

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER

---

CENTRE DE BANGUI  
SECTION HYDROLOGIQUE

---

ALUMINIUM SUISSE  
S. A.

---

AGENCE DE BANGUI

---

# RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉBITS EFFECTUÉS A BAKOUMA EN 1974 - 75

par

Serge PIEYNS  
Ingénieur Hydrologue

Michel GREARD  
Hydrologue

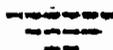
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

-----  
Centre de Bangui  
Section Hydrologique  
-----

ALUMINIUM SUISSE  
S.A.

-----  
Agence de Bangui  
-----

RESULTATS DES ESSAIS DE DEBITS  
EFFECTUES A BAKOUMA EN 1974-75



par

Serge PIEYNS  
Ingénieur Hydrologue

Michel GREARD  
Hydrologue

# /// O M M A I R E

	Pages
<u>CHAPITRE I - DEROULEMENT DES ESSAIS DE DEBITS A BAKOUMA</u>	2
1.1. <u>Essais réalisés par I'ORSTOM</u>	2
1.1.1 - Essais "Port"	2
1.1.2 - Essais PATRICIA zone superficielle	2
1.1.3 - Essais PATRICIA zone profonde	2
1.1.4 - Essais M'PATOU	3
1.2. <u>Essais réalisés par ALUSUISSE</u>	3
1.2.1 - Essais "Puits"	3
1.2.2 - Essais dans les calcaires	3
 <u>CHAPITRE II - ESSAIS DE DEBITS</u>	 4
2.1. <u>Essais "Port"</u>	4
2.1.1 - Situation	4
2.1.2 - Déroulement des essais	4
2.1.3 - Observations	4
2.2. <u>Essais PATRICIA zone superficielle</u>	5
2.2.1 - Situation et géologie	5
2.2.2 - Déroulement des essais	5
2.2.3 - Observations	6
2.2.3.1 - Rabattement	6
2.2.3.2 - Courbe de remontée	7
2.2.3.3 - Perméabilité	7
2.2.3.4 - Transmissivité	8
2.3. <u>Essais PATRICIA zone profonde</u>	9
2.3.1 - Situation et géologie	9
2.3.2 - Déroulement des essais	10
2.3.3 - Observations	10
2.3.3.1 - Rabattement et courbe de remontée	10
2.3.3.2 - Transmissivité	11
2.4. <u>Essais M'PATOU</u>	11
2.4.1 - Situation et géologie	12
2.4.2 - Déroulement des essais	12
2.4.3 - Observations	12

( Suite )

2.4.3.1 - Rabattement	13
2.4.3.2 - Courbe de remontée	13
2.4.3.3 - Transmissivité	13
2.5. <u>Essais dans les calcaires</u>	14
2.6. <u>Essais "Puits"</u>	15
<u>CHAPITRE III - CONCLUSIONS</u>	16
3.1. <u>Les perméabilités</u>	16
3.2. <u>Les transmissivités</u>	16
3.3. <u>Suggestions pour la poursuite des études hydrogéologiques</u>	17

La convention passée le 26 Juin 1974 entre l'Agence de Bangui de la Société Aluminium Suisse et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, prévoyait outre l'étude hydrologique du M'PATOU à BAKOUMA, une étude hydrogéologique de la zone des gisements uranifères.

L'étude hydrologique a fait l'objet d'un rapport publié en Mars 1975. Le présent rapport résume les observations faites au plan hydrogéologique et présente les résultats des actions entreprises.

Le but de cette étude était de déterminer par des essais de débits, les caractéristiques hydrogéologiques essentielles des terrains qui forment les gisements uranifères de BAKOUMA pour essayer d'en tirer des renseignements quant au mode d'exploitation possible.

Cette étude s'est heurtée à de nombreuses difficultés et bien que l'on ait pu en retirer un certain nombre de renseignements il paraît nécessaire de prévoir des études plus poussées, bénéficiant de moyens techniques beaucoup plus importants.

CHAPITRE I

DEROULEMENT DES ESSAIS DE DEBITS A BAKOUMA

Quatre essais ont été réalisés par l'ORSTOM et deux essais par le personnel ALUSUISSE sous la direction de J.O. MIAUTON géologue, Chef du Centre de BAKOUMA.

1.1. Essais réalisés par l'ORSTOM

1.1.1 - Essais "Port"

Le premier essai s'est déroulé du 4 au 14 Juin 1974 sur le "port", situé au nord de la zone du gisement M'PATOU. Le but de cette opération était d'obtenir une première idée de la perméabilité de la zone superficielle du sol (entre 0 et 10 m) en utilisant une grande excavation creusée par le CEA à l'époque où l'on ne disposait encore d'aucune station d'essais.

On a pu, ainsi se rendre compte de la vitesse de remplissage d'une telle carrière. Cet essai n'a pas posé de problèmes particuliers.

1.1.2 - Essais PATRICIA, zone superficielle

Du 15 au 18 Décembre 1974 on a testé la nappe sous-latéritique de PATRICIA en utilisant une station d'essais complète qui comprenait un forage de pompage central entouré de 12 piézomètres. Les caractéristiques du forage de pompage, principalement son faible diamètre et les caractéristiques de l'aquifère étudié, perméabilité très faible, on fait que de nombreux essais ont été nécessaires avant de mettre en route l'essai réel.

1.1.3 - Essais PATRICIA, zone profonde

Les essais ont été réalisés en deux fois par le procédé de l'air-lift. Premier essai les 28 et 29 Janvier 1975. Cet essai est interrompu au bout de 24 heures, le rabattement obtenu étant pratiquement nul pour un débit constant qu'il ne nous est pas possible de dépasser, car nous utilisons déjà la pression maximale fournie par un compresseur "ATLAS COPCO V.T.6".

Second essai du 11 au 16 Mars 1975, durant lequel on utilise 2 compresseurs fonctionnant à tour de rôle de façon à pouvoir poursuivre l'air-lift pendant plusieurs jours.

#### 1.1.4 - Essais M'PATOU

Après une première tentative infructueuse le 30 Janvier 1975, les essais ont été repris du 11 au 13 Mars en utilisant un ancien puits de 0,75 m de diamètre atteignant, avant le pompage, une profondeur de 10 m.

#### 1.2. Essais réalisés par Alusuisse

##### 1.2.1 - Essais puits

Réalisé le 12 Juillet 1974 sur le puits d'alimentation du camp sous la direction de J.D. MIAUTON. Cet essai a permis de déterminer sur une troisième zone une valeur de la perméabilité de la couche sous-latéritique.

##### 1.2.2 - Essais dans les calcaires

Réalisé le 9 Avril 1975 dans la zone stérile du gisement M'PATOU. S'enfonçant de 7 m dans les calcaires il donne des renseignements sur la transmissivité de cette zone.

Ces 6 essais sont repris en détail dans le chapitre II, selon un plan unique.

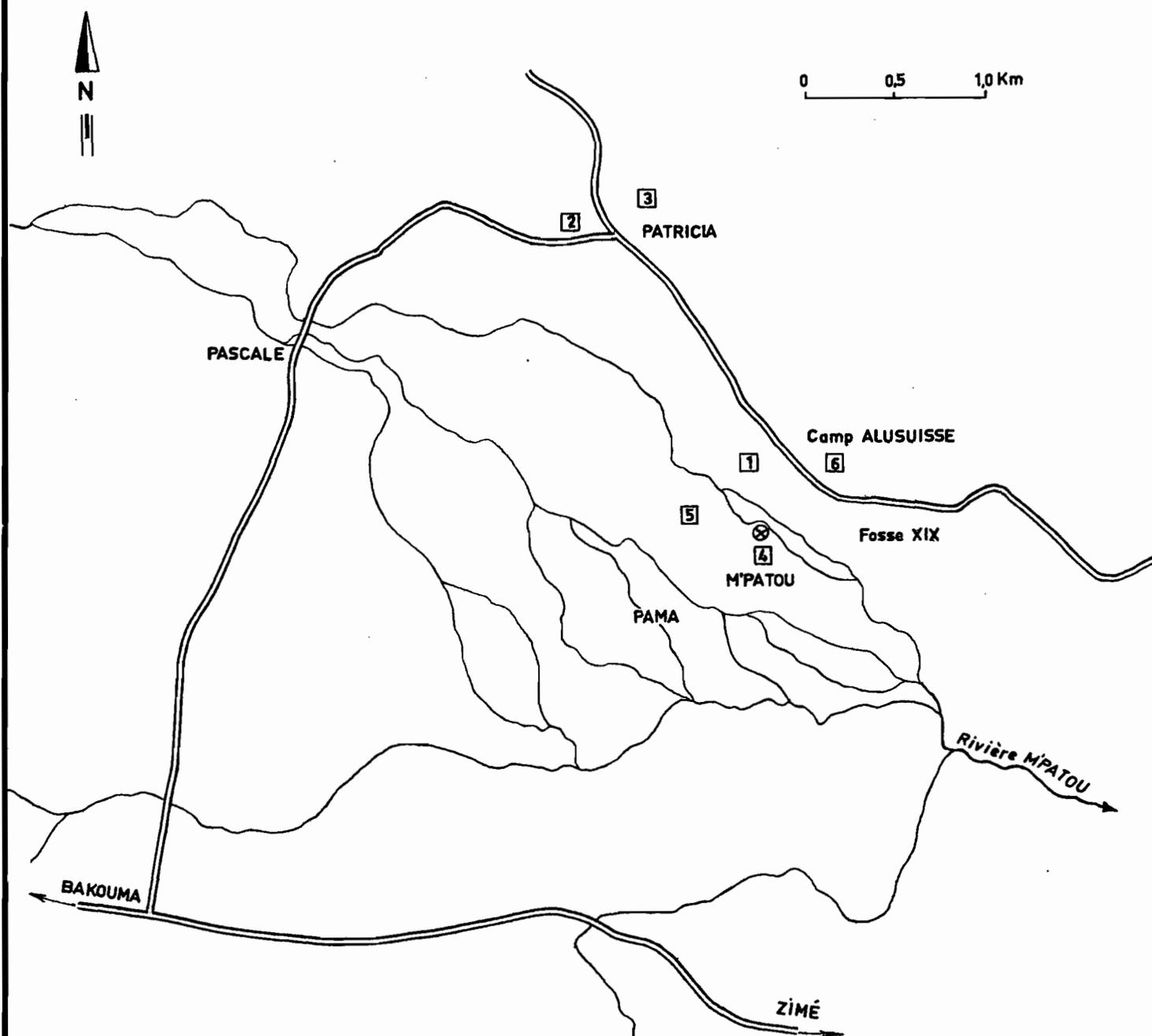
Situation et géologie  
Déroulement des essais  
Observations.

Ces essais ont nécessité beaucoup de mises au point quant au matériel pas toujours adapté à l'usage que nous devons en faire, donc pas mal de temps perdu en déplacements et bricolages.

La bonne entente entre le personnel ALUSUISSE et le personnel ORSTOM a permis d'obtenir un certain nombre de résultats intéressants, malgré des moyens assez limités.

La situation des différentes zones d'essais est indiquée sur la figure 1.

## SITUATION DES ZONES D'ESSAIS



- ① ESSAIS "PORT"
- ② ESSAIS PATRICIA ( Zone superficielle )
- ③ ESSAIS PATRICIA ( Zone profonde )
- ④ ESSAIS M'PATOU
- ⑤ ESSAIS DANS LES CALCAIRES
- ⑥ ESSAIS "PUITS"
- ⊗ ESSAIS B.R.G.M 1967

CHAPITRE II

ESSAIS DE DEBITS

2.1. Essais "Port"

2.1.1 - Situation

Cette excavation baptisée "Port" est située dans une zone stérile du M'PATOU, à proximité des ateliers d'Alusuisse.

Ses dimensions sont d'environ 57 m de long sur 28 m de large, sa profondeur variable peut être estimée d'après nos relevés, à 2,5 m en moyenne, certaines zones atteignant 6 à 7 m de profondeur. On est donc en plein dans la couche latéritique.

2.1.2 - Déroulement des essais

Le pompage débute le 4 Juin 1974 à 12H00 et se poursuit jusqu'au 6 Juin à 10H15. On note trois arrêts dont deux de 15 minutes, le 6 à 3H40 et toujours le 6 entre 8H00 et 8H15. Un autre arrêt plus important se produit le 6 à 5H35 du matin et l'on retrouve le même niveau à 8H10.

A partir du 6 Juin à 10H20 on note une remontée du niveau de l'eau, remontée qui va se poursuivre jusqu'au 14 à 6H00; A ce moment on retrouve exactement la cote que l'on avait notée avant le début du pompage.

Des mesures périodiques du débit pompé ont été réalisées durant les 46 heures du pompage, le débit moyen d'exhaure s'établit à 25 l/s soit 90 m<sup>3</sup>/h. Ce débit a permis d'assécher pratiquement complètement l'excavation en moins de 46 heures.

2.1.3 - Observations

En assimilant l'excavation à un parallélépipède rectangle de 57 m de long, 28 m de large et 2,5 de profondeur on obtient comme débit d'arrivée de l'eau dans la carrière 6 l/s soit près de 22 m<sup>3</sup>/h. La perméabilité moyenne est de 1 à 2.10<sup>-5</sup> m/s.

Ces valeurs ne sont évidemment que des approximations mais c'était bien là le but recherché par cet essai préliminaire alors que l'on ne possédait pas encore de station d'essais installée. On verra d'ailleurs que cette valeur de la perméabilité est comparable à celle obtenue par J.D. MIAUTON lors de son essai sur le puits d'alimentation du camp.

## 2.2 Essais PATRICIA, zone superficielle

Le but de cet essai était de définir d'une manière plus précise les caractéristiques principales de l'aquifère superficiel.

### 2.2.1 - Situation et géologie

La station d'essais a été implantée au bord de la piste qui relie le camp Alusuisse à BAKOUMA, à environ 2 kilomètres du camp, dans la zone du gisement PATRICIA.

La station comprenait 13 forages, 1 forage central tubé en diamètre 110mm et 12 piézomètres tubés en diamètre 80mm. Tous ces forages étant crépinés sur la hauteur de l'aquifère (graph. 2). Les 12 piézomètres étaient disposés sur 4 rayons partant du puits central, la distance entre chaque piézomètre étant de 4 m. Le forage central atteignait une profondeur de 8 m, la profondeur des piézomètres variant entre 7 et 8 mètres.

On trouvera au graphique 3, le log du sondage central ALU 10. Ce log est bien représentatif de la zone étudiée, les piézomètres ayant tous traversés une croûte latéritique dont l'épaisseur variait entre 3,80 et 5,90 m.

La succession des terrains traversés est la suivante :

Terre gris-beige limoneuse, recouvrant une croûte latéritique avec à la base une couche de 0,50 à 0,80 m de graviers latéritiques reposant sur des limons argileux blancs à jaunes.

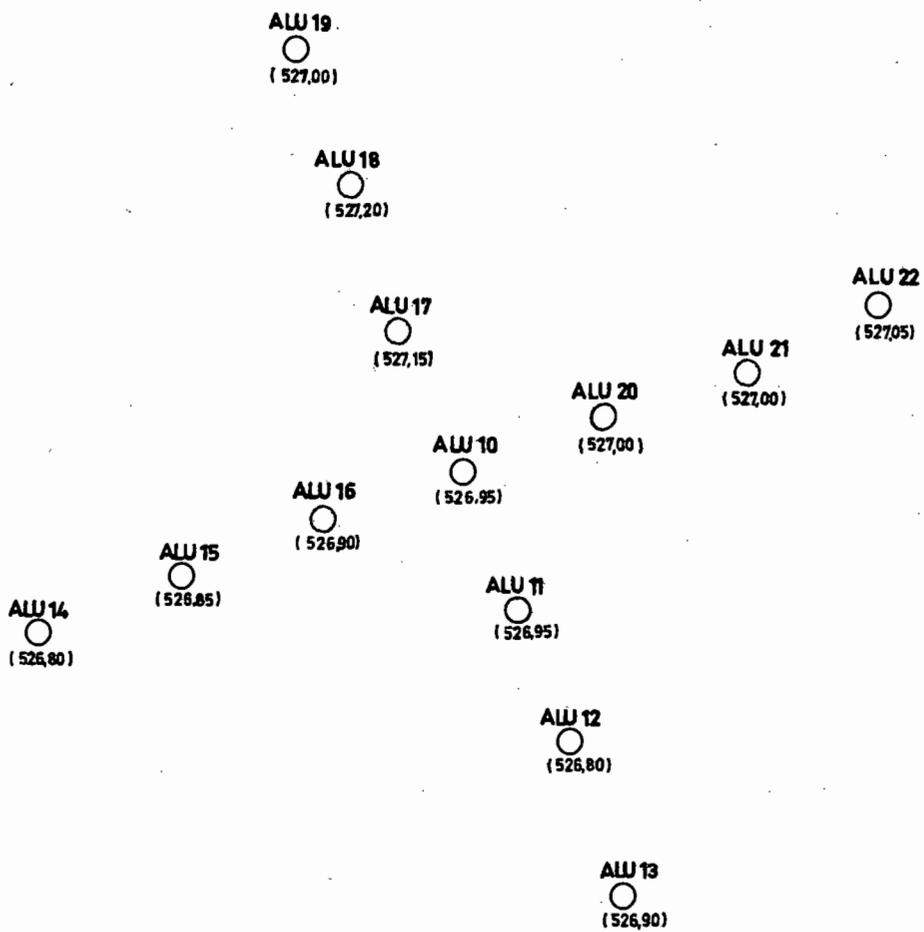
### 2.2.2 - Déroulement des essais

Etant donné le faible diamètre du puits d'essais on a été obligé de rechercher une pompe susceptible de s'adapter à ce sondage, d'une part pour le diamètre de la crépine d'aspiration, d'autre part pour le débit pompé.

Finalement après de nombreux essais on a utilisé une pompe TRIDO à moteur diesel, avec un système de réinjection réglable de façon à obtenir des débits d'exhaure suffisamment faibles pour ne pas vider le puits trop rapidement. Ces débits étaient mesurés dans une petite cuve équipée d'une réglette avec lecture au millimètre, les temps de remplissage étaient mesurés au chronomètre.

# PATRICIA

## Dispositif de pompage



(526,80) Cote du sol

Echelle 1/200

## SONDAGE ALU 10

Secteur : BAKOUMA

Chantier : PATRICIA

Sondage n° : ALU 10

Profondeur : 7,00 M.

Date début sondage : 16 - 8 - 1974

Date fin sondage : 17 - 8 - 1974

Profondeur m.	Log. Pétro.	Description pétrographique
1,0		Terre gris-beige limoneuse
2,0		
3,0		Croûte latéritique
4,0		
5,0		Gravier latéritique très limoneux
6,0		Limons argileux blancs à jaunes
7,0		

La conduite d'exhaure avait une longueur de 50 m, largement suffisante si l'on considère les faibles débits rejetés, la présence d'une croûte latéritique importante et la durée relativement courte des essais.

Les variations du niveau de la nappe en cours de pompage étaient suivies dans les piézomètres à l'aide de 2 sondes à inertie. Il n'a pas été possible de faire des mesures de rabattement en cours de pompage dans le forage central entièrement occupé par le tuyau d'aspiration de la TRIDO.

### 2.2.3 - Observations

Après divers essais les 15 et 16 Décembre, le pompage débute le 17 à 8H00 et se poursuit sans interruption jusqu'à 12H35. Il n'a pas été possible de poursuivre le pompage plus longtemps sans dénoyer la crépine, cela malgré un débit d'exhaure extrêmement faible puisque de l'ordre de 1,1 l/m soit 0,07 m<sup>3</sup>/h.

On suit la remontée de la nappe dans les piézomètres et dans le puits central du 17 à 12H35 au 18 à 10H25, à ce moment la nappe a retrouvé son niveau d'équilibre du début du pompage.

Il est bien évident que la faiblesse des débits pompés et le temps limité du pompage ne peuvent conduire qu'à des évaluations des caractéristiques de l'aquifère étudié, malheureusement compte tenu des moyens disponibles il n'était pas possible de procéder différemment. On a cherché en multipliant et en affinant les mesures de débit et les mesures de rabattement à pallier à ces 2 inconvénients majeurs.

#### 2.2.3.1 - Rabattement

Après 4H30 de pompage à un débit moyen de 1,1 l/m on a obtenu les rabattements suivants.

Puits central : 3,29 m.

Piézomètres	Distance au puits central m	Rabattement / m
P17	4	0,18
P16	4	0,27
P20	4	0,37
P11	4	0,27
P18	8	0,08
P21	8	0,08
P12	8	0,08
P15	8	0,08
P19	12	0,06
P22	12	0,07
P13	12	0,08
P14	12	0,04

On constate que les rabattements obtenus sont extrêmement faibles dès que l'on s'éloigne du puits de pompage et que le cône de dépression est très peu développé. L'état de la surface piézométrique avant le début du pompage et dès après son arrêt est représenté au graphique 4. On note le sens d'écoulement logique de la nappe, des collines vers l'aval de la dépression et la faiblesse de la pente hydraulique. Une anomalie existe cependant entre P19, P18 et P17 où la pente hydraulique apparaît beaucoup plus forte.

#### 2.2.3.2 - Courbe de remontée

La courbe de remontée de la nappe construite à partir des données obtenues sur le forage central ALU 10 figure au graphique 5. Cette courbe très régulière montre que 2H30 après l'arrêt du pompage le niveau au centre du dispositif est pratiquement le niveau d'origine.

#### 2.2.3.3 - Perméabilité

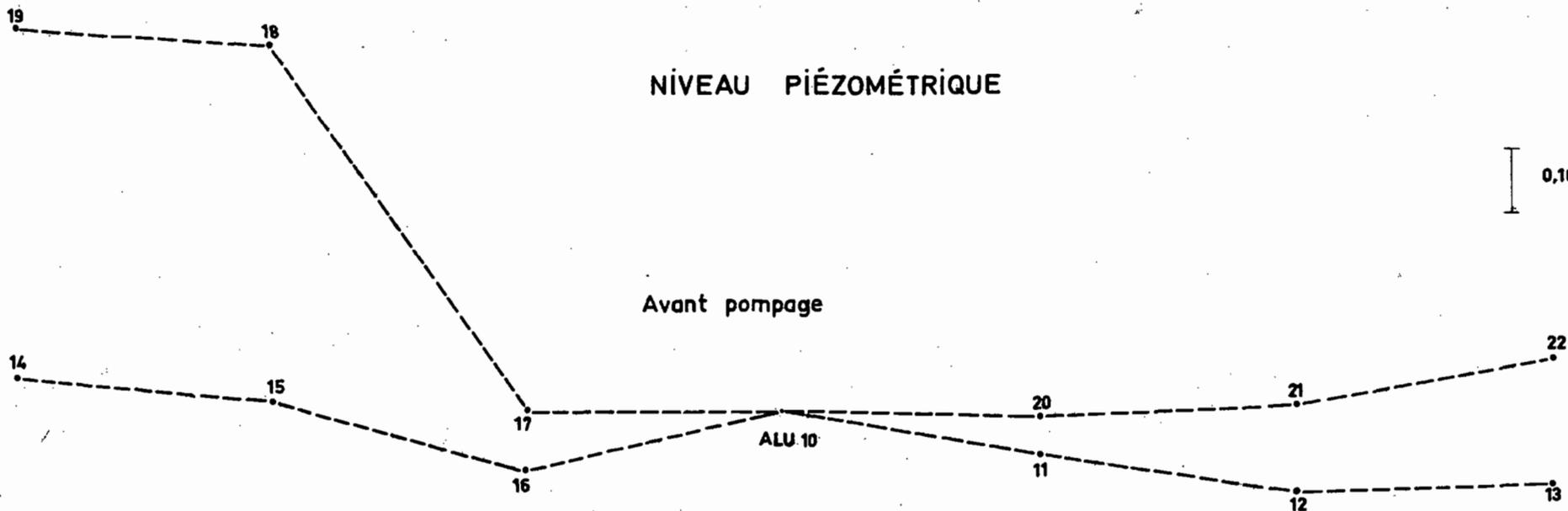
Le coefficient de perméabilité K a été calculé à partir de la courbe de remontée dans ALU 10.

Les valeurs calculées sur des intervalles de temps variant de 10 à 30 minutes varient de  $1,0 \cdot 10^{-6}$  à  $12,5 \cdot 10^{-6}$ .

# NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE

Avant pompage

0,10 m.

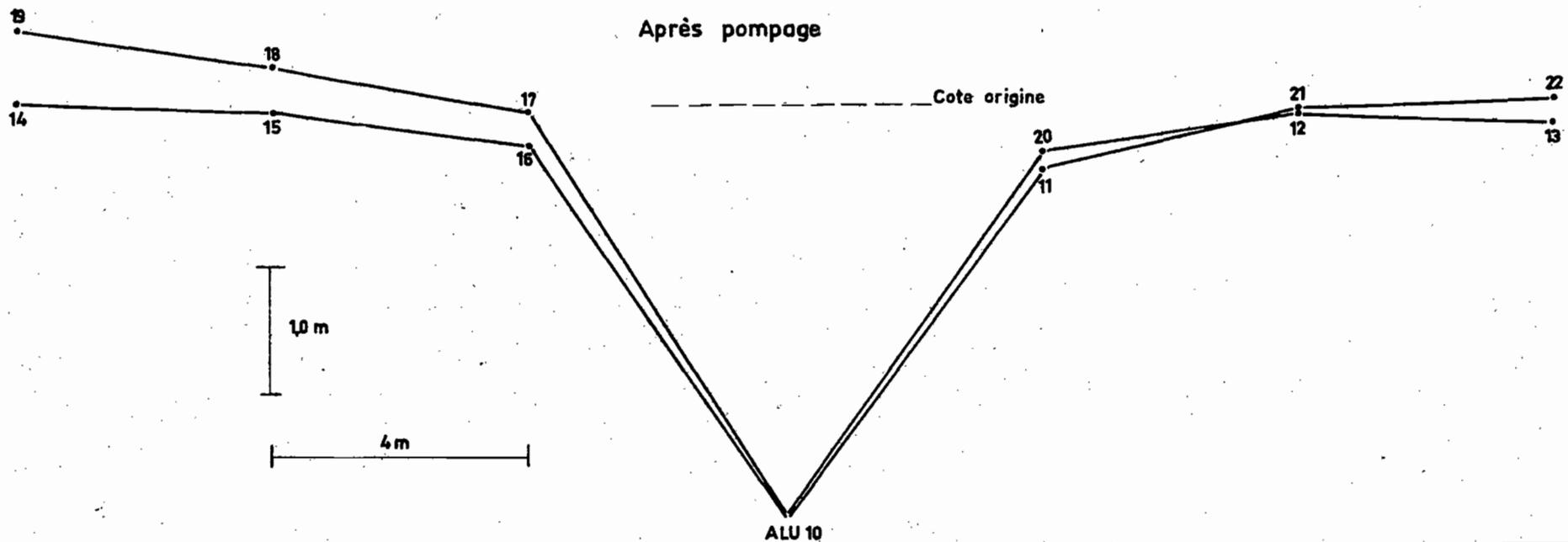


Après pompage

Cote origine

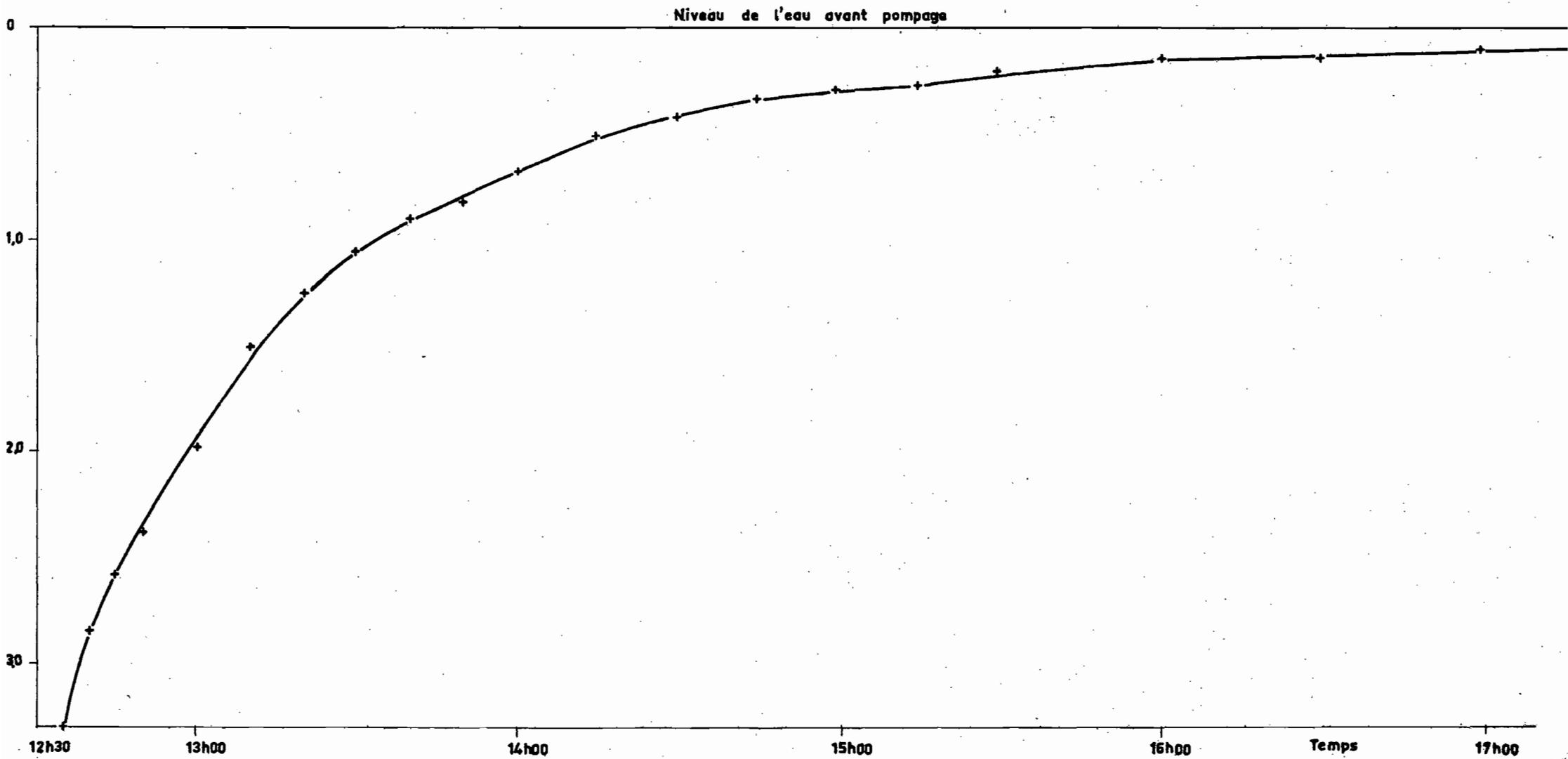
1,0 m

4 m



ESSAIS PATRICIA  
ALU 10  
Courbe de remontée du puits

$\Delta$  m. Rabattement en m.



La moyenne des valeurs ressort à  $6,8 \cdot 10^{-6}$  m/s.

Si l'on utilise les courbes rabattement en fonction du logarithme de la distance au puits de pompage on obtient  $K = 4 \cdot 10^{-5}$  à  $2 \cdot 10^{-5}$  ce qui est d'ailleurs très voisin de la valeur indiquée plus haut.

#### 2.2.3.4 - Transmissivité

On a calculé la transmissivité T de l'aquifère en utilisant d'une part les données recueillies sur les piézomètres disposés à 4 m du forage central, d'autre part les données fournies par ce forage.

On a interprété ces données en appliquant la formule de non-équilibre avec la formule classique :  $T = \frac{0,183 Q}{C}$

où T : transmissivité en  $m^2/s$

Q : débit en  $m^3/s$

C : valeur du rabattement dans un cycle logarithmique, exprimé en m.

Pour le puits nous avons tracé 2 types de courbes.

a) la courbe rabattement résiduel - logarithme du temps

$$\Delta m = f(\log. t_s) \text{ qui figure au graphique 6}$$

b) la courbe rabattement résiduel - logarithme de  $t/t'$

$$\Delta m = f(\log. \frac{t}{t'}_s) \text{ qui figure au graphique 7}$$

avec  $t$  = temps écoulé depuis le début du pompage.

$t'$  = temps écoulé depuis l'arrêt du pompage.

Les valeurs de T que l'on obtient sont :

a)  $T = 1,1 \cdot 10^{-6}$

b)  $T = 1,0 \cdot 10^{-6}$

Pour les piézomètres nous avons calculé T en utilisant aussi 2 types de courbes.

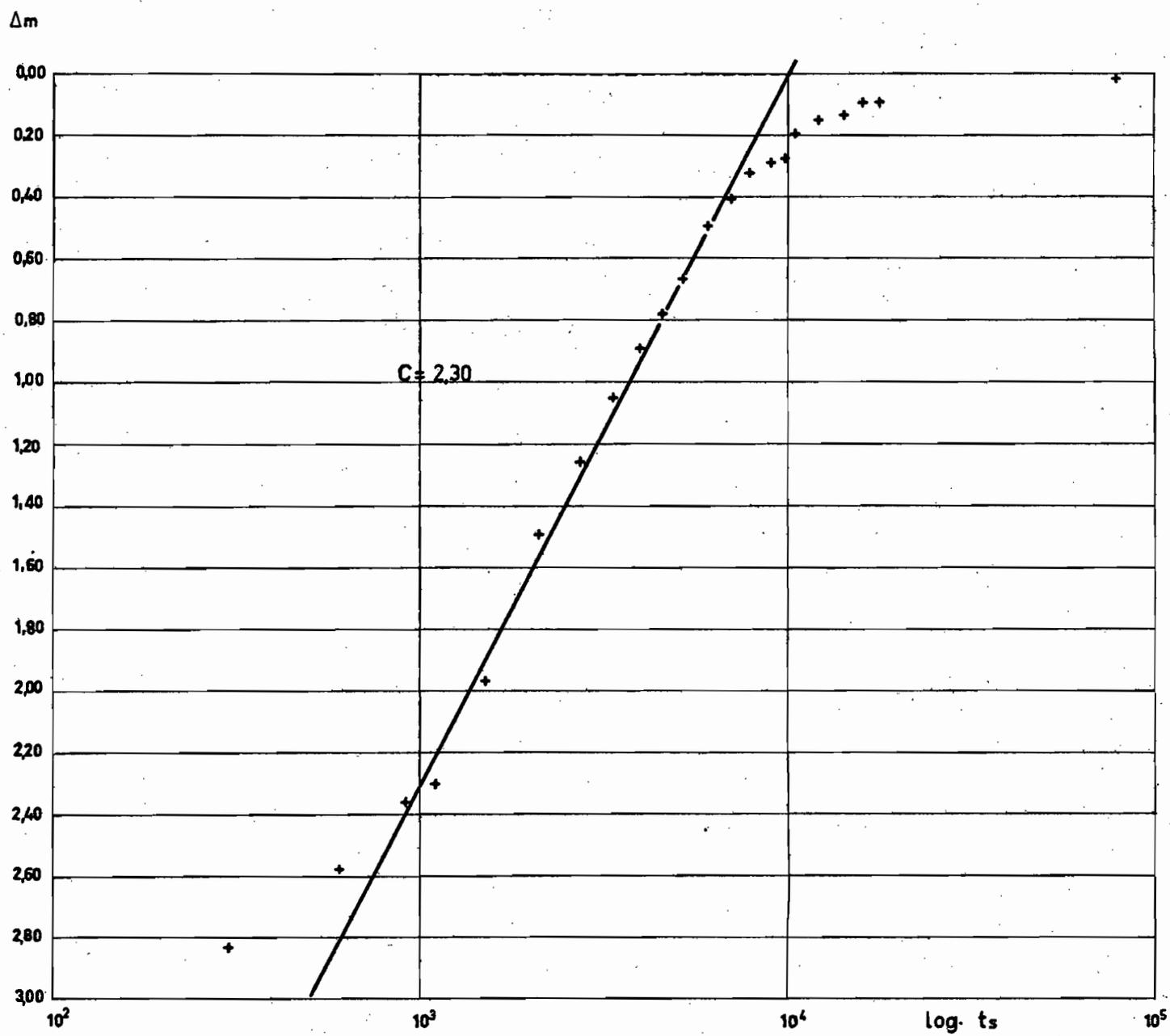
c) la courbe rabattement résiduel - logarithme de  $t/t'$

d) la courbe rabattement résiduel - logarithme de  $t/x^2$   
(graphique 8)

$$\Delta m = f(\log. \frac{t}{x^2}) \text{ avec } x \text{ distance en m du piézomètre au centre du pompage.}$$

## ESSAIS PATRICIA

ALU 10

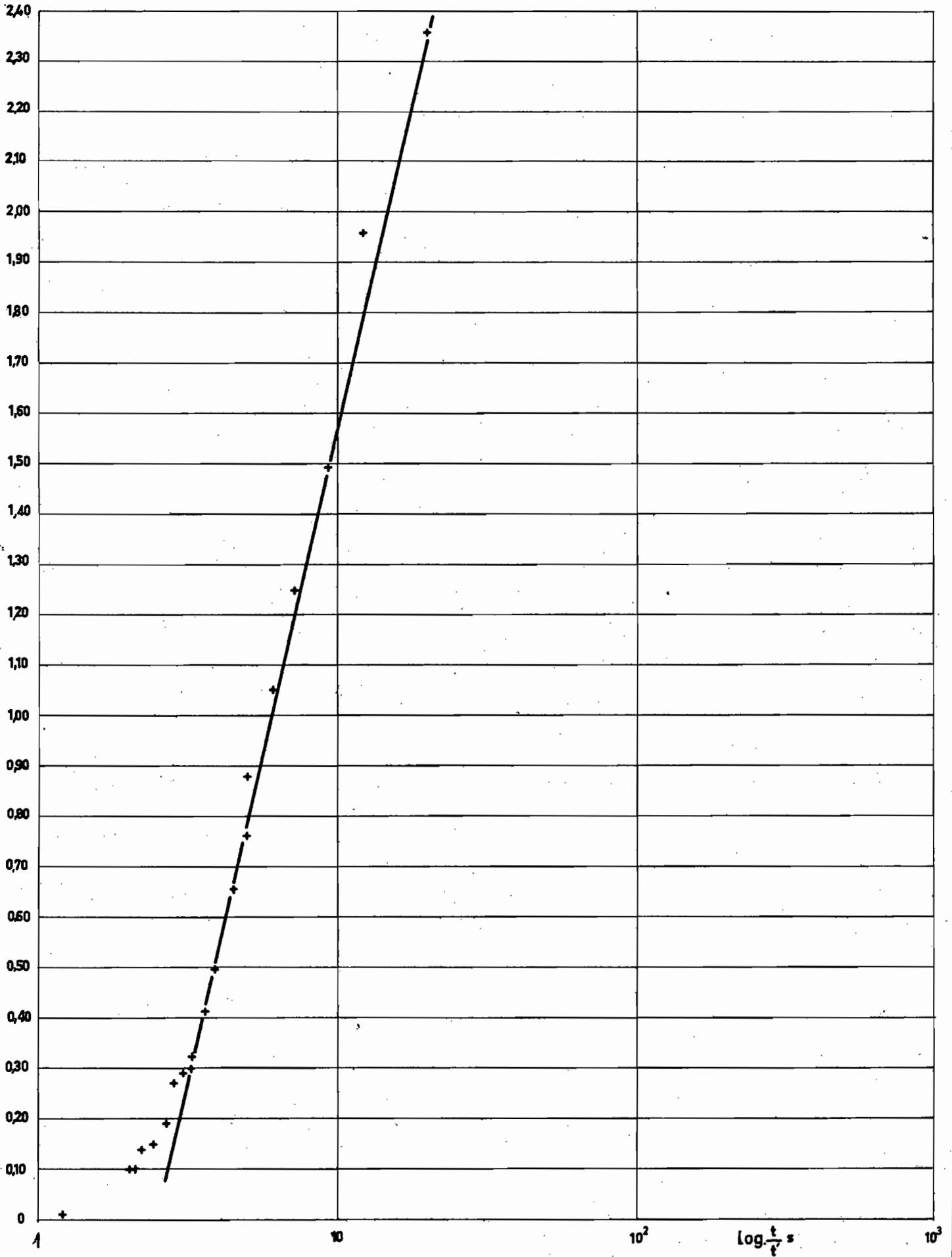
Rabattement  $\Delta m$  en fonction du log du temps  $t_s$ 

# ESSAIS PATRICIA

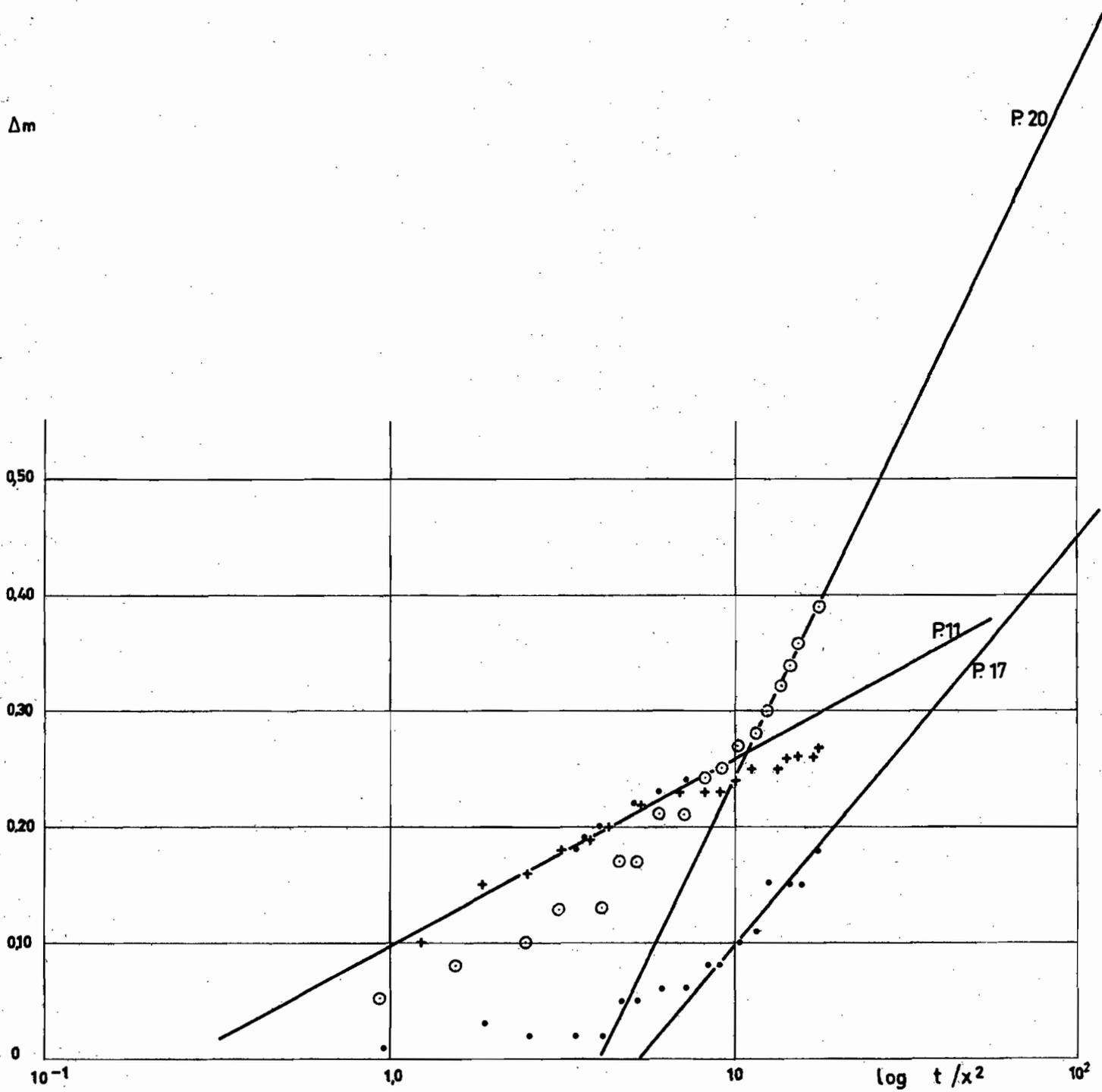
ALU 10

Rabattement résiduel  $\Delta m$  en fonction  
du log de  $t/t's$

$\Delta$  résiduel en m.



ESSAIS PATRICIA  
PIÉZOMÈTRES 20-17-11  
Rabatement en fonction de  $\log t/x^2$



	T m <sup>2</sup> /s	
	c	d
P11	5,3.10 <sup>-6</sup>	2,0.10 <sup>-5</sup>
P16	4,6.10 <sup>-6</sup>	9,2.10 <sup>-6</sup>
P17	5,3.10 <sup>-6</sup>	7,5.10 <sup>-6</sup>
P20	3,4.10 <sup>-6</sup>	5,2.10 <sup>-6</sup>

Si l'on excepte la valeur obtenue en utilisant la courbe d pour P11 on constate que les valeurs calculées sont très comparables, la valeur moyenne que l'on retiendra sera :

$$T = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Les valeurs de la perméabilité et de la transmissivité sont en bon accord et montre bien la très faible perméabilité de la zone considérée, la couche aquifère étant en fait réduite à la couche de graviers latéritiques que l'on trouve sous la croûte latéritique.

### 2.3. Essais PATRICIA, zone profonde

#### 2.3.1 - Situation et géologie

Dans le cadre de sa campagne de prospection, Alusuisse a réalisé en Décembre 1974 un forage profond ALU 37 sur le gisement PATRICIA à 400 à 500 m au nord de la station d'essais d'ALU 10. Un second forage profond ALU 37 bis a été achevé en Janvier 1975 et équipé en piézomètre afin de contrôler les réactions de la nappe profonde, ces 2 forages sont distants de 6 mètres.

Le sondage ALU 37 a atteint la cote -81,30 m. Il a traversé successivement une croûte latéritique peu épaisse, puis une zone de gravier latéritique avant de pénétrer dans une zone limoneuse de -6,0 à -52,0 m. On trouve ensuite une puissante zone de graviers avec des passages limoneux jusqu'à la cote -72,0 m. C'est une zone aquifère fortement minéralisée. Sous cette couche on retrouve une zone à dominante limoneuse et argileuse avant de toucher le calcaire dolomitique vers -80,0 m.

Le sondage ALU 37 bis s'arrête à -66,3 m il rencontre en gros les mêmes terrains qu'ALU 37 et notamment vers -51,0 m une zone de graviers toutefois moins épaisse que pour ALU 37 (graphique 9).

## SONDAGE ALU 37 &amp; ALU 37 (Bis)

Secteur : BAKOUMA

Chantier : PATRICIA

Sondage n° : ALU 37

Profondeur : 81.30 M

Date début sondage : 7-12-74

Date fin sondage : 12-12-74

Secteur : BAKOUMA

Chantier : PALOMA

Sondage n° : ALU 37 (Bis)

Profondeur : 50.40 M

Date début sondage : 7-1-75

Date fin sondage : 13-1-75

m	Log. Péto.	Description pétrographique	Log. Péto.	Description pétrographique
		Croûte latéritique brun-ocre		Croûte latéritique
		Gravier latéritique		Gravier latéritique
10		Limon argileux jaune, devenant rouge au sommet		Argiles limoneuses kaolinitiques
		Argile rouge lie de vin		Sables rouges un peu argileux
20		Argile rose limoneuse		Limons argileux mêlés d'argiles limoneuses jaunes à rouges avec un peu de minéralisation
		Limon argileux rose à blanchâtre		
30		Limon jaune		Argiles un peu limoneuses avec passage à dominante limoneuse jaune présence d'un peu de matière carbonneuse
40		Argiles limoneuses jaunes pâles à silex et matière organique		
50		Limons argileux jaune verdâtre avec quelques granules siliceuses		Limons jaunes un peu argileux mêlés à de de la blocaille siliceuse anguleuse
60				Blocaille siliceuse avec minéralisation
70		Argiles graveleuses lie de vin		
		Limons argileux jaunes		
80		Calcaire dolomitique karstifié		
81.30				
90				
100				

D'après ALUSUISSE

### 2.3.2 - Déroulement des essais

Après mise en place du dispositif d'air-lift et réglage de la profondeur d'injection de l'air, les essais débutent le 28 Janvier à 10H20 et se poursuivent, avec seulement 2 arrêts très courts pour refaire les pleins et vérifier les niveaux d'huile du compresseur, jusqu'au 29 à 9H10.

Pendant tout ce temps, 23 heures, le débit de pompage a été remarquablement stable entre 3,2 et 3,4 l/s soit 12,2 m<sup>3</sup>/h.

La conduite de refoulement longue d'environ 80 m suivant la pente naturelle du terrain et toute réalimentation est exclue.

Les essais n'étant pas concluants, débit d'exhaure constant et remontée du niveau de l'eau dans ALU 37 bis, on s'était promis de reprendre ces essais mais cette fois en poursuivant le pompage plusieurs jours ce qui nécessitait un second compresseur.

### 2.3.3 - Observations

Le second essai débute le 11 Mars 1975 à 7H18 du matin, la cote de l'eau dans ALU 37 bis est de -15,35 m, l'essai sera poursuivi jusqu'au 16 Mars à 9H05, à ce moment la cote de l'eau est de -15,94 m, soit un rabattement de 0,59 m pour environ 122 heures de pompage. Durant tout ce temps, le débit pompé a été de 2,2 à 2,3 l/s avec le compresseur ATLAS et de 2,7 à 2,8 l/s avec le second compresseur soit un débit moyen de 2,5 l/s soit 9,0 m<sup>3</sup>/h.

#### 2.3.3.1 - Rabattement et courbe de remontée

Le rabattement très rapide au départ se stabilise après 4 heures 30 de pompage, l'augmentation du rabattement n'étant que de 0,11 m entre le 12 à 8H25 et le 16 à 10H05.

La remontée, tout d'abord très rapide, 0,34 m en 25 minutes s'infléchit et le niveau de l'eau atteint la cote -15,46 après 24 heures (graphique 11).

Au cours du premier essai sur ALU 37 on avait obtenu des débits plus élevés 3,3 l/s contre 2,5 l/s et l'eau était très chargée. Au contraire pratiquement dès la mise en route du second essai on obtient de l'eau parfaitement claire. Il est probable que cette différence tient surtout à la position du tuyau d'injection d'air, plus éloigné du fond du forage lors du second essai.

### 2.3.3.2 - Transmissivité

Pour le calcul de la transmissivité nous avons utilisé le second essai qui s'étalant sur 5 jours est bien plus significatif que le premier.

On aboutit à une valeur élevée de la transmissivité, bien en accord avec les données d'observation : débit d'exhaure relativement élevé ( $9,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ) compte tenu de l'installation de pompage, rabattement peu important (moins de 1 m après 5 jours de pompage) stabilisation pratiquement atteinte.

- Calculée sur la seconde partie de la courbe de pompage  $\Delta m = f(\log t_s)$   $T = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Sur la première partie de la courbe qui correspond à la vidange du puits et des terrains encaissants voisins on obtient :  $T = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

- Calculée sur la seconde partie de la courbe de remontée  $T = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $T = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  pour la première partie de la courbe) (graphique 10). On retiendra donc comme valeur de la transmissivité de l'aquifère profond de la zone PATRICIA :  $T = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

### 2.4. Essais M'PATOU

L'essai avait été prévu sur 2 forages réalisés par Alusuisse ALU 42 et ALU 42 bis éloignés de 5 m l'un de l'autre, ALU 42 bis devant servir de piézomètre de contrôle.

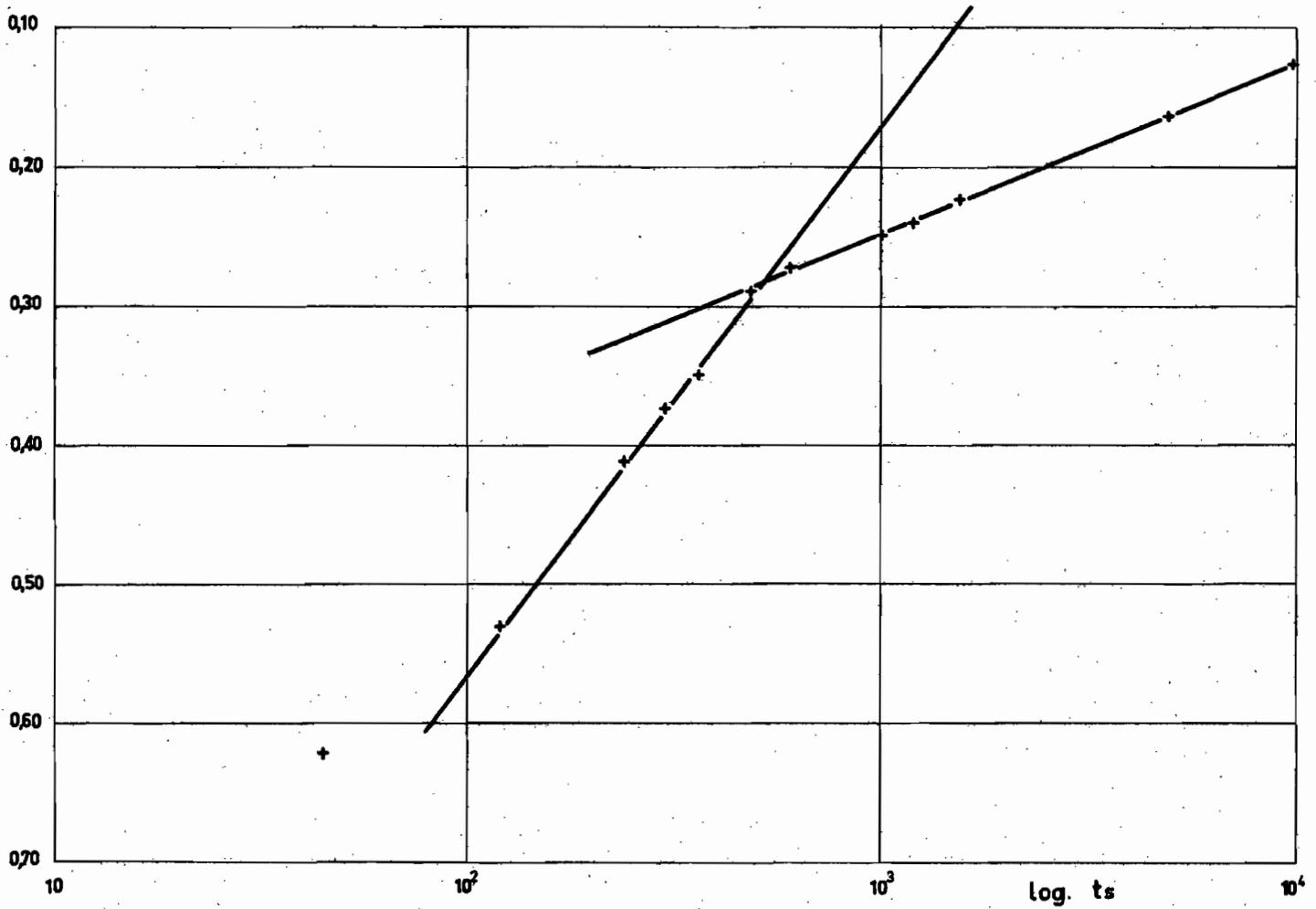
Des essais effectués les 29 et 30 Janvier 1975 ont montré qu'il n'était pas possible d'obtenir un rabattement intéressant sur ALU 42 bis en utilisant la pompe TRIDD sur ALU 42. En effet on observe une stabilisation de la nappe 30 minutes après le début du pompage avec un rabattement maximum de 0,27 m.

On a donc décidé d'utiliser un ancien puits de 10 m de profondeur et de 0,75 m de diamètre situé à 25,3 m d'ALU 42, en espérant que l'utilisation d'une pompe électrique immergée permettrait d'obtenir un rabattement notable. Il s'est avéré nécessaire d'adopter un système de réinjection d'une partie de l'eau pompée pour ne pas vider le puits trop rapidement.

## ESSAIS PATRICIA

ALU 37 bis

Rabattement en fonction du log du temps

 $\Delta m$ 

#### 2.4.1 - Situation et géologie

La station d'essais implantée sur le gisement M'PATOU comportait outre le puits de pompage, 6 points de contrôle de la nappe, 2 piézomètres P2 et P3, 4 puits datant du CEA P1, P4, P5 et P6. La figure 11 montre la disposition de la station.

Les 2 forages ALU 42 et ALU 42 bis ont traversé successivement la croûte latéritique de 4 à 5 mètres d'épaisseur en moyenne, puis la formation silico-phosphatée composée de sédiments très hétérogènes, d'argile de silt et de limons avec passées de sables et de graviers sur environ 40 m avant de toucher le calcaire de base (graphique 12).

#### 2.4.2 - Déroulement des essais

Le pompage débute le 11 Mars 1975 à 16H38 et va se poursuivre sans interruption jusqu'à 21H15. A ce moment premier incident, le tuyau de refoulement se détache de la pompe. Reprise du pompage à 20H40 jusqu'au 12 Mars à 9H45.

La pompe risquant d'être dénoyée on arrête le pompage qui ne reprend qu'à 10H13 pour s'arrêter à nouveau à 14H15. L'arrêt définitif du pompage se produit le 12 à 16H01.

Durant ces 24 heures de pompage on a eu beaucoup de mal à obtenir un débit d'exhaure constant et un rabattement compatible avec la profondeur utile du puits; il a fallu très souvent effectuer des réglages de la vanne de réinjection qui s'est avérée peu sensible.

La remontée de la nappe a été suivie jusqu'au 13 Mars à 9H00; à ce moment la nappe a retrouvé sa position initiale.

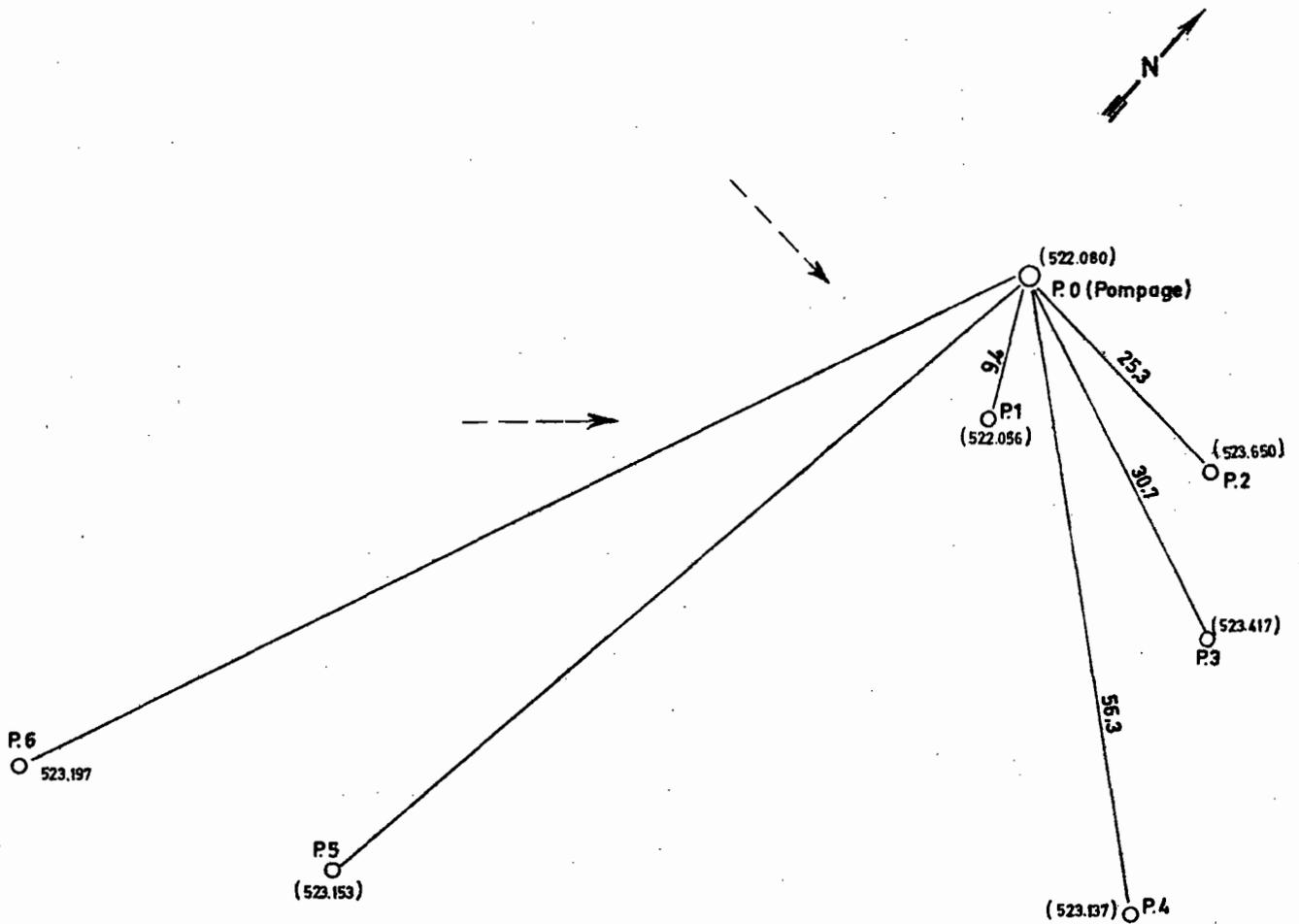
#### 2.4.3 - Observations

Des relevés faits avant le début du pompage montrent que l'alimentation de la nappe se fait de l'ouest ou du nord-ouest c'est à dire du centre de la zone inondable vers l'aval; cette observation est déjà mentionnée par le BRGM dans son rapport de Janvier 1968.

On voit qu'après 2 heures de pompage avec un débit de l'ordre de 0,7 l/s soit 2,5 m<sup>3</sup>/h on a obtenu un rabattement de 3,53 m dans le puits et l'on assiste alors à une stabilisation du niveau, puis à une remontée puisque toujours pour le même débit, 3 heures plus tard, la nappe est remontée de 0,49 m.

# ESSAIS M'PATOU

## Dispositif de pompage



---> Sens de l'écoulement de la nappe

(522.080) Cote à partir de laquelle on exécute les mesures

94 Distance en m. au puits

SONDAGE ALU 42 & ALU 42 (Bis)

Secteur : BAKOUMA

Chantier : MPATOU

Sondage n° : ALU 42

Profondeur : 50,5

Date début sondage : 18 1 75

Date fin sondage : 20 1 75

Secteur : BAKOUMA

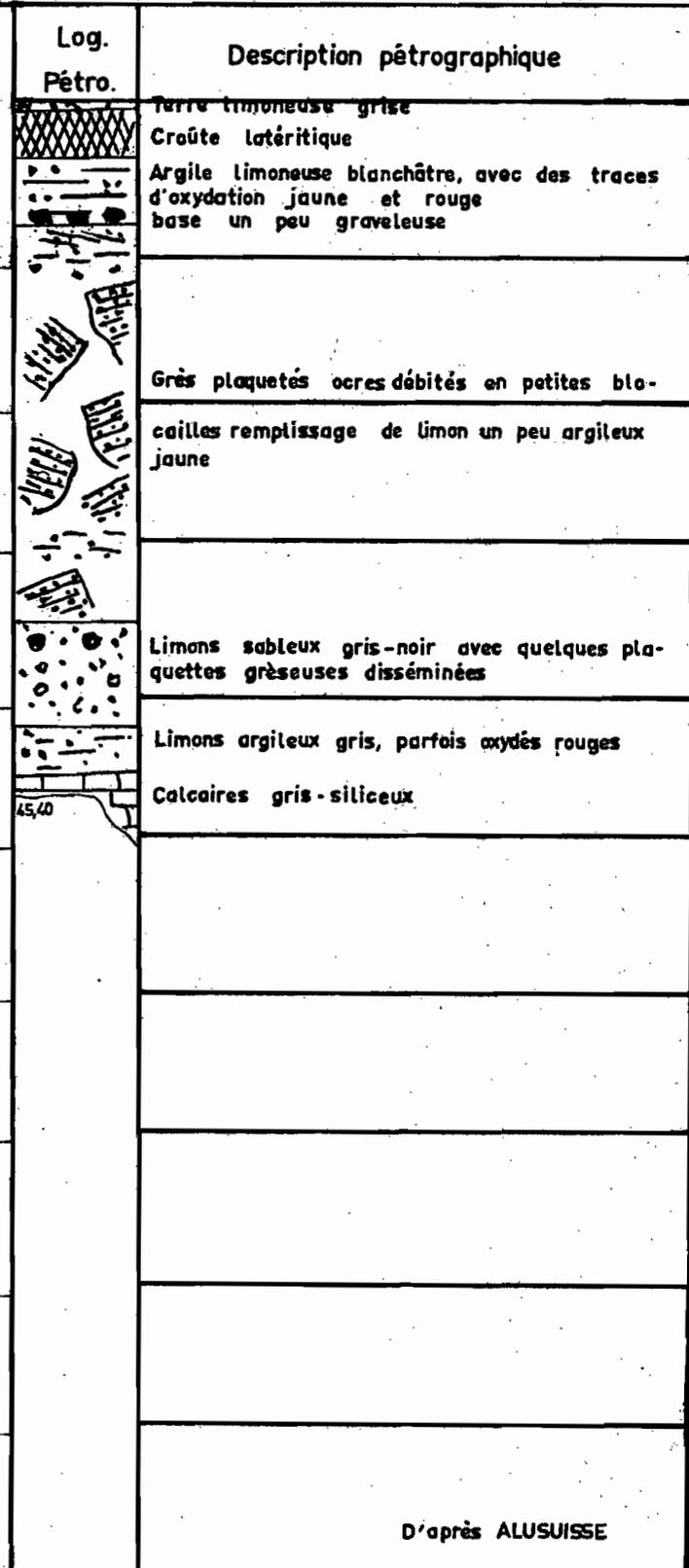
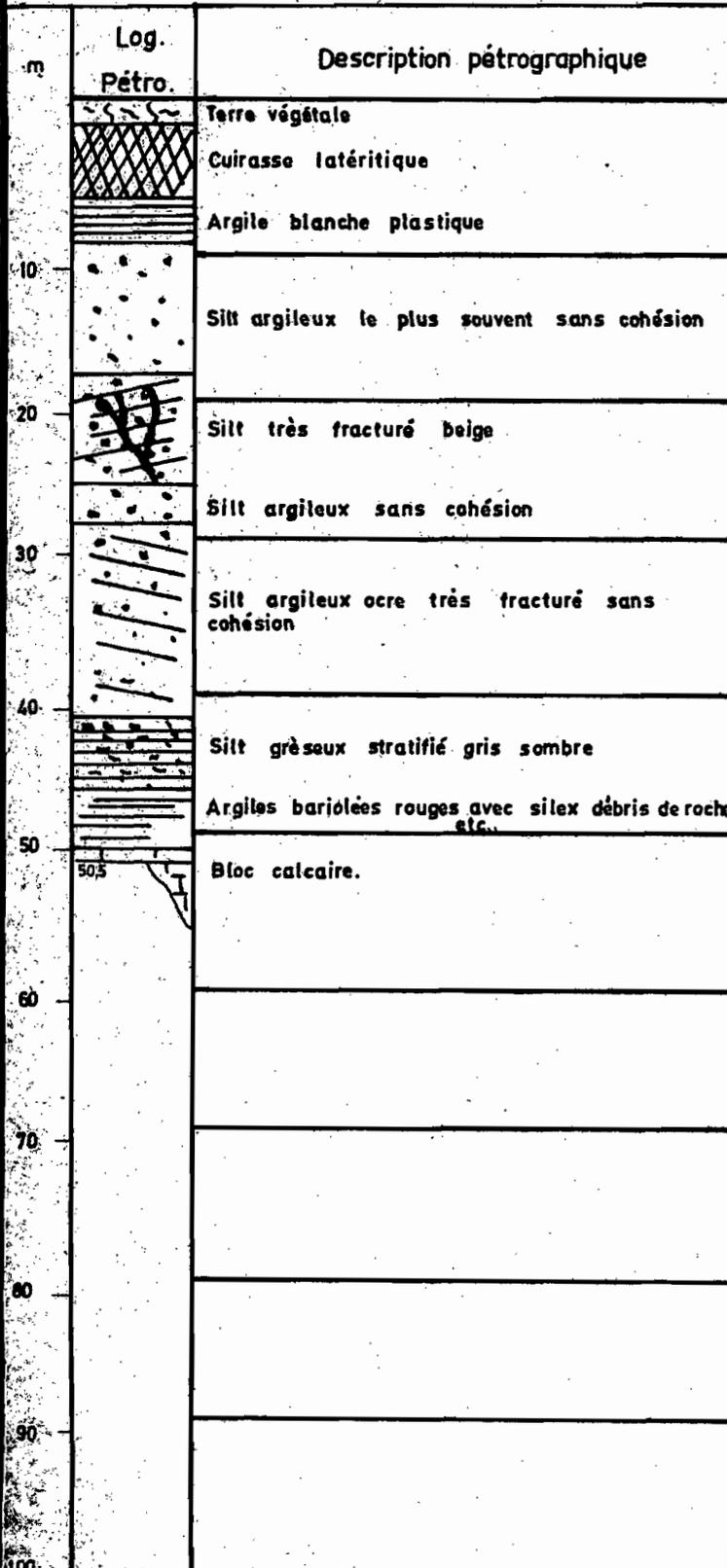
Chantier : MPATOU

Sondage n° : ALU 42 (Bis)

Profondeur : 45,40

Date début sondage : 21 1 75

Date fin sondage : 22 1 75



### 2.4.3.1 - Rabattement

Au même moment on note pour le point d'observation le plus proche, c'est à dire à 9,4 m du puits un rabattement de 0,04 m. Ce rabattement est de 0,02 m à P2 situé à 25,3 m du puits, de 0,02 m à P3 situé à 30,7 m du puits et de 0,01 m à P4 soit à 56,6 m du puits de pompage.

Finalement on ne réussira à stabiliser le rabattement dans le puits autour de 5,8 à 5,7 m avec un débit de 0,7 l/s que pendant 2 heures, le rabattement maximum autorisé par la profondeur utile du puits étant de 6,3 m. Après ces 2 heures de pompage des éboulements très importants se produisent à la base du puits et nécessitent l'arrêt du pompage.

A ce moment soit après environ 24 heures de pompage on observe les rabattements suivants :

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
$\Delta$ m	0,12	0,07	0	0,02	0	0,02

### 2.4.3.2 - Courbe de remontée du puits

Cette courbe de remontée figure au graphique 13. La remontée est très rapide, il faut à peine 1 heure pour que la nappe revienne pratiquement à son niveau initial. On notera une variation dans l'allure de la courbe de remontée au-dessus de la cote -4,57 m. Après une première inflexion, la courbe se redresse ce qui correspond à une différence de perméabilité des terrains traversés.

La valeur moyenne du coefficient de perméabilité calculée à partir de la courbe de remontée du puits est de  $1,6 \cdot 10^{-4}$  m /s.

### 2.4.3.3 - Transmissivité

On a calculé la transmissivité sur la courbe de remontée du puits en appliquant la formule  $T = \frac{0,183 Q}{C}$  C est déterminé d'une part sur la courbe  $\Delta = f(\log.tt)$  et d'autre part sur la courbe  $\Delta = f(\log.t/t')$ .

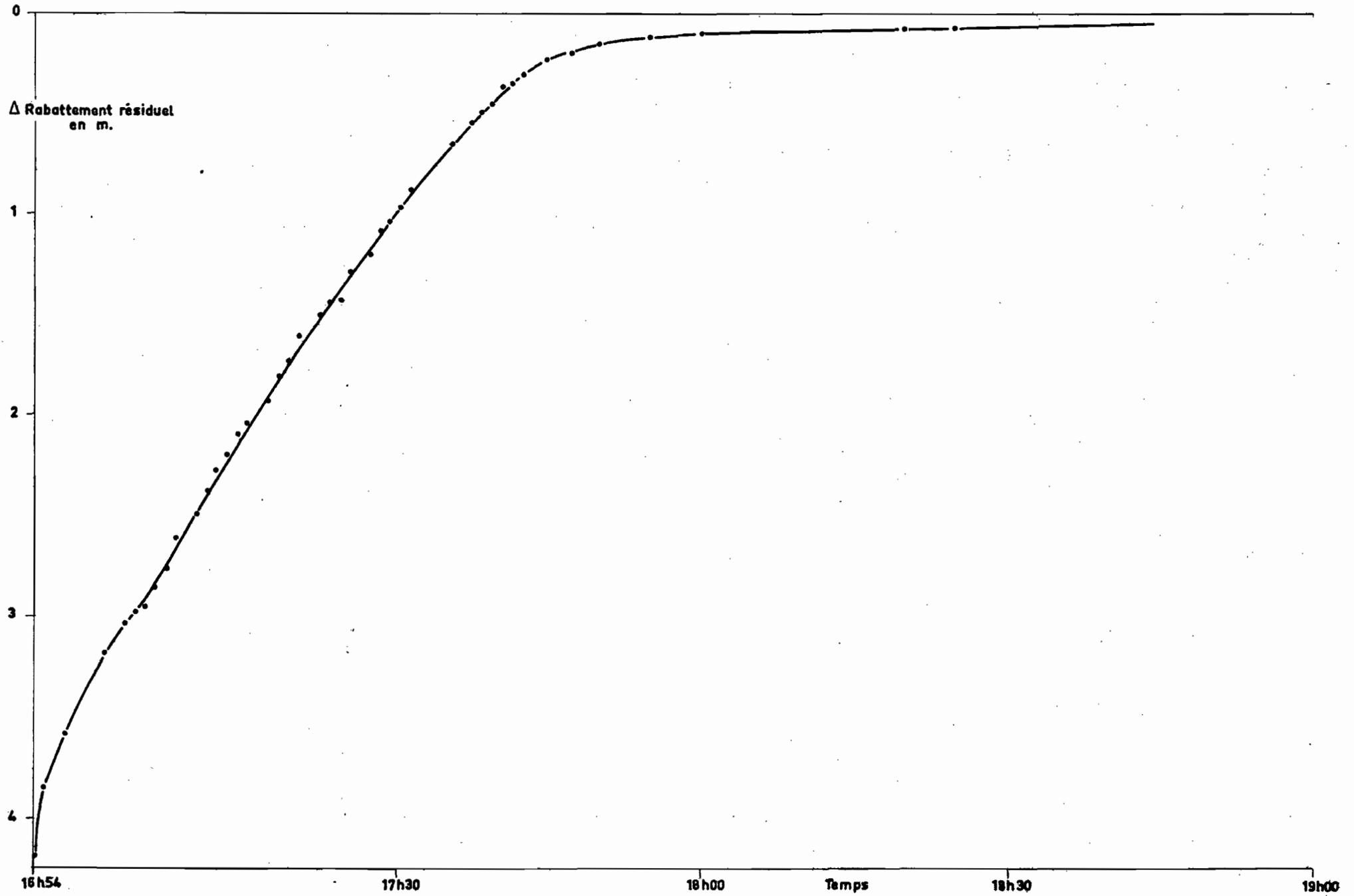
Dans les 2 cas on obtient des valeurs équivalentes.

Pour la courbe supérieure  $T = 3,0 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s (graphique 14)

Pour la courbe inférieure  $T = 1,0 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s (graphique 15)

M'PATOU

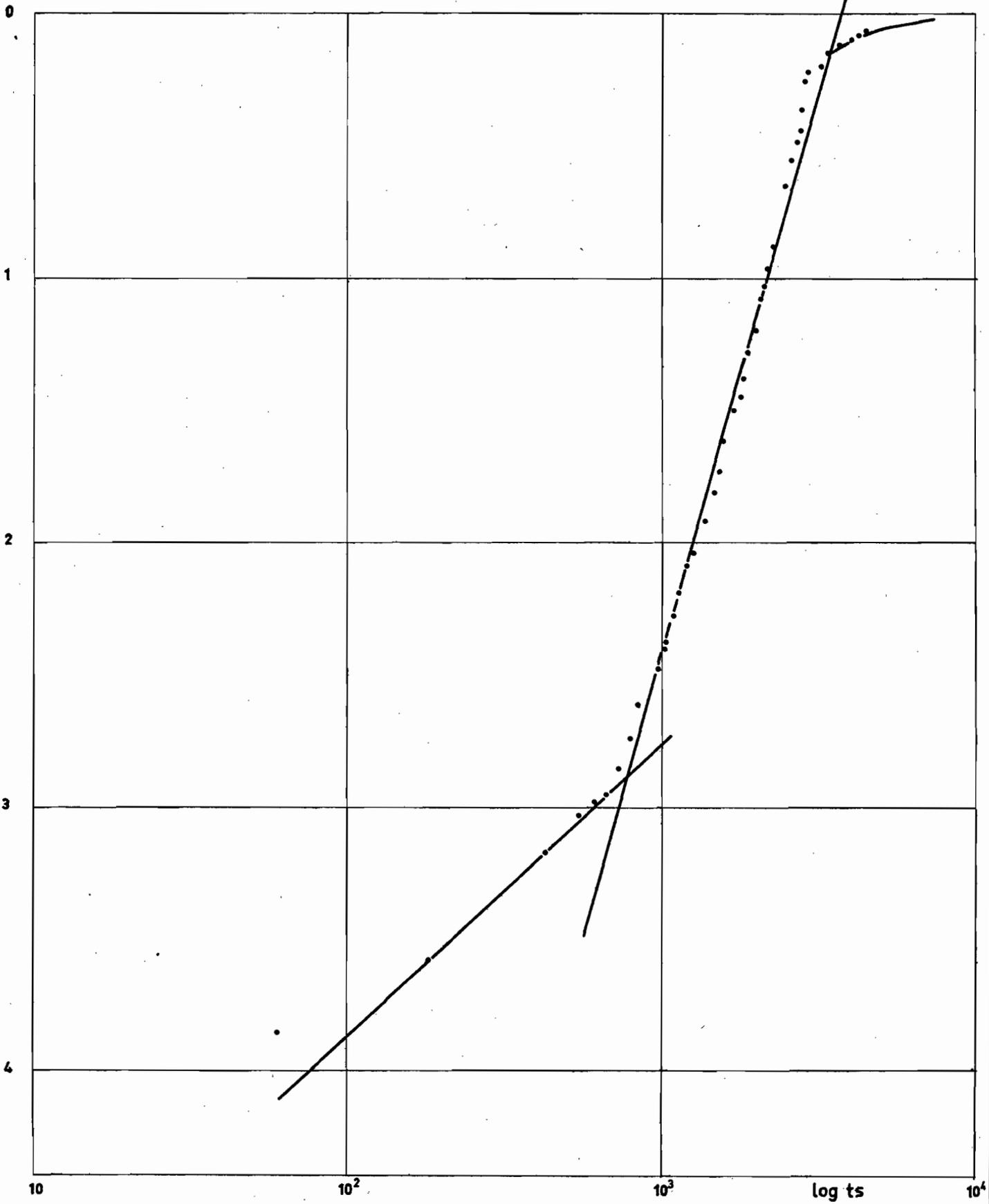
Courbe de remontée du puits le 12.03.1975



# ESSAIS M'PATOU

## Remontée

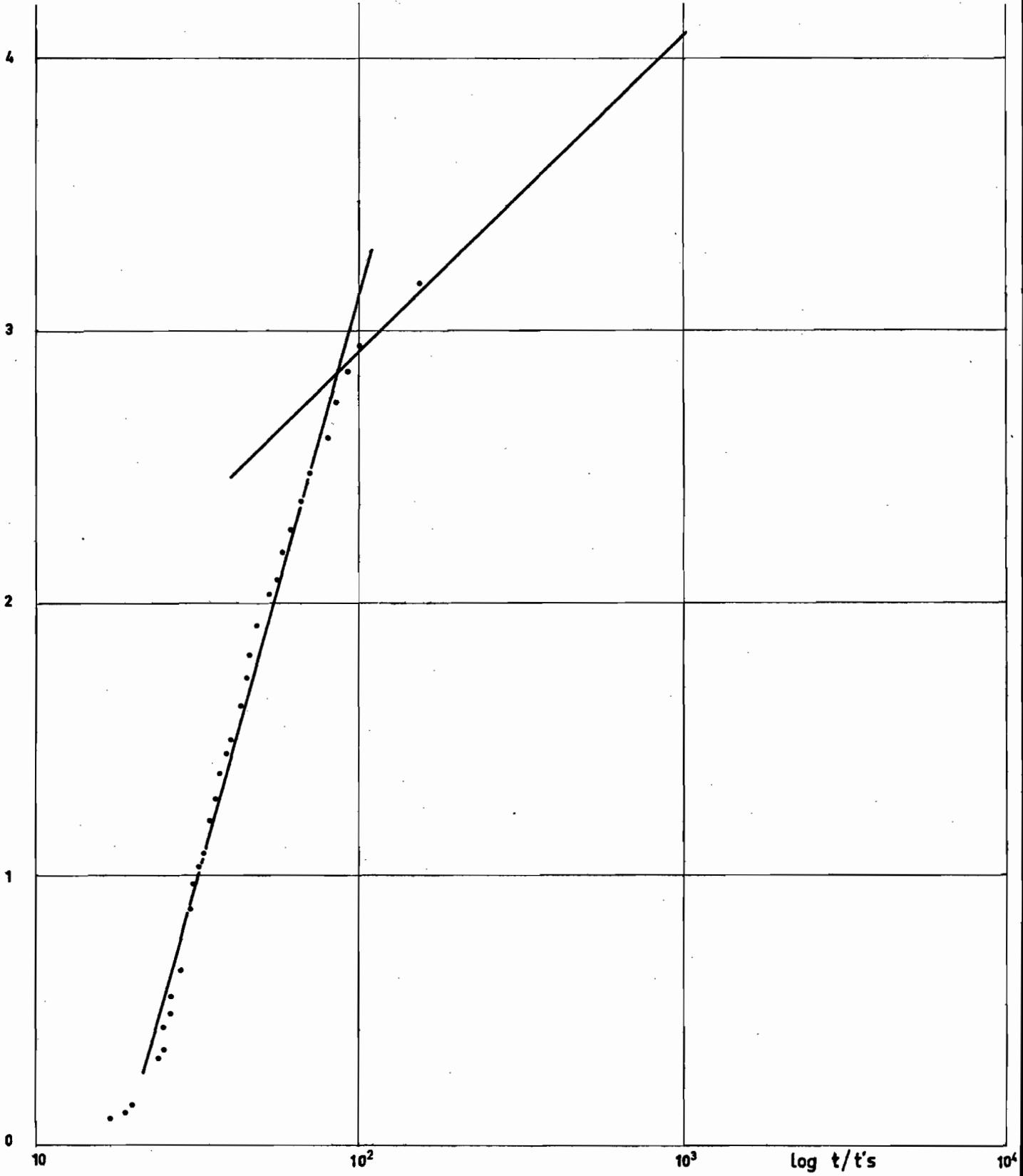
$\Delta$  m. Rabattement  
en m.



# ESSAIS M'PATOU

## Remontée

$\Delta$  Rebatement résiduel  
en m.



Si l'on rapproche ces valeurs de celles calculées par le BRGM pour ses essais des 21 et 23 Décembre nous obtenons des valeurs de T inférieures. Le BRGM avait obtenu une valeur moyenne de T égale à  $7,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , mais l'essai intéressait une épaisseur beaucoup plus importante de la zone silico-phosphatée, les crépines d'aspiration étant déjà à 11,5 m de profondeur ce qui a permis d'obtenir des débits d'exhaure beaucoup plus importants, de l'ordre de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  contre  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  dans notre essai.

On retiendra comme valeur moyenne pour la zone silico-phosphatée  $T = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

## 2.5. Essais dans les calcaires

Cet essai a été réalisé par Alusuisse sur un forage au stérile de la bordure du gisement M'PATOU ALU 61. Le forage a pénétré de 7 m dans les calcaires. En fait on a trouvé sur ces 7 mètres la répartition suivante :

40% de calcaires compacts.

20% de graviers calcaires.

40% de vide.

Après un pompage de 4 heures dont environ 2H30 à un débit constant de  $0,3 \text{ l/s}$  soit  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ , le pompage a été arrêté et l'on a suivi la remontée de la nappe.

La courbe de remontée qui figure au graphique 16 montre une remontée extrêmement rapide puisqu'en moins de 15 minutes on est pratiquement à la cote d'origine (rabattement résiduel  $0,11 \text{ m}$ ). Si l'on construit la courbe  $\Delta = f(\log. t)$  on peut déterminer une valeur de C égale à  $0,77 \text{ m}$  ce qui nous conduit à une valeur de T égale à  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  inférieure à celle trouvée par le BRGM,  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , mais il faut bien voir qu'en fait les apports d'eau dans cette zone karstique sont finalement fonction de nombre de fractures recoupées. Or les sondages de pompage du BRGM pénétraient dans la dolomie sur 20 mètres de profondeur, trois fois plus que le forage ALU 61.

## 2.6. Essai puits

Cet essai dirigé par J.D. MIAUTON sur le puits d'alimentation en eau du camp a permis d'obtenir une valeur supplémentaire de la perméabilité de la couche superficielle.

La valeur moyenne de la perméabilité est 3 à  $4 \cdot 10^{-5}$  m /s. tout à fait comparable aux valeurs obtenues par nos essais.

# ESSAIS DANS LES CALCAIRES

ALU 61

Rabotement en m.

3m.

Niveau d'eau au début du pompage

4m.

Arrêt pompage

5m.

11h15

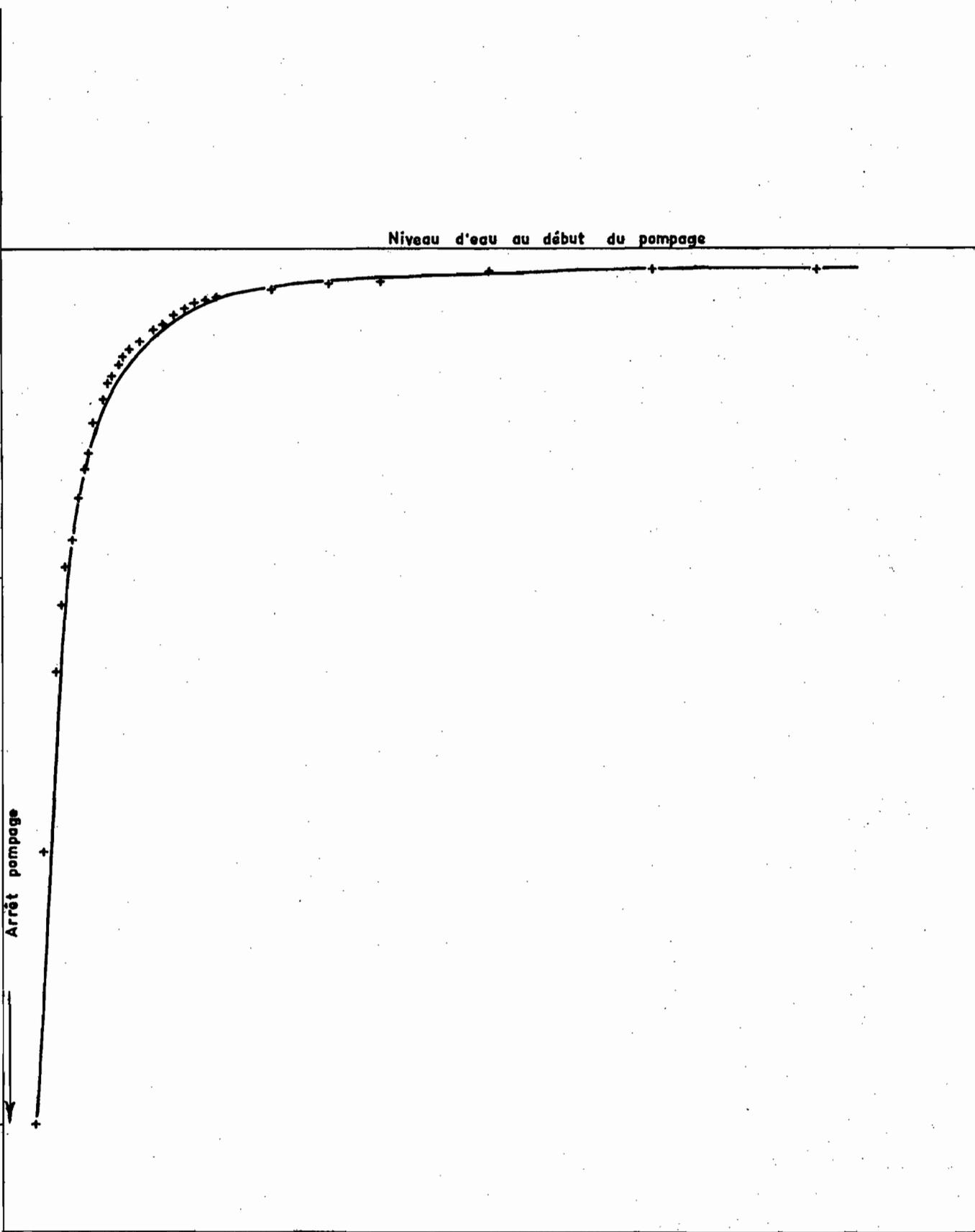
11h30

11h45

12h00

12h15

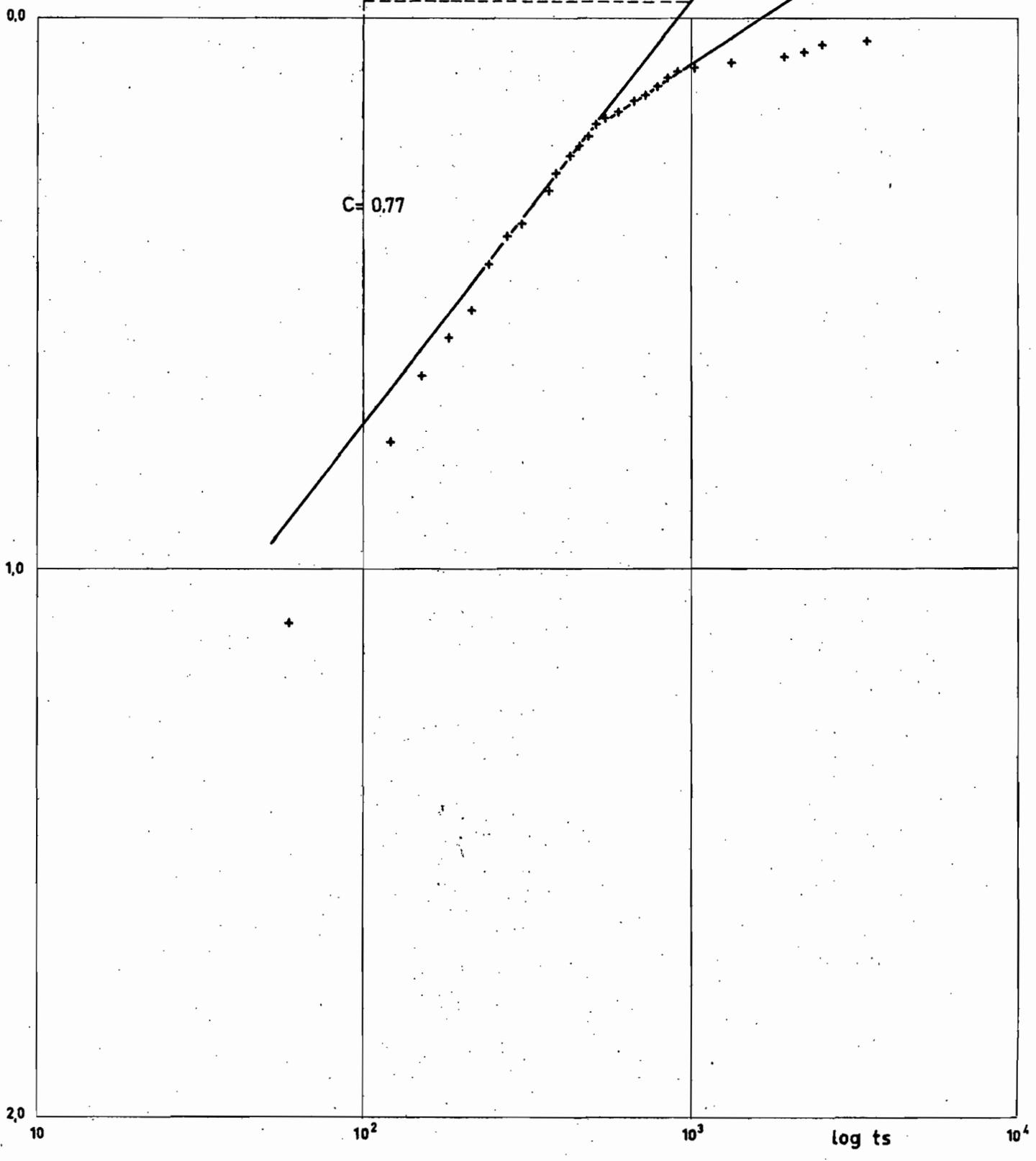
12h30



# ESSAIS CALCAIRES

## ALU 61

$\Delta$  Rabettement résiduel  
en m.



## CHAPITRE III

### CONCLUSIONS

Les essais de débits réalisés durant la saison sèche 1974-1975 ont permis d'obtenir des informations intéressantes quant aux valeurs des perméabilités et des transmissivités des terrains qui constituent les gisements de BAKOUMA.

#### 3.1. Les perméabilités

Les valeurs obtenues sont finalement loin d'être négligeables. Elles varient en effet de  $10^{-4}$  à  $10^{-6}$  m/s ce qui classe les terrains étudiés dans la catégorie des terrains perméables.

La croûte latéritique qui s'étend sur la majeure partie de la zone des gisements ne constitue pas une zone absolument imperméable car de nombreuses fractures et cavités permettent à l'eau de ruissellement de s'infiltrer dans le sol.

#### 3.2. Les transmissivités

Les transmissivités calculées varient de  $5,3 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s à  $6,0 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s en moyenne. Les valeurs les plus fortes correspondent à la zone profonde de PATRICIA.

Les valeurs obtenues par le BRGM en 1967 sur le gisement M'PATOÛ était de  $7,0 \cdot 10^{-4}$  m/s pour la zone silico-phosphatée et de  $2,0 \cdot 10^{-3}$  pour le calcaire de base.

Ces valeurs ne sont pas très importantes, en effet si l'on pose l'hypothèse que l'écoulement des eaux souterraines de la cuvette de BAKOUMA est déterminé essentiellement par la perméabilité et la puissance de l'horizon aquifère, on obtiendrait comme débit utile de pompage.

$$T Q = T I L \text{ avec } T = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$I = \text{pente hydraulique } 1,0 \cdot 10^{-3}$$

$$L = \text{largeur de l'aquifère : } 6000 \text{ m.}$$

$$Q = 36 \text{ l/s soit environ } 130 \text{ m}^3/\text{h}.$$

C'est le débit qu'il faudrait dépasser pour aboutir à un rabattement conséquent de la nappe, cela en appliquant à l'ensemble de la cuvette une transmissivité qui n'existe en fait que dans les calcaires et la zone profonde de PATRICIA. Le débit utile serait donc en réalité nettement inférieur à 36 l/s.

Il est cependant difficile de raisonner en considérant la cuvette de BAKOUMA comme formant un aquifère unique et l'écoulement d'une nappe unique s'écoulant lentement de BAKOUMA vers ZIME est à notre avis peu réaliste.

Les variations latérales de perméabilité sont au moins aussi importantes que les variations verticales et de nombreux forages sont demeurés secs pendant très longtemps.

Si le schéma d'une nappe unique peut s'appliquer à la nappe sous-latéritique, en fait la seule qui doit actuellement servir de guide par les piézomètres les puits et les forages réalisés dans la cuvette, la répartition et la circulation de l'eau dans la zone silico-phosphatée et les communications hydrauliques qui existent entre cette zone et la nappe sous-latéritique d'une part et le calcaire de base d'autre part, sont des phénomènes certainement plus complexes.

### 3.3. Suggestions pour la poursuite des études hydrogéologiques

Les essais ne permettent pas de trancher la question de savoir s'il sera possible ou non, d'obtenir par pompage des rabattements suffisants de la nappe ou des nappes, pour dénoyer les zones minéralisées. Les moyens mis en œuvre jusqu'à présent, que ce soit pour les essais de 1967 ou pour ceux de 1974-75 sont totalement inadaptés à l'ampleur des problèmes à résoudre, ils ne permettent pas d'influencer suffisamment les aquifères étudiés pour extrapoler les rabattements obtenus. Cette possibilité de rabattement important exige en effet.

1. Des moyens de pompage suffisants, ce qui est une question d'investissement.

2. Une couche conductrice suffisante pour que le drainage puisse s'établir. La présence d'une telle couche conductrice n'est pas prouvée pour le moment.

Il faut donc mettre en route une étude géologique poussée de la cuvette de BAKOUMA pour se faire une idée aussi précise que possible de l'ampleur et de la répartition des différentes formations et des communications hydrauliques pouvant exister entre elles.

Faut-il raisonner sur une nappe unique intéressant toute la hauteur des terrains sédimentaires et le système de karst du calcaire de base comme cela semble bien être le cas à M'PATOU ou bien faut-il

concevoir des unités indépendantes les unes des autres, comme la zone de PATRICIA ou la zone des Fosses qui correspondent à des dépressions marquées, des chenaux dans le calcaire de base avec un remplissage plus grossier, plus drainant, isolées de la nappe sous-latéritique par de fortes épaisseurs de silts et d'argiles. Si c'était le cas ces zones fortement minéralisées pourraient être traitées indépendamment du reste du système et leur drainage ne serait qu'une question de puissance de pompage.

Notre avis est que la solution du problème réside dans la mise au point, par un laboratoire spécialisé, d'un modèle analogique qui puisse permettre de simuler les pompages de déterminer leurs positions optimales et les débits d'exhaure nécessaires. La conception du modèle et son réglage nécessiterent.

- Une bonne connaissance de la géologie de la cuvette ce qui en fait pourrait être rapidement réalisé. En effet il est prévu une campagne de prospection par sismique-réflexion pour l'étude du socle et d'autre part il existe un nombre important de renseignements fournis par les forages et les puits réalisés, tant par l'URBA que par Alusuisse, qu'il suffirait d'exploiter sous un angle plus purement géologique et peut être de compléter par quelques sondages supplémentaires.

- Un échantillonnage suffisant de valeurs de la perméabilité et de la transmissivité. On possède déjà grâce aux essais de 1967 et de 1974-75 une idée assez précise des valeurs de  $k$  et de  $T$ , et il sera possible de préciser ces valeurs en effectuant des pompages à fort débits dans les puits actuellement en cours de fonçage pour la récupération du minerai (E27 par exemple). Enfin, les analyses isotopiques en cours à Paris sur des échantillons d'eau prélevés dans les différentes formations et dans différentes zones devraient permettre de mieux appréhender les relations hydrauliques entre les différentes formations et d'évaluer les vitesses d'infiltration.

En conclusion, il existe actuellement beaucoup de données expérimentales rassemblées durant les campagnes de forage et les essais de débits qui peuvent être valorisées. Il est prévu de compléter ces études par de nouveaux essais et, forages, ainsi qu'une campagne de prospection géophysique. Il conviendrait donc de se mettre, dès maintenant, en rapport avec un laboratoire spécialisé afin de voir quelles sont les mesures complémentaires qui pourraient être utiles

à la mise sur pied du modèle de simulation et d'harmoniser ainsi ce programme d'étude complémentaire avec le programme propre d'Aluguisse pour la prochaine saison sèche.

Enfin il semblerait plus intéressant, dans le cas présent, d'effectuer une campagne de prospection électrique qu'une campagne de sismique-réflexion. Pour un prix moins élevé on obtiendrait très certainement des résultats plus complets et plus facilement interprétables dans ces terrains hétérogènes et dont certaines zones sont relativement humides.