2. Les résultats de cette évaluation figurent dans le tableau ci-dessous :

<u>Profondeur du sondage</u> <u>en m</u>	<u>Débit en m³/h</u> <u>pour 1 m de rabattement</u>
20	4,5
30	11,8
36	16,8
42	19,8
46,30	22,5
49	31,8

Ces couples de valeurs -profondeur, débit- ont permis d'établir le graphique de l'annexe n° 3. La pente des différents segments de droite augmente avec la profondeur. Elle représente successivement une augmentation de débit par mètre linéaire du sondage :

de 0,25 m³/h jusqu'à 20 m de profondeur,
0,7 m³/h de 20 à 46,30 m
3,5 m³/h de 46,30 à 49 m

L'augmentation moyenne du débit avec la profondeur est donc particulièrement nette, contrairement à ce que l'on admet habituellement. L'augmentation de la profondeur du sondage permet donc, pour un même débit prélevé, de diminuer l'importance du rabattement et par suite les vitesses d'arrivée d'eau dans le sondage. On diminue ainsi le risque d'entraînement de particules solides remplissant plus ou moins les fissures.

3.2 - RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI EFFECTUES LES 14 et 15 JUIN 1972

Les mesures ont été effectuées par M. SAUVEL :

- un essai de 20 heures a été effectué du 14 juin 1972 à 16h 00 au 15 juin 1972 à 12h 00. La remontée du niveau piézométrique a été suivie jusqu'à 14h 45. Le débit prélevé dans le sondage au cours de cet essai n° 1 a varié entre 49 et 51 m³/h ;
- deux essais de courte durée ont ensuite été effectués pour déterminer la courbe caractéristique du sondage et évaluer l'importance des pertes de charge :
 - . essai n° 2 de 14h 45 à 15h 15 le 15 juin 1972, débit : 36 m³/h
 - . essai n° 3 de 15h 30 à 16h 00 le 15 juin 1972, débit : 20 m³/h

3.2.1 - Essai n° 1

Les résultats des mesures (profondeur du niveau piézométrique, débit, température, résistivité de l'eau) figurent sur le tableau de l'annexe n° 4. Les profondeurs de l'eau ont été également mesurées, au cours de l'essai, dans les sondages S2, S3, S4 et dans le forage F1, situé sur la haute terrasse. Les résultats de ces mesures figurent sur le tableau de l'annexe n° 5.

Le niveau de l'Ardèche a varié au cours du pompage d'une manière importante, l'amplitude des variations entre le 14 juin à 16h 00 et le 15 juin 1972 à 12h 00 étant égale à 0,50 m. Les graphiques en coordonnées arithmétiques de l'annexe n° 6 indiquent l'évolution du niveau de l'Ardèche et du niveau piézométrique dans les sondages S1 à S4 et dans le forage F1 au cours du pompage dans S1.

Le rapport entre l'amplitude des variations du niveau piézométrique dans les sondages de la basse terrasse S1 à S4 et les variations du plan d'eau de l'Ardèche est égal approximativement à 2/3 ; entre 9h 00 et 12h 00 le 15 juin 1972, on a mesuré les variations suivantes :

Ardèche	S1	S2	S3	S4	F1
0,40 m	0,27 m	0,26 m	0,26 m	0,24 m	0,01 m

Au cours de cette même période, les variations dues au pompage sont inférieures à 0,5 cm, donc négligeables eu égard à la précision des mesures. On se proposait, au cours de cet essai :

- d'évaluer la transmissivité T de l'aquifère urgonien, ce paramètre conditionnant en particulier la productivité de l'ouvrage de captage,
- de déterminer le mode d'alimentation de l'aquifère urgonien, en suivant l'évolution du régime transitoire,
- d'évaluer les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau prélevée dans le sondage.

3.2.1.1 - Evaluation de la Transmissivité

Le rabattement au cours du pompage peut s'exprimer en régime non influencé par la formule d'approximation logarithmique :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log 2,25 \frac{T t}{Sx^2} \quad (1)$$

Δ = rabattement du plan d'eau, en mètre,

Q = débit en m³/h ou m³/s,

T = transmissivité en m²/h ou m²/s,

S = coefficient d'emmagasinement,

t = temps écoulé depuis le début du pompage, en heure ou en seconde,

x = rayon du sondage ou distance du piézomètre au sondage, en mètre.

Cette formule peut encore s'écrire :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log t + \text{constante} \quad (2)$$

On suit les variations du rabattement dans un sondage en fonction du temps (cf. annexe n° 7).

Les expressions précédentes ne sont valables qu'en régime non influencé et en particulier pour un niveau constant du plan d'eau de l'Ardèche. Le niveau du plan d'eau de l'Ardèche étant variable, on peut cependant -d'après le principe de la superposition des écoulements- corriger les valeurs mesurées du rabattement pour obtenir des valeurs résiduelles dues à la seule influence du pompage.

La droite en traits tiretés figurant sur l'annexe n° 7, exprime l'évolution du rabattement due à la seule influence du pompage en fonction du logarithme du temps. On a utilisé, pour tracer cette droite, les observations suivantes :

- après 17 heures de pompage, la cote du plan d'eau de l'Ardèche est identique à la cote initiale ;
- au début du pompage, on a admis que pendant un intervalle de temps très court égal à 3 minutes, l'influence des variations de l'Ardèche est négligeable par rapport aux variations dues au pompage. Par ailleurs, à partir de quelques secondes, l'effet de capacité du sondage est également négligeable. De la formule (1) on déduit :

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

c représentant l'accroissement du rabattement dans un cycle logarithmique,

$$c = 0,065 \text{ m}$$

$$Q = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où :

$$\underline{T = 144 \text{ m}^2/\text{h} \quad \text{ou} \quad 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

Sur la même annexe n° 7, nous avons tracé la courbe de remontée du niveau piézométrique qui représente la fonction :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log \left(1 + \frac{t_p}{t_r} \right) \quad (3)$$

t_p = durée du pompage : 20 heures

t_r = temps mesuré depuis l'arrêt du pompage.

$$c = 0,045 \text{ m}$$

$$Q = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où :

$$\underline{T = 207 \text{ m}^2/\text{h} \quad \text{ou} \quad 5,75 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

Pour évaluer c on a admis que dans l'intervalle de temps de 10 minutes suivant l'arrêt du pompage, l'influence des variations du plan d'eau de l'Ardèche est négligeable par rapport à la remontée du niveau piézométrique due à l'arrêt du pompage.

La formule (1) peut encore s'écrire :

$$\Delta = 0,366 \frac{Q}{T} \log x + \text{constante} \quad (4)$$

Cette expression suppose que t est une constante ; on a mesuré les variations du rabattement suivant un profil du cône de dépression passant par S1, S2 et S3, après différents temps de pompage.

Les sondages S1 à S3 étant implantés suivant une direction parallèle au cours de l'Ardèche, on a vu que l'influence des variations du plan d'eau de la rivière est, en première approximation, la même sur les trois sondages. Le ta-

bleau ci-dessous, rassemble les mesures du rabattement en mètre dans les sondages S1 à S3 et la différence entre les rabattements mesurés dans S3 et S2, après différentes durées de pompage :

Date	Heure	S1	S2	S3	S3 - S2
14/6/1972	19h	2,06	1,13	1,02	0,11
	21h	2,00	1,07	0,97	0,10
	24h	1,98	1,04	0,94	0,10 (1)
15/6/1972	01h	1,98	1,06	0,95	0,11
	02h	1,97	1,06	0,95	0,11
	03h	2,01	1,08	0,98	0,10
	04h	2,02	1,10	0,99	0,11
	05h	2,05	1,12	1,00	0,12
	06h	2,06	1,13	1,02	0,11 (2)
	07h	2,08	1,16	1,04	0,12 (3)
	08h	2,05	1,15	1,03	0,12
	09h	2,06	1,14	1,02	0,12
	12h	1,79	0,89	0,76	0,13

La différence entre les rabattements mesurés dans les sondages S2 et S3 varie entre 0,10 (1) et 0,12 m (3). Les droites rabattement - log, distances au sondage S1, qui figurent sur l'annexe n° 8, représentent les trois positions (1), (2) et (3) en coordonnées semi-logarithmiques, du cône de dépression après différentes heures de pompage. On en déduit, pour la transmissivité, les valeurs suivantes, d'après la formule

$$T = 0,366 \frac{Q}{c}$$

c représentant l'accroissement du rabattement dans un cycle logarithmique :

$$c_1 = 0,16 \text{ m} \quad \text{d'où} \quad T_1 = 55 \text{ m}^2/\text{h} = 1,53 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$c_2 = 0,18 \text{ m} \quad \text{d'où} \quad T_2 = 52 \text{ m}^2/\text{h} = 1,44 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$c_3 = 0,14 \text{ m} \quad \text{d'où} \quad T_3 = 58 \text{ m}^2/\text{h} = 1,62 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

3.2.1.2 - Pertes de charge dans le sondage S1

Sur l'annexe n° 8, l'intersection de la droite $\Delta = 0,366 \frac{Q}{T} \log x$ avec la droite $x = 0,06 \text{ m}$ détermine le rabattement théorique dans le sondage S1 en l'absence de pertes de charge. On en déduit, par différence entre le rabattement théorique et le rabattement réel mesuré au cours du pompage, la valeur des pertes de charge dans le sondage S1, qui est égale en moyenne à 0,65 m pour un débit de $51 \text{ m}^3/\text{h}$. Elles sont dues dans le cas présent au diamètre insuffisant du sondage égal à 120 mm. Elles seraient pratiquement nulles dans un sondage de 200 mm.

3.2.1.3 - Principales caractéristiques physico-chimiques

Nous rassemblons dans le tableau ci-dessous les résultats des mesures de température et résistivité, effectuées par C. SAUVEL, au cours de l'essai n° 1

Date	Heure	Ardèche		Sondage S1		Source du Boeuf		Observations
		T°	ρ en ohm.m à 18°	T°	ρ en ohm.m à 18°	T°	ρ en ohm.m à 18°	
14/6/72	16h 30	15° 4	8650	13° 6	2150	13° 5	2150	T° air = 14° 5
	18h 00			13° 6	2200			
15/6/72	9h 30	15°		13° 7	2160			
	12h 00	15°	9500	13° 8	2250	13° 6	2250	

La résistivité de l'eau prélevée dans le sondage au cours de l'essai est identique à celle des sources du Boeuf. Elle correspond à un résidu sec de l'ordre de 350 mg/l. La résistivité de l'Ardèche est environ quatre fois supérieure à celle de l'eau prélevée dans l'aquifère urgonien. L'eau était :

- . rougeâtre, au début de l'essai,
- . jaunâtre, après 10 minutes de pompage,
- . claire, après 2 heures de pompage environ,
- . très claire, après 3 heures de pompage environ.

3.2.2 - Détermination de la courbe caractéristique du sondage S1 : résultats des essais n° 2 et n° 3

Deux essais de 30 minutes ont été effectués pour tracer la courbe caractéristique du sondage S1. Les résultats des mesures sont rassemblés dans les tableaux des annexes n° 9 (essai n° 2) et 10 (essai n° 3). Les graphiques de l'annexe n° 11 montrent l'évolution du rabattement en fonction du temps dans les sondages S1 et S2 au cours des deux essais. Les courbes caractéristiques représentant la fonction débit - rabattement dans les deux sondages sont tracées sur l'annexe n° 12. Elles mettent en évidence, en particulier, les pertes de charge dans le sondage S1, de l'ordre de 0,65 m pour un débit peu différent de 50 m³/h, si l'on admet que les pertes de charge sont nulles pour un débit de 25 m³/h.

En traçant le profil du cône de dépression passant par S1 et S2 pour un débit de 25 m³/h, après 30 minutes de pompage, l'accroissement du rabattement dans un cyle logarithmique est égal à 0,17 m. On peut en déduire la transmissivité T :

$$T = \frac{0,366 \times 25}{0,17 \text{ m}} = 54 \text{ m}^2/\text{h} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

On obtient approximativement la même valeur qu'au cours de l'essai n° 1. On peut donc effectivement admettre que les pertes de charge sont nulles pour un

débit de $25 \text{ m}^3/\text{h}$, le rabattement théorique dû aux seules caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère étant égal au rabattement réel.

Les droites $\Delta = f(\log t)$ pour $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ et $36 \text{ m}^3/\text{h}$ permettent également de calculer la transmissivité T :

- pour $Q = 36 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$\begin{aligned} c &= 0,06 \text{ m} \\ T &= 110 \text{ m}^2/\text{h} = 3,05 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

- pour $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$\begin{aligned} c &= 0,045 \text{ m} \\ T &= 102 \text{ m}^2/\text{h} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Les essais de pompage ont permis en définitive :

- d'évaluer la transmissivité de l'aquifère

. d'après les droites $\Delta = f(\log x)$

$$T = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

. d'après les droites $\Delta = f(\log t)$

essai n° 1 : $T = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ d'après l'interprétation de la descente du niveau piézométrique

$T = 5,7 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ d'après l'interprétation de la remontée du niveau piézométrique

essai n° 2 : $T = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

essai n° 3 : $T = 2,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

Des essais effectués en régime non influencé par les crues de l'Ardèche auraient peut-être permis d'obtenir une plus grande homogénéité des résultats et éventuellement, de mettre en évidence l'établissement d'un régime permanent.

Quoiqu'il en soit, les valeurs de la transmissivité obtenues sont suffisamment élevées pour autoriser le prélèvement d'un débit de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ dans un seul forage. Par exemple, l'augmentation du rabattement dans un cycle logarithmique pour un débit de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ serait égale, d'après le graphique de l'annexe n° 7, à 0,13 m. Il convient cependant que les pertes de charge inhérentes à la réalisation de l'ouvrage de captage soient admissibles et que les vitesses d'arrivée de l'eau dans le forage soient suffisamment faibles pour ne pas permettre l'entraînement de particules solides en suspension ;

- de montrer que, pour un débit de $50 \text{ m}^3/\text{h}$, l'eau prélevée dans le sondage n° 1 est limpide et que les caractéristiques physico-chimiques sont identiques à celles des sources du Boeuf. Il aurait été souhaitable d'augmenter le débit prélevé dans le sondage, mais les moyens de pompage et le diamètre de sondage étaient insuffisants.

4 - PROPOSITION DE TRAVAUX

Les sondages de reconnaissance nous permettent de proposer les travaux suivants pour réaliser un forage d'exploitation à l'emplacement du sondage S1 susceptible de couvrir les besoins en eau du Syndicat de Barjac :

- overshot du tubage 125/133 mm en place,
- mise en place d'un tubage de 420/430 mm environ, sur 4 m de profondeur dans les alluvions, jusqu'au refus et pose d'une galette de ciment à la base du tubage,
- alésage en diamètre 320 mm jusqu'à 20 m,
- remplissage du fond du trou avec des graviers,
- pose d'un tubage 261/273 mm, de 0 à 20 m, sur une galette de ciment de 0,50 m ; auparavant, on aura effectué des "lumières" de cimentation à la cote - 19 sur le tube;
- cimentation sous pression ascendante sur toute la hauteur de l'annulaire,
- alésage en 213 mm jusqu'à 60 m environ.

Les observations précédentes étant réalisées, on effectuera un pompage d'essai pour déterminer la courbe caractéristique de l'ouvrage de captage et prélever 100 m³/h d'eau limpide. Selon les résultats obtenus, on sera conduit à augmenter la productivité du forage en utilisant une ou plusieurs des techniques ci-dessous :

- pompages alternés à débit supérieur à 100 m³/h
- injection d'eau dans le forage pour créer une circulation inverse de l'eau,
- acidification pour élargir les fissures.

Les résultats de ce traitement éventuel doivent permettre d'obtenir 100 m³/h d'eau limpide. Il conviendra ensuite par des travaux appropriés, d'assurer la protection de l'ouvrage de captage contre les crues de l'Ardèche.

5 - CONCLUSION

Les travaux de reconnaissance effectués du 15 mai au 15 juin 1972, sur la basse terrasse de l'Ardèche, nous ont permis de déterminer les modalités d'exécution d'un forage d'exploitation susceptible de couvrir la totalité des besoins en eau du Syndicat de BARJAC évalués à 100 m³/h.

La transmissivité de l'aquifère est bonne. Elle est comprise entre 1,5 et 5,7 x 10⁻² m²/s selon les méthodes d'interprétation utilisées. On a prélevé dans le sondage S1 un débit de 51 m³/h pour un rabattement de l'ordre de 2 m, après 20 heures de pompage.

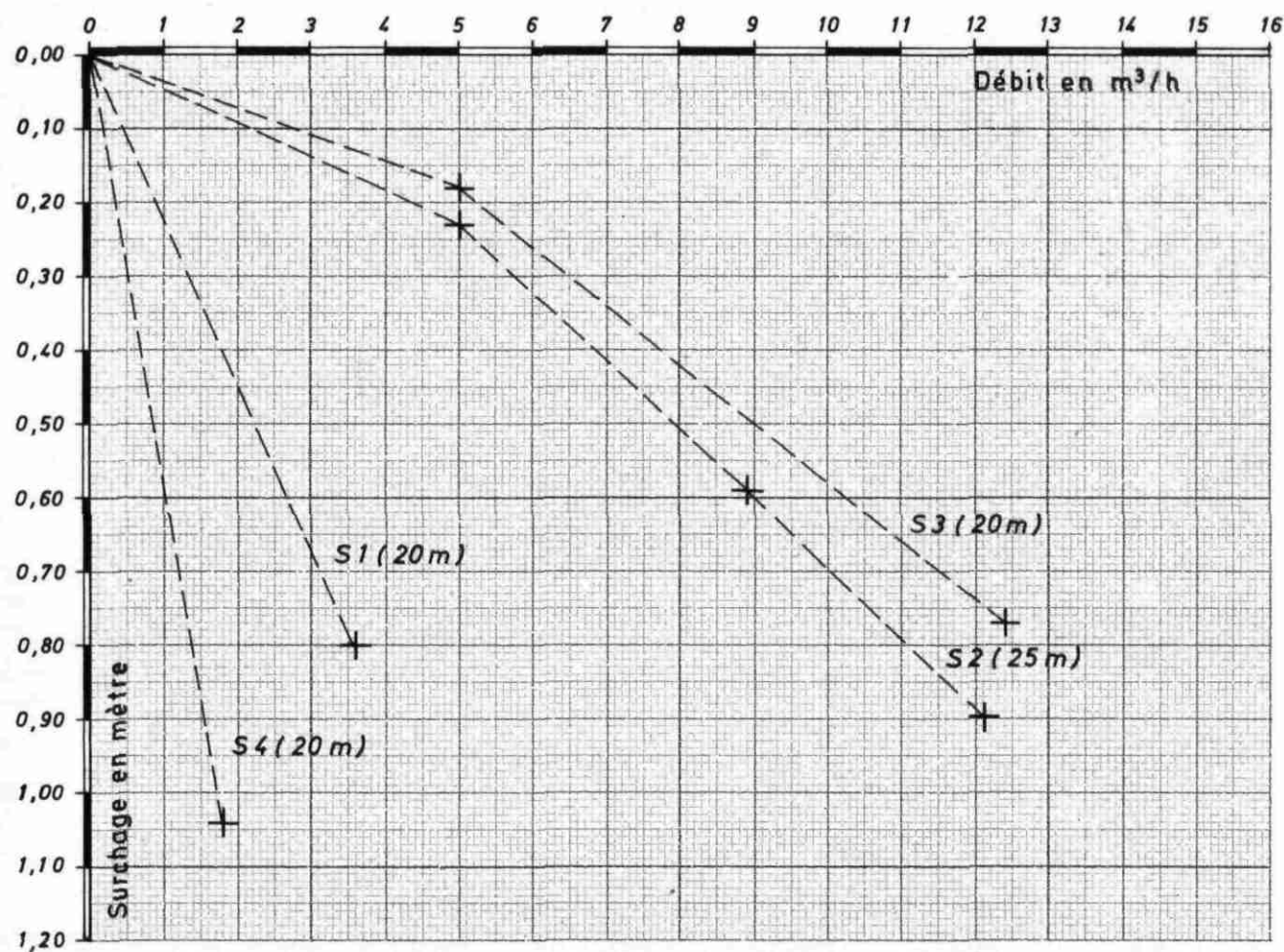
L'exécution d'un forage d'exploitation, à l'emplacement du sondage de reconnaissance S1, devra être suivie par un hydrogéologue qui définira en particulier les techniques de développement à mettre en oeuvre au fur et à mesure des résultats obtenus au cours des pompages d'essai.

ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

ESSAIS D'EAU A NIVEAU CONSTANT PAR INJECTION DANS LES SONDAGES S1 A S4

S3 (20 m.) = NUMERO D'ORDRE ET PROFONDEUR DES SONDAGES EN METRE



ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

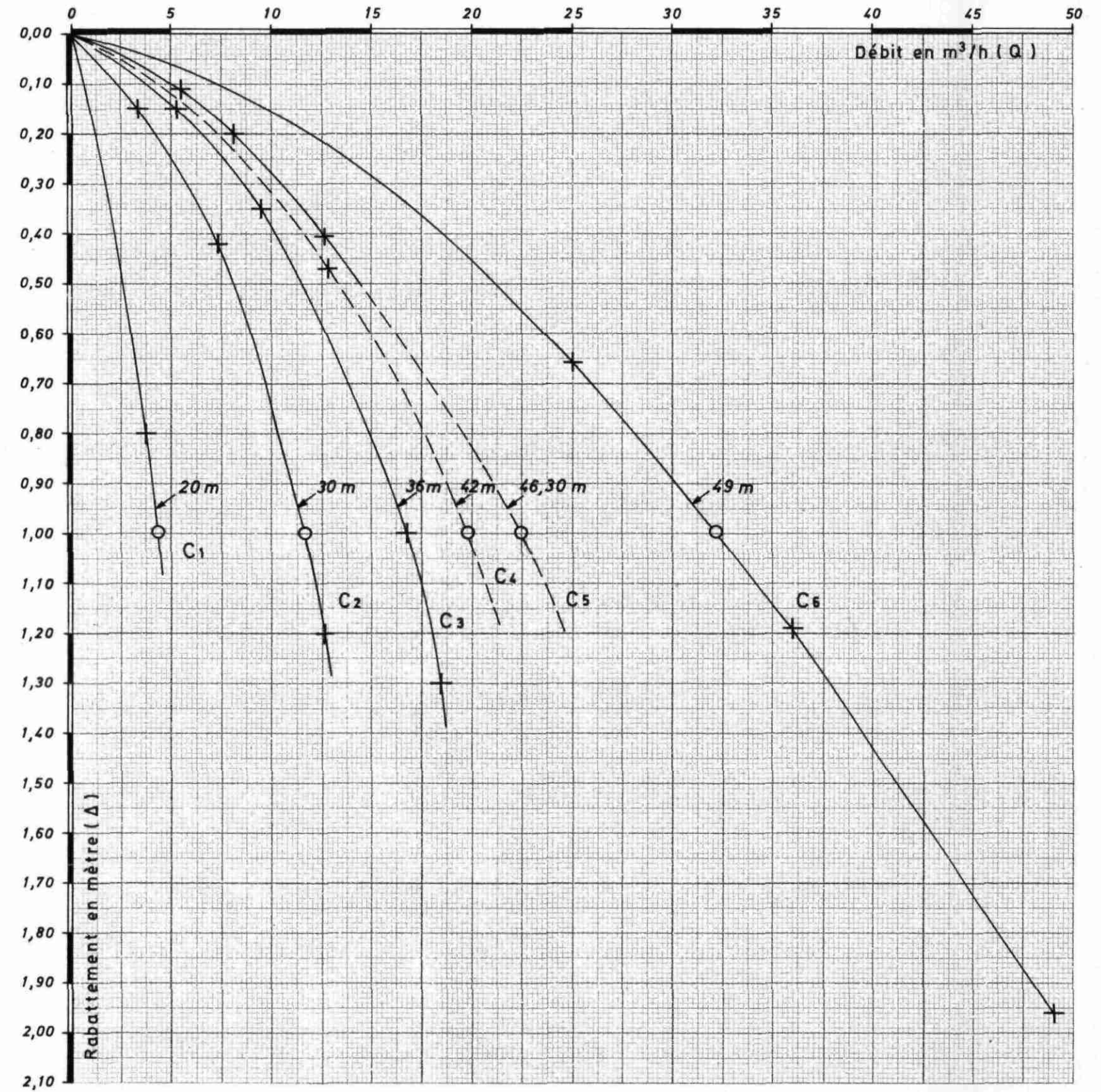
RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

COURBES CARACTERISTIQUES ETABLIES POUR DIFFERENTES PROFONDEURS

DU SONDAGE S1

+ Couple des valeurs (Q, Δ) obtenu par pompage

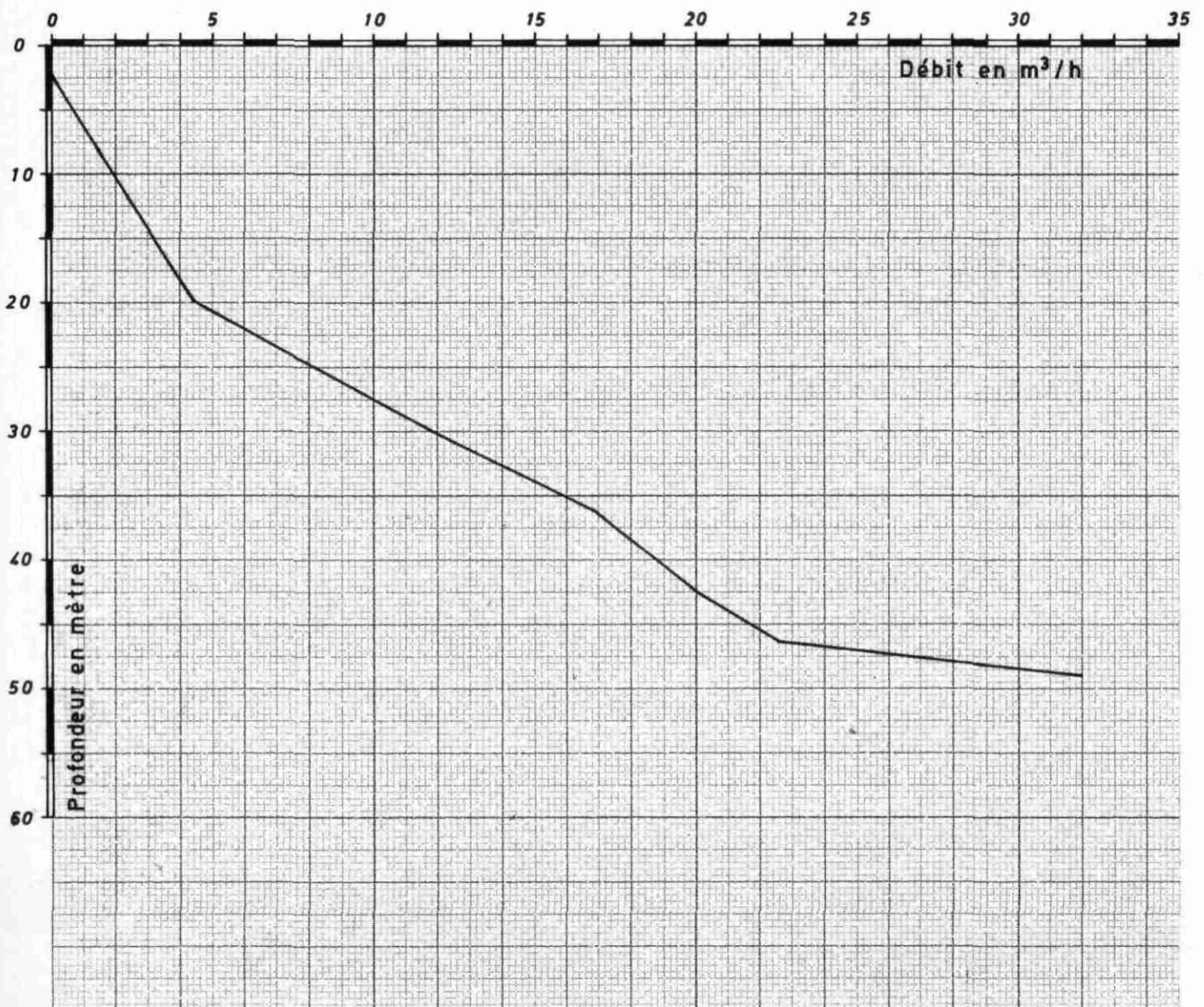
○ Valeur du débit pour un mètre de rabattement déduite des courbes caractéristiques



ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

EVOLUTION DU DEBIT POUR UN METRE DE RABATTEMENT EN FONCTION DE LA PROFONDEUR DU SONDAGE S1



Désignation : SALAVAS

Essai n° 1

Ouvrage : S1 (profondeur totale 49 m)

Annexe n° 1.1

Profondeur de l'eau avant pompage/sommet du tubage : 2,04 m

Cote du point de mesure par rapport au sol : + 0,40 m

Profondeur de l'eau avant pompage/au sol : 1,64 m

Date	Heure	t en minute	Profondeur de l'eau /repère	Rabatte-ment en m	Débit en m3/h	Observations
14/06/72	16	0	2,04	0	49	Pluie légère, pas de crue Ardèche (eau claire):cote 0
		0,5	3,74	1,70		
		1	3,90	1,86		
		1,5	3,92	1,88		
		2	3,93	1,89		
		2,5	3,90	1,96		
		3	3,94	1,90		
		3,5	3,97	1,93		
		4	3,97	1,93		
		4,5				
		5	3,98	1,94		
		6	3,98	1,94		
		7				
		8				
		9				
		10	4,02	1,98		
	11					
	12					
	13	4,02	1,98			
	14					
	15					
	17	4,01	1,97			
	19					
	21	4,04	2,00			
	23					
	25					
	27					
	30	4,15	2,11			
	33					
	36					
	39	4,15	2,11			
42						
45						
48						
51						
52						
17	57	4,09	2,05			
	60	4,09	2,05			
	65					
	70					
	75					
	80					
	85					
	90	4,07	2,03			
	95					
100						

t = 13° 6
 ρ à 18° = 2150 ohm.m

Eau trouble jaunâtre

Eau trouble rougeâtre

Eau boueuse rouge

Désignation : SALAVAS

Essai n° 1

Ouvrage : S1 (profondeur totale 49 m)

Annexe n° 4.2

Date	Heure	t en minute	Profondeur de l'eau /repère	Rabatte-ment en m	Débit en m3/h	Observations	
14/06/72	18	105			51	t° = 13, ρ à 18° = 2200 ohm.m Eau claire	
		110					
		115					
		120	4,07	2,03			
		130					
		140	4,07	2,03			
		150	4,08	2,04			
	19	160				51	Eau très claire
		170					
		180	4,10	2,06			
	20	200				51	
		220	4,11	2,07			
		240					
	21	250	4,00	1,96		51	
		280					
		300	4,04	2,00			
	22	320				51	Pluie très forte
340							
360							
390							
23	420				51	Pluie très forte	
	450						
15/06/72	00	480	4,02	1,98	51	T = 13, ρ à 18° = 2250 ohm.m	
	01	540	4,02	1,98	51	Crue Ardèche = + 0,10 m	
	02	600	4,05	1,97			
	03	660	4,05	2,01			
	04	720	4,06	2,02			
	05	780	4,09	2,05			
	06	840	4,10	2,06			
	07	900	4,12	2,08			
	08	960	4,09	2,05			
	09	1020	4,10	2,06	51	Cote de l'Ardèche = - 0,03 m	
	10	1080					
	11	1140					
	12	1200	3,83	1,79	51	Cote de l'Ardèche = + 0,40 m Remontée niveau piézométrique Temps mesuré depuis l'arrêt du pompage.	
	14 30	0,5	1,95				
		1	1,90				
		1,5	1,89				
2		1,89					
2,5		1,88					
3,5		1,88					
5		1,87					
10	1,86						
	150	1,77				Cote de l'Ardèche = + 0,50 m	

OBSERVATIONS SUR LES PIEZOMETRES

Essai de pompage sur le sondage S1

(Q = 51 m³/h)

Date	Heure	t en minute	S2		S3		S4		F1	
			Profondeur de l'eau	Rabatte- ment	Profondeur de l'eau	Rabatte- ment	Profondeur de l'eau	Rabatte- ment	Profondeur de l'eau	Rabatte- ment
14/06/72	16h	0	1,74	0	1,70	0	1,93	0	0,26	0
	16h 30	30	2,87	1,13			2,93	1,00		
	16h 45	45	2,83	1,09	2,69	0,99	2,90	0,97		
	17h	60							8,26	0
	18h	120	2,83	1,09	2,70	1,00	2,91	0,98	8,27	0,01
	18h 30	150	2,84	1,10	2,70	1,00	2,92	0,99		
	19h	180	2,87	1,13	2,72	1,02	2,93	1,00		
	19h 30	210	2,87	1,13	2,73	1,03	2,93	1,00	8,275	0,015
	21h	300	2,81	1,07	2,67	0,97	2,88	0,95		
15/06/72	0h	480	2,78	1,04	2,64	0,94	2,87	0,94	8,27	0,01
	01h	540	2,80	1,06	2,65	0,95	2,88	0,95		
	02h	600	2,80	1,06	2,65	0,95	2,88	0,95		
	03h	660	2,82	1,08	2,68	0,98	2,91	0,98		
	04h	720	2,84	1,10	2,69	0,99	2,92	0,99		
	05h	780	2,86	1,12	2,70	1,00	2,90	0,97		
	06h	840	2,87	1,13	2,72	1,02	2,95	1,02		
	07h	900	2,90	1,16	2,74	1,04	2,97	1,04		
	08h	960	2,89	1,15	2,73	1,03	2,97	1,04		
	09h	1020	2,88	1,14	2,72	1,02	2,97	1,04	8,29	0,03
	12h	1200	2,63	0,89	2,46	0,76	2,73	0,80	8,28	0,02

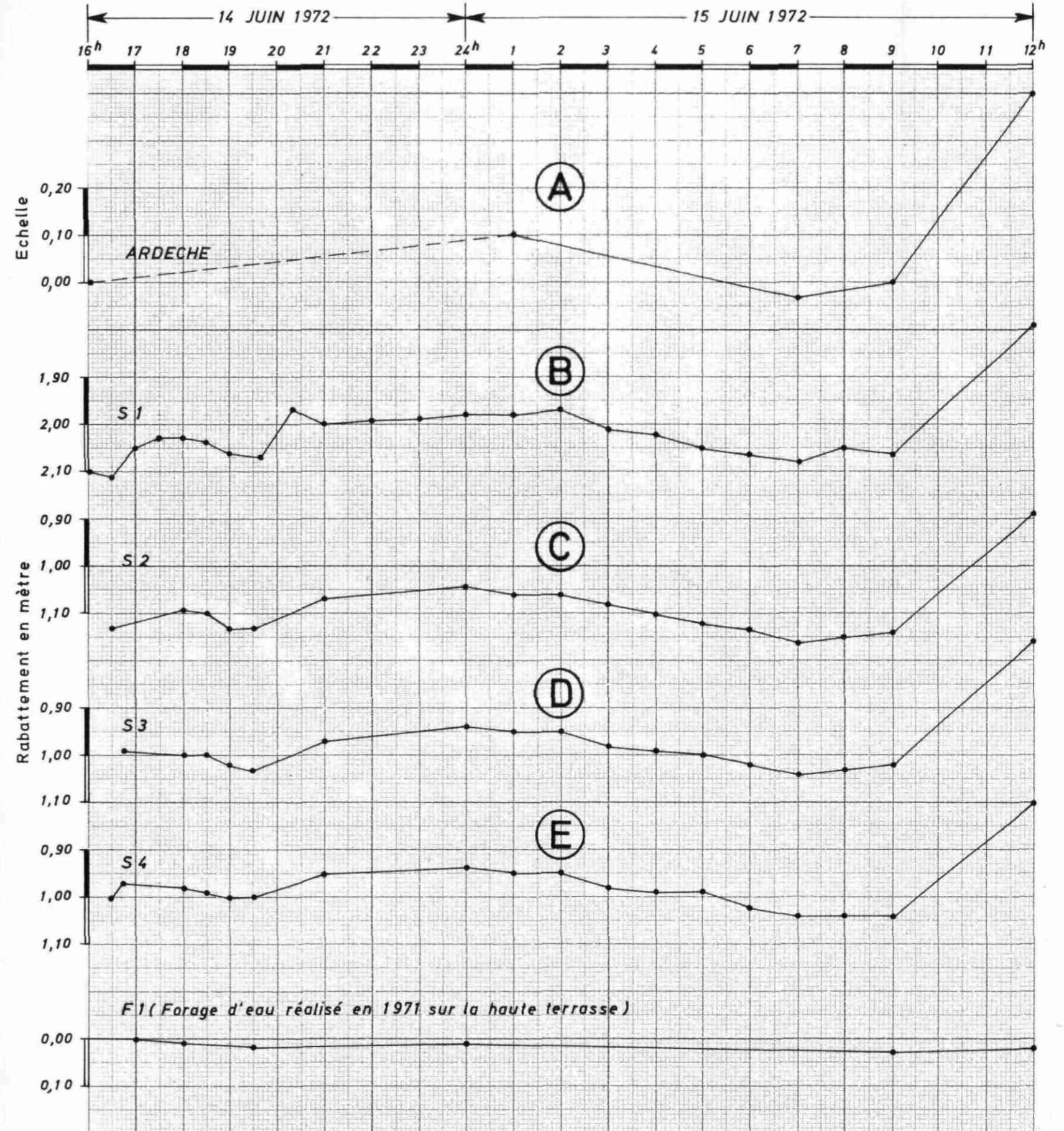
ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

DIAGRAMMES DE POMPAGE SUR S1

DU 14 JUIN 1972 A 16^h AU 15 JUIN 1972 A 12^h

- ① Variation du niveau de l'eau de l'Ardèche
- ② Evolution du rabattement en fonction du temps sur S1, S2, S3 et S4 au cours du pompage
- ③
- ④
- ⑤



ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

DIAGRAMME DE POMPAGE SUR LE SONDAGE S 1

(A)

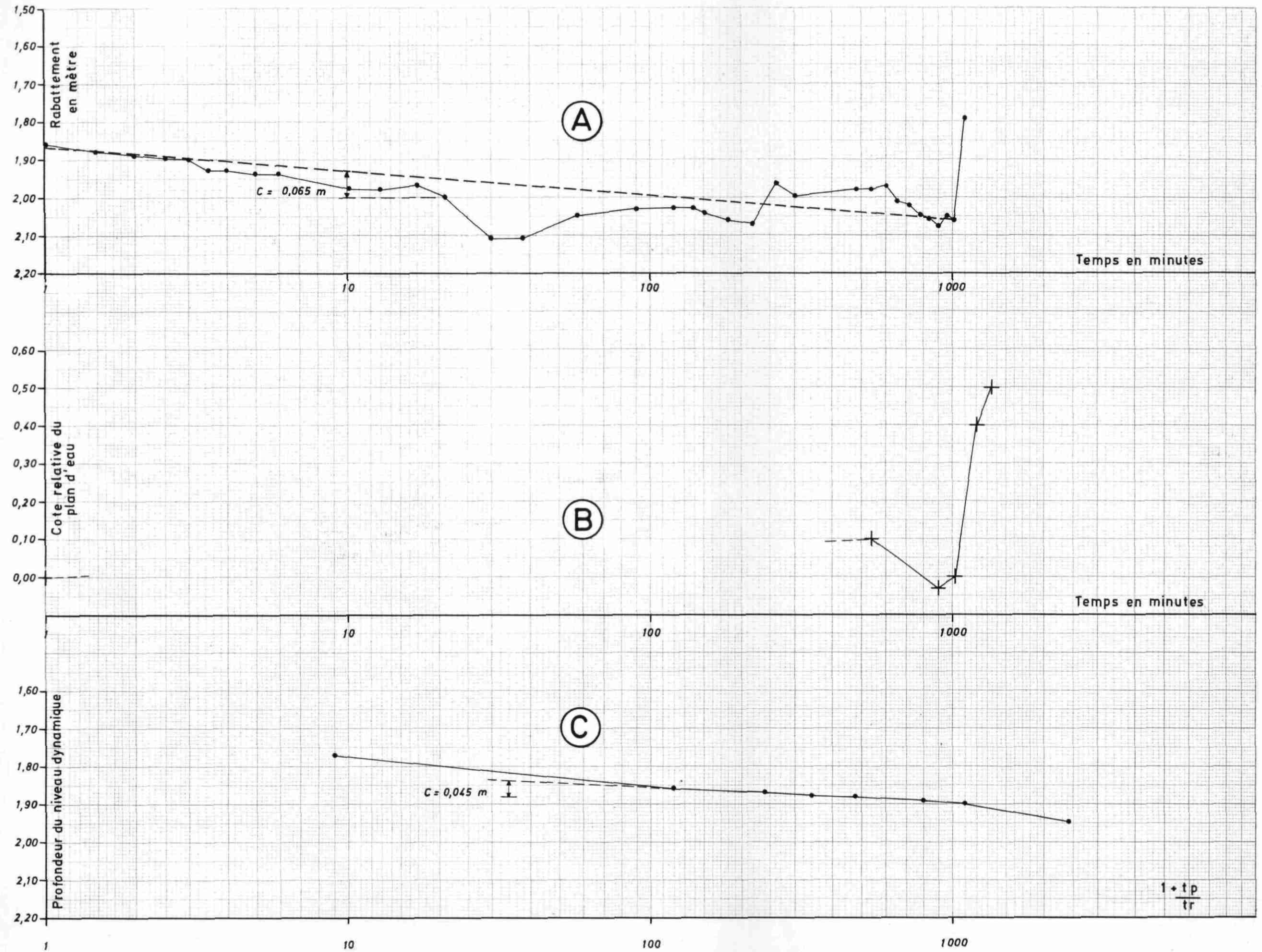
Evolution du rabattement au cours d'un pompage à $51 \text{ m}^3/\text{h}$ du 14/6/1972 à 16h 00 au 15/6/1972 à 12h 00

(B)

Variation du plan d'eau de l'Ardèche pendant la durée du pompage

(C)

Remontée consécutive au pompage :
 tp = temps de pompage.
 tr = temps de remontée.



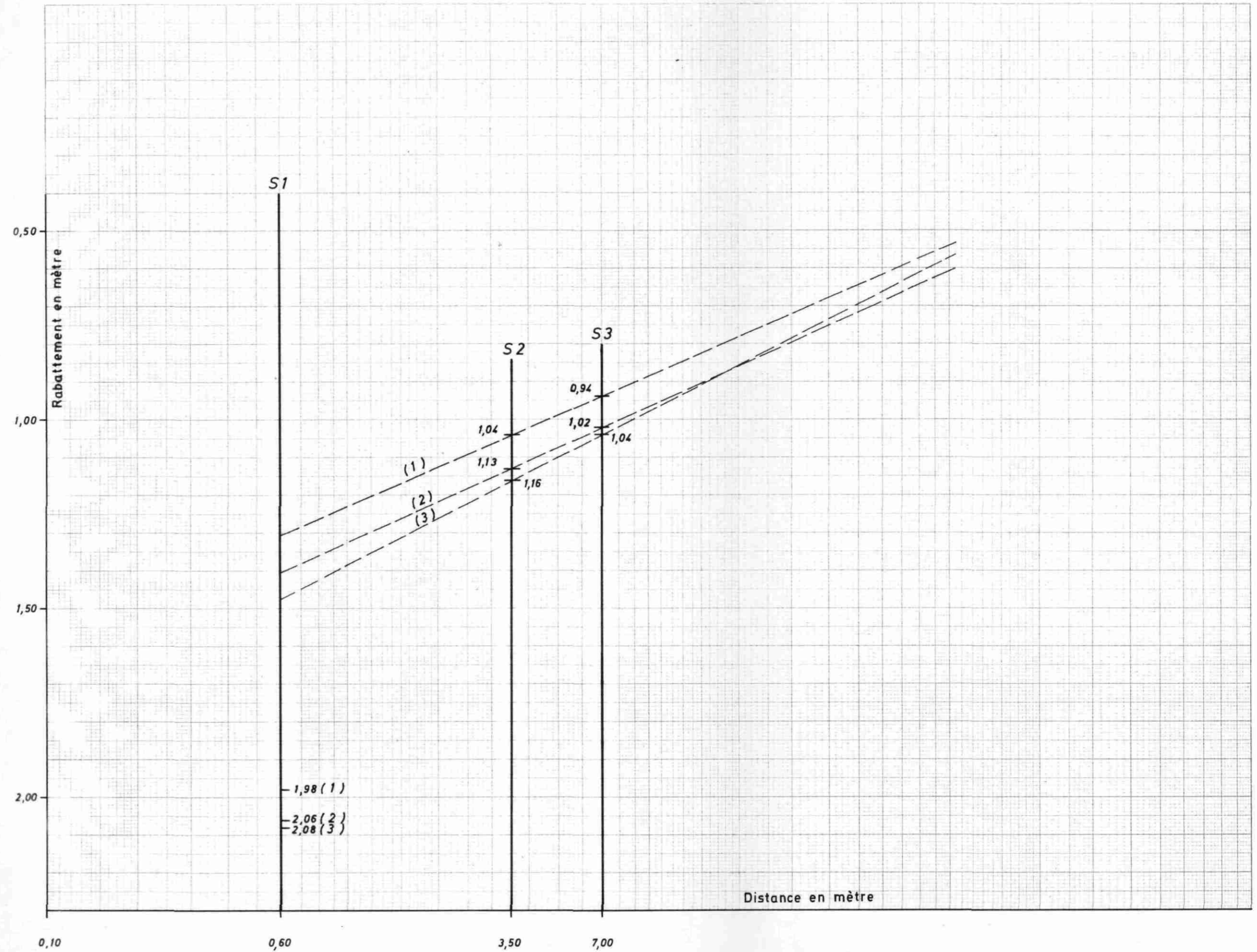
$\frac{1 + t_p}{t_r}$

ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

RELATION ENTRE LES RABATTEMENTS SUR LES SONDAGES S2 ET S3
EN FONCTION DU LOG DE LEURS DISTANCES A S1 EN POMPAGE A 51 M³/H

- (1) Après 8 heures de pompage.
- (2) Après 14 heures de pompage.
- (3) Après 15 heures de pompage.



Désignation : SALAVAS

Essai n° 2

Ouvrage : S1

Annexe n° 9

Profondeur de l'eau avant pompage/sommet du tubage : 1,77 m

Cote du point de mesure par rapport au sol : 0,40 m

Profondeur de l'eau avant pompage/sol : 1,37 m

Date	Heure	t en minute	S1		S2		Débit en m3/h	Observations
			Profondeur de l'eau /repère	Rabatte-ment en m	Profondeur de l'eau /repère	Rabatte-ment en m		
15/06/72	14h 45	0	1,77	0,00	1,46	0	36	Début du pompage, eau claire
		0,5	2,72	0,95				
		1	2,70	0,93				
		1,5	2,80	1,03				
		3	2,90	1,13				
		4	2,91	1,14				
		5	2,92	1,15				
		6	2,93	1,16				
	9			2,12	0,66			
	10	2,95	1,18					
	15	2,96	1,19	2,12	0,66			
	21	2,95	1,18	2,12	0,66			
	15h 15	30	2,96	1,19	2,125	0,665		
			1,78	0,01				
15h 20	35		1,775	0,005			Arrêt du pompage	
			1,77	0,00	1,46	0		

Désignation : SALAVAS

Essai n° 3

Ouvrage : S1

Annexe n° 10

Profondeur de l'eau avant pompage/point de mesure : 1,77 m

Cote du point de mesure par rapport au sol : 0,40 m

Profondeur de l'eau avant pompage/au sol : 1,37 m

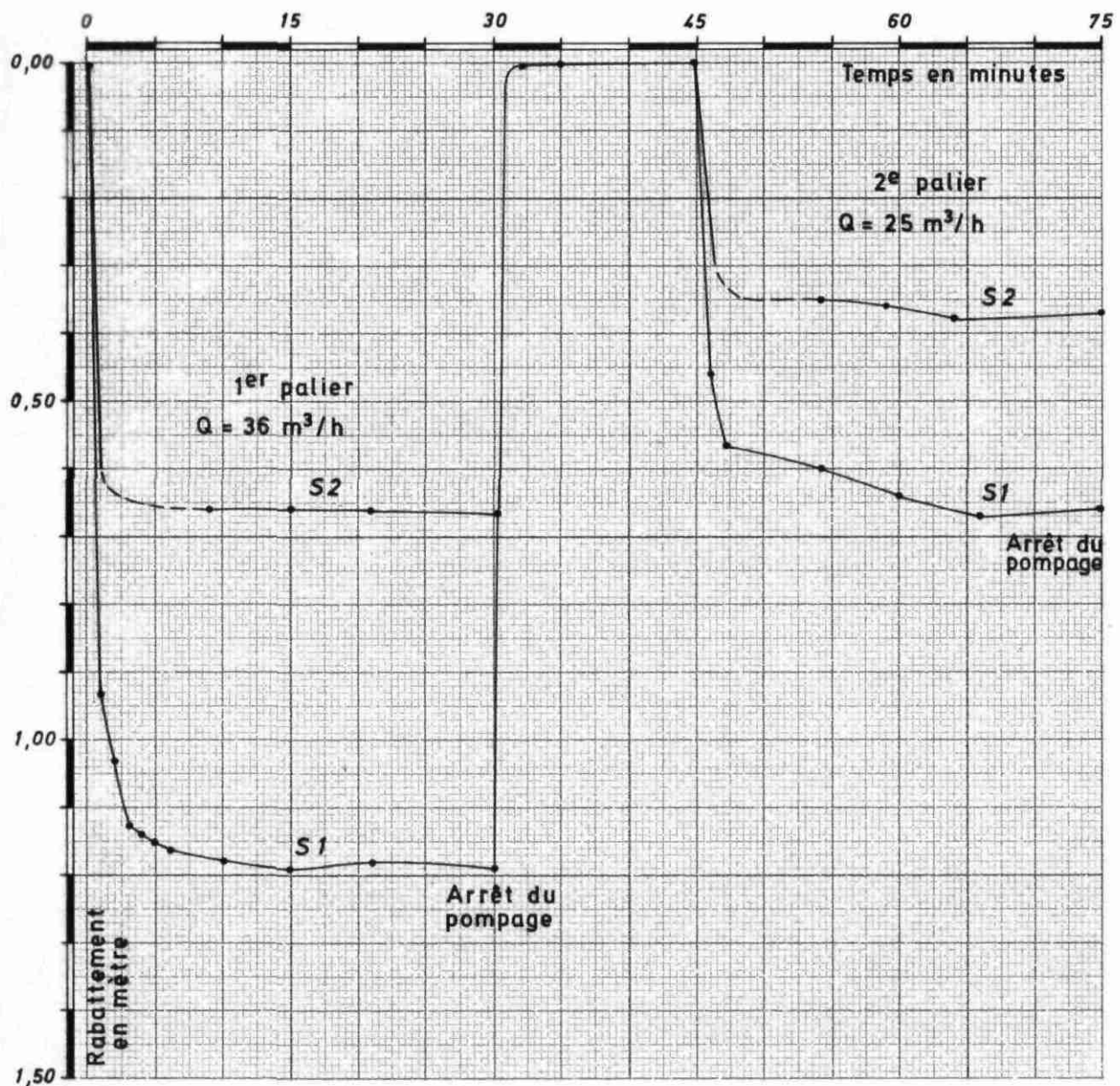
Date	Heure	t en minute	S1		S2		Débit en m3/h	Observations	
			Profondeur de l'eau /repère	Rabatte- ment en m	Profondeur de l'eau /repère	Rabatte- ment en m			
15/06/72	15h 30	0	1,77	0	1,46		25	Début du pompage	
		1	2,23	0,57					
		2	2,34	0,57					
		9	2,37	0,60	1,81	0,35			
	16h 00	15	2,41	0,64	1,82	0,36			Fin du pompage
		21	2,44	0,67	1,84	0,38			
		30	2,43	0,66	1,83	0,37			

ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

DIAGRAMME DE POMPAGE SUR LE SONDAGE S1 A 36 ET 25 M³/H

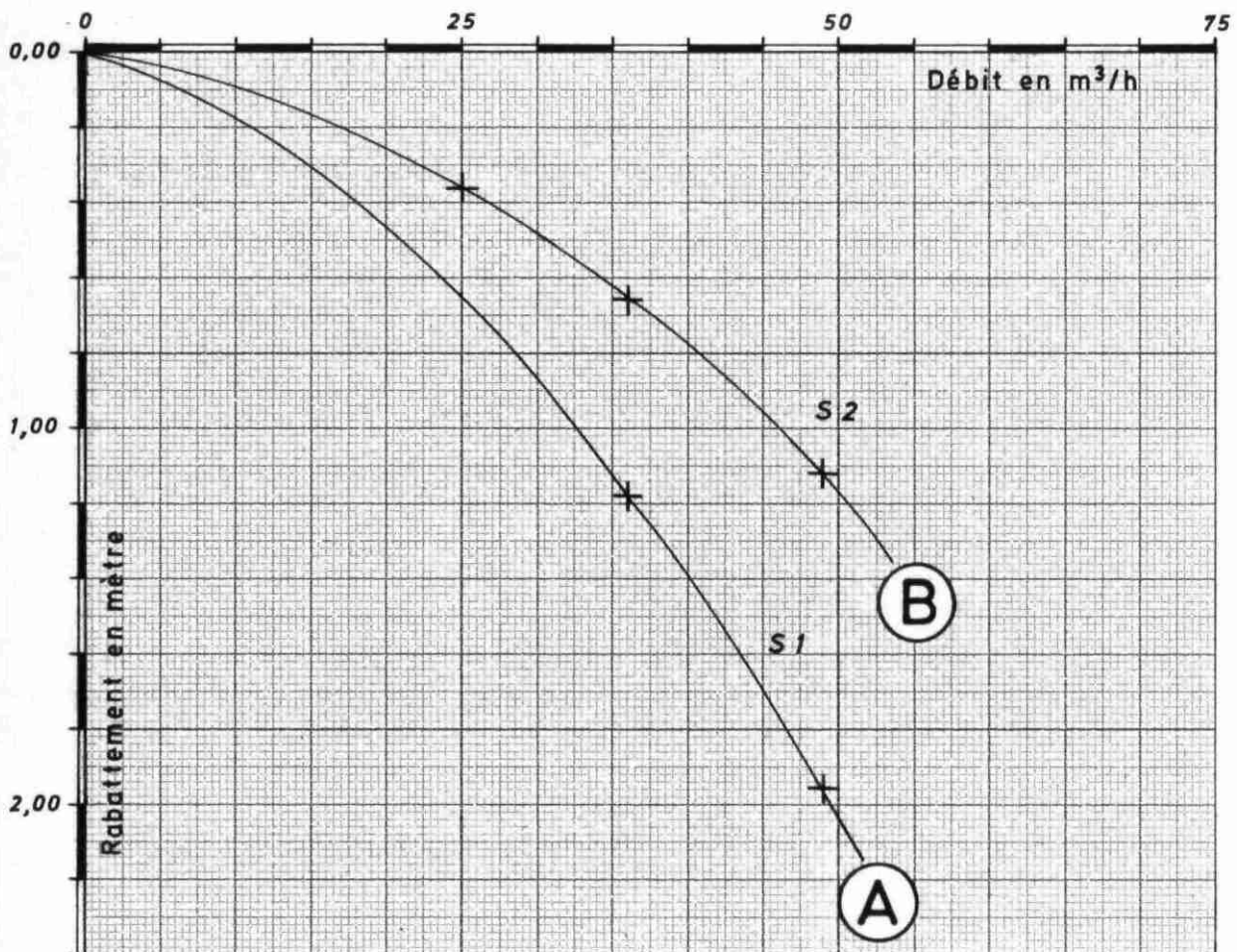
NOTA : Les rabattements sont observés sur S1 et sur S2



ALIMENTATION EN EAU DU SYNDICAT DE BARJAC (Gard)

RESULTATS DE 4 SONDAGES EFFECTUES A SALAVAS (Ardèche)

COURBES DEBIT - RABATTEMENT



(A) Relation débits - rabattements sur S 1

(B) Rabattement aux débits correspondants sur S 2 (à 1,50 m)