

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

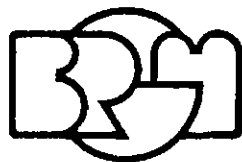
B.P. 6009 - 45060 Orléans - Cédex - Tél.(38)63.80.01

OPAC DU CALVADOS
CASERNE DELAUNAY A LISIEUX

REALISATION DE FORAGES POUR
L'ALIMENTATION EN EAU
DES POMPES A CHALEUR

par C. DASSIBAT et P. PASCAUD

84 AGI 098 BNO



Service géologique régional BASSE NORMANDIE

2, rue du Général Moulin - 14000 CAEN - Tél. (31)74.59.90

OPAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisieux

REALISATION DE FORAGES POUR L'ALIMENTATION EN EAU
DES POMPES A CHALEUR

R E S U M E

A la demande de l'OPAC du Calvados, le Service géologique régional Basse Normandie du BRGM a été chargé de diriger et de contrôler les opérations de forage destinées à fournir l'eau nécessaire au fonctionnement des pompes à chaleur mises en place en relève de chaudières aux HLM de la Caserne Delaunay à LISIEUX (Calvados).

Les travaux de foration se sont heurtés à des problèmes imprévus posés par la présence de formations de bordure de récif corallien, pulvérulentes et qu'il a fallu neutraliser par cimentations et tubages pleins. Des développements énergiques, à plus de 150 m³/h ont permis d'autoriser l'exploitation de deux des forages à 45 m³/h chacun, le rejet se faisant dans un troisième.

Le fonctionnement du dispositif a été simulé grâce à un modèle mathématique qui a dû être utilisé à deux reprises, les fissures constatées à proximité du forage de réinjection ne permettant pas une mise en charge sans jaillissement en surface ; l'ouvrage a alors été utilisé en prélèvement, l'un des forages d'exhaure prévu étant utilisé pour la réinjection.

La présence de fer dans l'eau a nécessité une étude hydrogéochimique spécifique qui a permis de préciser les modalités d'exploitation du dispositif les plus aptes à en assurer la pérennité.

Table des matières

	<u>P a g e s</u>
R E S U M É	
1- INTRODUCTION	1 à 3
1.1. Historique des opérations	1
2- SYNTHESE DES OPERATIONS	3 à 10
2.1. Généralités	3
2.2. Déroulement des travaux	5
2.2.1. Difficultés de foration	5
2.2.2. Résultats synthétiques	7
2.2.3. Elaboration du dispositif d'exploitation de la nappe	7
2.2.4. Chimie des eaux	9
3- CONSIGNES POUR ASSURER LA PERENNITE DES INSTALLATIONS	10 à 12
3.1. Consignes d'installations	10
3.2. Consignes d'exploitation	12
3.3. Consignes de surveillance	12
4- CONCLUSIONS	

Liste des figures

Figure 1	Plan de situation de l'étude à 1/500 000
Figure 2	Plan de situation de l'étude à 1/25 000
Figure 3	Plan de situation des ouvrages à 1/2 000

Liste des annexes

Annexe A	Travaux et observations effectués sur le forage FE 1
Annexe B	Travaux et observations effectués sur le forage FE 2
Annexe C	Travaux et observations effectués sur le forage R 1
Annexe D	Etude des possibilités de réinjection
Annexe E	Etude de géochimie appliquée - boucle d'exploitation d'eau pour pompes à chaleur

1- INTRODUCTION

Par marché n° 83-124, l'Office public d'aménagement et de construction (OPAC) du Calvados a demandé au Service géologique régional de Basse Normandie du BRGM une mission d'assistance technique dans le domaine de l'hydrogéologie lors de la réalisation des forages d'exploitation d'eau en vue de l'alimentation des pompes à chaleur en relève de chaudières pour assurer le chauffage des bâtiments construits à l'emplacement de l'ancienne Caserne Delaunay à Lisieux (cf. fig. 1).

Le présent rapport rend compte des opérations de surveillance et de mise en production des forages réalisés tant pour le captage de l'eau que pour son rejet. Il comprend également une étude hydrogéochimique qui s'est révélée indispensable pour préciser les méthodes d'exploitation compatibles avec la pérennité des installations.

1.1. Historique des opérations

Des opérations de type de celle qui a été réalisée à la Caserne Delaunay à Lisieux sont d'un montage relativement complexe et il peut être utile d'en rappeler les différentes phases, tout au moins en ce qui concerne les problèmes hydrogéologiques :

- Dès février 1982, dans le cadre de la mission de service public du BRGM, le Service géologique régional répondait à une interrogation de la Société Elise que le projet élaboré lui semblait compatible avec les capacités connues de la nappe aquifère locale.
- En novembre 1982 et à la demande d'un bureau d'étude en chauffage, le Service géologique régional a élaboré le projet de forages qui sera, après quelques modifications de détail, retenu définitivement.
- En janvier 1983, à la suite de la déclaration de travaux adressée par le maître d'ouvrage (enregistrée sous le numéro 14.383), nous avons été chargés de la constitution du dossier administratif prévu dans le cadre de l'application du décret 73-200 du 21 février 1973. Ce travail a fait l'objet d'une note sous la référence BND 83/D12 d'avril 1983.

PLAN DE LOCALISATION DE L'ETUDE

Fig.1

PLAN DE LOCALISATION DE L'ETUDE

1/500 000

- En septembre 1983, la réception de l'arrêté préfectoral autorisant les travaux permet leur démarrage dès la mi-octobre.
- D'octobre à fin décembre 1983, la première phase des travaux a vu la réalisation des 2 forages FE 1 et FE 2 ainsi que la modélisation préliminaire au fonçage du forage de réinjection ; elle a été conclue par la note référencée BNO 84/001 de janvier 1984.
- De janvier à mars 1984, la seconde phase a vu la réalisation complète du dispositif, celui-ci ayant dû être totalement repensé pour prendre en compte les conditions particulières rencontrées à proximité du forage R1.

2- SYNTHESE DES OPERATIONS

Compte-tenu de la complexité des opérations menées et de la quantité des informations recueillies, et dans le but de faciliter la lecture du présent paragraphe, celui-ci sera consacré à la synthèse des opérations, les détails étant donnés par ouvrage dans les annexes A à E.

2.1. Généralités

Le site retenu par l'OPAC du Calvados est situé (cf. fig. 2) à l'extrémité nord de Lisieux (Calvados) dans la plaine alluviale de la Touques en rive droite de celle-ci.

La coupe géologique prévisionnelle établie à partir des informations disponibles en banque des données du sous-sol prévoyait de rencontrer successivement :

- les alluvions quaternaires argilo-sableuses de la Touques sur 6 à 7 m environ ;
- les calcaires coralliens de l'Oxfordien sur 25 à 30 m ;
- les argiles de Villers.

PLAN DE SITUATION

Extrait de la carte IGN LISIEUX - 7
à 1/25 000

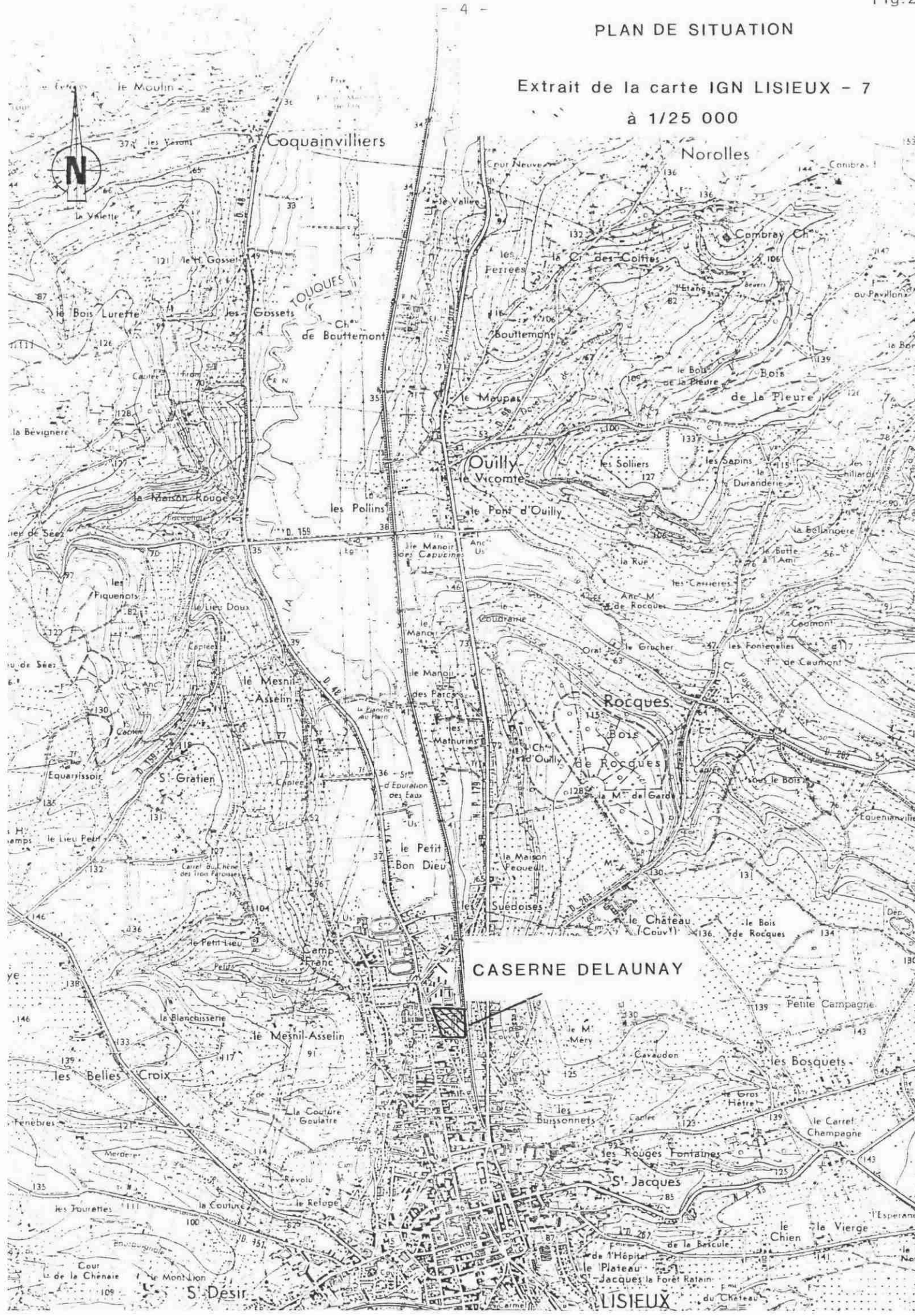


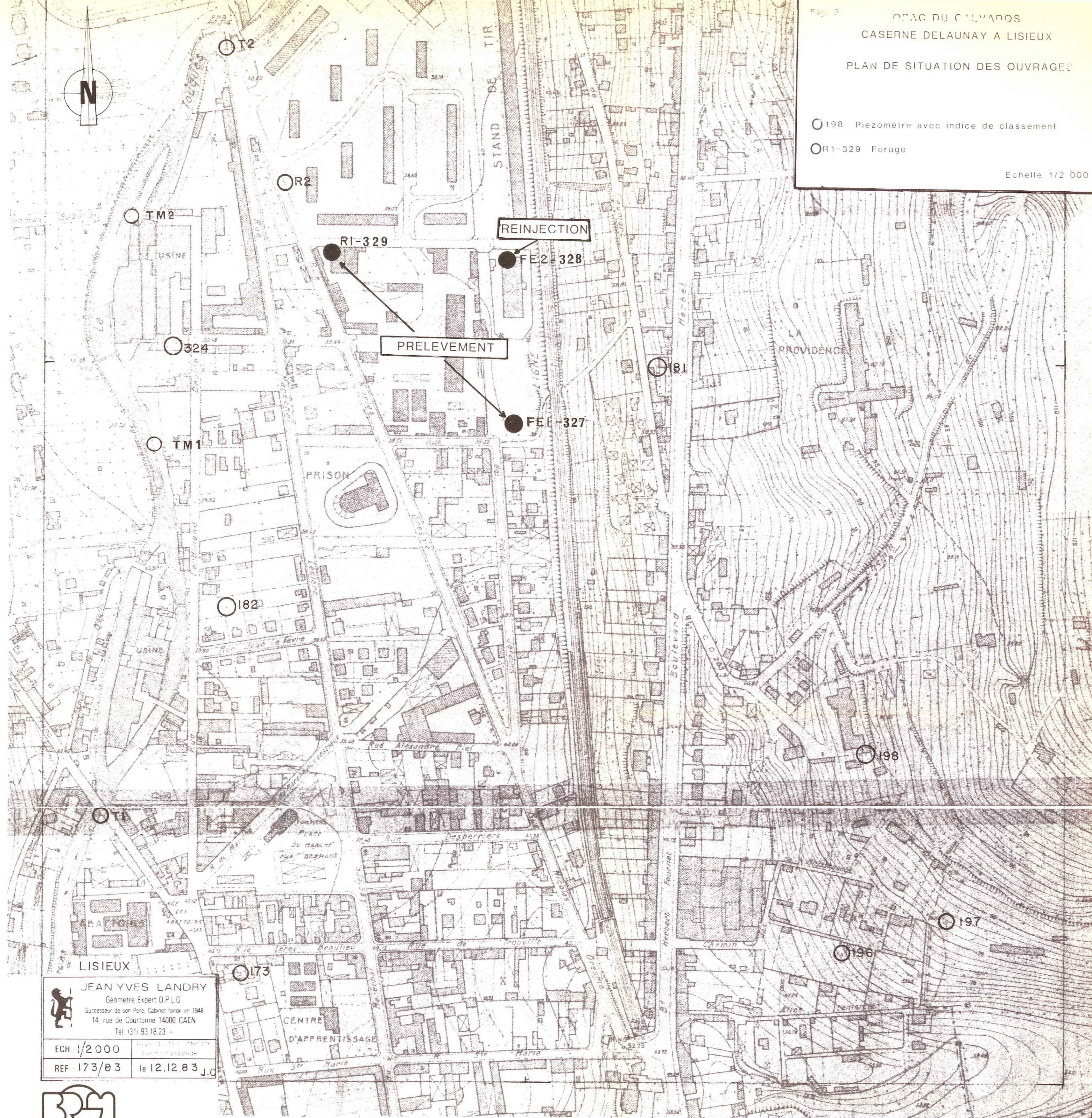
FIG. 2

ORAC DU CALVADOS
CASERNE DELAUNAY A LISIEUX

PLAN DE SITUATION DES OUVRAGES

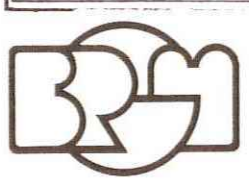
○ 198 Piezomètre avec indice de classement
○ R1-329 Forage

Echelle 1/2 000



JEAN YVES LANDRY
Geometre Expert D.P.L.G.
Successor de son Pere. Cabinet fonde en 1948
14, rue de Courtonne 14000 CAEN
Tel (31) 93.18.23 +

ECH 1/2000
REF 173/03
le 12.12.83 J.C.



La ressource aquifère visée par les opérations de forage était constituée par la nappe captive des calcaires coralliens, supposée en équilibre hydrostatique avec la Touques et dont la température était estimée entre 11 et 12°C. La situation exacte des forages réalisés est présentée dans la figure 3 établie à partir d'un levé topographique établi à notre demande par le Cabinet Landry de Caen.

2.2. Déroulement des travaux

2.2.1. Difficultés de foration

Dès le début des travaux à la mi-octobre 1983, il est apparu que le niveau des calcaires oxfordiens ne se présentait pas sous la forme d'un calcaire coralligène massif mais sous un faciès de bordure pulvérulent qui a posé de gros problèmes de tenue des terrains pendant les travaux et a nécessité des instrumentations délicates et des modifications d'équipement non prévues au programme initial.

Dans ces conditions : cf. fig. 3

- Au forage FE 1 (cf. annexe A) une double cimentation a dû être effectuée d'une part pour maintenir les niveaux meubles situés à la base des alluvions entre 6 et 10 m et d'autre part pour éviter l'extension et l'éboulement d'une importante cavité qui se développait entre 13 et 14,5 m. En outre le tubage plein a dû être prolongé jusqu'à 17 m (prévision 11 m).

- Au forage FE 2 (cf. annexe B) une double cimentation a également dû être effectuée d'une part pour maintenir les alluvions entre 3 et 4,5 m et d'autre part pour isoler les particules très fines rencontrées jusqu'à 16,5 m. Cette dernière opération a nécessité la pose et la dépose d'un tubage provisoire.

En outre, le tubage plein a dû être prolongé jusqu'à 18 m (prévision 11 m) à l'intérieur d'un tube de garde de 16,5 m.

- Au forage R 1 (cf. annexe C) les difficultés ont été telles qu'une première tentative a dû être abandonnée à 9,5 m de profondeur après obturation par un bouchon de ciment de 2 m d'épaisseur.

Le second forage réalisé à proximité immédiate a nécessité l'utilisation

répétée de ciment pour maintenir les terrains en place, éviter l'extension de cavités et bloquer les particules très fines jusqu'à 16 m ; ces opérations ont nécessité la pose à l'avancement et la dépose d'un tubage provisoire.

En outre le tube de garde a dû être prolongé jusqu'à 16,1 m (prévision 10 m) et le tube plein jusqu'à 17,8 m (prévision 11m).

Après la réalisation proprement dite des forages, l'élimination des particules fines a nécessité le changement de granulométrie des massifs de gravier, mais surtout nous avons dû effectuer des nettoyages et des développements excessivement poussés de manière à évacuer le maximum de particules mobilisables en créant artificiellement des vitesses de circulation (utilisation de l'air lift) de 2 à 3 fois supérieures à ce qui est prévu en exploitation normale.

Les débits nécessaires à ces opérations de nettoyage n'ont pu être obtenus que grâce à des acidifications extrêmement poussées réalisées sous-pression.

Malgré les grosses difficultés inhérentes à la présence d'un faciès lithologique peu fréquent, des ouvrages performants ont pu être réalisés, mais une modification du dispositif global a été nécessaire.

2.2.2. Résultats synthétiques

Les différentes mesures que nous avons été amenés à réaliser sur les différents ouvrages ont permis d'acquérir une bonne connaissance de l'aquifère exploité, les principaux paramètres obtenus sont rassemblés dans le tableau I.

2.2.3. Elaboration du dispositif d'exploitation de la nappe

Après la réalisation des forages FE 1 et FE 2 une modélisation du dispositif (cf. annexe D) avait montré que le rejet de l'eau froide pouvait se faire sans problème dans le R1 projeté.

Elle a permis en outre de constater que le forage des établissements Dahl ne serait pas affecté par l'opération.

Tableau I

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES
DU DISPOSITIF D'EXPLOITATION DE LA NAPPE

Caractéristiques	FE 1	FE 2	R 1	Observations
Distance FE 1 en m	0	136,5	205	
Distance FE 2 en m	136,5	0	145	
Cote sol (en m NGF)	40,36	40,24	39,88	
Profondeur ouvrage en m	29,0	30,2	33,8	
Cote du toit Oxfordien calcaire (en m NGF)	30,6	33,4	33,4	
Cote du toit argiles de Villers (en m NGF)	11,6	11,2	<6,1	Non atteint en R1
Hauteur crépinée (en m)	12	12	16	
Cote du plan d'eau au repos (en m NGF)	36,6	36,4	36,7	Février 1984
Transmissivité T en m ² /h	53	56	24	
Coefficient d'emmagasinement S en 10 ⁻⁴	4,2	1,6	-	
Evolution du plan d'eau en fonctionnement	-0,62	+0,54	-1,90	Aux essais (1)
C en 10 ⁻⁵	13	3,3	26	Coefficient pertes de charge (2)
Teneur en fer en mg/l	7	8,5	5	

(1) Pendant les périodes de fonctionnement, les différents ouvrages se comporteront de manière sensiblement identique à ce qui a été observé aux essais puisqu'un régime permanent avait été établi : de légères variations ne sont cependant pas à exclure en liaison avec le vieillissement des ouvrages.

(2) Ce coefficient C qui représente les pertes de charges quadratiques essentiellement dues à la circulation de l'eau à travers la crépine est caractéristique de l'état de cette dernière et de son environnement immédiat ; sa mesure permet de contrôler le vieillissement des ouvrages.

Au cours de la réalisation de ce dernier ouvrage, il a pu être constaté qu'il se trouvait à proximité d'un accident invisible en surface qui le plaçait dans un panneau abaissé par rapport aux deux autres ouvrages. Pendant les essais de réinfiltration, la mise en pression s'est révélée impossible, les eaux ressortant par les fissures verticales subordonnées à l'accident, la réinjection était donc impossible suivant le schéma de principe retenu à l'origine.

L'observation fine des niveaux piézométriques et plus particulièrement de celui du R1 (qui n'était pas disponible lors de la simulation) nous a permis de constater l'existence d'un drain dans l'aquifère d'orientation sensible sud - nord et passant entre R1 d'une part et FE 1 - FE 2 d'autre part. Dans ces conditions, une nouvelle simulation a été réalisée en utilisant FE 1 et R 1 pour le prélèvement et FE 2 pour la réinjection ; elle a montré que cette solution était tout à fait satisfaisante, elle a donc été retenue pour les essais en vraie grandeur.

Le dispositif final sera donc constitué par deux forages de prélèvement FE 1 et R 1 et un forage de réinjection FE 2.

2.2.4. Chimie des eaux

Outre que l'analyse des eaux était imposée par arrêté préfectoral, nous avons constaté au cours des premiers essais la présence de fer en quantité qui semblait importante ; cette observation a été à l'origine d'une étude plus poussée du chimisme de la nappe.

Dans un premier temps les échantillons prélevés et analysés par le Laboratoire départemental et régional de biologie et d'hygiène de Caen sur les 2 premiers forages (cf. annexes A et B) ont confirmé la présence du fer en quantité importante 7 mg/l en FE 1 et 8,5 mg/l en FE 2, sans précautions spécifiques, cette nappe était donc inutilisable pour alimenter des pompes à chaleur.

Mettant à profit l'expérience du BRGM en géothermie profonde où les eaux sont généralement très minéralisées, nous avons réalisé une étude spécifique et globale du chimisme de l'eau (cf. annexe E établie par le département Géothermie et Hydroénergie du BRGM sous le numéro 84 SGN 139 GTH).

Les conclusions de cette étude sont formelles : l'eau est réductrice et totalement dégazée (ce n'est pas surprenant pour une nappe captive), le fer est alors maintenu à l'état ferreux donc soluble tant que l'eau n'est pas oxygénée artificiellement. Quelques précautions devront être prises pour éviter l'introduction d'oxygène dans l'eau et le dépôt des fines particules minérales en suspension qui ont été observées.

•

Ce problème du fer est cependant important car il interdit le rejet direct dans la rivière, en effet l'oxygène contenu dans l'eau de surface serait immédiatement consommé par le fer ferreux qui passerait à l'état ferrique et précipiterait avec un fort dépôt de rouille.

3- CONSIGNES POUR ASSURER LA PERENNITE DES INSTALLATIONS

3.1. Consignes d'installations

- La crépine d'aspiration des pompes devra être placée entre 13 et 15 m de profondeur sous le niveau du sol dans les forages FE 1 et R 1.

- Les pompes devront avoir un débit nominal de 50 m³/h pouvant être obtenu pour une plage de hauteur manométrique entre 5 et 10 m pour élever l'eau au niveau du sol. A cette hauteur manométrique devront s'ajouter les pertes de charge dues aux installations diverses sans oublier le clapet taré du forage de réinjection (8 à 10 m pour ouverture auxquels s'ajoutent les pertes de charge dues au passage dans le clapet).

- Les pompes et les conduites de refoulement dans les forages devront être en acier inoxydable (acier noir exclu), les aciers aux normes NS 22 S et F 17 étant compatibles dans les conditions d'exploitation ; les conduites de liaison pourront être réalisées en plastique (acier noir ou fonte exclu).

- Un compteur volumétrique devra être installé sur chacun des ouvrages. Sauf règlement contraire de l'administration (ou agence de bassin) il n'y a pas d'inconvénient technique à ce que les 3 compteurs soient rassemblés dans le même local technique (chaufferie par exemple).

- Un tube guide de 12 m de longueur en plastique, d'un diamètre de 1,5 à 2" devra être mis en place dans les forages FE 1 et R 1 afin de permettre un relevé des niveaux d'eau.

- Un dispositif à vannes 3 voies (cf. annexe E, page 22) devra permettre, à l'entrée des pompes à chaleur, de procéder automatiquement à une chasse de dégorgement après tout arrêt de fonctionnement supérieur à 12 h et pendant 4 à 5 minutes pour le R1 ou 1 à 2 minutes pour le FE 1, le rejet se faisant à l'égoût.

- Les filtres utilisés habituellement avant les échangeurs devraient être suffisants d'autant que la quantité de particules fines entraînées devraient décroître au fur et à mesure de l'exploitation ; une précaution supplémentaire simple pourrait être la mise en place de lyres de décantation entre le dispositif de dégorgement et l'entrée des échangeurs.

- L'irrigation permanente des deux pompes à chaleur permettrait d'éviter une évolution dommageable de l'eau pendant les périodes de non fonctionnement de celles-ci, le schéma de principe d'une telle installation est donnée page 23 de l'annexe E.

- Le rejet dans le forage de réinjection devra se faire à l'aide d'un tube plongeur électriquement neutre (plastique ou acier inoxydable) débouchant à la profondeur de 10 à 12 m sous le sol, ce tube devra se terminer par un dispositif de type clapet taré nécessitant une mise en charge de l'ordre de 0,8 à 1 bar pour fonctionner. Un manomètre de contrôle devra être placé sur la conduite ; il devra être complété par un tube guide en plastique permettant les mesures de niveau d'eau (longueur 6 à 8 m pour un diamètre de 1,5 à 2").

3.2. Consignes d'exploitation

D'une manière générale, il conviendra d'éviter systématiquement toute oxygénation de l'eau, le dispositif devant fonctionner en circuit fermé, le phénomène de siphon à la réinjection étant évité par l'emploi du clapet taré en pied de colonne.

A la fin de la première saison de chauffe (sauf si des désordres sont apparus plus tôt), il conviendra de vérifier l'efficacité du dispositif de filtration des eaux. Au cours de cette même saison, les purgeurs des lyres de décantation devront être ouverts à plusieurs reprises (fréquence à préciser en fonction des volumes de décanat observés) cette ouverture devant impérativement avoir lieu pendant une période de fonctionnement des pompes d'exhaure.

Lors de la mise en route des installations et pendant la période de réglage, il conviendra d'éviter les arrêts et remises en route trop fréquents des pompes d'exhaure et la vidange des conduites. Au démarrage des installations, il convendra de veiller à ce que les vannes de chasse soient ouvertes en position de décharge.

3.3. Consignes de surveillance

Mise à part une mesure systématique des trois niveaux d'eau avant le début de la saison de chauffe et après celle-ci (dans un délai d'une semaine environ), et en l'absence de dispositifs d'enregistrement onéreux, il n'est pas possible de déterminer un programme de contrôle ; le fonctionnement automatique des installations ne permettant pas de faire des mesures significatives.

Dans l'hypothèse où certains ouvrages donnent des signes de faiblesse, leur contrôle avec l'équipement en place et pendant la saison de chauffe serait possible mais nécessiterait une intervention ponctuelle jumelée avec une mise en fonctionnement normal des installations.

En dehors de la saison de chauffe, et si le besoin s'en fait sentir, la réalisation de mesures avec les installations existantes pourra toujours permettre de contrôler un colmatage éventuel des crépines.

4- CONCLUSIONS

Malgré les grosses difficultés dues à la nature des terrains, les études hydrogéologiques qui ont été menées sur le site de la Caserne Delaunay pour le compte de l'OPAC du Calvados ont permis de préciser le dispositif permettant l'alimentation de pompes à chaleur à partir d'un prélèvement de 90 m³/h en deux forages et la réinjection de l'eau refroidie dans un troisième.

Le dispositif qui a été retenu a pu être sélectionné grâce à l'utilisation d'une analyse théorique des problèmes tant sur le plan de d'hydrodynamisme que sur celui de l'hydrogéochimie menés conjointement avec des contrôles en vraie grandeur sur le terrain.

L'association d'un bureau de recherches géologiques aux différentes études menées depuis l'origine du projet a permis le succès de cette opération particulièrement délicate.

CAEN, avril 1984

C. DASSIBAT

P. PASCAUD

A N N E X E A

TRAVAUX ET OBSERVATIONS
EFFECTUES SUR LE FORAGE FE 1

TRAVAUX ET OBSERVATIONS
EFFECTUES SUR LE FORAGE FE 1

1- SITUATION GEOGRAPHIQUE (cf. fig. 3)

Le forage FE 1 (indice de classement national 0121-7X-0327) est situé à proximité des bâtiments 235 et 236, en bordure sud-est du terrain appartenant à l'OPAC, et à 300 m de la rivière la Touques en rive droite.

Ses coordonnées Lambert sont :

X = 446,07 Y = 163,75 ZS = + 40,36 RNG (1)

ZT = + 40,66 RNG

Le forage a été réalisé du 17/10/83 au 09/11/83 par la société
PERRIER de Mondeville (Calvados).

2- FORATION

0 à 12 m : rotary avec un tricone de 315 mm de diamètre

12 à 29 m : marteau fond de trou et tricône de 254 mm de diamètre

(formation d'une cavité importante de 13 à 14,5 m
ayant nécessité la mise en place d'un bouchon de
ciment)

Les terrains étant très peu stables, nous avons dû utiliser une boue biodégradable (GSP 550 L) pour les maintenir en place pendant les travaux ; la destruction complète du cake formé a été assurée par une injection d'hypochlorite de soude.

(1) Nivellement réalisé par le cabinet Landry à Caen.

3- GEOLOGIE (cf. coupe détaillée A.1)

Les échantillons recueillis au cours des travaux nous ont permis de constater que si le forage a bien été implanté dans le niveau des calcaires coralligènes de l'Oxfordien, il a rencontré un faciès de bordure pulvérulent qui a très sensiblement compliqué les opérations. Comme il était prévu le forage a été arrêté dans les argiles de Villers de l'Oxfordien inférieur.

4- EQUIPEMENT (cf. fig. A.2)

- 0,3 à 11,5 m : tubage acier plein A33 de 280/286 mm de diamètre et cimentation
- 0 à 17 m : tubage PVC spécial forage plein de 178/195 mm de diamètre, avec cimentation jusqu'à 16,3 m
- 17 à 29 m : tubage PVC spécial forage crépiné 20/108 à 12 % de vides de 178/195 mm avec massif filtrant de 2/5 mm

5- MISE EN PRODUCTION

Elle a comporté successivement :

- Un nettoyage avant équipement, développement à l'air lift le 03/11/83.
- Un nettoyage après équipement et avant acidification, développement à l'air lift les 04 et 05/11/83.
- Une acidification sous-pression (3t HCl en 4 passes avec pistonage et soupapage entre chaque passe) le 08/11/83.
- Un nettoyage après acidification, développement à l'air lift et développement par pompage les 08 et 09/11/83 (débit air lift supérieur à 120 m3/h)
- Un pompage d'essai de puits
- Un pompage d'essai de nappe de longue durée.
- Un pompage lors des opérations d'essai de réinjection dans le FE 2 (cf. annexe D).

DÉPARTEMENT : Calvados

Pièce n°

COMMUNE : LISIEUX

Indice de classement :

0121

7X

0327

DÉSIGNATION : OPAC DU CALVADOS - CASERNE DELAUNAYCote du sol (z) = + 40,36

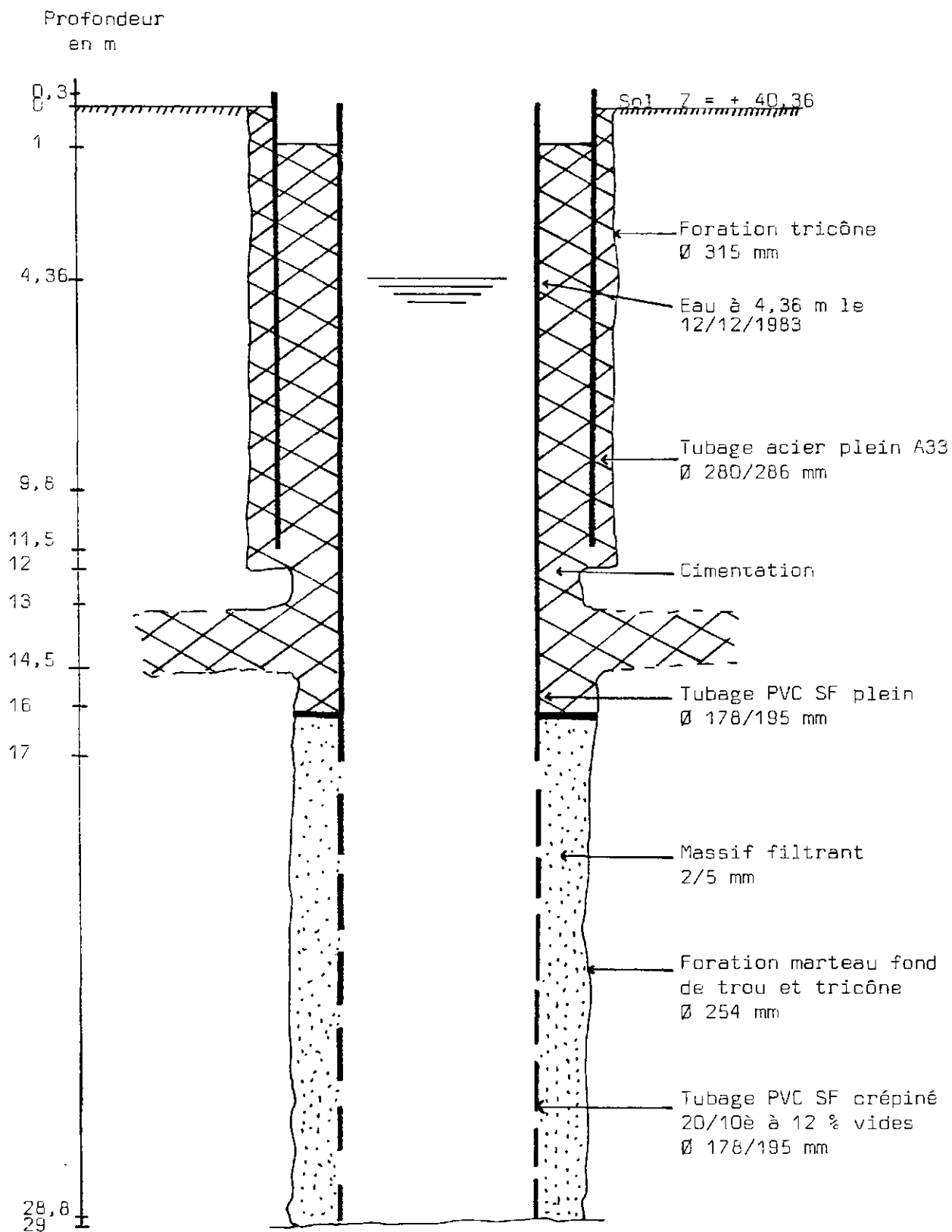
FE 1 (sondage destructif au marteau fond de trou)

R N G

PROFONDEURS		NATURE DES TERRAINS	INTERPRÉTATION	COTE DU TOIT
DE	A			
0	2	Terre végétale et remblai	Remblai et	+ 40,36
2	3,5	Argile brune limoneuse	Alluvions	+ 38,36
3,5	9,8	Argile brun-vert avec galets (très mauvaise tenue)	QUATERNAIRE	
9,8	11	Calcaire oolithique tendre blanc avec de nombreuses passées meubles	Calcaires	+ 30,56
11	12	Calcaire blanc plus dur oolithique	OXFORDIEN CORALLIGÈNE	
12	13,5	Calcaire oolithique blanc dur dans un ciment de calcite		
13,5	15,5	Calcaire blanc finement oolithique à nombreuses passées meubles ; sable calcaire très fin		
15,5	19,5	Calcaire oolithique plus grossier graveleux		
19,5	21	à nombreux débris organiques roulés Calcaire oolithique grossier		
21	22	Calcaire oolithique détritique gris (venues d'eau importantes)		
22	24,5	Calcaire gris oolithique et graveleux à passées tendres		
24,5	26,9	Pas de remontée de sédiments, perte presque totale		
26,9	28,8	Argile et bancs de calcaire		
28,8	29	Argiles bleu-noir	Argile	+11,56
		Fond de forage dans même formation	OXFORDIEN	+11,36



COUPE TECHNIQUE DU FORAGE FE 1 (121-7-327)



ALLUVIONS
QUATERNAIRE

Calcaires
OXFORDIEN CORALLIGÈNE

Argile



5.1. Pompage d'essai de puits effectué le 10/11/83

Il a comporté 5 paliers de débits croissants d'une durée de 45 minutes et séparés par des remontées de durée équivalente.

Les observations ont été les suivantes (cf. tableau détaillé A.3):

Palier	s en m	Q en m ³ /h	$10^{-2} \frac{s}{Q}$ m/m ³ /h	Q / s m ³ /h/m
1	0,09	10	0,90	111
2	0,15	15	1,00	100
3	0,36	30,5	1,18	84,7
4	0,49	36,5	1,34	74,5
5	0,84	55,2	1,52	65,7

L'examen de la figure A.4 montre que le débit critique de l'ouvrage n'a pas été atteint, il est donc supérieur à 55 m³/h.

Ce pompage d'essai de puits a permis de déterminer (cf. fig. A.5 et A.6) l'équation du rabattement en fonction du débit :

$$s = 0,008 Q + 0,00013 Q^2$$

Le coefficient des pertes de charge quadratiques égal à $1,3 \cdot 10^{-4}$ est très faible et met en évidence les bonnes performances de l'ouvrage : au débit d'exploitation de 45 m³/h les pertes de charge dues à la pénétration de l'eau dans la crépine seront voisines de 0,26 m.

5.2. Pompage d'essai de nappe

Il a été réalisé pendant 48 h, du 12 au 14 décembre, au débit moyen de 49 m³/h, le niveau de l'eau passant de 4,66 à 5,53 m sous le sommet du tubage.

0121	7X	0327
------	----	------

F E 1

Pièce : 5

Feuillet : 01

Page : 10/11/1983 . au 10/11/1983.

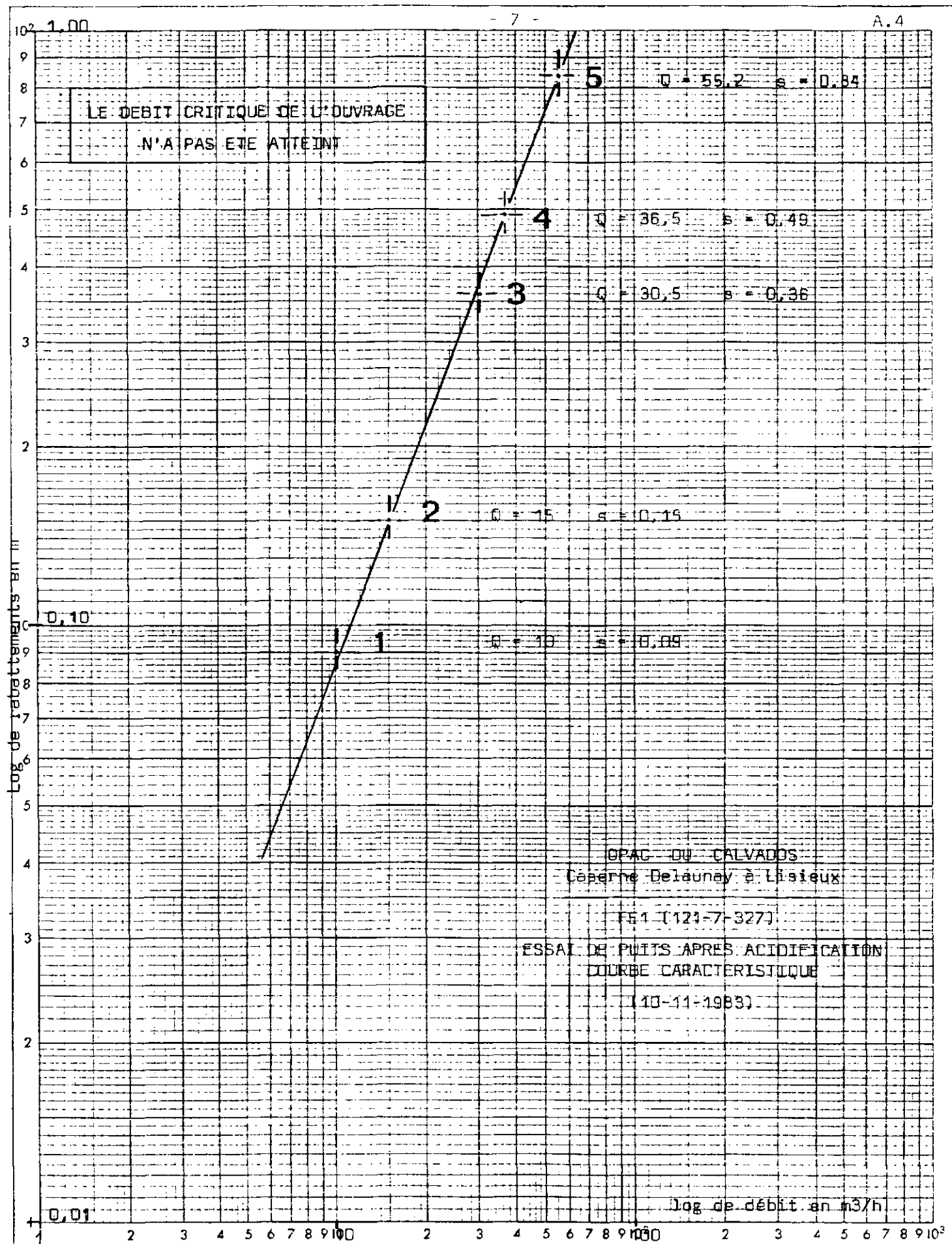
Profondeur initiale : 5,15/repère
du plan d'eau 4,15/sol

[illegible]

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier .
N°

1) P = profondeur D = dépression.

2) Indiquer $Q = 000.0$ lorsque le pompage est arrêté.



OPAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisieux

FE4 (121-7-327)

CALCUL DES PERTES DE CHARGE

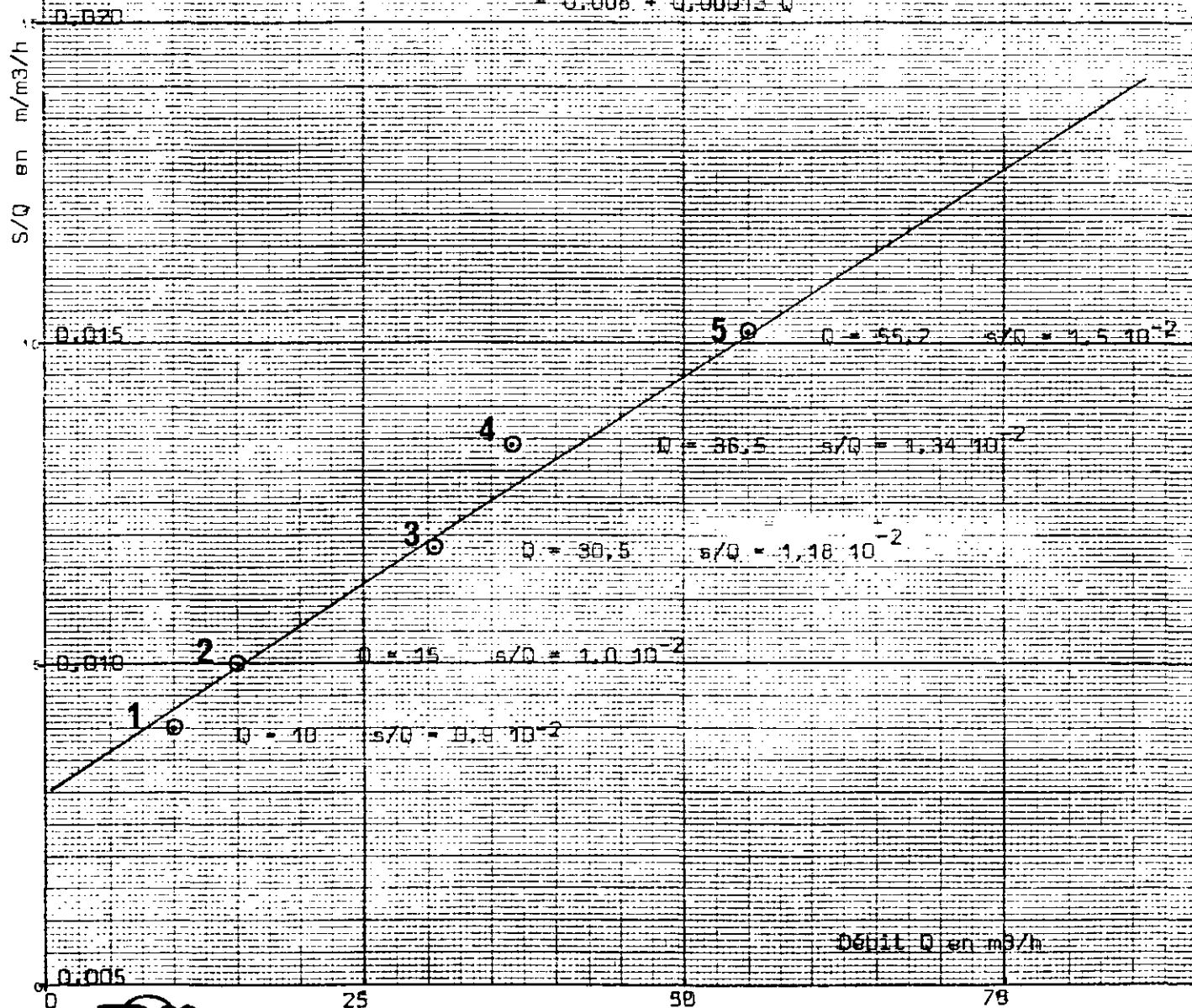
$$S = BQ + CQ^2$$

$$B = 0,008$$

$$C = 1,3 \cdot 10^{-4}$$

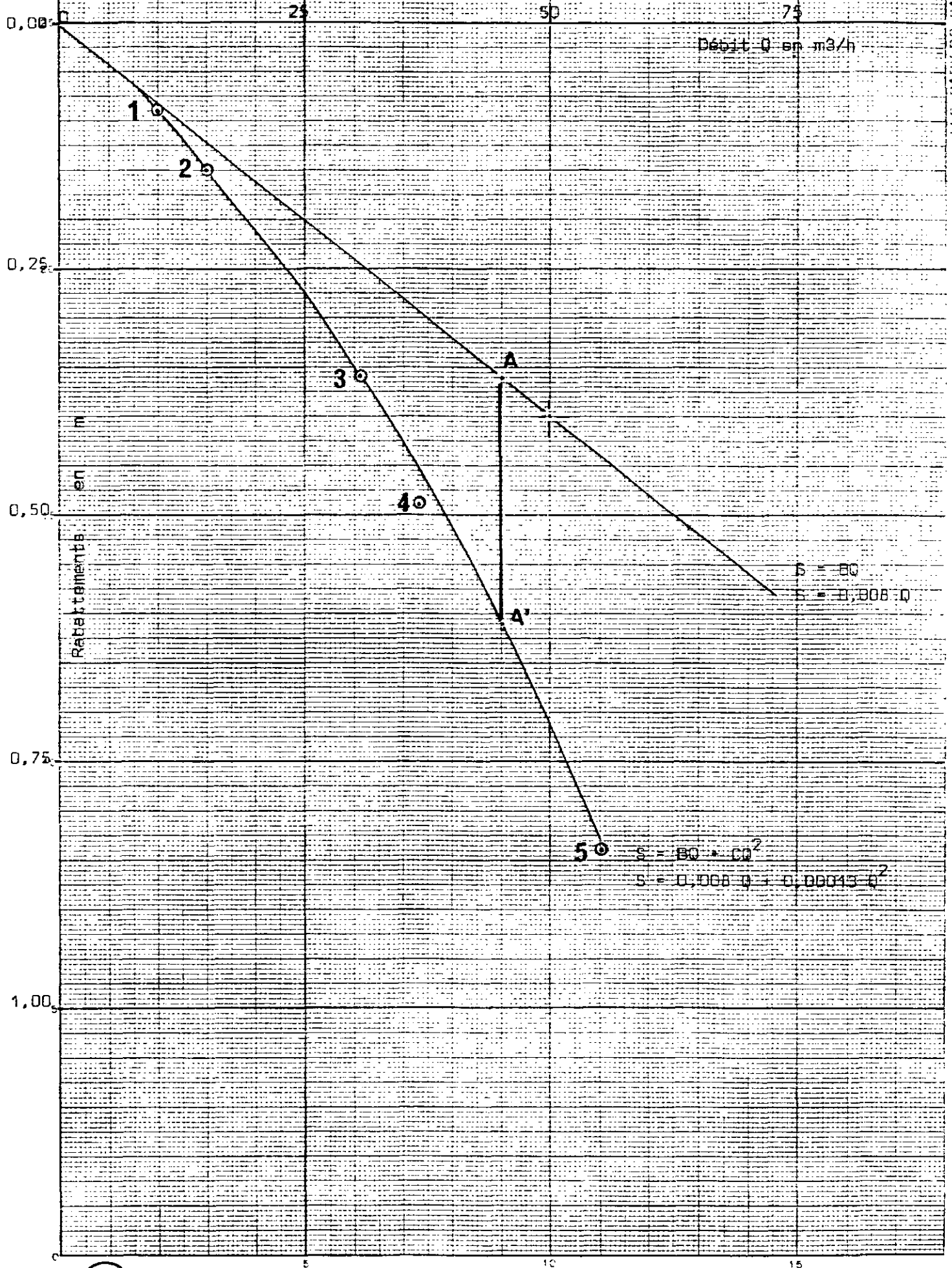
$$s/Q = B + CQ$$

$$= 0,008 + 0,00013 Q$$



FE1 (121-7-327)

EVOLUTION DES PERTES DE CHARGE



0121 7X 0327.

FE1

Pièce : 2

Feuillet : 01

te du
npage : 12/12/1983 au 14/12/1983.Profondeur initiale du plan d'eau : 4.66 m /repère
4.36 m /sol

1	2	3	4	5	6	7
date	heure et minute	profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	temps t depuis début du pompage	temps pour remplir 2.000 l en S	débit calculé en m ³ /h	observations
M				lecture de compteur	charge en cm	
2/12	17 10	4.66	0.00			Début du pompage
/		5.25	1.			0.59 Eau claire
/		5.27	2.			0.61 Echelle
/		5.28	3.			0.62 Touques 12
/		5.30	4.			0.64
/		5.31	5.			0.65
/		5.31	6.			0.65
/		5.31	7.			0.65
/		5.32	8.			0.66
/		5.32	9.			0.66
/	17 20	5.325	10.	143	50.3	0.665
/		5.34	15.	143	50.3	0.66
/		5.34	20.			0.68
/		5.35	25.			0.69
/	17 40	5.35	30.			0.69
/		5.355	45.			0.695
/	18 10	5.36	60.	146	49.3	0.70
/		5.365	90.			0.705
/	19 10	5.37	120.	147	49.0	0.71
/		5.37	150.			0.71
/	20 10	5.38	180.			0.72
/		5.39	210.			0.73
/	21 10	5.40	240.			0.74
/		5.41	270.			0.75
/	22 10	5.42	300.			0.76
/	23 10	5.43	6.			0.77
3/12	0 10	5.44	7.			0.78
/	1 10	5.45	8.			0.79
/	2 10	5.455	9.			0.795
/	3 10	5.46	10.			0.80
/	4 10	5.46	11.			0.80
/	5 10	5.47	12.			0.81
/	6 10	5.47	13.			0.81
/	7 10	5.47	14.			0.81
/	8 10	5.47	15.	146	49.3	0.81 Echelle
/	9 10	5.47	16.			0.81 Touques 12
/	10 10	5.47	17.			0.81
/	11 10	5.475	18.			0.815
/	12 10	5.475	19.			0.815 Echelle
/	13 10	5.475	20.	146	49.3	0.815 Touques 12
/	15 10	5.48	22.			0.82 Prélèvement eau
/	17 10	5.49	24.			0.83 labo
/	19 10	5.49	26.	147	49.0	0.83
/	21 10	5.495	28.			0.835
/	23 10	5.51	30.			0.85
4/12	1 10	5.51	32.			0.85
/	3 10	5.515	34.			0.855
/	5 10	5.51	36.			0.86
/	7 10	5.51	38.	146		0.86
/	9 10	5.52	40.			0.87
/	11 10	5.52	42.	146		0.87

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

) P = profondeur ; D = dépression.

) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

Feuillet : 02

Profondeur initiale du plan d'eau : . . . 4 . 66 m /repère
4 . 36 m /sol

- Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
- N°

1) P = profondeur ; D = dépression.

2) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

Le détail des mesures effectuées à la descente est rassemblé dans les tableaux A.7 pour le forage et A.8 pour le piézomètre (FE 2), les interprétations graphiques faisant l'objet des figures A.9 et A.10. Les tableaux A.11, A.12 et la figure A.13 concernent la remontée de la nappe après pompage. Les différentes interprétations selon les méthodes de Jacob et de Theis montrent systématiquement deux transmissivités différentes

- . en début de descente ou en fin de remontée, les valeurs qui s'échelonnent de 149 à 256 m²/h semblent indiquer que les terrains au voisinage de l'ouvrage ont été très sensiblement développés ;

- . en fin de descente (après 3 ou 4h) et en début de remontée les valeurs qui s'échelonnent de 53 à 62 m³/h sont quasiment identiques (aux imprécisions de mesure près) et représentent les caractéristiques du terrain entre les deux forages (FE 1 et FE 2).

La valeur de $1,6 \cdot 10^{-4}$ obtenue pour le coefficient d'emmagasinement est caractéristique d'une nappe captive.

6- QUALITE DES EAUX (cf. bordereau d'analyse A.14)

L'autorisation accordée par Monsieur le Commissaire de la République du Calvados prévoyait une analyse chimique de l'eau, celle-ci a été réalisée par le Laboratoire départemental et régional de biologie et d'hygiène de Caen sur un prélèvement effectué le 13/12/83.

L'eau est de type bicarbonaté et sulfaté calcique, les points les plus importants étant la présence de fer en quantité importante (7,0 mg/l) et la nature réductrice de l'eau soulignée par la présence d'ammoniaque.

Si les résultats analytiques présentés par le Laboratoire ne sont absolument pas sujets à caution, les conclusions exposés quant à l'origine de la minéralisation dénotent une méconnaissance complète de l'hydrogéochimie.

La présence de ce fer pouvant provoquer des difficultés lors du fonctionnement des pompes à chaleur, nous avons procédé à une étude géochimique spécifique (cf. annexe E).

0121

7X

0327

F.E.1

Pièce : 3

Feuillet : 01

Date du pompage : 12/12 / 1963 au 14 / 12 / 1963 Profondeur initiale du plan d'eau : 4.58 m / repère
4.08 m / sol

1 ° 1)	2 indice B.R.G.M. ou N°*** du piézomètre			3 date J M	4 heure et minute		5 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (2)	6 temps t depuis début du pompage M S (3)	H	s en m	observations
2	0121	7X	0328	12/12	17	10	4.58	P	0.000	.	0,00	Début descente 20s
							4.615		1.	M	0,035	
							4.64		2.		0,06	
							4.655		3.		0,075	
							4.66		4.		0,08	
							4.66		5.		0,08	
							4.665		6.		0,085	
							4.67		7.		0,09	
							4.67		8.		0,09	
							4.67		9.		0,09	
					17	20	4.675		10.		0,095	
							4.68		15.		0,10	
							4.68		20.		0,10	
							4.685		25.		0,105	
					17	40	4.69		30.		0,11	
							4.70		45.		0,12	
					18	10	4.71		60.		0,13	
							4.72		90.		0,14	
					19	10	4.725		120.		0,145	
							4.73		150.		0,15	
					20	10	4.74		180.		0,16	
							4.745		210.		0,165	
					21	10	4.75		240.		0,17	
							4.75		270.		0,17	
					22	10	4.755		300.		0,175	
					23	10	4.765		6.	H	0,185	
					0	10	4.77		7.		0,19	
					1	10	4.78		8.		0,20	
					2	10	4.785		9.		0,205	
					3	10	4.79		10.		0,21	
					4	10	4.79		11.		0,21	
					5	10	4.80		12.		0,22	
					6	10	4.81		13.		0,23	
					7	10	4.81		14.		0,23	
					8	10	4.815		15.		0,235	
					9	10	4.825		16.		0,245	
					10	10	4.83		17.		0,25	
					11	10	4.83		18.		0,25	
					12	10	4.83		19.		0,25	
					13	10	4.83		20.		0,25	
					15	10	4.85		22.		0,27	
					17	10	4.85		24.		0,27	
					19	10	4.85		26.		0,27	
					21	10	4.86		28.		0,28	
					23	10	4.86		30.		0,28	
				14/12	1	10	4.87		32.		0,29	
					3	10	4.87		34.		0,29	
					5	10	4.87		36.		0,29	
					7	10	4.88		38.		0,30	
					9	10	4.89		40.		0,31	
					11	10	4.89		42.		0,31	
					13	10	4.89		44.		0,31	

- * Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
- * N°
- * Numéro pour les pompages hors-métropole.
-) Numéro de chantier du piézomètre.
-) P=profondeur ; D = dépression.
-) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

Pièce : 3
Feuillet : 02

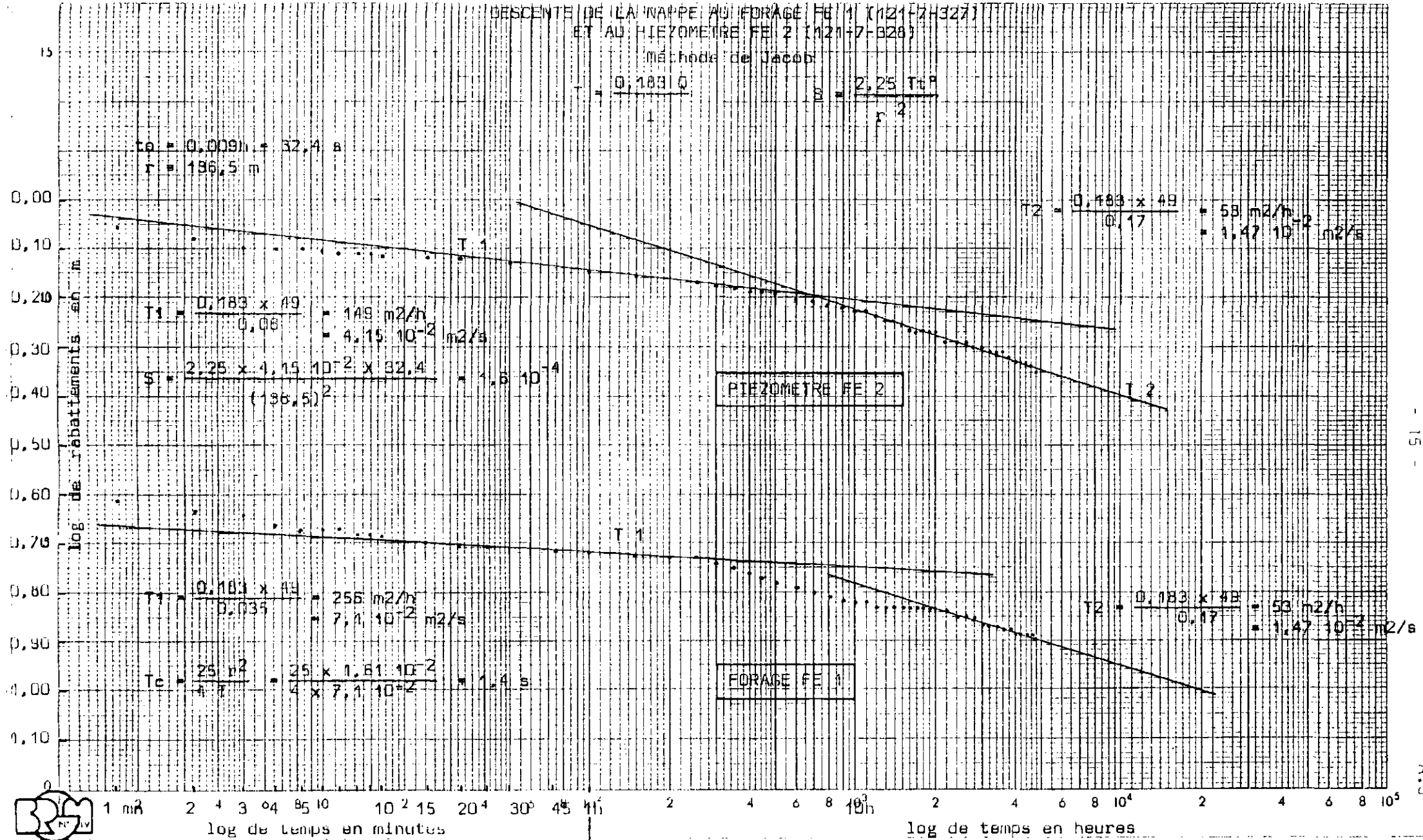
Date du pompage : 12/12/1983. au 12/12/1983 Profondeur initiale du plan d'eau : 4.58 m/repère
4.08 m/sol

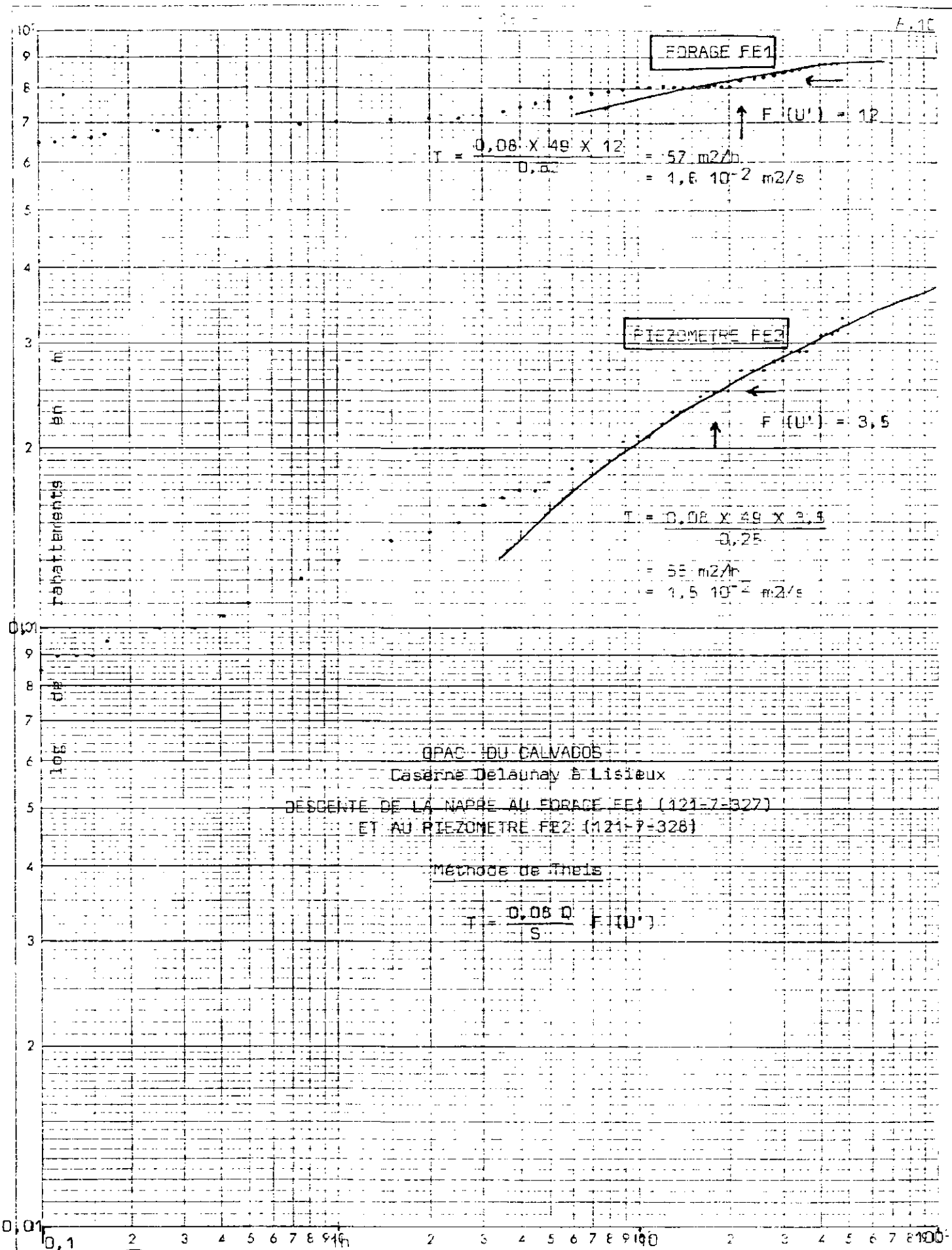
- * Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
- * No }
- * Numéro pour les pompages hors-métropole.
- * Numéro de chantier du piézomètre.
- * P=profondeur ; D = dépression.
- * Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

OPAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisieux

DESCENTE DE LA NAPPE AU FORAGE FE 1 (121+7-327)
ET AU PIEZOMETRE FE 2 (121+7-328)

Méthode de Jacob





GPAC - DU CALVADOS

Caserne Delaunay à Lisieux

DESCENTE DE LA NAPPE AU FORAGE FE1 (121-7-327)

ET AU PIEZOMETRE FE2 (121-7-328)

Méthode de Theis

$$T = \frac{0.08 Q}{S} F(U')$$



0121 7X 0327

FE1.....

Pièce : 4
Feuillet : 01

date du pompage : 12/12/1983 au 14/12/1983
 près pompage de durée tp en heures et minutes = 48.00.00 mn
 ou en secondes = 172.800s

Profondeur initiale = 4,66 / repère
 du plan d'eau : 4,36 / sol

Indice BRGM

0121 7X 0327

ou N°

FE1.....

n° de chantier : ..

1 date J M	2 heure et minute	3 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (1)	4 temps t' depuis l'arrêt du pompage	H M S (2)	5 1 + t' t'	s en m	observations
14/12	17 10	5.53	P	0 0000	.	0.88	0,88	Arrêt du pompage
/	.	5.27	.	1	M	2.881	0,61	Début remontée
/	.	5.14	.	2	.	1.441	0,48	
/	.	5.02	.	3	.	.961	0,36	
/	.	4.91	.	4	.	.721	0,25	
/	.	4.90	.	5	.	.577	0,24	
/	.	4.90	.	6	.	.481	0,24	
/	.	4.89	.	7	.	.412	0,23	
/	.	4.88	.	8	.	.361	0,22	
/	.	4.88	.	9	.	.321	0,22	
/	.	4.88	.	10	.	.289	0,22	
/	.	4.87	.	15	.	.193	0,21	
/	.	4.86	.	20	.	.145	0,20	
/	.	4.855	.	25	.	.116	0,195	
/	.	4.855	.	30	.	.97	0,195	
/	.	/	.	45	.	.65		Démontage pompe
/	18 10	/	.	60	.	.49		Mise en place OTT X
/	.	4.84	.	90	.	.33	0,18	
/	19 10	4.84	.	120	.	.25	0,18	
/	.	4.84	.	150	.	.20,2	0,18	
/	20 10	4.84	.	180	.	.17	0,18	
/	.	4.84	.	210	.	.14,7	0,18	
/	21 10	4.82	.	240	.	.13	0,16	
/	.	4.82	.	270	.	.11,7	0,16	
/	22 10	4.82	.	300	.	.10,6	0,16	
/	23 10	4.82	.	6	H	.9	0,16	
15/12	0 10	4.82	.	7	.	.7,9	0,16	
/	1 10	4.82	.	8	.	.7	0,16	
/	2 10	4.80	.	9	.	.6,3	0,14	
/	3 10	4.80	.	10	.	.5,8	0,14	
/	4 10	4.80	.	11	.	.5,4	0,14	
/	5 10	4.79	.	12	.	.5	0,13	
/	6 10	4.79	.	13	.	.4,69	0,13	
/	7 10	4.785	.	14	.	.4,42	0,125	
/	8 10	4.785	.	15	.	.4,2	0,125	
/	9 10	4.77	.	16	.	.4	0,11	
/	10 10	4.77	.	17	.	.3,8	0,11	
/	11 10	4.77	.	18	.	.3,66	0,11	
/	12 10	4.77	.	19	.	.3,52	0,11	
/	13 10	4.77	.	20	.	.3,4	0,11	
/	15 10	4.755	.	22	.	.3,18	0,095	
/	17 10	4.755	.	24	.	.3	0,095	
/	19 10	4.755	.	26	.	.2,85	0,095	
/	21 10	4.75	.	28	.	.2,71	0,09	
/	23 10	4.75	.	30	.	.2,6	0,09	
16/12	1 10	4.75	.	32	.	.2,5	0,09	
/	3 10	4.75	.	34	.	.2,41	0,09	

* Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
 ** N° }
 * Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage auquel se rapporte le tableau.
 ** N° }

P = profondeur ; D = dépression.

) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

Feuillet : 02

Profondeur initiale = 4,66 / repère
du plan d'eau : 4,36 / sol

n° de chantier : . . .

Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

0121 7X 0327

F. E. 1

Pièce : 4

Feuillet : 01

date du pompage : 12 / 12 / 1983 au 14 / 12 / 1983.

Après pompage de durée tp en heures et minutes = . . 48 h 00 mn
ou en secondes = . 172 800 sProfondeur initiale : 4,58 m / repère
du plan d'eau 4,08 m / sol

Indice BRGM

0121 7X 0328

ou N°

F. E. 2

n° de chantier : . .

1 date J M	2 heure et minute	3 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (1)	4 temps t' depuis l'arrêt du pompage (2)	H M S (2)	5 1 + $\frac{tp}{t'}$	s en m	observations
14/12	17 10	4.91	P	00000			0,33	Arrêt du pompage
/		4.885		1	M	2.881	0,305	Début remontée 20 s
/		4.865		2		1.441	0,285	
/		4.85		3		961	0,27	
/		4.84		4		721	0,26	
/		4.835		5		577	0,255	
/		4.83		6		481	0,25	
/		4.83		7		412	0,25	
/		4.825		8		361	0,245	
/		4.825		9		321	0,245	
/		4.82		10		289	0,24	
/		4.815		15		193	0,235	
/		4.81		20		145	0,23	
/		4.81		25		116	0,23	
/		4.81		30		97	0,23	
/		4.80		45		65	0,22	
/	18 10	4.795		60		49	0,215	
/		4.785		90		33	0,205	
/	19 10	4.78		120		25	0,20	
/		4.77		150		20,2	0,19	
/	20 10	4.765		180		17	0,185	
/		4.755		210		14,7	0,175	
/	21 10	4.755		240		13	0,175	
/		4.755		270		11,7	0,175	
/	22 10	4.755		300		10,6	0,175	
/	23 10	4.75		6	H	9	0,17	
15/12	0 10	4.74		7		7,9	0,16	
/	1 10	4.73		8		7	0,15	
/	2 10	4.73		9		6,3	0,15	
/	3 10	4.72		10		5,8	0,14	
/	4 10	4.72		11		5,4	0,14	
/	5 10	4.715		12		5	0,135	
/	6 10	4.715		13		4,69	0,135	
/	7 10	4.71		14		4,42	0,13	
/	8 10	4.71		15		4,2	0,13	
/	9 10	4.695		16		4	0,115	
/	10 10	4.695		17		3,8	0,115	
/	11 10	4.695		18		3,66	0,115	
/	12 10	4.69		19		3,52	0,11	
/	13 10	4.69		20		3,4	0,11	
/	15 10	4.69		22		3,18	0,11	
/	17 10	4.69		24		3	0,11	
/	19 10	4.69		26		2,85	0,11	
/	21 10	4.68		28		2,71	0,10	
/	23 10	4.68		30		2,6	0,10	
16/12	1 10	4.675		32		2,5	0,095	
/	3 10	4.675		34		2,41	0,095	

* Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
 No
 * Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage auquel se rapporte le tableau.
 No

) P = profondeur ; D = dépression.

) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

0121.	7X	0327.
-------	----	-------

F. E. 1.

Pièce : 4
Feuillet : 02

Date du pompage : 12 / 12 / 1983, au 14 / 12 / 1983
 Durée de pompage de durée tp en heures et minutes = . 48, h00 mn
 ou en secondes = . 172, 800, s

Profondeur initiale : 4,58 m / repère
du plan d'eau 4,08 m / sol

Indice BRGM

.0121	.7X	0328
-------	-----	------

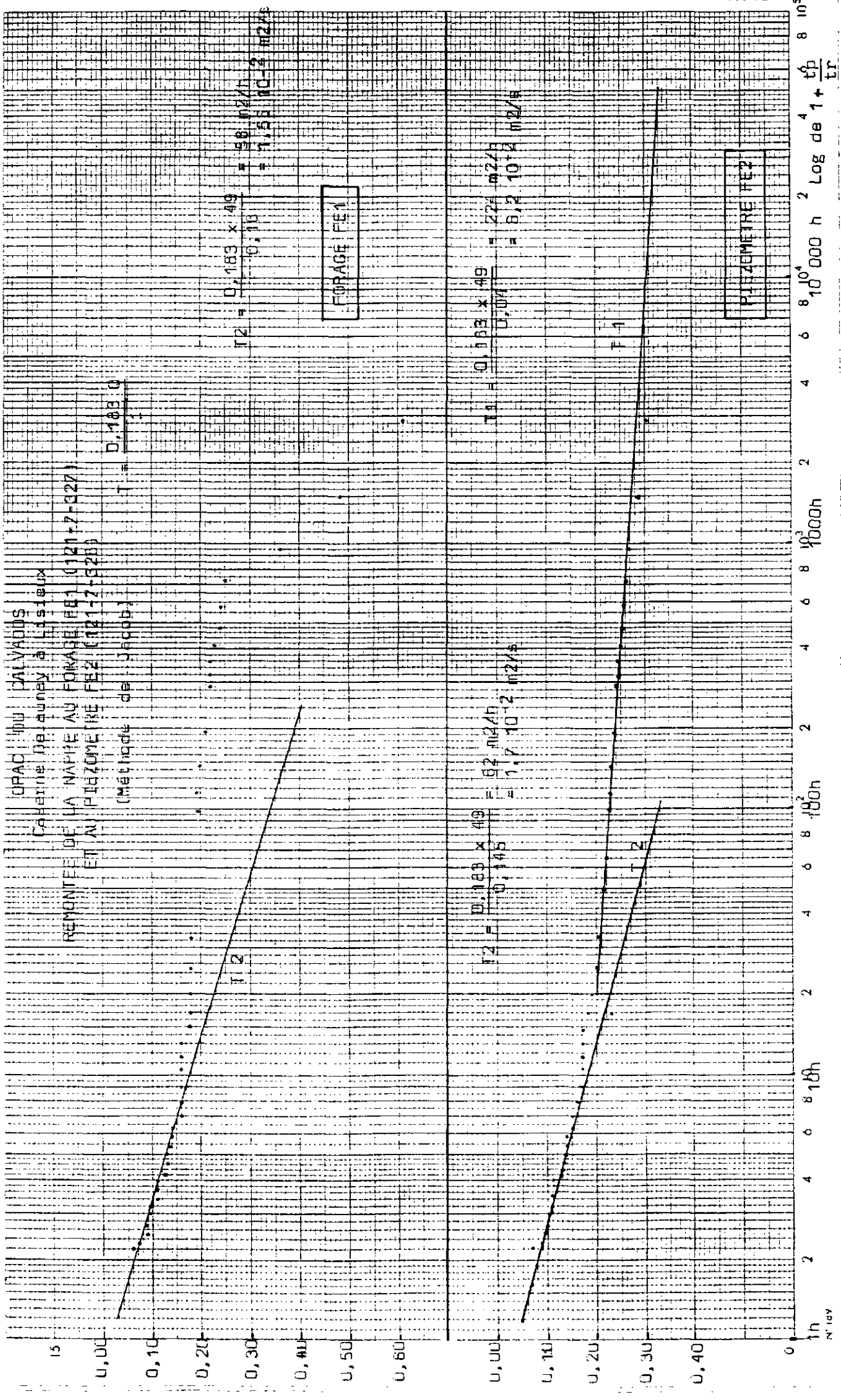
ou N^o

F. E. 2

n° de chantier : . . .

[illegible]

- : : Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
 : : NO
 : : Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage auquel se rapporte le tableau.
 : : NO
) P = profondeur ; D = dépression.
 !) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.



LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL ET RÉGIONAL DE BIOLOGIE ET D'HYGIÈNE

36, rue Fred Scamaroni - CAEN - Tél. : 86.20.67 - B. P. 303

Agréé en 1^{ère} catégorie par le Ministère de la SantéIndice national de classement
BRGM : 0121-7X-0327

ANALYSE D'EAU

N° 296.742

RENSEIGNEMENTS

- 1 - Commune ou Syndicat d'A.E.P. de Réseau de H.L.M "CASERNE DELAUNAY" à LISIEUX
- 2 - Point de prélèvement : tuyau de décharge pompe d'essais
- 3 - Usage de l'eau : boisson, cuisine, toilette, piscine, industriel (en spécifier la nature)
- 4 - Origine de l'eau : distribution publique, source, émergence ou résurgence, puits, forage, citerne, réservoir, galerie filtrante, eau de surface
(sa nature : FORAGE F 1)
- 5 - Profondeur du puits ou forage : 29 mètres Niveau statique de l'eau : 4,40
Niveau dynamique 4,47 au débit de : 2 m³ en 2'27
soit : 49 m³/heure
- 6 - Eau non traitée ou traitée. Mode de traitement : (forage a été acidifié : 3 tonnes)
- 7 - Prélèvement effectué le : 13.12.1983 à 14 heures 30
Avant ou après traitement ? Durée de pompage préalable : 21 H 30 En cours de pompage ou pompes arrêtées ?
- 8 - Heure de la mise éventuelle en glacière : Dès le prélèvement
- 9 - Qualité du préleveur : Agent du Laboratoire (DL)
- 10 - Conditions météorologiques : beau temps - Gelée nocturne
Importance des pluies dans les 10 jours précédents : abondantes crues-sécheresse-basses eaux.
- 11 - Température atmosphérique au lieu de prélèvement : 8°0
- 12 - Température de l'eau au même moment : 12°6
- 13 - Causes qui motivent l'analyse : nouveau captage, projet de captage, travaux intéressant le système d'adduction, inondations, épidémies, examen de routine...
anomalie éventuellement signalée...
S'agit-il de la 1^{ère} ou de la 2^{ème} analyse de type I ? N° de la précédente :
- 14 - Existe-t-il un périmètre de protection autour du point d'eau ?
Son étendue ?
- 15 - Le terrain avoisinant a-t-il des fissures ou des effondrements ?
Nature géologique : Calcaire coralligène oxfordien, sous couverture alluviale
Epreuve à la fluorescéine ?
- 16 - Causes de souillures permanentes ou accidentelles de l'eau :
Proximité de fermes, étables, fosses, fumiers, lavoirs, abreuvoirs, égouts, épandages, station d'épuration des eaux usées, cimetière, usines.
Etat du point d'eau :
Non capté - aménagé provisoirement ou non observations
Capté - récemment ou non 1 mois
mode de captage
matériaux tubage plastique spécial forage
travaux terminés depuis le :
ont-ils été suivis de désinfection ?
en service ou non ?
état actuel d'entretien ?
- 17 - Mode de transport du prélèvement :
- 18 - Durée du transport :
- 19 - Prélèvement reçu le 13.12.1983 à h Analyse commencée le à h
Demandeur : Les frais seront à la charge de :
Monsieur PASCAUD - B.R.G.M. OPAC - Calvados
7 place Foch à CAEN
à l'attention de Monsieur GRAND

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Dénombrement total des bactéries aérobies sur gélose-nutritive par ml d'eau

Nombre de colonies après 24 h à 37°

Nombre de colonies après 72 h à 20°

Colimétrie

a) Coliformes totaux par 100 ml d'eau

Technique : - membranes filtrantes à 37° - bouillon lactosé à 30°

b) Coliformes fécaux par 100 ml d'eau

Technique : - Membranes filtrantes à 44°

- Bouillon lactosé à 30° - Test d'Eijkman et indole à 44°

c) Identification - Présence d'E. coli

Dénombrement par 100 ml des :

- Streptocoques fécaux (M. de Rothe et de Litsky)

- Clostridium sulfito-réducteurs (gélose sulfite-fer)

Recherche des bactériophages fécaux :

Phages-coli dans 50 ml

Phages-shigella dans 50 ml

Recherche de salmonella (technique : filtration de litres sur membrane)

Résultat :

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE POTABILITÉ

Aspect de l'eau sur place : limpide, incolore, odeur métallique

Turbidité en gouttes de mastic

pH

Résistivité en ohms-cm à 20° c

Degré hydrotimétrique total

Degré hydrotimétrique permanent

Matières organiques (en mg d'oxygène emprunté au permanganate à chaud en 10 minutes)

par litre - en milieu acide

- en milieu alcalin

Chlorures (en mg de Cl) par litre

Nitrates en NO₃ mg par litre

Nitrites en NO₂ mg par litre

Ammoniaque en NH₄ mg par litre

Chlore résiduel libre en mg par litre

Fer mg/l

Phosphates en P₂O₅ mg/l

Sulfates en SO₄-, mg/l

Détergents

INTERPRÉTATION

Sans analyse bactériologique et chimique simultanées, il n'est pas possible de se prononcer sur la potabilité d'une eau qui n'est pas surveillée périodiquement.

DATE : 18 janvier 1984

Le Directeur du Laboratoire,

CL/

DÉPARTEMENT DU CALVADOS
LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL ET RÉGIONAL DE BIOLOGIE ET D'HYGIÈNE
 36, rue Fred Scamaroni - BP 303 - 14014 CAEN CEDEX
 Téléphone : 86-20-67

Indice national de
classement BRGM :
0121-7X-0327

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'EAU DE TYPE I

N° 296.742

Échantillon d'eau prélevé le 13.12.1983 par Agent du Laboratoire (DL)
 Reçu le 13.12.1983 motif _____
 Nature du point d'eau _____ emplacement _____
 Lieu du prélèvement FORAGE F 1 - H.L.M. "CASERNE DELAUNAY" LISTIEUX
 Température atmosphérique du lieu _____ de l'eau _____

RÉSULTATS

Couleur : Jaunâtre - Opalescente Odeur : Inodore Saveur : _____
 Couleur en mg de Platine Cobalt : _____ Remarques : _____
 Matières en suspension sédimentables _____ Aspect après décantation _____

Pouvoir colmatant	sur place	au laboratoire
Turbidité en gouttes de mastic		165
Résistivité en ohms/cm à 20° C		1132
pH		7,0
Oxygène dissous en mg/l <u>0</u> Pourcentage de saturation		
Anhydride carbonique libre, CO ₂ en mg/l <u>141</u>		
Chlore libre en mg/l		
Hydrogène sulfuré, en H ₂ S en mg/l		
Résidu sec à 105° C		
Résidu sec à 500° C		
Oxydabilité à chaud par KMnO ₄ , 10 minutes en milieu alcalin, mg/l		1,3
Dureté total DHT (en degrés français) <u>47,6</u>		Dureté permanente _____
Silice en SiO ₂ mg/l <u>17</u>		

RECHERCHE DE L'AGRESSIVITÉ

			Après contact avec le marbre
Titre alcalimétrique à la phénolphthalénine TA	0	OF	0
Titre alcalimétrique complet au méthylorange TAC	36,75	OF	36,25 OF
Titre en sels d'acides forts SAF	19,4		pH 6,98
Titre en acides forts libres TAF	0		
CO ₂ agressif au calcaire en mg/l	0		
pH de saturation selon Hoover-Langeher _____			

CATIONS

	Mèq/l	Mg/l
H ⁺ des acides libres	0	0
Calcium en Ca ⁺⁺	8,78	176,0
Magnésium en Mg ⁺⁺	0,72	8,8
Ammonium en NH ₄ ⁺	/	0,74
Sodium en Na ⁺	1,50	34,5
Potassium en K ⁺	0,14	5,5
Fer en Fe ⁺⁺		
Manganèse en Mn ⁺⁺		
SOMME	11,14	225,54

Salinité totale en gr/l 0,839

ANIONS

	Mèq/l	Mg/l
OH ⁻ des bases libres	0	0
Chlorure en Cl ⁻	1,72	61,0
Sulfurique en SO ₄ ⁼⁼	2,16	104,0
Phosphorique en PO ₄ ⁼⁼	/	0,10
Nitrique en NO ₃ ⁻	0	0
Nitreux en NO ₂ ⁻	0	0
Bicarbonates CO ₃ H ⁻	7,35	448,0
Carbonates CO ₃ ⁼⁼	0	0
	11,23	613,10

ELEMENTS TOXIQUES OU INDESIRABLES mg/l

Plomb (en Pb) _____ Fer (en Fe) : 7,0 après aération : _____
 Arsenic (en As) _____ Manganèse (en Mn) 0,17
 Chrome hexavalent _____ Cuivre (en Cu) _____
 Cyanures (en CN) _____ Zinc (en Zu) _____
 Fluorures (en F) inf. à 0,10 Composés phénoliques _____
 Détergents _____ Aluminium (en Al) 0,16

CONCLUSION : les caractéristiques de cette eau semblent encore modifiées par l'acidification, le temps de pompage préalable ayant été insuffisant. Ainsi la salinité totale est très vraisemblablement supérieure à celle de l'eau naturelle de la nappe, ainsi que la teneur en gaz carbonique.

De même la teneur excessive en fer et accessoirement en manganèse, résulte probablement de l'usure des outils de forage.

La présence en quantité excessive d'ammoniaque est peut être une caractéristique naturelle mais peut aussi résulter de phénomènes réducteurs en présence de fer.

Caen, le 18 janvier 1984

Le Directeur du Laboratoire,

CL/



A N N E X E B

TRAVAUX ET OBSERVATIONS
EFFECTUES SUR LE FORAGE FE 2

TRAVAUX ET OBSERVATIONS
EFFECTUEES SUR LE FORAGE FE 2

1- SITUATION GEOGRAPHIQUE (cf. fig. 3)

Le forage FE 2 (indice national de classement 0121-7X-0328) est situé à proximité des bâtiments 239 et 240, en bordure nord-est du terrain appartenant à l'OPAC et à 330 m de la rivière la Touques en rive droite.

Ses coordonnées Lambert sont :

X = 446,06 Y = 163,88 ZS = + 40,24 RNG {1}
ZT = + 40,74 RNG

Le forage a été réalisé du 10/11/83 au 30/11/83 par la société
FERRIER de Mongeville (Calvados).

2- FORATION

0 à 17,5 m : rotary avec tricone de 315 mm de diamètre
(formation d'une cavité entre 3 et 4,50 m
ayant nécessité la mise en place d'un tubage
provisoire)

17,5 à 30,2 m : marteau fond de trou de 254 mm de diamètre

Lors de la foration, une boue colmatante à la bentonite a été utilisée pendant les 16 premiers mètres, ensuite, comme pour le forage FE 1 la boue GSP 550 L qui a été employée a été détruite à l'hypochlorite de soude.

3- GEOLOGIE (cf. coupe détaillée B.1)

La coupe géologique établie est très voisine de celle qui a pu être relevée au forage FE 1, en particulier en ce qui concerne le toit des argiles de Villers touché à la cote + 11,2 m (+ 11,6 m à FE 1).

(1) Nivellement réalisé par le cabinet Lanory à Caen

DÉPARTEMENT : Calvados Pièce n°

COMMUNE : LISIEUX Indice de classement : 0121 7X 0328

DÉSIGNATION : OPAC DU CALVADOS - CASERNE DELAUNAY Cote du sol (z) = + 40,24
FE 2 (sondage destructif au marteau fond de trou) R N G

	PROFONDEURS		NATURE DES TERRAINS	INTERPRÉTATION	COTE DU TOIT
	DE	A			
	0	1,5	Terre végétale et remblai	Remblai et	+40,24
	1,5	4,8	Argile brune limoneuse avec présence de	alluvions	+38,74
	4,8	6,8	blocs calcaires	QUATERNAIRE	
			Argile brune verdâtre		
	6,8	8,5	Calcaire tendre	Calcaires	+33,44
	8,5	15,5	Calcaire oolithique à nombreuses passées	OXFORDIEN	
	15,5	17,5	meubles, sable calcaire très fin	CORALLIGÈNE	
			Calcaire oolithique fin dur		
	17,5	19,5	Calcaire oolithique plus grossier graveleux		
			à 19,5, gris-roux		
	19,5	23,0	Calcaire gris oolithique ferrugineux		
			A 23 m petit passage argileux		
	23,0	28,0	Calcaire gris oolithique graveleux, nom-		
			breux débris coquilliers		
	28,0	29,0	Calcaire oolithique dur avec petits pas-		
			sages marneux		
	29,0	29,8	Calcaire graveleux oolithique détritique		
			avec quelques éléments à grain fin		
	29,8	30,2	Argile bleue	Argile	+11,24
				OXFORDIEN	
			Fond du forage dans même formation		+10,04



4- EQUIPEMENT (cf. fig. B.2)

- 0,5 à 16,5 m : tubage acier plein A 33 de 280/286 mm de diamètre avec cimentation
- 0,2 à 17,2 m : tubage PVC spécial forage plein de 178/195 mm de diamètre avec cimentation jusqu'à 16,5 m
- 17,2 à 29,2 m : tubage PVC spécial forage crépiné 20/10 ϕ à 12 % de vides de 178/195 mm de diamètre avec massif filtrant 2/5 mm
- 29,2 à 30,2 m : tubage PVC spécial forage plein de 178/195 mm de diamètre

5- MISE EN PRODUCTION

Elle a comporté successivement :

- Un nettoyage avant équipement, développement à l'air lift le 25/11/83.
- Un nettoyage après équipement et avant acidification, développement à l'air lift le 28/11/83.
- Une acidification sous-pression (3 t HCl en 4 passes avec pistonage et soupapage entre chaque passe) le 29/11/83.
- Un nettoyage après acidification, développement à l'air lift et développement par pompage les 29 et 30/11/83 (débit air lift supérieur à 150 m³/h).
- Un pompage d'essai de puits.
- Un pompage d'essai de nappe de longue durée.
- Un essai de réinjection (cf. annexe D).

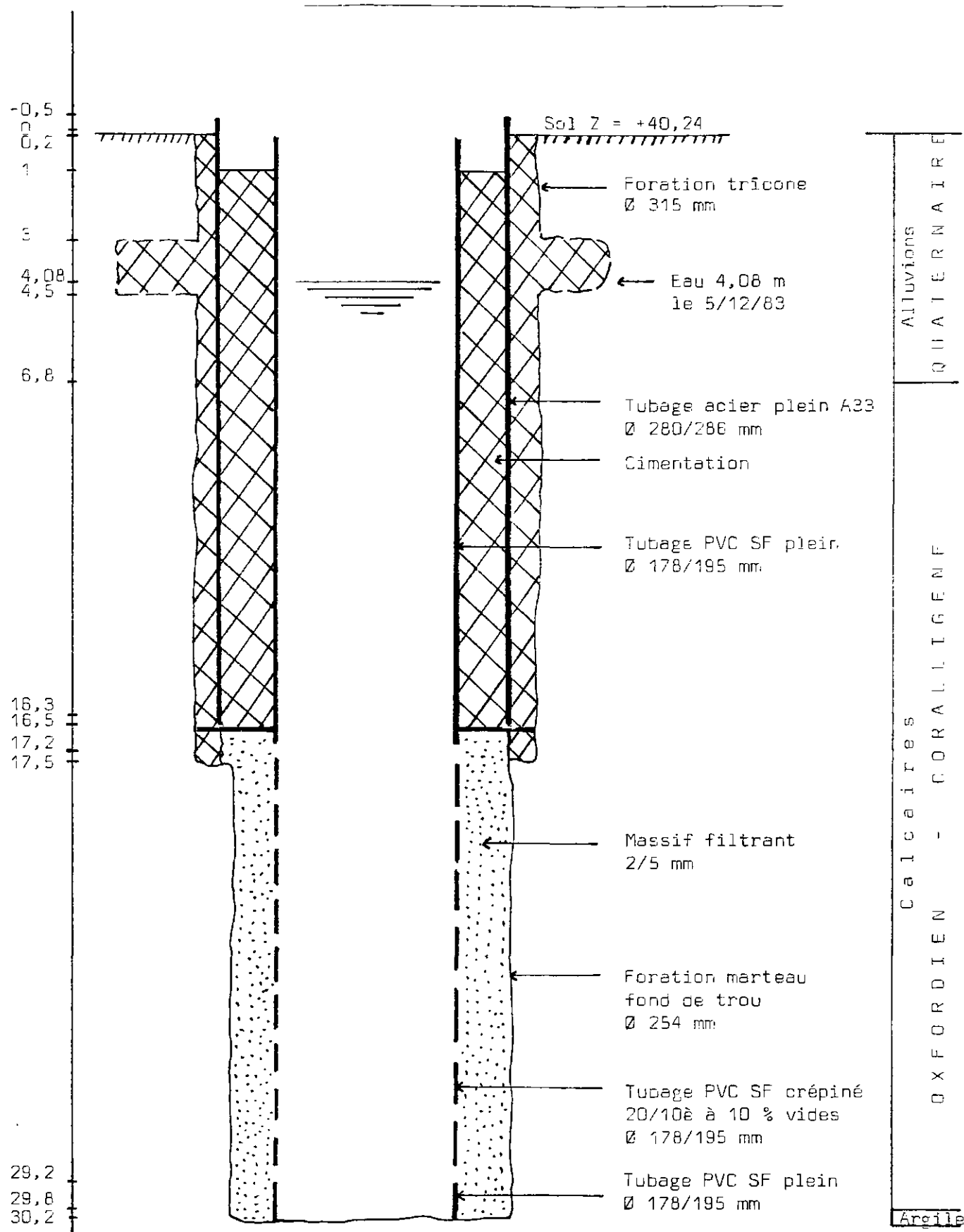
5.1. Pompage d'essai de puits effectué le 01/12/83

Comme pour le FE 1 il a comporté 5 paliers de débits croissants d'une durée de 45 minutes et séparés par des remontées de durée équivalente. Les observations ont été les suivantes : (cf. tableau détaillé B.3):

Palier	s en m	Q en m ³ /h	$\frac{s}{Q}$ 10^{-2} m/m ³ /h	$\frac{Q}{s}$ m ³ /h/m
1	0,03	5,4	0,55	180
2	0,11	15,8	0,69	143
3	0,24	30,0	0,80	125
4	0,38	45,0	0,84	118
5	0,52	58,0	0,89	111

Profondeur
en m

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE FE 2 (121-7-328)



0121 7X 00326

FE2

Pièce 5

Feuillet : 01

1^{re} de page : 01/12/1983 au 01/12/1983Profondeur initiale = 4,84 / repère
du plan d'eau 4,12 / sol

1 date M	2 heure et minute		3 temps partiel	4 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (1)	5 débit en m ³ /h (2)	nombre de paliers de pompage :			
							s en m	Q/s	s/Q 10 ⁻²	Observations
1/12	09 30	00 400	H05	4,84	P	00,0	0,00			Eau claire
				4,85		06,3	0,01			
				4,86			0,02			
	9 45	H15	H30	4,87		05,5	0,03			1 Q = 5,4 s=0,03
				4,87		05,4	0,03			
				4,87		05,4	0,03	180	0,55	
1/12	10 30	H15	H30	4,84		00,0	0,00			Remontée
	10 45	H30	H45	4,84			0,00			
	11 00	H45	H	4,84			0,00			
1/12	11 15	0H15	H30	4,95		15,9	0,11			2 Q = 15,6 s=0,11
	11 30	H30	H45	4,95		15,8	0,11			
	11 45	H45	H	4,95		15,8	0,11	143	0,69	
1/12	12 00	0H15	H30	4,84		00,0	0,00			Remontée
	12 15	H30	H45	4,84			0,00			
	12 30	H45	H	4,84			0,00			
11/12	12 45	0H15	H30	5,07		30,2	0,23			3 Q = 30,0 s=0,24
	13 00	H30	H45	5,07		30,0	0,23			
	13 15	H45	H	5,08		30,0	0,24	125	0,80	
1/12	13 30	0H15	H30	4,84		00,0	0,00			Remontée
	13 45	H30	H45	4,84			0,00			
	14 00	H45	H	4,84			0,00			
11/12	14 15	0H15	H30	5,20		45,0	0,36			4 Q = 45,0 s=0,38
	14 30	H30	H45	5,21		45,0	0,37			
		H45	H	5,22		45,0	0,38	118	0,84	
1/12	15 00	0H15	H30	4,85		00,0	0,01			Remontée
	15 15	H30	H45	4,84			0,00			
	15 30	H45	H	4,84			0,00			
11/12	15 45	0H15	H30	5,34		58,1	0,50			5 Q = 58,0 s=0,52
	16 00	H30	H45	5,35		58,0	0,51			
	16 15	H45	H	5,36		58,0	0,52	111	0,89	
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								
		H								

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
No

P = profondeur D = dépression.

Indiquer Q = 000,0 lorsque le pompage est arrêté.

L'examen de la figure B.4 montre que le débit critique de l'ouvrage n'a pas été atteint, il est donc supérieur à 58 m³/h.

Ce pompage d'essai de puits a permis de déterminer (cf. fig. B.5 et B.6) l'équation du rabattement en fonction du débit :

$$s = 0,007 Q + 0,000033 Q^2$$

Le coefficient des pertes de charge quadratiques égal à $3,3 \cdot 10^{-5}$ est très faible et met en évidence les excellentes performances de l'ouvrage et de son environnement immédiat : à un débit d'exploitation de 45 m³/h, les pertes de charge dues à la pénétration de l'eau dans la crépine seraient voisines de 0,07 m.

5.2. Pompage d'essai de nappe

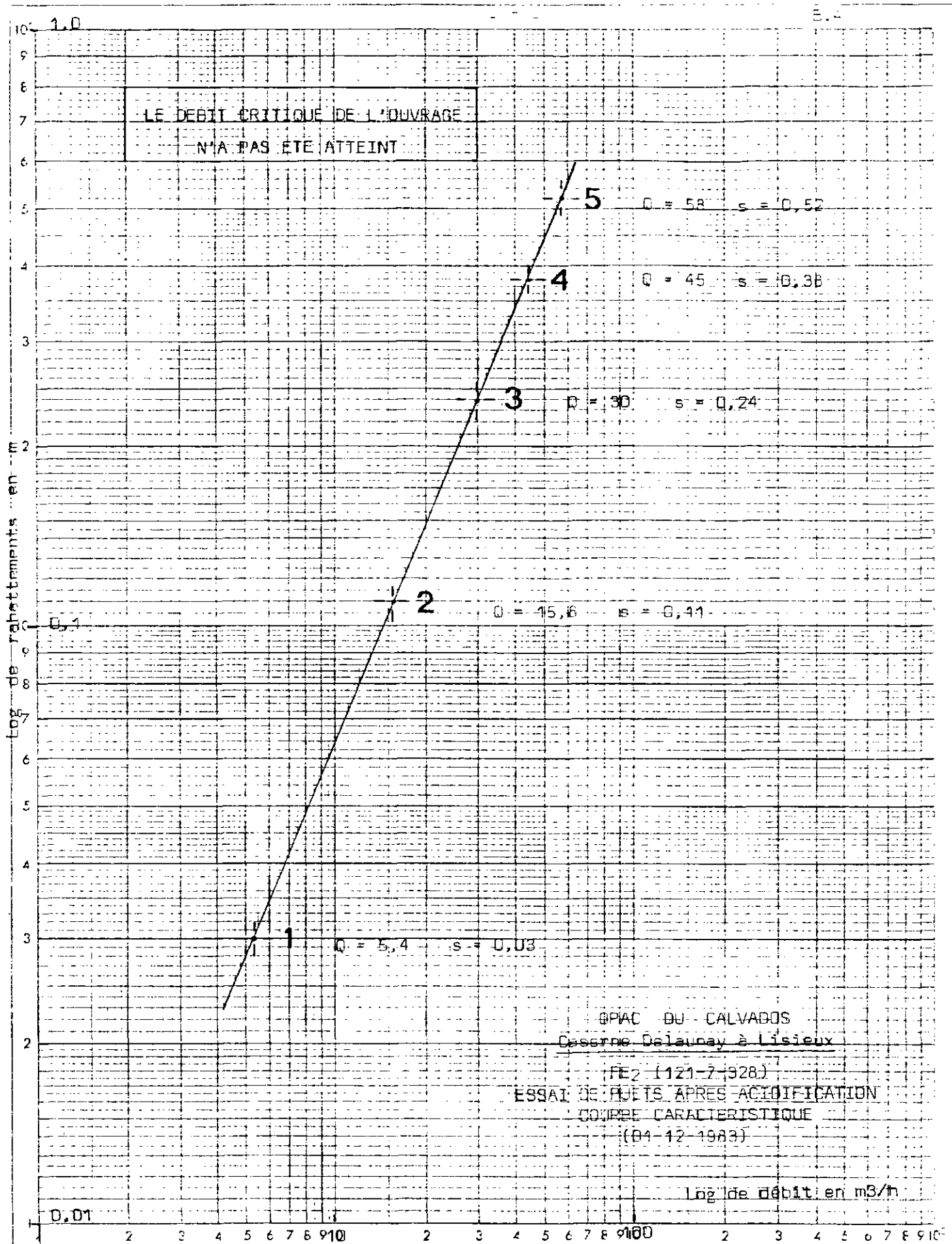
Il a été réalisé pendant 77 heures, du 5 au 8 décembre 1983, au débit moyen de 58 m³/h, le niveau de l'eau passant de 4,80 m à 5,61 m sous le sommet du tubage.

Le détail des mesures effectuées à la descente est rassemblé dans le tableau B.7 pour le forage et B.8 pour le piézomètre (FE 1), les interprétations faisant l'objet des figures B.9 et B.10. Les tableaux B.11 et B.12 et la figure B.13 concernent la remontée de la nappe pendant 95 heures après pompage.

Les différentes interprétations selon les méthodes de Jacob et de Theis montrent systématiquement, comme pour le FE 1, deux transmissivités différentes :

- . en début de descente et en fin de remontée, les valeurs de 151 à 177 m²/h sont comparables à celles observées en FE 1 à proximité de l'ouvrage ;

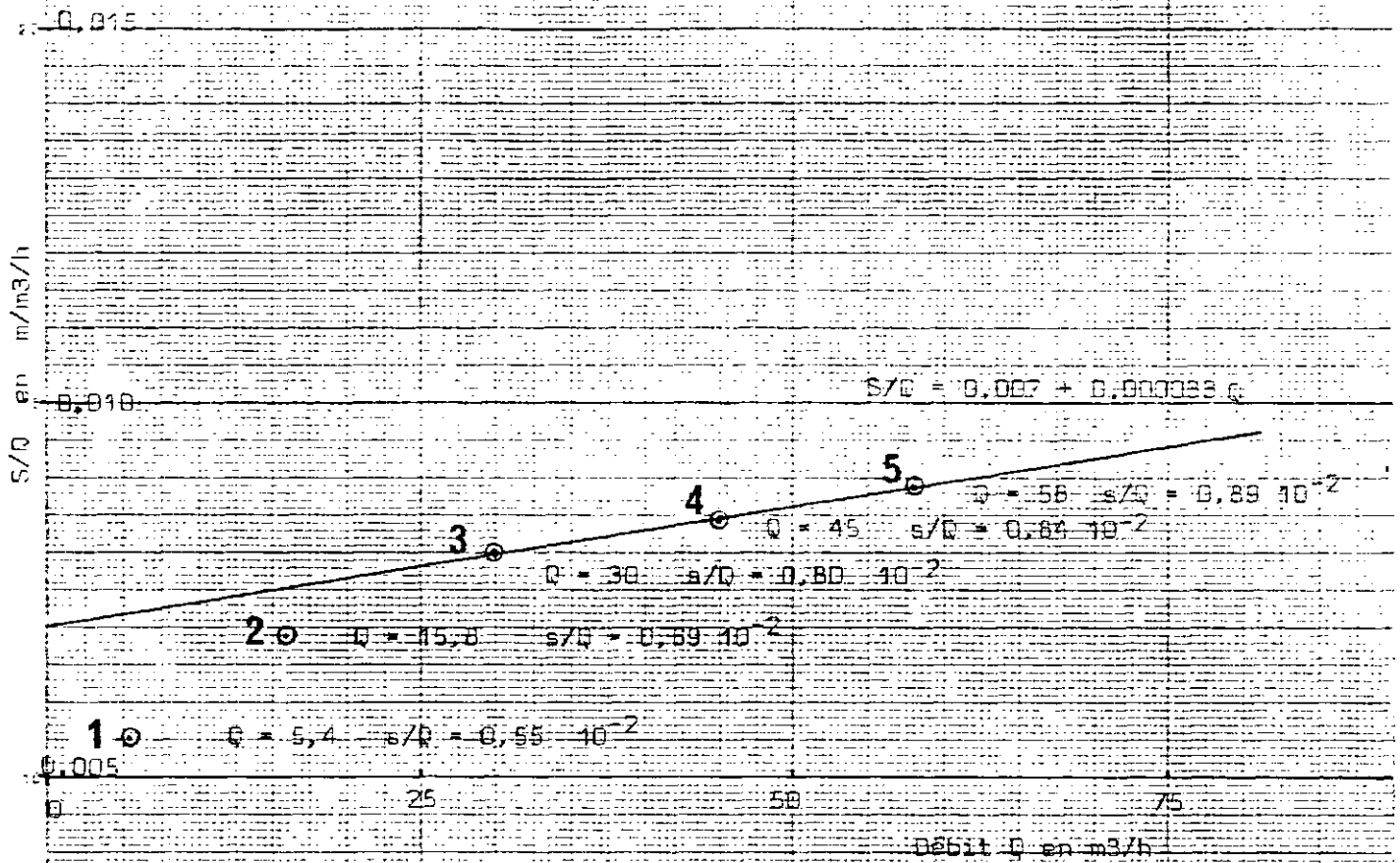
- . en fin de descente (après 3h) et en début de remontée les valeurs qui s'échelonnent de 51 à 58 m²/h confirment les indications concernant l'aquifère dans son ensemble. Par suite d'une défaillance de l'appareillage sur le piézomètre, le coefficient d'emmagasinement n'a pas pu être déterminé.



DFAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisieux.

FE2 (121-7-925)

CALCUL DES PERTES DE CHARGE



$$S = BQ + CQ^2$$

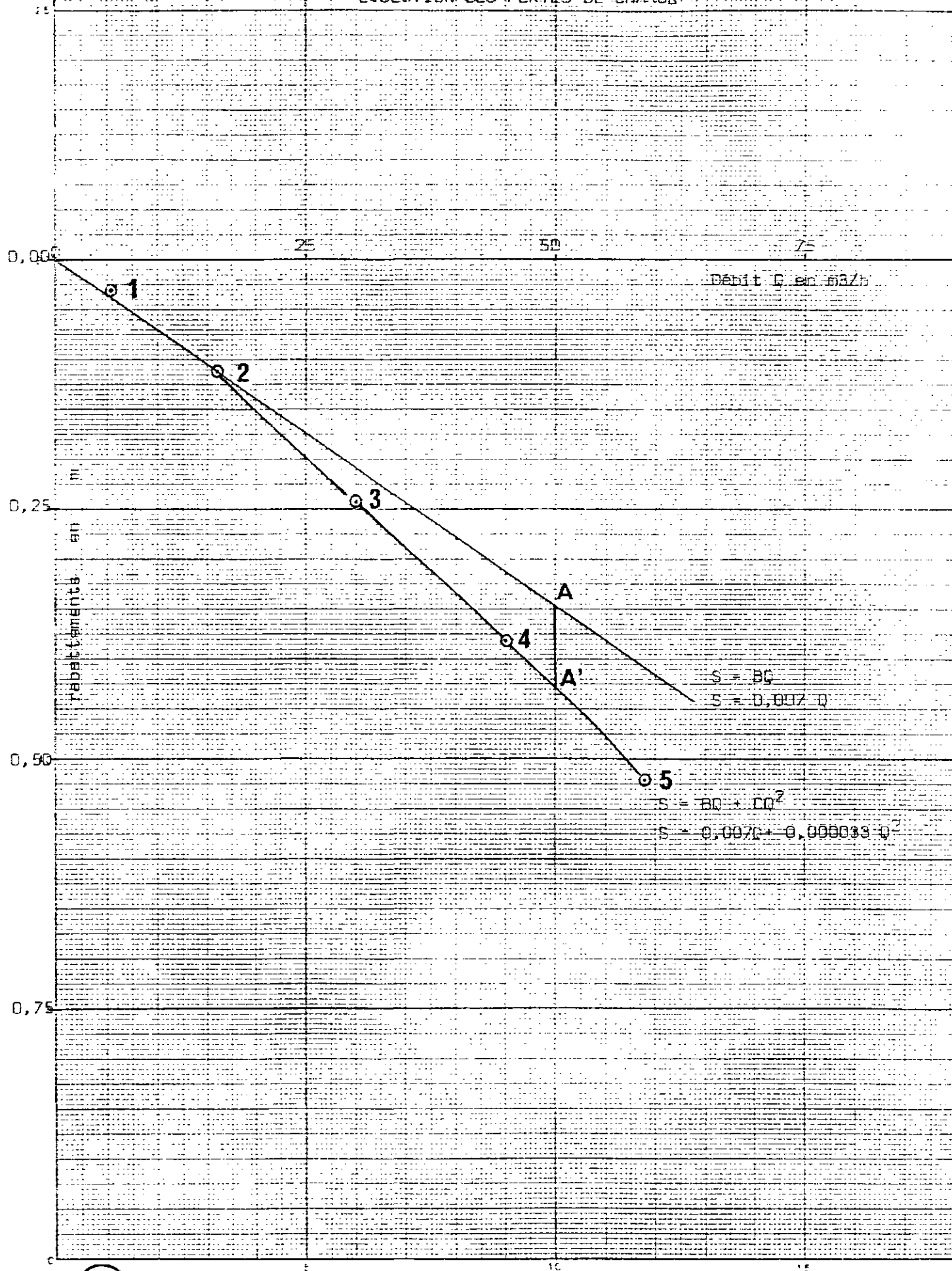
$$B = 0.007$$

$$C = 3.3 \cdot 10^{-5}$$



OPAC DU CALVADOS
Caserna Delaunay à Lisieux

FE2 (121-7-328)
EVOLUTION DES PERTES DE CHARGE



0121. 7X 0328

FED

Pièce : 2

Feuillet : 01

Date du
pompage

: 05/12/1983 au 06/12/1983

Profondeur initiale du plan d'eau : 4.80 m/repère
4.08 m/sol

1	2		3	P	4	H	5			6		
date	heure et		profondeur du	ou	temps t		temps pour remplir			débit		observations
J M	minute		plan d'eau ou	D	depuis début	M	500 l	1 en	charge	calculé	s en	
			dépression (m)	(1)	du pompage	S	S	lecture de	en cm	en m ³ /h	m	
						(2)		compteur				
05/12	11	30	4.80	P	0	0						Début du pompage
/			4.84			1						0.04 Eau claire
/			5.21			2						0.41 Echelle
/			5.25			3						0.45 Touques 10
/			5.27			4						0.47
/			5.28			5	31			58.0		0.48
/			5.28			6						0.48
/			5.29			7						0.49
/			5.29			8						0.49
/			5.30			9						0.50
/	11	40	5.30			10	31			58.0		0.50
/			5.30			15						0.50
/			5.30			20						0.50
/			5.31			25						0.51
/	12	00	5.31			30	31			58.0		0.51
/			5.32			45						0.52
/	12	30	5.33			60	31			58.0		0.53
/	13	00	5.34			90						0.54
/	13	30	5.35			120						0.55
/	14	00	5.35			150	31			58.0		0.55
/	14	30	5.36			180						0.56
/	15	00	5.365			210	31			58.		0.565
/	15	30	5.37			240	31			56.		0.57
/	16	00	5.38			270	31			56.		0.58 Echelle
/	16	30	5.40			300						0.60 Touques 10
/	17	30	5.40			6						0.60 " 11
/	18	30	5.40			7						0.60
/	19	30	5.41			8						0.61
/	20	30	5.42			9						0.62
/	21	30	5.43			10						0.63
/	22	30	5.45			11						0.65
/	23	30	5.46			12						0.66
06/12	0	30	5.46			13						0.66
/	1	30	5.46			14						0.67
/	2	30	5.47			15						0.68
/	3	30	5.48			16						0.69
/	4	30	5.49			17						0.70
/	5	30	5.50			18						0.70
/	6	30	5.50			19						0.70
/	7	30	5.50			20						0.70
/	9	30	5.51			22	31			58.		0.71
/	11	30	5.51			24						0.71
/	13	00	5.51			26						0.71
/	15	30	5.515			28						0.715
/	17	30	5.52			30	31			58.		0.72
/	19	30	5.53			32						0.73
/	21	30	5.54			34						0.74
/	23	30	5.56			36						0.76
07/12	1	30	5.57			38						0.77
/	3	30	5.59			40						0.79
/	5	30	5.61			42						0.81

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

) P = profondeur ; D = dépression.

) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

Fevillet : C2

Profondeur initiale du plan d'eau : ... 4.60. m /repère
4.08 m/sol

) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

0421 7X 0327

P. E. C.

Pièce : 3

Feuille : 01.

Date du pompage : 05/12/1968 au 06/12/1968 Profondeur initiale du plan d'eau : 4.40 m / tropèrs
4.10 m / sc1

1 ° 1)	2 indice B.R.G.M. ou N°*** du piézomètre			3 date J M	4 heure et minute	5 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (2)	6 temps depuis début du pompage M S	H (3)	s en m	observations
1	0421	7X	0327	05/12	11 30	4.40	P.	0 000		0,00	Début pompage 11.30 s
						4.41		2		0,01	
						4.425		3		0,025	
					15 30	4.46		4		0,06	
					17 30	4.465		6		0,065	
					19 30	4.47		6		0,07	
					20 30	4.475		9		0,075	
					21 30	4.48		10		0,08	
					22 30	4.48		11		0,08	
					23 30	4.48		12		0,08	Mauvais fonctionne-
				06/12	1 30	4.485		14		0,085	ment de l'entregie-
					2 30	4.49		15		0,09	treur cloque 58° le
				08/12	16 30	4.77		77		0,37	gel entre 16 et 17h

* Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

** Numéro pour les pompes hors-métropole.

) Numéro de chantier du piézomètre.

!) P=profondeur ; D = dépression.

i) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

OPAC : M. CALVAUDS
 Caserne Delaunay à Lisieux
 FE 2 (121-7-928)
 Descende de la nappe au forage
 (méthode de Jacob)

$$T = 0.183 \cdot C$$

1

Rebattiments en

$$T_1 = \frac{0.183 \times 50}{0.06} = 177 \text{ m}^2/\text{h} = 4.9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T_0 = \frac{3.9 \cdot r^2}{4 \cdot T} = \frac{25 \times 1.61 \cdot 10^{12}}{4 \times 4.9 \cdot 10^{-2}} = 2 \text{ s}$$

$$T_2 = \frac{0.183 \times 50}{0.19} = 56 \text{ m}^2/\text{h} = 1.55 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

T2

10⁻⁵

1mn

Log de t en minutes

1h

2

10

100

Log de t en heures

0.9



OFAC DU CALVAOOS
Casernes Delaunay à Lisleux
FE2 (121-7-326)
DESCENTE DE LA NAPPE AU FORAGE
[Méthode de Theis]

$$T = \frac{0,08 Q}{s} F(u')$$

I de stat. m

$$F(u') = 8,6$$

$$u' = 1,2 \cdot 10^{-4}$$

$$T = \frac{0,08 \times 58 \times 8,6}{0,7} = 58 \text{ m}^2/\text{h} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Log de t en heures



0121 7X 0328

F.E. 2

Pièce : 4

Feuillet : 01

Profondeur initiale = 4,80/repère
ou plan d'eau = 4,08/sol

Date du pompage : 05 / 12 / 1982 au 06 / 12 / 1982

Après pompage de durée tp en heures et minutes = 1.77 h 00 mn
ou en secondes = 2.77200 s

Indice BRGM

0121 7X 0328

ou N°

F.E. 2

n° de chantier :

1	2	3	4	5	6	7
date	heure et	profondeur du	temps t'	1 + tp		observations
J	M	plan d'eau ou	depuis l'arrêt	t'		
		dépression (m)	du pompage			
			(1)			
05	12	16 30	5.61	0.000	0.61	Arrêt du pompage
/	/	/	5.23	1	0.48	
/	/	/	5.16	2	0.38	
/	/	/	5.17	3	0.37	
/	/	/	5.155	4	0.355	
/	/	/	5.14	5	0.34	
/	/	/	5.14	6	0.34	
/	/	/	5.13	7	0.33	
/	/	/	5.13	8	0.33	
/	/	/	5.13	9	0.33	
/	/	/	5.12	10	0.32	
/	/	/	5.115	15	0.315	
/	/	/	5.11	20	0.31	
/	/	/	5.105	25	0.305	
/	/	/	5.10	30	0.30	
/	/	/	5.10	45	0.30	
/	/	/	5.10	60	0.30	
/	/	/	5.10	90	0.30	Démontage pompe et mise
/	/	/	5.07	120	0.27	en place OTT X
/	/	/	5.07	150	0.27	
/	/	/	5.07	180	0.27	
/	/	/	5.07	210	0.27	
/	/	/	5.065	240	0.265	
/	/	/	5.055	270	0.255	
/	/	/	5.055	300	0.255	
/	/	/	5.05	6	0.25	
/	/	/	5.045	7	0.245	
06	12	0 30	5.035	8	0.235	
/	/	/	5.025	9	0.225	
/	/	/	5.02	10	0.22	
/	/	/	5.01	11	0.21	
/	/	/	5.005	12	0.215	
/	/	/	5.00	13	0.20	
/	/	/	4.995	14	0.195	
/	/	/	4.985	15	0.185	
/	/	/	4.98	16	0.18	
/	/	/	4.975	17	0.175	
/	/	/	4.975	18	0.175	
/	/	/	4.975	19	0.175	
/	/	/	4.97	20	0.17	
/	/	/	4.965	22	0.165	
/	/	/	4.955	24	0.155	
/	/	/	4.95	26	0.15	
/	/	/	4.95	28	0.15	
/	/	/	4.95	30	0.15	
10	12	0 30	4.945	32	0.145	
/	/	/				
/	/	/				

* Indice B.R.G.M. de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
... NO
*** Indice B.R.G.M. de l'ouvrage auquel se rapporte le tableau.
... NO

) P = profondeur ; D = dépression.
) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

0121 7X 0327

F. E. 1

Pièce : 4

Feuillet : 01.

Date du pompage : 05/12/1983 au 06/12/1983.

Durée du pompage de durée tp en heures et minutes = 22 h 00 mn
ou en secondes = 277200 sProfondeur initiale = 4,40/mètre
du plan d'eau 4,10/sol

Indice BRGM

0121 7X 0327

ou N°

F. E. 1

n° de chantier : . . .

1	2	3	4	5	6	7
Date	Heure et minute	profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	temps t depuis l'arrêt du pompage	1 + tp	s en m	observations
05/12	16 30	4,7	0 000		0,37	Élévateur situé à 125,10m
		4,76	30 S	9 241	0,33	du forage en pompage à
		4,73	1 M	4 621	0,33	58 m3/h, début remontée
		4,71	2	2 311	0,31	20s
		4,70	3	1 541	0,30	
		4,69	4	1 156	0,29	
		4,685	5	925	0,285	
		4,68	6	771	0,28	
		4,675	7	681	0,275	
		4,67	8	576,5	0,27	
		4,665	9	514,3	0,265	
		4,665	10	463	0,265	
		4,66	15	309	0,26	
		4,655	20	232	0,255	
		4,65	25	185,6	0,25	
		4,65	30	155	0,25	
		4,64	45	103,7	0,24	
06/12	17 30	4,63	60	78	0,23	
		4,625	90	52,3	0,225	
	18 30	4,62	120	39,5	0,22	
		4,62	150	31,8	0,22	
	19 30	4,615	180	26,7	0,215	
		4,615	210	23	0,215	
	20 30	4,61	240	20,3	0,21	
		4,61	270	18,1	0,21	
	21 30	4,61	300	16,4	0,21	
	22 30	4,60	6 H	13,8	0,20	
	23 30	4,59	7	12,0	0,19	
09/12	0 30	4,585	8	10,6	0,185	
	1 30	4,575	9	9,6	0,175	
	2 30	4,565	10	8,7	0,165	
	3 30	4,56	11	8,0	0,16	
	4 30	4,555	12	7,4	0,155	
	5 30	4,545	13	6,9	0,145	
	6 30	4,54	14	6,5	0,14	
	7 30	4,54	15	6,1	0,14	
	8 30	4,54	16	5,8	0,14	
	9 30	4,54	17	5,5	0,14	
	10 30	4,54	18	5,3	0,14	
	11 30	4,54	19	5,05	0,14	
	12 30	4,535	20	4,85	0,135	
	14 30	4,525	22	4,50	0,125	
	16 30	4,52	24	4,21	0,12	
	18 30	4,515	26	3,96	0,115	
	20 30	4,515	28	3,75	0,115	
	22 30	4,51	30	3,57	0,11	
01/12	0 30	4,51	32	3,41	0,11	

* Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

.. N°

* Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage auquel se rapporte le tableau.

.. N°

P = profondeur ; D = dépression.

) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

OPAC DU CALVADOS
 Carrière Delaunay B 61510x
 Forage FE 2 (121-7-320)
 Piezomètre FE 1 (121-7-R271)
 REMONTEE DE LA NAPPE AU FORAGE ET AU PIEZOMETRE (méthode de Jacob)

$$T = 0,103 \frac{Q}{s}$$

$$T1 = \frac{0,103 \times 50}{0,07} = 151 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$= 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T2 = \frac{0,103 \times 50}{0,21} = 50,5 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$= 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

FORAGE FE2

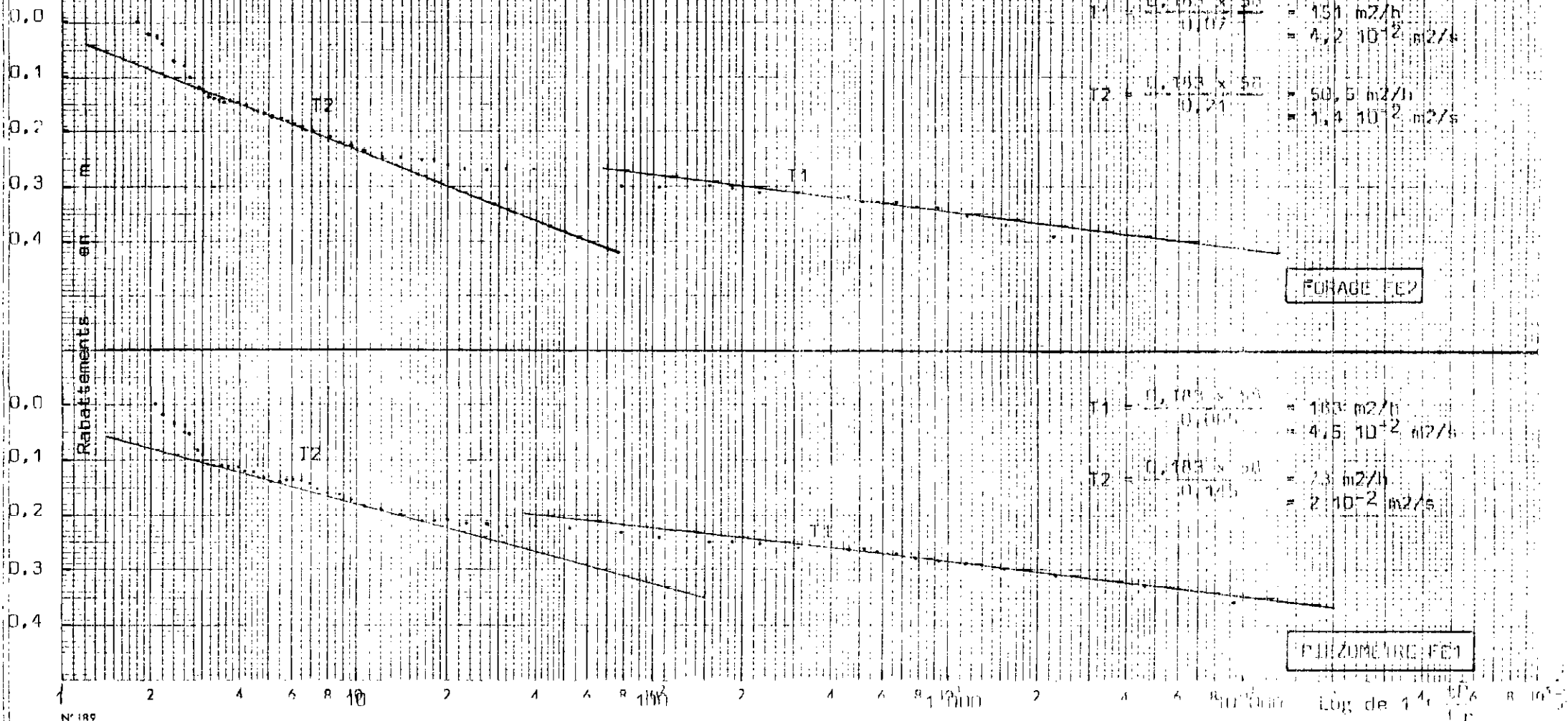
$$T1 = \frac{0,103 \times 50}{0,07} = 103 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$= 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T2 = \frac{0,103 \times 50}{0,145} = 7,3 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$= 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

PIEZOMETRE FE1



6- QUALITE DES EAUX (cf. bordereau d'analyse B.14)

Dans les mêmes conditions que pour le forage FE 1, un prélèvement pour analyse a été effectué le 08/12/83, les résultats sont comparables à ceux décrits précédemment en annexe 1, mis à part la teneur en fer qui atteint 8,5 mg/l.

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL ET RÉGIONAL DE BIOLOGIE ET D'HYGIÈNE

36, rue Fred Scamaroni - CAEN - Tél. : 86.20.67 - B. P. 303

Agréé en 1^{ère} catégorie par le Ministère de la Santé

Indice national de classement

ANALYSE D'EAU

N° 296.646

BRGM : 0121-7X-0328

RENSEIGNEMENTS

- 1 - Commune ou Syndicat d'A.E.P. de Réseau de H.L.M. "Caserne DELAUNAY" à LISIEUX
- 2 - Point de prélèvement : tuyau de décharge - Pompe d'essais
- 3 - Usage de l'eau : boisson, cuisine, toilette, piscine, industriel (en spécifier la nature)
- 4 - Origine de l'eau : distribution publique, source, émergence ou résurgence, puits, forage, citerne, réservoir, galerie filtrante, eau de surface
(sa nature : Forage F2)
- 5 - Profondeur du puits ou forage : 30 mètres Niveau statique de l'eau : 4m80
Niveau dynamique 5m60 au débit de : 60m³/heure
- 6 - Eau non traitée ou traitée. Mode de traitement : (forage a été acidifié - 3 tonnes)
- 7 - Prélèvement effectué le : 08.12.1983 à 14 heures 30
Avant ou après traitement ? Durée de pompage préalable : 80 heures En cours de pompage ou pompes arrêtées ?
- 8 - Heure de la mise éventuelle en glacière : Dès le prélèvement
- 9 - Qualité du préleveur : Agent du Laboratoire (DL)
- 10 - Conditions météorologiques : Temps froid - Ciel couvert
Importance des pluies dans les 10 jours précédents : nulles crues-sécheresse-basses eaux.
- 11 - Température atmosphérique au lieu de prélèvement : 2°6
- 12 - Température de l'eau au même moment : 12°8
- 13 - Causes qui motivent l'analyse : nouveau captage, projet de captage, travaux intéressant le système d'adduction, inondations, épidémies, examen de routine...
anomalie éventuellement signalée...
S'agit-il de la 1^{ère} ou de la 2^{ème} analyse de type I ? N° de la précédente :
- 14 - Existe-t-il un périmètre de protection autour du point d'eau ?
Son étendue ?
- 15 - Le terrain avoisinant a-t-il des fissures ou des effondrements ?
Nature géologique : Calcaire coralligène oxfordien sous couverture alluviale
Epreuve à la fluorescéine ?
- 16 - Causes de souillures permanentes ou accidentelles de l'eau :
Proximité de fermes, étables, fosses, fumiers, lavoirs, abreuvoirs, égouts, épandages, station d'épuration des eaux usées, cimetière, usines.
Etat du point d'eau :
Non capté - aménagé provisoirement ou non observations
Capté - récemment ou non mode de captage matériaux ... tubage plastique "spécial forage"
travaux terminés depuis le :
ont-ils été suivis de désinfection ?
en service ou non ?
état actuel d'entretien ?
- 17 - Mode de transport du prélèvement :
- 18 - Durée du transport :
- 19 - Prélèvement reçu le 08.12.1983 à h Analyse commencée le : à h
Demandeur : Les frais seront à la charge de :
B.R.G.M.
Monsieur Pascaud

OPAC Calvados 7 place Foch CAEN
à l'attention de M. GRAND

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Dénombrement total des bactéries aérobies sur gélose-nutritive par ml d'eau

Nombre de colonies après 24 h à 37°

Nombre de colonies après 72 h à 20°

Colimétrie

a) Coliformes totaux par 100 ml d'eau

Technique : - membranes filtrantes à 37° - bouillon lactosé à 30°

b) Coliformes fécaux par 100 ml d'eau

Technique : - Membranes filtrantes à 44°

- Bouillon lactosé à 30° - Test d'Eijkman et indole à 44°

c) Identification - Présence d'E. coli

Dénombrement par 100 ml des :

- Streptocoques fécaux (M. de Rothe et de Litsky)

- Clostridium sulfite-réducteurs (gélose sulfite-fer)

Recherche des bactériophages fécaux :

Phages-coli dans 50 ml

Phages-shigella dans 50 ml

Recherche de salmonella (technique : filtration de litres sur membrane)

Résultat :

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE POTABILITÉ

Aspect de l'eau Limpide - Incolore - Odeur "métallique"

Turbidité en gouttes de mastic

pH

Résistivité en ohms-cm à 20° c

Degré hydrotimétrique total

Degré hydrotimétrique permanent

Matières organiques (en mg d'oxygène emprunté au permanganate à chaud en 10 minutes)

par litre - en milieu acide

- en milieu alcalin

Chlorures (en mg de Cl) par litre

Nitrates en NO₃ mg par litre Nitrites en NO₂ mg par litre Ammoniaque en NH₄ mg par litre

Chlore résiduel libre en mg par litre

Fer mg/l

Phosphates en P₂O₅ mg/l Sulfates en SO₄-, mg/l

Détergents

INTERPRÉTATION

Sans analyse bactériologique et chimique simultanées, il n'est pas possible de se prononcer sur la potabilité d'une eau qui n'est pas surveillée périodiquement.

DATE : 18 janvier 1984

Le Directeur du Laboratoire

CL/

DÉPARTEMENT DU CALVADOS
LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL ET RÉGIONAL DE BIOLOGIE ET D'HYGIÈNE
 36, rue Fred Scamaroni - BP 303 - 14014 CAEN CEDEX
 Téléphone : 86-20-67

Indice national de
classement BRGM :

0121-7X-0328

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'EAU DE TYPE I

N° 296.646

Échantillon d'eau prélevé le 08.12.1983 par Agent du Laboratoire (DL) suite

Reçu le 08.12.1983 motif _____

Nature du point d'eau _____ emplacement _____

Lieu du prélèvement Forage F₂ - H.L.M. "Caserne DELAUNAY" LISIEUX

Température atmosphérique du lieu _____ de l'eau _____

RÉSULTATS

Couleur : Jaunâtre - Dépôt Odeur : Inodore Saveur : _____

Couleur en mg de Platine Cobalt : _____ Remarques : _____

Matières en suspension sédimentables _____ Aspect après décantation _____

Pouvoir colmatant _____	sur place _____	au laboratoire _____
Turbidité en gouttes de mastic _____		522
Résistivité en ohms/cm à 20° C _____		1096
pH _____		6,81
Oxygène dissous en mg/l <u>0</u> : Pourcentage de saturation _____		
Anhydride carbonique libre, CO ₂ en mg/l <u>112</u>		
Chlore libre en mg/l _____		
Hydrogène sulfuré, en H ₂ S en mg/l _____		
Résidu sec à 105° C _____		
Résidu sec à 500° C _____		
Oxydabilité à chaud par KMnO ₄ , 10 minutes en milieu alcalin, mg/l <u>1,4</u>		
Dureté total DHT (en degrés français) <u>50</u>	Dureté permanente _____	
Silice en SiO ₂ mg/l <u>20</u>		

RECHERCHE DE L'AGRESSIVITÉ

		Après contact avec le marbre
Titre alcalimétrique à la phénolphthalénine TA _____	<u>0</u> OF	<u>0</u>
Titre alcalimétrique complet au méthylorange TAC _____	<u>36,25</u> OF	<u>36,25</u> OF
Titre en sels d'acides forts SAF _____	<u>23,5</u>	pH <u>6,80</u>
Titre en acides forts libres TAF _____	<u>0</u>	
CO ₂ agressif au calcaire en mg/l _____	<u>0</u>	
pH de saturation selon Hoover-Langelier _____		

CATIONS

	Mèq/l	Mg/l
H ⁺ des acides libres	0	0
Calcium en Ca ⁺⁺	9,53	191
Magnésium en Mg ⁺⁺	0,43	5,3
Ammonium en NH ₄ ⁺	/	0,68
Sodium en Na ⁺	1,50	34,5
Potassium en K ⁺	0,08	3,2
Fer en Fe ⁺⁺		
Manganèse en Mn ⁺⁺		
SOMME	11,54	234,68

Salinité totale en gr/l 0,879

ANIONS

	Mèq/l	Mg/l
OH ⁻ des bases libres	0	0
Chlorure en Cl ⁻	1,89	67,0
Sulfurique en SO ₄ ⁼⁼	2,81	135,0
Phosphorique en PO ₄ ⁼⁼	/	0,67
Nitrique en NO ₃ ⁻	0	0
Nitieux en NO ₂ ⁻	0	0
Bicarbonates CO ₃ H ⁻	7,25	442,0
Carbonates CO ₃ ⁼⁼	0	0
	11,95	644,67

ELEMENTS TOXIQUES OU INDESIRABLES mg/l

Plomb (en Pb) _____ Fer (en Fe) : 8,50 après aération : _____
 Arsenic (en As) _____ Manganèse (en Mn) 0,24
 Chrome hexavalent _____ Cuivre (en Cu) _____
 Cyanures (en CN) _____ Zinc (en Zu) _____
 Fluorures (en F) inf. à 0,10 Composés phénoliques _____
 Détergents _____ Aluminium (en Al) 0,09 mg/l

CONCLUSION

Les caractéristiques de cette eau semblent encore modifiées par l'acidification le temps de pompage préalable ayant été insuffisant, et par l'usure des outils de forage. Il est difficile d'en tirer des enseignements sur les caractéristiques naturelles de l'eau de la nappe mise en exploitation (voir conclusion correspondant au forage 1).

Caen, le 18 janvier 1984 -

Le Directeur du Laboratoire,

CL/



A N N E X E C

TRAVAUX ET OBSERVATIONS
EFFECTUES SUR LE FORAGE R1

DÉPARTEMENT : Calvados Pièce n° COMMUNE : LISIEUX Indice de classement : 0121 7X 0329DÉSIGNATION : OPAC DU CALVADOS - CASERNE DELAUNAY Cote du sol (z) = + 39,86
R 1 (sondage destructif au marteau fond de trou) R N E

PROFONDEURS		NATURE DES TERRAINS	INTERPRÉTATION	COTE DU TOIT
DE	A			
0,00	0,50	Terre végétale	Alluvions	+39,86
0,50	3,00	Argile grise, brunâtre, plastique	QUATERNAIRE	
3,00	5,00	Argile brun-vert sableuse		
5,00	7,50	Galets et cailloutis dans une argile verdâtre (très mauvaise tenue)		
7,50	10,00	Tête altérée des calcaires sous-jacents	Calcaires	+32,36
10,00	13,50	Sable calcaire et calcaire tendre jaunâtre	OXFORDIEN	
13,50	15,50	Calcaire blanc dur oolithique	CORALLIGÈNE	
15,50	20,00	Calcaire jaunâtre tendre, graveleux, à nombreuses petites passées meubles		
		Calcaire grisâtre oolithique grossier, graveleux, à nombreux débris d'organismes roulés, quelques passées marneuses		
20,00	25,00	Idem. avec passages marneux et argileux plus fréquents, calcaire gris		
25,00	27,00	Argile grise avec passages de petits bancs calcaires gris		
27,00	29,00	Calcaire gris graveleux, un peu oolithique à passées argileuses bleues		
29,00	33,80	Calcaire jaunâtre avec petit passage argileux gris-bleu		
		Fond du forage dans la même formation		+ 6,08



En outre, les calcaires sont relativement plus poreux, tandis que les venues d'eau étaient moins importantes ; il paraît évident qu'un accident méridien se situe entre les forages FE 1 et FE 2 d'une part et R 1 d'autre part, cet accident provoquant un abaissement relatif du compartiment occidental dans lequel a été creusé le R 1.

4- EQUIPEMENT (cf. figure C.2)

- 0,3 à 16,1 m : tubage acier plein A33 de 280/286 mm de diamètre et cimentation
- 0,2 à 17,8 m : tubage PVC spécial forage plein de 178/195 mm de diamètre, avec cimentation jusqu'à 17,0 m
- 17,8 à 33,8 m : tubage PVC spécial forage crépiné 20/108 à 12 % de vides de 178/195 mm avec massif filtrant de 2/5 mm

5- MISE EN PRODUCTION

Elle a comporté successivement :

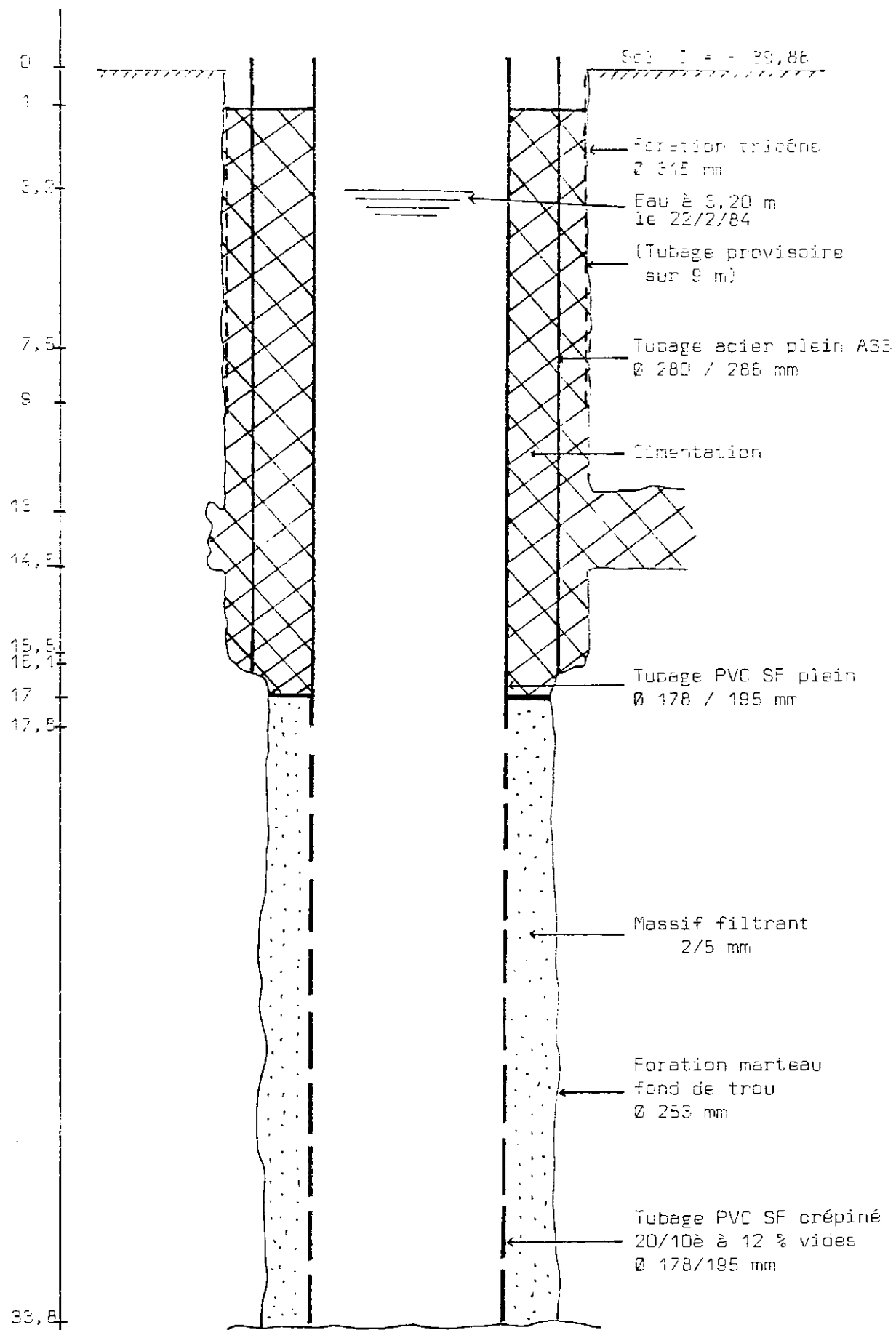
- Un nettoyage avant équipement, développement à l'air lift le 07/02/84.
- Un nettoyage après équipement et avant acidification, développement à l'air lift le 13/02/84.
- Une acidification sous-pression (3t HCl en 4 passes avec pistonage et soupapage entre chaque passe) le 13/02/84.
- Un nettoyage après acidification, développement à l'air lift et développement par pompage le 14/02/84 (débit air lift supérieur à 100 m³/h).
- Un premier pompage d'essai de puits.
- Un essai de réinjection (cf. annexe D)
- Un pompage d'essai de nappe de longue durée.
- Un second essai de puits.
- Un pompage lors des essais de réinjection dans le FE 2 (cf. annexe D).

5.1. Premier pompage d'essai de puits effectué le 15/02/84

Il a comporté 5 paliers de débits croissants, d'une durée de 45 minutes et séparés par des remontées de durée équivalente. Les observations ont été les suivantes (cf. tableau détaillé C.3) :

Profondeur
en m

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE P4 (1424-7-329)



ALLUVIONS
QUATERNAIRE

CAJCARPES
CORALLIGÈNE
OXFORJEN



Falier	s en m	Q en m3/h	$\frac{s}{Q}$ 10^{-2} m/m3/h	$\frac{Q}{s}$ en m3/h/m
1	0,22	5,0	4,40	22,72
2	0,78	14,2	5,49	18,20
3	2,24	31,5	7,11	14,06
4	3,66	44,4	8,24	12,13
5	4,67	52,2	8,95	11,18

L'examen de la figure C.4 montre que le débit critique de l'ouvrage n'a pas été atteint ; il est donc supérieur à 52 m3/h.

Ce pompage d'essai de puits a permis de déterminer (cf. figures C.5 et C.6) l'équation du rabattement en fonction du débit :

$$s = 0,042 Q + 0,0009 Q^2$$

Le coefficient de pertes de charge quadratiques égal à $9 \cdot 10^{-4}$ est sensiblement moins bon que dans les autres forages puisqu'à un débit d'exploitation de 45 m3/h les pertes de charge dues à la pénétration de l'eau dans la crépine seraient voisines de 1,6 m, pertes de charge qui passeraient à quelques 7,3 m pour le débit de l'ordre de 90 m3/h qui avait été retenu dans le projet de réinjection.

5.2. Pompage d'essai de nappe

Un essai de réinjection de débit de 90 m3/h s'étant révélé négatif le 20/02/84 (cf. annexe D), il a été envisagé d'utiliser cet ouvrage comme forage de production, un essai de nappe était cependant indispensable.

Cet essai a été réalisé pendant 32 h, du 22 au 24/02/84 au débit moyen de 52 m3/h le niveau de l'eau passant de 3,84 m à 6,21 m sous le sommet du tubage.

Le détail des mesures effectuées à la descente est rassemblé dans les tableaux C.7 pour le forage, C.8 pour le piézomètre FE 1 et C.9 pour le piézomètre FE 2, les interprétations graphiques faisant l'objet des figures C.10 et C.11. Le pompage ayant été interrompu à la suite d'une panne de matériel, aucune remontée interprétable n'a pu être observée.

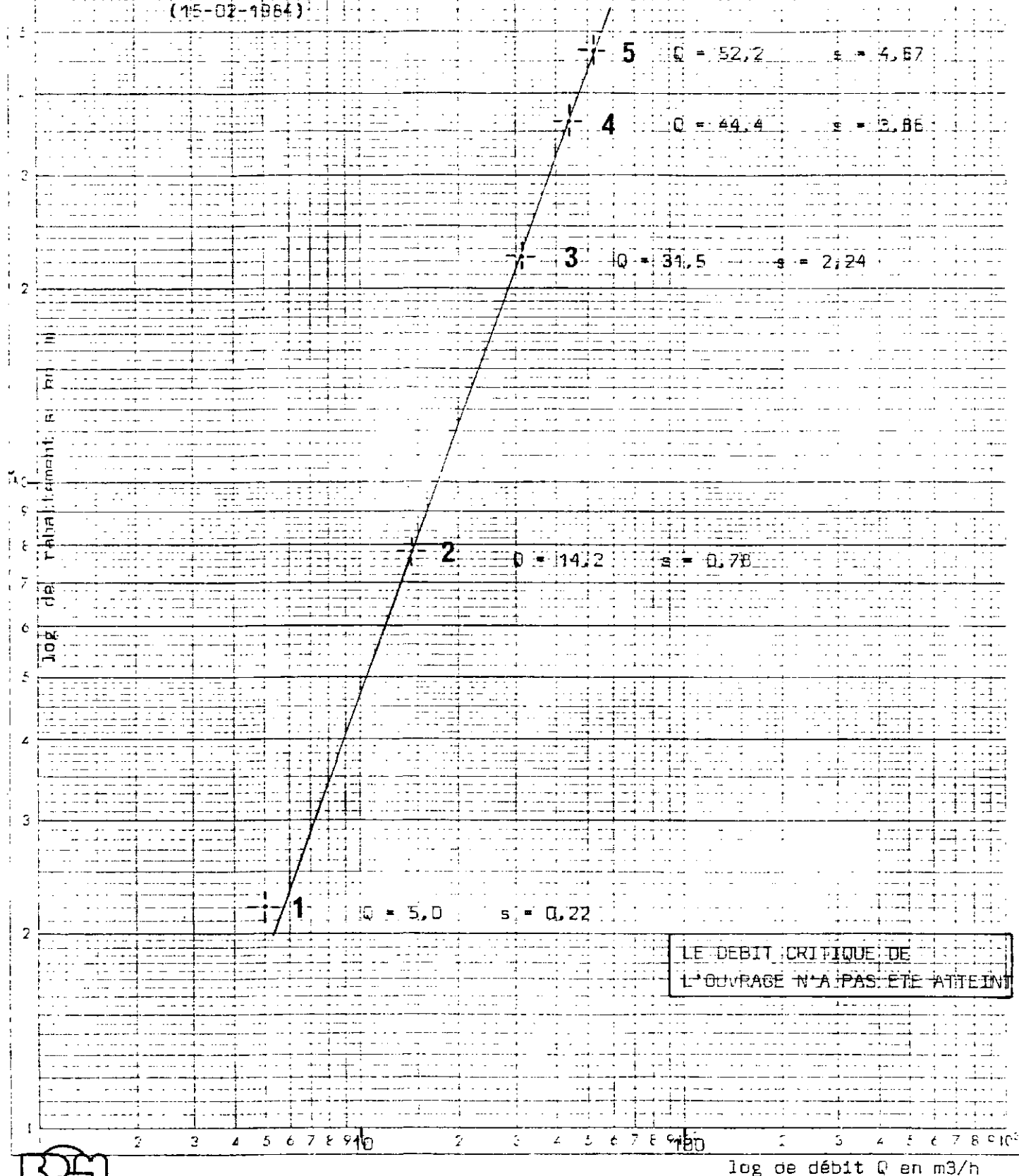
OPAC DU CALVAJOS
Caserne Delaunay à Lisleux

(121-7-329)

ESSAI DE PUIIS APRÈS ACIDIFICATION

COURBE CARACTÉRISTIQUE

(15-02-1984)



log de débit Q en m^3/h

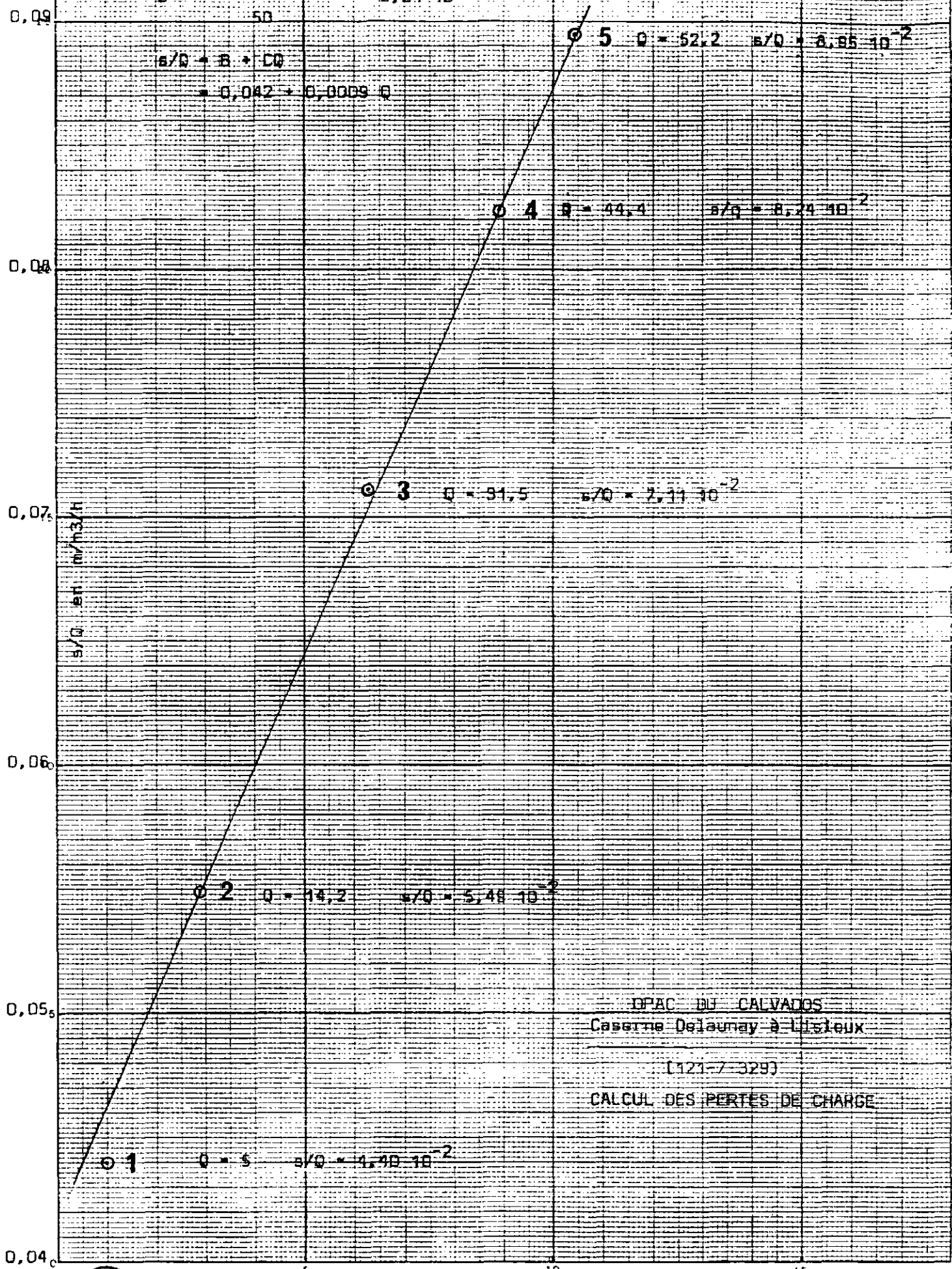
$$s = BQ + CQ^2$$

$$B = 0,042$$

$$C = \frac{0,0872 - 0,042}{50} = 9,04 \cdot 10^{-4}$$

$$s/Q = B + CQ$$

$$= 0,042 + 0,0009 Q$$

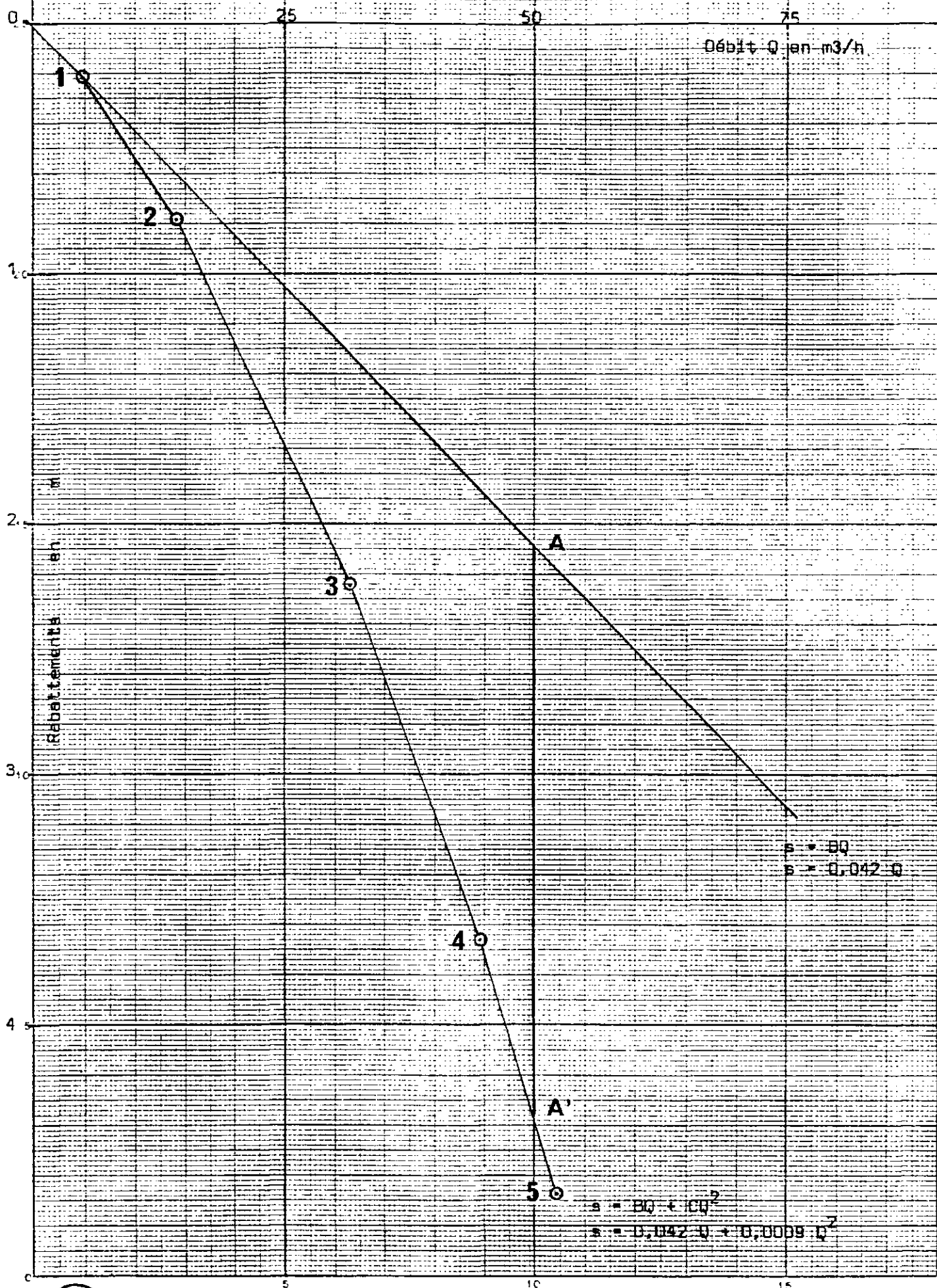


OPAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisleux
[121-7 329]
CALCUL DES PERTES DE CHARGE



Débit Q en m³/h

EVOLUTION DES PERTES DE CHARGE



0121 7X 0329

R1

Pièce : 2

Feuillet : ..

te du
npage : 22 / 02 / 1984. au 24 / 02 / 1984Profondeur initiale du plan d'eau : ... 3.84 m / repère
3.18 m / sol

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
date	heure et minute	profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (1)	temps t depuis début du pompage	M S (2)	temps pour remplir m ³ en lecture de compteur	charge en cm	débit calculé en m ³ /h	s en m	observations	
22 / 02	16 30	3.84	P	0	0					Début du pompage	
///	///	5.40		1	M					1.56 Eau trouble	
///	///	5.58		2						1.74 jaunâtre	
///	///	5.65		3						1.81	
///	///	5.69		4						1.85	
///	///	5.73		5						1.89	
///	///	5.75		6						1.91	
///	///	5.76		7						1.92	
///	///	5.78		8						1.94	
///	///	5.79		9						1.95	
///	16 40	5.80		10						1.96 Eau légère-	
///	///	5.83		15						1.98 ment trouble	
///	///	5.85		20						2.01	
///	///	5.87		25						2.03 Eau claire	
///	17 00	5.89		30		69		52.2		2.05 Echelle Tou-	
///	17 15	5.90		45						2.06 ques 51,5	
///	17 30	5.92		60						2.08	
///	18 00	5.94		90		69		52.2		2.10	
///	18 30	5.97		120		69		52.2		2.13	
///	19 00	5.98		150		69		52.2		2.14	
///	19 30	6.00		180						2.16	
///	20 00	6.03		210						2.19	
///	20 30	6.05		240						2.21	
///	21 00	6.07		270						2.23	
///	21 30	6.09		300						2.25	
///	22 30	6.11		6	H					2.27	
///	23 30	6.12		7						2.28	
3 / 02	0 30	6.13		8						2.29	
///	1 30	6.13		9						2.29	
///	2 30	6.12		10						2.28	
///	3 30	6.12		11						2.28	
///	4 30	6.12		12						2.28	
///	5 30	6.12		13						2.28 Echelle Tou-	
///	6 30	6.12		14						2.28 ques 56.0	
///	7 30	6.17		15		68		52.9		2.33	
///	8 30	6.185		16						2.32	
///	9 30	6.17		17						2.33 Echelle Tou-	
///	10 30	6.185		18		68		52.9		2.345 ques 55.0	
///	11 30	6.195		19		69		52.2		2.35	
///	12 30	6.20		20						2.36 Echelle Tou-	
///	14 30	6.21		22						2.37 ques 54	
///	16 30	6.22		24						2.38	
///	18 30	6.22		26				52.2		2.38	
///	20 30	6.21		28						2.37	
///	22 30	6.21		30						2.37	
4 / 02	0 30	6.21		32				52.2		2.37 Arrêt pompage	
4 / 02	4 30	4.05		4	H	00		00.0		0.21 Remontée sui-	
///	6 30	4.03		6				0.0		0.19 vie d'un	
///	8 30	4.01		8				0.0		0.17 essai de puit	
///	10 30	3.99		10				0.0		0.15 le 24/2 à par	
										tir de 11h15	

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

No

P = profondeur ; D = dépression.

Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

Feuillet : . . .

Date du pompage : 22 / 02 / 1984. au 24 / 02 / 1984 Profondeur initiale du plan d'eau : 4.20. m / repère
3.54 m / sol

- * Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
- * N° }
- * Numéro pour les pompages hors-métropole.
- * Numéro de chantier du piézomètre.
- * P=profondeur ; D = dépression.
- * Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

0121.	7X	0329
-------	----	------

1.

Pièce : 3

Feuillet : . .

Date du pompage : 22/02/1984. au 24/02/1984 Profondeur initiale du plan d'eau : 4.10. m / repère
3.58 m / sol

[illegible]

• Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
No

* Numéro pour les pompages hors-métropole.

) Numéro de chantier du piézomètre.

) P = profondeur ; D = dépression.

Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

OPAC DU CALVADES
Caserne Delaunay à Uisloux

DESCENTE DE LA NAPPES AU FORAGE R 1 (121-7-829)

Méthode de Jacob

$$T = 0.183 Q$$

Log de rabattements en m

$$T_1 = \frac{0.183 \times 52}{0.12} = 79 \text{ m}^2/\text{h} = 2.2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$TC = \frac{2.5 T^2}{4 T} = \frac{2.5 \times 1.61 \cdot 10^{-3}}{4 \times 2.2 \cdot 10^{-2}} = 4.6 \text{ s}$$

$$T_2 = \frac{0.183 \times 52}{0.39} = 24 \text{ m}^2/\text{h} = 6.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

FORAGE R 1



1m²

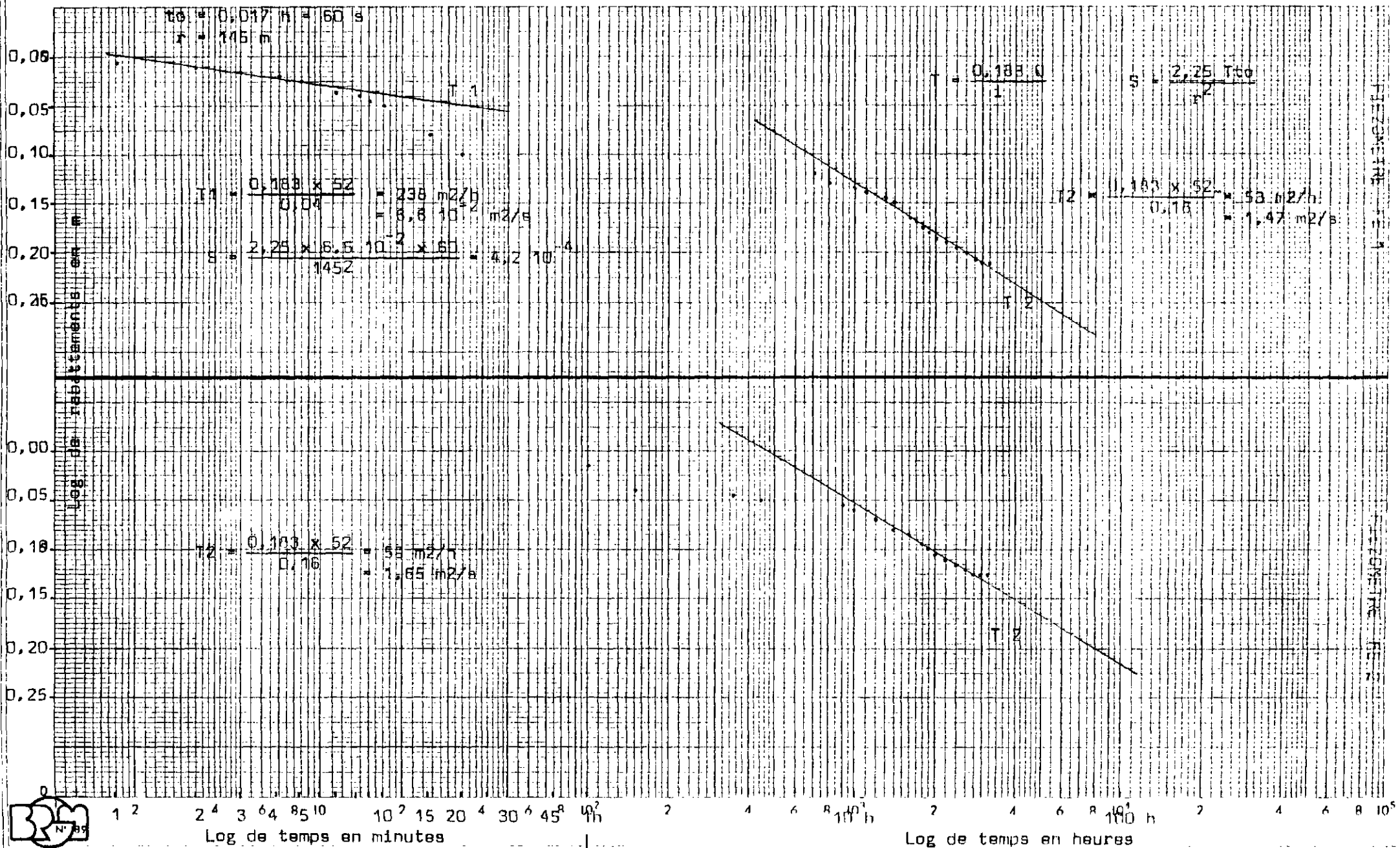
2 4 3 6 4 8 10 10² 15 20 4 30 6 48 10³ h

Log de temps en minutes

2 4 6 8 10³ h 2 4 6 8 10⁵ h

Log de temps en heures

OPAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisleux
DESCENTE DE LA NAPPE AUX PIEZOMETRES FE 1 (121-7-327) ET FE 2 (121-7-328)



Alors que le graphique représentatif de la descente dans le forage (cf. figure C.10) est difficilement interprétable en raison probablement d'une zone fracturée voisine qui perturbe le fonctionnement de l'aquifère, ceux des piézomètres permettent de constater que la transmissivité reste de l'ordre de 53 à 59 m²/h comme on avait pu le constater lors des essais sur les deux autres forages.

Sur le piézomètre FE 1 nous avons déterminé un coefficient d'emmagasinement de $4 \cdot 10^{-4}$; quoique l'interprétation des courbes soit discutable, cette valeur correspond à ce qui avait été observé précédemment.

Les désordres observés lors de la descente nous ont amené à penser que l'aquifère avait été sensiblement modifié à proximité de l'ouvrage par l'essai de réinjection, nous avons donc jugé préférable de remplacer la fin de l'essai de nappe par un nouvel essai de puits beaucoup plus intéressant lors de l'exploitation.

5.3. Second pompage d'essai de puits effectué le 24/02/84 après plus de 10 h d'arrêt

Il a comporté 5 paliers de débit croissant d'une durée de 45 minutes et séparés par des remontées de durée équivalente. Les observations ont été les suivantes (cf. tableau détaillé C.12) :

Palier	s en m	Q en m ³ /h	$\frac{s}{Q}$ 10^{-2} m/m ³ /h	$\frac{Q}{s}$ en m ³ /h/m
1	0,28	10,7	2,61	38,21
2	0,81	26,8	3,02	33,08
3	1,15	36,0	3,19	31,30
4	1,60	46,1	3,47	28,81
5	2,20	58,0	3,79	26,36

L'examen de la figure C.13 montre que le débit critique de l'ouvrage n'a toujours pas été atteint, il est donc supérieur à 58 m³/h.

0121 7X 00829

R 1

 Pièce 5
Feuillet 1

 le de
npage : 24/02/1984 au 24/02/1984

 Profondeur initiale : 3,99 m / niveau
du plan d'eau 3,33 m / sol

1 date M	2 heure et minute		3 temps partiel	4 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (l)	5 débit en m ³ /h (2)	nombre de paliers de pompage :			
							s en m	Q/s	s/Q en 10 ⁻²	Observations
4.02	11	15	04 00	3.99	P	0.0	0.00			Eau légèrement trouble
	11	30	04 15	4.27		10.7	0.28			Eau claire
	11	45	04 30	4.27		10.7	0.28			
	12	00	04 45	4.27		10.7	0.28	38.21	2.61	1 Q = 10.7 s = 0.28
	12	15	04 15	4.03		0.0	0.04			Remontée
	12	30	04 30	4.02		0.0	0.03			
	12	45	04 45	4.00		0.0	0.01			
	13	00	04 15	4.79		26.8	0.80			Eau claire
	13	15	04 30	4.80		26.8	0.81			2 Q = 26.8
	13	30	04 45	4.80		26.8	0.81	33.08	3.02	s = 0.81
	13	45	04 15	4.01		00.0	0.02			Remontée
	14	00	04 30	4.01		00.0	0.02			
	14	15	04 45	4.00		00.0	0.01			
	14	30	04 15	5.12		36.0	1.13			Eau claire
	14	45	04 30	5.13		36.0	1.14			3 Q = 36.0
	15	00	04 45	5.14		36.0	1.15	31.30	3.19	s = 1.15
	15	15	04 15	4.03		00.0	0.04			Remontée
	15	30	04 30	4.02		00.0	0.03			
	15	45	04 45	4.01		00.0	0.02			
	16	00	04 15	5.53		46.1	1.54			
	16	15	04 30	5.57		46.1	1.58			4 Q = 46.1
	16	30	04 45	5.59		46.1	1.60	28.81	3.47	s = 1.60
	16	45	04 15	4.04		00.0	0.05			Remontée
	17	00	04 30	4.04		00.0	0.05			
	17	15	04 45	4.02		00.0	0.03			
	17	30	04 15	6.14		58.0	2.15			5 Q = 58.0
	17	45	04 30	6.16		58.0	2.17			s = 2.20
	18	00	04 45	6.19		58.0	2.20	26.36	3.79	
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				
			H	.		.				

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

) P = profondeur D = dépression.

) Indiquer Q = 000.0 lorsque le pompage est arrêté.

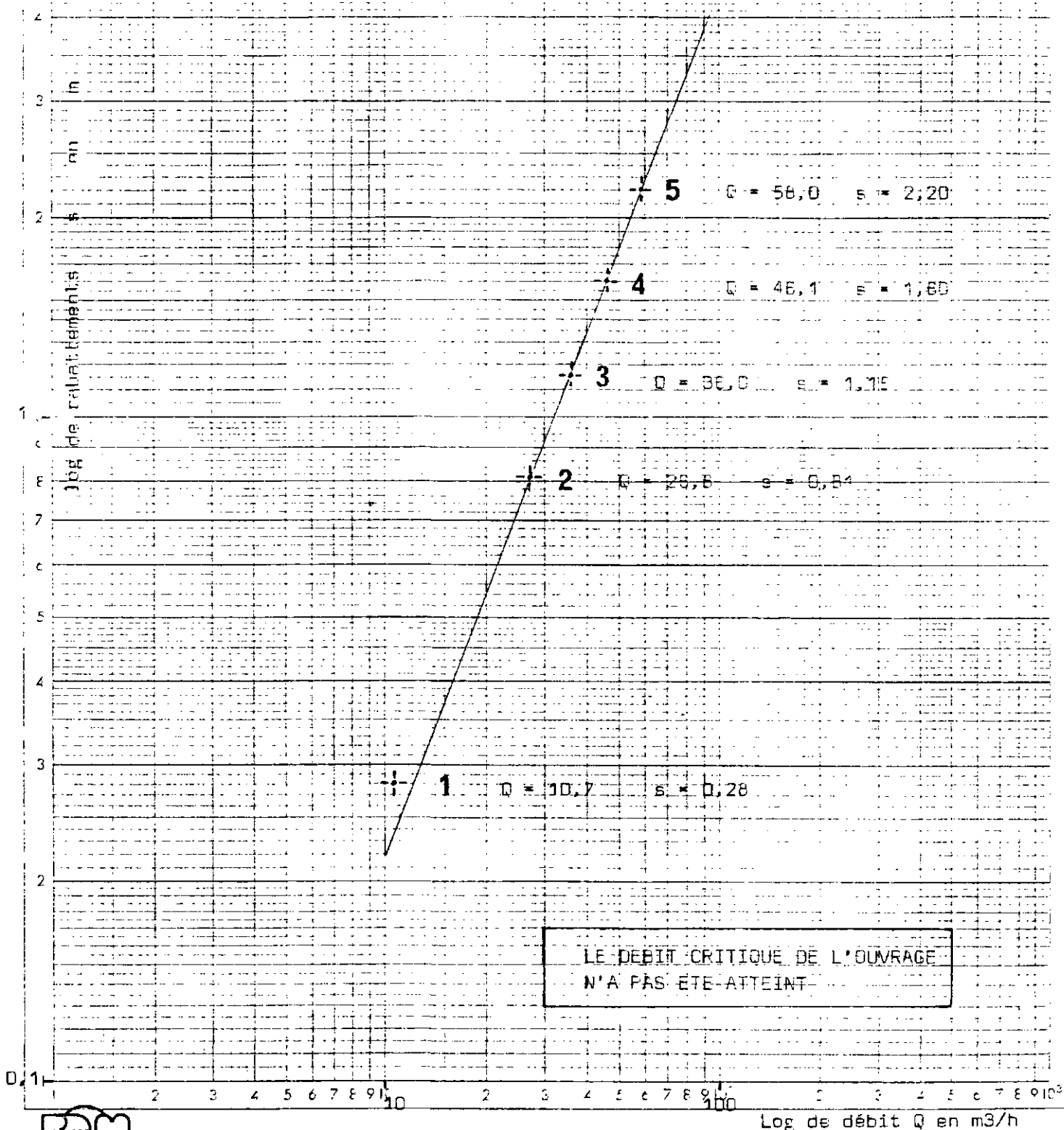
OPAC DU CALVADOS
Caserne Delaunay à Lisieux

(121-7-828)

ESSAI DE PUIITS APRES POMPAGE DE 32heures

COURSE CARACTERISTIQUE

(24/02/1964)



Ce pompage d'essai de puits a permis de déterminer (cf. figures C.14 et C.15) l'équation du rabattement en fonction du débit :

$$s = 0,023 Q + 0,00026 Q^2$$

Le coefficient des pertes de charge quadratiques égal à $2,6 \cdot 10^{-4}$ montre une sensible amélioration de l'environnement immédiat de l'ouvrage : au débit d'exploitation de 45 m³/h, les pertes de charge dues à la pénétration de l'eau dans la crépine ne seraient plus que de 0,52 m (à comparer avec les 1,82 m du premier essai).

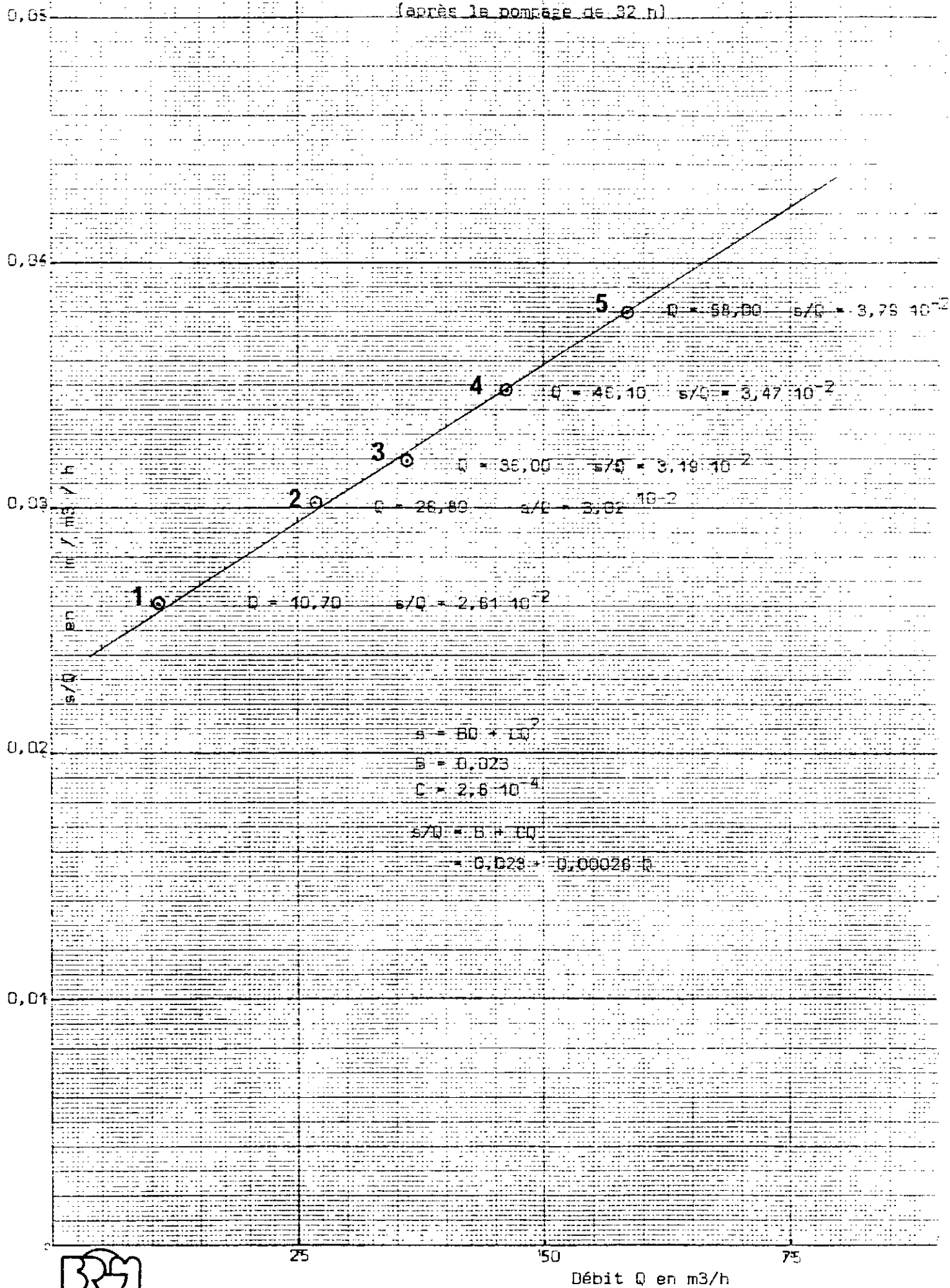
Cette amélioration semble avoir son origine dans un décolmatage dû à l'essai de réinjection qui aurait provoqué une chasse des éléments colmatant au niveau de la zone fissurée voisine. Cette zone fissurée est probablement à mettre en relation avec l'accident qui décale vers le bas la partie occidentale de l'aquifère.

6- QUALITE DES EAUX

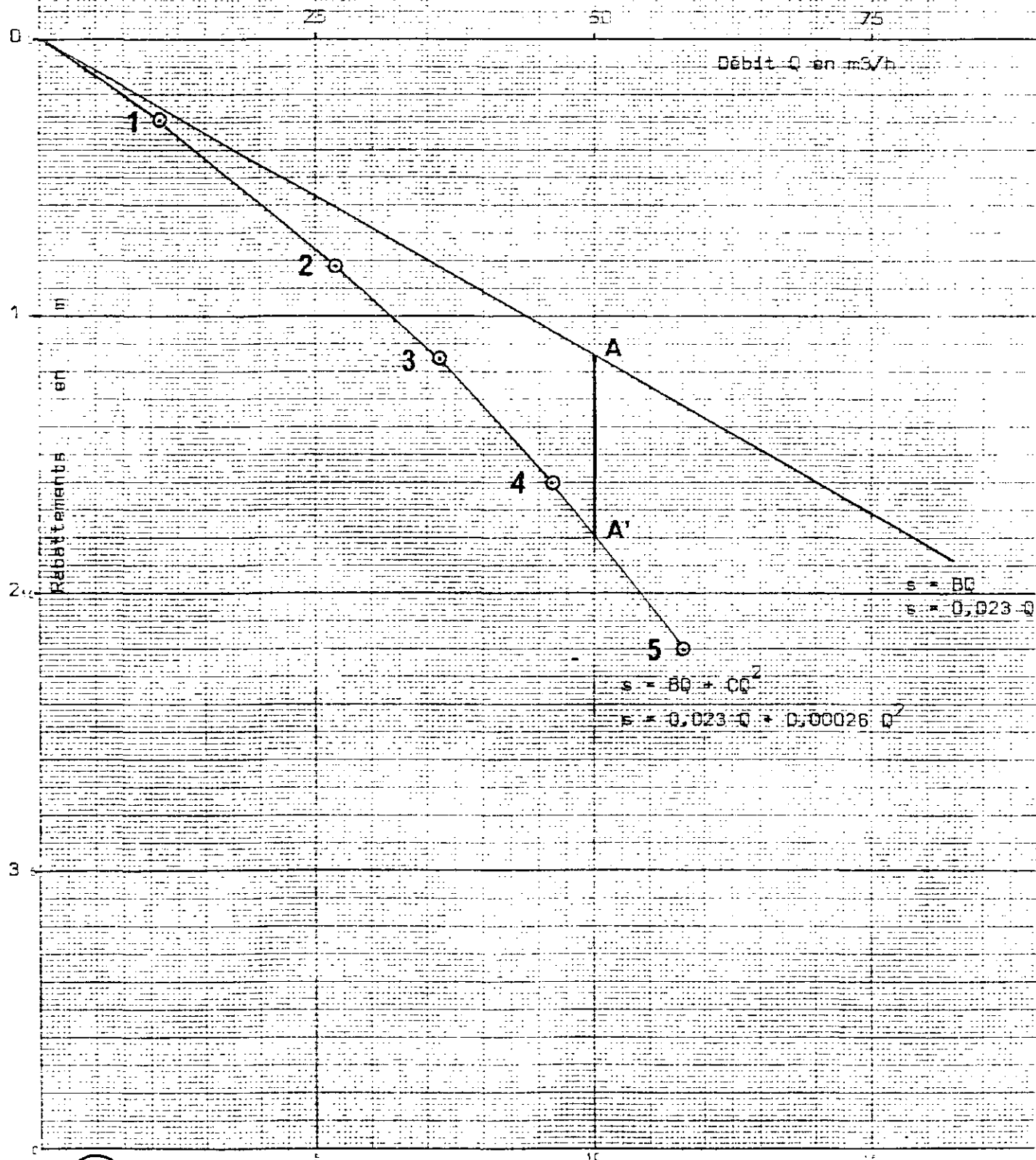
Contrairement à ce qui a été fait pour les forages FE 1 et FE 2, il n'a pas été effectué d'analyse chimique de l'eau lors des travaux de mise en production, ces problèmes étant directement traités à l'occasion de l'étude chimique globale (cf. annexe E).

QPAC DU CALVADOS
Caserna Delaunay à Lisieux

CALCUL DES PERTES DE CHARGE
(après la pompage de 32 m)



EVOLUTION DES PERTES DE CHARGE
(après le pompage de 32 h)



A N N E X E D

ETUDE DES POSSIBILITES
DE REINJECTION

ETUDE DES POSSIBILITES DE REINJECTION

1- INTRODUCTION

Lors de l'établissement du projet, deux solutions alternatives avaient été retenues pour le rejet des eaux refroidies :

- . rejet direct dans la Touques
- . réinjection dans l'aquifère à partir d'un ouvrage réalisé à cet effet.

La solution du rejet direct à la rivière se révélant onéreuse par suite de la pose d'une canalisation de 3 à 400 m de long passant sous plusieurs voies de communication et des taxes de l'Agence financière de Bassin, nous avons étudié la possibilité de réaliser un forage de réinjection sur le terrain de l'OPAC.

2- ETUDES REALISEES

2.1. Etude préliminaire de faisabilité par modèle

Dans un premier temps et en fonction des données disponibles sur le terrain, nous avons supposé que la piézométrie décroissait régulièrement depuis le coteau jusqu'à la Touques. Dans cette hypothèse, nous avons implanté les deux forages d'exploitation FE 1 et FE 2 à l'amont, le forage de réinjection étant prévu en R 1 (cf. fig. 3).

Après les travaux et pompages effectués sur FE 1 et FE 2, nous avons simulé les conséquences d'un rejet en R1 grâce à un modèle mathématique mis au point par le département EAU du BRGM pour étudier les doublets de géothermie profonde.

Ce modèle baptisé METERNIQ répond aux caractéristiques suivantes :

1- GENERALITES

Le programme METERNIQ (Modèle pour l'Evaluation des Températures à la suite de Réinjections dans une Nappe avec une Implantation Quelconque des puits) est le second d'une série de programmes permettant la simulation des transferts thermiques dans un système aquifère.

Le premier programme de cette série, CADODAL (rapport BRGM 74 SGN 336 GTH) permettait de calculer l'évolution des températures dans un aquifère homogène, isotrope, d'épaisseur constante et d'extension infinie, en écoulement naturel uniforme dans le cas d'un doublet hydrothermique isolé.

Le programme METERNIQ permet de résoudre le même problème dans le cas d'un nombre quelconque de puits de soutirage et d'injection l'implantation des différents puits pouvant être quelconque et les températures d'injection différentes. L'application de la théorie des images permet de simuler l'effet de limites rectilignes à distance finie par la prise en compte de puits fictifs d'implantation symétrique à celle des puits réels par rapport à ces limites.

Ces programmes ont en commun un certain nombre d'hypothèses simplificatrices qui permettent de résoudre séparément les équations hydrodynamiques et d'échanges thermiques. Les premières sont d'abord traitées à l'aide de la théorie des écoulements à potentiels induits, ce qui permet de déterminer les différentes lignes de courant ; les dernières, qui prennent en compte l'influence des épontes, sont ensuite résolues par voie analytique dans chaque tube de courant. Les températures aux puits de production sont calculées à partir des températures dans les différents tubes de courant ayant atteint ces puits à l'instant considéré.

2- CONDITIONS DE VALIDITE

A- Dans la couche aquifère, le transfert de chaleur se fait uniquement par convection ; les autres types de transfert (conductivité, dispersion cinématique et diffusion moléculaire) sont considérés comme négligeables devant la convection.

B- Les températures de l'eau et de la roche aquifère s'équilibrent instantanément (hypothèse généralement justifiée en milieu poreux).

C- Le régime hydraulique permanent est atteint de façon quasi-instantanée et n'est pas influencé par l'évolution des températures de l'aquifère.

D- L'aquifère est homogène et isotrope dans le plan horizontal.

E- Au sein de l'aquifère, les charges et les températures sont supposées homogénéisées sur chaque verticale (conductivité thermique verticale infinie dans l'aquifère, ou plutôt aquifère de faible épaisseur par rapport à l'espacement des puits du doublet).

F- Le transfert de chaleur dans les épontes supposées imperméables, infinies et initialement isothermes, s'effectue uniquement par conduction verticale.

G- Les épontes sont supposées infinies et homogènes.

H- Initialement, la couche aquifère et les épontes sont à la même température.

3- METHODE DE SIMULATION

METERNIQ calcule le potentiel hydraulique induit par les puits de pompage et de réinjection. Il en déduit et trace les lignes de courant (fonction Ψ constante) puis calcule l'emprise en plan horizontal de ces lignes de courant, d'où est déduite la valeur de $dS_D/d\Psi$, c'est-à-dire la surface en plan horizontal d'un tube de courant rapportée à une variation élémentaire de fonction de courant.

Il est donc à même d'évaluer la température de l'eau parvenant au puits d'exploitation pour chaque tube de courant :

$$\frac{T^\Psi - T_o}{T_i - T_o} = \operatorname{Erfc} \left[\frac{(\rho FCF)^2}{k_E \rho ECE} \left[\frac{\Delta\Psi}{\Delta S} \right]^2 \left[t - \frac{\rho ACA}{\rho FCF} \frac{h \Delta S}{\Delta\Psi} \right] \right]^{1/2}$$

et par application de la loi de composition des différents tubes, de calculer la température résultant du mélange de leurs fluides :

$$\frac{T^\Psi - T_o}{T_I - T_o} = \int_{\Psi_{\min}(t)}^{\Psi_{\max}(t)} \operatorname{Erfc} \left\{ \frac{dS}{d\Psi} \left[\frac{(\rho FCF)^2}{k_E \rho ECE} \left[t - \frac{\rho ACA}{\rho FCF} h \frac{dS}{d\Psi} \right] \right]^{-1/2} \right\} d\Psi$$

4- RESULTATS FOURNIS PAR METERNIQ

L'utilisateur ayant défini l'implantation et les débits (stationnaires) de chaque puits, les températures d'injection et les caractéristiques physiques de l'aquifère, le programme calcule :

- . les lignes de courant
- . les positions des fronts thermiques aux dates spécifiées
- . l'évolution des températures aux puits de production

La présentation de ces différents résultats est effectuée sous forme graphique, à l'aide d'une table traçante. Les températures à chaque puits de production sont également imprimées sur le listing.

5- DESCRIPTION DES DONNEES

Les données nécessaires à l'utilisation du programme *METERNIQ* sont les suivantes :

- épaisseur utile et porosité de l'aquifère
- direction et magnitude de l'écoulement naturel
- capacité calorifique de la roche dans l'aquifère et les éponges
- conductivité thermique des éponges
- température initiale de la nappe
- implantation, rayon et conditions d'exploitation de chaque puits (débit et température d'injection).

La valeur de la conductivité thermique des éponges détermine l'importance des fuites thermiques à travers ces éponges, et, par suite, l'importance dans l'aquifère de la zone de transition entre l'eau à la température initiale et l'eau à la température d'injection. Cependant, pour simplifier la présentation graphique des résultats, les fronts thermiques sont calculés et tracés par *METERNIQ* en prenant pour hypothèse que la conductivité thermique des éponges est nulle, de façon à obtenir un front abrupt entre l'eau en place et l'eau injectée. Par contre, les températures aux différents puits de production sont évidemment calculées en tenant compte de la valeur de conductivité thermique des éponges introduite par l'utilisateur.

Pour préciser le sens d'écoulement, nous avons effectué un relevé (cf. fig. 3) sur 13 points d'eau et rivières servant de piézomètres qui ont dû être nivelés (1) avec précision (cf. tableau D.1). Malgré cette recherche complémentaire, une incertitude subsistait sur la direction exacte de l'écoulement, nous avons donc décidé de simuler le phénomène selon que cet écoulement serait orienté sud-nord ou est-ouest. Les différents paramètres retenus ont alors été les suivants :

(1) Travail réalisé par le cabinet de géomètre Landry à Caen les 8 et 9 décembre 1983.

OPAC DU CALVADOS

CASERNE DELAUNAY

PIEZOMETRIE DE LA NAPPE

Tableau B.1

Désignation	Cote du repère RNG	PLAN D'EAU (30-11-83)		PLAN D'EAU (08-12-83)		Observations
		Profondeur du repère en m	Cote	Profondeur du repère en m	Cote	
T 2	+ 37,30	0,67	+ 36,43	0,90	+ 36,40	Pompage Dahl arrêté Pompage Dahl en exploitation
324	+ 40,23	3,40	+ 36,83	3,40	+ 36,83	
		3,90	+ 36,33	3,90	+ 36,33	
182	+ 39,89	2,25	+ 37,64	2,31	+ 37,58	Alluvions
T 1	+ 42,55	/	/	4,12	+ 38,43	Alluvions
173	+ 41,06	2,25	+ 38,81	2,41	+ 38,65	
181	+ 60,28	10,42	+ 49,86	10,43	+ 49,85	
196	+ 64,76	14,66	+ 50,10	14,74	+ 50,02	
197	+ 76,50	25,77	+ 50,73	25,77	+ 50,73	
198	+ 79,10	28,95	+ 50,15	28,99	+ 50,11	
FE 1 - 327	+ 40,66	4,40	+ 36,26	5,53(1)	+ 35,13(1)	
FE 2 - 328	+ 40,74	4,80	+ 35,94	5,61(2)	+ 35,13(2)	(1) ND à 48h de pompage à 49 m ³ /h (2) ND à 77h de pompage à 58 m ³ /h
R1 - 329	+ 39,88	/	/	/	/	
T M 1					(+ 37,5)	
T M 2					(+ 37)	

(cote estimée)



. Vitesse réelle d'écoulement naturel	: 3 942 m/an
. Porosité	: 10,00 %
. Hauteur utile de l'aquifère	: 12,00 m
. Capacité calorifique du fluide	: 1,000 cal/cm ³ /deg
. Capacité calorifique du milieu poreux	: 0,5000 cal/cm ³ /deg
. Capacité calorifique des éponges	: 0,3000 cal/cm ³ /deg
. Conductivité thermique des éponges	: $6 \cdot 10^{-3}$ cal/cm/S/deg
. Température initiale dans l'aquifère	: 12,80 deg
. Pompage en FE 1 et FE 2	: 30 m ³ /h (2)
. Pompage Dahl	: 10 m ³ /h
. Injection en R1	: 60 m ³ /h

Nous constatons sur la figure D.2 qu'avec un écoulement est-ouest, les lignes de courant issues du forage de réinjection R1 ne recoupent pas les forages d'exploitation, y compris celui des établissements Dahl (0121-7X-0324). De même la figure D.3 montre qu'avec un écoulement sud - nord, les forages de prélèvement ne sont pas menacés d'envahissement par l'eau froide.

La solution du prélèvement en FE 1 et FE 2 avec rejet en R 1 semble donc hydrodynamiquement et thermiquement réalisable.

2.2. Essai en vraie grandeur

Il a été réalisé le 20/02/84 à partir de pompages de 45 m³/h en FE 1 et FE 2 et réinjection des 90 m³/h en R 1.

Les observations effectuées lors des essais sur le forage R 1 (cf. annexe C) nous avaient montré que la réinjection ne pourrait pas être gravitaire, mais devrait être réalisée sous-pression et nous avons à cet effet placé un manomètre sur une tête d'injection étanche.

(1) Ce débit de 30 m³/h correspond au débit moyen d'utilisation sur l'année pour un débit de 45 m³/h en période d'utilisation.

OPAC DU CALVADOS CASERNE DELAUNAY

LISEUX
03/01/84

VITESSE REELLE D'ECOULEMENT NATUREL = 0.39E04 M/AN
POROSITE = 10.00 %
HAUTEUR UTILE DE L'AQUIFERE = 12 METRES
CAPACITE CALORIFIQUE DU FLUIDE = 1.00 CAL/CM3/°C
CAPACITE CALORIFIQUE DE LA ROCHE = 0.50 CAL/CM3/°C
CAPACITE CALORIFIQUE DES EPONTES = 0.30 CAL/CM3/°C
CONDUCTIVITE THERMIQUE DES EPONTES = 0.60E-02 CAL/CM/S/°C

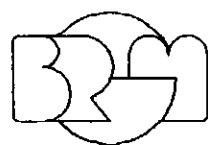
DEBITS EN M3/H :

PRODUCTION

POMPAGE FE1 : 30.00
POMPAGE FE2 : 30.00
POMPAGE 324 : 10.00

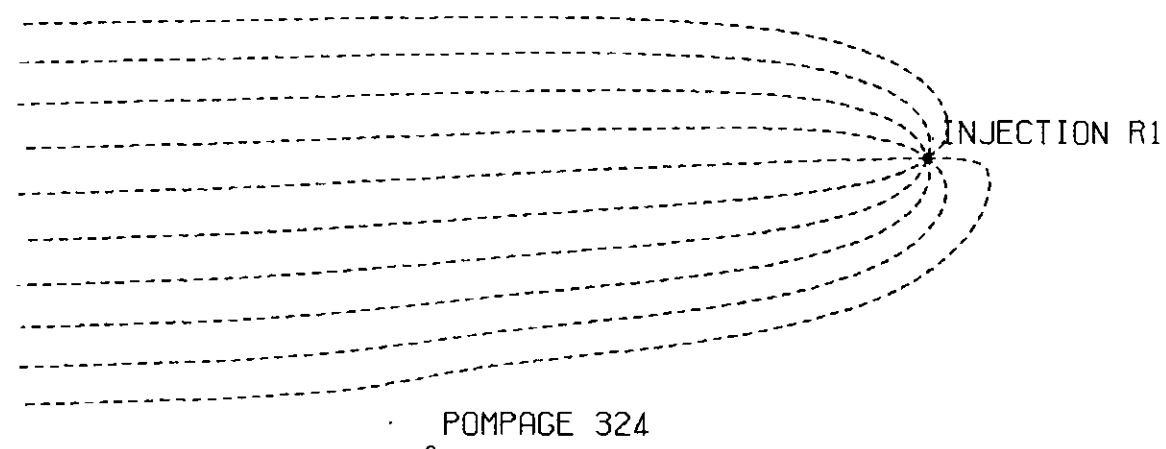
INJECTION

INJECTION R1 : 60.00



ECOULEMENT
NATUREL : 180.00°

ECHELLE : 1 — 1 = 20 METRES



POMPAGE FE2

POMPAGE FE1

OPAC DU CALVADOS CASERNE DELAUNAY

LISEUX
03/01/84

VITESSE REELLE D'ECOULEMENT NATUREL = 0.39E04 M/AN
POROSITE = 10.00 %
HAUTEUR UTILE DE L'AQUIFERE = 12 METRES
CAPACITE CALORIFIQUE DU FLUIDE = 1.00 CAL/CM3/°C
CAPACITE CALORIFIQUE DE LA ROCHE = 0.50 CAL/CM3/°C
CAPACITE CALORIFIQUE DES EPONTES = 0.30 CAL/CM3/°C
CONDUCTIVITE THERMIQUE DES EPONTES = 0.60E-02 CAL/CM/S/°C

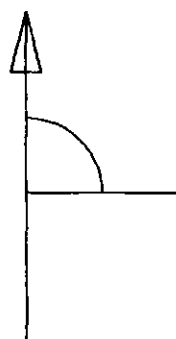
DEBITS EN M3/H :

PRODUCTION

INJECTION

POMPAGE FE1 : 30.00
POMPAGE FE2 : 30.00
POMPAGE 324 : 10.00

INJECTION R1 : 60.00

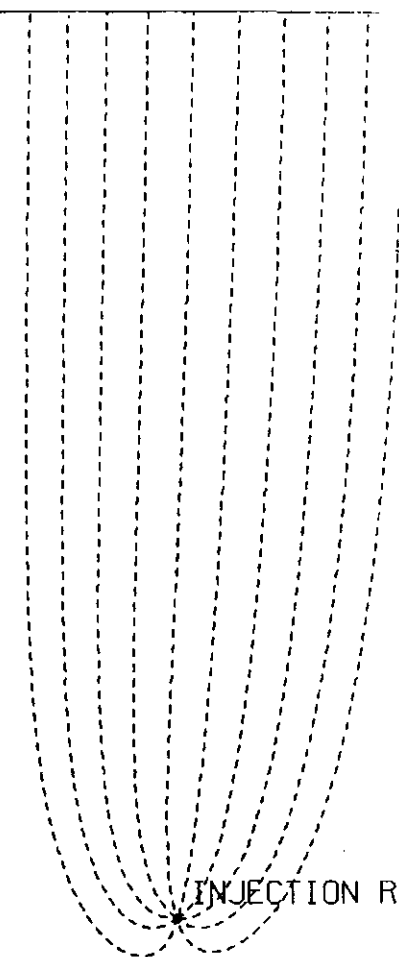


ECOULEMENT
NATUREL : 90.00°

ECHELLE : 1 — 1 = 20 METRES

- 9 -

Fig. D.3



INJECTION R1

POMPAGE FE2

POMPAGE 324

POMPAGE FE1

Dès la première heure d'essai, il est apparu que les mesures verticales du massif rocheux ne permettaient pas une mise en pression suffisante de l'aquifère, l'eau ressortant tout autour du forage dans un rayon de 4 à 5 m. L'essai a donc dû être interrompu et nous avons décidé de modifier le dispositif de réinjection.

2.3. Etude préliminaire par modèle d'une réinjection en FE 2

Lors de la réalisation du forage R 1 nous avons constaté que le niveau d'eau y était à une profondeur incompatible avec l'hypothèse envisagée au § 2.1 et qu'il était beaucoup plus probable que l'accident placé entre FE 1 - FE 2 et R1 jouait un rôle de drain important et qu'il existait donc une gouttière dans la piézométrie indépendante de et dont l'axe d'orientation sud-nord était situé entre R 1 et FE 2 et approximativement à une cinquantaine de mètres de ce dernier (cf. fig. D.4).

Nous avons donc refait une simulation sur le modèle ME.ERNIQ avec les paramètres suivants :

. Vitesse réelle d'écoulement naturel	: 2 000 m/an
. Orientation par rapport à l'axe des X	: 180,0 deg
. Porosité	: 10,00 %
. Hauteur utile de l'aquifère	: 12,00 m
. Capacité calorifique du fluide	: 1,000 cal/cm3/deg
. Capacité calorifique du milieu poreux	: 0,5000 cal/cm3/deg
. Capacité calorifique des épontes	: 0,3000 cal/cm3/deg
. Conductivité thermique des épontes	: $6 \cdot 10^{-3}$ cal/cm/S/deg
. Température initiale dans l'aquifère	: 12,80 deg
. Pompage en FE 1 et R 1	: 30 m3/h
. Pompage Dahl	: 10 m3/h
. Injection en FE 2	: 60 m3/h

Nous constatons sur la figure D.5 qu'avec un écoulement ouest - est qui ne prend pas en compte le drainage dû à l'accident, la solution de la réinjection en FE 2 est hydrodynamiquement et thermiquement réalisable.

OPAC DU CALVADOS CASERNE DELAUNAY

LISEUX
21/02/84

VITESSE REELLE D'ECOULEMENT NATUREL = $0.20E04$ M/AN
POROSITE = 10.00 %
HAUTEUR UTILE DE L'AQUIFERE = 12 METRES
CAPACITE CALORIFIQUE DU FLUIDE = 1.00 CAL/CM³/°C
CAPACITE CALORIFIQUE DE LA ROCHE = 0.50 CAL/CM³/°C
CAPACITE CALORIFIQUE DES EPONTES = 0.30 CAL/CM³/°C
CONDUCTIVITE THERMIQUE DES EPONTES = $0.60E-02$ CAL/CM/S/°C

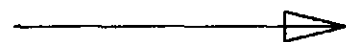
DEBITS EN M³/H :

PRODUCTION

POMPAGE FE1 : 30.00
POMPAGE 324 : 10.00
POMPAGE R1 : 30.00

INJECTION

INJECTI.FE2 : 60.00



ECOULEMENT
NATUREL : $0.^\circ$

ECHELLE : $1 \text{ cm} = 20 \text{ METRES}$

- 11 -

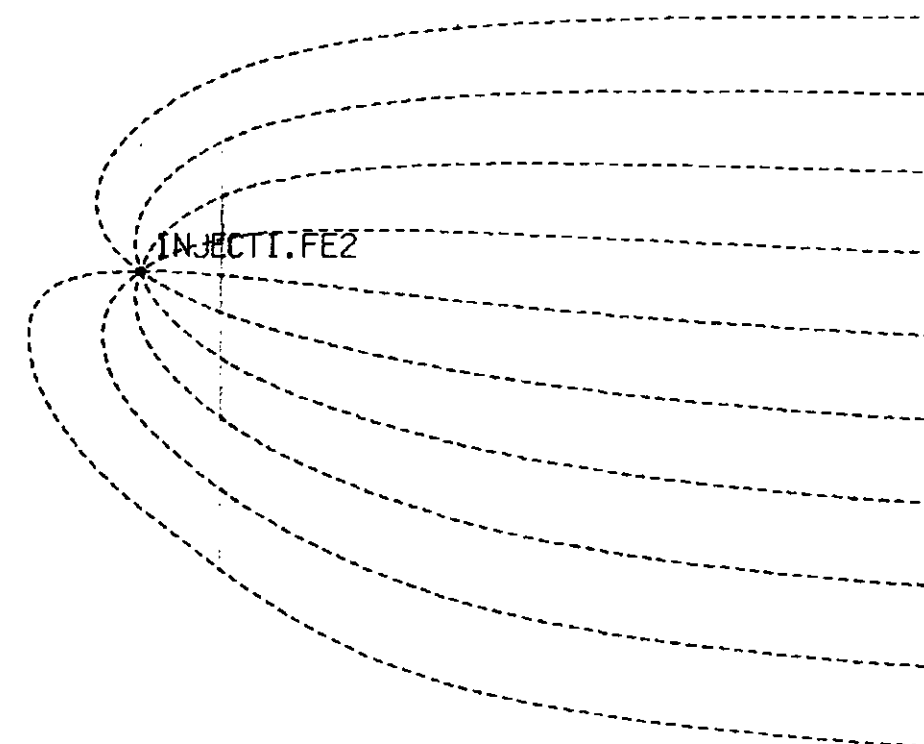
Fig. D.5

POMPAGE 324

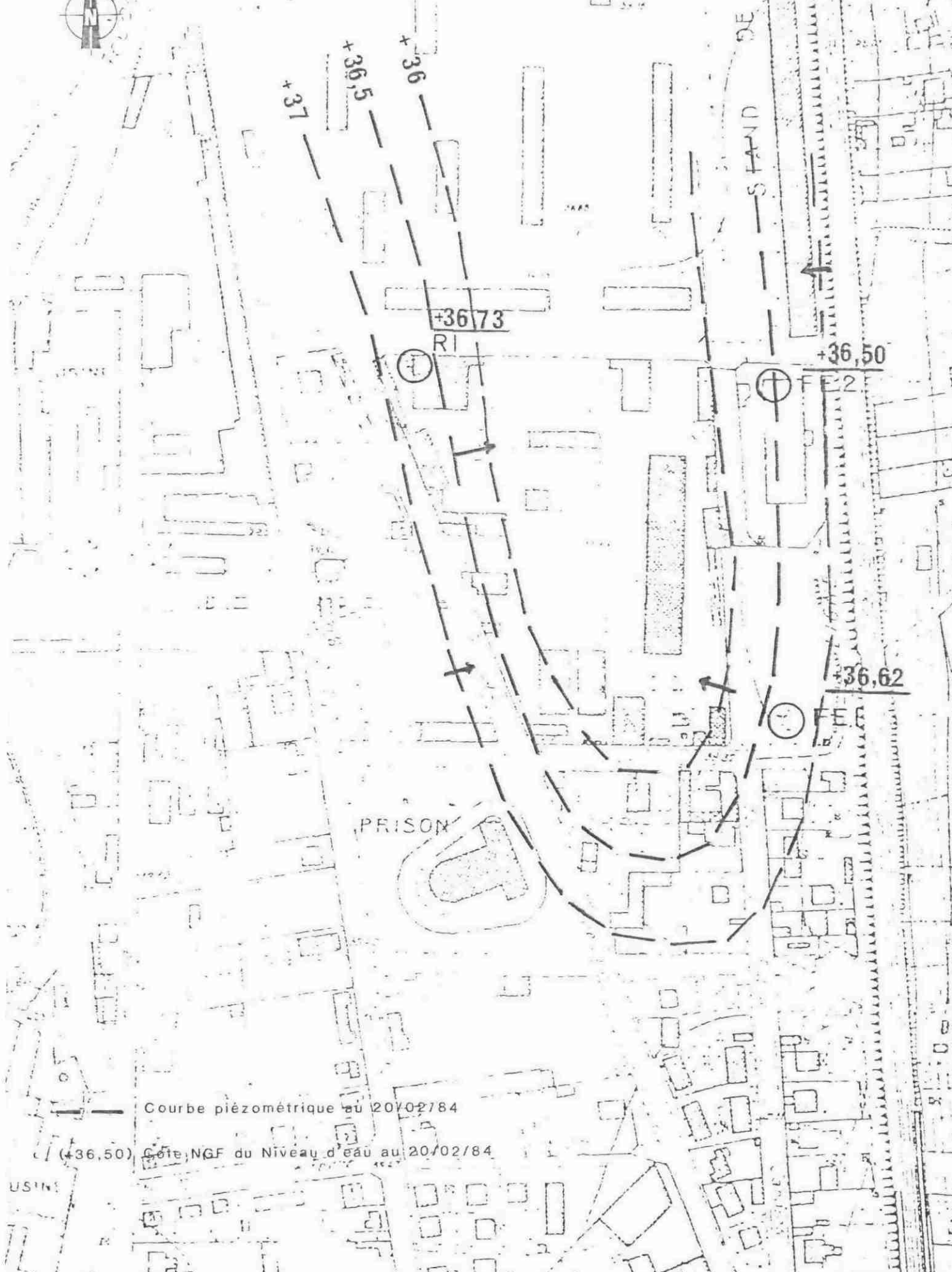
POMPAGE R1

INJECTI.FE2

POMPAGE FE1



SCHEMA INTERPRETATIF DE L'ECOULEMENT DE LA NAPPE CAPTIVE DES CALCAIRES OXFORDIENS



Courbe piézométrique au 20/02/84

(+36,50) Cote NGF du Niveau d'eau au 20/02/84

USINE

PRISON

STAND DE

2.4. Essai en vraie grandeur

Il a été réalisé du 27 au 29/02/64, soit pendant 50 heures au régime de 46,6 m³/h venant du FE 1 et 47,4 m³ venant de R 1, soit une réinjection de 93,7 m³/h au FE 2. L'évolution globale des niveaux d'eau peut être résumée par le tableau suivant (cf. mesures détaillées sur FE 2 dans le tableau D.6) :

Ouvrage	Profondeur initiale	Profondeur finale	Evolution plan d'eau	Profondeur après 30 mn d'arrêt
Pompage R 1	3,89	5,79	- 1,90	4,14
Pompage FE 1	4,26	4,88	- 0,62	4,26
Injection FE 2	4,41	3,67	+ 0,54	4,30

Les conditions expérimentales n'ont pas permis d'effectuer des mesures en continu variables du fait de l'encombrement des tubes de forage, nous avons cependant pu constater que le niveau dans le FE 1 se stabilisait en moins d'une heure de pompage ; un régime hydraulique permanent était donc établi en moins de 24 heures qui se matérialisait par un abaissement du plan d'eau de 0,62 m dans le forage FE 1 et de 1,90 m dans le forage R 1, tandis que la remontée était de 0,54 m dans le forage de réinjection FE 2. Cette stabilisation est particulièrement bien visible sur la figure D.7.

En outre les niveaux initiaux ont été très rapidement retrouvés après l'arrêt des opérations.

3- CONCLUSIONS

La solution retenue doit permettre de procéder à une réinjection plus économique que celle qui avait été envisagée du fait des très faibles pertes de charge dans le forage FE 1 qui pourra absorber l'eau refroidie sans avoir recours à une mise en pression.

0121 7X 0326

FE 1.1.1.1

Fiche : 2

le ou

page

Feuille : 1

: 27/02/1984 au 29/02/1984

Profondeur initiale du plan d'eau : 4.41 m / repère
3.89 m / sol

1 date M	2 heure et minute		3 profondeur du plan d'eau ou dépression (m)	P ou D (1)	4 temps t depuis début du pompage M S (2)		5 temps pour remplir m ³ en lecture de compteur S lecture de compteur S en m			6 débit calculé en m ³ /h	observations
							S	lecture de compteur	S en m		
7 / 02	18	00	4.41	P	0	0			0.00		Début du pompage mise en route pompe F1
			2.39			1			2.00		environ 50 m ³ /h
			2.39			2			2.00		compteur départ 0
			3.85			3			0.66		
			3.74			4			0.67		
			4.03			5			0.36		
			4.07			6			0.34		
			4.10			7			0.31		
			3.89			8			0.52		
			3.48			9			0.95		
	18	10	3.80			10			0.61		Mise en route pompe R1 env. 50 m ³ /h
			3.90			15			0.51		Compteur départ 0
			3.97			20			0.44		
			3.96			25			0.45		
	18	30	3.96			30			0.45		
	18	45	3.96			45			0.45		R1 48m ³ au compteur
	17	00	3.96			60	77	F1	0.45	46,7	F1 50m ³ au compteur
	17	30	3.94			90	76	R1	0.47	47,3	
	18	00	3.93			120			0.46		Qt = 94 m ³ /h
	18	30	3.93			150			0.46		
	19	00	3.94			180	77	F1	0.46	46,7	Qt = 94 m ³ /h
	19	30	3.94			210	76	R1	0.49	47,3	
	20	00	3.94			240			0.49		
	20	30	3.94			270			0.49		
	21	00	3.94			300			0.49		
	22	00	3.94			6			0.49		
	23	00	3.93			7			0.46		
	0	00	3.93			8			0.48		
	1	00	3.93			9			0.48		
	2	00	3.93			10			0.48		
	3	00	3.93			11			0.46		
	4	00	3.93			12			0.46		
	5	00	3.89			13			0.52		
	6	00	3.89			14			0.52		Touques 59,5
	7	00	3.89			15			0.52		
	8	00	3.89			16			0.52		
	9	00	3.89			17	77	F1	0.52	46,7	Qt = 94 m ³ /h
	10	00	3.89			18	76	R1	0.52	47,3	A 11h15 arrêt de la
8 / 02	(11	15)	4.01			19			0.40		pompe F1 (panne
	12	00	4.06			20	76	R1	0.45	47,3	électrique) remise
	14	00	4.00			22		F1	0.41	00,0	en route 14h 30
	16	00	3.87			24			0.54		
	18	00	3.87			26			0.54		
	20	00	3.90			28			0.51		
	22	00	3.91			30			0.50		
	0	00	3.91			32	77	F1	0.50	46,7	
	2	00	3.91			34	76	R1	0.50	47,3	Qt = 94 m ³ /h
	4	00	3.87			36			0.54		
9 / 02	6	00	3.87			38			0.54		
	8	00	3.87			40			0.54		
	10	00	3.87			42	77	F1	0.54	46,7	Qt = 94 m ³ /h
							76	R1		47,3	

Ince B.R.G.M.
No

de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.

P = profondeur ; D = dépression.

Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

002	78	0020
-----	----	------

f

Friest : 2

705.000 1.000

Page : 27 / 02 / 1984 au 25 / 02 / 1984

Profondeur initiale du plan d'eau : 4.41 m /repère
3.86 m /scd

[illegible]

Indice B.R.G.M. } de l'ouvrage principal auquel se rapporte le pompage d'essai consigné dans le dossier.
N°

) P = profondeur ; D = dépression.

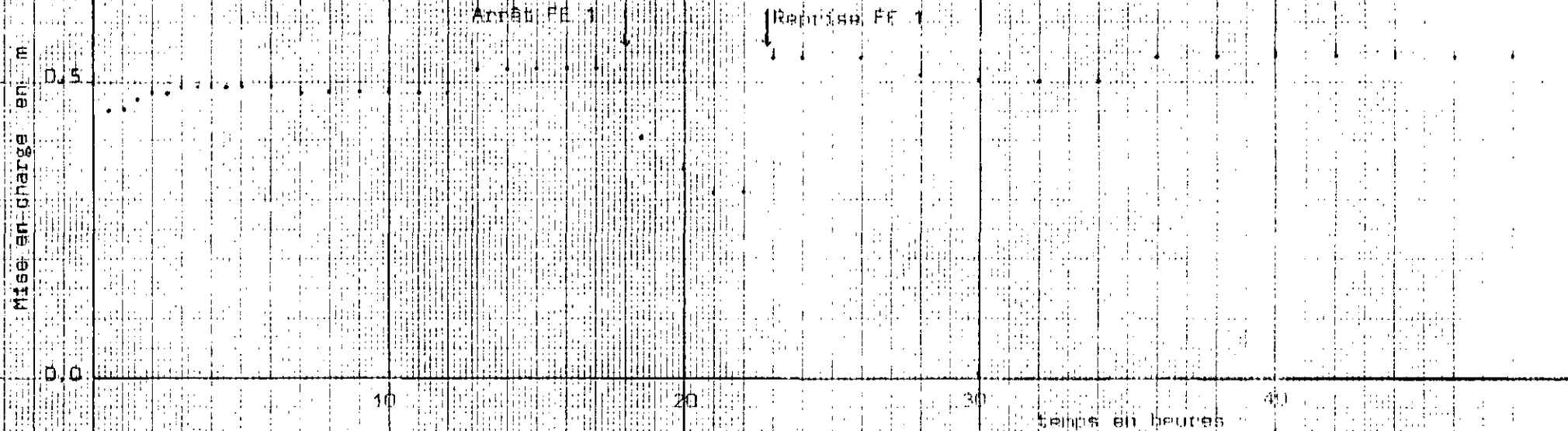
) Identifier l'unité choisie en indiquant H pour heure, M pour minute, S pour seconde.

OPAC DU GALVADOS
Caserne Orléans à Lisieux

EVOLUTION DE LA NAPPE AU FORAGE

DE REINJECTION FE 2

$Q = 94 \text{ m}^3/\text{h}$



OPAC DU CALVADOS

A N N E X E E

LISIEUX - CASERNE DE LAUNAY

BOUCLE D'EXPLOITATION D'EAU POUR PAC

Étude de géochimie appliquée



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Département Géothermie et Hydroénergie

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 139 GTH