

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT  
DIRECTION DÉPARTEMENTALE  
DE LA SEINE-MARITIME  
Cité administrative  
76 - ROUEN

DÉPARTEMENT DE LA  
SEINE-MARITIME

**ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DU GROUPEMENT D'URBANISME DE ROUEN-ELBEUF**

**RECONNAISSANCE HYDROGÉOLOGIQUE  
DES VALLÉES SÈCHES D'ELBEUF et D'ORIVAL  
(Seine-Maritime)**

Forages expérimentaux d'Orival-la Londe,  
d'Orival-le Nouveau Monde et d'Elbeuf-les Ecameaux  
Septembre 1969 - janvier 1970

par

J.C. ROUX et S. VAN DEN AVENNE  
avec la collaboration de P. Enjalbert et J. Trémenbert



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
74, rue de la Fédération - 75-PARIS-15<sup>e</sup> - Tél. 783 94-00

DIRECTION DU SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
B.P. 818 - 45-Orléans-La Source - Tél. 66-06-60

Service géologique régional Normandie-Picardie

18, rue Mazurier 76 - Mont-Saint-Aignan

Tél. 70-38-64

**70 SGN 076 PNO**

Février 1970

RESUME

A la demande de la direction départementale de l'Équipement et du département de la Seine Maritime et dans le but de rechercher de nouvelles ressources en eau pour alimenter le groupement d'urbanisme de Rouen-Elbeuf, le Service géologique régional Picardie-Normandie du B.R.G.M a procédé à la reconnaissance hydrogéologique des vallées sèches d'Elbeuf et d'Orival.

Trois forages expérimentaux suivis d'essais de débit ont été réalisés :

- Le forage n° 1 implanté dans le vallon du Nouveau Monde à Orival a rencontré un matériau peu aquifère et n'a fourni que 3 m<sup>3</sup>/h avec un rabattement de 16 m. La poursuite des recherches dans ce secteur est inutile.

- Le forage n° 2 situé dans la vallée de la Londe à Orival a été creusé dans un terrain très aquifère et a fourni un débit utile de 200 m<sup>3</sup>/h avec un rabattement de 2,91 m. Les transmissivités dans ce secteur sont comprises entre 71 et 87 m<sup>2</sup>/h et le coefficient d'emmagasinement moyen est de  $2,5 \cdot 10^{-2}$ . Un forage définitif devrait fournir après acidification un débit de 300 m<sup>3</sup>/h avec un rabattement du même ordre. D'autre part on pourrait effectuer un second forage à l'amont du premier et capable d'un débit sensiblement équivalent. Il serait possible de prélever dans ce secteur 10 000 à 12 000 m<sup>3</sup>/j. Nous préconisons la poursuite de l'étude de ce site avec la réalisation d'un second forage d'essai et des piézomètres complémentaires, l'acidification des ouvrages, puis des pompages simultanés et de longue durée sur les deux forages.

- Forage n° 3 à Elbeuf - vallée des Ecameaux

Ce forage qui a rencontré une strate aquifère de type karstique en relation directe avec la source du Mont Duve, a été testé en pompant simultanément sur les deux ouvrages. A 380 m<sup>3</sup>/h et avec un rabattement de 2,52 m le débit critique du forage n'a pas été atteint, le pompage sur la source s'effectuant parallèlement au débit de 260 m<sup>3</sup>/h.

Un pompage prolongé de 60 h au débit de 260 m<sup>3</sup>/h sur chacun des ouvrages, s'est stabilisé avec un rabattement de 1,99 m sur le forage d'essai. Les vitesses de circulation (500 m/h) et les très fortes transmissivités (de 251 à 464 m<sup>2</sup>/h) sont caractéristiques d'une zone karstique. Le coefficient d'emmagasinement de  $1,6 \cdot 10^{-4}$  indique que la nappe est captive.

Nous conseillons la réalisation d'un forage dans la cour de l'hôpital d'Elbeuf, puis l'approfondissement ou

le remplacement de la source du Mont Duve par un second forage. Les possibilités de prélèvement dans ce secteur seraient portées à 600 ou 700 m<sup>3</sup>/h soit 12 000 à 14 000 m<sup>3</sup>/j.

La contamination bactériologique des eaux dans cette zone devra faire l'objet d'une étude appropriée (analyse microbiologique régulière des eaux, inventaire des points possibles de pollution avec analyse périodique des eaux usées, vérification des directions et vitesses d'écoulement). D'autre part un forage implanté dans le vallon du Thuit-Anger en aval du dépôt d'ordures renseignera sur les contaminations dans ce secteur et sur les caractéristiques de la nappe et ses relations avec la source du Mont Duve.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
RESUME	1
INTRODUCTION	6
1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	7
2 - GEOLOGIE	8
3 - HYDROGEOLOGIE	10
4 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES FORAGES	12
5 - DESCRIPTION DES STATIONS D'ESSAI ET DU MATERIEL UTILISE	13
51 - Matériel de pompage	13
52 - Mesure des niveaux	14
53 - Piézomètres	14
6 - ESSAIS DE DEBIT	15
61 - Forage n° 1 Orival - Le Nouveau Monde	15
62 - Forage n° 2 Orival - La Londe	15
621 - Essais préliminaires	15
622 - Pompage prolongé à débit constant	16
63 - Forage n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux	16
631 - Essais préliminaires	16
632 - Recherche du débit maximum	17
633 - Pompage prolongé à débit constant	17
7 - INTERPRETATION DES ESSAIS ET CALCUL DES PARAMETRES HYDRAULIQUES	19
71 - Forage n° 1 Orival - Le Nouveau Monde	19
72 - Forage n° 2 Orival - La Londe	19
721 - Courbes de descente de la nappe	19
722 - Transmissivités - coefficient d'emmagasinement	19
723 - Rayon d'influence	20
724 - Limite d'alimentation	21
73 - Forage n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux	21
731 - Courbes de descente de la nappe	21
732 - Transmissivités - coefficient d'emmagasinement	22
733 - Limite d'alimentation	22

	<u>Pages</u>
8 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX	24
81 - Températures	24
82 - Chimie des eaux	24
83 - Bactériologie	25
9 - CONCLUSIONS ET PROGRAMME DE RECHERCHES COMPLEMENTAIRES	27

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
1 - Situation géographique des forages d'essai	6-7
2 - Plan de situation du forage n° 1 à Orival - Le Nouveau Monde	7-8
3 - Plan de situation du forage n° 2 à Orival - La Londe	7-8
4 - Plan de situation du forage n° 3 à Elbeuf - Les Ecameaux	7-8
5 - Coupe technique et géologique du forage n° 1	12-13
6 - " " " " n° 2	12-13
7 - " " " " n° 3	12-13
8 - Courbe caractéristique du forage n° 2	15-16
9 - " " " " n° 3	16-17
10-11 - Courbes de descente de la nappe en coor- données semi-logarithmiques à la station d'essai du F 2	19-20
12-13 - Courbes de remontée de la nappe en coor- données semi-logarithmiques à la station d'essai du F 2	19-20
14 - Courbes de descente de la nappe en coordonnées semi-logarithmiques à Elbeuf (F 3, source du Mont Duve)	23-24
15 - Rabattement dans le forage n° 3 à Elbeuf en coordonnées bilogarithmiques pendant un pompage sur la source du Mont Duve	23-24
16 - Diagrammes d'analyse d'eau	25-26
17 - Diagrammes de potabilité des eaux	25-26

LISTE DES ANNEXES

- I - Formules utilisées pour la détermination des  
paramètres hydrauliques
- II - Tableau récapitulatif des essais de longue  
durée à la station d'essai du forage n° 2 à  
Orival
- III - Tableau récapitulatif des essais de débit  
simultanés sur le forage n° 3 et la source du  
Mont Duve à Elbeuf

## INTRODUCTION

Cette étude fait suite aux travaux réalisés dans les vallées de l'Andelle et du Cailly depuis 1967 afin de rechercher de nouvelles ressources en eau pour le groupement d'urbanisme de Rouen-Elbeuf. Ces travaux ont été confiés au Service géologique régional du B.R.G.M conjointement par le département de la Seine Maritime (conventions PNO 68/3 du 1.10.1968 et 69/7 du 1.10.1969) et par la direction départementale de l'Équipement (convention PNO 68/8 du 24.10.1968).

Cette étude avait plus précisément pour but de rechercher de nouvelles ressources en eau sur la rive gauche de la Seine qui ne bénéficie actuellement en dehors des importantes sources de Moulineaux que de forages implantés dans la vallée de la Seine.

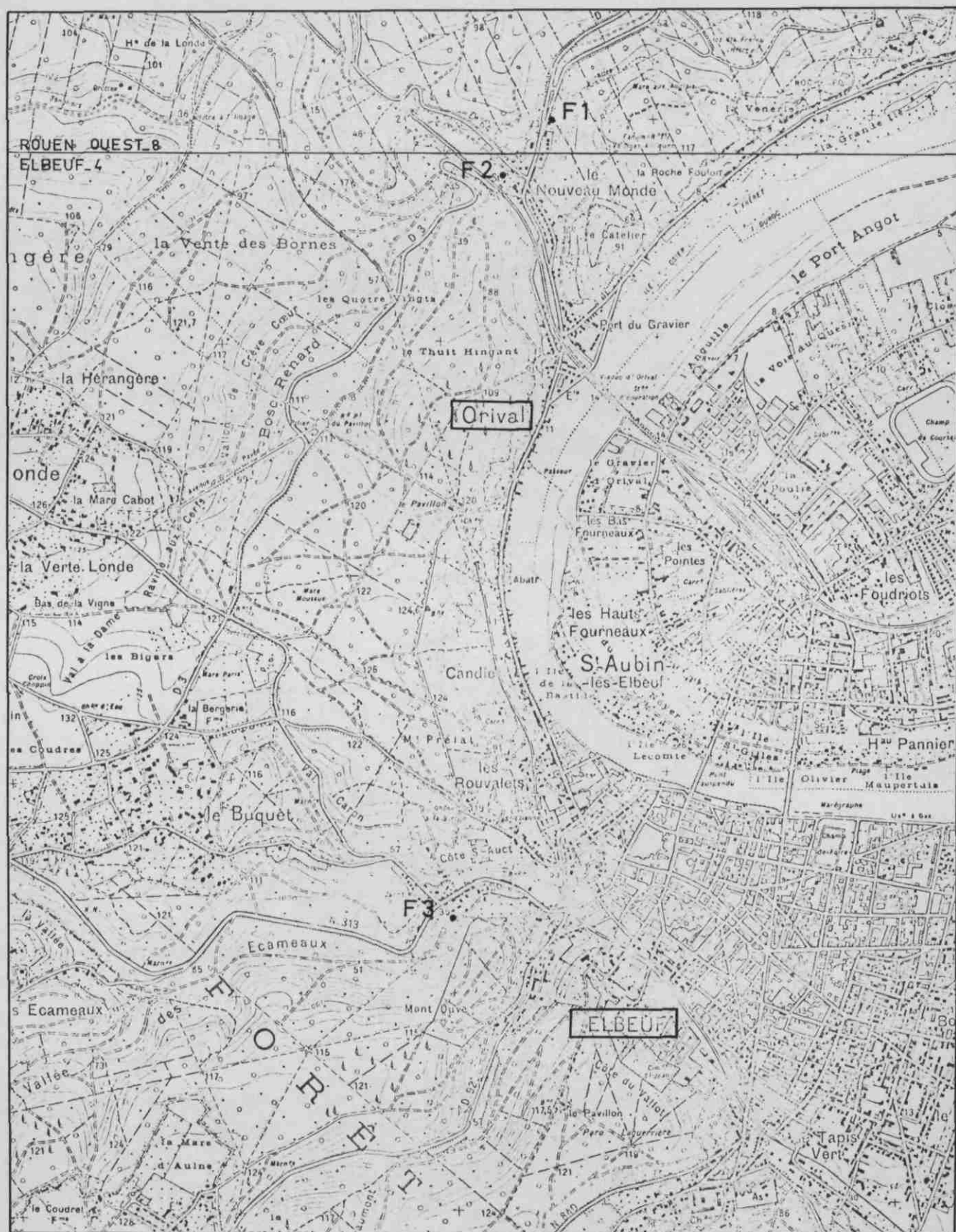
A cet effet, trois nouveaux sites de captage ont été proposés dans la vallée de la Londe et le vallon du Nouveau Monde à Orival et dans la vallée des Écameaux au Sud-Ouest d'Elbeuf, en amont de la source du Mont Duve qui alimente cette ville.

Les travaux ont été effectués du 17 septembre 1969 au 23 janvier 1970.

On a procédé sur chaque forage à des pompages à débit croissant et sur deux d'entre eux à des essais de longue durée.

Ce rapport présente le détail des travaux réalisés et les conclusions qui en résultent.

## SITUATION DES FORAGES D'ESSAIS



1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE (voir fig. 1)

Le forage n° 1 (fig. 2) est situé sur la commune d'Orival, à l'Est de la N 840, à 150 m au sud du virage du Nouveau Monde (circuit des Essarts).

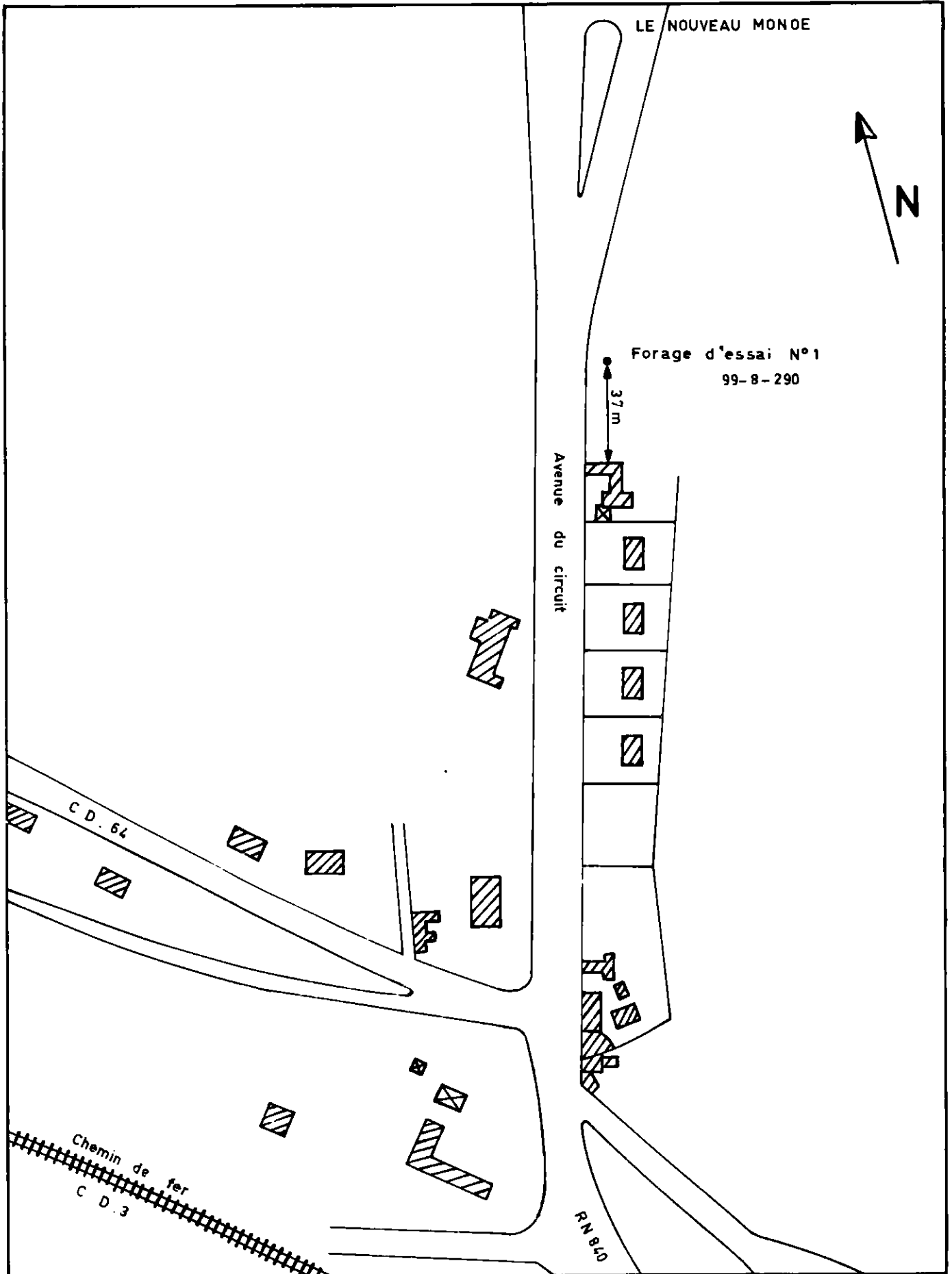
Le forage n° 2 (fig. 3) se trouve également sur la commune d'Orival, dans la vallée de la Londe, à 125 m à l'ouest de l'avenue du circuit (N80) et à 1 000 m de la Seine.

Le forage n° 3 (fig. 4) est implanté dans la vallée des Ecameaux sur la commune d'Elbeuf à 500 m en amont de la source du Mont Duve et à 1 500 m environ de la Seine.

Leurs coordonnées sont les suivantes :

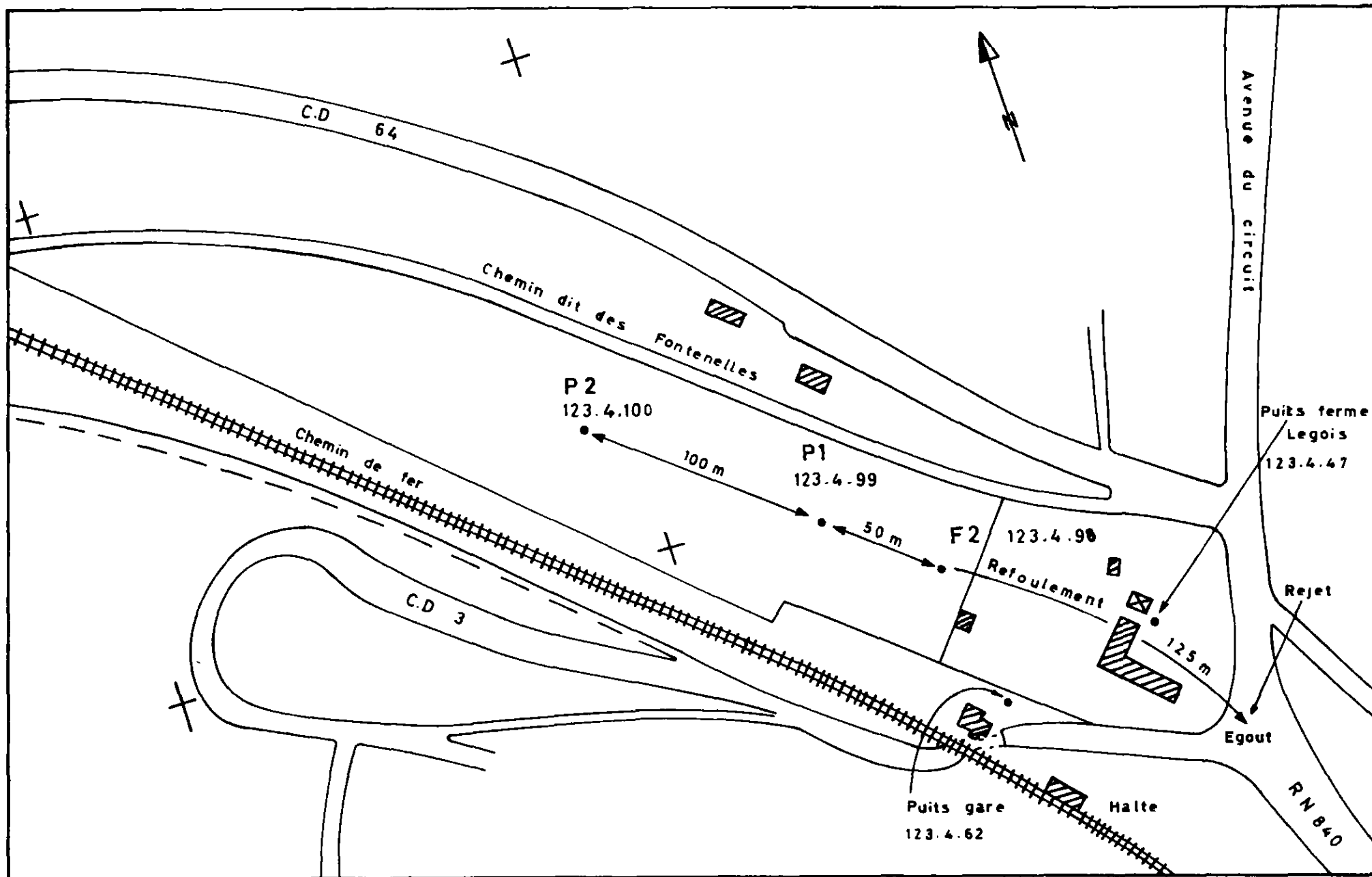
	<u>Indice B.R.G.M</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Z</u>
F 1	99 - 8 <sup>c</sup> - 290	502,515	180,985	+ 23
F 2	123 - 4 - 98	502,300	180,750	+ 8,45
F 3	123 - 4 - 97	502,010	177,330	+ 25,80

# PLAN DE SITUATION DU FORAGE N°1 ORIVAL- LE NOUVEAU MONDE



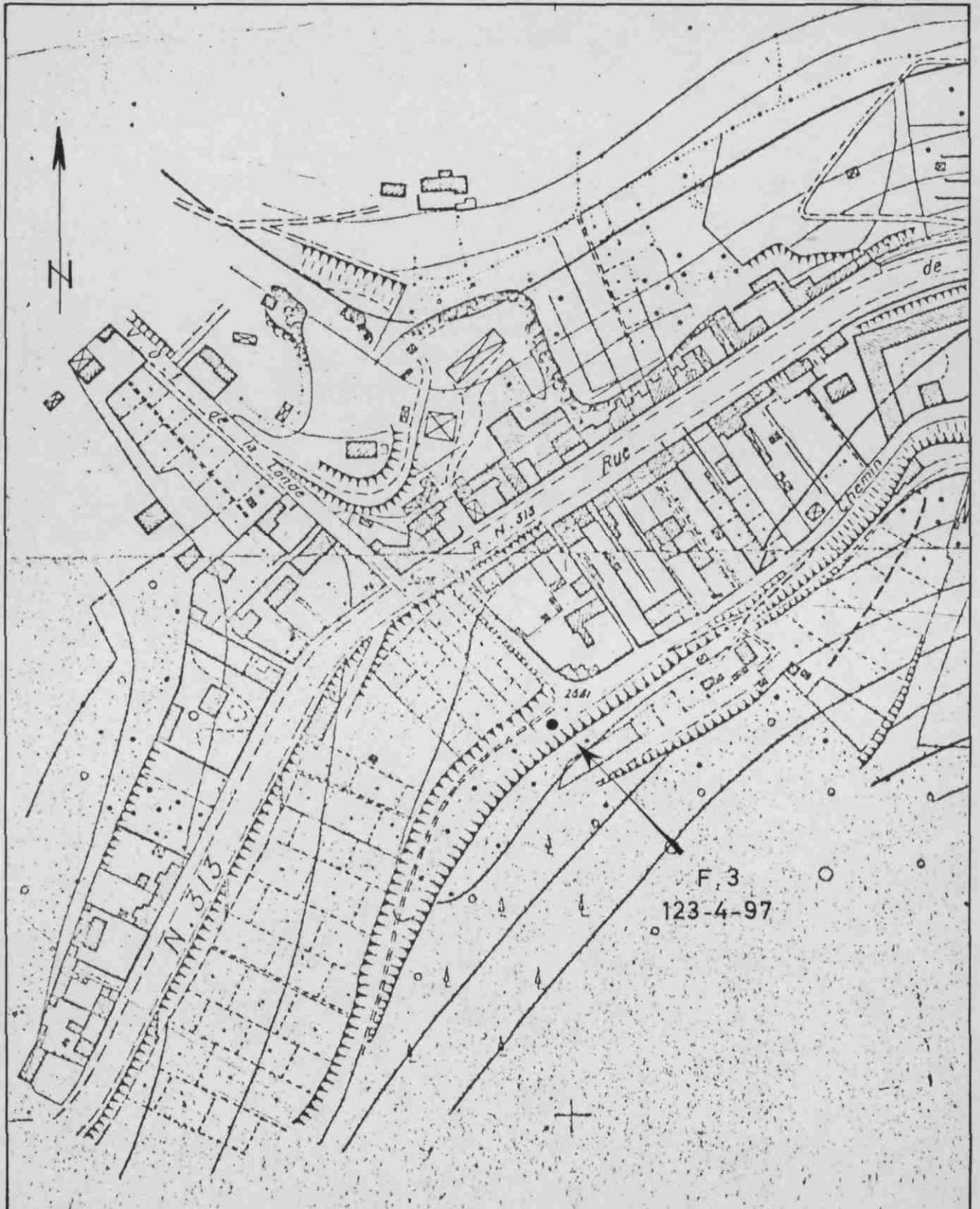
# PLAN DE SITUATION DE LA STATION D'ESSAI

## DU FORAGE N°2 ORIVAL LA LONDE



# PLAN DE SITUATION DU FORAGE N° 3 ELBEUF - VALLEE DES ECAMEAUX ..

123-4-97



2 - GÉOLOGIE

D'après la carte géologique de Lisieux au 1/80 000 les vallées sèches du Nouveau Monde, de la Londe et des Ecameaux sont creusées dans la craie sénonienne. Les assises supérieures sont constituées par la craie blanche et tendre à silex clairs du Campanien - Santonien. Les assises inférieures du Coniacien qui affleurent au niveau des forages n° 1 et n° 2 à Orival sont caractérisées par une craie dure, noduleuse à silex tabulaires.

Les coupes des terrains traversés sont les suivantes :

- Forage n° 1 Orival - Le Nouveau Monde (fig. 5)

0,00 - 1,80	: terrain remanié limon argileux	NGF + 23	dépôts de pente du Quaternaire
1,80 - 3,00	: grès calcaire très dur		Turonien supérieur probable
3,00 - 13,50	: craie grisâtre, gréseuse, dure à silex gris		
13,50 - 20,00	: craie grisâtre, gréseuse plus tendre		
20,00 - 22,00	: craie grisâtre légèrement marneuse		
22,00 - 28,50	: craie jaunâtre gréseuse et dure		
28,50 - 43,50	: craie légèrement marneuse		
43,50 - 45,00	: craie grisâtre marneuse		Turonien moyen

- Forage n° 2 Orival - La Londe (fig. 6)

0,00 - 4,70	: limon brun argileux	NGF + 8,45	dépôts de pente du quaternaire
4,70 - 5,40	: argile grise		
5,40 - 13,90	: craie dure, gréseuse fissurée à silex noirs tabulaires		Turonien supérieur probable
13,90 - 17,40	: craie gréseuse tendre		
17,40 - 35,00	: craie grise marneuse		et Turonien moyen (base du forage)

- P 1 Orival - La Londe

0,00 - 2,75	: limon brun argileux et silex remaniés	NGF + 7,40	dépôts de pente du quaternaire
2,75 - 10,50	: craie dure, gréseuse à silex noirs, fissurée et oxydée		Turonien supérieur probable
10,50 - 15,00	: craie grisâtre à passées marneuses		
15,00 - 20,00	: craie grise marneuse		

- P2 Orival - La Londe

0,00 - 4,50	: limon brun argileux	NGF + 6,80	dépôts de pente du quaternaire
-----			
4,50 - 13,00	: craie dure, gréseuse très fissurée à silex noirs		
13,00 - 20,00	: craie grise à passées marneuses		Turonien supérieur probable

- F3 Elbeuf - Les Ecameaux (fig. 7)

0,00 - 2,90	: remblai	NGF + 25,80	
-----			
2,90 - 7,50	: craie blanche tendre à silex blonds		
7,50 - 10,50	: craie jaunâtre dure gréseuse		Base du Coniacien
10,50 - 23,00	: passage de craie blanche plus tendre à silex blonds		
-----			
23,00 - 24,50	: calcaire dur gréseux fissuré (vide de 24,00 à 24,30 m) - silex tabulaires		Turonien supérieur probable
24,50 - 36,75	: craie gréseuse		
36,75 - 40,00	: craie grise marneuse		

La détermination de la microfaune a été effectuée par le département " géologie " du B.R.G.M (M. MONCIARDINI). Le problème de la limite Sénonien - Turonien n'est pas encore résolu en Normandie où le repère de passage basé sur les foraminifères benthiques (C. MONCIARDINI) n'apparaît pas nettement. D'autre part, la stratigraphie classique en Normandie semble placer le toit du Turonien plus bas que dans d'autres régions par suite de l'existence de couches de passage entre ces deux étages, couches n'existant pas par ailleurs.

### 3 - HYDROGEOLOGIE

Les trois forages ont été réalisés pour capter la " nappe de la craie " dont le réservoir est formé par la craie du Sénonien au Cénomanién. La craie sénonienne est généralement plus fissurée et plus aquifère que la craie turonienne, marneuse et compacte. Le Cénomanién est perméable dans ses niveaux de craie gréseuse et glauconieuse. Le substratum théorique de la nappe est constitué par les Argiles du Gault (Albien).

Les forages ont été implantés dans des vallées parce que le niveau piézométrique est plus proche du sol et aussi parce que généralement ce sont les seules zones véritablement bien fissurées qui drainent la nappe alimentée à la surface des plateaux par l'infiltration des eaux météoriques.

- Le forage n° 1 (Orival - Le Nouveau Monde) a rencontré une craie compacte sur toute sa hauteur. Une seule venue d'eau a été constatée à 22 mètres de profondeur dans une craie dure et gréseuse.

- Le forage n° 2 (Orival - La Londe) a traversé une craie bien fissurée avec traces de circulation d'eau jusqu'à environ 11 m de profondeur.

- Le forage n° 3 (Elbeuf - Les Ecameaux) a été creusé dans une craie peu aquifère mais a rencontré un vide entre 24 et 24,30 m de profondeur. On pense qu'il a recoupé une strate aquifère de type karstique. Lors du creusement du forage on a constaté que ce vide était en communication directe avec la source du Mont Duve située à 500 m en aval car l'eau de cette dernière était troublée par les travaux de forage et s'éclaircissait pendant les heures de repos. On a pu constater avec précision que l'eau de la source se troublait une heure après le démarrage du chantier ce qui correspond à une vitesse de 500 m/h ; cette circulation très rapide confirme l'existence d'un karst bien développé.

Le bassin d'alimentation topographique de la vallée de la Londe se situe à l'ouest du méandre de Rouen - Elbeuf (plateaux de Bourg-Achard et de Bourgtheroulde, forêt de la Londe). Sa superficie est de 110 km<sup>2</sup>. L'écoulement de la nappe qui aboutissait à la vallée de la Seine en aval d'Elbeuf à Orival, suivant l'axe de cette vallée sèche a été probablement en partie capturé par la vallée de la Seine à Moulineaux. En effet la progression du méandre de Moulineaux à un niveau plus bas que la vallée sèche a créé un court-circuit dans l'écoulement naturel de la nappe et provoqué son émergence au pied du coteau que domine le château Robert le Diable. Le débit de l'ensemble des émergences visibles captées par la ville de Rouen était de 520 l/s le 1er octobre 1967.

Mais il existe des émergences occultes au niveau de la Seine qui ne découvrent qu'en période de basses eaux. Si leur bassin d'alimentation est constitué par la partie amont du bassin de la Londe, soit environ 85 km<sup>2</sup>, la superficie restante en aval des sources de Moulineaux soit environ 25 km<sup>2</sup> devrait fournir à raison d'un écoulement souterrain de l'ordre de 10 l/s par km<sup>2</sup> un débit de 900 m<sup>3</sup>/h à l'exutoire. L'observation de venues d'eau au pied du viaduc du chemin de fer qui traverse la Seine dans le prolongement de l'axe de la vallée de la Londe confirme d'autre part que des possibilités de captages importantes se présentent dans le secteur d'Orival.

Le bassin d'alimentation des Ecameaux s'étend sur le plateau au sud-est d'Elbeuf (Thuit-Anger, Thuit-Signol, forêt d'Elbeuf). Les sources du Mont Duve (captage de la ville d'Elbeuf) et du Puchot sont situées au confluent des deux vallées sèches des Ecameaux et du Thuit-Anger. Leur bassin d'alimentation correspond très vraisemblablement au bassin topographique de ces deux vallées dont la superficie est de 14 km<sup>2</sup>. Toutefois, compte tenu de l'existence de niveaux karstiques en profondeur, une alimentation partielle par la haute vallée de l'Oison n'est pas exclue. Cette hypothèse demande à être vérifiée par des expériences de traçage à la fluorescéine.

#### 4 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES FORAGES

Les ouvrages ont été réalisés par la S.A.D.E de Saint André-lez-Lille (59) et par l'entreprise FORTIN de Rouen, sous-traitante pour le forage n° 2 et les piézomètres :

- le forage n° 3 du 17 septembre au 14 octobre 1969
- le forage n° 2 du 20 octobre au 13 novembre 1969
- le forage n° 1 du 12 novembre au 5 décembre 1969

Ils ont été effectués par battage au trépan. Leurs caractéristiques techniques sont les suivantes :

##### - Forage n° 1 Orival - Le Nouveau Monde (fig. 5)

de + 0,25 à - 19,00 m : colonne pleine de  $\varnothing$  0,40 m en tôle d'acier de 3,5 mm d'épaisseur

de - 19,00 à - 45,00 m : colonne perforée (3,5 % de vides) de  $\varnothing$  0,40 m en tôle d'acier de 3,5 mm d'épaisseur

cimentation annulaire entre tubage et terrain de - 6,00 m au niveau du sol.

##### - Forage n° 2 Orival - La Londe (fig. 6)

de + 0,15 à - 6,00 m : colonne pleine de  $\varnothing$  0,40 m en tôle d'acier de 3,5 mm d'épaisseur

de - 6,00 à - 35,00 m : colonne perforée de  $\varnothing$  0,40 m en tôle d'acier (3,5 % de vides) de 3,5 mm d'épaisseur

cimentation annulaire entre tubage et terrain de - 6,00 m au niveau du sol.

##### - Forage n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux (fig. 7)

de 0,00 à - 4,30 m : colonne pleine de  $\varnothing$  0,55 m en tôle d'acier de 4 mm d'épaisseur

de + 0,50 à - 13,75 m : colonne pleine de  $\varnothing$  0,40 m en tôle d'acier de 3,5 mm d'épaisseur

de - 13,75 à - 33,80 m : colonne perforée (3,5 % de vides) de  $\varnothing$  0,40 m en tôle d'acier de 3,5 mm d'épaisseur

de - 33,80 à - 40,00 m : terrain naturel

cimentation annulaire entre tubage de  $\varnothing$  0,40 m et terrain et entre tubages de  $\varnothing$  0,40 m et  $\varnothing$  0,55 m de - 6,00 m au niveau du sol.







5 - DESCRIPTION DES STATIONS D'ESSAI ET DU MATERIEL UTILISE  
(voir situation fig. 2, 3 et 4)

51 - Matériel de pompage

Pompes	Forage n°1	Forage n°2	Forage n° 3-Elbeuf - les Ecameaux		
	Orival - Nouveau Monde	Orival - La Londe	1er essai	2ème essai et longue durée	3ème essai débit maximum
Marque	Alta axe vertical	Alta axe vertical	Alta axe vertical	Alta axe vertical	Alta axe vertical
et type	260-60 T5	F320300 T3	260-100 T5	320-300 T2	VGF 320- 300 T4
Débit maxi.	150 m3/h	350 m3/h	150 m3/h	260 m3/h	350 m3/h
Hauteur mano- métrique cor- respondante	40 m	30 m			40 m
Crépine	39,50 m	25,65 m	34,10 m	24,65 m	25,80 m
Moteur	Tête de pompe de 60 CV et courroies	VG électrique 45 CV	électri- que 35 CV	électrique 35 CV	électri- que 80 CV
Source d'é- nergie	Moteur diesel Perkins 60 CV	Groupe électrogè- ne diesel	Groupe électro- gène diesel Alsthom	Groupe électro- gène diesel Alsthom	Groupe électro- gène diesel
Refoulement en tôle de Ø 300 mm sur une longueur de	35 m à 1'égout	125 m à 1'égout	8 m à 1'égout		

Mesure des débits : tubes jaugeurs type Pitot - Berkaloff

- tube de 4 " avec opercule de 3" pour les débits inférieurs à 70 m3/h
- tube de 6" avec opercule de 4"  $\frac{1}{2}$  pour les débits de 70 à 150 m3/h
- tube de 8" avec opercule de 6" pour les débits de 150 à 250 m3/h

- tube de 10" avec opercule de 7"  $\frac{1}{2}$  pour les débits de 200 à 400 m<sup>3</sup>/h
- une cuve de 2 m<sup>3</sup>.

52 - Mesure des niveaux

Les forages d'essai étaient équipés de tubes piézométriques et les niveaux relevés à la sonde électrique Rossignol.

Les piézomètres et puits d'observation (emplacement n° 2), les sources du Mont Duve et de la Fontaine du Sud à Elbeuf (emplacement n° 3) étaient équipés de limnigraphes Ott 16 à rotation journalière.

53 - Piézomètres

Deux piézomètres ont été réalisés en amont du forage n° 2 d'Orival - La Londe, dans l'axe de la vallée, dans le but d'étudier les caractéristiques hydrogéologiques de la nappe dans la zone de recherche. Ils ont été exécutés par battage au trépan. Les tubages sont en plastique lucoflex de diamètre intérieur 100 mm et crépinés dans la craie. Un massif filtrant de gravier est placé à l'extérieur du tubage.

D'autre part, le puits de la ferme Legois (123-4-47) et le forage de la gare d'Orival (123-4-62) ont été équipés pour les observations piézométriques.

Les caractéristiques des piézomètres sont les suivantes :

Points d'observations	Distance au forage en m	Situation	Profondeur en m	Ø intérieur en m	Hauteur crépinée en m	Equipement
P 1	50	W.N.W.	20	0,10	10	Limnigraphe Ott R 16 à rotation 24 h et échelle 1/10
P 2	150	W.N.W.	20	0,10	10	
P ferme Legois	85	S.S.E	10,50	1,00	0,50	
P gare Orival	60	S	15,80	1,10/0,22	2,00	

## 6 - ESSAIS DE DEBIT

Les essais de débit doivent se dérouler en deux phases :

- les essais préliminaires qui ont pour but de nettoyer le réservoir aquifère aux environs du puits par élimination des boues de forage, puis par pompages en paliers de durée égale à débit croissant afin de déterminer le débit maximum et le débit critique des ouvrages
- les essais prolongés à un débit constant choisi d'après les résultats des essais préliminaires et dont la durée (72 h au minimum) dépendra des rabattements observés en fonction du temps de pompage. Ces essais permettent de calculer les caractéristiques hydrauliques du réservoir et de connaître les conditions d'alimentation de la nappe.

### 61 - Forage n° 1 Orival - Le Nouveau Monde

Les essais de débit se sont déroulés les 22 et 23 janvier 1970 : 10 heures de pompage.

On a obtenu 3 m<sup>3</sup>/h environ avec un rabattement de 16 m. Les essais de développement du forage par pompages et arrêts alternés n'ont pas amélioré le rendement. En raison de ces résultats, les essais n'ont pas été poursuivis.

### 62 - Forage n° 2 Orival - La Londe

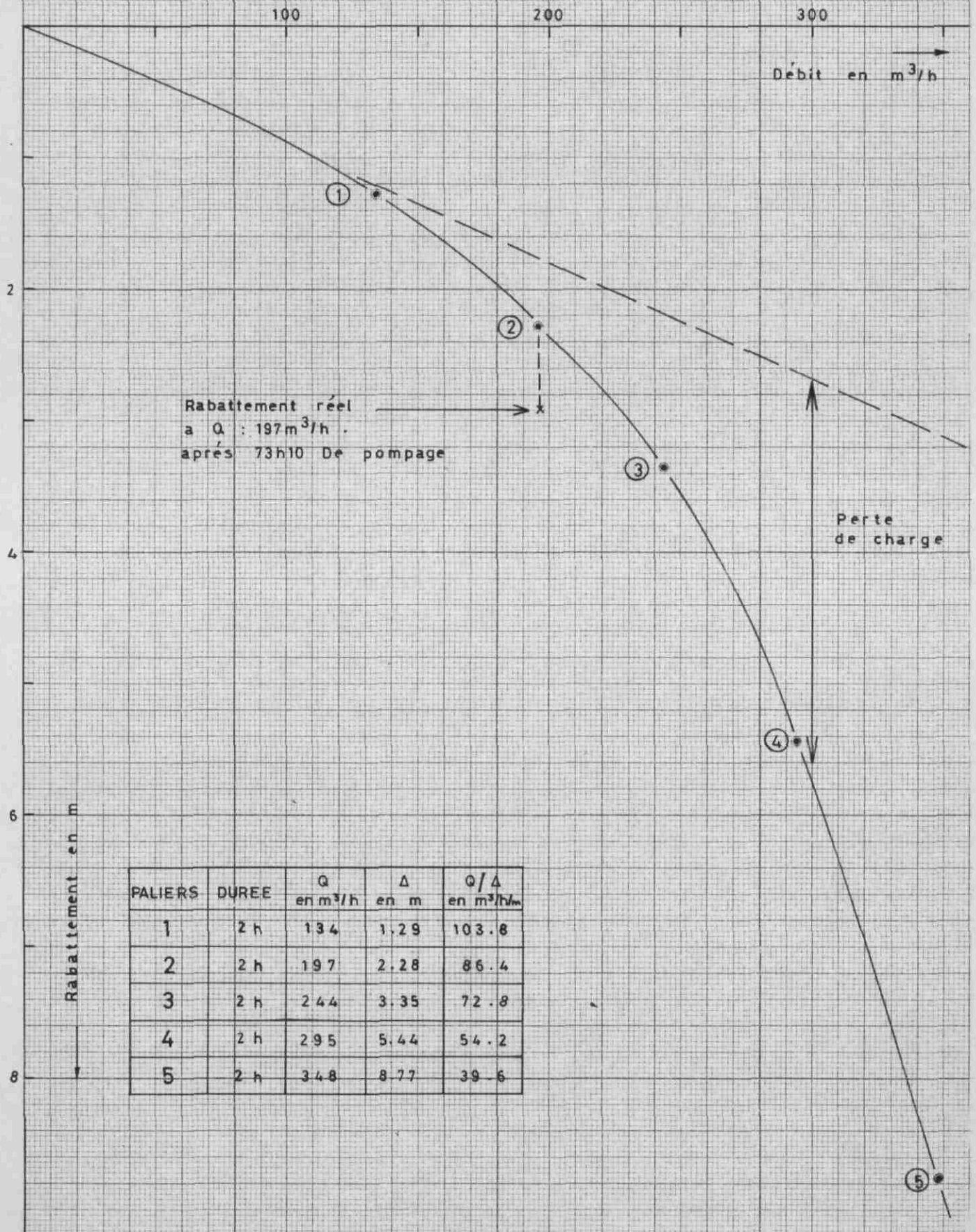
621 - Essais préliminaires : 17-18 novembre 1969

- le 17 novembre 1969 : 9 h 10 de pompage : nettoyage du forage et recherche du débit maximum mais impossibilité de relever les niveaux par suite de l'absence de tube piézométrique.

- le 18 novembre 1969 : installation d'un tube piézométrique 10 heures de pompages en 5 paliers d'égale durée de 2 h à débit croissant. Les résultats obtenus sont les suivants :

Débit		Rabattement			Débit spécifique	
		maximum	Spécifique			
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m/m <sup>3</sup> /h	m/m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h/m	m <sup>3</sup> /s/m
134	37,21.10 <sup>-3</sup>	1,29	9,6.10 <sup>-3</sup>	34,68	103,87	28,84.10 <sup>-3</sup>
197	54,71. "	2,28	11,5. "	41,67	86,40	23,99. "
244	67,76. "	3,35	13,7. "	49,43	72,83	20,26. "
295	81,93. "	5,44	18,4. "	66,39	54,22	15,06. "
348	96,64. "	8,77	25,2. "	90,74	39,68	11,01. "

# COURBE CARACTERISTIQUE DU FORAGE N°2 ORIVAL-LA LONDE



La courbe caractéristique de l'ouvrage (fig. 8) indique que le débit critique est atteint aux environs de 260 m<sup>3</sup>/h. Les pertes de charges sont importantes, de l'ordre de 100 % à 300 m<sup>3</sup>/h (83,31.10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s). Le débit utile du forage se situe à 200 m<sup>3</sup>/h (55,54.10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s). Cependant des acidifications sur un forage d'exploitation permettraient d'accroître le débit d'au moins 50 à 60 % pour un rabattement du même ordre de grandeur.

622 - Pompage prolongé à débit constant  
20-23 novembre 1969 (annexe 2)

Le pompage a débuté le 20 novembre 1969 à 8 h. En cours d'essai il avait été décidé de le poursuivre pendant cinq jours consécutifs, mais par suite d'une défaillance du groupe électrogène, le pompage a été interrompu le 23 novembre à 9 h 10. La durée totale de pompage a donc été de 73 h 10 au débit moyen de 197 m<sup>3</sup>/h (54,71.10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s)

Il faut noter qu'il a plu abondamment pendant les essais.

Après 73 h 10 de pompage, les rabattements étaient les suivants :

	<u>Distance en m</u>	<u>Rabattement en m</u>
Forage	0	2,91
P 1	50	0,83
P 2	150	0,635
P ferme	85	0,60
P gare	60	0,65

50 heures après l'arrêt de pompage la nappe avait retrouvé son niveau initial, ce qui témoigne d'une bonne alimentation de la nappe.

63 - Forage n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux

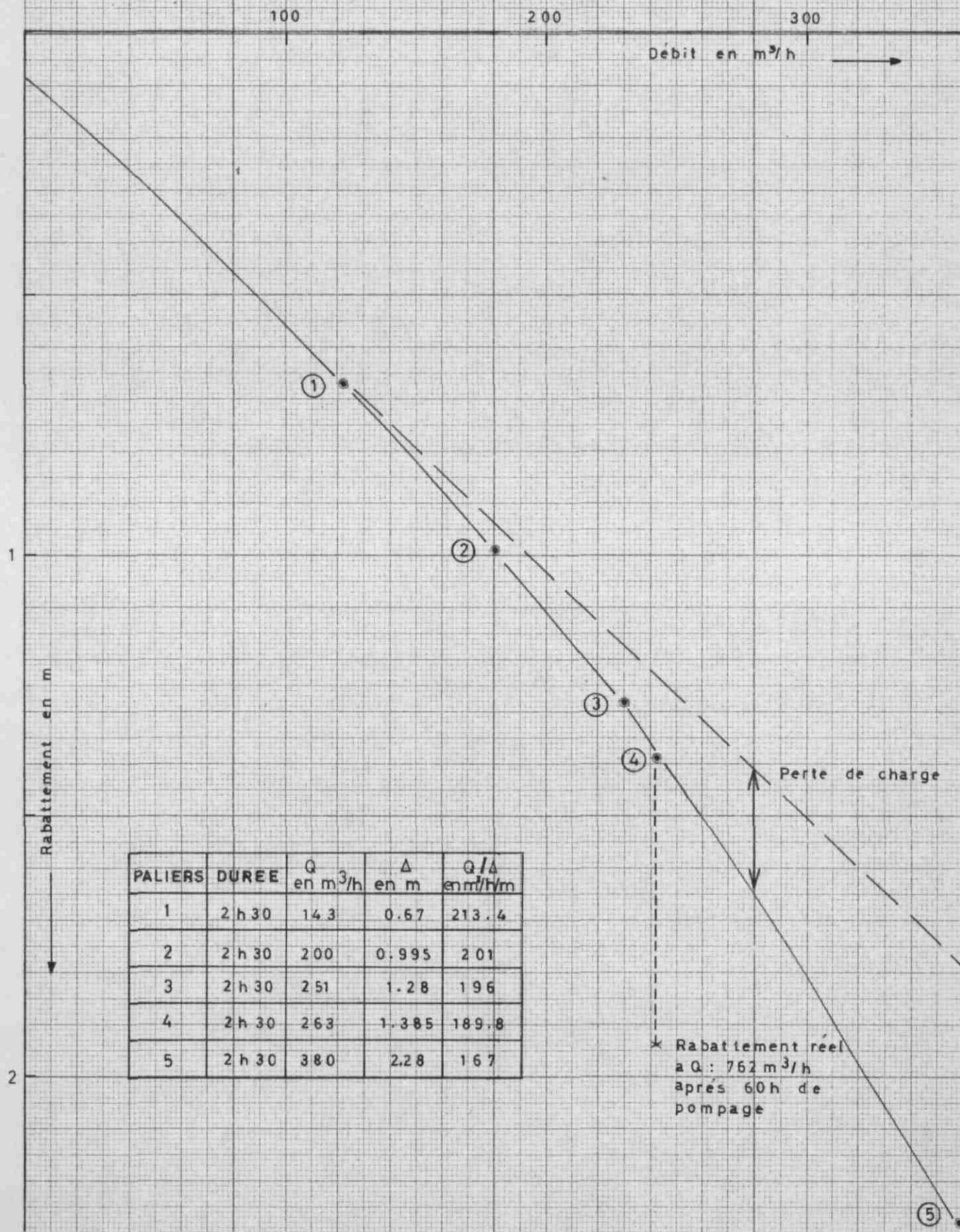
Les essais qui ont été effectués sur cet ouvrage ont été couplés avec des pompages sur la source du Mont Duve située à 540 m en aval.

631 - Essais préliminaires : 16 et 21 octobre 1969

- le 16 octobre 1969 : 10 heures de pompage pour nettoyer le forage et rechercher le débit maximum. La pompe ne pouvant débiter plus de 140 m<sup>3</sup>/h (38,88.10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s) il est décidé d'installer un nouveau groupe de pompage.

- le 21 octobre 1969, après installation d'une nouvelle pompe, 10 heures de pompage en 4 paliers à débit croissant et d'égale durée de 2 h 30. Simultanément pompage sur la source du Mont Duve au débit moyen de 260 m<sup>3</sup>/h (72,21.10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s).

# COURBE CARACTERISTIQUE DU FORAGE N°3 ELBEUF LES ECAMEAUX



632 - Recherche du débit maximum : 8-9 décembre 1969

Le débit maximum n'ayant encore pu être déterminé lors du précédent pompage de nouveaux essais ont été effectués après le pompage de longue durée et la descente dans le forage d'une pompe plus puissante (voir § 51).

- le 8 décembre 1969 : 8 heures de pompage simultané sur le forage et la source du Mont Duve

- le 9 décembre 1969 : 10 heures de pompage sur le forage. Le pompage sur la source a dû être interrompu au bout de 7 heures d'essai simultané, le rabattement atteignant la limite de désamorçage de la pompe.

Les résultats de ces différents essais sont les suivants :

Débit F 3		Rabattement			Débit spécifique		Rabattement source Duve (1)		Durée essais couplés
		maximum	spécifique				in-duit (2)	total (3)	
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m/m <sup>3</sup> /h	m/m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h/m	m <sup>3</sup> /s/m	m	m	
143	39,71.10 <sup>-3</sup>	0,67	4,6.10 <sup>-3</sup>	16,87	213,43	59,26.10 <sup>-3</sup>	0,25	1,14	2 h 30
200	55,54. "	0,995	4,9. "	17,92	201,00	55,81. "	0,34	1,23	2 h 30
251	69,71. "	1,28	5,0. "	18,36	196,09	54,46. "	0,49	1,38	2 h 30
263	73,04. "	1,385	5,2. "	18,97	189,89	52,73. "	0,55	1,44	2 h 30
380	105,53. "	2,52	6,6. "	23,87	150,79	41,87. "	1,04	1,93	8 h

(1) Pendant pompage simultané à 260 m<sup>3</sup>/h

(2) Provoqué par le pompage sur le F 3

(3) Pompage sur F 3 + source

D'après la courbe caractéristique de l'ouvrage (fig. 9) on constate que les pertes de charges sont très faibles. La pente presque rectiligne, caractérise une nappe captive. D'autre part, le débit critique de l'ouvrage n'a pas été atteint.

633 - Pompage prolongé à débit constant :  
22-24 octobre 1969 (annexe 3)

Le pompage a débuté le 22 octobre 1969 à 8 h 30

et s'est poursuivi jusqu'au 24 octobre à 20 h 30, soit pendant une durée de 60 heures au débit moyen de 262 m<sup>3</sup>/h ( $72,76 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s). Une panne du groupe électrogène diesel a provoqué l'arrêt prématuré de l'essai dont la durée avait été initialement fixée à 72 heures. D'autre part, cet essai a été couplé avec un pompage sur la source du Mont Duve qui s'est effectué au débit moyen de 260 m<sup>3</sup>/h ( $72,21 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s).

Les rabattements en fin d'essai étaient les suivants :

<u>Forage n° 3</u>	1,99 m
<u>Source du Mont Duve</u>	1,58 m

7 - INTERPRETATION DES ESSAIS ET CALCUL DES PARAMETRES  
HYDRAULIQUES (1)

Les formules utilisées pour la détermination des paramètres hydrauliques sont données en annexe (annexe 1).

71 - Forage d'essai n° 1 Orival - Le Nouveau Monde

Compte tenu de l'insuffisance du débit on n'a pu procéder à des essais pour déterminer les paramètres hydrauliques.

72 - Forage d'essai n° 2 Orival - La Londe

La station d'essai comportait cinq points d'observation : forage, R1, R2, P.ferme Legois et P.gare d'Orival (fig. 3).

721 - Courbes de descente de la nappe (fig. 10-11)

Les courbes de descente de la nappe en coordonnées semi-logarithmiques, sur les piézomètres n° 1 et n° 2 dessinent un S.

- La 1ère partie de la descente jusqu'à environ 2 h (R1 et P.gare), 3 h (R2 et P.ferme) après le début du pompage correspond à la vidange des couches conductrices formées vraisemblablement par les premiers mètres de craie fissurée captifs sous la couche de limons et d'argile.

- ensuite une 1ère pente  $i_1$  de 0,30 m à 0,37 m sur R1, R2 et P.gare jusqu'à  $t = 20$  heures

- puis une pente  $i_2$  comprise entre 0,42 m et 0,51 m identique sur les 4 piézomètres jusqu'à la fin de l'essai.

722 - Transmissivités - coefficients d'emmagasinement

Les paramètres hydrauliques ont été calculés par la méthode d'approximation logarithmique de Jacob (annexe 1 § 223).

Valeurs obtenues à la descente de la nappe :

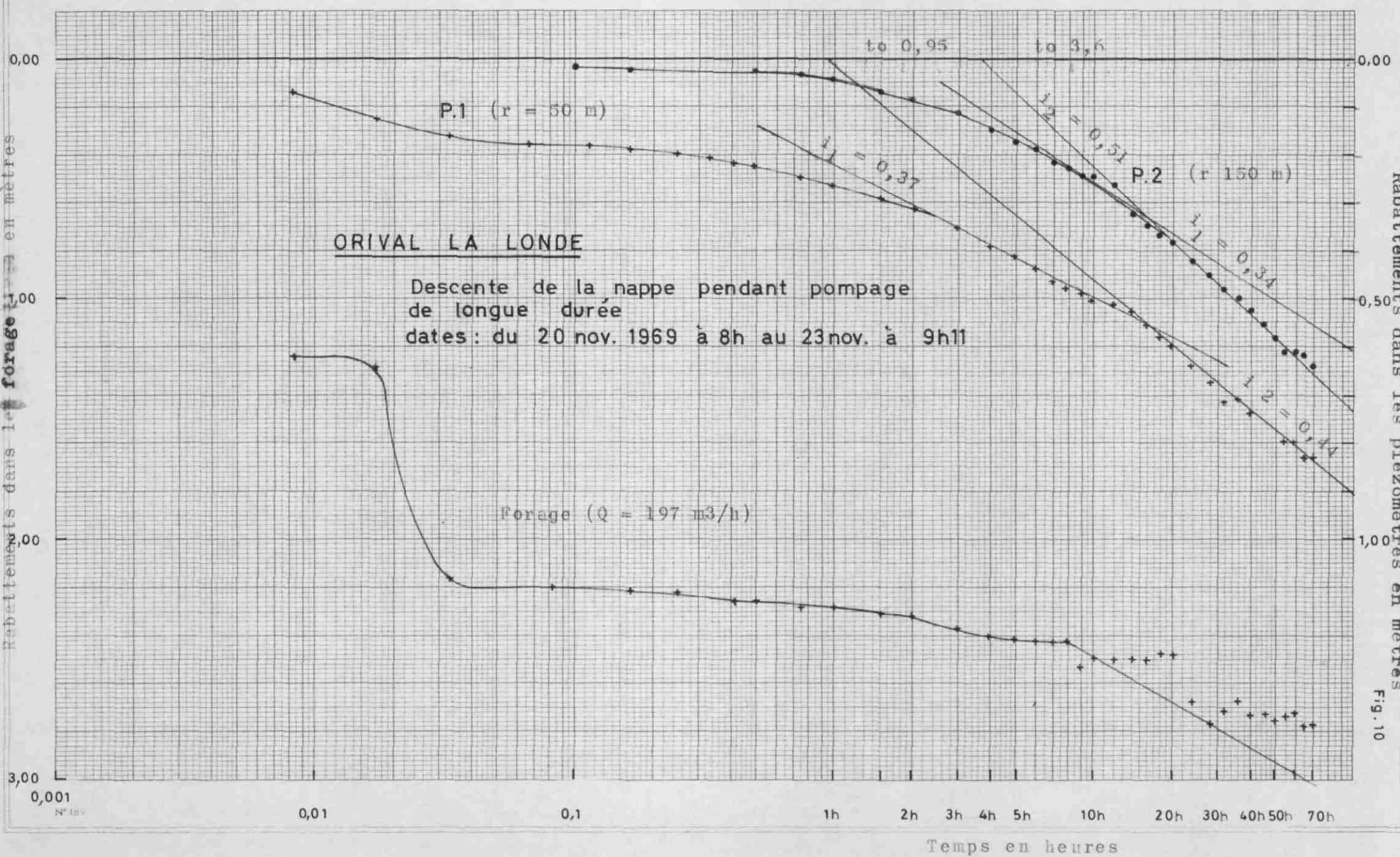
---

(1) voir rapports B.R.G.M - 68 SGL 142 et 144 PNO  
et 69 SGL 158 PNO

---

Rabattements dans les forages en mètres

Rabattements dans les piézomètres en mètres  
Fig. 10



Rabatement dans les piezomètres en mètres

ORIVAL LA LONDE

Descente de la nappe pendant pompage  
de longue durée

dates: du 20 nov. 1969 à 8h au 28 nov. à 9h11

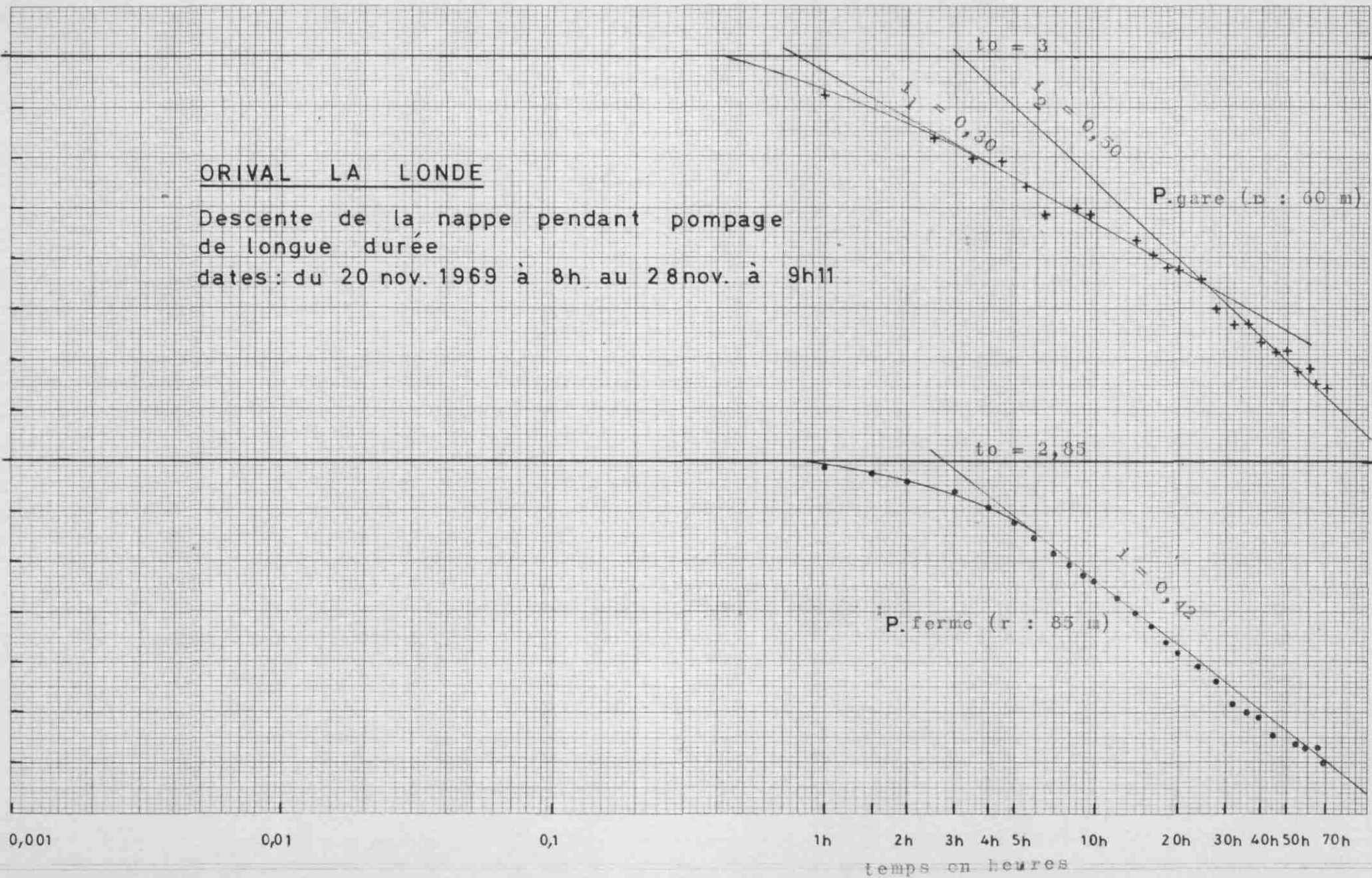


Fig. 11

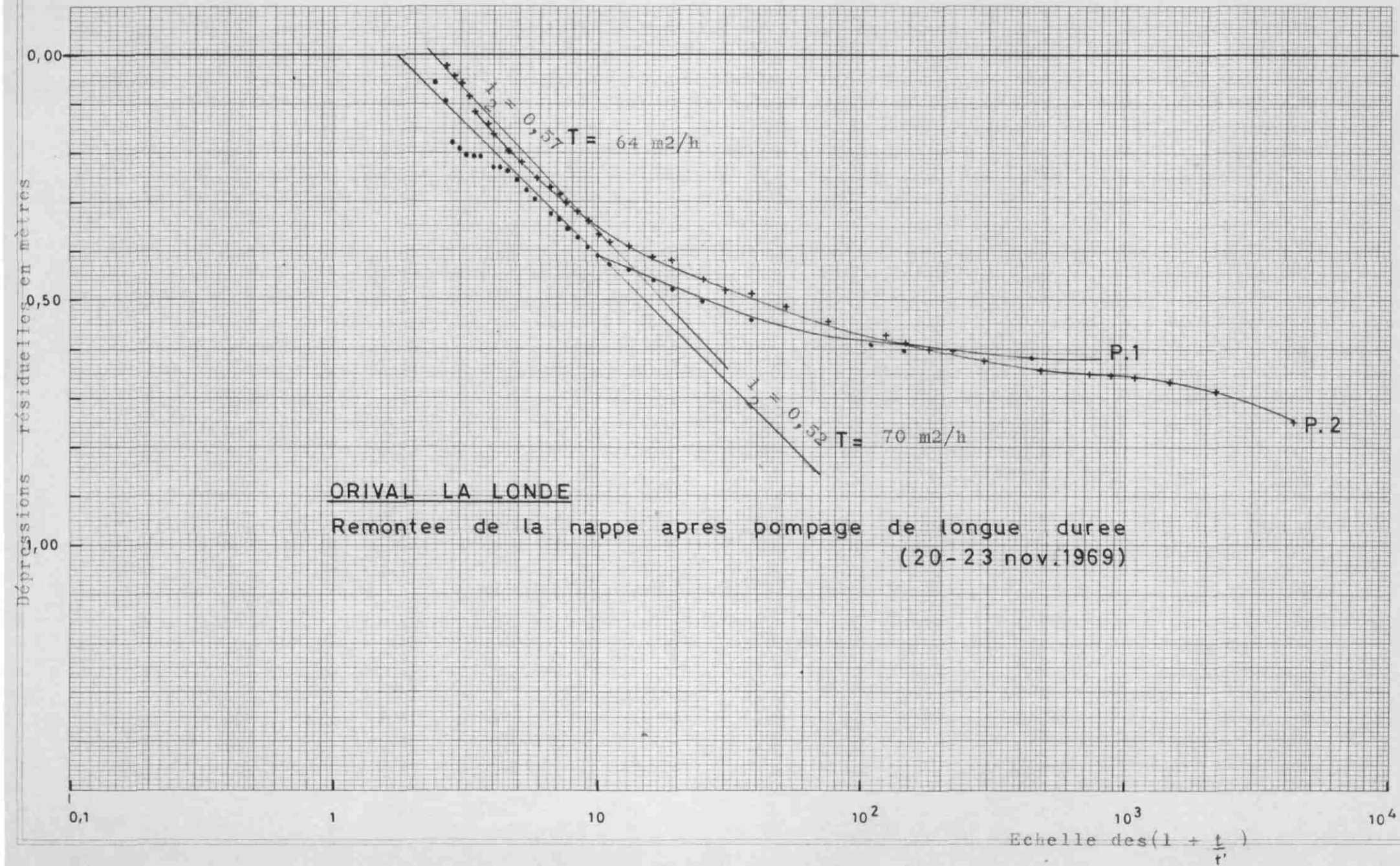


Fig. 12

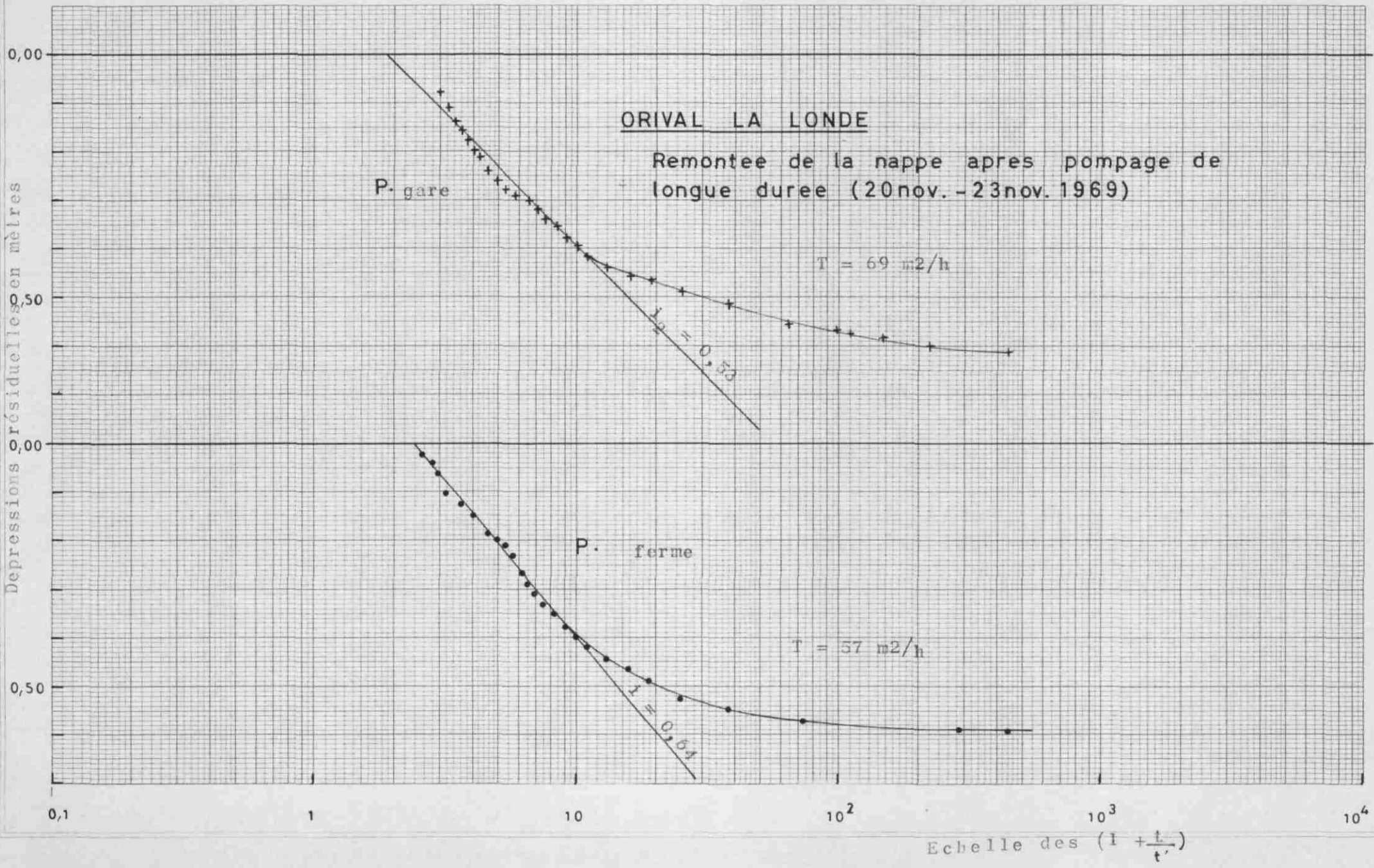


Fig. 13

	r	i <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>		i <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>		t <sub>0</sub>	S
	m		m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /s		m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /s		
P1	50	0,37	98	2,44.10 <sup>-2</sup>	0,44	83	2,30.10 <sup>-2</sup>	0,95	7.10 <sup>-2</sup>
P2	150	0,34	107	2,97. "	0,51	71	1,97. "	3,6	2,5. "
P gare	60	0,30	122	3,38. "	0,50	73	2,02. "	3	13,7. "
P ferme	85				0,42	87	2,41. "	2,85	6,9. "
Moyenne					0,47	78	2,17.10 <sup>-2</sup>		

- les transmissivités calculées sur la 1ère pente i<sub>1</sub> correspondent à une strate conductrice d'eau privilégiée.

- nous retiendrons la dernière partie de la descente de pente i<sub>2</sub> pour le calcul des paramètres hydrauliques.

- les valeurs de transmissivités comprises entre 71 m<sup>2</sup>/h (1,97.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s) et 87 m<sup>2</sup>/h (2,41.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s) sont assez homogènes

- le coefficient d'emmagasinement de valeur 2,5.10<sup>-2</sup> calculé à la descente du P2 situé à 150 m en amont du point de pompage peut, être considéré comme étant le plus représentatif de la zone. Cette valeur représente en fait S + S', S étant le coefficient d'emmagasinement du réservoir et S' le coefficient d'emmagasinement de la couche conductrice privilégiée.

Les transmissivités ont aussi été calculées à la remontée de la nappe après arrêt de pompage (fig. 12, 13). Les valeurs sont légèrement inférieures à celles obtenues à la descente :

	i	T	
		m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /s
entre le forage et P1	0,52	70	1,94.10 <sup>-2</sup>
" P2	0,57	64	1,77.10 <sup>-2</sup>
" P gare	0,53	69	1,91.10 <sup>-2</sup>
" P ferme	0,64	57	1,57.10 <sup>-2</sup>

### 723 - Calcul du rayon d'influence

Le rayon d'influence ou réaction d'action est le

rayon du périmètre de la nappe influencé par le pompage.  
On peut le calculer par l'expression :

$$r = 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}} \quad (\text{annexe 1 } \S 3)$$

T moyen = 78 m<sup>2</sup>/h

t = 73 heures

S = 2,5.10<sup>-2</sup>

r = 715 m

cette valeur est très inférieure à celle qu'on a pu mettre en évidence sur le terrain par la pente entre les 2 piézomètres P1 et P2 et qui atteint 6 000 m. Nous pensons que la valeur donnée par le calcul est la plus vraisemblable mais nous n'avons pu déterminer quelles sont les causes d'une telle différence.

#### 724 - Recherche de la limite d'alimentation

A la fin de l'essai aucune stabilisation n'était amorcée, c'est-à-dire que l'équilibre entre l'alimentation de la nappe et le débit pompé n'était pas atteint et la descente s'effectuait toujours selon la même pente (rabattement en fonction du logarithme du temps). On suppose que la limite d'alimentation doit être formée par la Seine située à 1 000 m en aval de la zone de pompage.

D'après la formule :  $y = \frac{0,366 Q}{T} \log \frac{x}{r}$  (annexe I § 4)

et les valeurs suivantes appliquées au piézomètre n° 1 :

Q = 200 m<sup>3</sup>/h (55,54.10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s)

T = 83 m<sup>2</sup>/h (2,30.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s)

x = 1 000 m            r = 50 m

le calcul montre que la stabilisation devrait être atteinte pour un rabattement de la nappe de 1,15 m sur le piézomètre n° 1, soit en extrapolant la courbe de descente au bout de 280 heures de pompage. Sur le forage d'essai au bout de 280 h le rabattement serait de 3,50 m.

#### 73 - Forage d'essai n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux

##### 731 - Courbes de descente de la nappe (fig 15)

La courbe de descente de la nappe en coordonnées semi-logarithmiques pendant l'essai de 60 heures indique que l'effet de capacité s'est manifesté pendant les 6 premières minutes de pompage. Ensuite elle prend la forme d'une droite jusqu'à 35 heures, puis on constate une amorce de stabilisation qui se précise à partir de 55 heures après le début

du pompage. La stabilisation semble avoir été atteinte en fin de pompage, mais la durée d'observation a été insuffisante pour qu'on puisse être assuré d'une stabilisation définitive.

La descente de la nappe s'est effectuée avec la même pente au niveau de la source du Mont Duve ; les irrégularités relevées sur la courbe sont dues à des modifications dans le régime de pompage.

### 732 - Transmissivités - coefficients d'emmagasinement

On peut calculer la transmissivité à partir de la descente de la nappe sur le forage pendant l'essai en appliquant la formule de Jacob (annexe 1 § 223):

$$Q = Q_1 F_3 + Q_2 \text{ Source} = 262 + 260 = 522 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (0,145 m}^3/\text{s)}$$

$$i = 0,38$$

$$\underline{T = 251 \text{ m}^2/\text{h} \text{ (6,97.10}^{-2} \text{ m}^2/\text{s)}$$

D'autre part, les paramètres hydrauliques ont été calculés par la méthode de Theis (annexe 1 § 222) à partir d'un pompage d'une durée de 19 h 50 effectué les 13 et 14 novembre 1969 sur la source du Mont Duve ; le forage d'essai n° 3 a été utilisé comme piézomètre (voir fig 15)

$$T = 0,08.Q \text{ (y/D)}$$

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (0,0805 m}^3/\text{s)}$$

$$D = 0,1 \quad y = 2$$

$$\underline{T = 464 \text{ m}^2/\text{h} \text{ (12,88.10}^{-2} \text{ m}^2/\text{s)}$$

La valeur de transmissivité précédemment obtenue (251 m<sup>2</sup>/h) est plus faible du fait des pertes de charges sur le forage.

$$S = \frac{2,25.T.t}{r^2 x}$$

$$t = 10 \quad x = 400$$

$$r^2 = (540)^2$$

$$\underline{S = 1,6.10^{-4}}$$

Cette valeur de coefficient d'emmagasinement est très faible et caractéristique d'une nappe captive.

### 733 - Limite d'alimentation

La stabilisation amorcée en fin de pompage indique que la limite d'alimentation de la nappe a pu être atteinte. La Seine située à environ 1 250 m en aval de la zone de pompage pourrait constituer ici la limite la plus éloignée.

Cependant du fait que même en fin de pompage il existait encore une différence de cote importante entre les niveaux de la nappe dans la vallée des Ecameaux et la vallée de la Seine, cette zone de réalimentation possible n'a pas été atteinte. Par contre la limite atteinte pourrait correspondre à la ligne d'émergences des sources du Puchot.

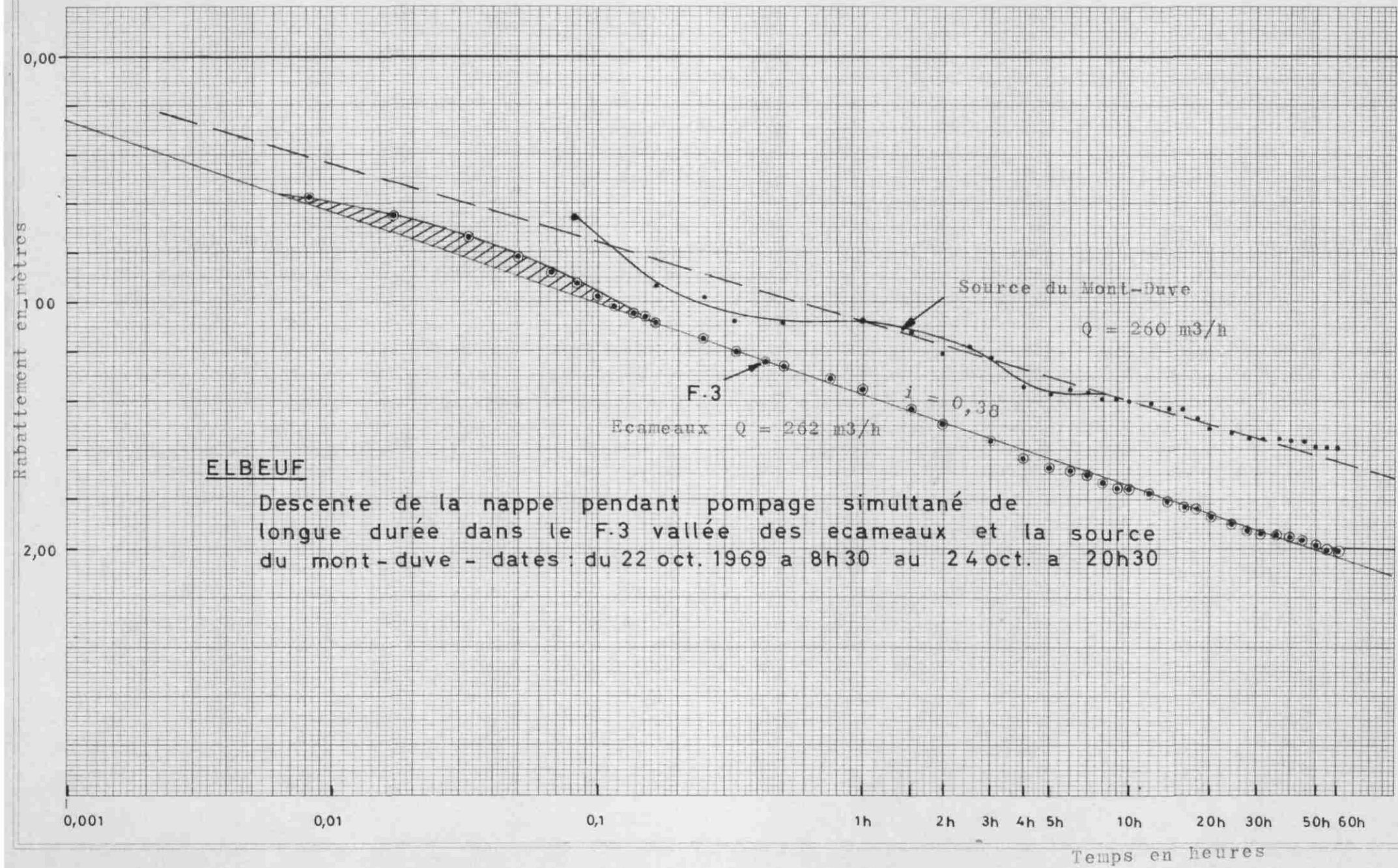
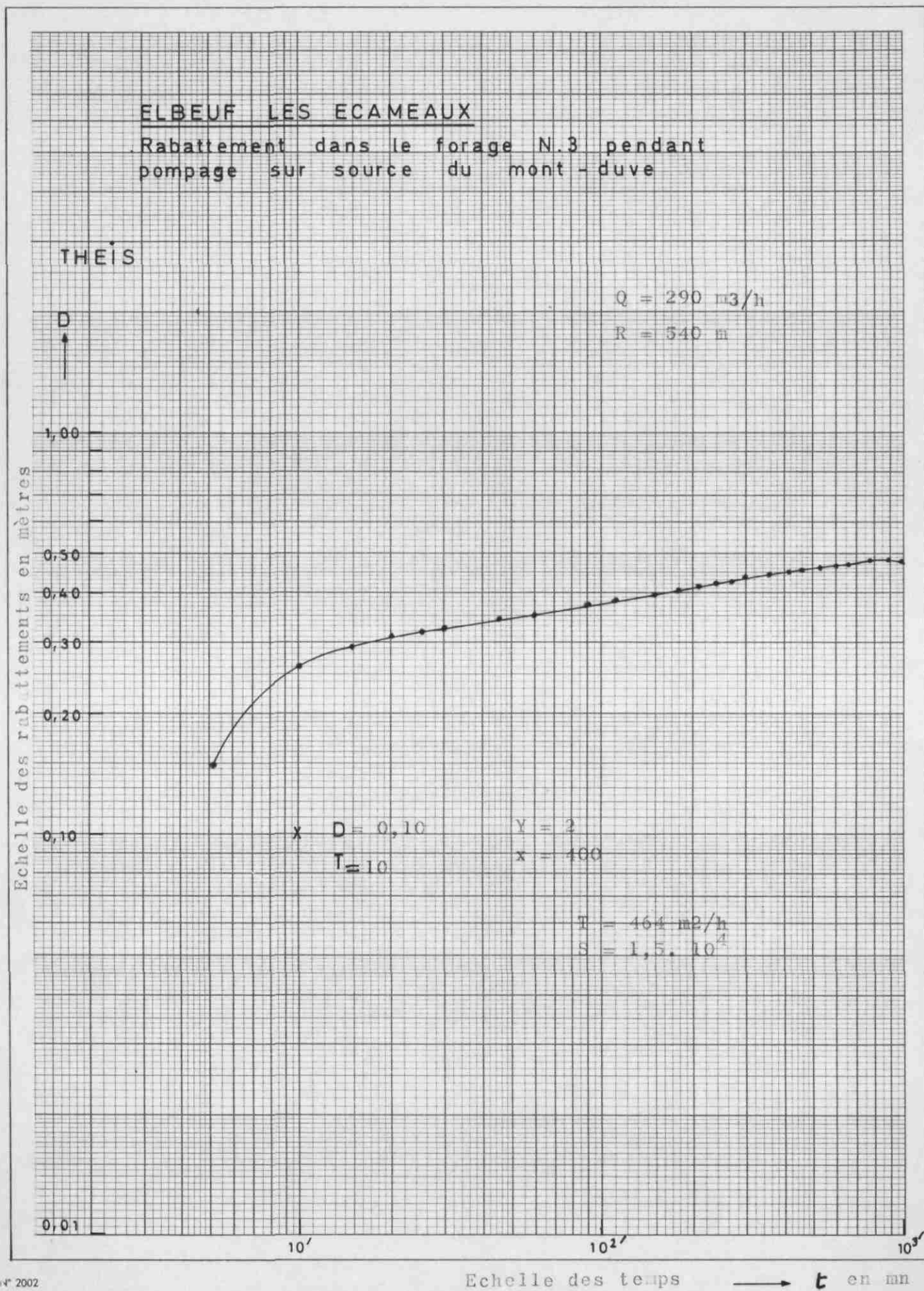


Fig. 14



8 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX

81 - Températures

Durant les essais et quelles que soient les variations de la température extérieure, la température des eaux des forages est restée constante :

11°3 au forage n° 2 d'Orival  
11°9 au forage n° 3 d'Elbeuf

82 - Chimie des eaux

Les analyses chimiques ont été effectuées sur les eaux prélevées à la fin des pompages prolongés par les laboratoires du B.R.G.M à Orléans la Source (45)

<u>Analyses physico-chimiques</u>	<u>F2 Orival</u>	<u>F3 Elbeuf</u>
Date du prélèvement	23.11.1969	24.10.1969
N° d'analyse	7034/707	6954/665
pH	7,25	7,3
Résistivité à 18° C $\sqrt{L}$ /cm2	2,225	2,000
Dureté °F	26	28,5
Résidu sec 105°C en mg/1	304,75	330,00
Calcium en mg/1 de Ca <sup>++</sup>	83,40	98,80
Magnésium " de Mg <sup>++</sup>	12,00	9,4
Sodium " de Na <sup>+</sup>	12,40	9,6
Potassium " de K <sup>+</sup>	1,43	1,2
Fer " de Fe <sup>++</sup>	0,04	0,01
Carbonates " de CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	295,24	324,5
Chlorures " de Cl <sup>-</sup>	20,59	14,9
Sulfates " de SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	7	6,00
Nitrates " de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,20	11,9
Silice " de SiO <sub>2</sub>		13,5

A partir des résultats exprimés en mg/1 on peut établir les balances ioniques en milliequivalents-grammes (fig 16).

Forage n° 2 Orival - La Londe

r Ca <sup>++</sup>	4,16	r CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	4,83
r Mg <sup>++</sup>	0,98	r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,14
r Na <sup>+</sup>	0,53	r Cl <sup>-</sup>	0,58
r K <sup>+</sup>	0,03	r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,13
Total	5,70		5,68

Forage n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux

r Ca <sup>++</sup>	4,93	r CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	5,30
r Mg <sup>++</sup>	0,75	r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,13
r Na <sup>+</sup>	0,41	r Cl <sup>-</sup>	0,42
r K <sup>+</sup>	0,03	r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,19
	<hr/>		<hr/>
Total	6,12		6,04

Les eaux sont carbonatées-calciques, assez dures, normales pour des eaux de la craie. Elles sont potables au point de vue chimique. L'eau provenant du forage n° 2 d'Orival d'après la classification de G. Waterlot (fig 17) peut être considérée comme étant de première qualité.

83 - Bactériologie

Les analyses bactériologiques ont été effectuées par le laboratoire municipal de Rouen. Les eaux sont potables au point de vue bactériologique.

Cependant, la présence de clostridium Perfringens dans les eaux du forage n° 3 d'Elbeuf - Les Ecameaux, indique une contamination fécale ancienne. Les analyses de surveillance réalisées depuis plusieurs années sur les eaux de la source du Mont Duve ont mis en évidence une pollution d'origine bactériologique (présence de colibacilles) à intervalle très irrégulier. L'origine exacte de cette pollution reste à déterminer et on peut envisager quatre hypothèses qui peuvent d'ailleurs être complémentaires :

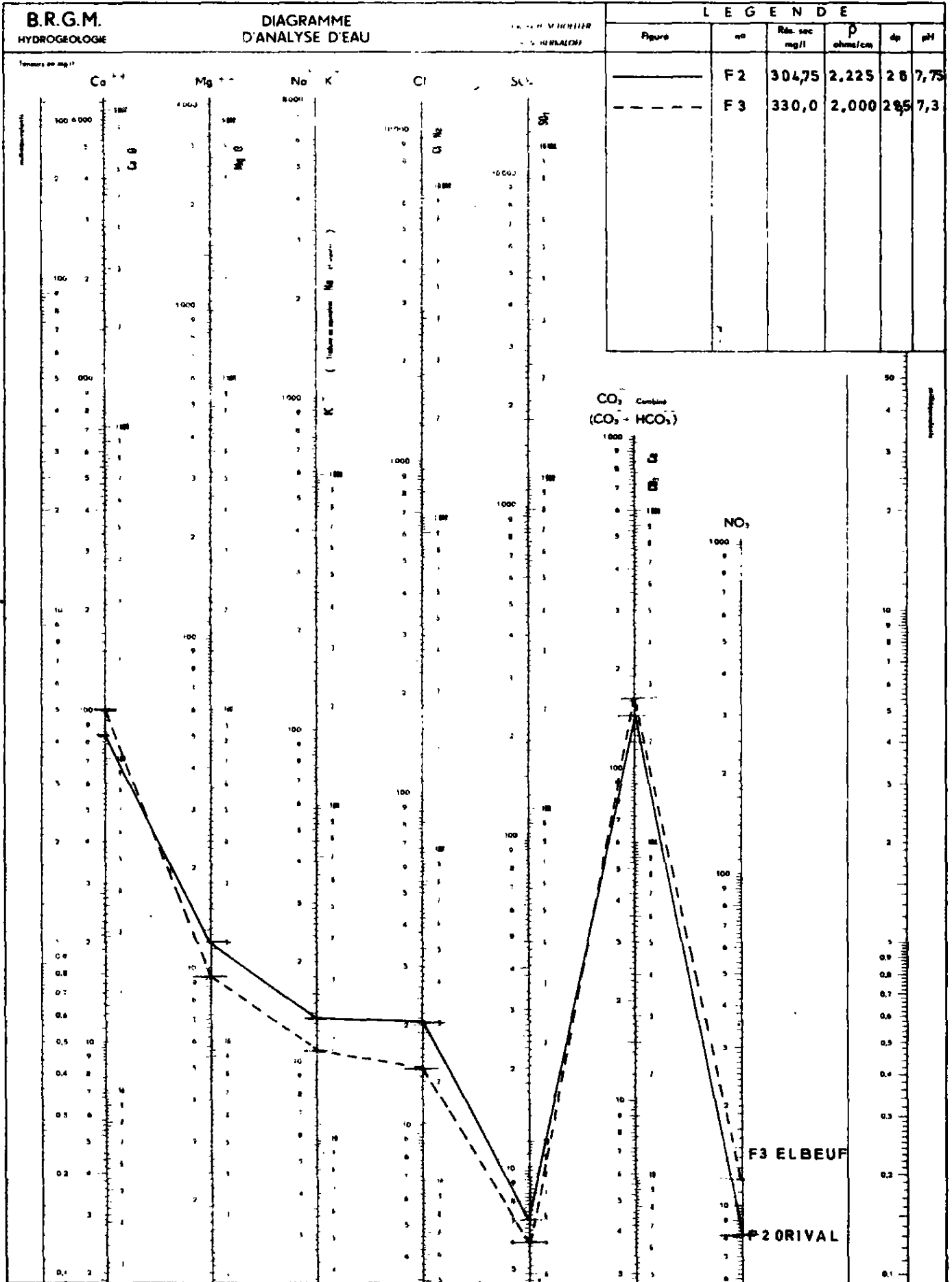
1° la source du Mont Duve étant située à l'aval d'une zone d'habitations anciennes qui ne seraient pas toutes rattachées au tout-à-l'égout, les usagers doivent rejeter leurs eaux usées dans des puisards. Il est donc urgent en premier lieu de terminer l'assainissement de ce quartier ;

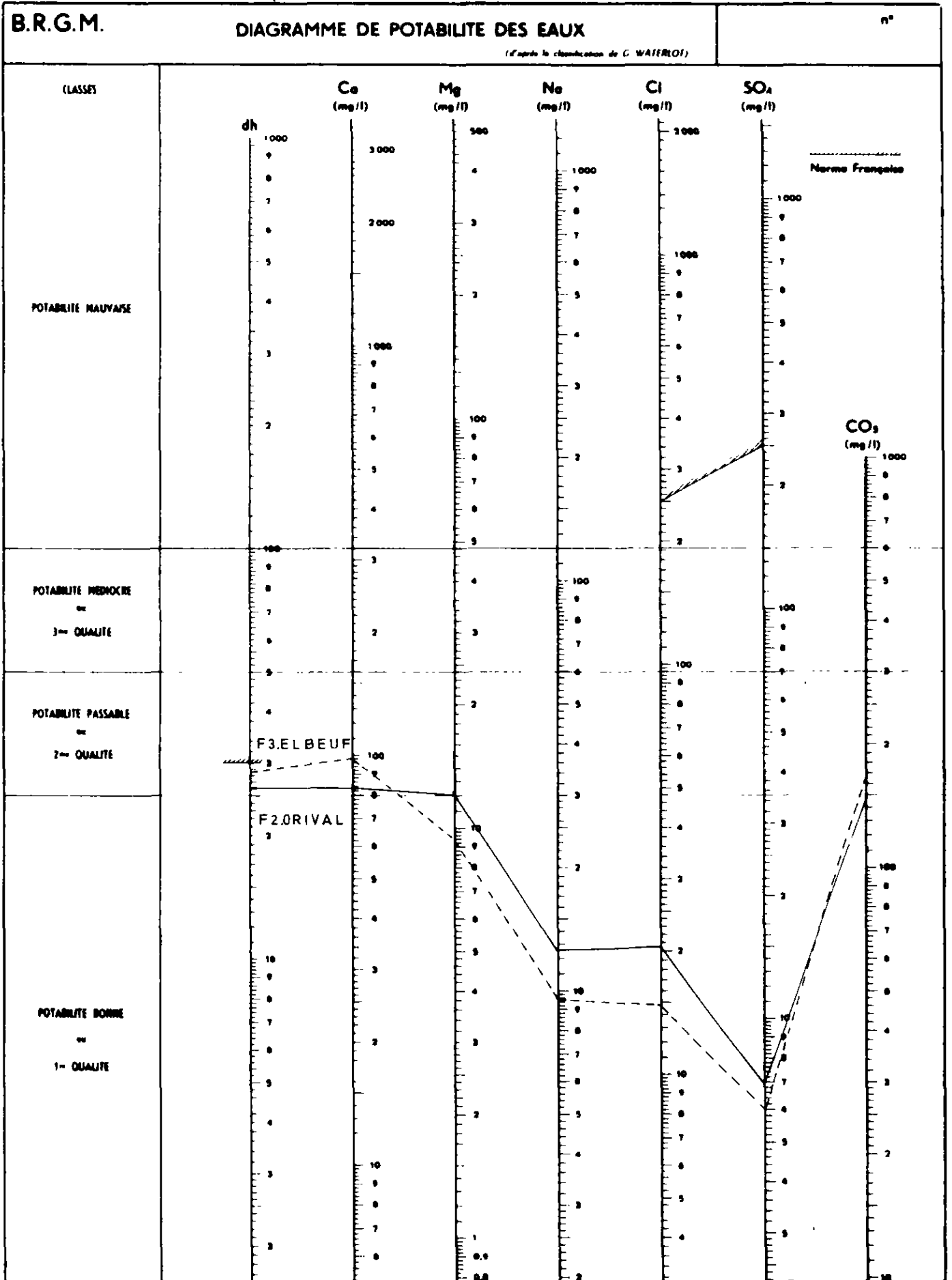
2° la présence dans le vallon du Thuit-Anger d'un important dépôt d'ordures estimé à un volume de 100 000 m<sup>3</sup>. Lors de sa traversée les eaux d'infiltration peuvent être contaminées et contaminer à leur tour le sous-écoulement du vallon ;

3° plusieurs lotissements situés sur le plateau dans les bassins d'alimentation des vallons des Ecameaux (St Ouen du Tilleul, Thuit-Anger) rejettent leurs eaux usées au moyen de puisards d'une trentaine de mètres de profondeur et qui atteignent la craie. Si les dispositifs d'épuration sont insuffisants ou d'un fonctionnement défectueux, les eaux rejetées contaminent la nappe ;

4° On n'écarte pas la possibilité d'une communication entre le réseau karstique et les eaux superficielles du bassin de l'Oison.

Compte tenu de l'importance des ressources dans





le secteur du Mont Duve nous proposons les types de travaux suivants : étude microbiologique régulière des eaux ; inventaire des points possibles de pollution avec examen des dispositifs d'épuration et analyse périodique des eaux usées et vérification des directions et vitesses d'écoulement par des expériences de traçage à la fluorescéine. On pourrait également tenter une coloration à partir de puits implantés dans la haute vallée de l'Oison.

## 9 - CONCLUSIONS ET PROGRAMME DE RECHERCHES COMPLEMENTAIRES

### Résultats obtenus :

#### Forage n° 1 Orival - Le Nouveau Monde

Des trois forages réalisés dans la région d'Elbeuf seul le F1 a abouti à un échec. Nous avons obtenu un débit de 3 m<sup>3</sup>/h avec un rabattement non stabilisé de 16 m.

#### Forage n° 2 Orival - La Londe

Les travaux de forage se sont effectués dans un terrain bien fissuré, très aquifère.

Le forage a été testé pendant 73 h au débit utile de 200 m<sup>3</sup>/h ; le rabattement correspondant était de 2,91 m. Les transmissivités sont comprises entre 71 et 87 m<sup>2</sup>/h et le coefficient d'emmagasinement à une valeur moyenne de 2,5 %. Le rayon d'influence du forage est de 715 m. La limite d'alimentation est probablement représentée par la Seine située à 1 000 m en aval. En conséquence la calcul a montré que la stabilisation devrait être obtenue au bout de 280 heures pour un rabattement de 3,50 m sur le forage. Un captage d'exploitation effectué en plus grand diamètre et après acidification devrait fournir un débit de 300 m<sup>3</sup>/h avec un rabattement de l'ordre de 3 m.

On a estimé le débit naturel du site à 900 m<sup>3</sup>/h. Il serait possible de placer un second forage à 300 m à l'amont du premier capable d'un débit sensiblement équivalent. On pourrait ainsi prélever dans le vallon de la Londe 500 à 600 m<sup>3</sup>/h soit 10 000 à 12 000 m<sup>3</sup>/j.

#### Forage n° 3 Elbeuf - Les Ecameaux

Le forage n° 3 a également fourni d'excellents résultats, puisqu'à 380 m<sup>3</sup>/h et avec un rabattement de 2,52 m on n'a pas atteint le débit critique de l'ouvrage et que l'on pompait simultanément sur la source du Mont Duve au débit de 260 m<sup>3</sup>/h ; l'essai n'a dû d'être arrêté qu'à la profondeur insuffisante de la bache de captage et des crépines des pompes. Par ailleurs pour l'essai prolongé à 260 m<sup>3</sup>/h, la stabilisation a été atteinte au bout de 55 h avec un rabattement de 1,99 m. Il semble que la limite d'alimentation atteinte corresponde à la ligne d'émergences que constituent les sources du Puchot. Le forage est implanté dans une zone karstique comme l'ont prouvé les vitesses de circulation de l'ordre de 500 m/h et les fortes transmissivités (de 251 à 464 m<sup>2</sup>/h). Le très faible coefficient d'emmagasinement ( $1,6 \cdot 10^{-4}$ ) est caractéristique d'une nappe captive.

D'ores et déjà il semble que l'on puisse prélever (au confluent des vallons des Ecameaux et du Thuit-Anger)

600 à 700 m<sup>3</sup>/h, soit 12 000 à 14 000 m<sup>3</sup>/j sous réserve d'approfondir le captage du Mont Duve ou de le remplacer par un forage. Mais le problème le plus important est celui de la contamination bactériologique dont l'origine n'est pas totalement élucidée.

#### Programme de recherches complémentaires

##### Vallon du Nouveau Monde

Compte tenu du très faible débit obtenu il est inutile de tenter une seconde expérience dans ce vallon, même en envisageant des acidifications.

##### Vallon de La Londe

Les résultats étant très encourageants, nous conseillons vivement de poursuivre l'étude du site en réalisant un second forage d'essai situé à 250 m à l'amont du premier et de caractéristiques identiques. Trois piézomètres complémentaires seraient creusés, deux à l'amont du second forage et le troisième entre les deux forages. Dans une dernière phase on pourrait envisager l'acidification des deux forages d'essai, puis des pompages simultanés et de longue durée (8 à 10 jours) sur les deux ouvrages.

##### Région d'Elbeuf

Sur le plan des ressources il n'est pas possible d'effectuer des pompages à un débit plus élevé sur le forage n° 3 et la source du Mont Duve, la bache de captage de celle-ci étant de profondeur insuffisante. Par contre il serait utile de réaliser un forage de 30 m de profondeur en grand diamètre dans la cour de l'hôpital. Si les résultats sont positifs et pour augmenter les possibilités de prélèvements il restera à faire un choix entre la réalisation d'un second forage à proximité de la source ou l'approfondissement de celle-ci.

Sur le plan de la qualité bactériologique des eaux on procédera à l'étude microbiologique régulière des eaux, à l'inventaire des points possibles de pollution et à l'analyse périodique des eaux usées, à la vérification des directions et vitesses d'écoulement par des expériences de traçage à la

fluorescéine. D'autre part, on réalisera un forage de 45 m de profondeur dans le vallon du Thuit-Anger en aval du dépôt d'ordures. Il aura pour but essentiel de déterminer si les contaminations sont plus fortes dans ce secteur. Par ailleurs il nous renseignera sur les caractéristiques de la nappe dans ce vallon et sur ses relations avec la source du Mont Duve.

MONT SAINT AIGNAN - Février 1970

J.C. ROUX  
Docteur en hydrogéologie  
Chef du Service géologique régional  
PICARDIE - NORMANDIE  
du B.R.G.M

S. VAN DEN AVENNE  
Hydrogéologue  
au B.R.G.M

avec la collaboration de :

P. ENJALBERT  
J. TREMBERT } Techniciens au B.R.G.M

## ANNEXE 1

### FORMULES UTILISEES POUR LA DETERMINATION DES PARAMETRES HYDRAULIQUES

#### 1 - DEFINITIONS

Effet de capacité : " vidange " du puits pendant les premiers instants de pompage.

Rayon d'action ou rayon d'influence : rayon du périmètre de la nappe influencé par le pompage.

Transmissivité : la transmissivité (T) correspond au produit de la perméabilité par la puissance de l'aquifère. On l'exprime en m<sup>2</sup>/h ou m<sup>2</sup>/s.

Coefficient d'emmagasinement : le coefficient d'emmagasinement (S) d'une roche correspond au volume d'eau contenu dans un volume de terrain et libérable par pompage ou par simple gravité.

Limite d'alimentation : après un certain temps de pompage le niveau de la nappe se stabilise. Il y a équilibre entre l'alimentation de la nappe et le débit pompé ou réalimentation de la nappe par une surface d'eau libre ou un chenal souterrain.

#### 2 - CALCUL DES PARAMETRES HYDRAULIQUES

##### 21 - Formule d'équilibre de Dupuit

On peut généralement calculer la transmissivité entre deux piézomètres lorsque les rabattements progressent parallèlement dans les piézomètres, par la formule :

$$T = \frac{0,366 Q}{y} \cdot \log \frac{x_2}{x_1}$$

avec Q = débit de pompage

y = différence de rabattement entre deux piézomètres

x<sub>1</sub> = distance au puits du piézomètre le plus proche

x<sub>2</sub> = distance au puits du piézomètre le plus éloigné.

On peut également utiliser la solution graphique en portant sur diagramme semi-logarithmique, en abscisse, le log de la distance au puits de chacun des piézomètres et en ordonnée, les rabattements correspondants :

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

avec c = pente du cône de dépression relevée sur le graphique.

## 22 - Formules de non équilibre

### 221 - Effet de capacité - limite de validité des formules

Les premiers instants de pompage correspondent à la vidange du puits ou " effet de capacité ". La nappe est influencée et donc l'effet de capacité peut être négligé au bout d'un certain temps  $t_r$  calculé selon les expressions :

$$\text{pour le forage } t_r = \frac{25 R^2}{T}$$

avec R = rayon du forage  
T = transmissivité

$$\text{pour les piézomètres } t_r = 12,5 \frac{R^2}{T} \left( \frac{Y + y}{y} \right)$$

avec R = rayon du forage  
T = transmissivité  
Y = rabattement à la paroi du puits  
y = rabattement à la paroi du piézomètre

En première évaluation on calcule  $t_r$  en utilisant la transmissivité obtenue par la formule de Dupuit.

Au delà des limites de validité calculées ci-dessus on peut utiliser les formules de non équilibre.

### 222 - Méthode exacte de Theis

L'application de la formule de Theis conduisant à de longs calculs, une méthode simple dite " d'identification " consiste à établir la courbe de descente de la nappe sur diagramme bilogarithmique en portant en abscisse, le log du temps et en ordonnée le log du rabattement. Par superposition avec une abaque on calcule la transmissivité par la formule :

$$T = 0,08 Q (Y/D)$$

avec Q = débit de pompage  
Y = un rabattement sur la courbe théorique  
D = un rabattement correspondant sur la courbe expérimentale

Le coefficient d'emmagasinement est calculé par la formule :

$$S = \frac{4 \cdot T \cdot t}{r^2 x}$$

avec T = transmissivité

r = distance du piézomètre au puits  
t = un temps sur la courbe expérimentale  
x = le temps correspondant sur la courbe théorique

### 223 - Méthode approchée de Jacob

On porte sur diagramme semi-logarithmique le log du temps en abscisse et les rabattements en ordonnée.

La méthode de Jacob est valable à 5 % près dès que  $\frac{4 T.t}{r^2 S} \geq 10$

$$\text{ou } t \geq \frac{2,5 r^2 S}{T}$$

On calcule la transmissivité par l'expression :

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

avec Q = débit de pompage

i = pente de la droite sur le graphique correspondant à un cycle logarithmique

Le coefficient d'emmagasinement s'obtient par l'expression :

$$S = \frac{2,25.T.t_0}{r^2}$$

avec T = transmissivité

$$t_0 = \frac{r^2 S}{2,25.T} \quad \text{paramètre ayant le temps pour dimension}$$

r = distance du piézomètre au forage

### 3 - RAYON D'ACTION FICTIF

Le rayon d'influence peut être calculé graphiquement en portant en abscisse, en échelle logarithmique, la distance de chaque piézomètre à l'axe du forage et en ordonnée, en échelle arithmétique, les rabattements mesurés sur chaque piézomètre au même instant. Les rabattements doivent s'aligner et décroître en fonction du logarithme de leur distance. En prolongeant la droite obtenue représentative du profil du cône d'influence on détermine le rabattement théorique sur le forage en supprimant les pertes de charge et son rayon d'influence.

D'autre part le rayon d'influence peut être calculé par l'expression :

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

avec T = transmissivité  
t = Temps de pompage  
S = coefficient d'emmagasinement

#### 4 - LIMITE D'ALIMENTATION

On peut calculer la distance de la barrière de réalimentation (L) par l'expression :

$$L = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{t_i}{t_o}}$$

avec r = distance du piézomètre au puits de pompage  
t<sub>i</sub> = temps de propagation du cône de dépression jusqu'à la limite  
t<sub>o</sub> = temps théorique du début de pompage

On peut aussi calculer le rabattement théorique (y) correspondant à cette limite-sur le puits par la formule :

$$y = \frac{0,366 Q}{T} \cdot \log 2 \frac{L}{R}$$

avec Q = débit de pompage  
T = transmissivité  
L = distance à la limite  
R = rayon du puits

- sur les piézomètres par l'expression :

$$y = \frac{0,366 Q}{T} \cdot \log \frac{x}{r}$$

avec x = distance de la limite au piézomètre  
r = distance du piézomètre au puits de pompage

TABLEAU RECAPITULATIF RESUME DES ESSAIS DE DEBIT DE LONGUE DUREE A LA STATION D'ESSAI DU FORAGE N° 2  
ORIVAL - LA LONDE

## 1° DESCENTE DE LA NAPPE

Date	Heure	Temps	Pitot h cm	Débit Q m <sup>3</sup> /h	Forage Δ m	P1 Δ m	P2 Δ m	P gare Δ m	P ferme Δ m	Observations		
20.11.1969	8 h	0			NS :	NS :	NS :	NS :	NS :	Début de pompage		
		30 "		5,94	5,33	4,64	10,91	9,30				
		1 '		1,23	0,07							
		2 '		1,28	0,12							
		3 '		2,17	0,16							
		4 '		2,175	0,165							
		5 '		2,195	0,17	0,005						
		6 '	35,5	205	2,20	0,175	0,005					
		7 '		2,205	0,175	0,01						
		8 '		2,205	0,18	0,01						
		9 '		2,21	0,18	0,01						
		10 '	35,2	205	2,215	0,18	0,01					
		15 '		2,215	0,185	0,015						
		20 '		2,23	0,195	0,015						
		25 '	34,9	203	2,235	0,205	0,015					
	30 '		2,255	0,215	0,015							
	45 '	34,0	201	2,26	0,22	0,02						
	9 h	1 h	33,8	200	2,28	0,245	0,03				(ext. 12°5 Temp. (eau 11°3 eau claire	
		1 h 30	33,8	200	2,28	0,26	0,04	0,08	0,01			
		2 h	33,8	200	2,31	0,29	0,07		0,02			
		3 h	33,8	200	2,32	0,31	0,08		0,03			
		4 h	33,8	200	2,38	0,35	0,11	0,16	0,06			
		5 h	33,4	200	2,40	0,39	0,14	0,20	0,09			
		6 h	33,2	199	2,415	0,41	0,17	0,21	0,12			
		7 h	33,0	198	2,425	0,435	0,185	0,26	0,15			
		8 h	32,8	198	2,435	0,46	0,215	0,31	0,185			
		9 h	32,5	197	2,44	0,47	0,225	0,31	0,205			
		10 h	34,0	200	2,54	0,485	0,24	0,30	0,225			
		12 h	33,7	200	2,51	0,50	0,24	0,31	0,24			
		14 h	33,2	199	2,51	0,51	0,26	0,315	0,27			
21.11.1969		0 h	16 h	31,8	193	2,515	0,555	0,345	0,39	0,33		
			18 h	30,5	190	2,49	0,58	0,365	0,415	0,36		
		20 h	30,0	190	2,49	0,59	0,38	0,42	0,38			
	8 h	24 h	34,0	200	2,69	0,64	0,42	0,44	0,41	Règlage débit		
		28 h	35,0	204	2,78	0,67	0,45	0,50	0,44			
		32 h	32,8	197	2,73	0,71	0,48	0,53	0,485			
		36 h	32,2	195	2,69	0,71	0,495	0,53	0,50	Règlage débit		
		40 h	33,5	198	2,75	0,735	0,525	0,565	0,52			
		45 h	32,5	195	2,74	0,755	0,555	0,585	0,545	Règlage débit		
22.11.1969	10 h	50 h	33,0	197	2,76	0,765	0,58	0,58	0,53	Temp. (ext. 9° eau 11°2		
		55 h	33,0	197	2,76	0,795	0,61	0,62	0,56			
		60 h	28,0	180	2,74	0,80	0,61	0,62	0,57			
		65 h	36,5	207	2,79	0,83	0,615	0,645	0,57			
		70 h	32,0	194	2,79	0,83	0,635	0,655	0,60			
23.11.1969	9 h 11	73 h 11	25/40	173/218	2,91	0,79	0,63	0,64	0,595	Arrêt de pompage groupe défectueux		

## 2° REMONTEE DE LA NAPPE APRES ARRÊT DE POMPAGE

Date	Heure	Temps t' depuis arrêt du pompage		1 + $\frac{t'}{t}$	Forage Δ m résiduel	P1 Δ m résid.	P2 Δ m résid.	P gare Δ m résid.	P ferme	Observations
		h	se- condes							
23.11.1969	9 h 11	0	0		2,91	0,79	0,63	0,64	0,595	Arrêt du pompage
		30	8783	1,36						
		60	4391		0,75					
		120	2197		0,69					
		180	1465		0,67					
		240	1099		0,66					
		300	879		0,675	0,655				
		360	733		0,665	0,65				
		420	628			0,65				
		480	550		0,65	0,64				
		540	489			0,64				
		600	440		0,63	0,625	0,62	0,615	0,595	
		900	294		0,615	0,625				
		1200	121			0,61	0,615	0,60	0,59	
		1500	177			0,61	0,60			
	1800	147			0,605	0,59	0,60	0,585	0,59	
			2700	99		0,60		0,57		
		1 h	3600	74		0,57	0,545	0,58	0,555	0,575
		1 h 30	5400	50		0,54	0,515			
		2 h	7200	38		0,525	0,495	0,54	0,52	0,55
	3 h	10800	25		0,47	0,46	0,505	0,49	0,53	
	4 h	14400	19		0,42	0,42	0,48	0,47	0,49	
	5 h	18000	16			0,41	0,46	0,46	0,465	
	6 h	21600	13			0,39	0,44	0,44	0,445	
	7 h	25200	11			0,38	0,43	0,42	0,425	
	8 h	28800	10			0,38	0,41	0,40	0,40	
	9 h	32400	9,1			0,34	0,39	0,38	0,38	
	10 h	36000	8,3			0,32	0,37	0,355	0,35	
	12 h	43200	7,0			0,28	0,335	0,32	0,31	
	14 h	50400	6,3			0,26	0,31	0,295	0,27	
	16 h	57600	5,6			0,24	0,28	0,29	0,23	
	18 h	64800	5,1			0,225	0,26	0,275	0,205	
	20 h	72000	4,7			0,205	0,245	0,265	0,19	
24.11.1969	9 h 11	24 h	86400	4,0		0,16	0,23	0,20	0,15	
		28 h	100800	3,6	0,16	0,125	0,205	0,16	0,125	
		32 h	115200	3,3		0,095	0,205	0,14	0,11	
		36 h	129600	3,1		0,065	0,195	0,085	0,075	
		40 h	144000	2,8		0,04	0,19	0,065	0,04	
	45 h	162000	2,6		0,02	0,12	0,05	0,025		
25.11.1969	11 h 11	50 h	180000	2,4	0,02	0,00	0,05	0,00	0,00	
		55 h	198000				0,01			
		60 h	216000				0,00			

## Annexe III

TABLEAU RECAPITULATIF RESUME DES ESSAIS DE DEBIT SIMULTANES SUR LE FORAGE N° 3 DE LA VALLEE DES ECAMEAUX ET LA SOURCE DU MONT DUVE A ELBEUF

Date	Heure	Temps	Forage			Source		Observations
			Pitot h cm	Débit Q m <sup>3</sup> /h	$\Delta$ m	Débit Q m <sup>3</sup> /h	$\Delta$ m	
22.10.1969	8 h 30	0			NS : 12,25		NS : 1,07	Début de pompage
		30 "	0,61	270	0,57	240		
		1 '	0,64	278	0,65			
		2 '	0,65	280	0,74			
		3 '	0,64	278	0,81			
		4 '	"	"	0,87			
		5 '	"	"	0,92		0,45	
		6 '	0,635	276	0,97			
		7 '	0,63	275	1,015			
		8 '	"	"	1,035			
		9 '	"	"	1,06			
		10 '	"	"	1,075		0,93	
		15 '	0,625	274	1,15		0,98	
		20 '	0,62	273	1,20			
		25 '	0,615	272	1,235			
	30 '	0,615	272	1,26		1,07		
	45 '	0,615	272	1,305				
	9 h 30	1 h	0,61	270	1,35	240	1,07	Temp. { ext. 14° eau 11°9
		1 h 30	0,605	269	1,425		1,12	
		2 h	0,60	268	1,49	260	1,20	
		3 h	0,60	268	1,56	260	1,22	
		4 h	0,595	267	1,635	255	1,34	
		5 h	0,59	266	1,67	255	1,37	
		6 h	0,59	266	1,68	280	1,35	
		7 h	0,59	266	1,70	240	1,36	
		8 h	0,59	266	1,725	250	1,38	
		9 h	0,585	264	1,75	270	1,39	
10 h		0,585	264	1,75	270	1,395		
9 h 30		12 h	0,585	264	1,77	260	1,41	
	14 h	0,585	264	1,80	260	1,425		
	16 h	0,585	264	1,82	250	1,43		
	18 h	0,585	264	1,83	260	1,47		
	20 h	0,58	263	1,86	270	1,505		
	23.10.1969	8 h 30	24 h	0,58	263	1,89	260	1,53
28 h	0,58		263	1,92	260	1,55		
32 h	0,58		263	1,93	270	1,55		
36 h	0,575		263	1,94	260	1,55		
40 h	0,575		263	1,95	260	1,56		
45 h	0,57		262	1,96	260	1,56		
50 h	0,575		263	1,98	260	1,58		
55 h	0,575		263	1,99	"	1,59		
24.10.1969	20 h 30	60 h	0,575	263	1,99	"	1,59	Arrêt de pompage, panne du groupe électrogène