

BRGM

**BUREAU DE RECHERCHES  
GEOLOGIQUES ET MINIERES**

**74, rue de la Fédération  
PARIS XV°**

Tél. : Suf. 94-00

**DEPARTEMENT DES SERVICES  
GEOLOGIQUES REGIONAUX**

**Service géologique régional  
Aquitaine**

**16, rue Raze BORDEAUX**

Tél. : 56-29-24-41

**INTERPRETATION DE L'ESSAI DE DEBIT  
DE PIERREFITTE-BASSENS**

par

**F. MER**

**DSGR.64.A32**

**2 mars 1964**

R E S U M E

-----

Le présent rapport traite de la tentative d'exploitation des essais de débit effectués sur deux forages profonds crépinés à cheval sur la base du Paléocène et le toit du Crétacé dans la zone industrielle de Bassens (Gironde).

Leur intérêt majeur était de fournir des renseignements précis sur les caractéristiques hydrauliques locales de la nappe du Crétacé, celle-ci étant susceptible de prendre le relais de la nappe des Sables inférieurs dans la perspective d'une importante augmentation régionale des besoins en eau industrielle.

Malheureusement, l'optique dans laquelle ont été effectués ces essais de longue durée leur enlève la majeure partie de leur valeur "potentielle". Devant l'impossibilité de fournir un avis définitif et reposant sur des bases expérimentales solides à propos des qualités de cette nappe, il importe d'en approfondir l'étude par tout autre moyen pour essayer de lever un certain nombre d'hypothèses qui paraissent pour le moment diminuer, localement du moins, l'importance du rôle futur que l'on pourrait attribuer aux ressources aquifères du Crétacé.

-----

S O M M A I R E

	Pages
<u>INTRODUCTION</u> .....	4
1 - <u>DONNEES TECHNIQUES SOMMAIRES</u> .....	4
1.1 - Forage PIERREFITTE 1 .....	4
1.2 - Forage PIERREFITTE 2 .....	5
1.3 - Forage PIERREFITTE 3 .....	6
2 - <u>DESCRIPTION QUALITATIVE DES ESSAIS DE DEBIT EFFECTUES SUR P.1 et P.2</u> .....	7
2.1 - Essai de mai 1963 sur P.1 .....	7
2.2 - Essai de septembre 1963 sur P.1 .....	8
2.3 - Essais d'août-septembre 1963 sur P.2...	9
3 - <u>ETUDE DES RELATIONS ENTRE DEBIT ET RABATTEMENT AUX DIFFERENTS REGIMES PSEUDO-PERMANENTS RENCONTRES</u> .....	11
3.1 - Puits P.1 .....	11
3.2 - Puits P.2 .....	12
4 - <u>ESSAI DE DETERMINATION DE LA TRANSMISSIVITE T DE LA NAPPE AQUIFERE</u> .....	12
4.1 - Calcul de T à partir de la courbe de descente dans P.2 .....	12
4.2 - Calcul de T à partir des deux courbes de remontée .....	15
4.3 - Remarques sur l'homogénéité des terrains .....	19
5 - <u>ESSAI DE DETERMINATION DU COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT S ET DU RAYON D'INFLUENCE</u> .....	21
5.1 - Coefficient d'emménagement S .....	21
5.2 - Rayon d'influence R .....	23
<u>CONCLUSIONS</u> .....	24

-----

LISTE DES FIGURES ET COURBES ANNEXEES

---

- A - Schéma d'implantation
- B - Demi coupes techniques

- 1 - Courbe de descente P.1 - Mai 1963
  - 2 - Courbe de descente P.1 - Septembre 1963
  - 3 et 3bis - Courbe de descente P.2 - Septembre 1963
  - 4 - Courbe de remontée P.1 et P.2
  - 5 - Relation  $Q - \Delta$  pour P.1 et P.2
  - 6 et 6bis - Courbes de descente et remontée de P.2  
Septembre-octobre 1963
-

## I N T R O D U C T I O N

---

Dans le cadre de l'installation d'une usine d'engrais dans la zone industrielle de Bordeaux-Bassens, l'entreprise PIERREFITTE a fait procéder en 1963 au forage de trois puits profonds destinés à lui assurer un débit horaire moyen de 500 m<sup>3</sup>.

La nappe des Sables inférieurs de l'Eocène étant déjà fortement sollicitée, les forages P.1 et P.2 ont été poussés jusqu'à la nappe sous-jacente du Crétacé, peu utilisée jusqu'à présent en raison précisément de sa profondeur, le forage P.3 étant seul crépiné au niveau des Sables inférieurs.

Les essais de débit pratiqués sur ces forages à plusieurs reprises et sur des périodes prolongées font ici l'objet d'un essai (peu fructueux) d'exploitation.

### 1 - DONNEES TECHNIQUES SOMMAIRES

#### 1.1 - Forage PIERREFITTE 1 (indice de classement B.R.G.M. 803-3-157)

Exécuté entre les mois de mars et mai 1963, il a atteint la profondeur de 442 m. Tubé en 13" 3/8 (34 cm), il est crépiné en 8" sur 40 m de haut, drainant ainsi les eaux de la base sablo-marneuse du Paléocène et du sommet calcaire du Crétacé.

./...

Ce forage est artésien ; la cote piézométrique du niveau statique est de + 20,99 m N.G.F., celle du sol étant de + 3,96 m.

Un débit de 200 m<sup>3</sup>/h a été obtenu pour un rabattement de 51,35 m sans que la stabilisation ait été parfaitement mise en évidence. Le débit spécifique correspondant (3,86 m<sup>3</sup>/h/m) se compare avantageusement à ceux qui ont été enregistrés pour des débits moindres à Pessac (827-2-56) (Q = 135 m<sup>3</sup>/h ; Q/Δ = 3,51 m<sup>3</sup>/h/m) et à Léognan (827-2-136) (Q = 122 m<sup>3</sup>/h ; Q/Δ = 2,76 m<sup>3</sup>/h/m) dans deux forages au Crétacé, celui de Léognan tirant aussi sur la nappe de la base du Paléocène. Cette augmentation peut être attribuée en partie à un diamètre de tubage supérieur (13" 3/8 au lieu de 9" 1/4 et 9" 5/8), mais le fait d'un crépinage dans le calcaire crétacé sur une plus grande hauteur semble devoir être un élément favorable, en supposant évidemment que les caractéristiques de la nappe sont constantes d'un forage à l'autre.

## 1.2 - Forage PIERREFITTE 2 (803-3-162)

Exécuté entre juin et septembre 1963 à 1 060 m au Nord-Est de P.1, ce forage atteint la profondeur de 485 m en étant remblayé sur les dix derniers mètres. Tubé en 9" 5/8 (24 cm) il est crépiné en 6" sur 70 m dont 15 m environ dans les sables grossiers de la base du Paléocène et 55 m dans le calcaire crétacé. Constatons à ce sujet une rapide variation de l'épaisseur de la couche sableuse de la base du Paléocène qui passe de 3 à 16 m sur un kilomètre.

Le forage est artésien, la cote du sol étant à + 3,62 l'eau remontait à l'origine à la cote + 19,20 ; cette cote est d'ailleurs inférieure à celle de P.1, pro-

./...

bablement par suite des pompages effectués sur celui-ci.

Le débit de  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  a été obtenu pour un rabattement voisin de 37 m sans que la stabilisation ait été effectivement réalisée à la fin du pompage. Le débit spécifique correspondant doit, de toute façon, être supérieur à  $5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , c'est-à-dire meilleur que les  $3,86 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  de P.1. Compte tenu du fait que le P.2 est tubé et crépiné en un moindre diamètre que P.1, une telle amélioration est à attribuer peut-être à de moindres pertes de charge, mais sans doute, surtout à l'influence favorable des 50 m crépinés dans le Crétacé et à l'augmentation considérable de l'importance de la couche sableuse de la base du Paléocène, accentuée par un massif de gravier beaucoup plus développé à ce niveau.

### 1.3 - Forage PIERREFITTE 3 (803-3-170)

Exécuté en décembre 1963 à 50 au Nord-Est de P.2, il atteint la profondeur de 259 m, les 25 derniers mètres ayant été remblayés. Tubé en 13" 3/8, il est crépiné en 6" et draine sur 60 m de hauteur la nappe des Sables inférieurs.

Il est lui aussi artésien, le niveau dynamique étant de + 0,76 m au-dessus du sol pour un débit de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Un débit voisin de  $220 \text{ m}^3/\text{h}$  a été facilement obtenu pour un rabattement bien stabilisé de 26,50 m. Le débit spécifique correspondant est de  $8,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Il est nettement supérieur aux deux précédents et prouve que la nappe des Sables inférieurs a des caractéristiques hydrauliques plus favorables que celle du Crétacé, du moins dans cette région.

./...

2 - DESCRIPTION QUALITATIVE DES ESSAIS DE DEBIT EFFECTUES SUR P.1 ET P.2

2.1 - ESSAI DE MAI 1963 SUR P.1 (fig. 1)

Comme tous ceux qui suivent, cet essai n'a manifestement pas été conçu pour être exploité quantitativement. Son seul but est de déterminer, par tâtonnement, le débit optimum que l'on peut espérer tirer de ce puits, sans avoir un rabattement trop élevé. C'est dans cette optique qu'ont été essayés successivement les débits de 200 m<sup>3</sup>/h, 118 m<sup>3</sup>/h, 150 m<sup>3</sup>/h et 250 m<sup>3</sup>/h pendant des temps très variables. En particulier, les mesures du niveau dynamique n'ont pas été prises au cours de la première heure de pompage, éliminant par là-même toutes possibilités d'appliquer la méthode de Theis qui détermine les caractéristiques de la nappe à partir de l'étude du régime transitoire.

L'examen du tableau de chiffres dressés d'après les relevés effectués par la société de forage LAYNE-FRANCE montre un certain nombre d'anomalies expliquant les particularités de la courbe de descente (fig. 1) où l'on a reporté le rabattement en fonction du logarithme du temps de pompage. Les mesures de niveau dynamique ont été faites à l'aide d'une sonde pneumatique d'une sensibilité très réduite puisque toutes les valeurs relevées sont de la forme X m + 30 ou 80 cm ; l'existence de longs paliers en découle artificiellement. L'équation personnelle de l'instrumentateur doit par ailleurs fortement jouer, chaque changement de poste se traduisant par une brusque variation du niveau mesuré, de plus ou moins 0,50 m bien entendu. La constance du débit de 200 m<sup>3</sup>/h pendant les 60 premières heures de pompage doit, elle aussi, être suspectée. Toutes ces imperfections de mesures contribuent à l'allure chaotique d'une courbe à qui  
./...

$\Delta$  en m

PIERREFITTE N° 1 - Pompage du 24 au 27. 5. 1963

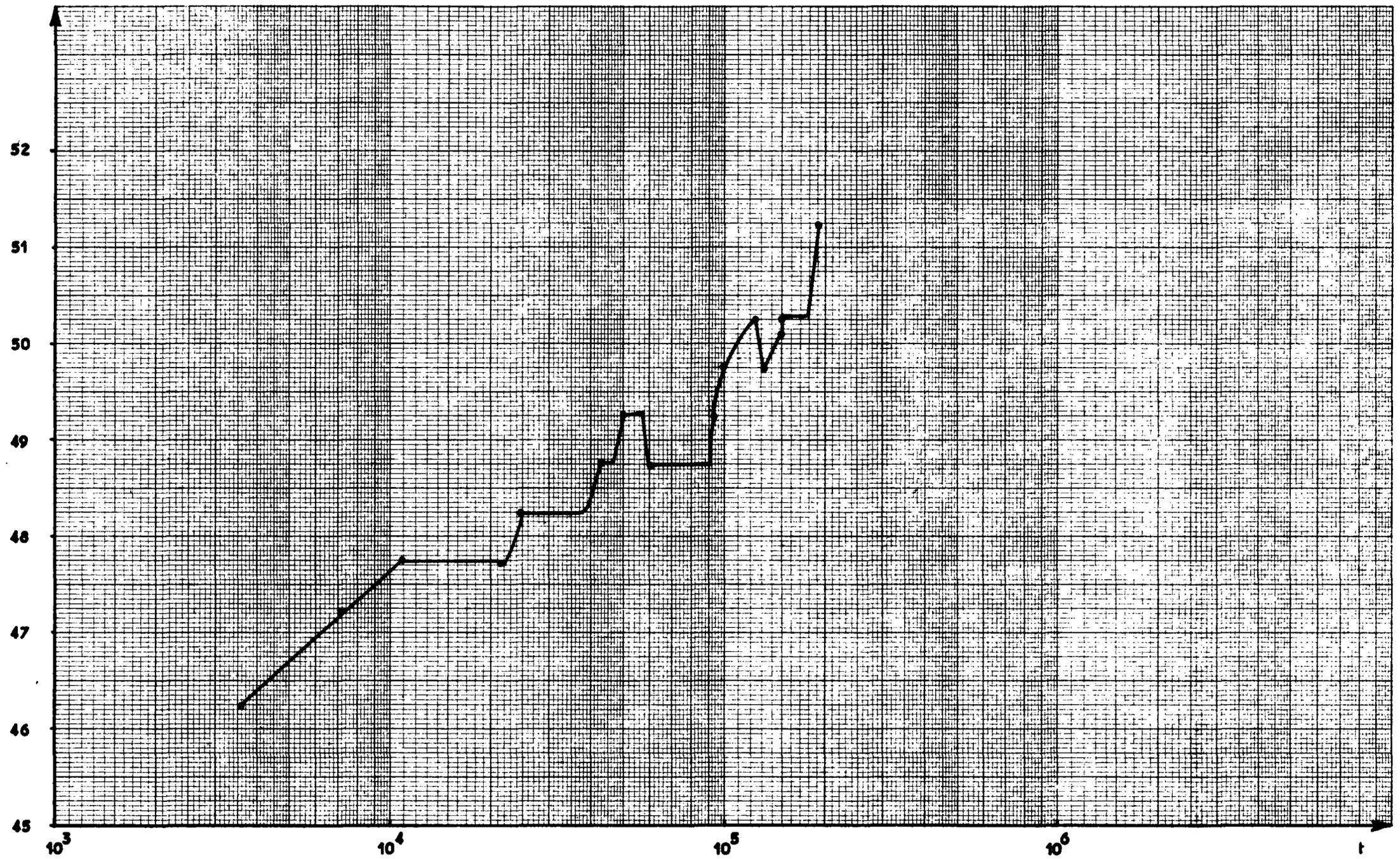


Fig: ①

la théorie assigne le nom de droite. Il est dès lors évident que l'utilité d'un tel essai est nulle, même dans l'optique du maître de l'oeuvre puisque la stabilisation du niveau dynamique pour un débit donné n'a jamais été réellement obtenue, du moins d'après le relevé des mesures.

Tout ceci nous permet de penser qu'il serait sûrement rentable pour tout le monde, industriel comme service scientifique, d'introduire un peu plus de méthode et de rigueur dans une opération d'essais de débit qui continue à être considérée comme superflue, ou presque, dans le domaine de l'eau, alors que les exemples pétroliers montrent la quantité de renseignements que l'on peut en tirer, sur la qualité, les capacités et l'avenir du "réservoir".

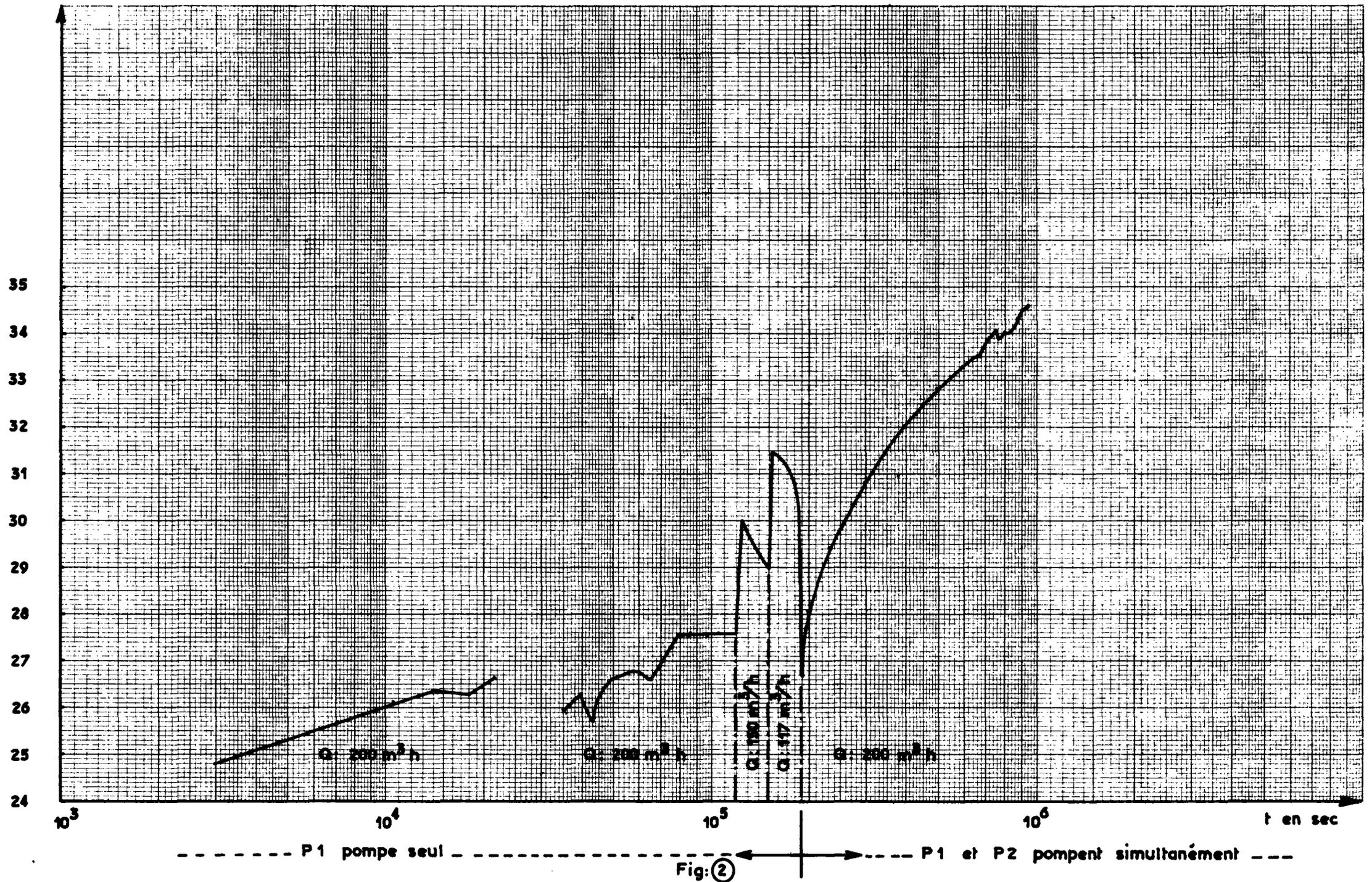
## 2.2 - ESSAI DE SEPTEMBRE 1963 SUR P.1 (fig. 2)

Du 9 septembre à 8 h au 11 septembre à 10 h, P.1 est seul à débiter. Jusqu'au 10 septembre à 18 h, le débit est fixé à 200 m<sup>3</sup>/h, à l'exception d'une panne de pompe de 1 h 30 : le rabattement a l'air de s'être stabilisé au voisinage de 55,15 m au cours des 12 dernières heures. L'augmentation de rabattement pour le même débit par rapport au premier essai de pompage pseudo-stabilité à 51,35 m est principalement imputable au fait que le puits P.2, inexistant lors du premier essai, a maintenant un débit artésien variant entre 53 et 27,5 m<sup>3</sup>/h et contribue au rabattement constaté dans P.1.

Du 10 septembre à 18 h au 11 septembre à 10 h, le débit est ramené sans raison précise d'abord à 153 m<sup>3</sup>/h pendant 8 h, puis à 117 m<sup>3</sup>/h pendant 9 h, le forage P.2  
./...

$\Delta$  en m /  $10^{-2} Q m^3/h$

PIERREFITTE N° 1 - Pompage du 11 au 20.9.1963



étant toujours maintenu artésien. Ces baisses de débit se traduisent par deux augmentations brutales du rabattement spécifique suivies d'une diminution plus lente. Cette anomalie est à imputer à l'inertie de la colonne d'eau. La fermeture de la vanne étant pratiquement instantanée, le dénominateur de la fraction  $\frac{\Delta}{Q}$  diminue très vite alors que le numérateur ne suit que plus lentement, de telle sorte que le rabattement spécifique  $\Delta/Q$  augmente très vite avant de revenir à sa valeur normale lorsque le rabattement a eu le temps de s'adapter à la baisse de débit.

A partir du 11 à 10 h et jusqu'au 20 septembre à 8 h, le pompage reprend à  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$  mais le puits P.2 est lui-même soumis à ce débit et contribue donc, pour partie, au rabattement mesuré en P.1. La courbe de descente de  $\Delta/Q$  est cette fois très régulière et tend à devenir rectiligne à la fin de cette période. Notons seulement que là encore cette augmentation de débit qui devrait passer inaperçue sur la courbe en l'absence d'inertie du système se traduit par une diminution temporaire du rabattement spécifique,  $Q$  augmentant beaucoup plus vite que  $\Delta$ .

En fin de pompage, le rabattement semble s'être stabilisé au voisinage de 69,15 m les quelques 18 m supplémentaires observés par rapport au premier essai devant être attribués à l'influence du pompage simultané sur P.2.

**2.3 - ESSAIS D'AOUT-SEPTEMBRE 1963 SUR P.2 (fig. 3)**

Au début du mois d'août, le puits P.2 a eu un débit artésien variable suivant le rabattement que lui imposait la cote du sommet du tubage. Après un traitement chimique de défloculation, un débit de  $75 \text{ m}^3/\text{h}$  pour 14,5 m de ra-  
 ./...

$\Delta$  en m

PIERREFITTE N° 2 - Pompage du 11 au 20. 9. 1963

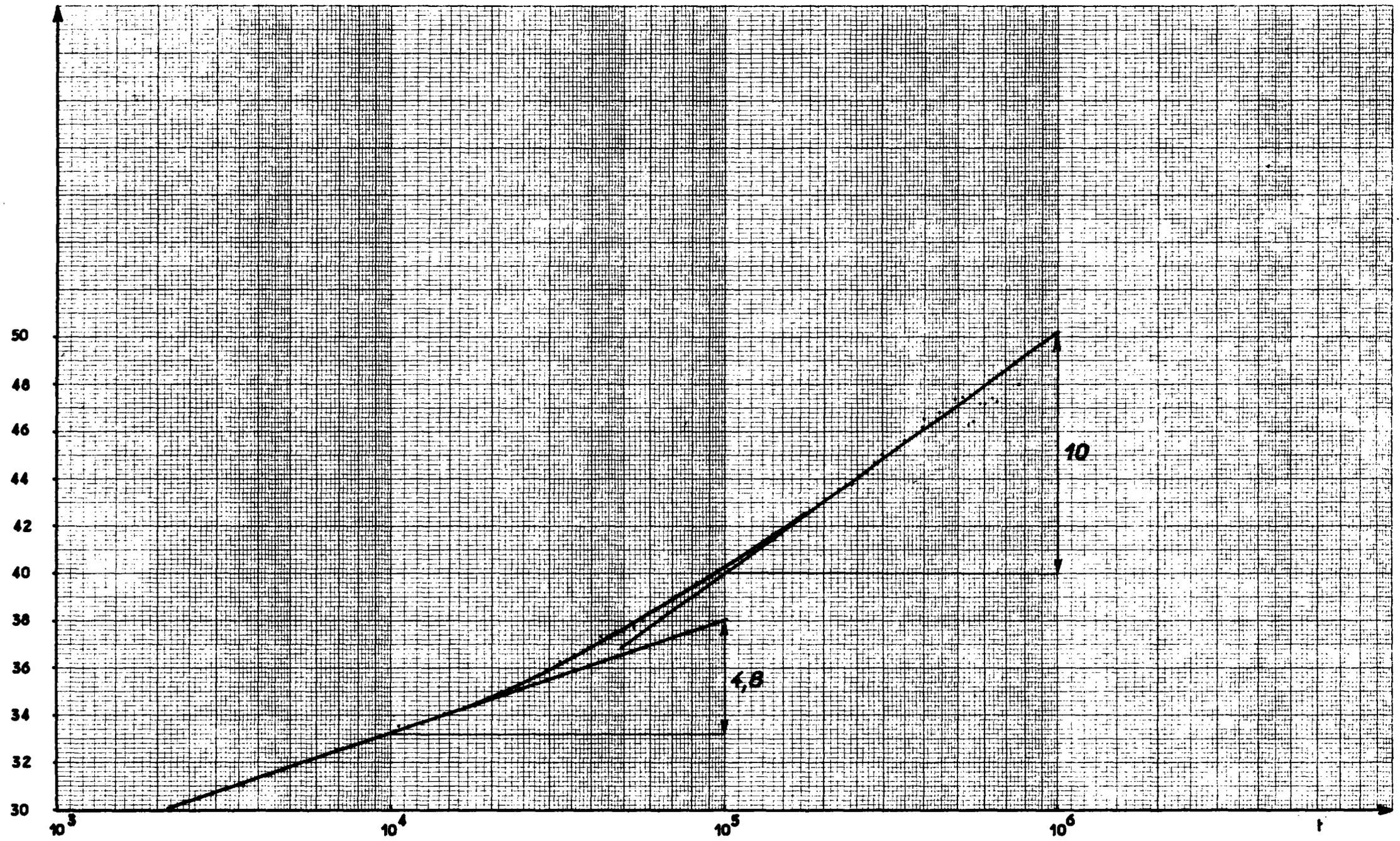


Fig: ③

$\Delta$  en m.

PIERREFITTE N° 2 - Pompage du 12.9.1963

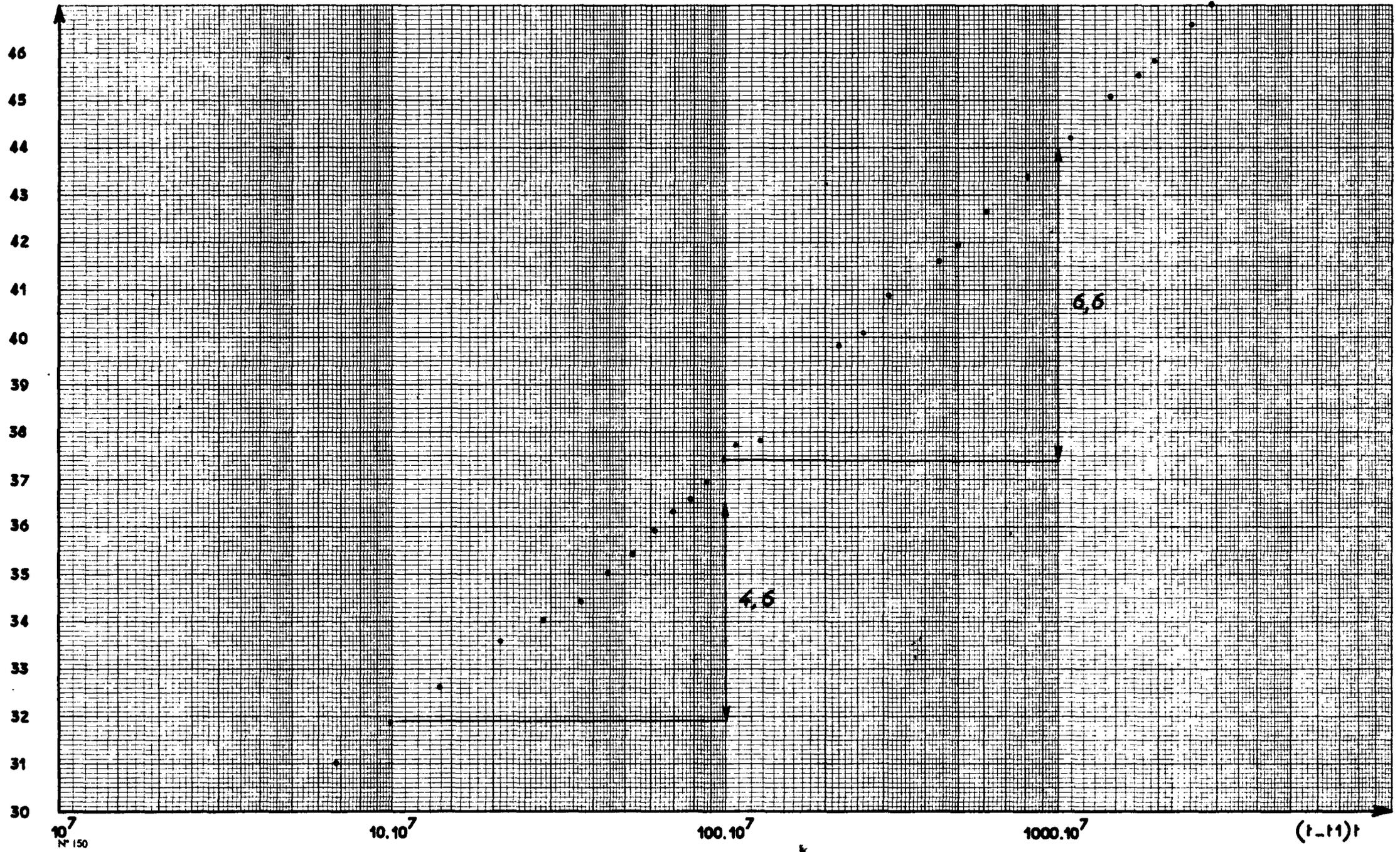


Fig: ③ bis

battement semble avoir été maintenu du 16 août à 12 h au 20 à 9 h, provoquant un rabattement dans P.1 estimé à 4,31 m par rapport à la cote que ce dernier avait atteinte après trois mois de "repos".

Du 20 août à 8 h au 6 septembre à 9 h, des débits variables sont demandés à P.2 avec de nombreux arrêts pour de multiples raisons. Un débit de 150 m<sup>3</sup>/h semble avoir été correctement maintenu pendant 4 jours pour un rabattement de 25,60 m au puits, le rabattement correspondant dans P.1 n'ayant malheureusement pas été mesuré.

Après un arrêt de trois jours puis un débit d'artésianisme baissant sous l'influence du pompage effectué sur P.1, un débit de 200 m<sup>3</sup>/h a été retiré de P.2 du 11 septembre à 10 h au 20 à 8 h. La courbe représentant la baisse du niveau dynamique en fonction du temps figurera en annexe (fig. 3). Cette courbe n'appelle pas d'observation particulière si ce n'est le léger décrochement final sans doute dû à une défaillance momentanée de la pompe ou à un changement d'instrument de mesure constaté à ce moment-là (sonde pneumatique au lieu de sonde électrique).

A la suite de l'arrêt du pompage la courbe de remontée du niveau d'eau a été enregistrée sur les deux forages par des limnigraphes fidèles et précis fournissant ainsi les seuls résultats sur lesquels on puisse fonder un calcul un tant soit peu précis.

./...

3 - ETUDE DES RELATIONS ENTRE DEBIT ET RABATTEMENT AUX DIFFERENTS REGIMES PSEUDO-PERMANENTS RENCONTRES

3.1 - PUITS P.1

Il s'agit, bien entendu, de se cantonner aux valeurs correspondant à des régimes permanents n'intéressant qu'un seul puits, en éliminant par conséquent tous les cas où les deux forages débitent simultanément.

Pour le P.1 nous en sommes donc réduits aux différentes valeurs mesurées en mai 1963, toutes les autres ayant été faites sous l'influence du pompage sur P.2 artésien ou artificiel. En supposant une stabilisation assez hypothétique, étant donné la précision des mesures, nous avons les valeurs suivantes :

<u>Q m<sup>3</sup>/h</u>	<u>Δ m</u>	<u>Q/Δ m<sup>3</sup>/h/m</u>
118	36,35	3,25
150	44,35	3,4
200	51,35	3,9
250	63,85	3,9

Sur un graphique (Q, Δ), ces 4 points sont pratiquement alignés sur une droite d'équation  $Q = 5,3 \Delta - 75$ , tandis que le débit spécifique, loin de diminuer, aurait plutôt l'air d'augmenter avec Q. Le débit paraît donc nul avec un rabattement de 14 m environ. Un tel chiffre donne l'importance des pertes de charges constatées dans ce forage qui semblent, du moins dans la zone des débits essayés, sensiblement indépendantes de Q alors que l'expérience les indique plutôt proportionnelles de  $Q^a$  ( $a \approx 2$ ) en accord avec la loi d'écoulement en régime turbulent et que le caractère incomplet des puits peut entraîner des pertes de charges proportionnelles au débit Q. (fig. 5)

./...

### 3.2 - PUITS P.2

Les résultats sont plus conformes à la théorie pour ce puits. Les différentes valeurs relevées sont :

$Q \text{ m}^3/\text{h}$	$\Delta \text{ m}$	$Q/\Delta \text{ m}^3/\text{h/m}$
75	14,50	5,2
150	25,60	5,8
180	29,60	6
200	35,50	5,6
250	45,30	5,5

Les points sont reportés sur un graphique  $Q (\Delta)$  (fig. 5).

Ils s'alignent assez bien sur une droite d'équation  $Q = 5,7\Delta$  qui passe par l'origine montrant ainsi que les pertes de charge sont, dans ce cas, pratiquement nulles pour les différents régimes envisagés.

## 4 - ESSAI DE DETERMINATION DE LA TRANSMISSIVITE T DE LA NAPPE AQUIFERE

Nous disposons pour ce calcul d'une courbe de descente sur P.2 et de deux courbes de remontée sur P.1 et P.2, la courbe de descente sur P.1 ne paraissant pas utilisable.

### 4.1 - Calcul de T à partir de la courbe de descente dans P.2 (fig. 3 et 3bis)

L'équation de la courbe théorique de descente s'obtient par application du principe de superposition des écoulements :

$t < t_1$  P.1 est seul à pomper au débit  $Q$ . Il entraîne sur P.2 un rabattement  $\Delta_{12} = -\frac{Q}{4\pi T} \text{Ei} \left( -\frac{d^2 S}{4 T t} \right)$   
./...

$t > t_1$  P.2 se met en marche au même débit et crée un rabattement  $\Delta 22 = - \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left( \frac{-r_s^2}{4 T (t-t_1)} \right)$

L'approximation logarithmique est très rapidement utilisable pour  $\Delta 22$  compte tenu du fait que  $r =$  rayon du puits  $= 12 \cdot 10^{-2} \text{m}$ , alors qu'elle ne l'est pas avant un temps considérable pour  $\Delta 12$ , car  $d =$  distance P.1 - P.2  $= 1060 \text{ m}$ . L'approximation logarithmique n'entraîne pas d'erreur relative supérieure à 1 % à partir d'un temps  $t_0$  tel que :

$$\frac{x^2 S}{4 T t_0} < \frac{1}{100} \quad \text{soit} \quad t_0 > 25 x^2 \frac{S}{T}$$

Pour les valeurs habituelles de  $S$  et  $T$  en nappe captive,  $S/T$  est compris entre  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$  de sorte que :

$$t_0 = 25 \cdot 10^3 \text{ sec au minimum soit 7 heures}$$

$$t_0 = 25 \cdot 10^4 \text{ sec au maximum soit 3 jours}$$

Le rabattement théorique est donc en  $P_2$  :

$$\Delta 2 = \Delta 12 + \Delta 22 :$$

$$\Delta 2 = - \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left( \frac{-d^2 S}{4 T t} \right) + \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 T (t-t_1)}{r^2 S}$$

Si le pompage est poursuivi assez longtemps pour que l'approximation logarithmique soit valable et que  $t_1$  devienne négligeable devant  $t$ , ce rabattement tend vers :

$$\Delta 2 = \frac{0,366 Q}{T} \log \frac{2,25 T t}{S r d}$$

./...

L'application de la théorie au cas présent est beaucoup plus complexe étant donné que, avant le temps  $t_1$ , P.1 débitait à un régime non constant et P.2 avait un débit artésien déjà variable pour un rabattement constant de 14,54 m. Il paraît complexe de tenir compte rigoureusement de ces deux histoires de puits assez mouvementées. Nous avons donc simplifié en supposant que P.2 ne débitait pas avant le temps  $t_1$  et que P.1 débitait  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$  depuis l'instant origine. Dans ces conditions, nous reportons sur un graphique le rabattement observé en ordonnées et  $\log t (t-t_1)$  en abscisse pour appliquer la formule approchée :

$$\Delta z = 0,183 \frac{Q}{T} \left[ \log \frac{2,25 T (t-t_1)}{r^2 S} + \log \frac{2,25 T t}{d^2 S} \right]$$

$$\text{soit} \quad z = 0,183 \frac{Q}{T} (\log t (t-t_1) + K)$$

La mesure de la pente de la droite ainsi déterminée doit nous donner un ordre de grandeur de la transmissivité  $T$ . Au début du pompage en P.2 l'influence de P.1 n'est certainement pas négligeable mais on peut affirmer quelles que soient les valeurs des paramètres  $S$  et  $T$  qu'elle est pratiquement constante. En effet, quand  $(t-t_1)$  passe de 0 à 3 600,  $t$  passe de 187 200 à 190 800 ; la variation est donc infime et on peut écrire :

$$\Delta z = 0,183 \frac{Q}{T} \log (t-t_1) + K'$$

Les deux courbes de descente ont été tracées pour vérifier ce fait. On constate effectivement que les valeurs des pentes des deux droites initiales ( $t-t_1$  < 20 000 sec) sont sensiblement égales.

Pour un cycle logarithmique on trouve :

./...

d  $\Delta = 4,8$  m sur la courbe  $\Delta [\log (t-t_1)]$  fig.3

d  $\Delta = 4,6$  m sur la courbe moins approchée  
 $\Delta [\log (t-t_1)]$  fig.3bis

Nous pouvons donc affirmer que la transmissivité de l'ensemble aquifère au voisinage de P.2 est pratiquement comprise entre :

$$T = \frac{0,183 \times 200}{3 \cdot 600 \times 4,6} = \frac{2,18 \cdot 10^{-3}}{\text{m}^2/\text{s}} \quad \text{et} \quad T = \frac{0,183 \times 200}{3 \cdot 600 \times 4,8} = \frac{2,09 \cdot 10^{-3}}{\text{m}^2/\text{s}}$$

#### 4.2 - Calcul de T à partir des deux courbes de remontée (fig. 4)

Dans le cas d'un puits débitant de l'instant  $t=0$  à l'instant  $t = t_2$  un volume  $Q$  constant par unité de temps, l'équation de la courbe de remontée s'obtient en supposant que le débit  $Q$  continue à être fourni par le puits pour  $t > t_2$  mais qu'à partir de  $t = t_2$  on réinjecte dans le puits le débit  $Q$  en considérant comme négligeable le phénomène de post-production.

On a donc, en utilisant l'approximation logarithmique :

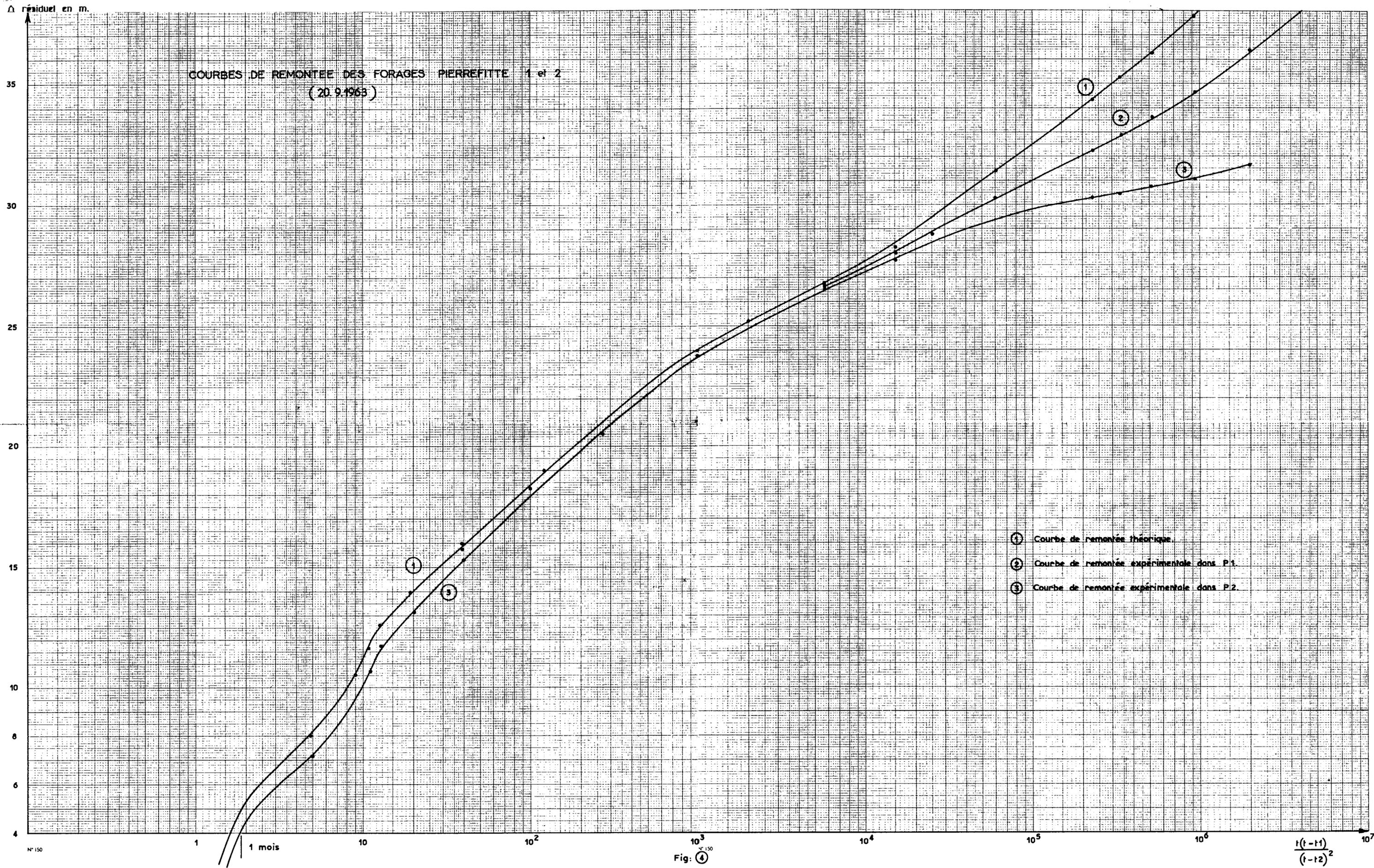
$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \left[ \log \frac{2,25 T t}{S r^2} - \log \frac{2,25 T (t-t_2)}{S r^2} \right]$$

$$= \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{t}{(t-t_2)}$$

Cette équation est indépendante de  $S$  et la pente de la droite représentative en coordonnées semi-logarithmiques permet de mesurer  $T$ .

Pour la remontée dans P.1, en faisant les mêmes simplifications que plus haut, simplifications qui entraînent

./...



d'ailleurs des erreurs moindres vu le temps écoulé depuis le début du pompage (10 jours), on a :

$$\Delta 1 = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{t}{t-t_2} - \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T (t-t_1)} \right] + \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T (t-t_2)} \right]$$

ou  $t_1 \approx 187\ 000$  sec et  $t_2 \approx 968\ 400$  sec

Pour le puits P. 2 on a de même :

$$\Delta 2 = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{t-t_1}{t-t_2} - \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T t} \right] + \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T (t-t_2)} \right]$$

Ces deux équations diffèrent très peu au bout d'un certain temps. En effet,  $t-t_1$  est supérieur à 780 000 dès le début de la remontée et l'erreur que l'on fait en remplaçant  $t-t_1$  par  $t$  devient rapidement négligeable.

Dès lors, on peut écrire la même équation pour les deux remontées pour  $t > t_3$  avec  $t_3 = 1\ 500\ 000$  sec par ex.

$$= 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{t-t_1}{t-t_2} - \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T t} \right] + \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T (t-t_2)} \right]$$

Dès le début de la remontée l'approximation logarithmique devient rapidement valable pour le terme en  $\text{Ei} (1/t)$  de sorte que l'on a :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{t-t_1}{t-t_2} + 0,183 \frac{Q}{T} \log 2,25 \frac{T t}{d^2 s} + \frac{Q}{4 \pi T} \text{Ei} \left[ \frac{-d^2 s}{4 T (t-t_2)} \right]$$

Ce n'est qu'au bout d'un temps de remontée beaucoup plus important que l'on peut écrire :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{t (t-t_1)}{(t-t_2)^2}$$

./...

qui tend alors vers :

$$\Delta = 2 \times 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{t}{t-t_2}$$

La pente de la courbe de remontée doit donc tendre vers une valeur double de celle que l'on aurait observée avec un seul puits, l'autre étant au repos.

Pour des raisons de simplicité de calcul et en l'absence de toute valeur précise de  $S$ , nous avons tracé (fig. 4) les deux courbes en reportant en abscisses  $\log \frac{t(t-t_1)}{(t-t_2)^2}$  remplaçant donc, dès le début  $Ei\left(\frac{1}{t-t_2}\right)$  par son approximation. Nous ne pouvons donc pas tirer de renseignements de la première partie de ces courbes où l'influence sur un puits du pompage fictif négatif sur l'autre puits est très largement surestimée par cette approximation.

Nous constatons cependant que les deux courbes se rapprochent très rapidement quand le temps croît et qu'elles sont pratiquement identiques à une translation verticale près, la courbe de remontée de P.2 restant toujours au-dessous de celle de P.1. Ceci nous montre bien que l'hypothèse faite préalablement d'une homogénéité globale du système de nappes n'est pas en défaut. La mesure de la pente de la droite correspondante nous donne la valeur :

$$T = \frac{2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\text{-----}}$$

La même méthode de calcul appliquée à la courbe de descente et à celle de remontée donne deux valeurs différentes de  $T$ . En réalité nous ne mesurons pas la même transmissivité. La transmissivité mesurée au cours de la descente est celle de la nappe au voisinage immédiat du forage. Par contre, l'examen de la répartition des pres-  
./...

sions dans l'espace au cours de la remontée montre que le gradient de pression est pratiquement nul aux abords du puits alors qu'il a encore une valeur appréciable au loin = il y a donc recompression près du puits dans la mesure où il y a transport de fluide au loin ; celle-ci dépend de la transmissivité lointaine et c'est donc elle qui règle le rythme de la remontée du niveau d'eau. Le fait que les puits ne soient pas complets (c'est-à-dire ne touchent pas le substratum imperméable formant le mur de la nappe) et que les opérations de forage aient pu diminuer la perméabilité locale des terrains peuvent donc expliquer la différence relative de 25 % constatée entre les deux mesures de T.

Comme nous l'avons déjà remarqué la courbe de remontée théorique doit se trouver au-dessus de la droite de remontée correspondant à l'approximation logarithmique. Nous constatons donc que les deux courbes correspondant à la remontée réelle se situent nettement au-dessous de cette courbe théorique. Ceci pourrait être un indice de début de stabilisation en fin de pompage du niveau dynamique correspondant au régime permanent, en particulier pour le puits P.2. Nous ne pouvons pas, en effet, imputer ce moindre rabattement à un effet pariétal négatif puisque les puits n'ont pas été acidifiés.

L'examen des courbes de remontée dans leur portion finale traduit l'influence des limites du système aquifère considéré. Au début la recompression des terrains se fait à partir des puits, comme dans une nappe d'extension infinie, et la remontée du niveau d'eau se traduit graphiquement par une droite. A partir d'un certain moment le phénomène de recompression atteint les limites du système qui perturbent la remontée et la courbe expérimentale se détache de la droite théorique.

./...

#### 4.3 - Remarques sur l'homogénéité des terrains

Les deux forages P.1 et P.2 sont "incomplets" du fait qu'ils n'atteignent pas le mur du système aquifère du Crétacé que l'on ne connaît d'ailleurs pas. Ce défaut permet d'expliquer en partie la différence de transmissivité que l'on trouve sur le même puits entre la courbe de descente et celle de remontée.

A la descente, si l'on suppose définie la perméabilité  $K$  de l'ensemble aquifère, on mesure  $T = K \xi'$  où

$$\xi' = e \left( 1 + 7 \sqrt{\frac{r}{2e}} \cos \frac{\pi e}{2\xi} \right) \quad e < \xi' < \xi$$

où :

- $e$  = épaisseur de la nappe captée aux niveaux crépinés
- $\xi$  = épaisseur totale de la nappe aquifère
- $r$  = rayon de la crépine

A la remontée, on peut admettre que c'est l'ensemble de la nappe qui contribue à la recompression et la transmissivité mesurée est  $T' = K \xi$

On en déduit  $\frac{T}{T'} = \frac{\xi'}{\xi}$

On constate, effectivement, dans le cas de PIERRE-FITTE, que  $T < T'$ . Mais on ne peut en tirer aucun renseignement quantitatif précis sur les épaisseurs des horizons aquifères. On peut, en effet, écrire :

$$\frac{2,1}{2,8} = \frac{\xi'}{\xi} \quad \text{soit : } 0,75 \xi = e \left( 1 + 7 \sqrt{\frac{r}{2e}} \cos \frac{\pi e}{2\xi} \right)$$

mais cette égalité ne nous permet pas de calculer  $\xi$  et par là  $K$  car la hauteur crépinée connue ne constitue qu'une limite supérieure de  $e$ , tous les terrains drainés

./...

par le puits à la hauteur de la crépine n'étant pas forcément aquifères.

Seule une étude électrique détaillée pourrait, à la rigueur, nous préciser la valeur de e et par là celle de K qu'elle peut d'ailleurs donner directement.

Il convient d'autre part de remarquer que la transmissivité ainsi calculée intéresse non pas une mais deux nappes puisque P.1 et P.2 pompent simultanément dans les sables du Paléocène et les calcaires du sommet du Crétacé.

Supposons ces deux nappes indépendantes (l'horizon marneux intermédiaire a une épaisseur suffisante pour faire écran imperméable) et soit k et k' leurs perméabilités respectives.

Soit h<sub>1</sub> et h'<sub>1</sub> les hauteurs respectives de ces horizons aquifères dans P.1, compte tenu de la correction sur h'<sub>1</sub> due au caractère incomplet du puits. De même, soit h<sub>2</sub> et h'<sub>2</sub> ces hauteurs pour P.2.

Soit, enfin, T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> les transmissivités globales mesurées à P.1 et P.2.

Compte tenu de la prépondérance de la vitesse horizontale d'écoulement, on a :

$$\begin{aligned}
 T_1 &= h_1 k + h'_1 k' & \text{soit :} & & k' &= \frac{-h_2 T_1 + h_1 T_2}{-h'_1 h_2 + h'_2 h_1} \\
 T_2 &= h_2 k + h'_2 k' & & & k &= \frac{h'_2 T_1 - h'_1 T_2}{-h'_1 h_2 + h'_2 h_1}
 \end{aligned}$$

./...

En appliquant ces formules au cas présent, en retenant comme valeurs de  $h_1$ ,  $h'_1$ ,  $h_2$ ,  $h'_2$  les hauteurs crépinées dans les deux horizons, on arrive à des perméabilités négatives, ce qui prouve le caractère indispensable de ces corrections qui ne peuvent rester que qualitatives faute de connaissance meilleure des nappes.

La comparaison avec les résultats obtenus au forage de Léognan semble renforcer cette hypothèse. Même en tenant compte du fait que la hauteur crépinée dans le toit du Crétacé ne dépasse pas 4 à 5 m, la valeur de la transmissivité obtenue à partir de la courbe de remontée, donc avec participation de toute la nappe qui est de  $0,76.10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$  apparait significativement plus faible que celles relevées à PIERREFITTE.

## 5 - ESSAI DE DETERMINATION DU COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT S ET DU RAYON D'INFLUENCE

### 5.1 - Coefficient d'emmagasinement S

La détermination de S se fait généralement en même temps que celle de T (si l'on dispose de mesures du rabattement en début du pompage, à des intervalles de temps rapprochés) par superposition de la courbe de descente expérimentale à la courbe théorique de Theis correspondant au régime transitoire. Ne disposant que des relevés de  $\Delta$  mesurés toutes les heures et sous l'influence de deux pompages, la courbe obtenue en coordonnées bi-logarithmiques est sensiblement une droite que l'on peut superposer pratiquement n'importe où à la partie sub-rectiligne de la courbe de Theis. L'imprécision est donc totale et il faut chercher une autre méthode.

./...

On peut aussi appliquer la formule  $S = 2,25 \frac{T t_0}{r^2}$   
 où  $t_0$  est la valeur du temps correspondant à un rabattement nul au puits, obtenue par extrapolation de la droite théorique  $\Delta$  (log t). Les rabattements n'ayant été mesurés qu'au-delà de 30 m une telle extrapolation donne elle-même peu de précision, si tant que l'on ait le droit de la faire étant donné la très faible valeur de r.

On peut plus simplement encore repérer la valeur de  $\Delta$  correspondante à un temps t précis et en déduire S à partir de l'une des formules précédentes. Nous savons par exemple que le puits P.2 a débité du 16 août à 12 h au 20 août à 9 h un débit de 75 m<sup>3</sup>/h (constant ?) pour un rabattement dans le puits de  $\Delta 2 = 14,5$  m et qu'il a entraîné un rabattement artificiel de  $\Delta 1 = 4,30$  m dans le puits P.1 ; celui-ci n'était d'ailleurs pas au repos au moment de l'ouverture de P.2.

Nous avons donc :

$$\Delta 1 = \frac{Q}{4\pi T} \quad \text{Ei} \left( \frac{-d^2 S}{4 T t} \right)$$

$$\Delta 2 = 0,183 \quad \frac{Q}{T} \quad \text{Log} \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

En admettant le rabattement de 2,85 m relevé sur les graphiques d'enregistrement à partir d'une période stable, on trouve :

pour T =	2,1.10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> /sec	S =	2.10 <sup>-5</sup>
pour T =	2,5.10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> /sec	S =	8.10 <sup>-6</sup>
pour T =	2,8.10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> /sec	S =	5.10 <sup>-6</sup>

On voit l'influence prépondérante de T sur la détermination de S par ce mode de calcul.

./...

Une autre valeur de rabattement sur P.2 provoquée par un pompage en P.2 de  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  pendant 4 jours donne de son côté une valeur de :

$$S = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ pour } T = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$$

Tout ceci montre à l'évidence que l'imprécision des mesures de rabattement et du calcul de T a une grande influence sur l'ordre de grandeur de S dont on peut tout juste dire qu'il est de la forme  $n \cdot 10^{-5}$  ou  $n \cdot 10^{-6}$ .

## 5.2 - Rayon d'influence R

Sa détermination serait possible si le régime permanent avait été atteint au cours du pompage. Pendant la période de régime transitoire il paraît intéressant de définir un rayon d'influence fictif en posant :

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T}{S} t}$$

Cette relation entre le temps et le rayon de drainage ne peut conduire néanmoins à rien de valable ; la courbe de répartition des pressions dans l'espace à un moment donné du mouvement transitoire est en effet différente de celle du mouvement permanent qui donnerait le même débit avec le même rayon de drainage et la même pression de nappe.

Pour  $t = 10$  jours,  $T = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$  et  $S = 2 \cdot 10^{-5}$  on obtient la valeur  $R = 14 \text{ km}$ .

Cette valeur n'est donnée qu'à titre indicatif étant donné l'absence de précision sur T et sur S. Seule serait  
./...

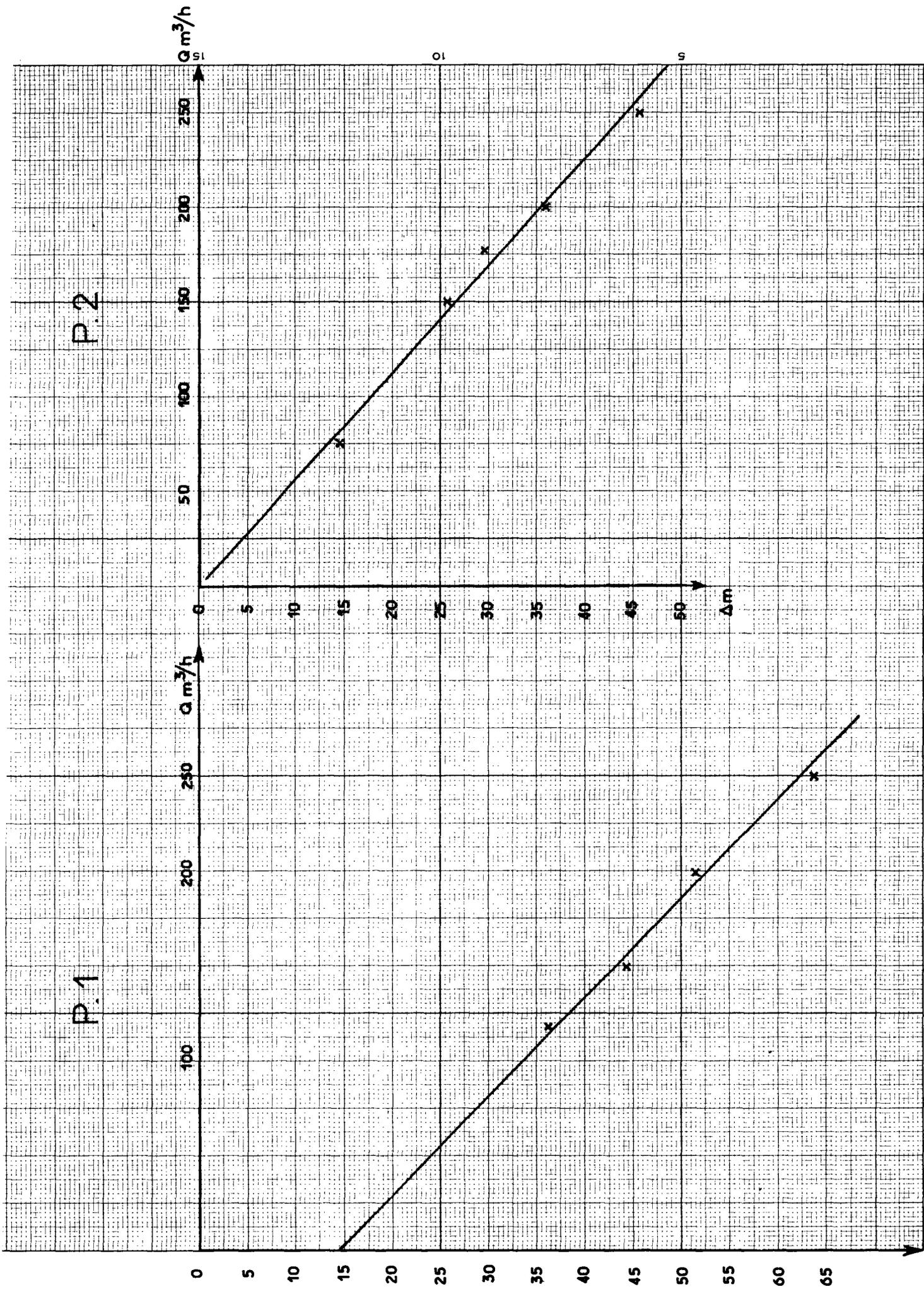


Fig: 5

$\Delta m$

intéressante la valeur de la distance à laquelle ce rabattement est inférieur à une certaine valeur, par exemple 10 cm ou 50 cm quand un puits ou les deux puits ont atteint leur régime permanent à un certain débit  $Q$ . De toute façon, cette prévision sur la baisse du niveau piézométrique de la nappe, dans l'espace et dans le temps, est impossible à partir des seules données actuelles et nécessiterait une connaissance plus approfondie de la nappe au point de vue réserve, réalimentation et caractéristiques  $T$  et  $S$ .

#### C O N C L U S I O N S

-----

Un certain nombre d'observations amène à considérer que le comportement local de cette nappe aquifère, ou plutôt de cet ensemble de deux nappes, n'est pas conforme à ce que l'on pourrait attendre.

Il est troublant de constater que les cotes piézométriques de ces deux forages au repos sont nettement inférieures, d'au moins 10 m, à celles des deux forages au Crétacé de Pessac et de Léognan. Il n'y a pas de raison de constater une telle différence si tous ces puits se trouvent dans les mêmes conditions d'alimentation. On pourrait, dans ces conditions, attribuer cette chute de pression à une décompression irréversible des terrains lors de la mise en production du forage (?).

Le fait que, trois mois après la première mesure

./...

au puits P.1, la cote piézométrique du niveau statique soit inférieure à la cote initiale de 30 cm est sans doute à imputer à une variation de la densité de l'eau; dans le premier essai la cote de 20,99 m a été mesurée après avoir fait débiter un tant soit peu le puits : l'eau est donc sensiblement à la température de la nappe ( $\approx 29^\circ$ ) : au contraire, quand on mesure la nouvelle cote après avoir fermé le puits pendant trois mois, l'eau s'est mise en équilibre thermique avec toutes les couches intermédiaires : sa température moyenne est moindre, sa densité est donc supérieure, ce qui entraîne, à pression égale, une baisse de volume, donc de hauteur.

Le comportement anormal du puits 1 au point de vue relation entre le débit et le rabattement ne peut pas être essentiellement imputé aux conditions d'exécution du forage puisque les pertes de charges sont pour ainsi dire constantes et non proportionnelles à  $Q^2$ . Un essai d'explication pourrait peut-être être trouvé dans le fait que P.1 tire sur deux nappes : celle du Crétacé et au-dessus celle des sables du Paléocène. Tant que le débit est suffisamment faible pour que la cote dynamique du plan d'eau soit supérieure à celle des sables éocènes, la nappe du Crétacé serait en surpression sur celle des Sables et réalimenterait cette dernière, une partie du débit seulement se retrouvant en surface. A partir du moment où la cote dynamique tomberait en-dessous de ce niveau les deux nappes débiteraient simultanément et normalement. La différence de pression de gisement de ces deux nappes est cependant trop faible pour expliquer des pertes de charges si importantes d'autant plus que l'on ne retrouve pas ce comportement sur P.2.

./...

Le fait que malgré un temps de pompage prolongé une stabilisation du niveau dynamique n'ait pas vraiment été observée dans aucun des deux forages, est sans doute l'élément le plus défavorable de tous, car il suggère l'hypothèse de vidange d'un réservoir, sinon fermé, du moins réalimenté trop lentement pour le débit que l'on essaie d'y maintenir ; la constatation du fait qu'après plus d'un mois de remontée il subsiste encore un rabattement résiduel supérieur à 3 m, paraît être un argument supplémentaire en faveur de cette hypothèse.

Les fig. 6 et 6 bis représentent les variations du rabattement  $\Delta$  dans le puits P.2 en pompage et en remontée en fonction du temps en coordonnées arithmétiques ; elles mettent en évidence, en fin de pompage et en fin de remontée une relation quasi linéaire entre  $\Delta$  et t, caractéristique des ensembles fermés, qui attribuerait au réservoir une superficie fictive de 15 000 m<sup>2</sup> seulement (descente) et une réalimentation voisine du tiers du débit de pompage. Malgré leur caractère "simpliste" ces résultats n'en demeurent pas moins assez parlants.

Remarquons enfin que l'importance des rabattements nécessaires pour obtenir un débit de 200 m<sup>3</sup>/h pourrait être expliquée par une meilleure connaissance des zones réellement aquifères dans le sommet du Crétacé, grâce à une analyse électrique un peu moins sommaire que celle qui a été exécutée sur le P.1. Rappelons à ce sujet que des mesures au micromoulinet faites au forage de Pessac ont mis en évidence une couche perméable ne dépassant pas 8 m d'épaisseur sur les 20 m crépinés dans le Crétacé.

./...

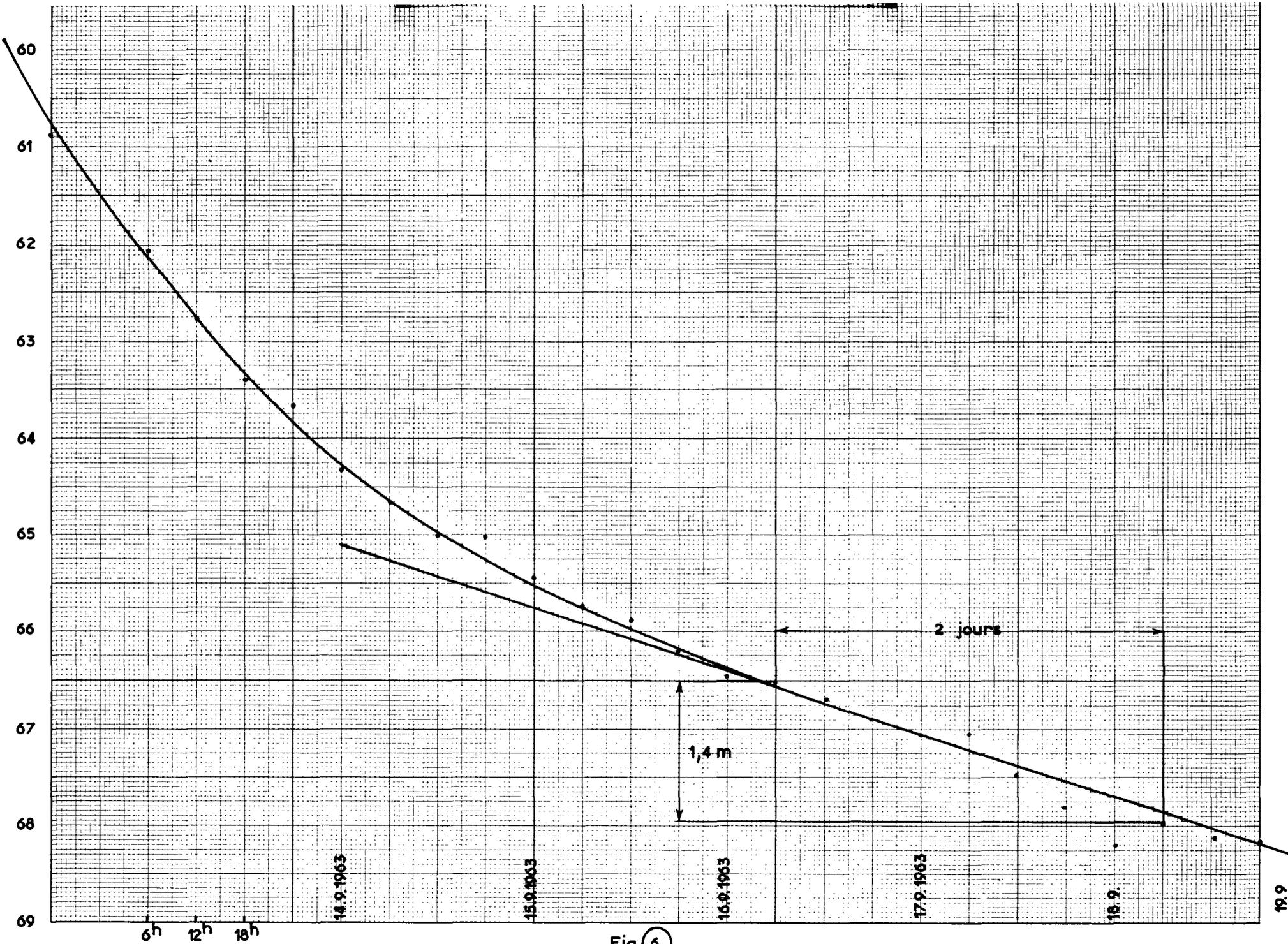
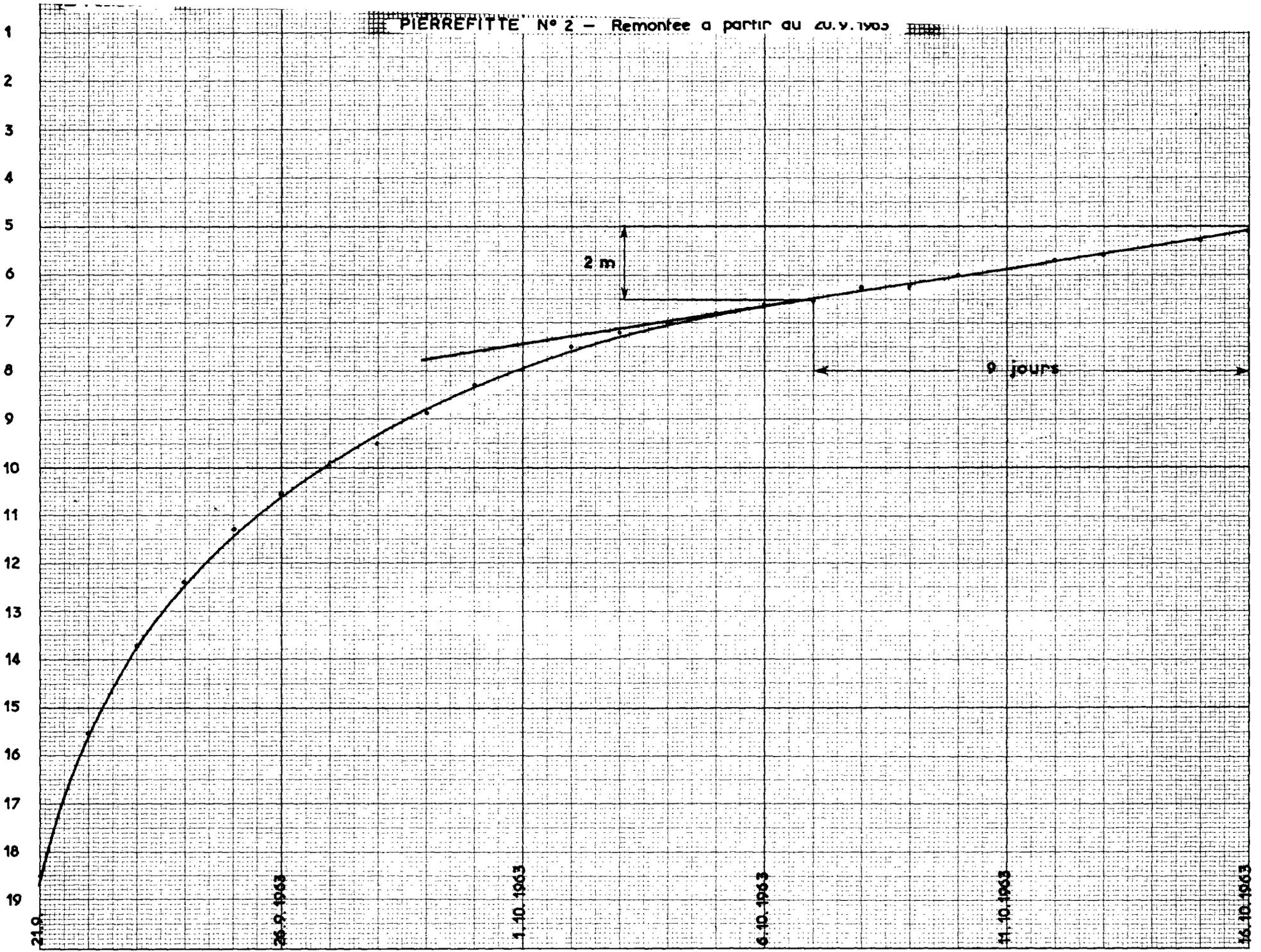


Fig. (6)

PIERREFITTE N° 2 - Remontée a partir du 20.9.1963



21.0

26.9.1963

1.10.1963

6.10.1963

11.10.1963

16.10.1963

2 m

9 jours

En conclusion, sans vouloir être pessimiste, il convient de ne pas sous-estimer les différents "poids troublants" que nous avons relevés dans ces essais de débit. De toute façon, seule une observation prolongée des niveaux dynamiques en régime permanent, permettra de connaître avec une certaine précision les caractéristiques locales de l'ensemble des nappes captées ainsi que les risques d'aggravation des rabattements à la suite d'un maintien ou d'une augmentation des débits exhaurés.

Cependant, l'intérêt d'un nouvel essai de débit effectué dans les "règles de l'art" est évident. Des observations préalables sur les trois puits au repos permettraient de prédéterminer l'influence de la marée et de la pression atmosphérique. Un pompage prolongé sur P.2 avec observations corrélatives des niveaux d'eau dans P.1 et P.3 maintenus au repos rendrait possible la détermination de T et S et indiquerait une éventuelle relation entre les nappes captées par P.2 et P.3. Il réglerait d'autre part les problèmes soulevés plus haut, sans toutefois donner des résultats d'ensemble extensibles à toute la nappe du Crétacé avec un minimum de certitude. Seule une exploration ponctuelle assez serrée pourra donner des renseignements.

Forages de la Société MINÉRIE  
à Bassens-Gironde-

— Plan de situation —

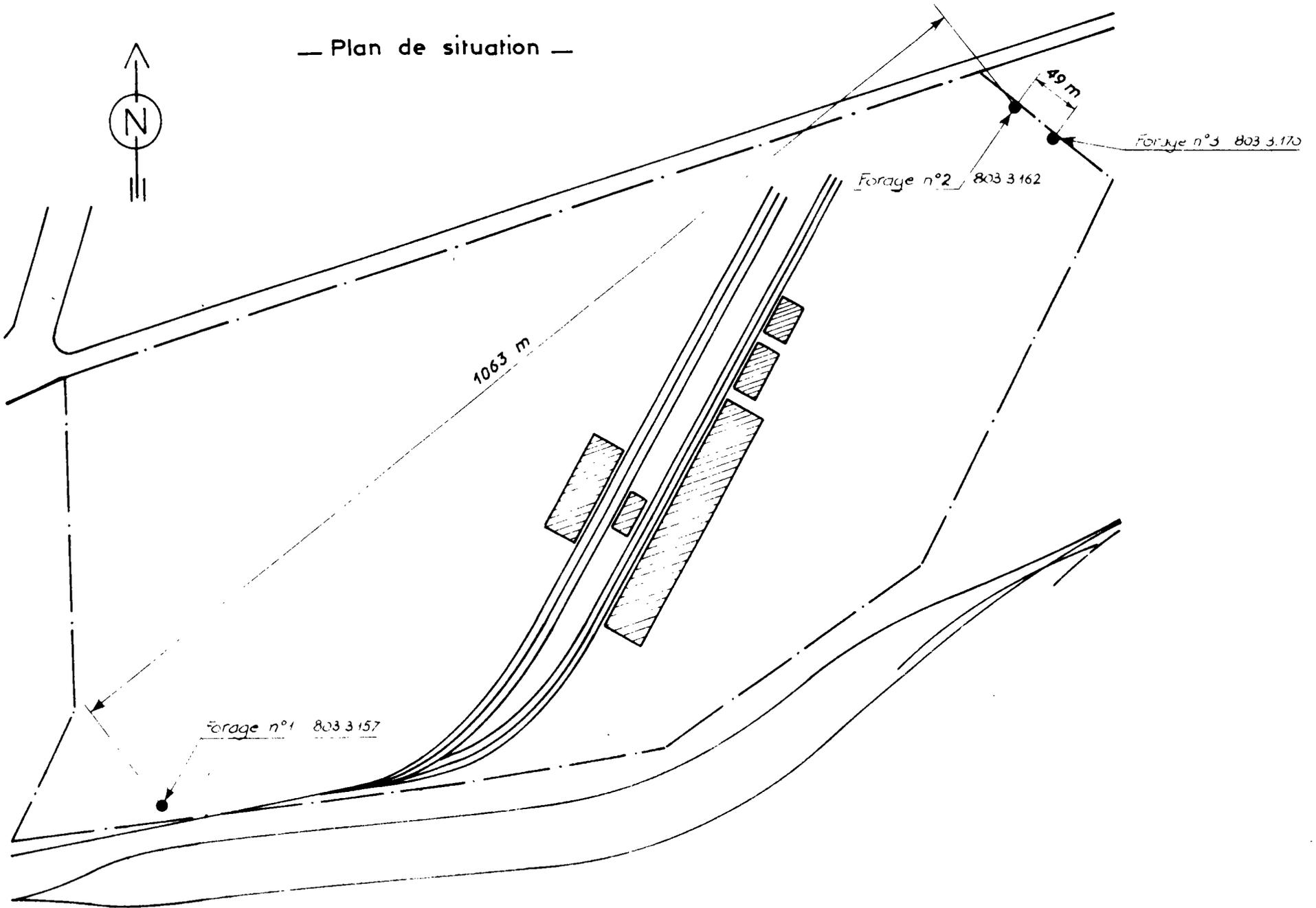
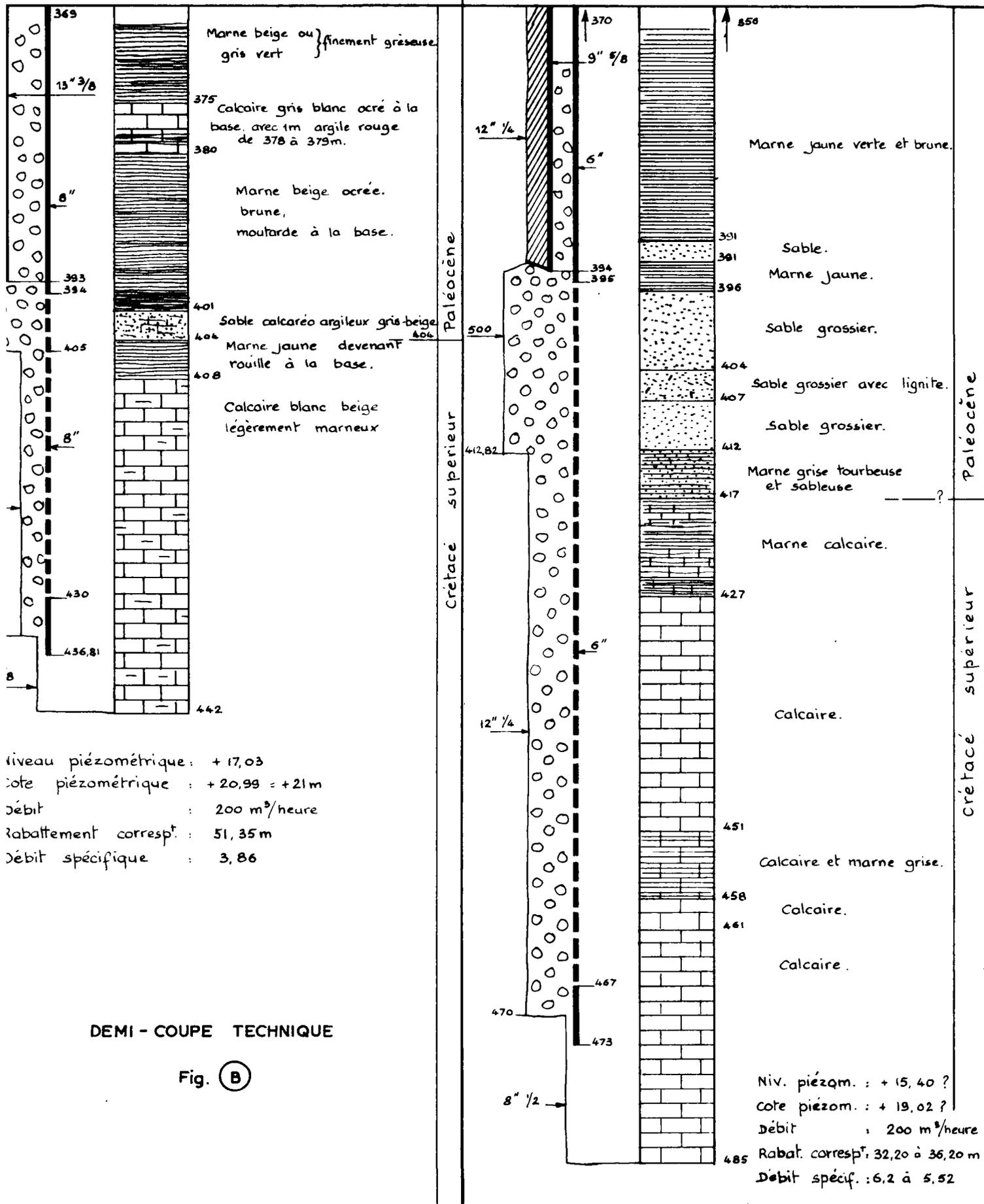


Fig: (A)

Echelle: 1/5000



DEMI - COUPE TECHNIQUE

Fig. (B)