



**Le Journal
du
FORAGE D'EAU**



015255
03673X0008

Exécution du Forage de **BUSSY-EN-OTHE** (YONNE) 1968-1969

BUTS DE L'OUVRAGE :

Reconnaissance et Exploitation

Sur la demande de la **DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE DE L'YONNE**, il fut décidé d'exécuter un **FORAGE DE RECHERCHE** à **BUSSY-EN-OTHE**, près de **JOIGNY**, prévu pour atteindre un niveau aquifère estimé à environ 200 mètres dans l'**ALBIEN**.

Ce travail intéressait également les sections d'**HYDROLOGIE** et d'**HYDROGEOLOGIE** du **CENTRE NATIONAL D'ETUDES TECHNIQUES ET DE RECHERCHES TECHNOLOGIQUES POUR L'AGRICULTURE, LES FORETS et L'EQUIPEMENT RURAL** :

C. E. R. A. F. E. R.

qui participait pour 2/3 dans le financement de l'opération, et le **SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL DU BASSIN DE PARIS** du **BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES et MINIERES** :

B. R. G. M.

Enfin, il était convenu que, si les conditions d'exploitation de la nappe le permettaient, la **Commune de BUSSY** prendrait à sa charge les frais d'équipement du forage, soit environ 1/3 du financement global.

L'emplacement fut donc choisi de telle sorte que l'agglomération puisse être alimentée par l'ouvrage.

Le débit recherché était d'environ **25 mètres cubes heure**.

Nous sommes heureux de signaler ce remarquable exemple de coordination des divers services officiels qui a permis d'effectuer, dans les meilleures conditions économiques, de fructueuses opérations de recherche et l'alimentation en eau potable d'une agglomération.

MAITRE DE L'ŒUVRE - ENTREPRENEUR

Les travaux furent dirigés par le **C.E.R.A.F.E.R.**

MATERIEL UTILISE

Une foreuse **CRAELIUS 1500 CD**, montée sur camion **BERLIET** appartenant à **CERAFER** a été employée avec l'outillage et l'équipement classiques de forage rotary, circulation à la boue et, pour certains passages, à l'eau claire.

Le treuil et la rotation étaient actionnés par un moteur diésel **VENDEUVRE** de 30 CV.

Deux pompes à boue de 4 1/2" x 6" étaient entraînées par le moteur du véhicule.

Le derrick de 15 mètres pouvait supporter une charge de 15 tonnes.

La ligne de sonde était composée :

- soit de tiges I.F. de 2 7/8" avec masses-tiges de 5 1/2" O.D.
- soit de tiges 2 3/8" **CRAELIUS** avec masses-tiges de 4 3/4" O.D.

Les outils étaient des tricônes de 12 1/4" et 8 3/4" et un carottier double tube **CRAELIUS K.O. 145** normal équipé de couronnes de 146 x 108.

Pour la mise en place du gravier additionnel dans l'espace annulaire, on a utilisé deux réservoirs-(sas) selon la méthode décrite plus loin, dite de circulation inverse.

EXECUTION - CHRONOLOGIE

3 - 14 Octobre 1968

- Installation du chantier.

15 - 23 Octobre 1968

- Forage en 12 1/4" (311 mm) jusqu'à 17 m 50.
- Tubage de surface en tube **SPIVAL** de 267 x 273 de 0 à 17,50, cimenté à la base et au sommet pour couvrir une zone cavernueuse et instable.

24 Octobre - 21 Novembre 1968

- Forage en 8 3/4" (222 mm) jusqu'à 156,55 avec prélèvement de 4 carottes.

Rencontre d'une large fissure dans le calcaire à 154,70 ayant entraîné une perte totale de circulation.

22 Novembre 1968 - 14 Janvier 1969

- Carottage électrique et essais de débit.

Les opérations de carottage électrique ont été exécutées par le département "**GÉOPHYSIQUE**" du **B.R.G.M.** avec le matériel **WIDCO - Porta Logger**.

Elles ont permis de mesurer la radioactivité naturelle

(gamma ray), la résistivité et la polarisation spontanée du terrain.

Les mesures ont montré que cette zone ne pouvait être économiquement exploitée.

15 Janvier - 1^{er} Avril 1969

— Obstruction de la fissure par cimentation.

Forage en 8 3/4" de 156,55 à 223,80.

Carottage continu au double carottier CRAELIUS K.O. 145 (O.D. 146, carotte de 108 mm) de 223,80 à 297 m cote à laquelle le forage a été arrêté (pourcentage de récupération : 95 %).

Carottage électrique à 267,70 m.

Le dessin montre la nature des couches traversées par le forage.

Des essais hydrauliques avec mesure de la transmissivité, analyses de l'eau, etc... ont été exécutés.

La décision a été prise d'équiper l'ouvrage avec des tubes dont le diamètre devait permettre d'assurer une exploitation au débit escompté de 25 m³/h.

2 Avril - 23 Juin 1969

— Elargissage en 8 3/4" du trou carotté jusqu'à 275,20.

Tubage en 7" API (166,1 x 177,8) du sol jusqu'à 227,78.

Cimentation de la colonne de 227,78 à 140 m, au moyen d'un "panier" de cimentation, avec 1.230 litres de laitier (densité 1,83, dosage : 100 kgs de ciment et 50 litres d'eau pour 82 litres de laitier).

Mise en place de la colonne de captage de 5" dont les caractéristiques figurent au dessin et dont nous parlerons plus loin.

Mise en place du gravier dans l'espace annulaire entre crépine et terrain.

Lavage aux polyphosphates et développement.

Mise en production - Essais de débits.

Nous reviendrons plus loin sur ces dernières phases.

Les travaux se sont achevés le 23 Juin 1969.

Analyse des temps

Le chantier a été conduit par une équipe de 4 hommes dont le chef de chantier, travaillant du lundi matin au vendredi soir, y compris les voyages du lieu de la résidence administrative (92 - ANTONY) au chantier.

Les durées des différentes phases du travail ont été les suivantes :

a) reconnaissance :

— installation du chantier :	73 heures	
— mise en place de la colonne de surface cimentée :	65	—
— forage de 17,50 à 156,55 (139 m) en 8 3/4" :	156	—
— essai de débit (perte totale à 154,70), carottage électrique, cimentation, reforage du ciment :	173	—
— instrumentation (débouchage de tiges accidentellement cimentées) :	45	—
— forage en 8 3/4" de 156,55 à 223,80 (67 m) :	142	—
— carottage continu (108 x 146) de 223,80 à 297 m (73,20) :	255	—



015254

03673X0008

362.3x-8

b) exploitation :

— reforage en 8 3/4 de la partie carottée :	77	—
— tubage en 7" et cimentation :	24	—
— mise en place de la colonne de captage et du massif annulaire de gravier :	31	—
— pompage - développement :	62	—
— démontage :	97	—

c) essais de débit :

78 —

DETAILS TECHNIQUES

La boue de forage

La composition de la boue a été minutieusement contrôlée pendant toute l'opération, ce qui a assuré la bonne tenue des sables albiens et la mise en production sans difficultés de ces couches difficiles à traiter.

Un laboratoire de chantier : (matériel S.N. MAREP)

— balance à boue pour la mesure de la densité,

— entonnoir de MARSH pour le contrôle de la viscosité,

— presse (7 bars) pour évaluer le filtrat et le "cake" a permis de corriger les caractéristiques de la boue selon la nature du terrain traversé par l'outil.

La boue à la bentonite additionnée de blanose, tanin, soude, etc. a présenté les caractéristiques moyennes suivantes :

— viscosité : 43 à 48 secondes,

— densité : 1,10 à 1,18,

— filtrat à 30 minutes : 6,5 à 7,5 centimètres cubes,

— cake : 1 mm.

Pour l'ensemble des travaux 112 mètres cubes de boue ont été mis en œuvre.

Le choix du tubage

Sachant que pour obtenir des débits entre 20 et 45 m³/h, il faut utiliser des pompes dont l'encombrement est de 127 à 147 mm, on a estimé, après les opérations de carottage électrique et mécanique et les mesures de débit, qu'on pouvait tabler sur une production d'environ 25 m³/h, ce qui a conduit à mettre en place, de 0 à 227,78, une colonne de 7" casing API dont le diamètre intérieur est de 166,1 mm.

Le choix de la crépine

L'exploitation des sables fins et uniformes de l'albien nécessitait l'emploi d'une crépine de fine ouverture, construite avec une grande précision garantissant une largeur de fente rigoureusement constante sur toute la longueur de la partie crépinée.

Pour cette raison, il a été décidé de faire appel à la Société CREPINES JOHNSON - FRANCE dont la spécialité consiste à construire des crépines de forage d'après la granulométrie des terrains aquifères et qui présentent à la fois une parfaite régularité de l'ouverture et un très faible risque de colmatage dans l'épaisseur de la paroi.

Tout au long du forage, des échantillons de terrain ont été minutieusement prélevés et remis aux laboratoires JOHNSON.

Les courbes granulométriques ont été établies pour chacune des trois zones aquifères révélées par le forage de reconnaissance.

Nous avons reproduit ici les courbes relatives aux deux couches supérieures.

On voit que, pour la couche supérieure : (229,70 - 233 m), la mise en place de gravier ne s'imposait pas entre crépine et terrain et l'on aurait pu employer une crépine de slot 25 (25 millièmes de pouce), soit une ouverture de 0,65 mm environ, correspondant à la valeur de l'abscisse pour le point 40 % de la couche granulométrique.

Cependant, comme la couche située au-dessous (242 - 249,10 m) était constituée d'un sable albien nettement plus fin et plus "uniforme" (courbe "à pic"), la mise en place d'un massif de gravier autour de la crépine a été jugée indispensable, ce qui fut décidé pour toute la hauteur de la colonne de captage au-dessous de la cote 224,10.

Egalement, compte tenu de la finesse et de l'uniformité des sables albiens, il a été décidé, pour réduire les risques de pénétration, dans la crépine supérieure, d'éléments fins

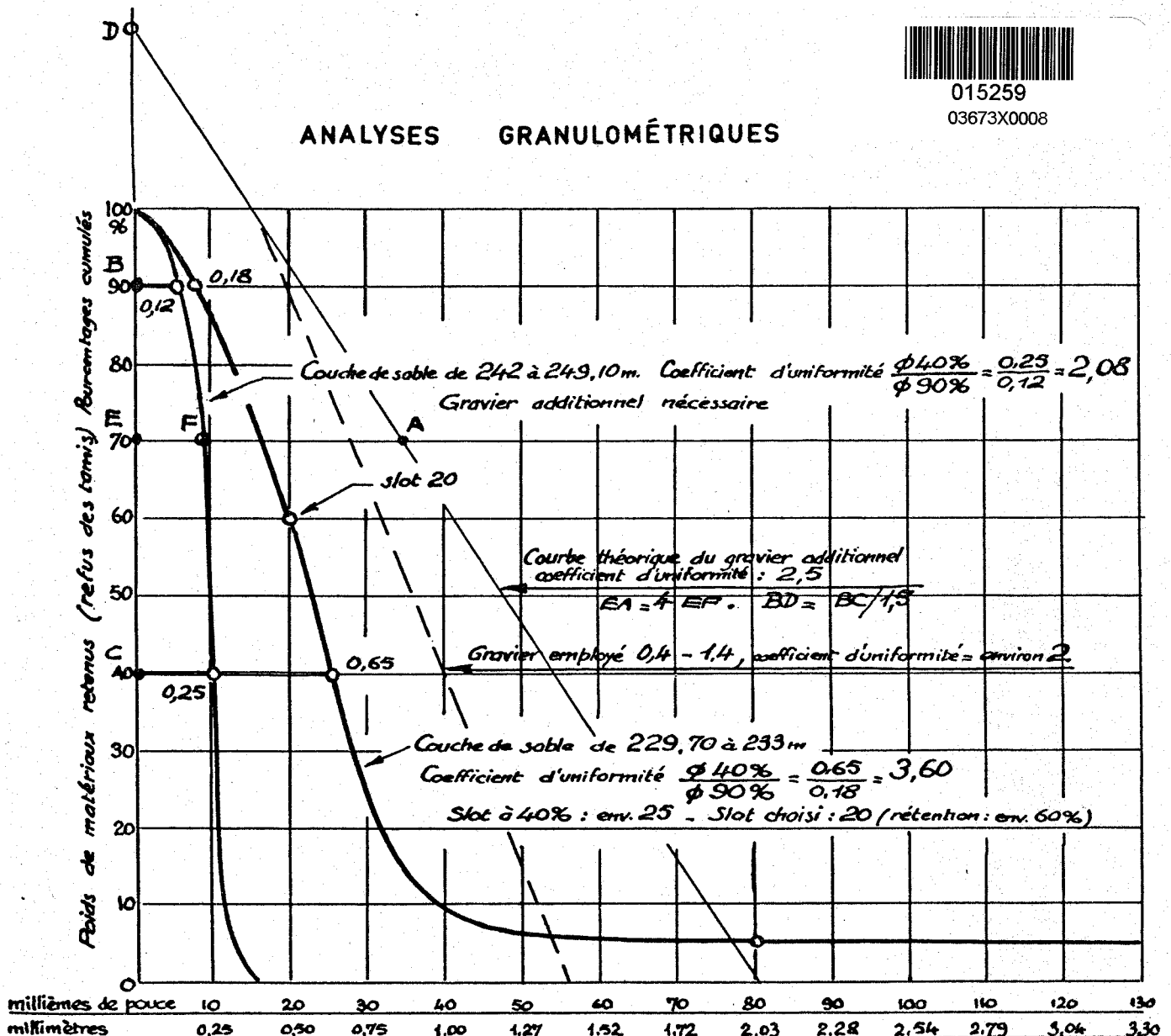
provenant des autres couches, de réduire la dimension de l'ouverture des couches supérieures et inférieures et de fixer cette ouverture au slot 20 (0,50 mm environ), le pouvoir de rétention étant d'environ 60 % en poids.

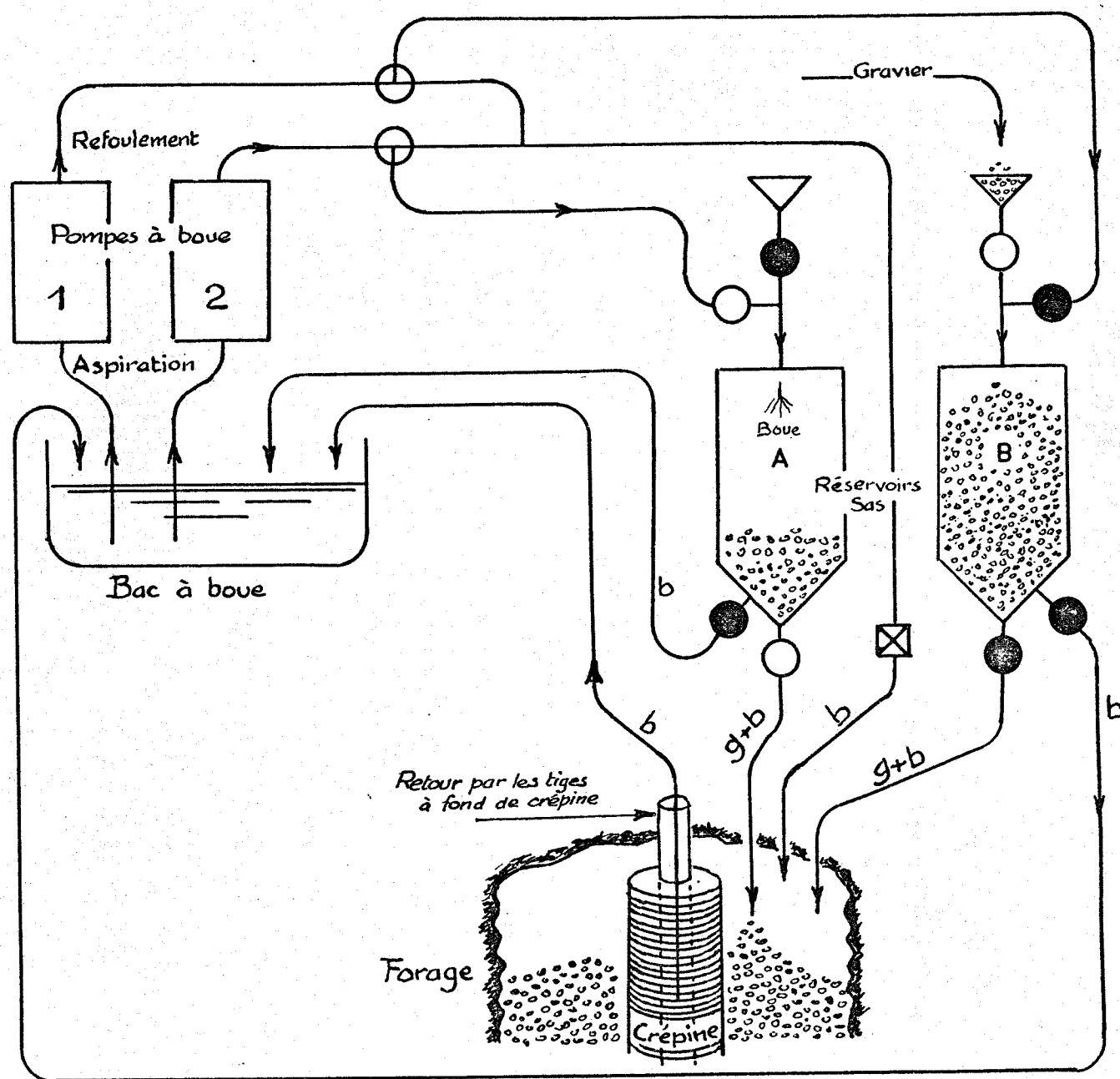
L'interprétation des courbes a permis en outre de fixer l'ouverture de la portion médiane de la crépine au slot 18 et de choisir pour le massif annulaire un gravier de 0,4 - 1,4 mm.

Enfin, pour prolonger la vie de l'ouvrage, toute la colonne de captage : crépine et tubes d'extension a été construite en acier inoxydable.

Le diamètre choisi pour cette colonne a été de 5" nominal (120,6 x 101,1) qui a permis de placer un massif annulaire de gravier additionnel de 50 mm environ d'épaisseur entre crépine et terrain.

Le dessin d'ensemble de l'ouvrage montre que la longueur totale de la partie crépinée était d'environ 17 m.





INTRODUCTION DU GRAVIER DANS L'ESPACE ANNULAIRE (double sas)

- A - Réservoir en cours de vidange du gravier dans le forage par la pompe N°2
- B - Réservoir en cours de remplissage du gravier
- - Robinets à biseau ouverts ● - Robinets à biseau fermés
- ⊗ - Vanne à opercule pour réglage du débit de boue
- b - Boue
- g+b - Gravier + boue



015262
03673X0008

Le coefficient de passage ou pourcentage de vides est d'environ 16 % pour le tronçon en slot 18.

Avec une vitesse de passage de l'eau à travers la crépine de 3 centimètres par seconde qui sert de base aux calculs, la colonne de captage pourrait laisser passer un débit de :

$0,120 \times \pi \times 0,16 \times 0,03 \times 3600 \times 17 =$ environ 110 mètres cubes heure.

La mise en place du gravier

Le volume du gravier 0,4 - 1,4 introduit dans l'espace annulaire entre crépine et terrain a été de 1.275 litres.

On sait qu'une introduction directe dans un ouvrage se traduit par une ségrégation du gravier, les éléments les plus gros se plaçant au fond.

Pour pallier cet important inconvénient, on a employé la méthode de circulation inverse en circuit de boue.

Le schéma du dispositif est représenté ici. On a utilisé les deux pompes à boue du chantier et deux réservoirs ou sas avec le jeu de tuyauteries flexibles et de robinets ou vannes. Notre "Journal du Forage d'Eau" (N° 19, pages 168 à 172) a décrit en détail ce procédé qui permet d'éviter la séparation des éléments du gravier et qui s'oppose au risque éventuel de déformation de la colonne de captage.

Lessivage - Développement - Essais de pompage

Le gravier étant mis en place, la boue a été retirée par pompage direct puis le forage a été traité à l'hexamétaphosphate. On a versé en tête une solution composée de 20 kgs d'hexamétaphosphate pour 100 litres d'eau, immédiatement suivie par 3 mètres cubes d'eau claire. (10 et 11 Juin 1969).

Après ce premier rinçage, le développement par pompage a été réalisé pendant 14 heures après lesquelles le débit était de 31,5 m³/h pour un niveau rabattu à 124,70 m.

Un second traitement à l'hexamétaphosphate de soude analogue au premier fut pratiqué, aussitôt suivi de deux autres essais de pompage au même débit avec un niveau rabattu de 122,30 et 122,80.

L'eau extraite était très claire et l'introduction d'une sonde dans la crépine jusqu'à 263,80 m n'a révélé la présence d'aucun dépôt.

L'ouvrage était alors terminé. Il restait à en définir les conditions d'exploitation par des essais systématiques de pompage.

Trois séries de pompage ont été exécutées :

- une première série de 2 h de durée suivies de 2 h d'arrêt pour des débits de 10 - 20 - 30 m³/h effectuée le 12 Juin 1969 ;
- une deuxième série de 1 h de durée suivie de 1 h d'arrêt pour des débits de 10 - 15 - 20 - 25 et 30 m³/h effectuée le 17 Juin 1969 ;
- un pompage continu à débits enchaînés croissants : 10 - 15 - 20 - 25 m³/h, chacun pendant 2 heures, puis à 30 m³/h pendant 38 h 30. Cette dernière opération eut lieu du 18 au 20 Juin 1969.

Les essais par paliers ont permis de contruire les courbes de débits - rabattements.

Les points étaient alignés sur des droites, ce qui indiquait que les pertes de charge étaient extrêmement faibles pour des débits inférieurs à 30 m³/h.

Le rabattement spécifique fut estimé à environ un mètre pour un mètre cube heure, soit, approximativement, 20 mètres pour 20 mètres cubes heure.

Les résultats portés sur un papier à échelles semi-logarithmiques ont permis de calculer la transmissivité de l'ensemble de l'aquifère.

L'application des formules dont nous avons fait état dans le N° 16 du "Journal du Forage d'Eau" a montré que la transmissivité était de 3×10^{-4} m²/s.

En définitive, on a estimé que le forage pouvait être exploité à 25 m³/h, en pompage intermittent, l'aspiration de la pompe étant placée à 130 - 135 m de profondeur.

Analyse de l'eau

A la fin de la période d'essai de pompage, des échantillons d'eau ont été prélevés le 18 Juin 1969.

Les analyses effectuées par le Service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris ont fourni, notamment, les résultats suivants :

- Dureté totale (degrés français) : 12° 2 ;
- Titre alcalimétrique complet (TAC) : 12 ;
- Silice (en mg/l Si O₂) : 15 ;
- Hydrogène sulfuré : traces ;
- pH à 20° C : 7,7 ;
- Résistivité électrique (ohms/cm à 20° C) : 4125 ;
- Fer : 0,35 mg/l.

L'eau a été jugée faiblement minéralisée, avec une teneur en fer un peu élevée, mais de bonne qualité bactériologique.



015263

03673X0008