

DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE DU GARD

**ALIMENTATION EN EAU
DE LA COMMUNE DE MARGUERITTES (Gard)
ETUDE HYDROGÉOLOGIQUE**

par

X. POUL et C. SAUVEL



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

RESUME

La Direction Départementale de l'Agriculture du Gard et le Maire de la commune de MARGUERITTES, ont demandé au Service géologique régional Languedoc-Roussillon du Bureau de Recherches géologiques et minières d'examiner le problème de l'alimentation en eau de cette commune; le débit complémentaire pour couvrir les besoins futurs est de l'ordre de 200 à 300 m³/heure.

Une étude hydrogéologique préliminaire comportant essentiellement une prospection par sondages électriques a permis d'implanter un sondage de reconnaissance hydrogéologique qui a été exécuté en octobre 1973.

Une couverture argilo-limoneuse de 11 mètres d'épaisseur assure une bonne protection de la couche aquifère représentée par des cailloutis villafranchiens entre 11 et 28 m de profondeur.

Les pompages d'essai effectués en octobre et novembre 1973 ont permis de déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère et les principales caractéristiques des ouvrages de captage nécessaires pour obtenir le débit complémentaire demandé.

Le débit spécifique du sondage de reconnaissance est de l'ordre de 25 m³/h/m pour un débit de 105 m³/h, après 44 heures de pompage.

La transmissivité de l'aquifère est égale à $0,68 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Le coefficient d'emmagasinement est de $0,62 \times 10^{-2}$.

La profondeur de la nappe était de l'ordre de 4 mètres en octobre 1973.

Un seul ouvrage de captage devrait permettre d'obtenir 200 m³/h pour un rabattement de l'ordre de 8 m.

Deux forages ou puits seront nécessaires si l'on souhaite exploiter un débit de l'ordre de 300 m³/h.

SOMMAIRE

	pages
RESUME	1
SOMMAIRE	2
LISTE DES ANNEXES	4
1 - INTRODUCTION	5
1.1 - ETUDE HYDROGEOLOGIQUE PRELIMINAIRE	5
1.2 - EXECUTION D'UN FORAGE DE RECONNAISSANCE	6
2 - CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	6
2.1 - CADRE GEOLOGIQUE	6
2.2 - HYDROGEOLOGIE	7
2.2.1 - Les garrigues nîmoises	7
2.2.2 - La Vistrenque	8
3 - RESULTATS DE LA PROSPECTION PAR SONDAGES ELECTRIQUES	10
4 - RESULTATS DU SONDAGE DE RECONNAISSANCE	15
4.1 - COUPE GEOLOGIQUE ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SONDAGE	15
4.2 - RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI DES 15 ET 16 OCTOBRE 1973 ...	16
4.2.1 - Déroulement des essais	16
4.2.2 - Evolution des niveaux dans le sondage et le piézomètre	17
4.2.3 - Evaluation du rabattement en fonction du logarithme du temps de pompage dans le piézomètre : évaluation de T et S	18

4.3 - RESULTATS DU POMPAGE D'ESSAI DU 8 AU 10 NOVEMBRE 1973	21
4.3.1 - Déroulement des essais	21
4.3.2 - Evolution des niveaux dans le sondage et le piézomètre	22
4.3.3 - Evaluation du rabattement en fonction du loga- rithme du temps de pompage dans le piézomètre ...	23
4.4 - CONCLUSION RELATIVE AUX RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI	25
5 - PROPOSITIONS DE TRAVAUX DE CAPTAGE	27
5.1 - DISPOSITIF DE CAPTAGE	27
5.2 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES OUVRAGES DE CAPTAGE	29
6 - CONCLUSION	32

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Plan de situation du puits communal et du forage de reconnaissance
Extrait de la carte I.G.N. Nîmes 2 à 1/20 000
- Annexe 2 : Plan de situation des sondages électriques.
Extrait de la carte I.G.N. Nîmes 2 à 1/20 000
- Annexe 3 : Extrait du plan cadastral - Echelle 1/2 000
- Annexe 4 : Diagrammes des sondages électriques
- Annexe 5 : Coupes géologique et technique du sondage de reconnaissance
Echelle verticale 1/200
- Annexe 6 : Pompage d'essai du 15 octobre 1973 - Graphique rabattement log
temps dans le piézomètre $Q = 56,5 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Annexe 7 : Pompage d'essai du 16 octobre 1973
A - Graphique rabattement log temps dans le piézomètre $Q = 79 \text{ m}^3/\text{h}$
B - Graphique $D = \log \left(1 + \frac{tp}{tr}\right)$ dans le piézomètre
tp = Durée du pompage 435 minutes
tr = Temps mesuré depuis l'arrêt du pompage
- Annexe 8 : Graphiques des variations du niveau de l'eau dans le sondage et
le piézomètre du 8 au 14 novembre 1973
- Annexe 9 : Pompage d'essai du 8 au 10 novembre 1973
A - Graphique rabattement log temps dans le piézomètre $Q = 105 \text{ m}^3/\text{h}$
B - Graphique $D = \log \left(1 + \frac{tp}{tr}\right)$ dans le piézomètre
tp = Durée du pompage 44 heures
- Annexe 10 a : Graphique rabattement log temps dans le piézomètre
- Annexe 10 b : Graphique $D = f(\log r)$ pour $t_i = 27$ minutes
D = Rabattement dans le piézomètre
r = Distance entre le sondage et un point quelconque du cône de
dépression.

1 - INTRODUCTION

La Direction départementale de l'Agriculture du Gard et Monsieur le Maire de la commune de MARGUERITTES ont demandé au Service géologique régional Languedoc-Roussillon du Bureau de recherches géologiques et minières d'étudier le problème de l'alimentation en eau de cette commune.

Les résultats des pompages d'essai effectués sur le puits communal du 21 au 23 septembre 1972, sont exposés dans un précédent rapport⁽¹⁾.

Le débit susceptible d'être prélevé dans cet ouvrage de captage dont la position figure sur l'annexe n° 1, est de l'ordre de 200 m³/h.

Les besoins futurs étant de l'ordre de 400 à 500 m³/h, nous avons effectué une étude hydrogéologique complémentaire qui a conduit à l'exécution d'un forage de reconnaissance. Les travaux de reconnaissance ont ainsi comporté deux phases :

1.1 - ETUDE HYDROGEOLOGIQUE PRELIMINAIRE

L'étude hydrogéologique préliminaire, effectuée en avril 1973, comprenait :

- l'examen des documents géologiques et hydrogéologiques concernant la commune de Marguerittes et son environnement,
- l'observation sur le terrain des données géologiques et hydrogéologiques générales et une enquête sur les points d'eau existants,
- l'exécution de 29 sondages électriques en ligne AB comprise entre 200 et 400 m.

(1) - Rapport BRGM n° 72 SGN 306 LRO intitulé : "Alimentation en eau de MARGUERITTES (Gard) - Résultats des pompages d'essai effectués sur le puits communal du 21 au 23 septembre 1972" par X. POUL (12 octobre 1972).

1.2 - EXECUTION D'UN FORAGE DE RECONNAISSANCE, en octobre 1973 par l'entreprise ROUDIL. Les pompages d'essai ont été réalisés du 15 au 17 octobre 1973 et du 8 au 10 novembre 1973.

2 - CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

2.1 - CADRE GEOLOGIQUE

La zone étudiée correspond à la dépression de la Vistrenque et à sa bordure septentrionale.

Les calcaires argileux et marnes de l'Hauterivien inférieur et moyen, forment les reliefs des garrigues nîmoises immédiatement au nord du secteur étudié. Ces faciès s'enfoncent rapidement vers le Sud, au niveau de la faille de Nîmes, dans les formations de piémont qui se composent d'éclats de roches calcaires de dimensions diverses de l'ordre de 1 à 3 cm, peu roulés, emballés dans une matrice plus ou moins cimentée dont la nature varie de l'argile au sable fin calcaire ou quartzeux.

La Vistrenque au sud de cette zone de piémont, est représentée par un vaste épandage de sables et galets du Villafranchien. Ce cailloutis continental présente d'après G. CHEYLAN, des variations latérales et verticales de faciès souvent importantes. D'après cet auteur, le Villafranchien comprend :

- "des niveaux conglomératiques souvent situés à la base de la formation sur les argiles jaunes terminant le faciès astien,
- "des niveaux de cailloutis et de sables,
- "des niveaux de cailloutis enrobés dans de l'argile rouge, "le gapan",
- "des niveaux consolidés par un ciment calcaire, le "taparas",
- "des cailloutis libres en surface.

"Ces niveaux ne représentent pas autant d'assises continues, bien individualisées et régulièrement superposées : ils sont au contraire très imbriqués ; les formations lenticulaires et les passages latéraux de faciès y sont fréquents. Cette structure est très importante car elle permet, au sein d'une série hétérogène, la création d'une nappe aquifère généralisée, mais soumise à des zones préférentielles de circulation".

Le substratum de la Vistrenque est essentiellement constitué par les marnes et argiles gris-bleu plaisanciennes dont la puissance peut dépasser 200 m. Elles sont localement recouvertes par des sables jaunes astiens plus ou moins argileux, dont la puissance très variable, ne dépasserait pas quelques mètres d'épaisseur dans la zone étudiée. Le Pliocène marin -Plaisancien et Astien- s'est déposé en transgression sur les sédiments molassiques du Miocène, eux-mêmes directement superposés au substratum crétacé.

Postérieurement au Villafranchien, des mouvements tectoniques en relation avec des accidents plus anciens ont relevé inégalement certains panneaux (Costières) provoquant des dénivellations importantes dans la position des cailloutis fluviaux. Ainsi, la Costière de Manduel limite au Sud la Vistrenque, au droit de la zone étudiée.

2.2 - HYDROGEOLOGIE

2.2.1 - Les garrigues nîmoises

Les calcaires argileux de l'Hauterivien inférieur affleurant sur les pentes qui dominent la Vistrenque, au nord de Marguerittes, ont une perméabilité réduite.

Les calcaires de l'Hauterivien supérieur normalement superposés aux précédents, affleurent à une distance comprise entre 3 et 4 km au nord de Marguerittes. Ils sont karstifiés et drainés par quelques sources pérennes ou temporaires dont le débit est élevé en période de crue. D'après H. PALOC, les pompages effectués récemment sur les principaux exutoires des calcaires hauteriviens (Fontaine de Nîmes, Foux de St Gervasy) ont montré qu'il n'y a pratiquement pas de réserve au-dessous des seuils d'écoulement.

Compte tenu par ailleurs des caractéristiques hydrauliques et de la proximité de la Vistrenque, nous n'avons pas étudié cet aquifère calcaire dans le cadre de l'alimentation en eau de Marguerittes.

2.2.2 - La Vistrenque

Elle constitue, entre Garrigues et Costières, une zone déprimée en légère déclivité du Nord-Est vers le Sud-Ouest, qui forme l'amont d'un système aquifère se poursuivant jusqu'à la mer Méditerranée.

Le substratum plaisancien est imperméable.

On ne dispose par ailleurs d'aucune information concernant les caractéristiques hydrauliques des sédiments molassiques du Miocène situés à une profondeur indéterminée au mur des argiles plaisanciennes.

Il a donc naturellement été décidé d'effectuer une reconnaissance hydrogéologique des cailloutis villafranchiens au voisinage de Marguerittes, de part et d'autre de la RN 87, la Vistrenque étant un aquifère relativement mieux connu.

D'une manière générale, il recèle une nappe continue mais localement stratifiée par des passées argileuses ou conglomératiques fortement cimentées. Les paramètres hydrauliques de l'aquifère peuvent ainsi varier dans d'assez fortes proportions selon les points, de même que la position des niveaux aquifères productifs ; on observe ainsi des transmissivités comprises entre 10^{-2} et $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

La nappe est drainée par le Vistre qu'il soit en hautes ou basses eaux. Les fluctuations saisonnières de la surface piézométrique sont comprises en général entre 1 et 3 m.

Les points de prélèvement tant à usage alimentaire qu'à usage agricole, sont relativement nombreux en Vistrenque ; les débits des ouvrages de captage varient entre quelques mètres-cube et plusieurs centaines de mètres-cube par heure.

Une étude globale de cet aquifère est en cours qui permettra de préciser les possibilités réelles et les limites permises pour l'avenir à une exploitation rationnelle de ce réservoir.

En ce qui concerne le secteur de Marguerittes, à l'exception du puits communal de Marguerittes dont le débit d'exploitation a été évalué à $200 \text{ m}^3/\text{h}$ d'après les résultats des pompages d'essai effectués en septembre 1972, l'inventaire des forages n'a pas apporté d'informations particulières susceptibles d'orienter les travaux de recherche hydrogéologique vers un site privilégié.

La productivité des forages existant dans ce secteur est en général de quelques mètres-cube par heure ; les ouvrages de captage ont été arrêtés dans les premiers horizons aquifères lorsque le débit était suffisant pour couvrir les besoins des propriétaires.

Les travaux de reconnaissance géotechnique effectués lors de la reconnaissance du tracé de l'autoroute, ne dépassent qu'exceptionnellement 10 m de profondeur et n'apportent aucun renseignement sur les caractéristiques hydrauliques des terrains traversés. On retiendra cependant que la profondeur du niveau de l'eau est en général de l'ordre de 5 m au sud de la RN 87 ; elle peut atteindre 10 à 15 m dans la zone de piémont au nord de cette route.

Par ailleurs, l'épaisseur totale des terrains détritiques au toit des faciès marins pliocènes, est en général de l'ordre de 20 à 25 m.

Pour préciser la géométrie de l'aquifère et obtenir en particulier une coupe prévisionnelle des terrains traversés par un sondage de reconnaissance, nous avons proposé d'effectuer une prospection par sondages électriques du secteur de Marguerittes dont nous exposons les principaux résultats dans le chapitre suivant.

3 - RESULTATS DE LA PROSPECTION PAR SONDAGES ELECTRIQUES

Les sondages électriques ont mis en évidence une structure géologique complexe liée essentiellement à la présence de la faille de Nîmes dans la zone étudiée et au passage plus ou moins progressif d'une zone de piémont aux cailloutis de la Vistrenque.

29 sondages électriques en ligne AB/2 comprise entre 100 et 200 m ont été effectués aux emplacements indiqués sur la carte à 1/20 000, annexe n°2.

Les diagrammes des sondages électriques dont une partie a été représentée sur l'annexe n°4 peuvent être classés en trois "familles" principales qui correspondent aux zones définies sur la carte à 1/20 000, annexe n°2. Ces "familles" sont caractérisées par la nature différente à la fois du substratum et des matériaux détritiques qui le recouvrent.

Les diagrammes des sondages électriques de la zone I (cf. SE 1, SE 9, SE 13 en annexe n°4) mettent en évidence une succession de trois terrains, au point de vue électrique :

- un conducteur superficiel dont la résistivité varie entre 40 et 120 ohm-m et dont l'épaisseur est de l'ordre de 1 m. Il correspond à l'altération pédologique des cailloutis de piémont ;

- un résistant intermédiaire dont l'épaisseur varie en général entre 10 et 15 m et la résistivité est comprise entre 180 et 280 ohm-m . Cet horizon correspond aux cailloutis de piémont représentés par des éclats de roches calcaires emballés dans une matrice argilo-sableuse plus ou moins cimentée ;

- un conducteur profond correspondant à la fois aux cailloutis situés au-dessous du "toit" de la nappe et aux calcaires argileux de l'Hauterivien.

La résistivité de l'ensemble de ces faciès varie entre 70 et 110 ohm-m et il n'est pas possible de les distinguer sur les diagrammes des sondages électriques.

Les cailloutis calcaires de piémont recouvrent des cailloutis siliceux de la Vistrenque, lorsque l'on s'éloigne des pentes calcaires. La coupe du sondage mécanique 965.2.144 situé à proximité du SE 13 est la suivante :

0	à	20 m	cailloutis de piémont consolidés
20	à	25 m	passage argileux
25	à	30 m	cailloutis siliceux

Les diagrammes des sondages électriques de la zone II (cf. SE 6, SE 19 et SE 21, annexe n°4) montrent une succession de quatre terrains, au point de vue électrique :

- les trois horizons supérieurs correspondent aux horizons définis dans la zone I,
- le quatrième horizon correspond à des faciès marneux de résistivité égale à 40 ohm-m, sous-jacents aux calcaires argileux de l'Hauterivien moyen et inférieur.

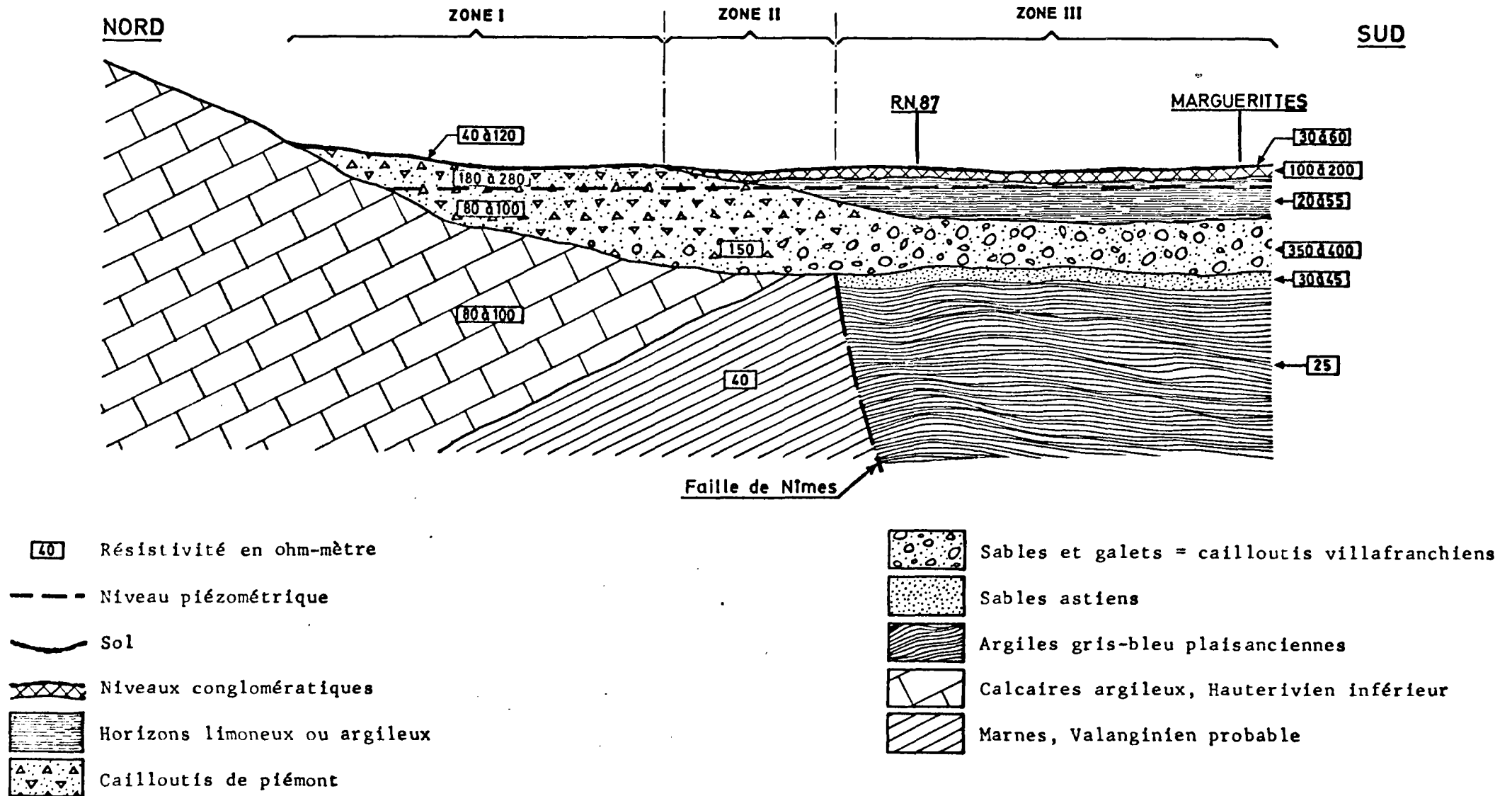
Compte tenu de l'existence d'une structure synclinale au nord du secteur étudié, il est logique d'admettre que cet horizon conducteur correspond aux marnes du Valanginien.

L'épaisseur des calcaires de l'Hauterivien recouvrant les marnes du Valanginien diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche de la faille de Nîmes (cf. annexe n°2). Elle est nulle dans le sondage électrique SE 12 (intercalaire n°2 de l'annexe n°4) qui montre une succession de cinq terrains annonçant les faciès que l'on rencontrera au toit du substratum, au sud de la faille de Nîmes dans la zone III. L'interprétation de ce sondage électrique conduit à la coupe géologique suivante. :

0	à	0,60 m	: sol proprement dit	ρ 1	=	55 ohm-m
0,60	à	1,20 m	: poudingue	ρ 2	=	280 ohm-m
1,20	à	6,50 m	: couverture limoneuse de l'aquifère sous-jacent	ρ 3	=	65 ohm-m
6,50	à	22 m	: cailloutis calcaires et siliceux	ρ 4	=	170 ohm-m
à partir de 22		m	: marnes	ρ 5	=	40 ohm-m

COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE SUIVANT UNE DIRECTION PERPENDICULAIRE A LA FAILLE DE NIMES DANS LE SECTEUR DE MARGUERITTES

D'APRES L'INTERPRETATION DES RESULTATS DES SONDAGES ELECTRIQUES



La résistivité des cailloutis aquifères augmente progressivement du Nord au Sud dans la zone II et localement au voisinage de la faille de Nîmes. L'épaisseur de la couverture limoneuse ou argileuse située au toit des cailloutis augmente pour atteindre 5 m environ dans le sondage SE 12.

Les diagrammes des sondages électriques de la zone III (cf. SE 10, SE 11, SE 25, SE 27, SE 28 et SE 29 -intercalaire n°3 de l'annexe n°4-) mettent en évidence une succession de cinq terrains :

- un conducteur superficiel de 1 à 2 m d'épaisseur et dont la résistivité varie entre 30 et 60 ohm-m. Il correspond à l'altération pédologique de l'horizon sous-jacent ;

- un résistant superficiel entre 1 à 2 m et 3 à 4 m de profondeur ; cet horizon dont la résistivité varie entre 80 et 200 ohm-m peut correspondre à un niveau conglomératique ;

- un conducteur intermédiaire argileux (20 ohm-m) ou limoneux (55 ohm-m) entre 3 à 4 m et 12 à 19 m de profondeur ;

- un résistant intermédiaire situé entre 12 à 19 m et 21 à 30 m de profondeur, dont l'épaisseur moyenne varie entre 7 et 15 m et augmente de l'amont vers l'aval parallèlement à la faille de Nîmes (cf. SE 10 et SE 28, intercalaire n°3 de l'annexe n°4). Cet horizon correspond aux cailloutis aquifères siliceux de la Vistrenque et sa résistivité varie en première approximation entre 300 et 400 ohm-m;

- un conducteur profond dont la résistivité est de 25 ohm-m ; il correspond aux argiles gris-bleu du Plaisancien qui représentent le substratum imperméable des cailloutis de la Vistrenque.

. . .
.

L'interprétation des sondages électriques exécutés dans le secteur de Marguerittes nous conduit à proposer sur la planche ci-contre, la coupe géologique schématique tracée suivant une direction perpendiculaire à la faille de Nîmes.

Cette coupe interprétative met en évidence essentiellement les points suivants concernant la nature du substratum et des cailloutis :

- le substratum est successivement représenté du Nord au Sud, par :

- . des calcaires argileux de l'Hauterivien inférieur $\rho = 80 \text{ à } 100 \text{ ohm-m}$
- . des marnes du Valanginien $\rho = 40 \text{ ohm-m}$
- . des argiles gris-bleu du Plaisancien $\rho = 25 \text{ ohm-m}$

Accessoirement dans la zone étudiée on peut observer 2 à 3 m de sables astiens au toit des argiles plaisanciennes.

Le contact anormal entre les marnes du Valanginien et les argiles du Plaisancien correspond à la faille de Nîmes qui est masquée par les cailloutis.

L'épaisseur des argiles du Plaisancien est importante au toit des molasses miocènes -de l'ordre ou supérieure à une centaine de mètres-.

- les cailloutis de piémont passent latéralement vers le Sud à des argiles ou limons très peu perméables et relativement épais qui protègent l'aquifère sous-jacent contre une éventuelle pollution "per descensum".

La résistivité des cailloutis augmente du Nord au Sud.

- . Elle est de 80 à 100 ohm-m dans la zone I.
- . Elle atteint 150 ohm-m dans la zone II, immédiatement au nord de la faille de Nîmes.
- . Elle est de l'ordre de 350 à 400 ohm-m au sud de cette faille, dans la zone III.

D'une manière générale, la productivité d'un forage est proportionnelle à la transmissivité de l'aquifère T.

$$T = K.e$$

e, et K représentent respectivement l'épaisseur et la perméabilité de l'aquifère.

Par ailleurs, on admet, en général, que la transmissivité T est proportionnelle à la résistance transversale R_T de l'horizon aquifère.

$$R_T = \rho e$$

e, et ρ représentent respectivement l'épaisseur et la résistivité de l'horizon aquifère.

Il convenait donc d'implanter le sondage de reconnaissance dans une zone où la résistance transversale était élevée.

RT varie en première approximation de 3 000 à 5 500 ohm-m² dans la zone III.

Nous avons proposé en définitive d'implanter le sondage de reconnaissance à l'emplacement des sondages électriques SE 27 ou SE 29 (cf. annexe n°3).

Compte tenu de l'occupation des sols, le sondage de reconnaissance hydrogéologique a été exécuté à l'emplacement du SE 29.

La coupe géologique prévisionnelle était la suivante :

0	à	14 m	:	limons et argiles	:	couverture imperméable
14	à	30 m	:	cailloutis sableux	:	horizon aquifère
30 m			:	argiles gris-bleu	:	substratum imperméable.

La profondeur de l'eau à cet emplacement était a priori de l'ordre de 4 m.

Remarque : Le diagramme du sondage électrique SE 22 (cf. intercalaire n°4 de l'annexe n°4), effectué à proximité du puits communal de Marguerittes, montre que cet ouvrage de captage n'a pas été creusé jusqu'au substratum imperméable de l'horizon aquifère dont la profondeur serait de l'ordre de 25 m.

4 - RESULTATS DU SONDAGE DE RECONNAISSANCE

4.1 - COUPE GEOLOGIQUE ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SONDAGE (cf. annexe n°5)

Le sondage de reconnaissance hydrogéologique a été effectué à l'emplacement du SE 29, dans la parcelle n°97 du plan cadastral (cf. annexe n°3).

Il est situé dans la partie sud de la parcelle occupée par une vieille vigne et qui a approximativement la forme d'un rectangle de 56 m de côté suivant la direction est-ouest, et de 72 m de côté suivant la direction nord-sud, correspondant à une surface de l'ordre de 4000 m².

Le sondage est implanté à 29 m du C.D. n° 135, approximativement à égale distance des limites est et ouest de la parcelle. Le piézomètre situé à 10 m au sud du sondage de reconnaissance a été foré à la moto-tarière sur 16 mètres de profondeur, et équipé d'un tube métallique de 50/60 mm de 14,70 m de longueur, crépiné à la base sur un mètre de hauteur.

Le sondage de reconnaissance a été foré en 12" 1/4 de 0 à 20 m et en 8" de 20 à 30 m.

Une boue bentonitique a été utilisée pour remonter les sédiments et maintenir les parois du trou dans les cailloutis aquifères. Le développement du sondage a été effectué à "l'air lift".

Un tubage de 206/219, et de 159/168 a été mis en place dans le sondage, respectivement de 0 à 20 m et de 20 à 28 m de profondeur. Il a été crépiné de 18 à 28 m de profondeur. La surface totale des "fentes" est approximativement de 5% sur le tubage de 159/168 et de 3% sur le tubage de 206/219. La surface totale des ouvertures de la partie crépinée du tabage est de l'ordre de 0,25 m².

La coupe géologique des terrains traversés est la suivante :

- 0 à 11 m : limons et débris de calcaires crétacés correspondant aux formations de piémont de la garrigue
- 11 à 28 m : sables jaunes et graviers correspondant aux cailloutis villafranchiens
- 28 à 30 m : argile gris-bleu plaisancienne.

Elle correspond, avec une approximation suffisante, aux informations apportées par la prospection électrique, l'épaisseur des cailloutis villafranchiens ayant été évaluée à 16 m, d'après l'interprétation du sondage électrique SE 29.

La profondeur de l'eau par rapport au sol était égale à 3,55 m le 8 novembre 1973 à 13h30.

4.2 - RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI DES 15 ET 16 OCTOBRE 1973

4.2.1 - Déroulement des essais

Les essais ont été effectués avec un groupe moto-pompe diésel à axe horizontal de l'Entreprise ROUDIL. Les mesures de niveau, de débit et de temps ont été effectuées par le B.R.G.M..

L'eau était évacuée dans le fossé du CD 135 à une cinquantaine de mètres au sud du sondage.

Les mesures de débit ont été effectuées avec un tube à diaphragme. Les variations du niveau dynamique du sondage et du piézomètre ont été mesurées avec une sonde électrique.

Un premier essai a été effectué le 15 octobre 1973 de 15h à 18h.

Les débits prélevés dans le sondage ont été successivement :

56,5 m³/h de 15 à 17h
70 m³/h de 17 à 17h30
83 m³/h de 17h30 à 18h

La profondeur du niveau de l'eau du sondage avant pompage était égale à 3,78 m le 15 octobre 1973 à 15h, par rapport à la tête du tubage, elle même située à 0,35 m au-dessous du sol, dans un avant trou de 0,50 m de profondeur, aménagé pour recevoir le groupe moto-pompe.

Date	Heure	Temps de pompage	Débit en m3/h	Sondage			Piézomètre			Observations
				H1 en m	D1 en m	Q/D1 m2/h	H2 en m	D2 en m	Q/D2 m2/h	
15/10/73	15h 00	0	-	3,78	0	-	4,07	0	-	Début du pompage
	15h 30	0 heure 30	56,5	5,427	1,647	34,3	4,712	0,642	88	
	17h 00	2 heures 00	56,5	5,465	1,685	33,5	4,76	0,69	82	
	17h 30	0 heure 30	70	6,057	2,277	30,75	4,926	0,856	82	Arrêt du pompage
	18h 00	0 heure 30	83	6,56	2,78	29,8	5,083	1,013	82	
	18h 20	0 heure 20	0	-	-	-	4,21	0,14	-	
16/10/73	9h 15	0	-	3,74	0	-	4,054	0	-	Début du pompage
	9h 45	0 heure 30	79	-	-	-	5,024	0,97	81,5	
	11h 15	2 heures 00	79	6,602	2,862	27,6	5,085	1,031	76,7	
	13h 20	4 heures 05	79	6,615	2,875	27,5	5,087	1,033	76,6	Interruption du pompage
	13h 50	4 heures 05	79 ± 5 %	-	-	-	-	-	-	
	17h 00	7 heures 15	79 ± 5 %	6,485	2,745	28,8	5,06	1,006	78,5	Fin du pompage
	18h 30	1 heure 30	0	-	-	-	4,068	0,014	-	

La profondeur du niveau de l'eau du piézomètre avant pompage était de 4,07 m par rapport à la tête du tubage situé à 0,10 m au-dessus du sol.

Un second essai de plus longue durée a été effectué le 16 octobre 1973 de 9h15 à 17h, avec une interruption de 30 minutes de 13h20 à 13h50, due à une rupture de la courroie d'entraînement de la pompe ; la durée totale de cet essai a été de 7 heures 15 minutes.

Le débit prélevé dans le sondage était de $79 \text{ m}^3/\text{m}$; il a subi des variations de l'ordre de 10% après la remise en marche de la pompe à 13h50.

4.2.2 - Evolution des niveaux dans le sondage et le piézomètre

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-contre les résultats des mesures des niveaux dynamiques et de débits effectués après différents temps de pompage, les 15 et 16 octobre 1973.

H désigne la profondeur du niveau de l'eau par rapport à la tête du tubage ; D, le rabattement correspondant.

Le temps de pompage est évalué à partir du début de chaque "palier".

On peut retenir du tableau ci-contre les résultats suivants :

- le débit spécifique Q/D_1 du sondage dont le rayon est compris entre 0,10 et 0,15 m, au niveau de la partie crépinée, est de l'ordre de $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ pour $60 < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$;

- $Q/D_2 \neq 80 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, à 10 m du sondage.

4.2.3 - Evaluation du rabattement en fonction du logarithme du temps de pompage dans le piézomètre : évaluation de T et S

Nous avons tracé sur les annexes n° 6 et 7 (A) les graphiques représentatifs du rabattement D dans le piézomètre en fonction de $\log t$:

- le premier segment de droite représente la formule d'approximation logarithmique :

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

D = rabattement

Q = débit

T = transmissivité

S = coefficient d'emménagement

} paramètres hydrodynamiques de l'aquifère

r = distance du piézomètre au sondage = 10 m

t = temps de pompage

L'équation (1) est de la forme :

$$D = c \log t + \text{Constante} \quad (2)$$

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

c = accroissement du rabattement dans un cycle logarithmique

Pour $Q_1 = 56,5 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$c_1 = 0,42 \text{ m (cf. annexe n° 6)}$$

$$\text{d'où } \underline{T = 0,68 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

Pour $Q_2 = 79 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$c_2 = 0,63 \text{ m (cf. annexe n° 7 A)}$$

$$\text{d'où } \underline{T = 0,64 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

Dans l'équation (1) $D = 0$ pour un temps t_0 tel que $2,25 \frac{T}{S} \frac{t_0}{r^2} = 1$

D'après les graphiques des annexes n° 6 et 7, $t_0 = 42$ secondes ; par ailleurs $r = 10 \text{ m}$,

$$\text{d'où } \underline{S = 0,64 \times 10^{-2}} \text{ pour } T = 0,68 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s (annexe n}^\circ 6)$$

$$\underline{S = 0,61 \times 10^{-2}} \text{ pour } T = 0,64 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s (annexe n}^\circ 7 A)$$

Après un temps $t_i \neq 30$ minutes, le rabattement tend vers une stabilisation apparente, le second segment de droite étant sub-horizontale.

REMARQUE 1 :

Sur le graphique de l'annexe n° 6 la profondeur du niveau de l'eau correspondant aux temps de pompage 150 et 180 minutes soit 4,76 m a été déduite des mesures effectuées par la relation suivante :

$$De = D \text{ (m)} \times \frac{56,5 \text{ m}^3/\text{h}}{Q \text{ (m}^3/\text{h)}}$$

De = rabattement correspondant à un débit fictif continu de $56,5 \text{ m}^3/\text{h}$ prélevé de 15h à 18h le 15 octobre 1973

D et Q = rabattement et débit effectivement mesurés après 150 et 180 minutes de pompage, ce même jour.

REMARQUE 2 :

On peut également évaluer T d'après la courbe de remontée du niveau de l'eau dans les piézomètres après l'arrêt du pompage : le graphique B de l'annexe n° 7 représente l'équation :

$$D = c \log \left(1 + \frac{tp}{tr} \right) \quad (3)$$

tp = durée du pompage = 435 minutes

tr = temps écoulé après l'arrêt du pompage

La diminution du rabattement dans un cycle logarithmique c est égale à 0,585 m pour $Q = 79 \text{ m}^3/\text{h}$, d'où :

$$\underline{T = 0,69 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

En définitive, d'après les résultats des pompages d'essai des 15 et 16 octobre 1973, on peut évaluer le rabattement dans le piézomètre, pour un débit quelconque Q, entre les temps $t_0 = 42$ secondes et $t_i \neq 30$ minutes, en traçant le segment de droite passant le point de coordonnées $t_0 = 42$ secondes et $D = 0$ et de pente $c = 0,183 Q/T$; T est compris entre $0,64 \times 10^{-2}$ et $0,64 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Pour $t > t_i$, le rabattement est constant en première approximation.

Trois hypothèses pouvaient justifier théoriquement la présence de cette stabilisation apparente du niveau dynamique :

1 - Alimentation par une limite à niveau d'eau constant situé à une distance d du piézomètre, telle que :

$$d = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{t_i}{t_0}}$$

$t_i \neq 1\ 800$ secondes

$t_0 = 42$ secondes

$r/2 = 5$ m

d'où

$$d \neq 33 \text{ m}$$

La distance séparant le sondage d'une éventuelle limite à niveau d'eau constant serait dans ces conditions de l'ordre de 43 m correspondant approximativement à la distance entre le sondage et l'extrémité de la conduite de refoulement.

Pour l'essai suivant et bien qu'une réalimentation soit peut probable compte tenu de l'épaisseur de la couverture de limons, l'eau a été refoulée à 250 m à l'ouest du sondage dans un fossé de drainage ; on levait ainsi toute ambiguïté possible concernant un éventuel recyclage.

2 - Communication entre deux aquifères suivant le schéma de Hantush :

Cet auteur suppose qu'un débit retardé proportionnel au rabattement provient du toit de l'aquifère et que ce débit est permanent ; cette hypothèse se trouve vérifiée quand l'aquifère testé est en communication avec une nappe sus-jacente dont le débit d'alimentation est suffisant pour maintenir une pression constante malgré un transfert d'eau vers l'aquifère soumis au pompage. Ce schéma n'apparaît pas compatible avec la structure géologique du site de captage.

3 - Communication entre deux aquifères suivant le schéma de Boulton :

On suppose qu'un débit retardé proportionnel au rabattement provient du toit de l'aquifère ; ce débit n'est pas constant. La nappe est captive dans un aquifère comportant une strate conductrice d'eau reposant sur un substratum imperméable ;

elle est surmontée d'une couche "magasin" peu transmissive mais à coefficient d'emmagasinement S' appréciable, à surface d'eau libre.

Dans ce schéma, la nappe réagit au pompage selon trois phases différentes. Le début de la descente est régi par la loi de Jacob et défini par T et S ; la fin de la descente est celle que l'on aurait observée si le coefficient d'emmagasinement était $S + S'$ au lieu de S .

Ces deux droites sont reliées par un palier horizontal ou par une courbe de pente nettement plus faible que celle du début et de la fin du pompage. Ce schéma peut a priori correspondre au site étudié : dans ce cas, au cours des essais des 15 et 16 octobre 1973, on aurait observé la descente initiale et le palier intermédiaire.

Pratiquement, nous avons proposé à la Direction départementale de l'Agriculture d'effectuer un pompage d'essai de longue durée, avec un groupe électro-pompe immergé, pour éviter les irrégularités de débit qui s'étaient manifestées lors des essais des 15 et 16 octobre 1973, en refoulant l'eau à une plus grande distance du sondage pour éliminer l'hypothèse d'un éventuel recyclage.

4.3 - RESULTATS DU POMPAGE D'ESSAI DU 8 AU 10 NOVEMBRE 1973

4.3.1 - Déroulement des essais

Un groupe électro-pompe immergé alimenté par un groupe électrogène, a été mis en place dans le sondage par l'entreprise ROUDIL. Les mesures de débit, de niveau et de temps ont été effectuées par le BRGM. Un limnigraphe a permis d'enregistrer la pression du tube à diaphragme au cours de l'essai qui a été effectué du 8 novembre 1973 à 13h 30 au 10 novembre 1973 à 9h 30. La durée totale du pompage a été de 44 heures, le débit étant de $105 \text{ m}^3/\text{h}$. Des échantillons ont été prélevés par l'Institut Bouisson-Bertrand vers la fin de l'essai pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Un limnigraphe a enregistré la remontée du niveau de l'eau du sondage du 10 au 14 novembre 1973.

4.3.2 - Evolution des niveaux dans le sondage et le piézomètre

Les graphiques de l'annexe n° 8 représentent les variations des niveaux de l'eau du piézomètre et du sondage du 8 au 14 novembre 1973. Quelques résultats des mesures effectuées au cours de cette période sont rassemblés dans le tableau ci-après (H désigne la profondeur du niveau de l'eau par rapport à la tête du tubage, D le rabattement correspondant) :

Date	Heure	Temps de pompage	Sondage			Piézomètre			Observations
			H1 en m	D1 en m	Q/D1 m ² /h	H2 en m	D2 en m	Q/D2 m ² /h	
8/11/73	13h 30	0 0	3,19	0	-	3,66	0	-	Début du pompage
	14h 00	0h 30	7,39	4,20	25	4,975	1,315	80	
	15h 30	2h 00	7,425	4,235	24,8	5,095	1,435	73,5	
	17h 30	4h 00	7,415	4,225	24,8	5,145	1,485	70,5	
10/11/73	9h 30	44h 00	7,345	4,155	25,3	5,22	1,56	67,5	Fin du pompage
	11h 30	-	3,255	0,065	-	3,69	0,03	-	Remontée du niveau de l'eau
14/11/73	12h 00	-	3,164	- 0,026	-	3,61	- 0,05		

On peut retenir de ce tableau les résultats suivants :

- le débit spécifique Q/D1 du sondage est de l'ordre de 25 m³/h/m pour Q = 105 m³/h ;
- le sondage se développe au cours de l'essai ;
- on n'observe pas de stabilisation du niveau dynamique dans le piézomètre ; Q/D2 diminue de 80 à 67,5 m²/h lorsque t augmente de 0 heure 30 minutes à 44 heures ;
- enfin, des variations cycliques naturelles de période égale à 12 heures et de 0,01 m d'amplitude apparaissent sur le limnigramme du forage, en particulier après l'arrêt de pompage.

4.3.3 - Evaluation du rabattement en fonction du logarithme du temps de pompage dans le piézomètre

Le graphique représentatif du rabattement D en fonction de $\log t$ dans le piézomètre, figure sur l'annexe n°9 A.

La première partie de ce graphique pour $t < t_i$ représente l'équation (2)

$$\begin{aligned} Q &= 105 \text{ m}^3/\text{h} \\ c_1 &= 0,84 \text{ m} \end{aligned} \quad \text{d'où}$$

$$T = 0,64 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Par ailleurs, $t_0 = 42$ secondes, d'où :

$$S = 0,60 \times 10^{-2}$$

Après un temps $t_i = 27$ minutes, et jusqu'à la fin de l'essai, l'accroissement moyen du rabattement dans un cycle logarithmique $-c_2-$ est égal à $0,10 \text{ m}$; vers la fin de l'essai, l'amplitude des variations du niveau dynamique est du même ordre de grandeur que les variations naturelles observées dans la période du 10 au 14 octobre 1973.

De toute façon, on n'observe pas pour $t < 44$ heures une accélération de c nous permettant de proposer le schéma de Boulton pour interpréter les résultats du pompage d'essai.

° °

Le graphique représentant la remontée du niveau de l'eau dans le piézomètre après l'arrêt du pompage figure sur l'annexe n°9 (B). Ce graphique représente l'équation :

$$D = c \log \left(1 + \frac{t_p}{t_r} \right) \quad (3)$$

$t_p = 2\,640$ minutes.

La diminution du rabattement résiduel dans un cycle logarithmique c est égale à 0,74 m pour $Q = 105 \text{ m}^3/\text{h}$, d'où $T = 0,72 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Après un temps $t_1 = 27$ minutes, la diminution du rabattement résiduel dans un cycle logarithmique $-c_2-$ est égale à 0,10 m.

°
°

Les résultats de cet essai nous conduisent à modifier en partie les hypothèses proposées pour l'interprétation des essais effectués les 15 et 16 octobre 1973 dont en particulier la durée était insuffisante.

Nous pouvons retenir deux schémas :

1 - Changement de la transmissivité dans l'espace :

L'augmentation de la transmissivité à une distance du piézomètre égale à 33 m, se traduirait par une diminution de l'accroissement du rabattement suivant un cycle logarithmique après 27 minutes de pompage.

Si l'on retient cette hypothèse, $c_2 = 0,10 \text{ m}$ correspond à une transmissivité $T_2 = 5,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

2 - Schéma de Boulton

La strate conductrice d'eau correspond aux cailloutis villafranchiens qui reposent sur les argiles plaisanciennes imperméables. Elle est surmontée par des dépôts argilo-limoneux peu perméables mais à coefficient d'emmagasinement S' appréciable.

Pour éliminer l'une de ces deux hypothèses, il aurait été nécessaire de disposer de plusieurs piézomètres : dans le schéma de Boulton, t_1 a la même valeur dans tous les piézomètres ; au contraire, t_1 a des valeurs différentes dans chaque piézomètre lorsque T varie dans l'espace.

Le faisceau de droites de l'annexe n° 10_b est représentatif de l'équation

$$D = - 2 c \log r + \text{Constante (4)}$$

D = rabattement en un point quelconque du cône de dépression situé à une distance r du sondage ou rabattement dans un forage de rayon r .

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

Ainsi, les rabattements théoriques dans le sondage de reconnaissance pour $Q = 105 \text{ m}^3/\text{h}$ sont respectivement égaux à 4,72 m pour un rayon de 0,10 m et à 4,43 m pour un rayon de 0,15 m.

Le rabattement réel mesuré dans ce sondage de reconnaissance dont le rayon est compris entre 0,10 et 0,15 m est de 4,23 m après un temps de pompage $t_i = 27$ minutes.

Les écarts relatifs entre les valeurs du rabattement théorique et le rabattement réel sont de l'ordre de 5 à 10 %.

°
° °

Les rabattements D correspondant à différentes valeurs du couple (Q, r) sont relatifs à des temps de pompage $t_i = 27$ minutes et $t = 45$ heures :

- $t_i = 27$ minutes correspond au point d'intersection entre la première descente et le "palier" intermédiaire (cf. annexe n°9);

- $t = 45$ heures ou 2 700 minutes correspond à $t_i + 2$ cycles logarithmiques soit approximativement à la durée du pompage d'essai effectué du 8 au 10 novembre 1973. Pour des temps de pompage plus importants, l'évolution du rabattement D sera fonction du schéma hydrogéologique réel -schéma de Boulton ou variations latérales de transmissivité à une certaine distance du sondage-.

Si l'on retient la seconde hypothèse, le calcul des valeurs des rabattements dans les deux forages du système de captage devra tenir compte de la position de ces ouvrages par rapport à la limite entre les deux zones de transmissivité différente.

Dans le cas du schéma de Boulton, on observera au delà d'un certain temps de pompage, t_i , une accélération du rabattement suivant une droite de pente c en coordonnées semi-logarithmiques ; les valeurs de c sont indiquées dans le tableau précédent.

Quel que soit le schéma hydrogéologique réel qui sera mis en évidence lors des pompages d'essai effectués dans les forages d'exploitation, nous proposons les dispositifs de captage suivants, compte tenu des résultats figurant dans le tableau précédent :

- pour obtenir un débit de $200 \text{ m}^3/\text{h}$, s'ajoutant au $200 \text{ m}^3/\text{h}$ du puits communal existant, le forage d'exploitation sera implanté à une distance inférieure à 5 m du sondage de reconnaissance qui sera utilisé comme piézomètre ;
- pour obtenir un débit de $300 \text{ m}^3/\text{h}$, les forages d'exploitation seront implantés à l'intérieur de la parcelle correspondant au périmètre de protection immédiate (cf. annexe n°3), à une distance supérieure ou égale à 10 mètres des limites de cette parcelle.

La distance entre ces deux forages sera comprise entre 25 et 50 mètres.

Nous proposons de déterminer l'emplacement exact de ces sondages en effectuant quelques sondages électriques ou trainés de résistivité, à l'intérieur de la parcelle.

5.2 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES OUVRAGES DE CAPTAGE

- La profondeur des forages sera de l'ordre de 30 mètres.
- Leur diamètre sera essentiellement déterminé par l'encombrement des groupes électro-pompes immergés mis en place dans ces forages

La Direction départementale de l'Agriculture envisageant de réaliser des puits de grand diamètre, nous avons calculé les vitesses d'entrée de l'eau dans la partie crépinée du tubage pour différentes valeurs du rayon des ouvrages de captage comprises entre 0,10 et 1 mètre.

La vitesse d'entrée de l'eau V qui conditionne l'entraînement des éléments fins de la couche aquifère est une fonction du débit d'exploitation du forage Q et de la surface des ouvertures du tube crépiné :

$$V = \frac{Q}{S}$$

Les valeurs de V exprimées en mètre par seconde et relatives à différentes valeurs des couples Q, r sont rassemblées dans le tableau ci-après :

- . r représentant le rayon de l'ouvrage de captage ;
- . le pourcentage des ouvertures dans la partie crépinée du tubage est égal à 10 % ;
- . la hauteur crépinée e est de 10 mètres.

Q en m ³ /h	r en mètre			
	0,10	0,25	0,50	1.00
150	0,066	0,027	0,013	0,007
200	0,088	0,035	0,018	0,009
250	0,111	0,044	0,022	0,011
300	0,133	0,053	0,027	0,013

La vitesse critique d'entraînement des particules dont le diamètre est compris entre 0,10 et 0,25 mm c'est-à-dire des sables fins, varie entre 0,02 et 0,04 m/s.

Les débits d'exploitation proposés -150 à 200 m³/h dans un seul forage- correspondent en particulier à des vitesses acceptables de l'ordre de 0,03 m/s, dans un forage de 0,25 m de rayon, pour une hauteur crépinée de 10 mètres et un pourcentage de vide égal à 10 %.

Elles seraient encore acceptables dans des forages de diamètre 10 pouces ; il suffirait d'augmenter le temps nécessaire aux opérations de développement, mais ces forages ne pourraient recevoir deux groupes électro-pompes comme le souhaite la Direction départementale de l'Agriculture.

Pour des ouvrages de captage de diamètre important, 0,50 ou 1 m, un pourcentage de vides égal à 5 % sera suffisant.

La hauteur crépinée sera de l'ordre de 10 mètres ; elle pourra être déterminée avec plus de précision, en fonction du type d'ouvrage qui sera retenu par la Direction départementale de l'Agriculture et de la nature des matériaux à l'emplacement des ouvrages de captage.

Par ailleurs, il ne nous apparaît pas utile de mettre en place un massif de graviers autour de la zone crépinée.

D'une manière générale, il est souhaitable que les travaux de captage soient suivis par un hydrogéologue qui établira en particulier la courbe caractéristique des ouvrages de captage, et déterminera les pertes de charge inhérentes à leur équipement, après avoir contrôlé les opérations de développement.

6 - CONCLUSION

La prospection par sondages électriques de la zone située au voisinage de Marguerittes a permis d'implanter un sondage de reconnaissance hydrogéologique à 500 mètres environ à l'ouest du puits communal actuel.

Les résultats de ce sondage de reconnaissance ont permis de définir les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère et les principales caractéristiques des dispositifs de captage nécessaires pour obtenir le débit complémentaire demandé, soit 200 à 300 m³/heure.

Un puits ou forage devrait permettre d'obtenir 200 m³/heure pour un rabattement de l'ordre de 8 mètres. Si l'ouvrage de captage est convenablement réalisé, deux puits ou forages permettront d'obtenir 300 m³/heure pour des rabattements de l'ordre de 7 mètres, la distance entre les deux ouvrages de captage étant comprise entre 25 et 50 mètres.

Dans ce dernier cas, l'implantation de ces deux ouvrages de captage pourra être précisée par quelques sondages électriques ou trainés de résistivité, effectués sur la parcelle dont les limites sont tracées sur l'annexe n°3.

On aurait pu également augmenter la durée de l'essai : dans le schéma de Boulton, le "palier" intermédiaire de pente c_2 doit se prolonger au delà d'un certain temps par une droite de pente c_1 .

Malgré l'indétermination précédente concernant le schéma hydrogéologique, on retiendra que le site étudié peut recevoir des ouvrages de captage susceptibles de fournir le débit demandé pour couvrir les besoins complémentaires en eau de la commune de Marguerittes.

4. 4- CONCLUSION RELATIVE AUX RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI

Les valeurs des paramètres hydrodynamiques déduites des différents pompages d'essai sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

n° d'ordre de l'essai	Date	Débit m ³ /h	Débit spéci- fique m ² /h	T 10 ⁻² m ² /s	S 10 ⁻²	ti minute	Observations
1er essai	15/10/73	56,5	30	0,68	0,64	31	Descente
2eme essai	16/10/73	79	29	0,64	0,61	29	Descente
	16/10/73	-	-	0,69	-	-	Remontée
3eme essai	8 au 10/11/73	105	25	0,64	0,60	27	Descente
		-	-	0,72	-	27	Remontée

Les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère T et S sont les suivants :

$$\underline{0,64 < T < 0,72 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$\underline{0,60 < S < 0,64 \times 10^{-2}}$$

Après un temps de pompage t_i voisin de 30 minutes, on observe une diminution importante de l'accroissement du rabattement suivant un cycle logarithmique du temps de pompage $-c_2-$ qui correspond :

- soit à une zone de meilleure transmissivité située à 33 m environ du piézomètre dont la valeur serait égale à $5,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$,
- soit à la réalimentation des cailloutis villafranchiens par l'eau contenue dans la couverture argilo-limoneuse, suivant le processus défini dans le schéma hydrogéologique de Boulton.

Au delà de 44 heures et pour une valeur de t indéterminée, pour le premier schéma proposé, c_2 conserverait la même valeur; dans le cas du schéma de Boulton, la valeur de la pente c augmenterait jusqu'à la valeur c_1 correspondant à la pente initiale observée pour un temps de pompage inférieur à $t_i \neq 30$ minutes.

Enfin indépendamment du schéma hydrogéologique, notons que la résistivité de l'eau est restée constante et égale à 1 750 ohm.cm à 18° au cours des 44 heures de pompages effectués du 8 au 10 novembre 1973.

Nombre de puits	Temps de pompage	c en m	Q en m ³ /h	r en mètre						
				0,10	0,25	0,5	1	10	25	50
1	27 minutes	0,84	105	4,72	4,06	3,54	3,04	1,36	0,66	0,16
		1,20	150	6,70	5,74	5,03	4,30	1,90	0,94	0,23
		1,60	200	8,92	7,68	6,70	5,72	2,52	1,28	0,30
		2,00	250	11,16	9,56	8,38	7,16	3,16	1,56	0,38
		2,40	300	13,40	11,48	10,06	8,60	3,80	1,88	0,46
2 puits distant de 25 m	27 minutes	-	$\Sigma Q = 300$	7,64	6,68	5,97	5,24	-	-	-
	puits distant de 50 m	-	$\Sigma Q = 300$	6,93	5,97	5,26	4,53	2,36	-	-
1	2 700 minutes = 45 heures	-	150	6,99	6,03	5,32	4,59	2,18	0,95	0,45
		-	200	9,30	8,06	7,08	6,10	2,90	1,66	0,68
		-	250	11,64	10,04	8,86	7,64	3,64	2,04	0,86
		-	300	13,97	12,05	10,63	9,17	4,37	2,45	1,03
2 puits distant de 25 m	2 700 minutes = 45 heures	-	$\Sigma Q = 300$	8,21	7,25	6,54	5,81	-	-	-
	puits distant de 50 m	-	$\Sigma Q = 300$	7,50	6,54	5,83	5,10	2,93	-	-

5 - PROPOSITIONS DE TRAVAUX DE CAPTAGE

5.1 - DISPOSITIF DE CAPTAGE

Le débit complémentaire demandé par la Direction départementale de l'Agriculture est compris entre 200 et 300 m³/h.

Nous proposons ci-après deux solutions pour obtenir ce débit :

- soit un seul ouvrage de captage dont le débit d'exploitation serait de l'ordre de 200 m³/h ;
- soit deux ouvrages de captage dont le débit d'exploitation global serait de 300 m³/h.

Mais auparavant, nous rassemblons dans le tableau ci-contre les résultats concernant l'évaluation des rabattements en mètre pour différentes valeurs de r déduites des graphiques des annexes n° 10 a et 10 b .

r représente le rayon de l'ouvrage de captage ou la distance entre un point quelconque du cône de dépression et l'ouvrage de captage.

D'après les résultats figurant dans le tableau ci-contre, le rabattement théorique serait égal à 8,06 m dans un puits de 0,25 m de rayon, pour un débit d'exploitation de 200 m³/h, après 45 heures de pompage.

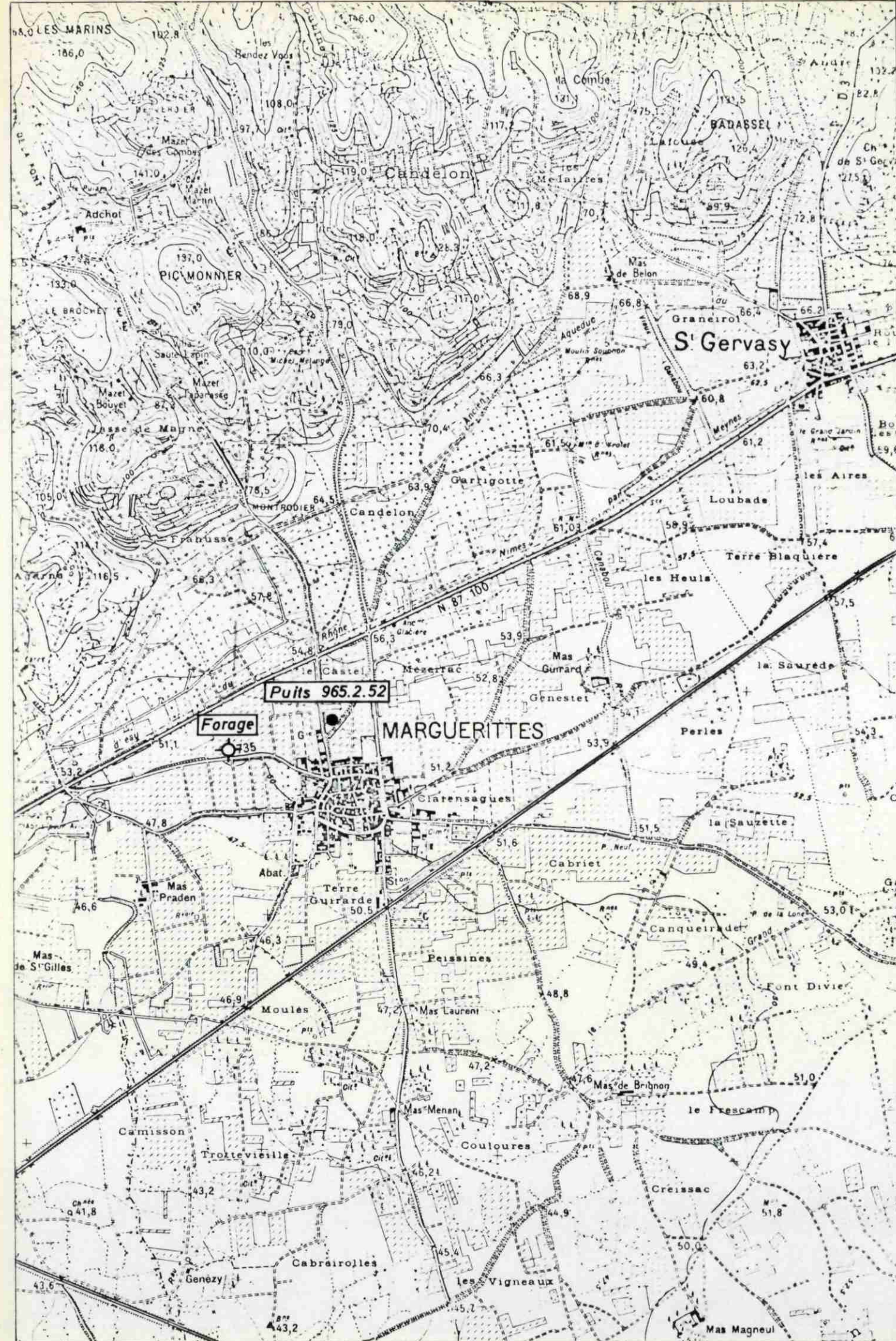
Le rabattement théorique dans deux puits de 0,25 m de rayon, distants de 50 mètres, serait égal à 6,54 m pour un débit d'exploitation global de 300 m³/h, après 45 heures de pompage.

ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

PLAN DE SITUATION DU PUIS COMMUNAL ET DU FORAGE DE RECONNAISSANCE

EXTRAIT DE LA CARTE I.G.N NÎMES 2 A 1/20 000



ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITES (Gard)

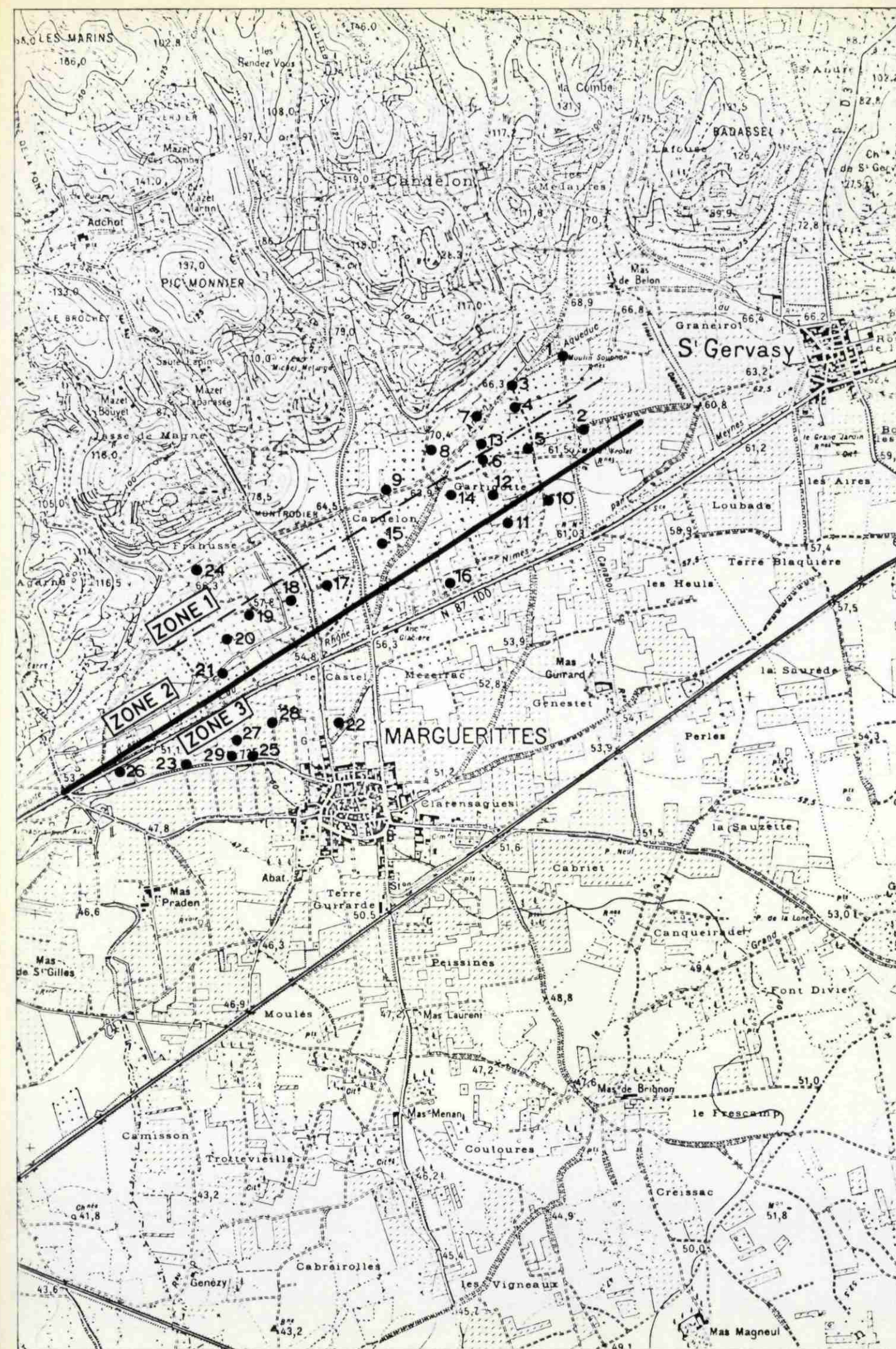
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

PLAN DE SITUATION DES SONDAGES ELECTRIQUES

EXTRAIT DE LA CARTE I.G.N NÎMES 2 A 1/20 000

- ZONE 1 : Cailloutis calcaires de piémont peu perméables sur substratum de calcaires argileux de l'Hauterivien.
- ZONE 2 : Cailloutis de piémont et cailloutis siliceux villafranchiens sur substratum de calcaires argileux de l'Hauterivien ou de marnes du Valanginien à proximité de la faille de Nîmes.
- ZONE 3 : Cailloutis siliceux villafranchiens de perméabilité élevée recouverts par 10 à 15 mètres de limons et d'argiles.

— Faille de Nîmes



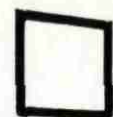
ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

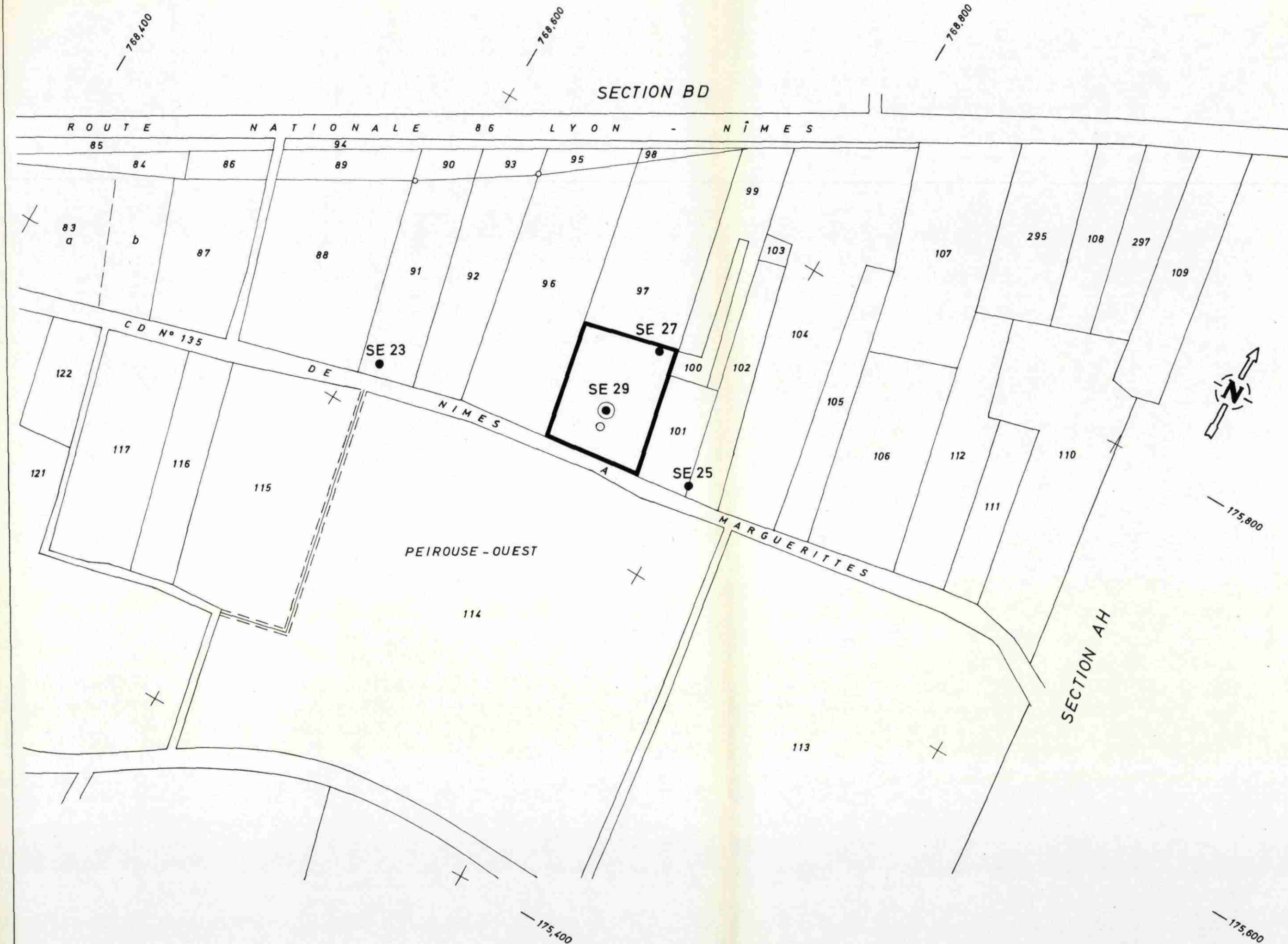
EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL

ECHELLE 1/2 000

- Sondage électrique et numéro d'ordre
- ⊙ Forage de reconnaissance
- Piézomètre



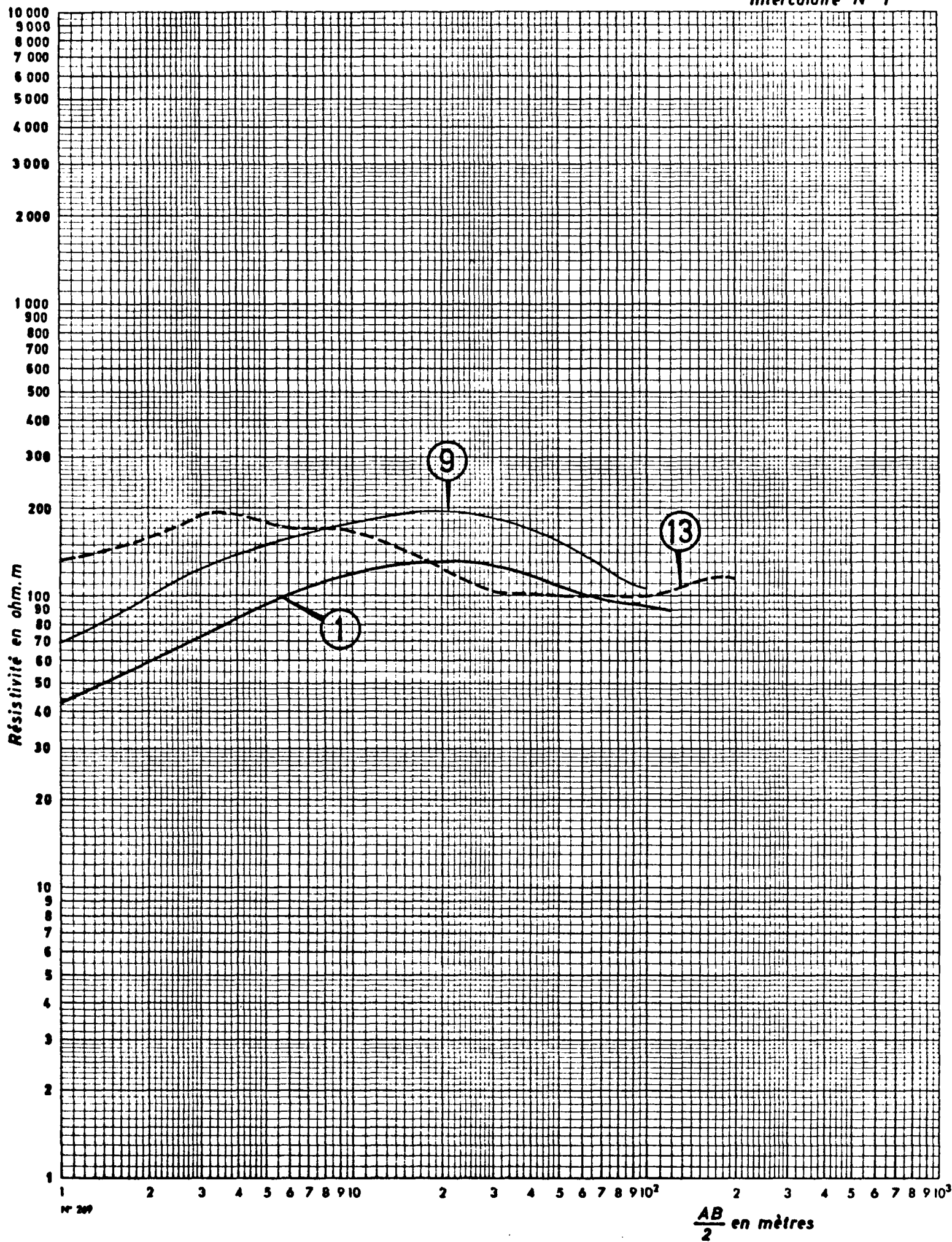
Limite de la parcelle correspondant au
périmètre de protection rapprochée

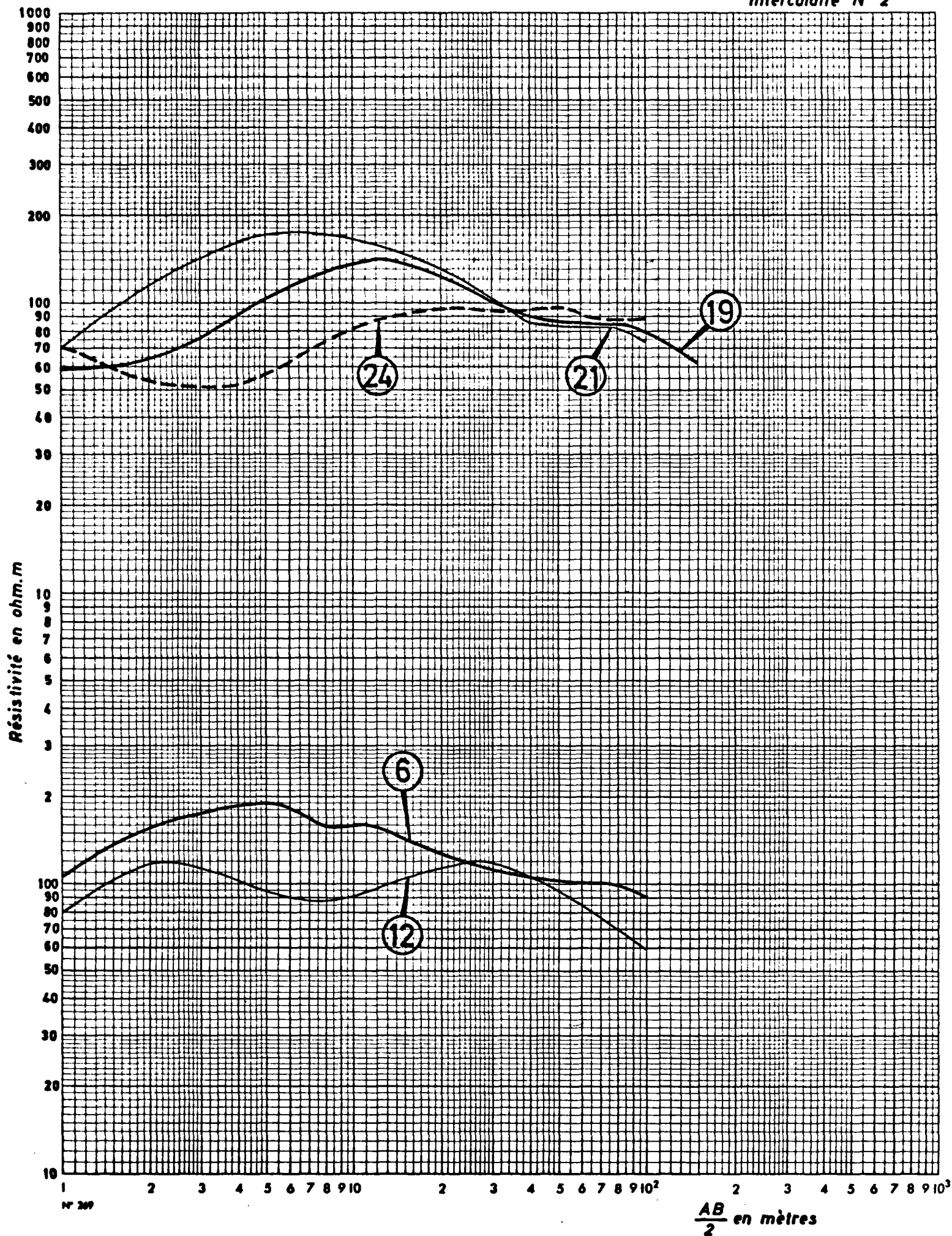


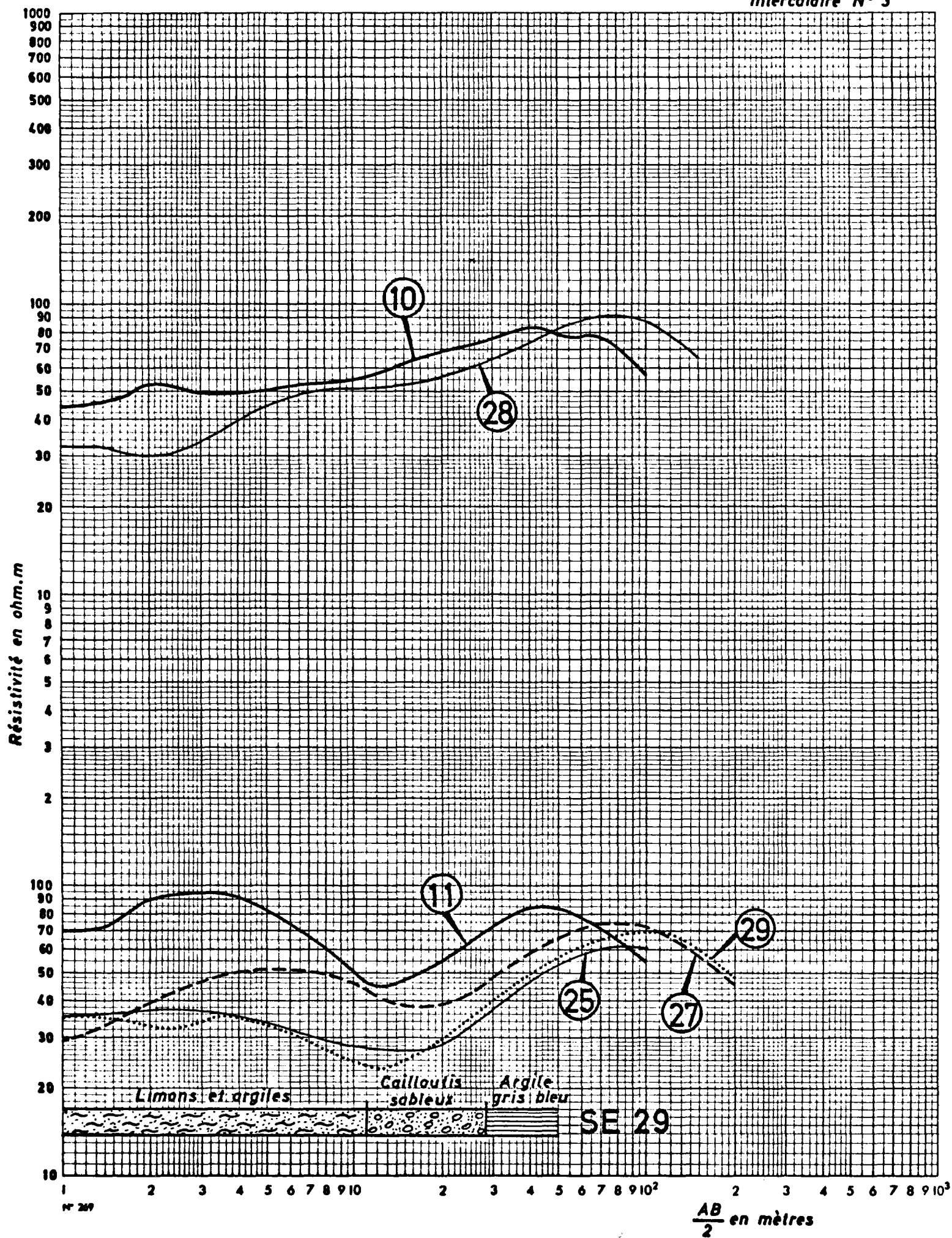
ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

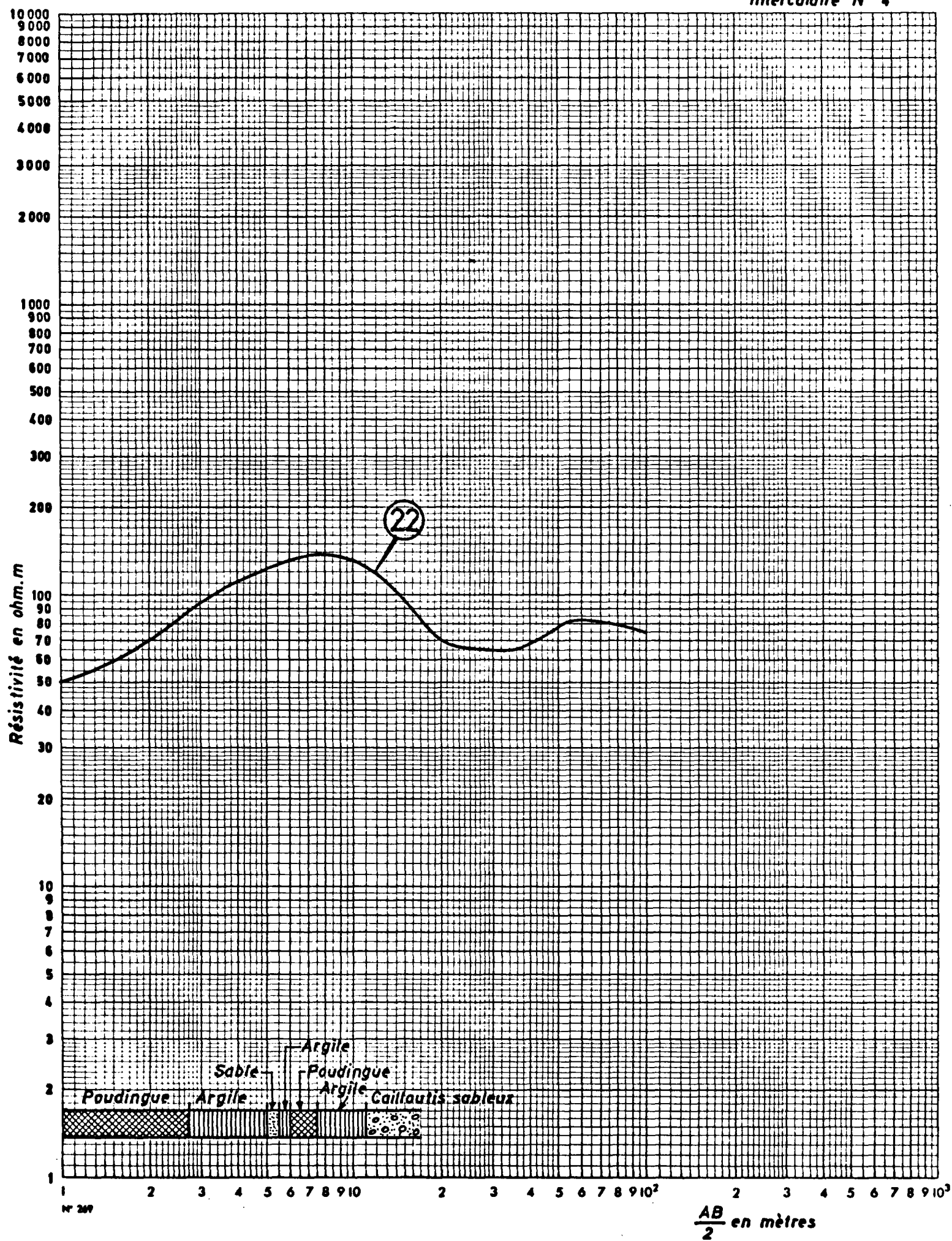
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

DIAGRAMMES DES SONDAGES ELECTRIQUES







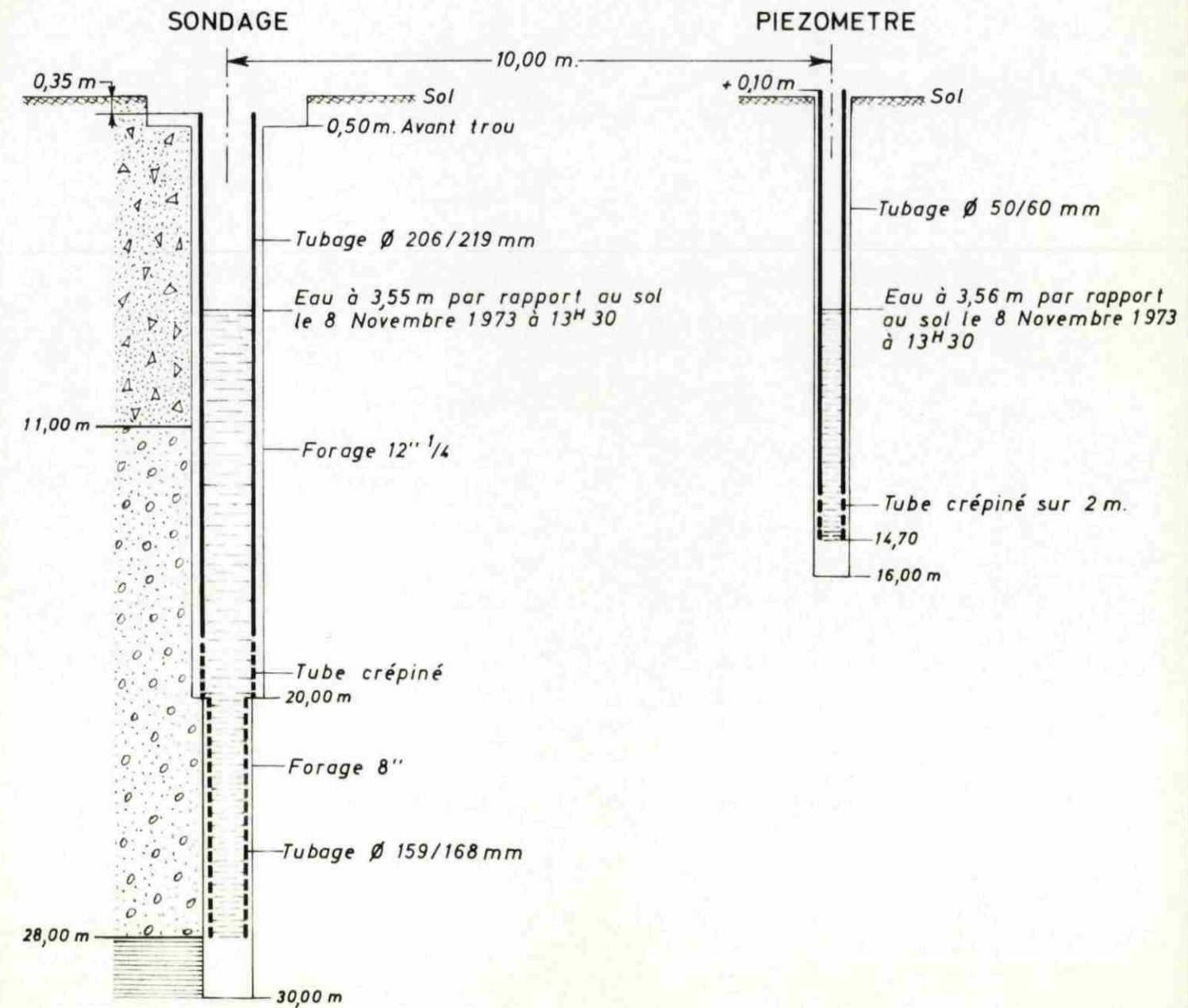


ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

COUPES GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DU
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

ECHELLE VERTICALE 1/200

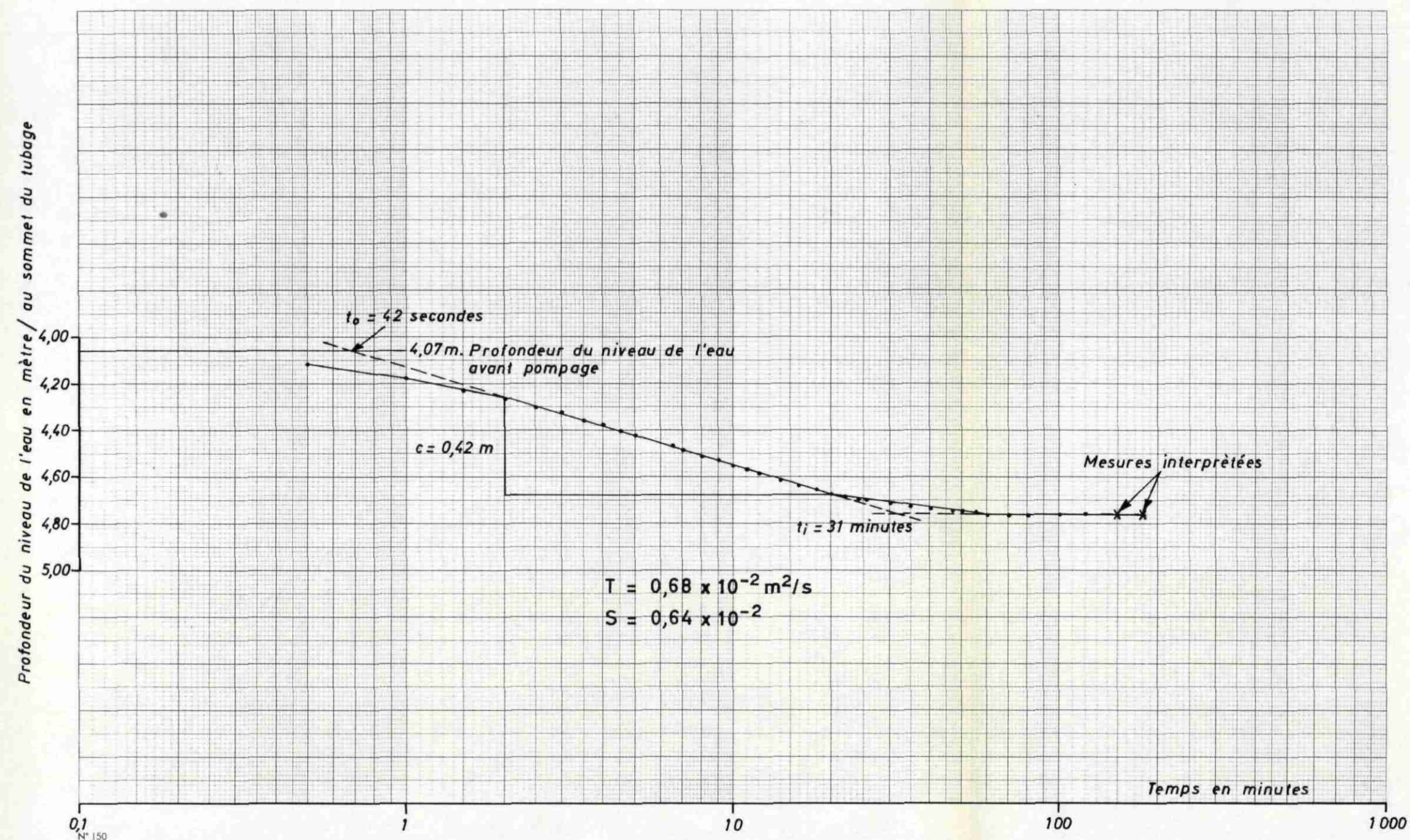


ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

POMPAGE D'ESSAI DU 15 OCTOBRE 1973

GRAPHIQUE RABATTEMENT LOG TEMPS DANS LE PIEZOMETRE

 $Q = 56,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 

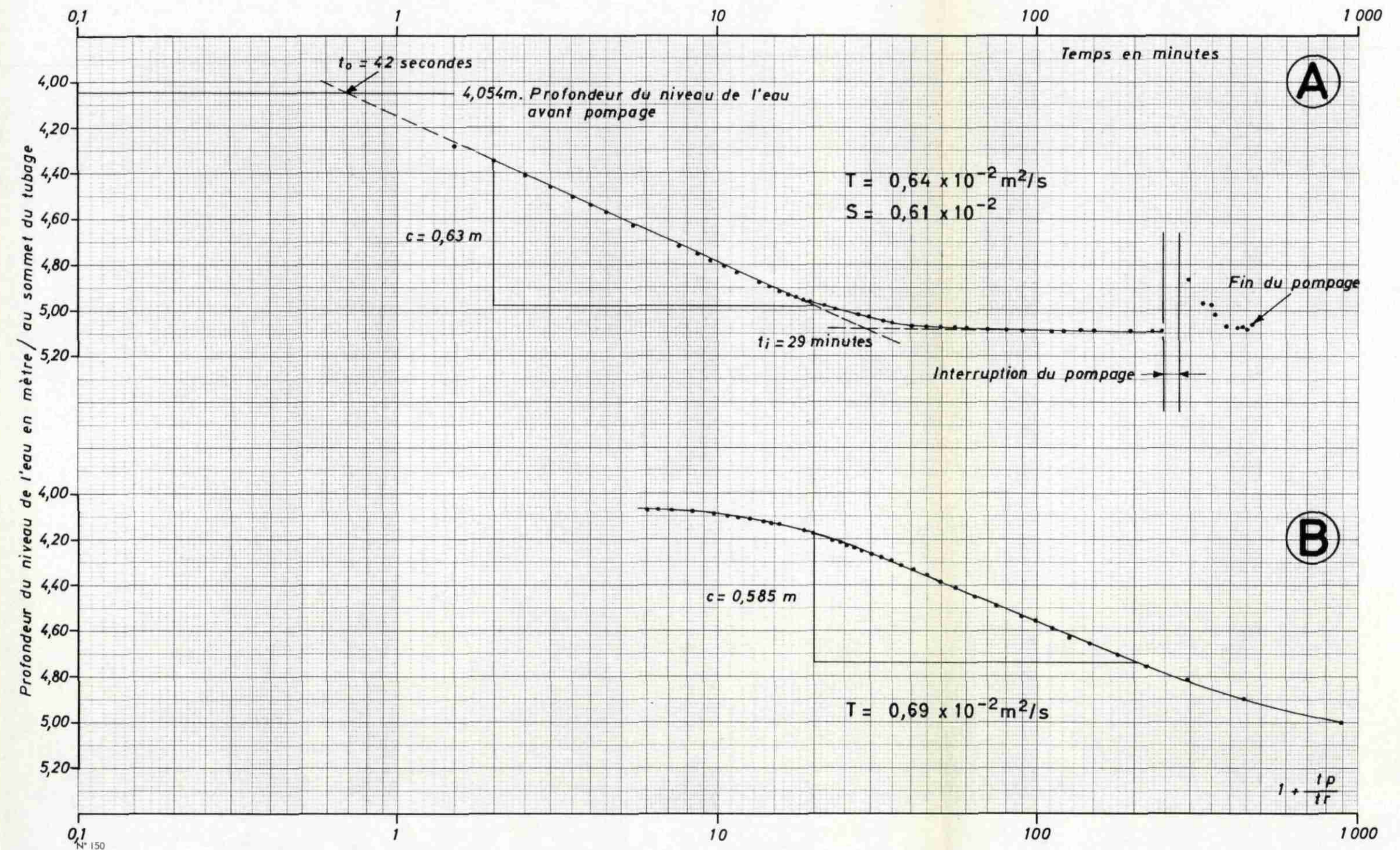
ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

POMPAGE D'ESSAI DU 16 OCTOBRE 1973

① GRAPHIQUE RABATTEMENT LOG TEMPS DANS LE PIEZOMETRE

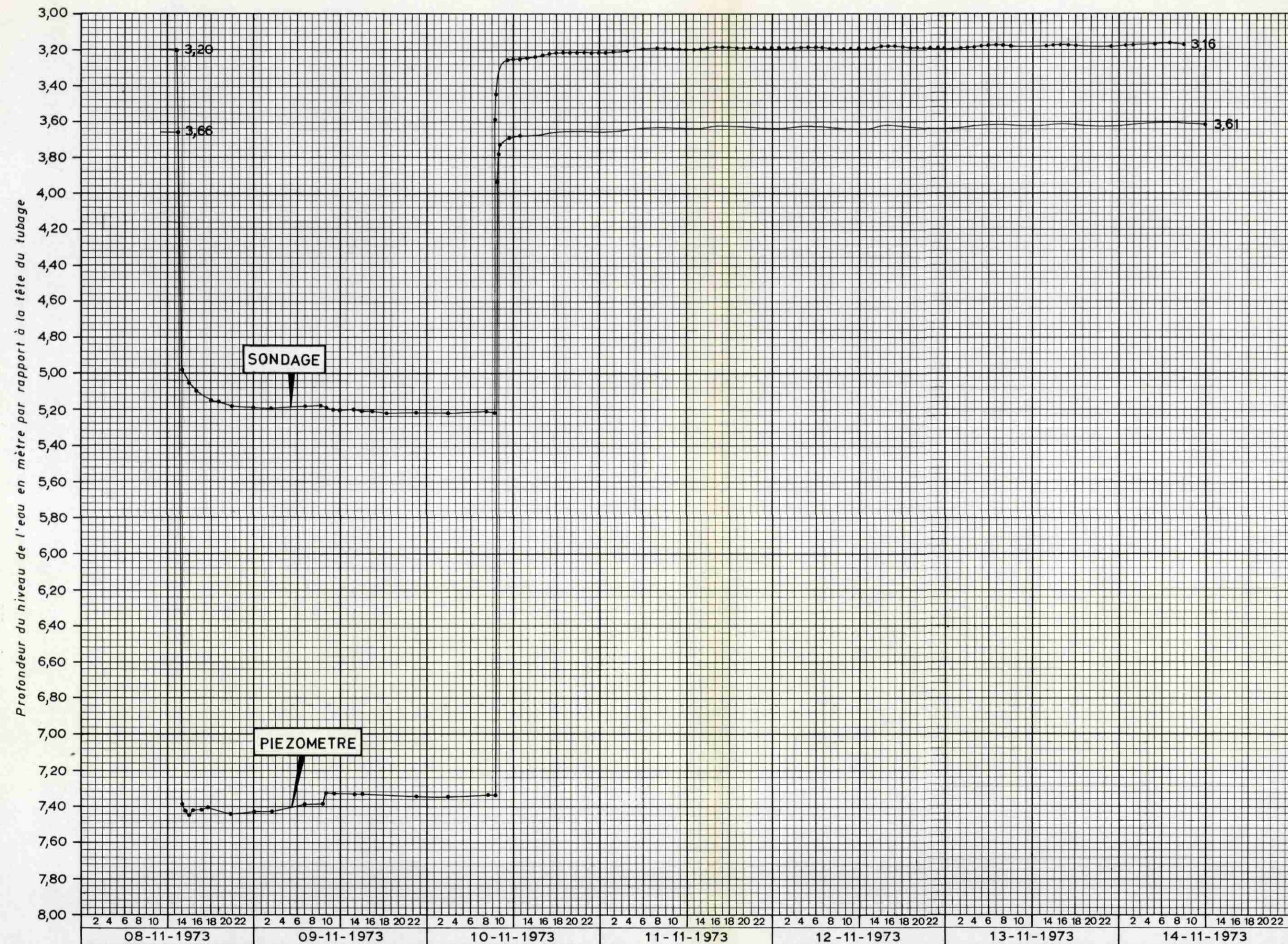
$$Q = 79 \text{ m}^3/\text{h}$$

② GRAPHIQUE $D = \left[\log \left(1 + \frac{tp}{tr} \right) \right]$ DANS LE PIEZOMETRE tp = Durée du pompage 435 minutes tr = Temps mesuré depuis l'arrêt du pompage

ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

GRAPHIQUES DES VARIATIONS DU NIVEAU DE L'EAU
DANS LE SONDAGE ET LE PIEZOMETRE
DU 8 AU 14 NOVEMBRE 1973



ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

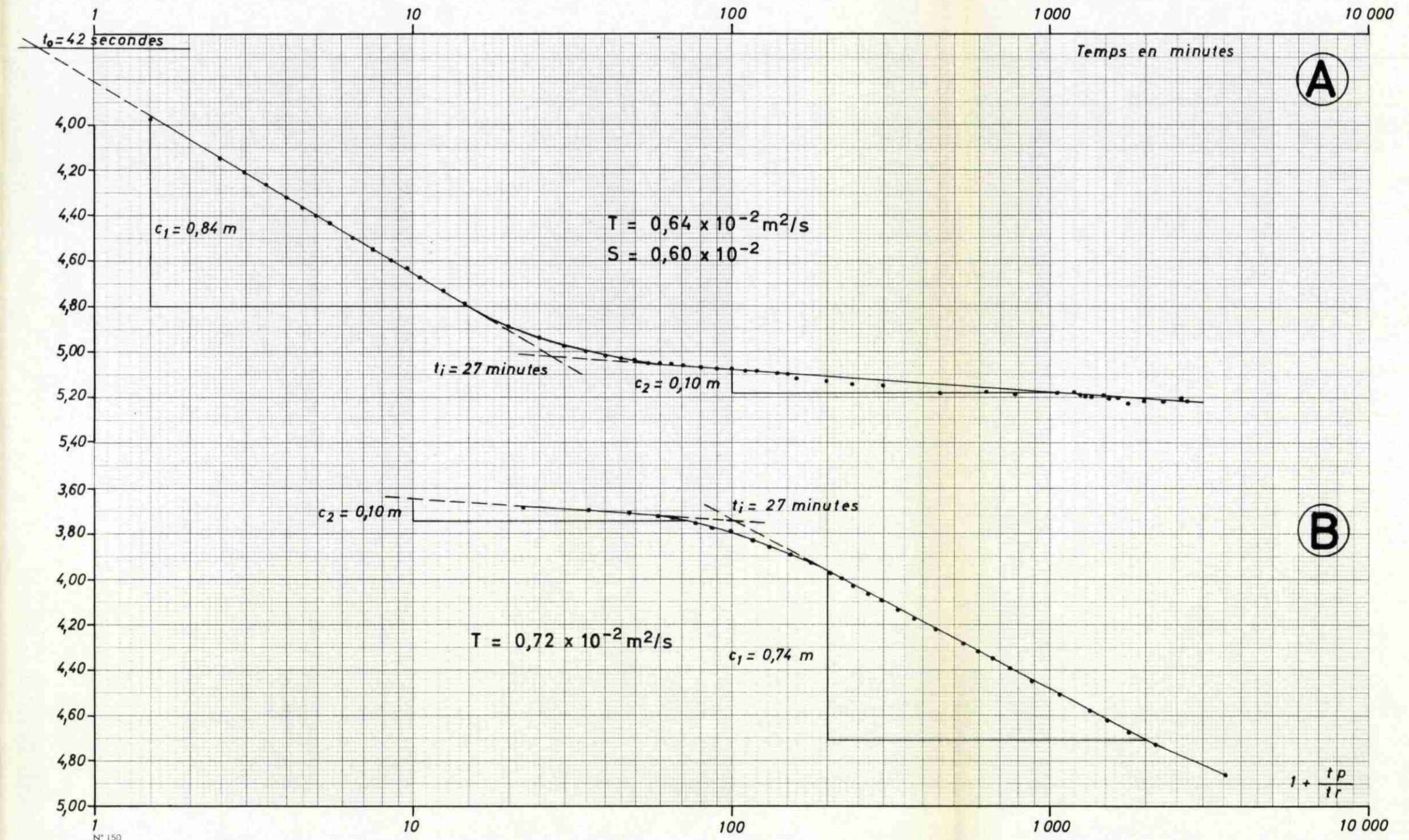
POMPAGE D'ESSAI DU 8 AU 10 NOVEMBRE 1973

Ⓐ GRAPHIQUE RABATTEMENT LOG TEMPS DANS LE PIEZOMETRE

$$Q = 105 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ⓑ GRAPHIQUE $D = \left[\log \left(1 + \frac{tp}{tr} \right) \right]$ DANS LE PIEZOMETRE

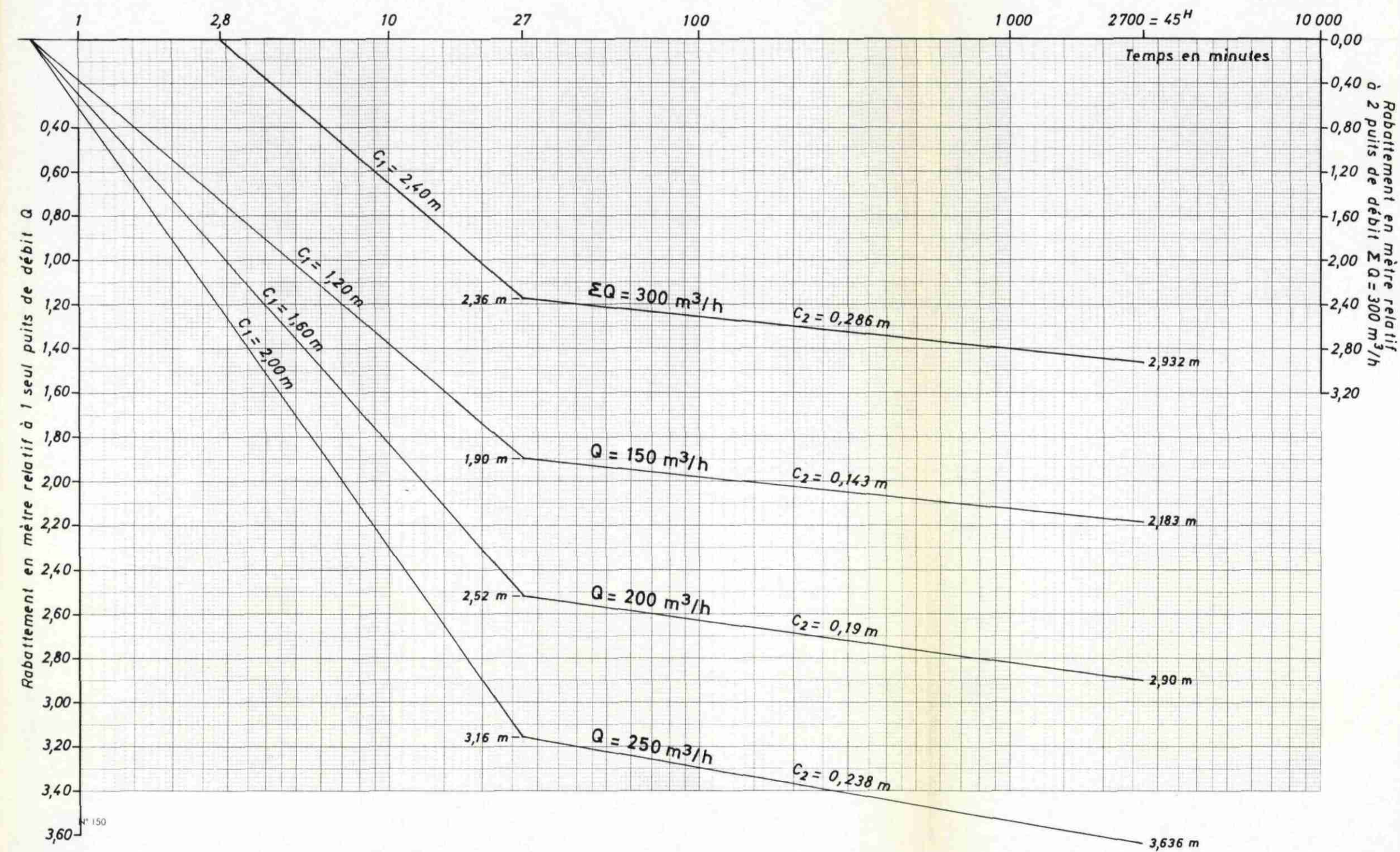
tp = Durée du pompage 44 heures



ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITES (Gard)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

GRAPHIQUE RABATTEMENT LOG TEMPS DANS LE PIEZOMETRE



ALIMENTATION EN EAU DE MARGUERITTES (Gard)

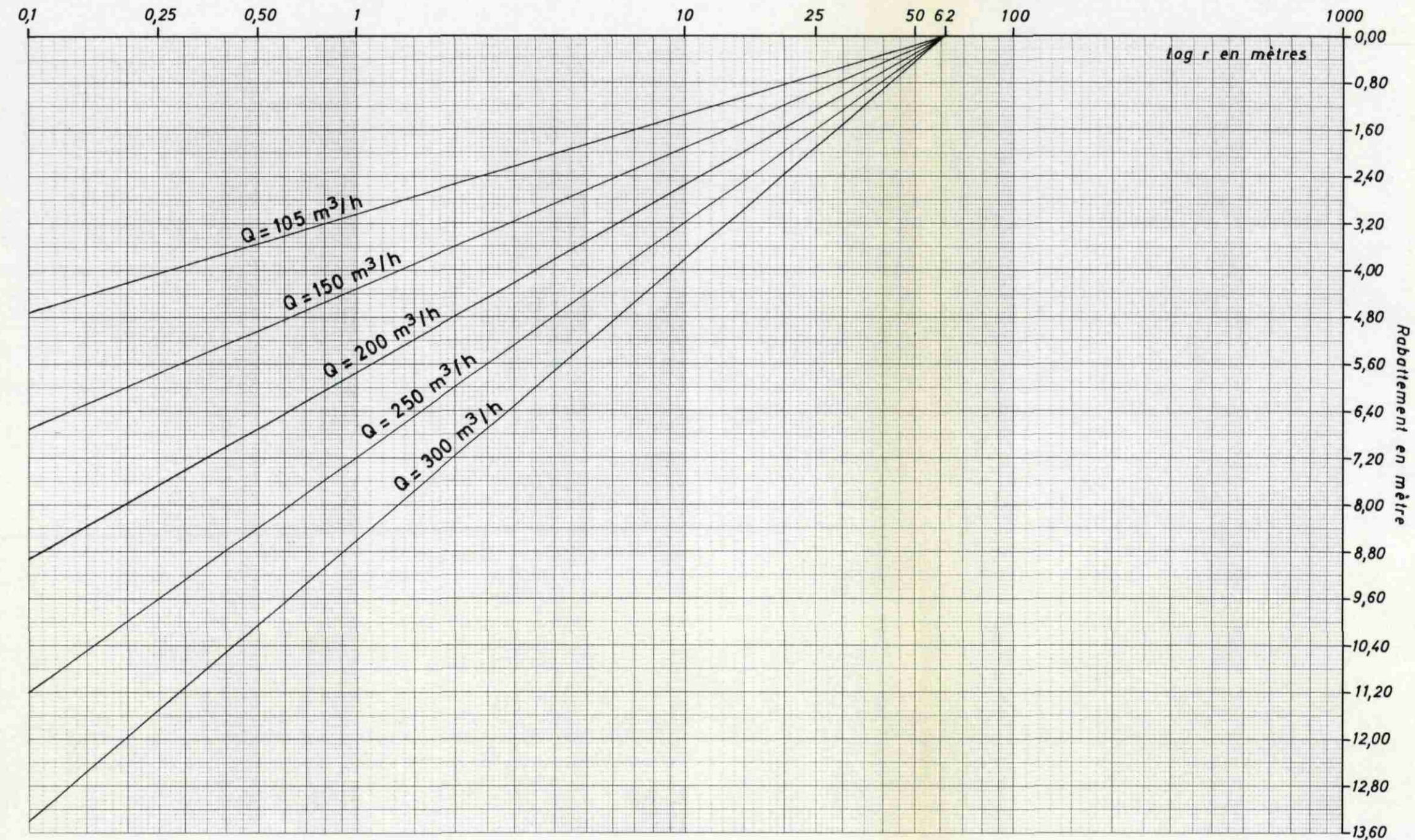
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

GRAPHIQUE $D = f(\log r)$

Pour $t_i = 27$ minutes

D = Rabattement dans le piézomètre

r = Distance entre le sondage et un point
quelconque du cône de dépression



N° 150