

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

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

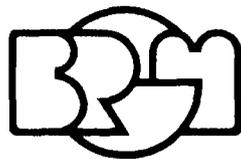
COMPTE-RENDU DES TROIS FORAGES
DE RECONNAISSANCE ET DE CAPTAGE
D'EAU THERMOMINÉRALE RÉALISÉS EN 1981-82
À SAINT-NECTAIRE (PUY-DE-DÔME)

--

par
M. BOURGEOIS
avec la participation de F. MERCIUR-BATARD

82 SGN 444 AUV.

28 MAI 1982



Service géologique régional AUVERGNE

22, avenue de Lempdes, 63800 Cournon d'Auvergne

Tél.: (73) 84.80.83

R E S U M E

Dans une première étude faite en septembre 1980 à la demande de la Mairie de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme) (rapport BRGM : 80 SGN 590 AUV) le Service des Eaux Minérales du B.R.G.M. proposait des forages de reconnaissance, à équiper, s'ils étaient positifs, pour produire 5 à 10 m³/heure d'eau thermominérale à 40/45°C au moins.

Ce deuxième rapport expose les résultats obtenus sur les trois forages réalisés par l'entreprise MONTAVON de septembre 1981 à mars 1982.

- Le forage A2, situé à une cinquantaine de mètres au Nord de l'établissement thermal, a 57 m de profondeur. Il a fonctionné en geyser d'une cinquantaine de mètres de hauteur toutes les 10 minutes, pendant 3 jours en novembre 1981 et pendant une douzaine d'heures en janvier 1982, attirant les foules à Saint Nectaire. Equipé d'un tube siphonide, il débite naturellement en continu 5 m³/heure d'eau minérale à 56,2°C avec un niveau dynamique proche de 1,50 m sous le sol ; en pompage il est susceptible de fournir environ 7 m³/heure à 54°C.

- Le forage B1, à 170 m au Nord-Nord-Ouest de A2, est topographiquement 25 à 30 m plus haut. Profond de 100,40 m, il débite par tube siphonide 11,4 m³/heure en continu à 53,2°C avec un niveau dynamique voisin de 5 m sous le sol. En pompage on pourrait obtenir 14 à 15 m³/heure à 50/51°C.

- Le forage B4, à 340 et 400 m au Sud-Ouest des deux précédents, ne donne que 2 m³/heure à 38°C, malgré sa profondeur de 124,80 m.

L'objectif est largement atteint si l'on compare, avant et après les travaux, la ressource disponible pour l'établissement thermal :

- en 1980, les 3 sources exploitées apportaient 64 m³/jour à 33°C à l'établissement thermal ; en pompant sur l'une des sources ce débit passait à 87 m³/jour à 33,5°C.

- en 1982, les 3 forages donnent 18 m³/heure = 432 m³/jour à 50,5°C ; en pompant sur 2 forages on obtiendrait une centaine de m³/jour supplémentaires à 50,5°C.

A cette amélioration importante du débit et de la température de l'eau s'ajoutent d'autres avantages :

- la régulation du débit naturel facile sur les forages est impossible sur les sources

- sur les forages l'eau sera : physico-chimiquement plus stable, mieux protégée d'une pollution bactériologique éventuelle, moins sujette aux dépôts incrustants.

Les informations acquises au cours de ces travaux, en particulier l'augmentation en fonction de la profondeur de la température, qui dépasse 60°C à 100 m sur B1 et 62,7°C à 56 m sur A2, sont très engageantes pour des recherches futures éventuelles.

oOo

S O M M A I R E



	<u>pages</u>
1 - <u>OBJET DES TRAVAUX</u>	1
2 - <u>COMPTE-RENDU DES TRAVAUX</u>	3
2.1 - <u>DONNEES GENERALES</u>	3
2.1.1 - Localisation des ouvrages	3
2.1.2 - Volume des travaux	3
2.1.3 - Durée des travaux	4
2.2 - <u>LE FORAGE A 2</u>	5
2.2.1 - Première phase	5
2.2.2 - Deuxième phase	6
2.2.3 - Troisième phase	12
2.3 - <u>LE FORAGE B 1</u>	18
2.3.1 - Exécution de l'ouvrage	18
2.3.2 - Les essais de débit sur B1	19
2.4 - <u>LE FORAGE B 4</u>	26
2.4.1 - But du 3ème forage et localisation	26
2.4.2 - Travaux et observations sur B4	26
3 - <u>COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS OBTENUS</u>	29
3.1 - <u>DONNEES GEOLOGIQUES</u>	29
3.2 - <u>PROGRESSION DE LA TEMPERATURE ET DU DEBIT AVEC L'APPRO- FONDISSEMENT DES FORAGES</u>	30
3.3 - <u>INCIDENCE DES FORAGES SUR QUELQUES SOURCES</u>	33
3.4 - <u>RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES</u>	38

4 - <u>CONCLUSION</u>	44
4.1 - <u>DEBIT ET TEMPERATURE</u>	44
4.2 - <u>POINT DE VUE QUALITATIF</u>	45
4.3 - <u>EXPLOITATION ET ENTRETIEN DES SOURCES</u>	45

--

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
Figure 1 : Forage A2 : évolution du débit spécifique pendant le pompage des 7 et 8/10/181	8
Figure 2 : Forage A2 : évolution du niveau dynamique et du débit au cours du pompage du 2 au 5.02.1982	17
Figure 3 : Forage B1 : mesures de température	20
Figure 4 : Forage B1 : évolution du débit et du niveau durant l'artésianisme par tube siphonide	25
Figure 5 : Augmentation de la température avec la profondeur sur les 3 forages	31
Figure 6 : Source Giraudon. Relation rabattement - débit d'après les pompages des 1 et 2 avril 1982	36
Figure 7 : Source Giraudon : évolution du niveau dynamique au cours du pompage du 2 avril 1982	37
Figure 8 : Diagrammes d'analyses d'eau minérale sur 6 sources de Saint Nectaire	43

LISTE DES TABLEAUX

—

	<u>pages</u>
Tableau 1 : Forage A2 : observations pendant le pompage des 7 et 8/10/1981	7
Tableau 2 : Forage A2 : observations pendant le pompage à l'émulseur le 13/10/1981 de 8 h 25 à 20 h 30	9
Tableau 3 : Forage A2 : Observations au cours des pompages des 11 et 12.11.1981	11
Tableau 4 : Forage A2 : Observations au cours du pompage du 21 au 22 janvier 1982	13
Tableau 5 : Forage A2 : Observations au cours du pompage du 26.01.1982	15
Tableau 6 : Forage A2 : Observations au cours du pompage du 2 au 5 février 1982	16
Tableau 7 : Forage B1 : observations au cours du pompage du 22.01.1982	21
Tableau 8 : Forage B1 : observations au cours du pompage du 26.01.1982	23
Tableau 9 : Forage B1 : Observations au cours de l'essai de débit du 3.02 au 23.03.1982	24
Tableau 10 : Résumé des observations des débits, niveaux et température de l'eau sur les 3 forages de Saint Nectaire	32
Tableau 11 : Observations au cours des pompages sur la source Giraudon les 1 et 2 avril 1982	35
Tableaux 12.1 et 12.2 : Résultats d'analyses physico-chimiques sur des eaux minérales de Saint Nectaire en décembre 1981.	39 & 40
Tableaux 13.1 et 13.2 : Résultats des analyses physico-chimiques sur l'eau des forages A2 et B1 en mars 1982	41 & 42

L I S T E D E S A N N E X E S

—

- ANNEXE 1 : Plan de situation des forages
1.1 - sites proposés
1.2 - réalisations
- ANNEXE 2 : Calendrier des opérations sur A2
- ANNEXE 3 : Température et conductivité de l'eau sur A2
- ANNEXE 4 : Le geyser de Saint Nectaire (quelques articles de presse)
- ANNEXE 5 : Coupes géologiques et techniques des trois forages
- ANNEXE 6 : Calendrier des opérations sur B1
- ANNEXE 7 : Calendrier des opérations sur B4
- ANNEXE 8 : Evolution du débit sur les sources Papon et Simon
du 3/03/1981 au 30/04/1982.

—

1 - OBJET DES TRAVAUX

Dans un rapport antérieur portant la référence 80 SGN 590 AUV nous examinons la possibilité d'améliorer au point de vue quantitatif et qualitatif l'alimentation en eau minérale de l'établissement thermal de Saint Nectaire, qui ne disposait jusqu'ici que de 60 litres/minute = 3,6 m³/heure d'eau à 34°C.

En conclusion de l'étude hydrogéologique nous proposons 3 à 4 sondages de reconnaissance susceptibles, s'ils étaient positifs, d'être transformés immédiatement en forages exploitables afin d'obtenir si possible une quinzaine de m³/heure d'eau à 45/50°C.

Fin 1980, la municipalité de Saint Nectaire donnait son accord à cette proposition et nous chargeait de préparer les spécifications techniques des forages, la liste des prix unitaires et le devis estimatif pour consulter les entreprises.

Au printemps 1981 les offres étaient analysées et comparées. Le financement étant assuré et les formalités administratives accomplies, un marché de gré à gré était passé le 3 juin 1981 entre la commune de Saint-Nectaire et l'entreprise MONTAVON, marché qui était approuvé le 10 juin 1981.

La commune de Saint Nectaire confiait par ailleurs au Service des eaux minérales du B.R.G.M. :

- la surveillance des ouvrages en vue de les conduire à bonne fin
- l'orientation technologique la mieux adaptée aux caractéristiques des terrains qui n'avaient jamais été reconnus jusqu'ici par sondages
- le compte-rendu et l'interprétation des résultats obtenus qui font l'objet du présent rapport.

Les travaux ont été couronnés de succès puisque les trois nouvelles sources fournissent, sans pompage, 18 m³/heure d'eau minérale riche en gaz carbonique, à la température de 52°C.

Il nous est agréable de remercier tous ceux qui ont contribué à cet heureux résultat : les responsables administratifs, les élus, et tous ceux qui avec foi et persévérance ont soutenu l'opération sur les plans technique et financier, en attribuant une mention particulière à :

Monsieur Jean DABERT, Maire de Saint Nectaire

Monsieur Jean Charles BEAUCOURT, Président de la Société thermale.

oOo

2 - COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

2.1 - DONNÉES GÉNÉRALES

2.1.1 - LOCALISATION DES OUVRAGES

Sur le rapport d'étude préliminaire de septembre 1980, cinq points d'implantation possible des sondages de reconnaissance étaient indiqués : (voir annexe 1.1)

- les points A1 et A2 situés respectivement à 50 m au Sud et au Nord de l'établissement thermal
- les points B1, B2 et B3 formant approximativement les sommets d'un triangle équilatéral de 120 m de côté avec l'établissement thermal proche du centre.

Il était précisé que, selon les convenances locales, un seul forage A serait réalisé soit en A1, soit en A2, et la sondeuse fut installée en A2. Elle fut placée ensuite sur B1 et ces deux premiers forages se révélèrent positifs ; mais comme les sorties d'eau avaient une répercussion sur le débit des sources Papon et Giraudon, qui risquaient d'être augmentées en forant sur les points B2 et B3, par ailleurs assez difficiles d'accès, il fut décidé de placer le troisième forage en B4, à distance assez grande des autres sources (voir annexe 1.2).

2.1.2 - VOLUME DES TRAVAUX

Sur le programme originel les profondeurs prévues étaient de :

- 30 à 40 m sur A1 ou A2,
- 50 à 60 m sur B1,
- 70 à 80 m sur B2,
- 40 à 50 m sur B3,

soit environ 200 mètres linéaires de foration au total.

Selon les débits et la température de l'eau rencontrée, un ou deux forages devaient être alésés et équipés de tubages au droit des terrains tendres pour la mise en production, les granites réputés assez durs restant à découvert. Les deux ou trois autres sondages devaient être sommairement transformés en piézomètres à l'issue de la reconnaissance en terrains peu favorables.

Les réalisations diffèrent des prévisions dans les domaines suivants :

- avec 57 m, 100,40 m et 124,80 m les profondeurs cumulées des forages 12, B1 et B4 atteignent 282,20 m
- les trois forages étant positifs ont été équipés pour l'exploitation
- les terrains sédimentaires de faible dureté sont quasi inexistantes mais en revanche les granites fracturés et bouillants à la partie supérieure ont compliqué la foration et nécessité le maintien des tubes de travail qui ont été cimentés au lieu d'être retirés. Par ailleurs, en raison de l'altération du granite profond à plusieurs niveaux, deux forages sur trois ont dû être crépinés pour éviter le comblement du fond et assurer la production de l'eau.

2.1.3 - DUREE DES TRAVAUX

La durée des travaux a dépassé 7 mois calendaires puisque la sondeuse, arrivée le 8 septembre 1981 est repartie le 19 mars 1982 ; différentes causes sont à l'origine de cette durée exagérée du chantier :

- le matériel approvisionné, partiellement inadapté ou en mauvais état, est tombé en panne à de nombreuses reprises provoquant ainsi des arrêts de chantier de quelques heures à deux semaines.
- les intempéries de l'automne et de l'hiver, c'est-à-dire les pluies abondantes et le gel ont entraîné quelques jours d'interruption
- le volume des travaux, les difficultés du terrain, les venues d'eau chaude gazeuse quasi impossible à maîtriser sur des forages courts, qui doivent néanmoins être approfondis, tubés, cimentés puis crépinés, sont également à prendre en compte.
- la difficulté de pompage de l'eau gazeuse a nécessité l'utilisation à titre d'essai de plusieurs types de pompes, puis l'équipement provisoire avec un tube siphon et enfin l'installation de tubes siphons définitifs sur tous les forages, ce qui implique de nombreuses poses et déposes d'appareils.

2.2 - LE FORAGE A 2

L'annexe 2 résume la chronologie des opérations en trois phases :

2.2.1 - PREMIERE PHASE

La foration de l'avant-trou 444,5 mm dans les remblais et les blocs de granite a été faite à la boue bentonitique, avec perte de boue ; Après la pose du tube-guide 320 x 332 mm, les vides ont "absorbé" un assez grand volume de coulis, soit une tonne de ciment utilisé pour remplir l'extrados du tube sur 4 m de hauteur.

La foration est reprise au tricône 12 1/4" = 311,1 mm jusqu'à 8 m puis au tricône 6 1/4" = 158,7 mm jusqu'à 10 m sous protection d'un tube provisoire 260 x 273 mm. Dans l'attente du marteau de fond, le tube provisoire est retiré puis réinstallé après alésage en 12 1/4" jusqu'à 9,50 m.

Poursuite de la reconnaissance au marteau de fond 5" = 127 mm de 10 m à 44,50 m.

La température de l'eau éjectée par l'air comprimé augmente constamment pour atteindre 44,5°C à 44 m ; (voir annexe 3). Un essai est donc décidé à ce stade d'avancement.

Après l'installation d'un tube de travail 130 x 139 mm de 0 à 12,50 m un émulseur descendu à 28 m fonctionnera pendant 8 h 45' pour nettoyer le forage.

Le niveau d'eau au repos étant à 6,47 m de profondeur, les débits mesurés entre 4 h 35 et 6 h 20 après la mise en marche décroissent de 8 à 6,4 m³/heure et les niveaux dynamiques correspondants sont de 15,14 m et 16,09 m.

Après le retrait de l'émulseur et l'élimination au marteau de 4,50 m de remblais nous procédons à des mesures thermométriques sériées en descente et en remontée, qui figurent sur la courbe B1 de l'annexe 3, avec 51,4°C au fond.

Une pompe électrique immergée 4" installée à 26,44 m tournera pendant 16 h 30 en continu les 7 et 8/10/1981. Les résultats de ce pompage reportés sur le tableau n° 1 montrent la diminution du débit pendant les premières heures. Le diagramme de la figure 1, qui représente l'évolution du débit spécifique en fonction du logarithme du temps, montre une stabilisation correcte après 380' ≈ 6 h 30 de pompage à 1 m³/h/m.

La forte amélioration de la température corrélative à l'approfondissement et la recherche d'un débit supérieur incitent à poursuivre la reconnaissance.

2.2.2 - LA DEUXIEME PHASE

Le forage est approfondi au marteau 127 mm jusqu'à 56,50 m mais la puissance du compresseur est insuffisante pour aller au-delà.

En cours d'avancement, on peut voir sur l'annexe 3 que la température de l'eau éjectée atteint 45°C à partir de 52 m et 47,5°C à 56,50 m ; les mesures de température du 12/10/81 (voir la courbe B2 de l'annexe 3) montrent des valeurs maximales de 62,7°C vers le fond du forage alors que l'eau est en mouvement et déborde en haut du tubage.

Sous l'effet du gaz carbonique qui émulsionne l'eau le niveau "batille" constamment entre 2 à 3 m sous le sol et 5 à 6 m au-dessus alors que l'eau jaillit par intermittence pendant 2 minutes environ toutes les 8 à 10 minutes.

L'émulseur 80 x 90 mm est installé vers 31 m et tournera un peu plus de 12 heures à régime assez instable comme on peut le voir sur le tableau 2 où les débits et les niveaux varient sans cesse. On peut retenir qu'après 5 à 6 heures de pompage le niveau dynamique est proche de 10 m sous le sol pour un débit de 7,3 m³/heure et de 16,20 m pour un débit de 10 m³/heure.

L'équipement pour l'exploitation comprend les opérations suivantes :

- retrait des tubes provisoires 130 x 139 et 260 x 273 mm
- alésage en 12 1/4" avec éboulements fréquents au-dessous de 10 m
- réinstallation du tube 260 x 273 qui pose à 10 m malgré un nettoyage à l'émulseur jusqu'à 14,10 m
- alésage en 9 7/8" = 250,8 mm de 10 à 31 m
- lanternage du tube d'acier inox NS 22 S 180 x 190 mm de 16 à 17 m, 19 à 20 m, à raison d'une vingtaine de fentes de 4 x 150 mm par mètre soudure d'un obturateur annulaire à 14,80 m, et descente de la colonne à 31 m.
- l'eau gazeuse ascendante élimine le coulis de ciment utilisé en premier lieu ; l'espace annulaire 273/320 mm sera rempli avec une tonne de ciment sec ; après étanchéité au-dessus de l'obturateur annulaire par des boulettes d'argile gonflante, l'annulaire 190/260 mm sera rempli par 650 kg de ciment sec stabilisé avec du sable.
- après la prise du ciment, le nettoyage du fond à l'émulseur débute le 26/10/1981 ; interrompu par une série d'ennuis mécaniques, il sera repris le 3/11/81 avec le marteau et terminé le 4/11/81 au matin. Sitôt après la remontée de l'outil le forage entre en éruption violente et la sondeuse est déplacée vers le deuxième site du forage B1.

/ TABLEAU 1 /

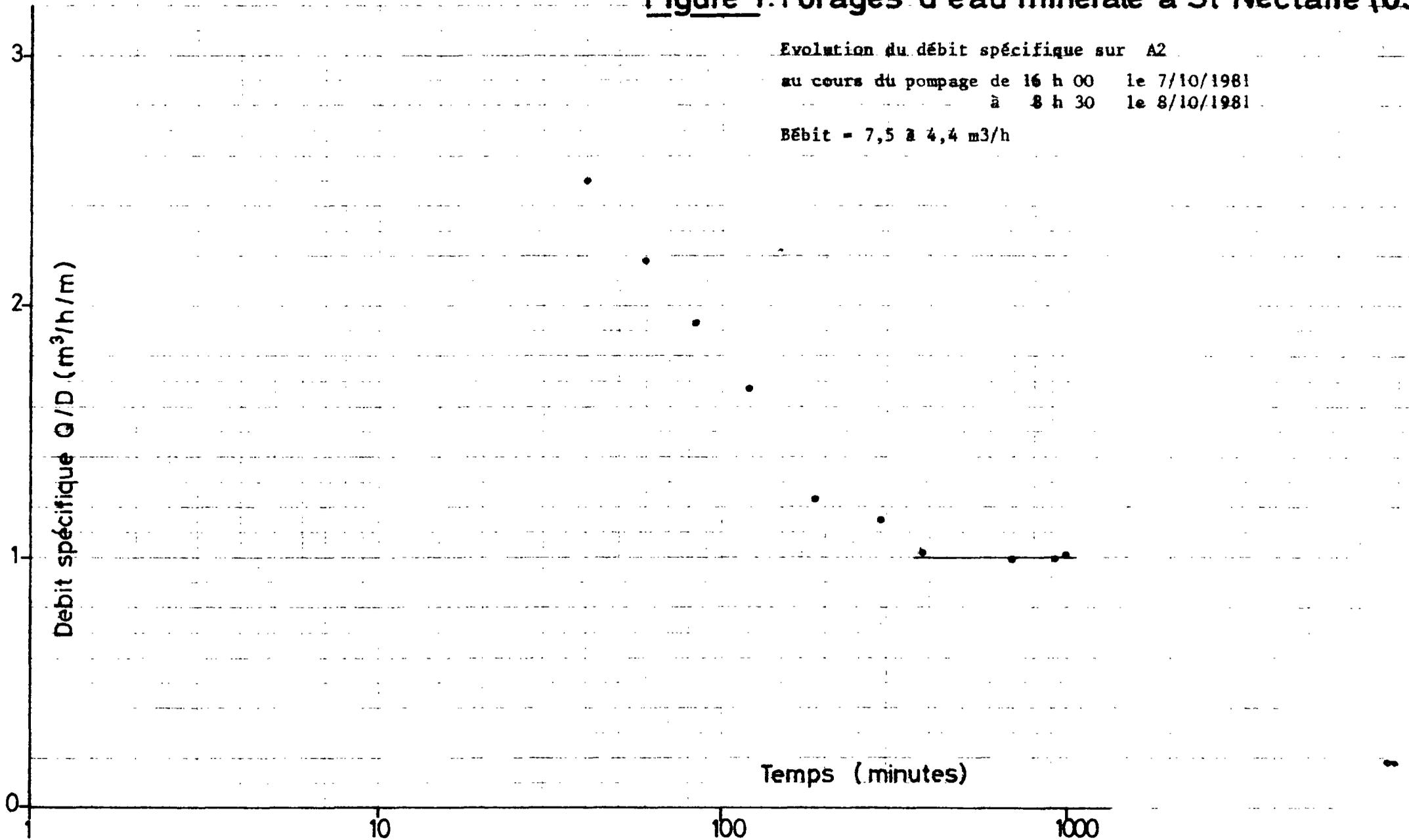
OBSERVATIONS AU COURS DU POMPAGE SUR LE FORAGE A2

depuis 16 h 00 le 7/10/1981

à 8 h 30 le 8/10/1981

DATE	HEURE	DUREE (minutes)	NIVEAU (m)	DEBIT Q (m ³ /h)	Rabattement D (m)	Q / D m ³ /h/m
7/10/1981	16 h 00'	0	6,40	0	0	0
	16 h 05'	5'	≈ 7,10	7,5	0,7	≈ 10,5
	16 h 10'	10'	7,7	≈ 7	1,3	5,38
	16 h 20'	20'	8,38	6,6	1,98	3,33
	16 h 40'	40'	≈ 9,00	6,5	2,6	2,5
	17 h 00'	60'	9,36	6,45	2,96	2,18
	17 h 23'	83'	9,67	6,3	3,27	1,93
	18 h 00'	120'	9,98	6	3,58	1,67
	19 h 07'	187'	10,61	5,2	4,21	1,23
	20 h 48'	288'	10,50	4,7	4,10	1,15
	22 h 20'	380'	10,75	4,45	4,35	1,02
8/10/1981	3 h 30'	690'	≈ 10,80	4,36	≈ 4,40	0,99
	7 h 10'	910'	≈ 10,80	4,38	≈ 4,40	0,99
	8 h 15'	985'	10,80	4,45	4,40	1,01

Figure 1: Forages d'eau minérale à St Nectaire (63)



/ TABLEAU 2 /

OBSERVATIONS AU COURS DU POMPAGE A L'EMULSEUR SUR LE FORAGE A2

le 13/10/1981, de 8 h 25 à 20 h 30

Nota : Les niveaux sont mesurés à partir de la plateforme de forage dépassant le sol de 0,20 m environ

Avant pompage le niveau varie approximativement entre 0,70 m sous le repère et + 1 m au-dessus de la plateforme-repère ; le niveau moyen admis pour le calcul du rabattement est + 0,20 m

HEURE	DUREE (mn)	DEBIT : Q (m3/heure)	NIVEAU ((m)	RABATTEMENT D (m)	Q / D m3/h/m
8 h 25	0	0	+ 0,20	0	0
8 h 35	10	16	11,80	12	1,33
8 h 40	15	15,50	12,20	12,4	1,21
8 h 45	20	12,5	12,30	17,5	1
Modification du débit à 8 h 52					
8 h 54	29	8,00	10,70	10,9	0,73
9 h 00	35		10,70		
9 h 30	65	7,5 à 7,7	10,55	10,75	0,71
10 h 00	95	7,7 à 7,8	9,8 à 10,30	10,20	0,76
10 h 30	125		9,4 à 9,7		
11 h 00	155	7,8	9,9 à 10,2	10,20	0,76
11 h 40	195	7,5	9,2 à 10	9,9 ?	0,76
12 h 15	230		9,8		
13 h 45	320	7,4	9,9 à 10	10,10	0,73
14 h 00	335	Ouverture vanne			
14 h 07	342		12,10		
14 h 15	350	14,8	11,72 à 11,68	11,9	1,24
14 h 40	375	13,4	12,7 à 12,9	13	1,03
15 h 15	410	12,4	13 à 13,20	13,3	0,93
15 h 45	440	11,7	14,07 à 14,20	14,3	0,82
16 h 15	470	11,5 à 11,7	14,60	14,8	0,78
16 h 45	500	10,9	15,60	15,8	0,69
17 h 15	530	11,3	15,60	15,8	0,72
17 h 45	560	10,9	15,60	15,8	0,69
18 h 30	605	11,00	15,60	15,8	0,70
19 h 00	635	10,5	15,66 à 16,20	16,30	0,64
19 h 30	665	10,10	16,20	16,50	0,61
20,00	695	10,00	16,20	16,50	0,61

Du mercredi 4/11/1981 vers 10 h 30 au samedi 7/11/1981 vers 15 h 30
le forage A2 est transformé en geyser (voir annexe 4)

Après une période de repos d'un peu plus de 8 minutes l'eau jaillit pendant près d'une minute et demie montant progressivement à plus de 50 m.

Un chronométrage du phénomène les 5 et 6 novembre montre que la durée du jaillissement atteint 84 ± 5 secondes et celle du cycle complet - le temps qui sépare le début de deux éruptions - de 572 à 575 secondes = 9'35".

A l'origine, il y a accumulation du gaz carbonique en pression dans les fissures et cavités du granite altéré recoupé au fond vers 52 à 56 m ; le gaz se dissout dans la colonne d'eau d'une cinquantaine de mètres qui remplit le forage. Lorsqu'il y a saturation de CO₂ dans l'eau, il y a dégagement de gaz et formation d'une émulsion de densité plus faible que celle de l'eau pure, donc ascension de ce mélange biphasique qui arrive insensiblement au niveau du sol puis déborde du tubage ; l'élimination d'une petite quantité d'eau allège la colonne, favorise donc la montée du fluide et l'éjection de volumes de plus en plus grands. Trente à quarante secondes après la sortie des premières gouttes d'eau la gerbe est à 5 ou 6 m au dessus du sol ; un "seuil d'allègement" semble atteint et, en quelques "secousses" l'eau est propulsée à une cinquantaine de mètres, entraînant avec elle des produits de décomposition du granite du fond, du sable, de l'argile et des petits blocs de 4 à 5 cm de diamètre qui retombent en martelant le sol. Cette phase spectaculaire dure également 30 à 40 secondes, suivie de "l'extinction" en 10 à 15 secondes.

La dégradation du granite altéré par ces brusques à-coups se traduira par le comblement progressif des cavités, le remplissage de la partie inférieure du trou et la réduction des arrivées de CO₂ vers la fin, le samedi après-midi, le cycle des éruptions s'était allongé à 1/2 heure environ, tandis que le fond du forage, préalablement à 56,50 m, était contrôlé à 52,15 m, 52,04 m, et 51,70 m respectivement les 5, 6 et 9/11/1981.

Après le 7 novembre les jaillissements périodiques à quelques décimètres à 1 ou 2 m de hauteur se maintenaient pendant 8 à 10 minutes suivies d'une quinzaine de minutes de "récupération" ; la température de l'eau voisine de 55 à 56°C restait identique à celle qui était mesurée pendant la période "geysérienne".

L'entreprise installait une pompe à axe vertical qui fonctionnait en continu pendant 20 h 21' les 11 et 12 novembre à un débit très vite stabilisé à 81,7 à 82 l/mn = 4,9 m³/heure d'eau à 57°C. Le tableau 3 regroupe les observations effectuées au cours de ce pompage ; on constate qu'à 4,9 m³/heure le niveau dynamique augmente jusqu'à 2,46 m au cours des deux premières heures et diminue régulièrement ensuite en fonction du logarithme du temps ; à 1,70 m il apparaît proche de la stabilisation, ce qui correspond à 1,14 m sous le niveau du sol.

TABLEAU 3

OBSERVATIONS AU COURS DU POMPAGE SUR LE FORAGE A2

de 12 h 27 le 11/11/1981 à 8 h 48 le 12/11/1981
 et de 9 h 37 à 13 h le 12/11/1981

*Nota : le niveau est mesuré dans un tube 20 mm
 dépassant le sol de 0,56 m*

DATE	HEURE	NIVEAU (m)	DEBIT (l/mn)	T eau (°C)	CO2 (cm3/l)	OBSERVATIONS	
11 novembre 1981	12 h 00	Variable	0			Variations incessantes du niveau avant pompage	
	12 h 27	Mise en marche de la pompe					
	12 h 40		90,3			teneur en CO2 peu représentative après dégazage partiel dans 6 m de tuyau d'évacuation.	
	12 h 44	2,26					
	13 h 49	2,41	81,35	57	300		
	14 h 35		82,05				
	14 h 53	2,46					
	15 h 32	2,35	82,05				
	15 h 50	2,30	81,70				
	16 h 10	2,25		57			
	16 h 45	2,15					
	17 h 20	2,13	82,05				
	17 h 35	1,99					
	18 h 25	2,03					
19 h 58	1,90	82,05					
12 novembre 1981	1 h 50	1,43	81,70			Température de l'air : 2°C Les mesures de niveau de 1h50 à 8h20 sont douteuses : présence d'huile dans le tube de mesure	
	7 h 57	1,40 ?	81,70	57	300		
	8 h 20	1,39 ?					
	8 h 35	1,70					
	8 h 48	Arrêt de la pompe					
	A 9 h 01	l'eau déborde par le tube de mesure					
	à 9 h 23	l'eau déborde par le haut du forage					
	9 h 37	Remise en marche de la pompe					
	9 h 53	2,75				300	
	9 h 58		174				
	10 h 11	3,58		53			
	10 h 21		163				
	10 h 24	3,30					
	10 h 34	4,13					
11 h 30		151,8	53				
11 h 45	4,12						
12 h 45		139,5			Interruption de sortie de l'eau par suite de l'abondance du CO2		
12 h 55	4,11						
13 h 00	Arrêt de la pompe						

12' 50" après l'arrêt de la pompe l'eau déborde du tube de mesures 20 mm dépassant le sol de 0,56 m, alors qu'il faudra 35' pour que l'eau sorte du té branché sur le tube inox 180 x 190 mm, qui n'est qu'à 0,32 m au-dessus du sol ; le tube de mesures joue le rôle d'un tube siphonide.

Après la remise en marche en desserrant la vanne le niveau tendra vers la stabilisation après 2 heures à peine de fonctionnement mais le débit diminuera constamment. Il faudra arrêter le moteur à 13 heures par suite d'interruptions de sortie de l'eau pendant plusieurs dizaines de secondes dues à l'accumulation du CO₂ dans les turbines de la pompe. On notera par ailleurs qu'en doublant le débit on appelle de l'eau moins chaude, soit 53°C.

La pompe inadaptée est retirée et un contrôle montre que le fond du trou est comblé jusqu'à 49,70 m le 18.11.1981. On décide, en conséquence, de crépiner le forage au-dessous de 31 mètres.

2.2.3 - LA TROISIEME PHASE

La sondeuse est réinstallée le 5/1/1982 et le fond mesuré à 49,80 m n'a pas varié depuis le 18.11.1981.

Au moyen du marteau on procède à un nettoyage du forage en passant l'outil plusieurs fois jusqu'à atteindre 57 m. Pour éviter les éruptions pendant la pose des crépines l'eau sera alourdie à la saumure.

La colonne de captage en tubes d'acier APS 20 A de 100 x 110 mm est placée de 26,50 à 56,50 m, suspendue à 31 m par 2 anneaux d'acier encadrant un joint en caoutchouc ; elle comprend 15 m d'éléments pleins et 15 m de crépines à perforations oblongues 30 x 5 mm situés entre 36,50 m et 41,50 m et 46,50 et 56,50 m, avec bouchon de pied.

Comme la tranche inférieure s'était remplie de fins déblais jusqu'à 51,95 m, elle a été nettoyée à l'air comprimé et les éruptions intermittentes à une trentaine de mètres de hauteur ont repris, comme en novembre. Cette nouvelle édition du geyser a duré une dizaine d'heures, le 8.1.82 depuis midi jusqu'à 22 heures. Les matériaux fins agglomérés autour des crépines réduisaient à nouveau les arrivées de CO₂ - Après un nettoyage final à l'air comprimé le 11 janvier, la sondeuse était déplacée vers le troisième site de forage : B4.

Trois pompages étaient faits en janvier et février 1982, dont les résultats apparaissent sur les tableaux 4 à 6 et sur la figure 2. La pompe Grundfos 6" SP 16 - 12 utilisée a sa crépine d'entrée de l'eau à 13,60 m sous la collerette du tube inox dépassant le sol de 0,25 m, qui sert de référence zéro aux mesures de niveaux.

Le tableau 4 donne les observations du pompage continu pendant 17 heures les 21 et 22 janvier 1982. On constate que l'ouverture de la vanne

TABLEAU 4

OBSERVATIONS AU COURS DU POMPAGE SUR LE FORAGE A2

de 15 h 24 le 21.01.1982 à 8 h 25 le 22.01.1982

Nota : le niveau est mesuré à partir de la collerette
8 trous en tête du tube inox 180 x 190, dépassant
le sol de 0,25 m.

DATE	DUREE (en minutes)	HEURE	NIVEAU (m)	DEBIT (m3/h)	TEMPERATURE EAU (°C)	OBSERVATIONS
21 janvier 1982	0	15 h 24	près du sol			Mise en marche pompe
	6	15 h 30	1,43			
	11	15 h 35		7,02		
	41	16 h 05	1,10			
	44	16 h 08		6,25		
	47	16 h 11		6,44	57	
	61	16 h 25	1,20			
	63	16 h 27		6,185		
	69	16 h 33		7,39		Ouverture vanne à 16 h 30
	71	16 h 35		7,09	57	
	80	16 h 44	1,65			
	82	16 h 46		7,10		
	91	16 h 55	1,90			
	96	17 h 00		7,16	55,8	
	121	17 h 25	2,15			
	126	17 h 30		6,93		Ouverture vanne à 17 h 35
	161	18 h 05		6,91		
	166	18 h 10	2,55			
	252	19 h 36		6,77		
	256	19 h 40	3,58			
	422	22 h 26		6,24		
428	22 h 32	3,06		56		
22 janvier 82	784	4 h 28		6,06		
	788	4 h 32	3,55		56	
	1017	8 h 21		6,53		
	1020	8 h 24	Pas de mesure possible : arrêt de sortie de l'eau par le CO2			
	1021	8 h 25	Arrêt de la pompe			

à 17 h 35 n'amène pas d'augmentation du débit maximal obtenu par l'ouverture à 16 h 30, un peu plus d'une heure après le démarrage. En 16 heures le débit diminuera graduellement de 7,39 à \approx 6,1 m³/heure tandis que le niveau dynamique croît de \approx 1,50 m à 3,55 m ; la dernière mesure de niveau est impossible par suite d'interruption de la sortie de l'eau sous l'effet du CO₂ qui s'accumule au centre des turbines de la pompe.

Le 26/01/82 la pompe est remontée pour enlever le clapet de pied puis réinstallée comme précédemment. Le tableau 5 montre que le débit, vanne complètement ouverte n'augmente pas pour autant.

Du 2 au 5/02/1982, la pompe tourne en continu pendant 72 heures. Les observations reportées sur le tableau 6 et la figure 2 indiquent qu'après 3 heures de fonctionnement, le débit se stabilisera relativement bien jusqu'à la fin entre 6 et 5,7 m³/heure; de même le niveau dynamique atteint son maximum : 2,62 m, après 3 h 20 de pompage, pour osciller le reste du temps entre 2,40 et 2,10 m, c'est-à-dire entre 2,25 et 1,85 m sous le niveau du sol.

Au cours des trois essais la température de l'eau restera très proche de 56°C, avec une légère tendance à la diminution en fonction du temps.

Les divers essais sur A2 avec émulseur et 3 pompes différentes, s'ajoutant à d'autres expériences sur B1 évoquées plus loin, nous conduisent à admettre que ces pompes classiques étaient inadaptées au relevage d'une eau chaude* aussi riche en CO₂. Des pompes volumétriques à vis, à régime assez lent, conviendraient beaucoup mieux. Dans l'immédiat, il nous a paru préférable d'équiper le forage d'un tube siphonide, simple et peu coûteux, constitué de tube gaz 67 x 76 mm s'évasant vers la base en entonnoir de 130 x 139 mm. Ce tube siphonide suspendu par une plaque boulonnée sur la collerette 8 trous du tube 180 x 190 mm fonctionne en permanence depuis son installation le 5/03/1982. A la sortie, à 1,30 m au-dessus du sol, on a pu mesurer un débit de 5,73, 5,37, 5,37 et 5,01 m³/heure respectivement les 9, 11, 18/03/1982 et 2/04/1982.

* Nous remercions "les pompes GRUNDFOS" 57740 LONGEVILLE LES St AVOLD, qui ont mis gracieusement une pompe SP 16-12 à notre disposition pendant deux mois. Malgré la limite de température de 40°C admise pour les moteurs classiques de pompes immergées, le moteur de la SP 16, surpuissant de 40 %, s'est parfaitement comporté dans l'eau à 57°C au cours d'une centaine d'heures de fonctionnement, dont 72 h en continu.

/ TABLEAU 5 /

SAINT NECTAIRE - FORAGE A2

POMPAGE DU 26 JANVIER 1982

DUREE en minutes	HEURE	NIVEAU (à partir A) (m)	DEBIT m ³ /h	TEMPERATURE °C
0	15 h 50	Mise en marche de la pompe		
6	15 h 56		8,30	
10	16 h 00		7,89	
16	16 h 06	2,76		
22	16 h 12		7,47	
26	16 h 16	2,47		
29	16 h 19		7,41	
52	16 h 42		7,13	
54	16 h 44	2,48		
90	17 h 20		6,92	56
104	17 h 34	2,80		
108	17 h 38		6,83	
120	17 h 50		6,42	
122	17 h 52	2,78		57
130	18 h 00		6,70	
134	18 h 04	2,69		
140	18 h 10	Arrêt de la pompe		

Nota : Sur la pompe GRUNDFOS installée le 21 janvier 1982
le clapet de pied a été retiré le 26/01/1982

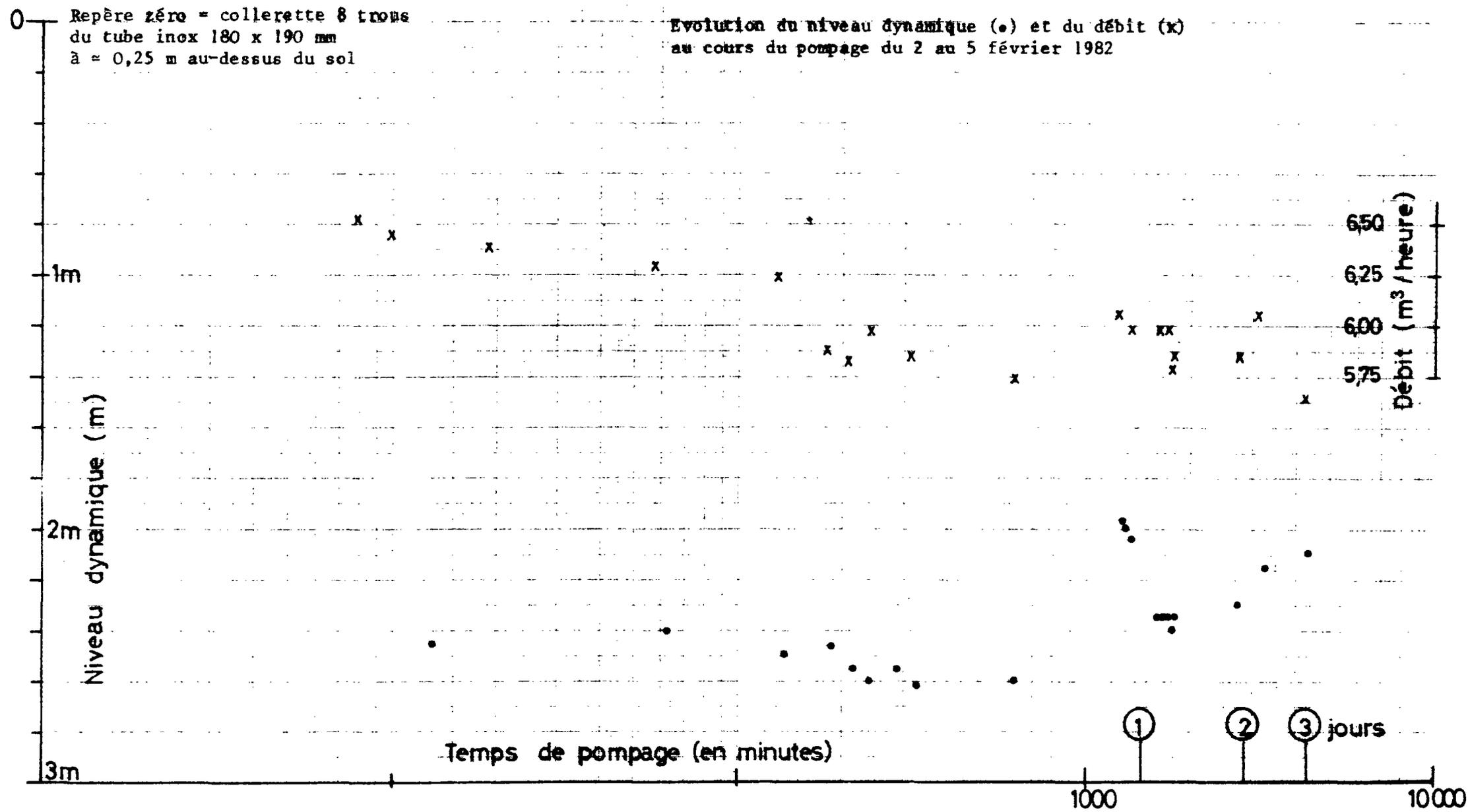
/ TABLEAU 6 /

SAINT NECTAIRE - FORAGE A2

POMPAGE DES 2, 3, 4 et 5 FEVRIER 1982

DATE	DUREE (en minutes)	HEURE	NIVEAU DYNAMIQUE (m)	DEBIT m ³ /h	TEMPERATURE °C	
2 février 1982	0	11 h 23	≈ sol		57	
	8	11 h 24	Mise en marche	6,53		
	10	11 h 32		6,45		
	13	11 h 34				
		11 h 37	2,45			
		19	11 h 43		6,38	56
		59	12 h 23		6,28	
		62	12 h 26	2,40		
		131	13 h 35		6,24	
		134	13 h 38	2,49		
		181	14 h 25		5,87	
		186	14 h 30	2,46		56,5
		209	14 h 53		5,82	
		216	15 h	2,55		
		239	15 h 23	2,60		
	244	15 h 28		5,97		
	288	16 h 12	2,55			
	316	16 h 40		5,85		
	321	16 h 45	2,62		56,5	
	619	21 h 43		5,75		
	625	21 h 49	2,60			
3/02	1286	8 h 50	1,98	6,05	56,3	
	1296	9 h 00	2,00			
	1319	9 h 23		5,97		
	1321	9 h 25	2,04		56,2	
	1611	14 h 15	2,35			
	1616	14 h 20		5,97		
	1626	14 h 30	2,35			
	1711	15 h 55	2,35	5,97		
	1781	17 h 05	2,40			
	1786	17 h 10		5,77		
1795	17 h 19		5,85			
1797	17 h 22	2,35				
4/02	2721	8 h 45	2,30		56	
	2791	9 h 55		5,85		
	3201	16 h 45		6,05	56	
	3208	16 h 52	2,15			
5/02	4296	11 h 00	2,10	5,67		
		Arrêt de la pompe à 11 h 30				

Figure 2 : Forages d'eau minérale à St Nectaire (63) - FORAGE A2



2.3 - LE FORAGE B 1

2.3.1 - EXECUTION DE L'OUVRAGE

A part quelques ennuis mécaniques et quelques problèmes d'instabilité de la plate-forme à la suite de pluies violentes, la réalisation du forage B1 s'est déroulée plus facilement que celle de A2 (voir annexe 6).

L'avant-trou à 4,50 m est creusé en 12 1/4" = 311,1 mm puis alésé en 17 1/2" = 444,5 mm dans les remblais de la plate-forme et les terrains superficiels de faible dureté, jusqu'au granite assez cohérent. Le tube-guide 320 x 332 mm est descendu au fond et cimenté avec 500 kg de ciment.

Le début de la reconnaissance a été perturbé par la mise au point des conditions de travail avec un nouveau compresseur de 20 m³/mm à 12 bars et l'altération des terrains jusqu'à 9 à 10 m. Cette reconnaissance au marteau 5" = 127 mm a été poussée jusqu'à 21 m.

Des arrivées d'eau chaude dans des granites fins, micacés et assez tendres sont apparues à partir de 16,50 m ; à 21 m l'eau à 38°C débordait par intermittence.

Le trou a été alésé en 12 1/4" de 4,50 à 15 m, mais par suite d'éboulements, le tube 260 x 273 mm n'a pu être descendu au-delà de 10,50 m ; il a été cimenté sur toute la hauteur.

Le trou reforé jusqu'à 16 m puis à 22,85 m se remplissait sur 2 à 3 m à chaque fois. Pour assurer la protection du marteau un tube de travail 130 x 139 mm était placé jusqu'à 20,85 m et la reconnaissance en 5" atteignait 30 m.

Pour installer la colonne d'acier inox 180 x 190 mm, le tube 130 x 139 mm était enlevé et l'alésage au tricône 9 7/8" = 250,8 mm était limité à 26,40 m par les éboulements successifs, malgré l'utilisation de saumure et de bentonite.

La colonne 180 x 190 mm, lanternée de 20 à 21,65 m et de 24,65 m à 26 m et équipée d'un obturateur annulaire à 17,50 m, était descendue à 26,40 m, puis cimentée de 17,50 m au jour avec 900 kg de ciment.

Après la prise du ciment, la foration au marteau 5" était poussée jusqu'à 100,40 m.

Trois thermométries effectuées entre 26,40 m et 100 m sont reportées sur la figure 3. Si toutes trois sont perturbées par les éruptions il est intéressant de noter la température de 60°C entre 80 et 100 mètres.

Bien que la progression du débit et de la température de l'eau n'aient pas été mesurées avec précision au fur et à mesure de l'avancement il est possible d'indiquer que :

- à 21 m on évaluait le débordement intermittent à 2 à 3 m³/heure à 38°C
- à 65 m le débit passait à 5 à 6 m³/heure et la température de l'eau "restait" à 38 à 38,5°C.
- à 100 m on évaluait une dizaine de m³/heure à la température de 53°C.

Avant la dernière thermométrie, un essai de stabilisation de l'éruption par l'introduction de 300 à 400 kg de sel a échoué. Bien que très soluble dans l'eau chaude, le sel s'est accumulé dans la colonne 180 x 190, qui a été complètement obstruée. La dissolution n'éliminant pas le bouchon, un tricône 5" a été utilisé pour le détruire et aussitôt le gaz carbonique comprimé a pu se dégager, suivi immédiatement par l'eau qui est montée à plusieurs reprises à une douzaine de mètres de hauteur.

Pour assurer le confortement des terrains au-dessous de 26,40 m une colonne de tubes et crépines de 100 x 110 mm en acier APS 20 A a été installée entre 25 et 70 m, suspendue par des anneaux préalablement soudés, qui reposent vers 26,50 m. La colonne est constituée d'éléments alternativement pleins et crépinés comme indiqué sur la planche de l'annexe 6.

Le forage étant terminé le 31.12.1981, la sondeuse est ramenée sur A2 pour exécuter la 3ème phase.

2.3.2 - LES ESSAIS DE DEBIT SUR B1

La pompe à axe vertical ALTA utilisée antérieurement sur le forage A2 est descendue vers 22 m sur B1 et mise en marche le 22.01.1982 à 9 h 25.

Les résultats de ce pompage durant une heure sont donnés au tableau 7. La pompe est arrêtée en raison de l'interruption prolongée de la sortie de l'eau chargée en gaz carbonique.

La remontée naturelle de l'eau par la colonne de la pompe nous incitera à faire préparer un tube siphonide pour remplacer celle-ci.

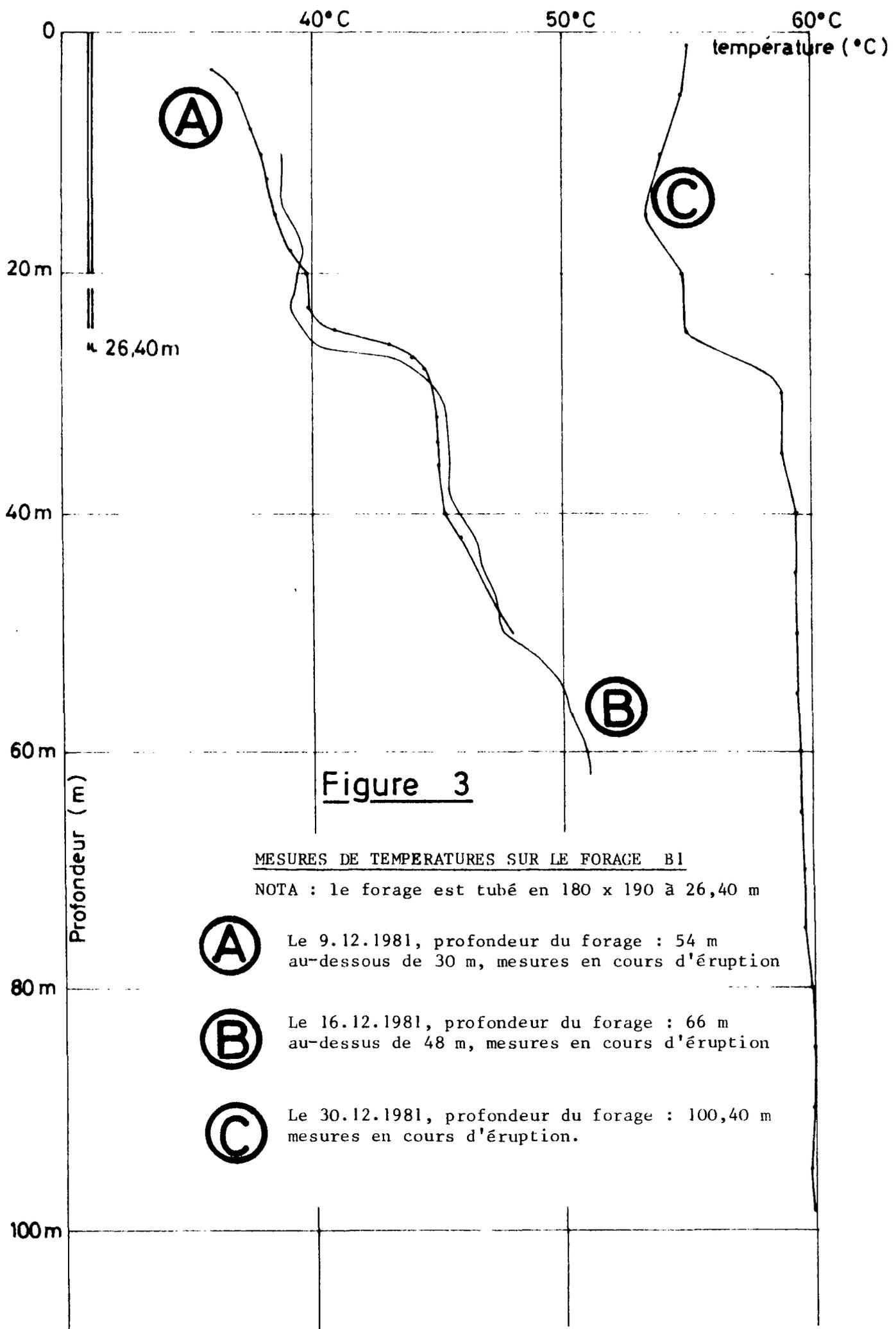


Figure 3

MESURES DE TEMPERATURES SUR LE FORAGE B1

NOTA : le forage est tubé en 180 x 190 à 26,40 m

- (A)** Le 9.12.1981, profondeur du forage : 54 m
au-dessous de 30 m, mesures en cours d'éruption
- (B)** Le 16.12.1981, profondeur du forage : 66 m
au-dessus de 48 m, mesures en cours d'éruption
- (C)** Le 30.12.1981, profondeur du forage : 100,40 m
mesures en cours d'éruption.

TABLEAU 7

SAINT NECTAIRE - FORAGE B1

POMPAGE DU 22 JANVIER 1982

HEURE	NIVEAU DYNAMIQUE (m)	DEBIT (m3/h)	TEMPERATURE (°C)	OBSERVATIONS
9 h 25	Mise en marche	de la pompe		
9 h 54		17,55		
9 h 57		18,43		
9 h 59		17,86		
10 h 05	2,58 ?			Interruptions de sortie de l'eau pendant quelques secondes
10 h 07		15,6	52	
10 h 15	6,50			
10 h 16		17,77		
10 h 20	5,95			Interruption sortie eau = 22"
10 h 23				Interruption sortie eau = 55"
10 h 25	Arrêt de la pompe			
10 h 29	l'eau sort naturellement par la colonne de la pompe ALTA à 1,60 m au-dessus du sol			
10 h 32	: Débit artésien	6,24 m3/heure		
10 h 36	: Débit artésien	6,53 m3/heure		
	L'artésianisme se poursuit et le 26 janvier 1982 à			
10 h 45,	le débit atteint	9,06 m3/heure	à 53°C	

Un nouvel essai le 26 janvier en fermant partiellement la vanne ne supprime pas les variations du débit pompé et les arrêts de sortie de l'eau (voir tableau 8).

L'entreprise retire la pompe ALTA le 3/02/1982 et installe un tube siphonoïde de diamètre 80 x 90 mm avec entrée de l'eau à la base dans un tube 150 x 159 mm situé vers 23,50 m de profondeur.

Le tableau 9 regroupe les observations de débits, niveaux et température de l'eau. On remarquera :

- que le débit supérieur à 18 m³/heure après une heure de fonctionnement est de l'ordre de 13,2 m³/heure après un jour (1440 mm). La diminution lente et régulière en fonction du logarithme du temps apparait bien sur la figure 4, avec les quelques valeurs indicatives suivantes : 12,5 m³/heure, après une quarantaine d'heures, 12,3, 11,95, 11,55, et 11,4 m³/heure respectivement après 13, 34, 54 et 82 jours de fonctionnement.
- le niveau dynamique, qui parait stabilisé vers 5,85 m (sous la collerette 12 trous soudée en tête du tube inox 180 x 190 mm) pendant les premières 24 heures, varie constamment ensuite entre 3,10 et 7,73 m.
- la température voisine de 50°C, lorsque le débit dépasse 17 m³/heure au début, remonte à 53°C lorsque le débit avoisine 12 m³/heure.

/ TABLEAU 8 /

SAINT NECTAIRE - FORAGE B1

POMPAGE DU 26 JANVIER 1982

HEURE	NIVEAU DYNAMIQUE (m)	DEBIT (m3/h)	TEMPERATURE (°C)	OBSERVATIONS
10 h 45	≈ 0,50	9,06	53,5	Débit artésien depuis 4 jours
11 h 00	Mise en marche de la pompe ALTA			
11 h 04		14,04		
11 h 09	0,68			
11 h 10		15,69		
11 h 18	4,50			
11 h 21	4,70			
11 h 25	Réduction d'ouverture vanne			
11 h 30 à 11 h 35	Débit variable : 11,23 à 15,6 m3/heure			
11 h 38	4,50			
11 h 49		14,4		
11 h 50	Arrêt de la pompe ; après quelques minutes l'eau remonte par la colonne de la pompe et sort naturellement			

15 h 25	: débit artésien = 10,8 m3/heure ; T = 54°C			
16 h 30	: T = 54°C ; CO2 = 12 karats = 275 cm3/litre			
	L'artésianisme se poursuit et le 2/02/1982 à 11 h 49 le débit est de 7,96 m3/heure à 53,9°C			
à 11 h 55	: débit artésien = 8,02 m3/heure ; CO2 = 13 k = 280 cm3/l			

/ TABLEAU 9 /

SAINT NECTAIRE - FORAGE B1

Essai de débit par le tube siphonide 80 x 90 mm avec 0,50 m de tube
150 x 159 à 23,50 m environ.

Début le 3 février 1982 à 15 h 45

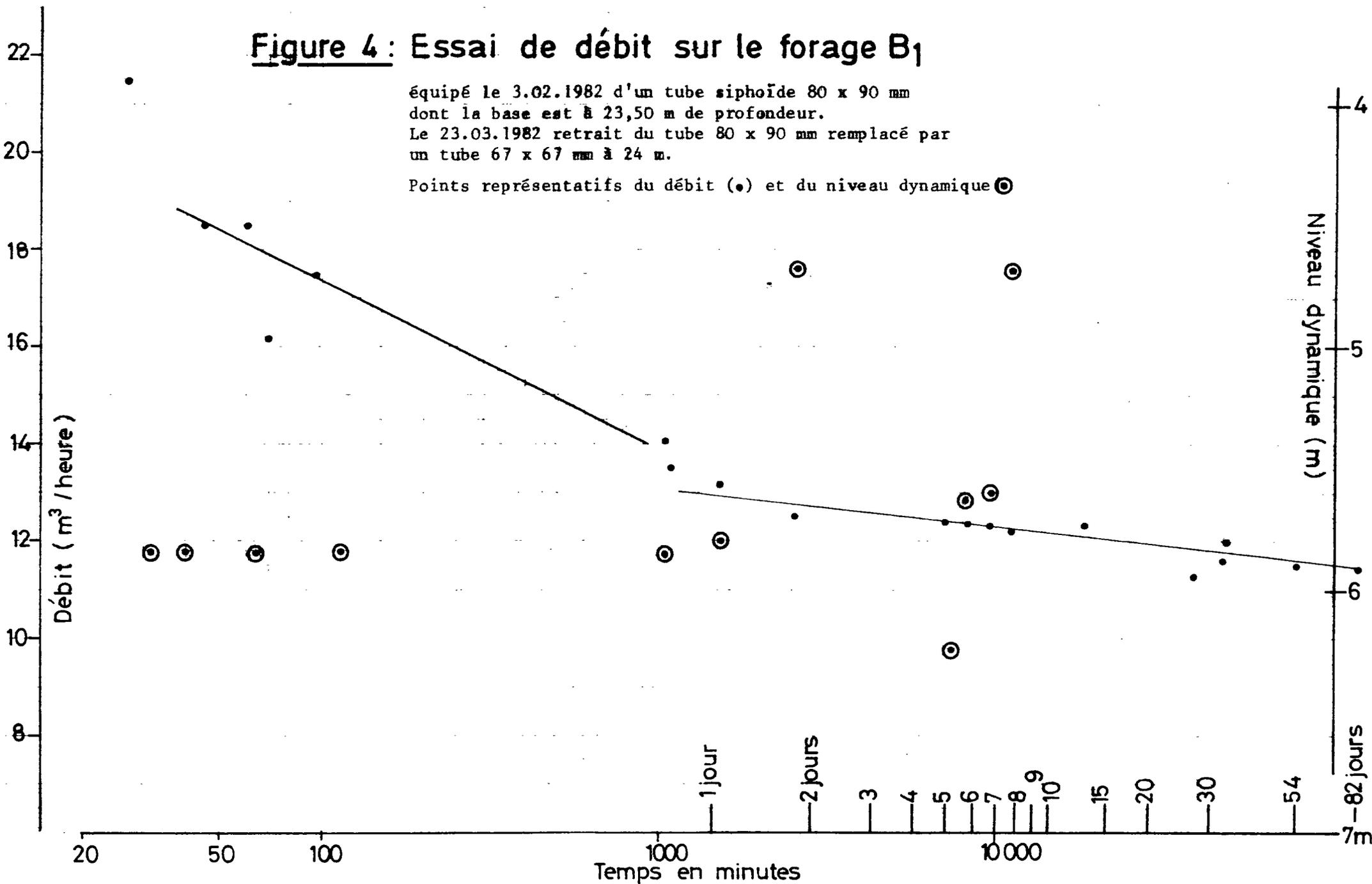
Fin le 23/03/82 pour installer le tube siphonide définitif en 67 x 76 mm.

DUREE (mm)	DATE		DEBIT (m ³ /h)	NIVEAU DYNAMIQUE (m)	T (°C)	OBSERVATIONS
27	3/2	15 h 45	21,43	5,85	50	Début de l'essai le niveau dynamique est mesuré à partir de la plaque 12 trous s/ tube 180 mm
32		16 h 12				
40		16 h 17				
45		16 h 25				
60		16 h 30	18,47			
65		16 h 45	18,47			
70		16 h 50	5,85			
95		17 h 30	16,14			
115		17 h 40	17,44	5,85	49,8	
1035	4/2	9 h 00	14,04	5,85	52	
1045		9 h 10				
1080		10 h 45	13,50			
1515		17 h 00	13,12			
1519		17 h 04	5,80	52,5		
2565	5/2	10 h 30	12,53	4,68		Nota : Batillage du niveau sur plusieurs mètres
7135	8/2	14 h 50	12,37	?	53	
7520		21 h 05	6,25			
8180	9/2	8 h 05	12,37	5,63		
8191		8 h 16	7,73			
9615	10/2	8 h 00	12,32	5,60	53	
11325	11/2	12 h 30	12,21	4,68	53	
18390	16/2	10 h 15	12,3	3,10 à 4,07		
38535	2/3	10 h 00	11,3 ?	3,5 à 4		
47415	8/3	14 h 00	11,6	3,5 à 3,7	52,5	
48600	9/3	9 h 45	11,97			
78075	29/3	19 h	11,55			
≈118100	26/4	16 h 10	11,4			Avec tube siphonide 67 x 76 mm

Figure 4 : Essai de débit sur le forage B₁

équipé le 3.02.1982 d'un tube siphonide 80 x 90 mm dont la base est à 23,50 m de profondeur.
Le 23.03.1982 retrait du tube 80 x 90 mm remplacé par un tube 67 x 67 mm à 24 m.

Points représentatifs du débit (●) et du niveau dynamique (⊙)



2.4 - LE FORAGE B 4

2.4.1 - BUT DU 3ème FORAGE ET LOCALISATION

A l'achèvement du forage B1, fin décembre 1981, les pompages d'essai sur les deux forages déjà réalisés étaient encore incomplets. Une estimation réaliste indiquait que le débit total exploitable atteignait alors 10 à 15 m³/heure.

En revanche, les mesures et enregistrements de débit sur les sources les plus proches, qui sont exposés plus loin au § 3.3, montraient que les forages influençaient les sources pétrifiantes de Monsieur PAPON et la source GIRAUDON.

Il convenait donc de bien connaître cette incidence lorsque les deux forages seraient exploités et de remplacer l'équivalent de ce qui était enlevé.

Le Maître d'ouvrage estimait par ailleurs qu'en cas de défaillance éventuelle momentanée du fonctionnement de l'un des deux forages, il pourrait être utile de recourir à un troisième à titre de dépannage. Il lui semblait donc opportun d'entreprendre cet ouvrage complémentaire alors que l'équipe et le matériel de sondage se trouvaient sur place.

Pour limiter au maximum toute interférence avec les sources et ouvrages existants, le troisième forage fut implanté au S.S.O. des deux autres, à 350 m de A2 et 400 m de B1, sur un réseau de fractures jalonné par des venues d'eau minérale avec mofettes de gaz carbonique et dépôts de travertins.

Pour éviter toute confusion à la lecture des documents dans le futur le troisième forage fut désigné par le sigle : B4.

2.4.2 - TRAVAUX ET OBSERVATIONS SUR B4

Le chemin d'accès fut amélioré par apport de matériaux pouzzolaniques et la plate-forme d'installation de la sondeuse fut nivelée et bitumée (voir annexe 7).

La sondeuse était en place le 19 janvier 1982.

Comme les granites massifs étaient parfaitement cohérents en surface, l'avant-trou en grand diamètre et le tube-guide étaient inutiles.

Espérant gagner du temps en forant en plus grand diamètre, évitant ainsi l'alésage pour installer le tubage 160 x 190 mm, l'entreprise travaillait en reconnaissance avec un marteau de 216 mm.

A 20 m de profondeur il y avait très peu d'eau évacuée avec l'air comprimé actionnant le marteau ; toutefois, à la reprise du travail le matin, le forage était plein d'eau minérale froide avec quelques bulles de CO₂.

Pour descendre le premier tubage 260 x 273 mm l'alésage au tricône 12 1/4" était retardé par l'attente d'un raccord adapté et les sondeurs utilisaient un tricône 17 1/2 = 444,5 mm jusqu'à 5 m ; l'alésage 12 1/4" = 311,1 mm reprenait de 5 à 16 m pour tuber en 260 x 273 mm jusqu'à 15,50 m et cimenter ce tube sur toute sa hauteur.

La poursuite de la reconnaissance au marteau 216 mm présenta quelques difficultés en raison d'éboulements et du cavage du granite altéré et friable entre 18 et 22 m.

Pour progresser au-delà de 26 m un tube de travail provisoire 130 x 139 mm fut installé et le marteau 127 mm fut substitué au 216 mm. Malheureusement la réfection de l'embiellage du moteur de la sondeuse entraîna un arrêt des travaux sur B4 pendant 8 jours ; un peu plus tard le chantier stagnait encore pendant plusieurs jours pour diverses causes : rupture du câble, réparation du mandrin de la tige carrée, éclatement du corps du marteau, gel intensif pendant 2 jours.

Le 1er mars le forage n'avait que 46 m de profondeur.

A 62 m la température de l'eau ne dépassait pas 20°C et à 80 m elle n'avait pas beaucoup augmenté.

Le 5 mars à midi le marteau atteignait 100,50 m ; Vers 13 h 30, la sondeuse étant à l'arrêt depuis une heure, on percevait un fort bouillonnement de gaz carbonique très bruyant. A la reprise et durant l'après-midi, l'eau éjectée à la foration accusait une température de 28 à 30°C.

A 119,50 m l'eau jaillit périodiquement à 35°C et le forage est alésé en 216 mm jusqu'à 35 m en vue d'être tubé à cette profondeur en 180 x 190 mm.

Des éboulements originaires de la zone fragile 18 à 26 m et peut-être une mauvaise rectitude du trou alésé interdisent la descente du tube

au-delà de 27 m. Malgré divers passages d'outils à l'intérieur pour tenter d'aller plus bas, le tube 180 x 190 mm en acier allié APS 20 A, avec manchons intérieurs soudés en 180 x 170 mm est arrêté à cette cote ; il sera cimenté sur toute sa hauteur après remplissage du trou avec du sable depuis le fond jusqu'à 28 m.

Lorsque le ciment aura fait prise, le fond sera nettoyé et le marteau remis en place ne dépassera pas 124,80 m de profondeur.

A 124,80 m il y a coincement de l'outil qui sera décoincé assez vite puis remonté au jour. L'entreprise propose l'arrêt des travaux parce que le compresseur, taré à 12 bars, atteint sa limite et que de nouveaux ennuis sont à craindre à plus grande profondeur, en particulier de nouveaux coincements par des déblais mal évacués.

Le 5 avril 1982, B4 est équipé d'un tube siphonide 40 x 49 mm avec entrée de l'eau en 130 x 139 mm à 26 m de profondeur ; la sortie est à 0,50 m au-dessus de la plaque boulonnée sur la collerette 8 trous préalablement soudée au sommet du tube 180 x 190 mm, à 0,40 m au-dessus du sol.

Le 26 avril 1982, le débit artésien légèrement irrégulier, contrôlé pendant 2 heures s'établit en moyenne à 2,04 m³/heure. L'eau sort à une température de 36,5 à 38,2°C ; sa conductivité est de 7,97 millisiemens à 20°C et sa teneur en CO₂ de 450 cm³ par litre.

L'irrégularité du débit se traduit par un débit très faible pendant 6 à 7 minutes chaque 1/2 heure ; le jaugeage par remplissage d'un récipient de 78 litres a donné les chiffres ci-après :

- première 1/2 heure	:	12,7 récipients
- deuxième 1/2 heure	:	13,3 "
- troisième 1/2 heure	:	12 "
- quatrième 1/2 heure	:	14,3 "

Au total : 52,3 x 78 = 4 079,4 litres, soit 2,04 m³/heure.

3 - COMMENTAIRES SUR LES RÉSULTATS OBTENUS

3.1 - DONNÉES GÉOLOGIQUES

Les coupes géologiques des trois forages représentées sur la figure en annexe 5 montrent la monotonie relative des terrains entièrement granitiques.

Le mode de forage à la percussion, bien adapté à la reconnaissance hydrogéologique de ce type de terrains, est évidemment très imprécis pour une définition détaillée des roches recoupées.

On sait toutefois que l'outil n'a pas rencontré de vides bien délimités comme il en existe parfois dans des fractures ouvertes au sein des granites. Alors que le granite quasiment étanche ne donne que très peu d'eau, la traversée du vide se traduit alors par une augmentation brusque du débit qui peut se stabiliser en poursuivant la foration en profondeur dans une roche à nouveau très cohérente. Parfois le débit augmente à nouveau si l'outil recoupe une deuxième fracture indépendante de la première.

A Saint Nectaire, l'eau carbogazeuse, généralement chaude, se situe dans du granite probablement finement fissuré par endroits et fortement altéré par l'action de l'eau minérale.

Les déblais se présentent alors sous la forme d'éléments beaucoup plus fins, gris-vert, riches en biotite et muscovite.

Ces passages altérés provoquent une mauvaise tenue des parois du trou avec éboulements, qui peuvent s'atténuer petit à petit après cavage des zones les plus tendres ; parfois il est nécessaire de mettre en place un tube de travail pour continuer à forer.

Ces zones altérées, aquifères et fluantes apparaissent d'ailleurs en surface à Saint Nectaire, près de la source GIRAUDON par exemple. Le fait de les avoir rencontrées indiquerait que les fractures supposées ayant servi de guides pour les implantations existent bien aux endroits choisis.

3.2 - PROGRESSION DE LA TEMPÉRATURE ET DU DÉBIT AVEC L'APPROFONDISSEMENT DES FORAGES

La figure 5 résume en trois diagrammes l'augmentation de la température en fonction de la profondeur sur les trois forages.

Les températures de fond sur B1 et B4 sont estimées et probablement un peu sous-évaluées puisque :

- sur B1, l'eau en cours d'ascension ne permettait pas la mesure statique de la température des terrains au-dessous de 65 m
- sur B4, les valeurs sont déduites de la température de l'eau jaillissante ; or on peut rappeler, par comparaison, que sur le forage A2, si l'on a mesuré 62,7°C entre 44 et 56 m dans l'eau ascendante, la température de l'eau à la sortie n'a jamais dépassé 57°C.

Malgré ces imprécisions, les trois courbes montrent une très forte augmentation du gradient de température sur A2 et une forte augmentation sur B1 et B4 avec un relatif parallélisme des courbes décalées à l'origine.

Le tableau 10 regroupe les principales valeurs des débits, des niveaux dynamiques correspondants et de la température de l'eau à diverses étapes sur les 3 forages.

L'artésianisme dû au gaz carbonique qui s'est manifesté très vite sur A2 et B1 en cours de foration n'a permis que de très rares mesures du niveau piézométrique au repos ; en conséquence le calcul du rabattement est le plus souvent impossible.

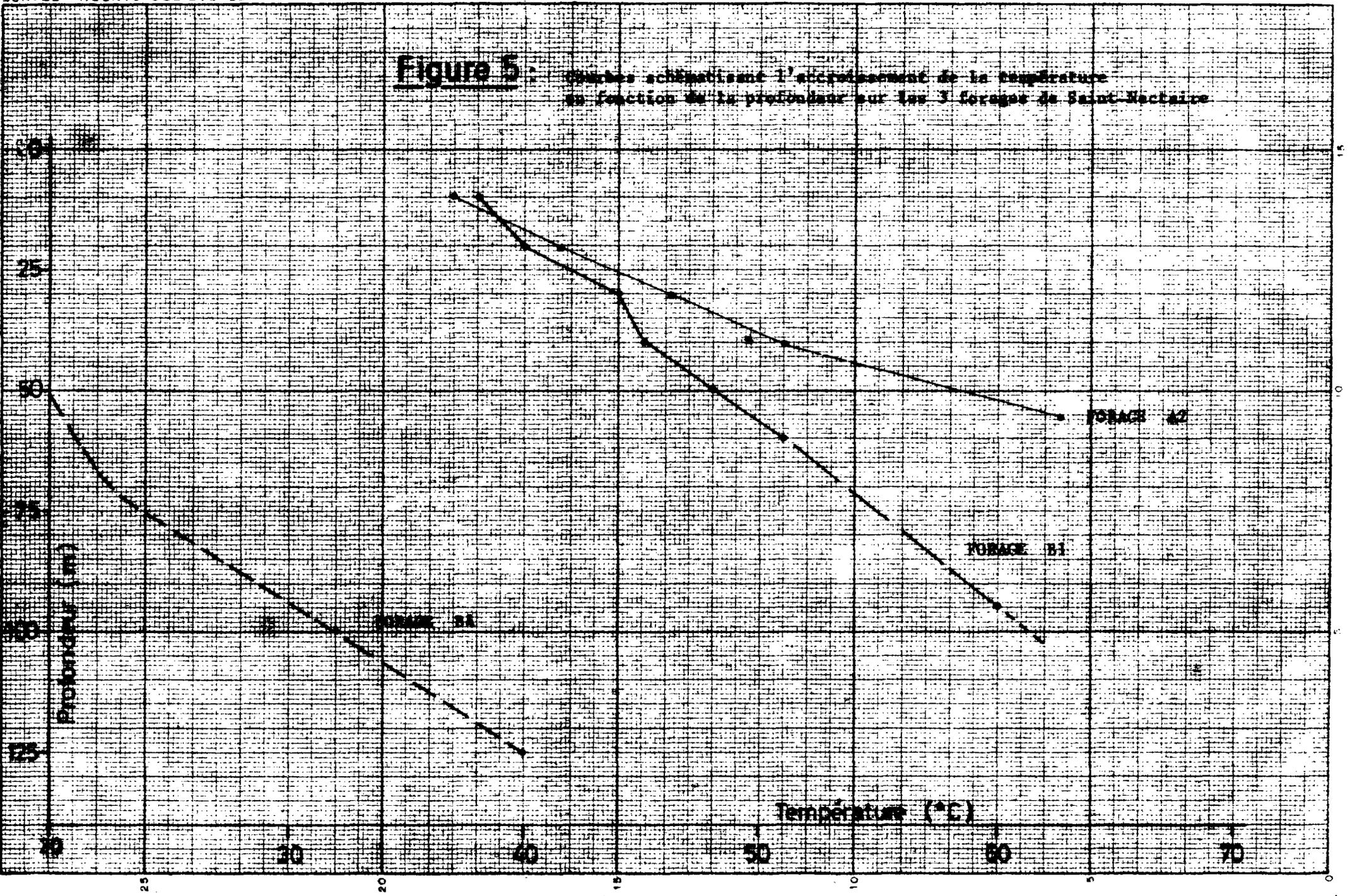
Le niveau dynamique lui-même, théoriquement mesurable quand le tube siphoné donnait en continu un débit relativement stable, s'est révélé très fluctuant sur B1 après quelques dizaines d'heures de fonctionnement.

L'absence de ces données explique l'impossibilité d'établir les courbes de productivité des 3 forages à partir de plusieurs valeurs de la relation débit-rabattement sur chacun d'eux pour prévoir les conditions d'exploitation à plusieurs débits.

Malgré ces lacunes le tableau confirme une relation débit-température de l'eau. Sur A2 et B1 équipés définitivement on a pu constater qu'une augmentation du débit entraîne un léger abaissement de la température.

L'exploitation du jaillissement naturel à partir des tubes siphonés installés ne devrait pas se traduire par des variations importantes du débit et de la température par rapport aux valeurs d'avril 1982. Il est probable

Figure 5 : Courbes schématisant l'accroissement de la température en fonction de la profondeur sur les 3 forages de Saint-Nectaire



/ TABLEAU 10 /

RESUME DES OBSERVATIONS SUR LES DEBITS, LES NIVEAUX
ET LA TEMPERATURE DE L'EAU SUR LES 3 FORAGES
DE SAINT NECTAIRE

PROFONDEUR DU FORAGE (m)	PROFONDEUR TUBEE (m) x	NIVEAU PIEZO (m)	DEBIT m ³ /h	nd (m)	D (m)	Qs m ³ /h/m	TEMPERATURE EAU (°C)
/ FORAGE A2 /							
44,50	p 12,50	6,40	≈ 4,4	10,80	4,40	1	43
56,50	p 12,50	≈ + 0,20	≈ 7,4	≈ 10	≈ 10	0,74	50
56,50	14,80	variable	≈ 4,92	1,70	≈ 3,40	?	57
56,50	14,80	variable	≈ 8,4	4,11	≈ 5,80	?	53
57,00	14,80	variable	≈ 6	3,55	?	?	56
57,00	14,80	variable	5,85	2,30	?	?	56,2
57,00	14,80	?	5,01 s	Après 21 jours de fonction ^t			56,2
/ FORAGE B1 /							
21,00	4,50	variable	≈ 2,5 a			?	38
65,00	17,50	variable	≈ 5,5 a			?	38,5
100,40	17,50	variable	≈ 10 a			?	53
100,40	17,50	variable	≈ 15,6			?	52
100,40	17,50	?	≈ 14,4	4,50	?	?	52
100,40	17,50	?	13,2 s	5,85 après 1 jour de fonct.			
100,40	17,50	?	12,3 s	?	" 13 "	"	
100,40	17,50	?	11,4 s	?	" 82 "	"	53,2
/ FORAGE B4 /							
124,80	27	?	2,04 s	Après 21 jours de fonction ^t			38

(x) le signe (p) indique la profondeur du pied d'un tube provisoire, non cimenté

le signe (≈) indique que la stabilisation du débit n'est pas parfaite

(a) indique un débit artésien ; (s) indique un débit artésien par tube siphoné.

que l'eau ainsi disponible couvrira les besoins du thermalisme à Saint Nectaire pendant 10 à 20 ans. Si les besoins augmentaient il faudrait augmenter les débits par pompage sur un ou plusieurs forages.

A ce propos, s'il est très probable que le débit global actuel de 420 à 440 m³/jour puisse être augmenté de 25 à 30 % pour passer à 550 m³/jour environ, il serait peu réaliste d'espérer un doublement. Le complément obtenu par des pompes volumétriques adaptées à l'extraction d'eau carbogazeuse s'accompagnerait d'un léger affaiblissement de la température moyenne de l'eau, à priori sans inconvénient.

3.3 - INCIDENCE DES FORAGES SUR QUELQUES SOURCES

Il nous avait été demandé de surveiller l'influence éventuelle des forages sur les sources PAPON et SIMON utilisées pour la pétrification depuis de nombreuses années.

Les débits de ces sources ont donc été mesurés ou enregistrés dans des conditions homogènes, avant, pendant et après achèvement des forages.

Une note 82 AUV 007, jointe en annexe 8, a été rédigée sur cette question le 3 mai 1982. Le lecteur pourra s'y référer pour le détail des résultats résumés ci-après : entre le 3 mars 1981, soit six mois avant l'arrivée de la sondeuse et le 30 avril 1982 soit 4 mois après l'achèvement des deux principaux forages A2 et B1, qui sont en même temps les plus proches des sources, les débits ont évolué ainsi :

Sources PAPON		Sources SIMON	
Le 4/03/1981	: 42,26 l/mn	Le 7/09/1981	: 45 l/mn
Le 11/11/1981	: 20,24 l/mn	Le 8/12/1981	: 45 l/mn
Le 30/04/1982	: 19,58 l/mn	Le 29/04/1982	: 50,2 l/mn

L'incidence du forage A2 sur les sources PAPON se traduit donc par une perte de 22,68 l/mn = 1,36 m³/heure, tandis qu'il n'y a pas d'influence sur la source SIMON captée à faible profondeur, à température et minéralisation plus faibles.

Début février 1982 nous étions informés de l'interruption du débordement de la source GIRAUDON.

Rappelons que sur cette source, captée par une galerie de 24 m de longueur le débit et la température diminuaient progressivement entre 1940 et 1967 où l'on mesurait alors 14,8 l/mn à 27°C. En 1969 l'amélioration du captage était entreprise par fonçage d'un puits de 7,40 m de profondeur à l'extrémité de la galerie ; à la fin des travaux, en mai 1970, le débit artésien du puits atteignait 41 l/mn ; par pompage le débit passait à 83 l/mn avec niveau dynamique vers 5 m de profondeur, l'eau étant à 37,9°C.

Dix ans plus tard, en mai 1980 des essais et contrôles de longue durée montraient qu'il était possible de pomper en continu 42 l/mn d'eau à 38°C avec un niveau dynamique vers 5 m, tandis que le débit artésien s'élevait à 26 l/mn. Il y avait donc diminution naturelle du débit, par colmatage progressif des fissures productrices d'eau minérale, de $83 - 42 = 41$ litres/mn en 10 ans, soit environ 4 l/mn en moyenne par an.

Des pompages d'essai à 3 débits étaient réalisés les 1 et 2 avril 1982, pendant 21 h 41 mn, pour vérifier la productivité actuelle de la source GIRAUDON.

Avant pompage, le niveau d'eau était mesuré à 1,12 m au-dessous du haut du tube fibro-ciment soit 0,72 m au dessous du niveau du tube de trop-plein du puits ; le haut du tube fibro-ciment restera le niveau de référence zéro pour toutes les mesures du niveau dynamique.

Le tableau 11 regroupe les observations effectuées qui se résument ainsi :

- à 4 l/mn environ, le niveau dynamique atteint 1,625 m, soit $1,625 - 1,12 = 0,505$ m de rabattement après 5 h 24' de pompage
- à 8,6 l/mn, le niveau atteint 2,44 m, soit 1,32 m de rabattement après 10 h 51' de pompage
- à 18,95 l/mn le niveau dynamique est à 4,175 m après 5 heures de pompage, soit 3,055 m de rabattement.

La figure 6 révèle la bonne stabilité de la productivité actuelle de la source à ces trois débits en prenant chaque fois les valeurs du rabattement après 5 heures environ de temps de pompage.

La figure 7 représente l'évolution du niveau dynamique en fonction du logarithme du temps, au débit de 18,95 l/mn. Le prolongement de la droite caractéristique montre, qu'à ce débit, le niveau dynamique 5 m pris comme référence en 1970 et 1980 serait théoriquement atteint à 10.000 minutes, soit après une semaine de pompage continu, ce qui serait facilement vérifiable en faisant tourner la pompe pendant cette durée.

D'ores et déjà, la comparaison des courbes des pompages de 1982 avec celles des pompages de longue durée de mai 1980 indique que la source Giraudon peut fournir 20 litres/minutes en mai 1982.

/ TABLEAU II /

SOURCE GIRAUDON A SAINT NECTAIRE

OBSERVATIONS AU COURS DES POMPAGES DES 1 et 2 AVRIL 1982

DATE	DUREE POMPAGE (mn)	HEURE	DEBIT (Q) l/mn	NIVEAU (m)	RABAT- TEMENT D (m)	Q/D l/mn/m	T EAU (°C)	CO2 cm3/l	
1er avril 1982		16 h 05	0	1,12	0				
	0	16 h 09	Démarrage de la pompe						
	5	16 h 14	3,70	1,37	0,25				
	26	16 h 35	3,45						
	30	16 h 39		1,40	0,28				
	41	16 h 50	3,60			11,69			
	44	16 h 53		1,427	0,307				
	97	17 h 46	3,72	1,48	0,36	10,33			
	124	18 h 13	3,80	1,497	0,377	10,07			
	149	18 h 38	4	1,535	0,415	9,64			
	170	18 h 59	4,05	1,544	0,424	9,56			
	197	19 h 26	4,07	1,56	0,44	9,255	38,5	450	
	324	21 h 33	4,05	1,625	0,505	8,02			
	1er avril 1982	0	21 h 44						
		12	21 h 56	11,54					
		16	22 h 00		2,33	1,21	9,54		
19		22 h 03	11,54	2,315	1,195				
24		22 h 08	11,39	2,317	1,197	9,515			
28		22 h 12	11,39						
36		22 h 20	11,25	2,345	1,225	9,18			
2 avril 1982		366	3 h 50	8,57	2,34	1,22	7,02	38,5	450
	651	8 h 35	8,57	2,44	1,32	6,49			
	0	8 h 48							
	3	8 h 51	18,75						
	7	8 h 55		3,20	2,08				
	9	8 h 57	18,95						
	12	9 h 00		3,35	2,23				
	14	9 h 02	18,75				39	450	
	20	9 h 08	18,95						
	22	9 h 10		3,49	2,37	8,00			
	51	9 h 39	18,95	3,63	2,51	7,55			
	83	10 h 11	18,95	3,77	2,65	7,15			
	229	12 h 37	18,95	4,08	2,96	6,40			
	297	13 h 45	18,95	4,175	3,055	6,20	39	450	
302	13 h 50	Arrêt de la pompe							

Figure 6 : Source GIRAUDON

Relation Rabattement - Débit
d'après les pompages des 1 et 2 avril 1982

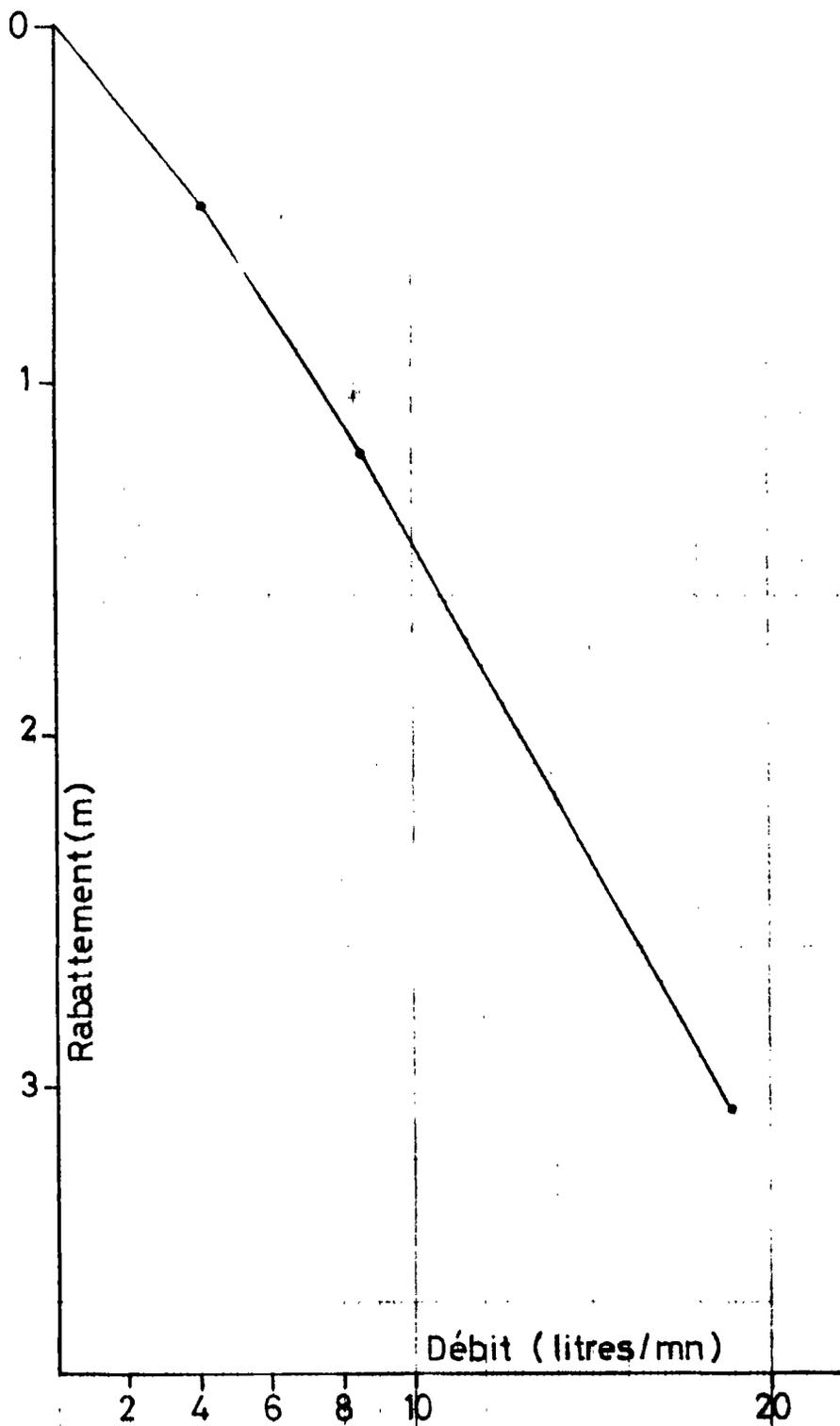
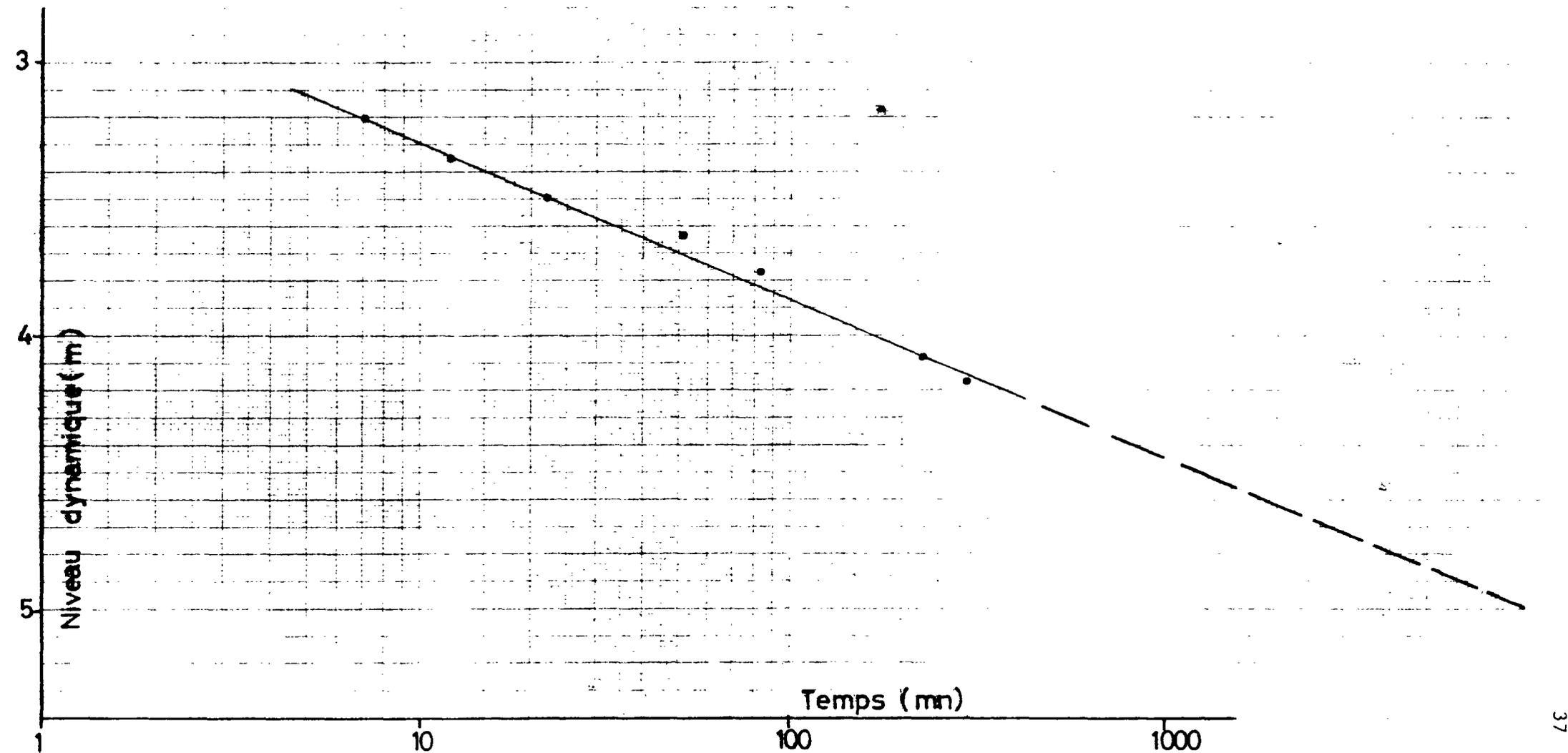


Figure 7: Source GIRAUDON

Evolution du niveau dynamique en fonction du log du temps
au cours du pompage du 2 avril 1982 à 18,95 l/mn



L'évaluation la plus objective de l'incidence, en mai 1982, du forage B1 sur la source Giraudon est la suivante :

- entre mai 1970 et mai 1980 le débit exploitable sur la source Giraudon passe de 83 l/mn à 42 l/mn avec un niveau dynamique voisin de 5 m sous le haut du tube fibro-ciment ; la diminution naturelle est donc en moyenne de $41/10 = 4,1$ l/mn par an.
- en l'absence de forages, le débit de Giraudon serait naturellement passé à : $42 - (4,1 \times 2) = 33,8$ l/mn en mai 1982.
- la réalisation du forage B1 se traduit donc par une diminution de : $\approx 34 - \approx 20 = 14$ litres/minute sur la source Giraudon.

3.4 - RÉSULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

L'eau des forages est physico-chimiquement très semblable à celle des autres sources minérales de Saint Nectaire.

La comparaison est possible en consultant les tableaux 12.1 et 12.2 regroupant les résultats d'analyses du 7.12.1981 sur 7 sources et 2 forages. La profondeur du forage B1 n'était alors que de 30 m, mais l'eau jaillissait déjà par intermittence. Il apparaît que la minéralisation est quasi identique sur les six points suivants : B1, Côtes Papon, A2, Morange, du Parc et Giraudon. En revanche, sur les sources : des Garçons, Mont Cornadore et Simon on note un déficit de la minéralisation, qui évoque l'addition à l'eau minérale d'une certaine proportion d'eau douce proche de la surface.

Ces résultats de fin 1981 sont corroborés par ceux du Laboratoire d'hydrologie de la Faculté de Médecine de Clermont-Ferrand sur les échantillons prélevés le 17/03/1982 à la sortie des forages A2 et B1 équipés définitivement et débitant en continu depuis assez longtemps pour fournir de l'eau parfaitement représentative. Les analyses de 1982 apportent des renseignements complémentaires sur les teneurs en Ammonium (Am), phosphates (PO₄H) et Arsenic (As) ; elles confirment l'absence de nitrates, de nitrites et les teneurs infimes en éléments susceptibles d'altérer la limpidité naturelle de l'eau : le fer et le manganèse.

Les diagrammes de la figure 8 illustrent l'excellente similitude de composition des eaux issues de A2, B1, Giraudon et Cotes Papon et l'écart très net, bien qu'amenuisé par l'échelle logarithmique, des eaux de Mont-Cornadore et Simon. Ils font bien ressortir le faciès bicarbonato-chloruré sodo-potassique commun à toutes ces eaux, bien équilibrées par ailleurs en Ca et Mg.

/ TABLEAU 12.1 /

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES SUR DES EAUX MINERALES DE SAINT NECTAIRE
Mesures su place le 7/12/1981 par C. FOUILLAC et F. IUNDT (B.R.G.M.)

S O U R C E S	T °C	KARAT	CO ₂ (cm ³ /l)	CONDUCTIVI- TE μS ??	pH	Eh (mv)	O ₂ (mg/l)	O B S E R V A T I O N S
Forage B1 (30 m)	37	19	520	400 ?	6,68	- 190	0,72 ?	
Côtes Papon	32	5	175	340	6,95	+ 134	3,30	Mélange de 3 sources dans un réservoir
Forage A2 (56 m)	55	12	320	470	6,80	- 208	0,50	
Source Morange	14,8	30	950	350	6,26	- 220	2,20*	* prélèvement à la seringue
Source du Parc	20	20	660	300	6,37	- 103	0,96	
Source des Garçons	33	19	530	380	6,47	- 230	0,96	
Source Mont Cornadore	38	15	415	420	6,55	- 240	0,75	
Source Giraudon	36	23	550	556	6,47	- 260	0,40	
Source Simon	27	23	640	450	6,38	- 236	0,44	

/TABLEAU 12.2 /

RESULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES SUR DES EAUX MINERALES DE SAINT NECTAIRE

Analyses B.R.G.M. sur prélèvements du 7.12.1981
 Résultats en mg/litre ; ligne inférieure : milliéquivalents/litre

S O U R C E S	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	F	SiO ₂	Li	Rb	Sr	Fe	Mn
Forage B1 - 30 m	155,4 7,77	89,7 7,48	1930 83,91	215 5,51	3415 55,96	1686 47,49	128 2,67	1,0	≤ 1,3	131	13,8	1,6	5,57	0,86	0,04
Côtes Papon	158,0 7,90	91,6 7,63	1970 85,65	222 5,69	3455 56,64	1686 47,49	124 2,58	1,6	1,3	133	14,0	1,7	5,71	≤1,0	0,04
Forage A2 - 56 m	155,5 7,78	89,8 7,48	1910 83,04	214 5,49	3470 56,84	1686 47,49	124 2,58	≤ 1,0	1,1	137	13,8	1,6	5,42	0,83	0,04
Source Morange	175,4 8,77	98,2 8,18	1780 77,39	200 5,13	3370 55,20	1686 47,49	116 2,42	≤ 1,0	0,8	121	13,6	1,4	5,85	2,31	0,09
Source du Parc	164,6 8,23	90,0 7,50	1840 80,00	212 5,44	3430 56,22	1775 50,00	128 2,67	≤ 1,0	1,1	134	13,7	1,5	5,84	1,25	0,05
Source des Garçons	153,6 7,68	76,3 6,36	1350 58,70	154 3,95	2740 44,90	1243 35,01	90 1,88	≤ 1,0	0,7	110	10,2	1,1	4,02	2,78	0,17
Mont Cornadore	158,6 7,93	79,1 6,59	1400 60,87	163 4,18	2870 47,05	1243 35,01	98 2,04	1,2	0,7	113	10,8	1,2	4,24	2,56	0,13
Giraudon	159,8 7,99	92,4 7,70	1870 81,30	217 5,56	3480 57,00	1775 50,00	128 2,67	≤ 1,0	1,2	133	14,1	1,6	5,54	1,15	0,03
Simon	172,8 8,64	74,6 6,22	1350 58,70	153 3,92	2760 45,30	1243 35,01	92 1,92		0,9	105	10,1	1,1	5,17	2,03	0,10

CLASSÉ DANS LA PREMIÈRE CATÉGORIE
DES LABORATOIRES AGRÉÉS
POUR LES ANALYSES HYDROLOGIQUES

ANALYSE N°

5292

F°

Source : FORAGE N° 1 (FORAGE A2)
Propriétaire : Etablissement Thermal de SAINT NECTAIRE
Lieu du prélèvement :
Date du prélèvement : 17/3/1982
Date de l'envoi de l'analyse : 14/6/1982
Température de l'eau :

Poids du résidu sec à 180° 5968,8
 Poids du résidu sulfaté : 7537,98

	mg/l	me/l
K	214,50	5,50
Na	1943,50	84,50
Li	13,50	1,92
Am	1,90	0,10
Ca	142,20	7,26
Mg	93,0	7,75
Fe	0,036	
Mn	0,040	
Al	/	
Sr	/	
Ba	/	
SO ⁴	138,10	2,88
NO ³	0	
NO ²	0	
Cl	1686,90	47,52
F	1,20	0,06
Br	/	
I	/	
CO ³ H	3440,40	56,40
PO ⁴ H	1,60	
As	1,70	
Total des cations et des anions		
SiO ²	187,5	
CO ² libre		
B ² O ³		
MINERALISATION TOTALE		
Alcalinité en cm ³ de NaOH N/10 au litre	563	
Résistivité électrique en ohms cm ² à 18°	128	

CLASSÉ DANS LA PREMIÈRE CATÉGORIE
DES LABORATOIRES AGRÉÉS
POUR LES ANALYSES HYDROLOGIQUES

ANALYSE N°

5293

F°

Source : FORAGE N° 2 (FORAGE B1)
Propriétaire : Etablissement Thermal de SAINT NECTAIRE
Lieu du prélèvement :
Date du prélèvement : 17/3/1982
Date de l'envoi de l'analyse : 14/6/1982
Température de l'eau :

Poids du résidu sec à 180° : 5942,4
 Poids du résidu sulfaté : 7499,23

	mg/l	me/l
K	214,50	5,50
Na	1941,20	84,40
Li	13,30	1,90
Am	1,90	0,10
Ca	145,20	7,26
Mg	84,00	7,00
Fe	0,033	
Mn	0,036	
Al	/	
Sr	/	
Ba	/	
SO ⁴	125,20	2,60
NO ³	0	
NO ²	0	
Cl	1674,20	47,16
F	1,30	0,07
Br	/	
I	/	
CO ³ H	3440,40	56,4
PO ⁴ H	1,90	
As	1,80	

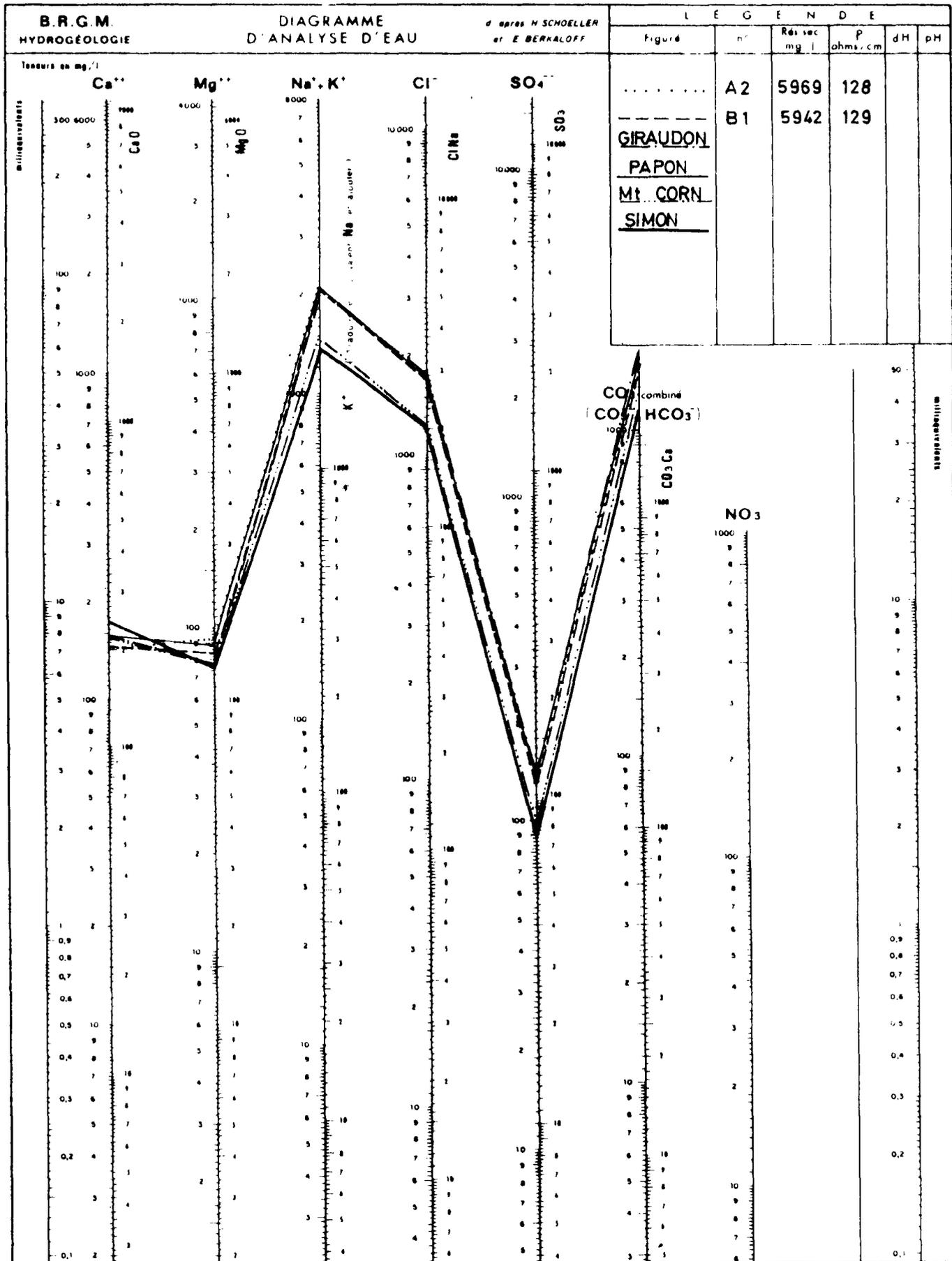
Total des cations et des anions

SiO ²	172,50	
CO ² libre		
B ² O ³		

MINÉRALISATION TOTALE

Alcalinité en cm ³ de NaOH N/10 au litre	564	
Résistivité électrique en ohms cm ³ à 18°	129	

FIGURE 8 - DIAGRAMMES D'ANALYSES D'EAU MINERALE SUR 6 SOURCES DE SAINT NECTAIRE



4 - CONCLUSION

Pour apprécier globalement l'intérêt des travaux qui viennent de s'achever à Saint Nectaire, on peut comparer la ressource en eau thermominérale d'aujourd'hui à celle d'avant.

4.1 - DÉBIT ET TEMPÉRATURE

- En 1980 le débit naturel et la température de l'eau des sources Mandon, Mont Cornadore et Giraudon s'établissaient au départ à : 9 l/mm à 26,2°C, 9,5 l/mm à 37°C et 26 l/mm à 38,5°C. L'addition des 3 sources apportait donc 44,5 l/mm = 64 m³/jour à 35,7°C de température moyenne au départ, soit 33°C environ à l'arrivée à l'établissement thermal.

En ajoutant 16 l/mm à 38°C pompés sur Giraudon on atteignait 60,5 l/mm = 87 m³/jour à 36°C au départ, soit 33,5°C environ à l'établissement thermal.

- En mai 1982, le débit naturel total des 3 forages atteint 18 m³/h = 432 m³/jour à 52,3°C en moyenne, soit 50,5°C environ à l'arrivée à l'établissement.

Le débit naturel a été multiplié par 6,75 ; des calories deviennent récupérables alors que, préalablement, le chauffage de l'eau était coûteux.

En pompant sur un ou 2 forages on pourrait accroître ce débit naturel d'une centaine de m³/jour ; si nécessaire on ajouterait, sans crainte d'aboutir à une température moyenne trop faible, l'eau d'autres sources minérales autorisées.

4.2 - POINT DE VUE QUALITATIF

La protection qualitative de l'eau est facile sur les forages équipés de plusieurs tubes concentriques cimentés sur 10 à 15 m de hauteur ; l'isolation vis-à-vis des eaux superficielles s'accompagne d'une bonne stabilité des caractéristiques physico-chimiques de l'eau minérale qui pénètre dans le forage à plusieurs dizaines de mètres sous le niveau du sol.

Il n'en est pas de même sur les sources. Les analyses chimiques montrent qu'une certaine proportion d'eau superficielle dilue l'eau minérale des sources Mandon et Mont Cornadore ; il n'est pas impensable que cette proportion varie selon les saisons. Sur la source Giraudon, on notera que le puits de 1969-70 se prolonge vers le haut par une "cheminée" qui débouche sur une route ; immédiatement à côté, le talus est formé de terrains broyés imprégnés d'eau qui s'éboulent périodiquement ; la flore qui se développe sur ce talus humide entretient une accumulation de matières organiques qui constituent un environnement bactériologique défavorable.

4.3 - EXPLOITATION ET ENTRETIEN DES SOURCES

S'il est pratiquement impossible de réduire l'écoulement des sources, il sera facile de serrer les vannes des forages pour limiter leur débit en dehors des périodes d'utilisation ; ainsi on évitera le gaspillage de la ressource en eau thermominérale et en gaz carbonique de Saint Nectaire pour l'utiliser à bon escient, par exemple en exploitant à un débit supérieur pendant les périodes de pointe de fréquentation des curistes.

- L'entretien des forages sera plus simple que celui des sources. A sa sortie à l'air libre, l'eau de Saint Nectaire dépose de grandes quantités de sels minéraux qui colmatent les fissures aquifères ; la destruction périodique des incrustations est relativement difficile et parfois pénible en atmosphère riche en CO₂. Dans les forages au contraire, les dépôts, au niveau des fissures productrices constamment immergées en profondeur seront quasi-inexistants et facile à détruire par traitement chimique s'il le fallait.

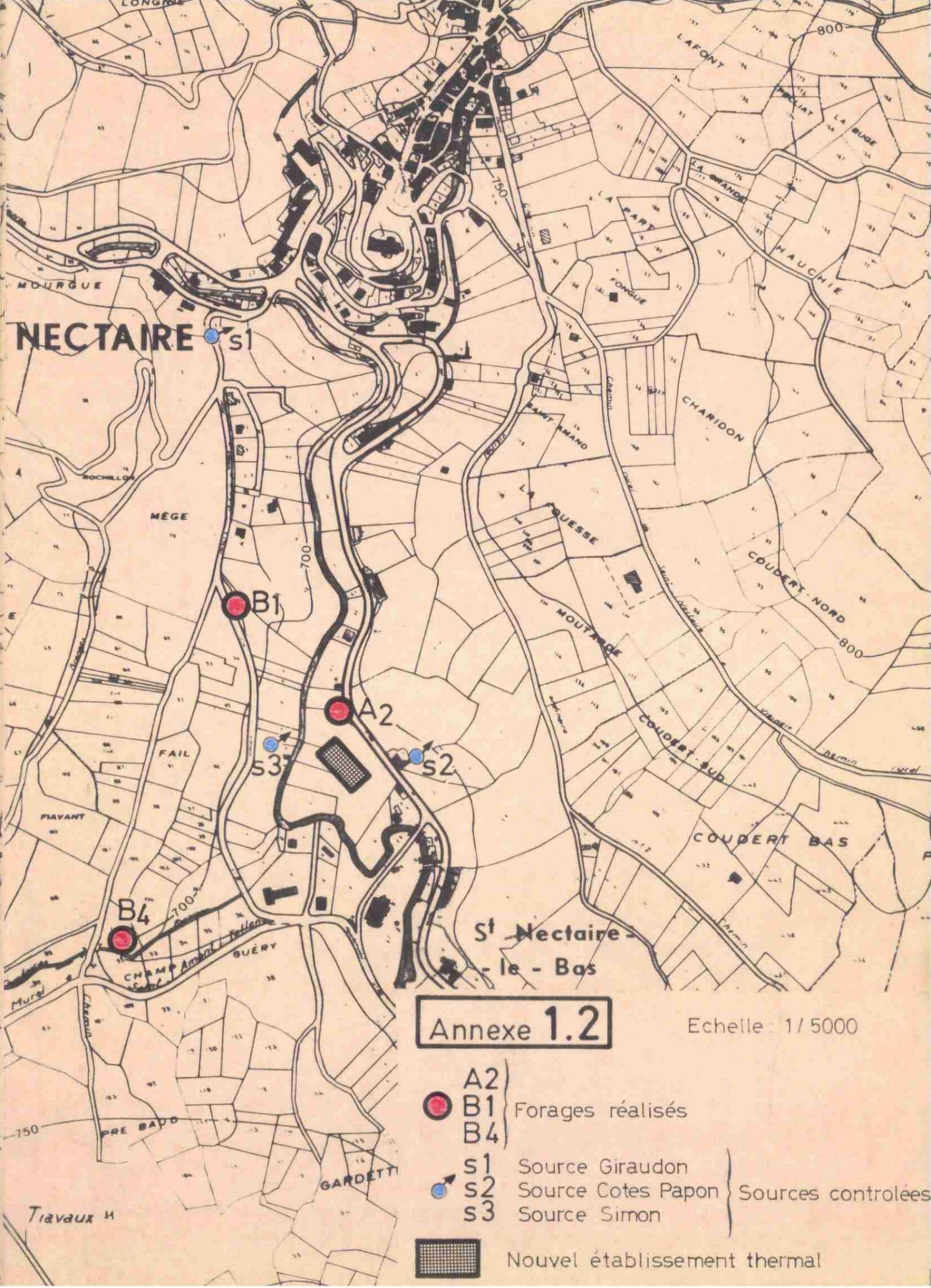
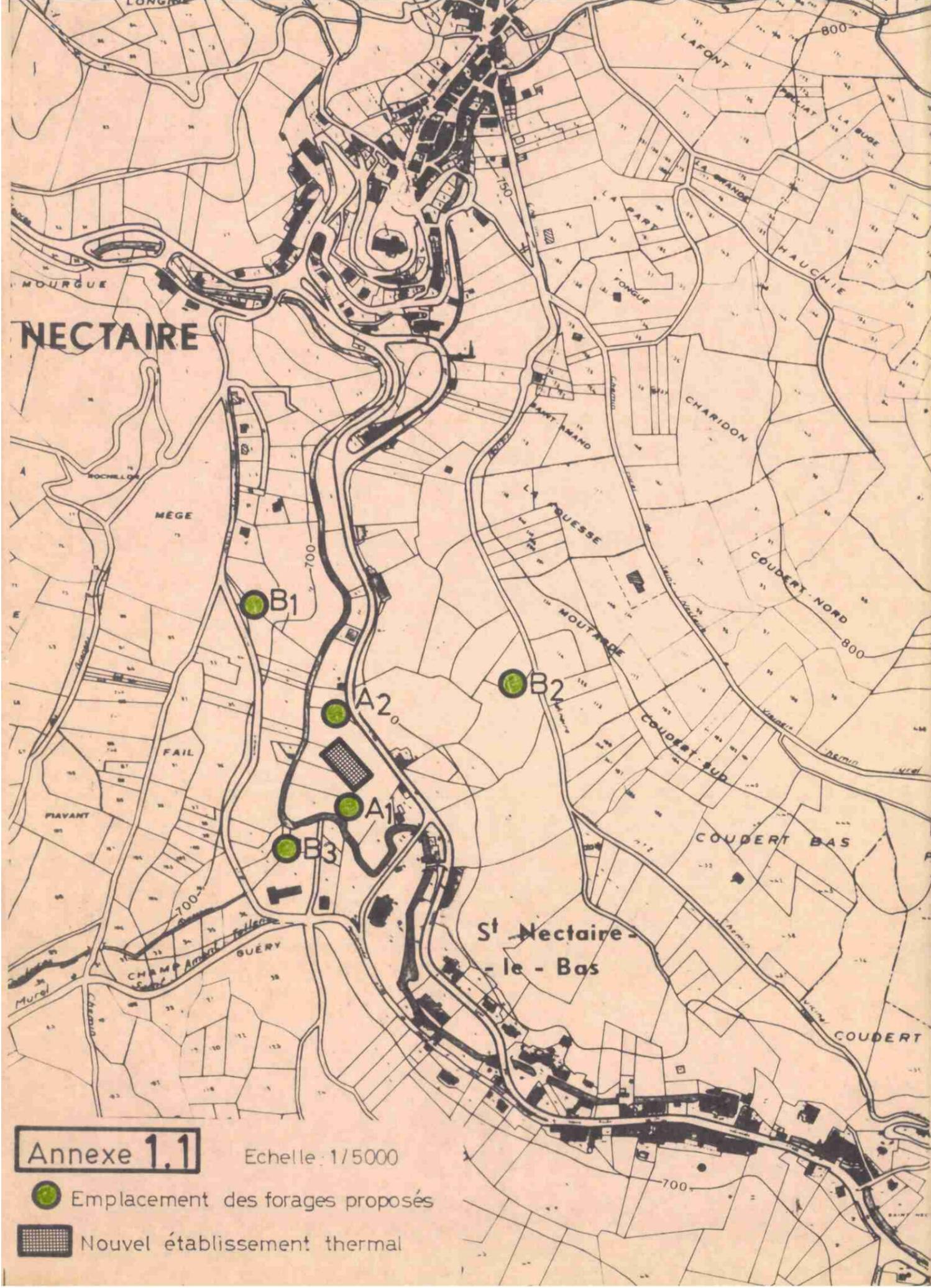
D'un point de vue plus large, la campagne de forages apporte d'autres informations :

- il est extrêmement probable qu'un approfondissement de quelques dizaines de mètres du forage B4 aurait apporté un gain substantiel de débit et de température de l'eau. Si la mairie de Saint Nectaire le désire dans le futur, il sera parfaitement possible, après retrait du tube siphon de forer ces quelques dizaines de mètres, par exemple avec un carottier de 100 mm.

- si les deux premiers forages ne donnent pas les débits élevés qui sortent parfois des fissures largement ouvertes dans les granites, l'augmentation de la productivité en fonction de la profondeur et surtout le très fort accroissement de la température sont très engageants ; ainsi les mesures thermiques faites sur A2 incitent beaucoup à effectuer un sondage 3 à 4 fois plus profond dans ce secteur de l'établissement thermal pour récupérer des calories dans de bonnes conditions.

Si les travaux entrepris en 1981 par la mairie de Saint Nectaire se traduisent déjà par une amélioration quantitative et qualitative de la ressource en eau, favorable au développement du thermalisme dans les prochaines décennies, ils apportent aussi l'assurance qu'il sera possible d'aller au-delà dans l'avenir.

-



EXÉCUTION DES FORAGES D'EAU MINÉRALE À SAINT NECTAIRE (PUY-DE-DÔME)

CALENDRIER DES TRAVAUX SUR LE FORAGE A2

Arrivée de la sondeuse et du matériel le 8 septembre 1981 ;
installation.

- 14/09/1981 : Début de la foration, au tricône 9 7/8" = 250,8 mm jusqu'à 4,50 m ; alésage au tricône 17 1/2" = 444,5 mm de 0,4,50 m ; pose du tube guide 320 x 332 mm à 4,50 m et cimentation à l'extrados avec une tonne de ciment.
- 15.09.1981 : Attente de prise du ciment et reprise de la foration au tricône 12 1/4 = 311,1 mm de 4,50 à 6 m.
- 16.09.1981 : Foration en 12 1/4 de 6 à 8 m et pose du tube de travail 260 x 273 mm
- 17.09.1981 : Foration au tricône 6 1/4 de 8 à 8,70 m
- 21.09.1981 : Foration au tricône 6 1/4 de 8,70 à 10 m
- 22.09.1981 : Foration au marteau de fond 5" de 10 à 12 m, alésage en 12 1/4" pour descente du tube 260 x 273 à 9,50 m
- du 23.09 au 1.10.1981 : Réparations et mises au points diverses. Le 1/10, reprise de la foration au marteau 5" et descente de 12 à 14 m.
- 02.10.1981 : Foration au marteau 5" de 14 à 27 m.
- 05.10.1981 : foration au marteau 5" de 27 à 44,50 m
- 06.10.1981 : Pose d'un tube de travail 130 x 139 mm de 0 à 12,50 m, installation d'un émulseur 80 x 90 mm, et pompage à l'émulseur.
- 07.10.1981 : Retrait de l'émulseur. Thermographie en descente et remontée et installation d'une pompe immergée 4" - Pompage à 5 m³/heure environ à partir de 16 heures.
- 08.10.1981 : Arrêt du pompage à 8 h 30, retrait de la pompe et foration au marteau 5" de 44,50 m à 56,50 m.
- 09.10.1981 : Attente de compresseur
- 12.10.1981 : Réalisation de la deuxième thermographie en éruption, puis installation d'un émulseur vers 31 m.
- 13.10.1981 : Pompage à l'émulseur

- 14.10.1981 : Retrait de l'émulseur, retrait des tubes de travail et alésage en 12 1/4" de 9,50 à 13 m.
- 15.10.1981 : Arrêt de l'alésage par suite d'éboulements et installation de la colonne 260 x 273 mm de 0 à 10 m
- 16.10.1981 : Essai de nettoyage du fond à l'émulseur pour faire descendre la colonne 260 - 273 mm, sans succès.
- 17.10.1981 : Retrait de l'émulseur et alésage au tricône 9 7/8" = 250,8 mm de 14,40 m à 20 m.
- 20.10.1981 : Alésage en 9 7/8 de 20 à 31 m
- du 21 au 23.10.1981 : Préparation de la colonne en acier inoxydable, 180 x 190 mm et mise en place, le sabot étant à 31 m. Cimentation de la partie supérieure de la colonne 180 x 190, de 0 à 14,80 m avec 1,650 tonne de ciment. Attente de prise.
- du 26.10 au 02.11.1981 : Montage de l'émulseur. Divers incidents mécaniques et attente de matériel retardent le travail
- 03.11.1981 : Nettoyage du forage à l'émulsion avec le marteau de fond
- 04.11.1981 : Achèvement du nettoyage, retrait du train de sonde et repli de la sondeuse qui sera déplacée le 05.11.1981 sur le deuxième site, celui du forage B1.
Au retrait de l'outil le forage entre en éruption intermittente (geyser) qui durera 3 jours.
- 11 et 12.11.1981 : Pompage à la pompe ALTA pendant 24 h 30"

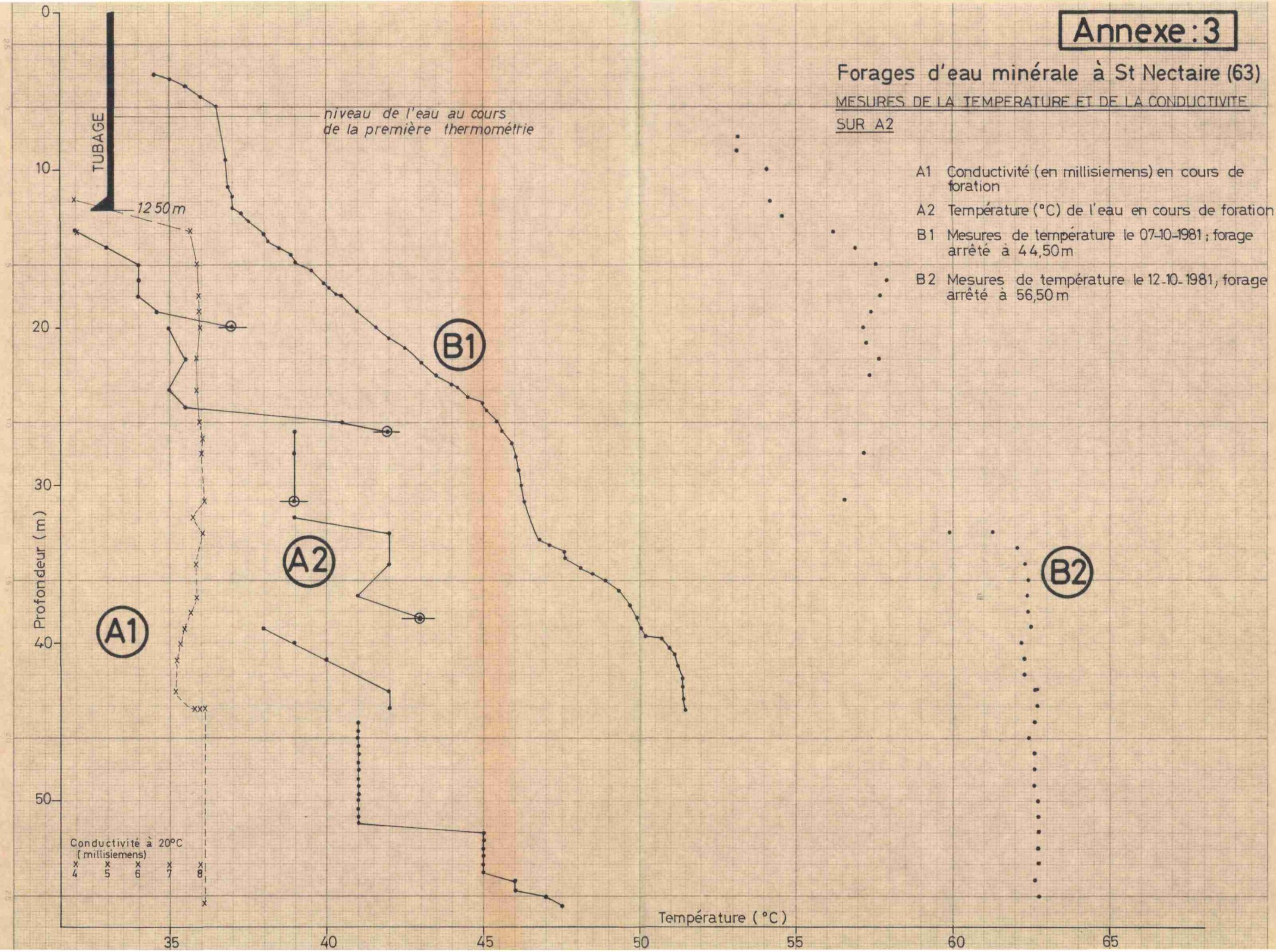
- 05.01.1982 : Réinstallation de la sondeuse et contrôle du fond, trouvé à 49,80 m
- 6 et 7.01.1982 : Nettoyage du fond de forage jusqu'à 57 m. Incident sur la tête d'injection et interventions diverses
- 08.01.1982 : Achèvement du nettoyage. Pose de la colonne crépinée 100 x 110 x 110 mm de 26 à 56 m.
- 11.01.1982 : Les éruptions intermittentes du 9.1.82 ont provoqué la "pulvérisation" des granites altérés avec comblement du fond de la colonne de captage sur 5 m. Nettoyage de fond de la colonne.
- 12 au 15.01.1982 : Repli du matériel et interventions diverses avant installation de la sondeuse sur le forage B4

- 21.01.1982 : Installation d'une pompe électrique immergée Grundfos 6"
- 11.02.1982 : Retrait de la pompe Grundfos 6"
- 05.03.1982 : Installation du tube siphonide 67 x 76 mm.

Annexe:3

Forages d'eau minérale à St Nectaire (63)

MESURES DE LA TEMPERATURE ET DE LA CONDUCTIVITE SUR A2



ARTICLES DE PRESSE
SUR LE GEYSER DE SAINT-NECTAIRE

—

Signe de victoire

A SAINT-NECTAIRE, CE GEYSER DÉBITE UNE EAU A 55 DEGRÉS



CLERMONT-FERRAND. — Sous la forme d'un formidable geyser oscillant entre 40 mètres et plus, une eau à 55°, venue d'une profondeur de 56 mètres, a jailli à Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme), dans la nuit de mercredi à jeudi.

La vérité des volcans et du thermalisme est sortie du puits, en l'occurrence le premier puits de forage sur les trois prévus du B.R.G.M. (Bureau de recherches géologiques et minières), juste à quelques mètres de l'établissement thermal de cette station.

« Cette éruption dépasse toutes nos espérances » nous déclarait, hier soir, M. Jeanbrun, directeur du B.R.G.M.

Avec un débit de 10 m³ à l'heure, l'eau « victorieuse » a éclaté dans le ciel au-dessus du chantier dirigé par M. Bourgeois.

Infiltrée, puis chauffée par le granit, l'eau se charge en gaz carbonique ou, mieux, s'allège et va « exploser » à l'air libre.

L'alimentation de l'établissement thermal est assurée. Il est aussi permis de songer au chauffage d'autres bâtiments. C'est une victoire en Auvergne du thermalisme et de la géothermie.

LE GEYSER DE SAINT-NECTAIRE

DE L'EAU A 55° ET DES BLOCS DE GRANIT !

Température 55 degrés, débit 10 m³ à l'heure. Toutes les dix minutes, la journée d'hier, l'eau a jailli sous la superbe forme d'un geyser oscillant entre quarante et soixante mètres. Le premier puits de forage sur le chantier du B.R.G.M., dirigé par l'ingénieur Bourgeois, a livré « le trésor » du sous-sol de Saint-Nectaire.

Déjà, depuis trois semaines de petites éruptions d'une hauteur de quatre à cinq mètres permettaient de croire en un phénomène spectaculaire. Et il s'est produit dans la nuit de mercredi à jeudi. Montée d'une profondeur de 56 mètres depuis le sol, dans un grondement de tonnerre, l'eau « éclate » à l'air libre dans un sifflement de locomotive.

A 60 degrés au fond

Infiltrée depuis dix années ou plus, descendue des monts du Sancy, chauffée dans le granit où elle est compressée, l'eau s'échappe poussée par le gaz carbonique, allégée par lui. Elle entraîne même avec elle des blocs de granit de 500 grammes qui peuvent détériorer dans leur ascension le puits, bien que cimenté dans sa partie haute. Au fond, à moins de 56 mètres du sol, l'eau est à une température de 60°. Presque un record...

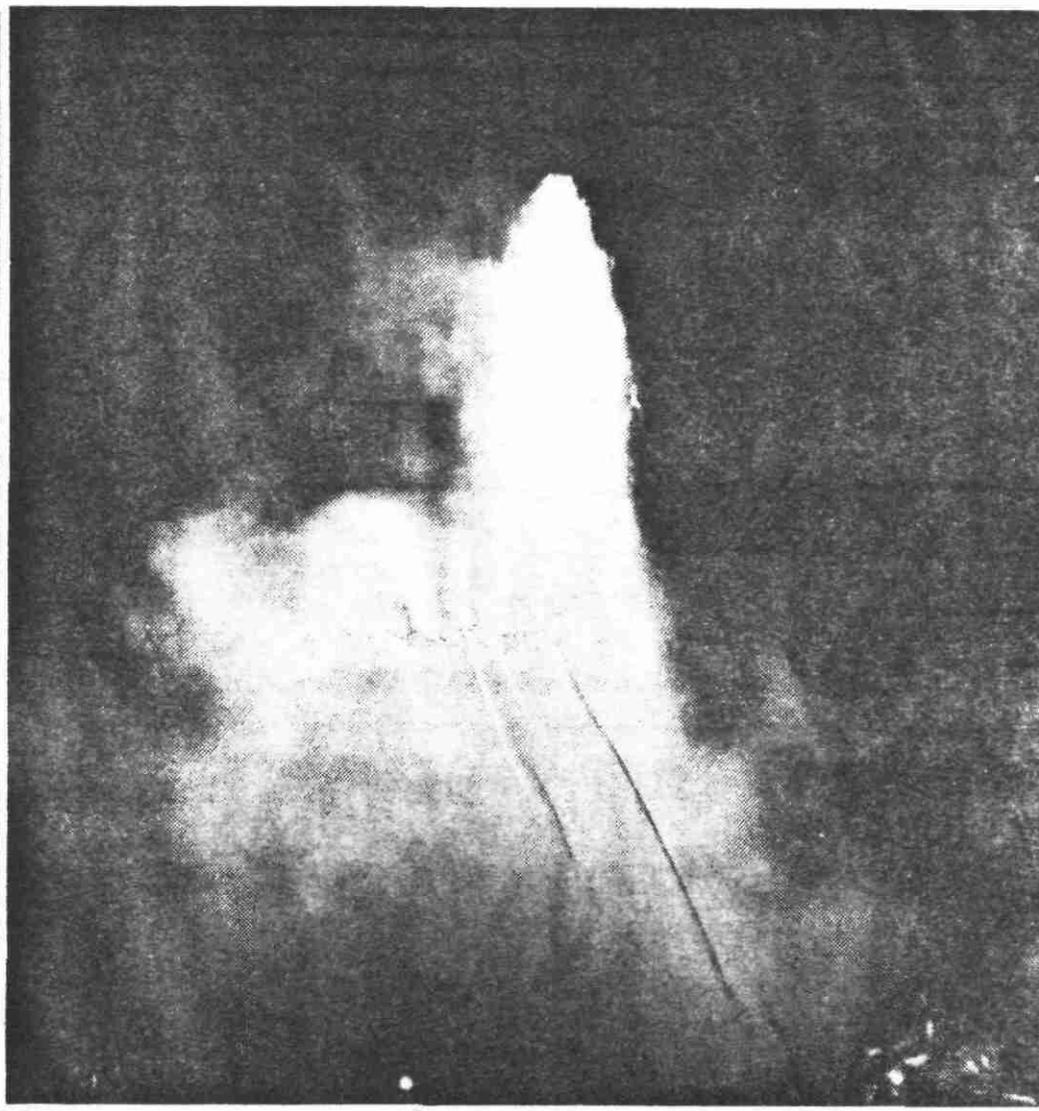
Pour M. Jeanbrun, directeur du

B.R.G.M., cet organisme est le maître d'ouvrage de ce chantier, alors que la municipalité de Saint-Nectaire en est le maître d'œuvre — les objectifs fixés sont amplement atteints, dépassés.

Dès hier soir, il nous déclarait : « Les études préalables qui avaient été réalisées nous autorisaient à espérer une eau à une température entre 40 ou 42° pour l'alimentation de l'établissement thermal. L'éruption de jeudi, avec une eau à 60° au fond, 55° en surface, dépasse toutes nos espérances. »

Le marteau fond de trou a adjugé. L'eau victorieuse a jailli de la tête de puits de 30 centimètres. A quelque vingt mètres de la route nationale, à trente ou quarante mètres de l'établissement thermal, le geyser d'eau chaude dans son brouillard de condensation est la réponse de la terre aux hommes. La meilleure. Opérationnel depuis la fin septembre, ce premier puits de forage sur les trois prévus — l'opération est financée par l'Etat, l'établissement public régional et la commune de Saint-Nectaire — a « tapé dans le mille ». C'est un nouveau succès pour le thermalisme et une « première » pour la géothermie.

Cette eau, en effet, stockée dans du granit fissuré et chauffée par lui, grâce à des dépôts de carbonates et de sulfures, à toutes les vertus d'une eau minérale. On peut penser aussi que sa forte



énergie calorifique pourra être employée pour chauffer des bâtiments. Entre Saint-Nectaire-Bas et Saint-Nectaire-Haut, ne peut-on pas parler maintenant de Saint-Nectaire le chaud ?

J. C.

Journal "LA MONTAGNE" du 6.11.81

Mérite le détour



La source du geyser de Saint-Nectaire ne s'est pas tarie. Et hier, à ses nombreux admirateurs, la colonne d'eau offrait même, en souvenir des blocs de granit tièdes, propulsés à chaque éruption à des dizaines de mètres de hauteur.

Avec une régularité digne d'une horloge toute les dix minutes, l'eau jaillit pendant près d'une minute. Le spectacle offert ne manque pas... de grandeur. Il surprend et ne déçoit pas. En un mot, il peut même supporter la comparaison avec celui offert par les geysers américains.

Suivant toujours le même scénario, d'abord un grondement suivi d'une sorte de bouillonnement au-dessus de la tête du puits, la colonne d'eau s'élève au fur et à mesure que la pression se libère.

D'un mètre, puis deux ou

trois, ensuite cinq, huit, jusqu'à quarante ou cinquante mètres. Magnifiquement, dans un sifflement et le bruit de chute des blocs de granit. Les cadeaux-souvenirs. Nombreux étaient en effet, hier, les premiers visiteurs du geyser de Saint-Nectaire à les ramasser entre deux éruptions.

Avant que cette eau à 55°, rappelons-le, ne soit canalisée pour être utilisée à l'établissement thermal, l'attraction offerte par ce premier geyser mérite le détour. Un ultime conseil toutefois, puisque le puits du geyser est sur le parking de l'établissement thermal : ne pas garer sa voiture trop près de lui.

Journal "La Montagne"

du 7.11.1981

7.11.1981

Le geyser de Saint-Nectaire : Promesse d'une nouvelle source d'énergie

CLERMONT-FERRAND — Si le beau temps se maintient sur l'Auvergne comme c'est le cas depuis huit jours, il est probable qu'il y aura aujourd'hui et demain de nombreux touristes pour se rendre à Saint-Nectaire, station thermale à 40 km de Clermont-Ferrand afin de voir le jaillissement d'eau chaude qui s'élève à plus de 50 mètres au rythme de toutes les 30 minutes (jaillissement qui excède rarement les 60 secondes).

Si les paysages bibliques où les rochers et l'eau tiennent une grande place peuvent appartenir au mythe, à Saint-Nectaire le geyser est bien une réalité impressionnante et spectaculaire au possible et extrêmement chaude.

Si cette eau (plus de 50 degrés) fait la joie de nombreux curieux, elle comble une équipe de chercheurs, celle du E.R.G.M., c'est-à-dire du Bureau de recherches géologiques et minières.

En effet, ces derniers ont prouvé que l'on pouvait forer dans les zones thermales — ce qu'ils font depuis plusieurs années dans le massif du Sancy entre autres — notamment à Saint-Nectaire, sans gêner en rien les sources d'eau thermale.

Les chercheurs du E.R.G.M. avaient essayé un certain échec l'an dernier dans un projet de forage sur les localités de La Bourboule et du Mont-Dore.

Les responsables de ces deux communes avaient crié : « Attention, à nos sources, vos forages représentent un énorme risque ». Le projet avait donc été abandonné.

Les chercheurs du E.R.G.M. avaient cependant poursuivi le forage de Saint-Nectaire en sachant très bien que là, comme en de nombreux autres endroits en Auvergne, l'eau chaude est abondante dans le sous-sol.

Que va-t-il se passer désormais à Saint-Nectaire avec cette confirmation pour les chercheurs du E.R.G.M. : à savoir, l'eau est ici abondante et peu lointaine dans le sous-sol ? L'alimentation de l'établissement thermal en eau chaude est assurée d'un bon avenir, mais il est permis aussi d'envisager de pouvoir chauffer d'autres bâtiments — ce qui se fait déjà en partie depuis une quinzaine de jours dans un hôtel-restaurant d'une autre station thermale d'Auvergne, celle de Chaudes-Aigues — ou au Mont-Dore et à La Bourboule, il est probable que les forages reprendront tôt ou tard. Là, on envisage avec l'eau chaude que les chercheurs sont sûrs de trouver non pas de chauffer des habitations, mais de pouvoir constater si le débit d'eau chaude peut permettre la mise au point de centrales thermiques pour l'industrie.

Les membres du E.R.G.M. ne pouvaient pas mieux être récompensés dans leurs recherches avec ce geyser de Saint-Nectaire, alors que se déroulaient à Clermont-Ferrand les assises régionales de la recherche et de la technologie. Ils ne pouvaient pas mieux souhaiter illustrer de façon « chaude » et tangible leurs propres travaux et ceux de leurs collègues, une façon comme une autre de montrer que la recherche peut être payante.

CENTRE PRESSE

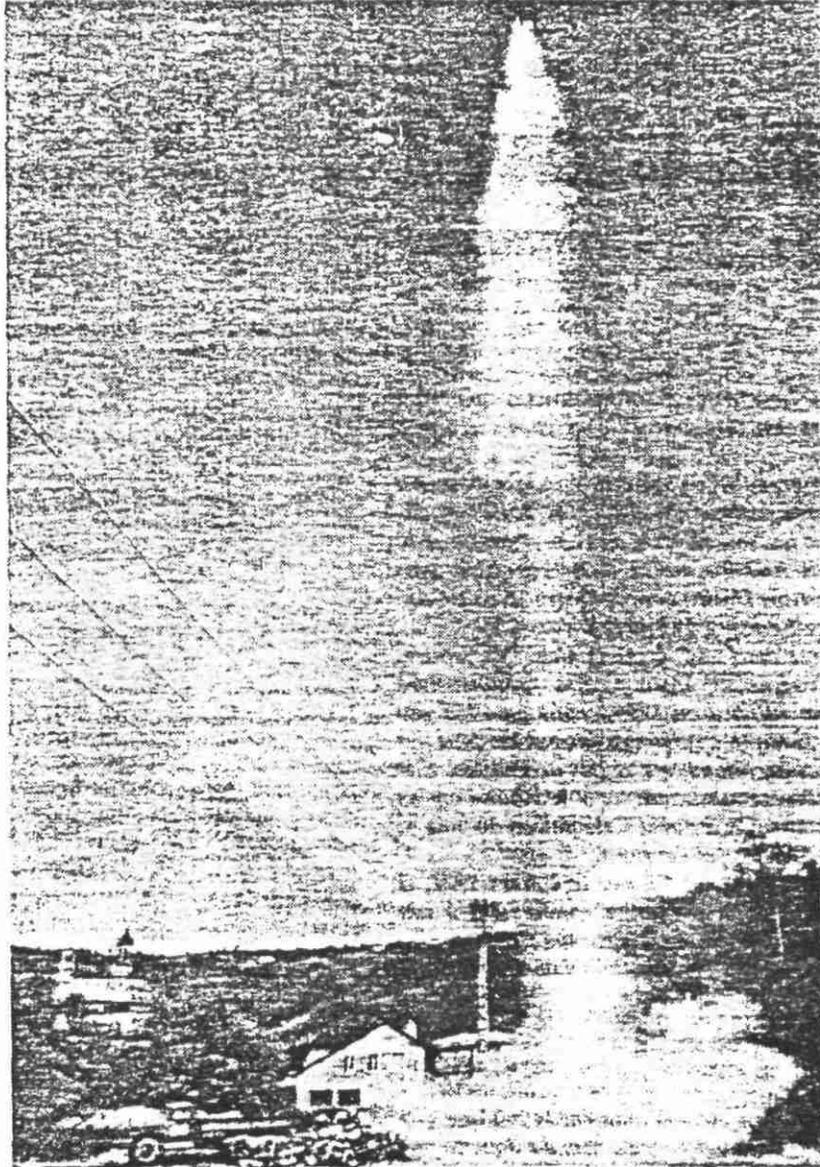
86000 POITIERS

Irruption d'un geyser dans le Puy-de-Dôme

Un geyser d'eau à 55 degrés d'une hauteur de 40 à 70 mètres, jaillit l'autre nuit à Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme) à la suite d'un forage.

Poussé par le gaz carbonique, cette eau jaillit avec un débit de 10 mètres cubes à l'heure, surgit d'une nappe située à 30 mètres de profondeur.

Cette irruption s'est produite au cours d'un forage effectué par le bureau de recherches géologiques et minières, en vue d'augmenter l'alimentation de l'établissement thermal de Saint-Nectaire pour soigner les affections rénales.



LE GEYSER DE SAINT-NECTAIRE

L'eau a jailli à Saint-Nectaire. Ce n'est pas une nouveauté, direz-vous puisque cette commune du Puy-de-Dôme est réputée depuis l'antiquité pour les propriétés curatives de ses eaux. Pourtant, cette eau, qui a jailli à plus de quarante mètres de haut dans la nuit de mercredi à jeudi, est chaude de 55 degrés environ et sera utilisée pour le chauffage. La terre de Saint-Nectaire a de sacrées vertus !

Le 9 novembre 1981

"L'HUMANITE" - page 12

Le geyser de Saint-Nectaire est-il tombé à l'eau ?



Mais où est-il ce sacré geyser ? C'est la question qu'ont dû inlassablement se poser les centaines et les centaines de badauds qui se sont pressés, dimanche, à la station thermale de Saint-Nectaire, en espérant admirer la formidable gerbe d'eau qui a jailli des entrailles de la terre dans la nuit de mercredi à jeudi.

Si depuis déjà trois semaines de petites éruptions de quatre à cinq mètres présageaient d'un phénomène spectaculaire, les ingénieurs du B.R.G.M. ne s'attendaient vraisemblablement pas à une manifestation éruptive d'une telle intensité.

Une température de 55° et un débit de 10 m³ à l'heure représentaient, en effet, un record autant qu'une bénédiction.

Mais depuis samedi, c'est la stupéfaction : cette eau, qui s'est soudainement propulsée, dans un bruit d'enfer, à quelque 50 mètres de hauteur, a progressivement perdu de son intensité. Dans l'après-midi, la gerbe n'atteignait plus que trois mètres environ puis, vers 16 heures, le jaillissement, enveloppé d'un nuage de vapeur, devint quasiment imperceptible.

Il est facile d'imaginer le désappointement des gens ve-

nus en nombre considérable et pour qui le geyser n'était plus, hier après-midi, qu'un banal bouillonnement dans lequel certains s'amusaient à tremper leurs mains.

Ce fait tend à démontrer que la température de l'eau aurait baissé. D'autre part, en ce qui concerne les causes de cet arrêt brutal, il est encore impossible de les déterminer. Il est envisageable que l'intensité de l'eau ait provoqué un bouchon dans le puits en arrachant des roches, mais cela demeure, pour l'instant, qu'une simple supposition.

Il paraît tout de même hâtif de prétendre que cette « première » de la géothermie soit la dernière, car si les caprices de ce geyser représentent une désagréable douche froide pour les ingénieurs du B.R.G.M. ils n'en sont peut-être pas moins les prémices d'une future grande activité géothermique dans notre région.

"LA MONTAGNE"

le 9.11.81





Le geyser de Saint-Nectaire : de l'eau dans le gaz

C'était trop beau pour être vrai... Pensez, un geyser oscillant entre 40 et 60 mètres à Saint-Nectaire, on n'avait rarement vu cela. Jusqu'à samedi matin, tous les espoirs étaient encore permis mais, dès l'après-midi, les espérances ont commencé à diminuer au fur et à mesure que la gerbe d'eau perdait de l'intensité.

Le phénomène était pourtant spectaculaire, et Saint-Nectaire a connu, hier, une journée d'affluence exceptionnelle.

Hier, le geyser s'est tu. Définitivement ? Il est encore trop tôt pour le dire. Les ingénieurs du B.R.G.M. doivent, dès ce matin, se remettre au travail pour découvrir la cause de cet arrêt soudain.

LE GEYSER DE SAINT-NECTAIRE N'EST PAS MORT !

Il est simplement contenu à la base du forage par un éboulement de roches résultant de l'éruption

En jouant, dimanche après-midi, l'Arlésienne, le geyser de Saint-Nectaire a sans doute beaucoup déçu les promeneurs du dimanche venus l'admirer. Progressivement, en effet, son intensité s'est réduite au cours de cette journée dominicale et la belle gerbe d'eau, jaillissant jusqu'à une cinquantaine de mètres de hauteur, a disparu pour ne laisser place qu'à des émanations de vapeur à la surface du sol.

Domage pour le spectacle, mais en rien cependant le forage mené par le B.R.G.M. (Bureau de recherches géologiques et minières) ne peut être taxé du moindre échec. Au contraire, la manifestation spontanée du geyser a montré que les chercheurs ont visé juste et que la réussite de l'objectif consistant à améliorer l'alimentation de l'établissement thermal de Saint-Nectaire est totale, dépassant même les espérances.

Les possibilités du geyser n'ont pas, en effet, disparu. Le trou de forage par lequel il s'est échappé, dans la nuit de mercredi à jeudi dernier, s'est tout simplement et naturellement rebouché à sa base. Les spécialistes s'y attendaient, surpris d'ailleurs que le jaillissement ait duré aussi longtemps.

La puissance développée par le

geyser était telle qu'il était à prévoir que le fond du puits de forage ne résisterait pas à l'éruption. En effet, si le forage a atteint 56 mètres de profondeur, seulement une trentaine de mètres avait été « tubée » quand l'eau a jailli. C'est-à-dire qu'entre moins 30 et moins 56 mètres, l'eau, au plus fort de sa puissance, démarrait dans une roche concassée par la fraise du forage. Ceci explique les projections de granit, voire de basalte qu'elle entraînait et ceci explique que le phénomène de dégradation de la roche s'est amplifié, contribuant finalement à boucher l'orifice par lequel s'échappait le geyser.

Progressivement, la base du forage s'est ainsi comblée sur une hauteur de 4 à 5 mètres, rendant la tâche de plus en plus difficile à l'eau de se frayer un passage dans cette sédimentation en fond de puits. Il suffirait donc aujourd'hui de nettoyer le fond du forage pour que le geyser réapparaisse à nouveau.

C'est là une question d'opportunité touristique que les chercheurs du B.R.G.M. ne rejettent pas, mais qui doit cependant d'abord répondre à plusieurs impératifs.

La manifestation spectaculaire du geyser a prouvé l'exactitude des observations et du repérage effectués avant le forage. Celui-ci était destiné à augmenter le débit d'alimentation en eau chaude de l'établissement thermal et a donc pleinement réussi puisque les opérations de pompage en cours vont permettre de faire passer ce débit de 3,5 à près de 10 m³/heure à la température de 55°. Deux autres forages vont être réalisés dans les trois mois qui viennent pour compléter le dispositif.

C'est au terme de ces travaux, les installations de l'établissement thermal étant desservies, que les scientifiques pourront se prononcer sur d'autres applications géothermiques éventuelles et, pourquoi pas, décideront de réactiver le geyser devenant un pôle d'attraction touristique certain. Toutefois, les chercheurs ne feront pas sauter le bouchon sans précaution pour éviter toute répercussion éventuelle sur les possibilités des sources thermales. D'après leurs premiers relevés, l'éruption du geyser, à la fin de la semaine dernière n'a d'ailleurs entraîné aucune déperdition sur le débit des sources.

Le moment d'émotion et du grand spectacle passé, le B.R.G.M. va donc pouvoir continuer son travail avec la sérénité et le calme requis. Le geyser ne reviendra donc qu'en prime...

A SAINT-NECTAIRE :

FROMAGE OU GEYSER ?

CLERMONT/HEBDO N° 456

19/11/1981

En grattant la terre de St-Nectaire, les géologues du BRGM ont permis le jaillissement d'un geyser. Un événement sans précédent pour la petite station qui traite les affections reinales et depuis peu les maladies métaboliques. Allo, allo ?

POUR M. Jean Dabert, maire de St-Nectaire, il s'agit bien sûr d'une opération rentable et réussie : « Grâce à cette découverte d'eau chaude, nous allons pouvoir rapidement entrer dans nos frais. Nous avons investi 500 000 F dans ces recherches géothermiques, 300 000 F de subvention émanant du département et 200 000 F d'emprunt. Nous allons utiliser cette eau chaude pour chauffer l'établissement thermal et ainsi économiser de 70 000 F à 80 000 F chaque année. »

Cette eau chaude et minérale pourra être utilisée également pour le traitement des curistes, car jusque-là les sources se montraient à peine suffisantes pour fournir toute la matière première nécessaire aux différentes thérapeutiques. « Du premier forage on a pu tirer cinq m³ supplémentaires dès le 11 novembre, et ce, grâce à un captage à un mètre seulement de profondeur. On a bon espoir de pouvoir en tirer le double. »

Mais ce que l'opinion publique retiendra avant tout de ce forage géothermique c'est ce fameux Geyser que M. le Maire de St-Nectaire considère comme un agréable complément à la découverte de cette eau chaude, complément tout simplement parce que l'objectif numéro un c'était de trouver l'eau chaude. Un complément qui pourrait bien être une véritable mine d'or touristique pour St-Nectaire : « Le dimanche qui a suivi le jaillissement, mille voitures et cinq mille personnes étaient à St-Nectaire, une foule qui a submergé les rares commerces restés ouverts. Ce geyser pourrait permettre une relance de la station. Pour la première fois, cette saison, St-Nectaire, n'a pas perdu de curistes. Cette stabilisation se situe aux alentours des neuf cent cinquante. »

Voici une quinzaine d'années St-Nectaire recevait quatre à cinq mille patients.

Pour l'instant, le geyser ne jaillit plus. Mais ce n'est que partie remise. Selon les chercheurs du BRGM, un bouchon de roches obstrue le puits qui permettait à l'eau de remonter jusqu'à la surface. Un bouchon qui devrait sauter rapidement selon Jean Dabert : « Dès que la foreuse sera sur place, nous dégagerons cette masse de rochers. Mais pour qu'une telle obstruction ne se reproduise, il nous faudra intuber le puits jusqu'à sa base. Il est bien évident que le geyser est un élément important pour l'essor de notre station et nous allons porter un soin tout particulier à la préservation. Et peut-être, allons-nous mettre au point un système qui nous permettrait de ne le faire jaillir que le dimanche par exemple. »

Pour l'instant, les recherches géothermiques continuent. Un second forage a été entrepris à deux cents mètres du premier. A St-Nectaire, bien sûr, on ne parle plus que de cette fameuse colonne d'eau d'une cinquantaine de mètres qui s'est élevée un beau soir de novembre. De là à ce qu'elle remplace le fromage dans l'esprit des gens lorsqu'on leur parlera de St-Nectaire, il y a un pas que je ne franchirai pas.

Christian GOUTORBE

Annexe : 5

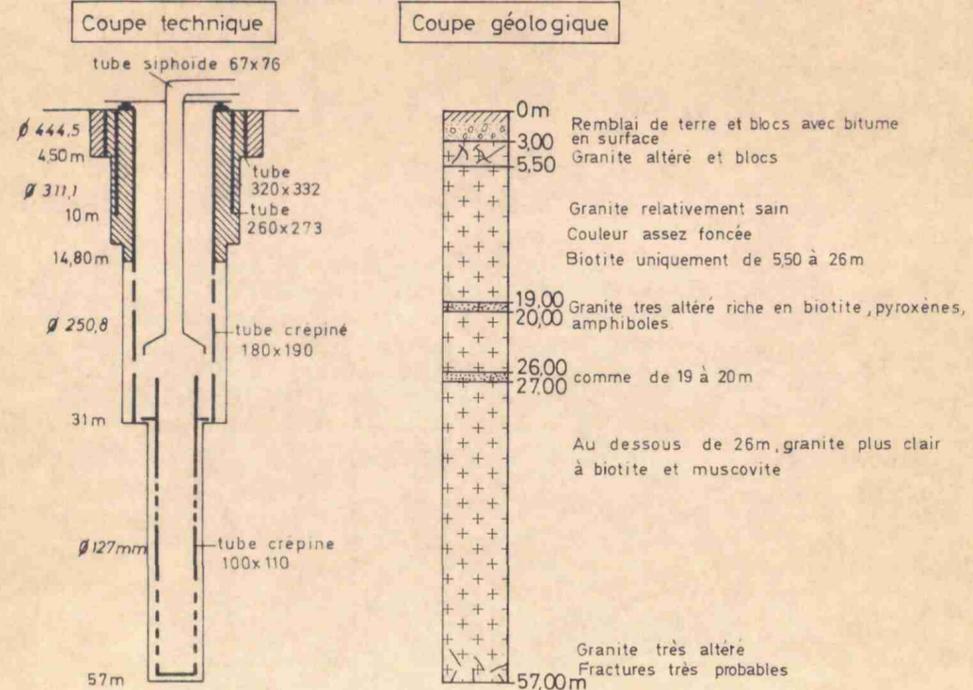
COUPES GEOLOGIQUES ET TECHNIQUES DES 3 FORAGES DE SAINT NECTAIRE (63)

/// : Zone cimentée - 1480 profondeur (m)

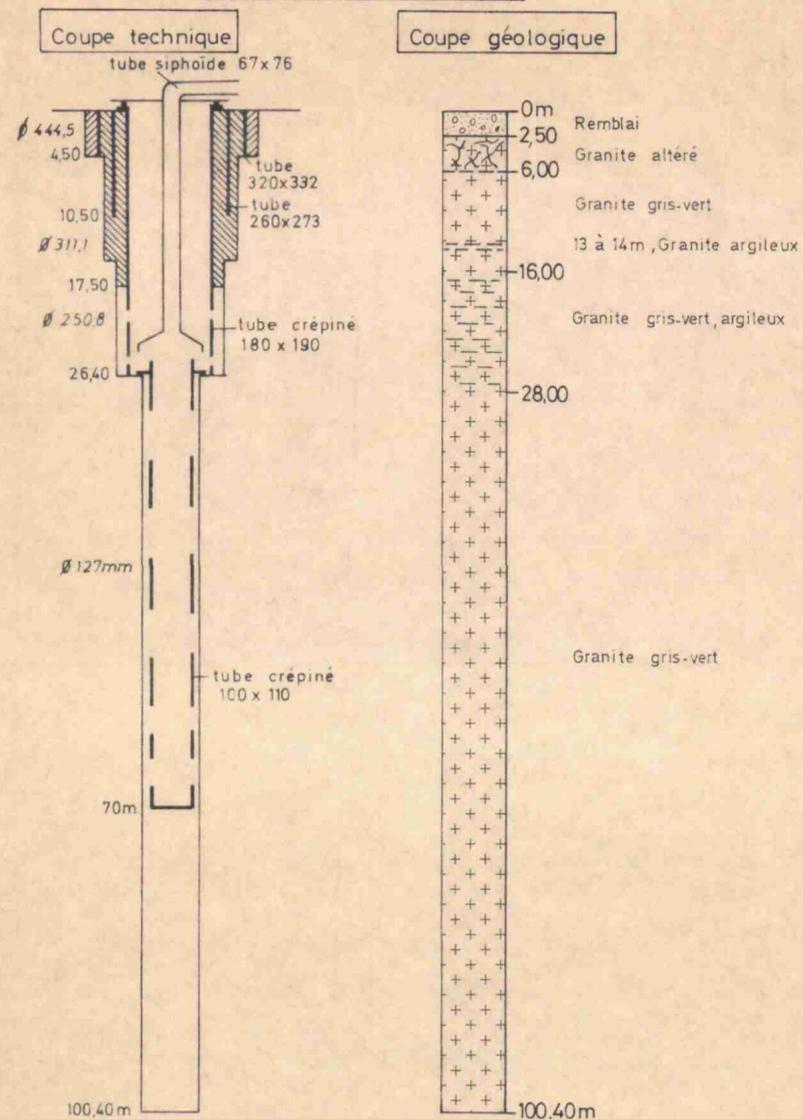
∅ 444,5: Diamètre de foration (mm)

260 x 273: Diamètres intérieur et extérieur des tubes (mm)

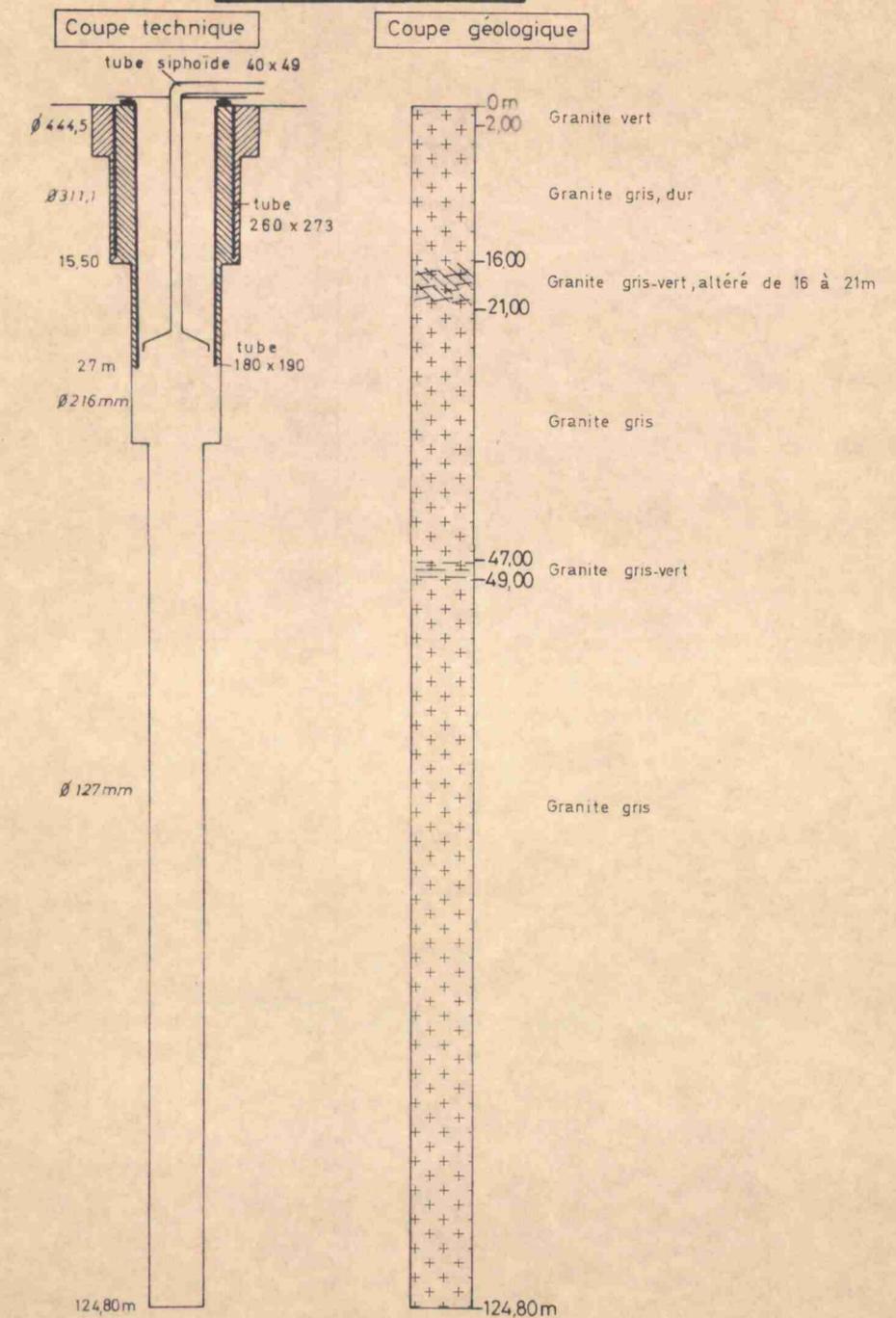
Forage A2



Forage B1



Forage B4



EXÉCUTION DES FORAGES D'EAU MINÉRALE À SAINT NECTAIRE (PUY-DE-DÔME)

CALENDRIER DES TRAVAUX SUR LE FORAGE B1

- 05.11.1981 : Installation de la sondeuse
Foration au tricône 12 1/4" et alésage au tricône 17 1/2"
jusqu'à 4,50 m
- 06.11.1981 : Pose du tube-guide 320 x 332 mm à 4,50 m et cimentation avec
500 kg de ciment
- 09 au 16.11.1981 : Foration en reconnaissance au marteau de fond 5" de
4,50 à 10 m et interventions diverses
- 17.11.1981 : Foration au marteau 5" de 10 à 21 m
- 18 et 19.11.1981 : Alésage au tricône 12 1/4" de 4,50 m à 15 m
- 20 et 21.11.1981 : Descente difficile du tubage 260 x 273 mm jusqu'à
10,50 m et cimentation
- 24 et 25.11.1981 : Reforage du bouchon de ciment et reconnaissance au
marteau de fond de 13 à 24 m, sous protection d'un tube
provisoire 130 x 139 mm
- 26.11 au 01.12.1981 : Foration au marteau 5" de 24 à 30 m. Retrait du tube
provisoire et alésage au tricône 9 7/8" de 12,80 m à 26,40 m
avec difficulté en raison d'éboulements du terrain.
- 02 au 04.12.1981 : Pose de la colonne 180 x 190 mm en acier inoxydable
de 0 à 26,40 m avec cimentation à l'extrados de 0 à 17,50 m.
Interventions diverses.
- 7 et 8.12.1981 : Foration au marteau 5" de 26,40 à 54 m ; thermométrie
- 9 et 10.12.1981 : Réparations sur le treuil de la sondeuse
- 10.12.1981 : Foration au marteau 5" de 54 à 66 m ; 2ème thermométrie
- 11 au 23.12.1981 : Incidents mécaniques divers sur la sondeuse et le
marteau. Terrain de la plate-forme partiellement dégradé par
des pluies intenses.
- 28 et 29.12.1981 : Foration au marteau 5" de 66 à 100,40 m

- 30 et 31.12.1981 : Contrôle du fond ; mise en saumure pour maîtriser le jaillissement intermittent gênant pour la diagraphie.
Pose de la colonne de captage 100 x 110 mm de 25 à 70 m.
- 04.01.1982 : Repli de la sondeuse pour installation sur le forage A2.
- 06.01.1982 : Installation de la pompe ALTA
- 03.02.1982 : Dépose de la pompe ALTA et pose d'un tube siphonide en 80 x 90 mm
- 23.03.1982 : Dépose du tube siphonide 80 x 90 mm et pose du tube définitif en 67 x 76 mm.

EXÉCUTION DES FORAGES D'EAU MINÉRALE À SAINT NECTAIRE (PUY-DE-DÔME)

CALENDRIER DES TRAVAUX SUR LE FORAGE B4

- 18 au 22.01.1982 : Installation du matériel. Remise en état du marteau de fond et interventions diverses.
- 25.01.1982 : Foration en reconnaissance au marteau 216 mm de 3 à 15 m.
- 26.01.1982 : Foration en 216 mm de 15 à 20 m.
- 27 au 29.01.1982 : Attente de la réduction pour aléser au tricône 12 1/4". Interventions diverses.
- 01 et 03.02.1982 : Alésage en 12 1/4" jusqu'à 16 m ; pose de la colonne 260 x 273 mm à 15,50 m et cimentation sur toute la hauteur. Interventions diverses.
- du 04 au 08.02.1982 : Foration au marteau 216 mm avec difficultés en raison de la boullance des terrains de 17 à 21 m environ.
- 09/02/1982 : Installation du tube provisoire 130 x 139 mm pour forer au marteau 5". Le soir, panne du moteur de la sondeuse - Embiellage à refaire.
- 18 au 24.02.1982 : Reprise de la foration au marteau 5" et approfondissement jusqu'à 46 m.
- 25 et 26.02.1982 : Arrêt de chantier pour intempéries (gel)
- 01 et 02.03.1982 : Reprise du chantier - Réparations mécaniques diverses
- 03 et 04.03.1982 : Foration au marteau 5" de 46 à 105 m
- 08.03.1982 : Foration au marteau 5" de 103,80 à 120 m
- 9 et 10.03.1982 : Retrait du tube 130 x 139 mm ; alésage au marteau 216 mm de 21 à 35 m. Essai de descente du tube APS 20 A, 180 x 190 mm, qui s'arrête à 27 m.
- 11 et 12.03.1982 : Essais infructueux pour descendre le tubage au-delà de 27 m. Cimentation extérieure à cette cote, de 27 m jusqu'au sol.
- 15 et 16.03.1982 : Nettoyage du fond et approfondissement au marteau 5" jusqu'à 124,80 m
- 17 et 18.03.1982 : Interventions mécaniques diverses et retrait de la sondeuse.
- 05.04.1982 : Installation du tube siphonide 40 x 49 mm à 26 m de profondeur.

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

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

EVOLUTION DU DEBIT
SUR LES SOURCES PAPON ET SIMON
A SAINT NECTAIRE (PUY-DE-DOME)
ENTRE LE 3 MARS 1981 ET LE 30 AVRIL 1982

--

par
M. BOURGEOIS

82 AUV 007

3 mai 1982



Service géologique régional AUVERGNE
22, avenue de Lempdes, 63800 Cournon d'Auvergne
Tél.: (73) 84.80.83

Pour vérifier si les forages d'eau thermominérale réalisés à SAINT NECTAIRE de la mi-septembre 1981 à la mi-mars 1982 pouvaient avoir une influence sur les débits des sources proches de l'établissement thermal les contrôles suivants ont été effectués par le B.R.G.M., avec l'accord et l'aimable participation des propriétaires, qui utilisent l'eau pour la pétrification :

- sur la source SIMON (SCAY) mesures du débit les 7.09.1981, 8.12.1981 et 29.04.1982
- sur les sources PAPON, enregistrement du débit pendant 24 à 30 heures, les 3 et 4 mars 1981, 10 et 11 novembre 1981, 20 et 30 avril 1982.

1 - RESULTATS DES OBSERVATIONS

1.1 - Source SIMON

Le débit total dérivé vers un tuyau alimentant les rigoles qui conduisent l'eau vers les échelles de pétrification est jaugé avec un seau de 15 l ou 11 litres. Les durées (t) de remplissage du seau sont chronométrées et données ci-après au cours de 4 à 5 essais. En prenant la moyenne des valeurs on peut calculer le débit (Q) précis à 1 ou 2 % près :

- Le 7.09.1981 : t = 19" ; 19,4" ; 19,8" ; 21" ; 21,2" pour 15 l
t moyen = 20" ; $Q = 15/20 = 0,75 \text{ l/s} = 45 \text{ l/mn.}$
- le 8.12.1981 : t = 20" ; 19,6" ; 20" ; 20,4"
t moyen = 20" ; $Q = 15/20 = 0,75 \text{ l/s} = 45 \text{ l/mn}$
- le 29.4.1982 le récipient utilisé mesure 11 litres
t = 12,7" ; 12,9" ; 13" ; 14"
t moyen = 13,15" ; $Q = 11/13,5 = 0,836 \text{ l/s} = 50,2 \text{ l/mn.}$

1.2 - Sources PAPON

1.2.1 - TECHNOLOGIE DES MESURES

Il était connu que l'écoulement de ce groupe de sources présentait des variations, avec un débit de pointe qui se manifestait d'une façon tout à fait audible par un bruit plus fort de la "cascade" sur les trois étages des échelles de pétrification.

Pour connaître précisément l'écoulement, l'eau était dérivée dans une rigole en béton sur laquelle une plaque déversante rectangulaire à contraction latérale était scellée au ciment prompt à chaque contrôle.

Le débit étant fonction de la hauteur d'eau H au-dessus du seuil de la plaque, cette hauteur a été enregistrée à échelle 1/1 au moyen d'un limnigraphe OTT à notation journalière, après mise au point d'un flotteur et d'un contrepoids adaptés.

Les diagrammes obtenus, donnés en annexes, permettent de constater que la hauteur, donc le débit, varient constamment selon une cycloïde régulière ; au cours de chaque cycle, la hauteur augmente progressivement, se stabilise pendant 30 à 40 minutes, monte au maximum en 6 à 7 minutes, culmine pendant 1 à 2 minutes et redescend au minimum en une dizaine de minutes.

Les enregistrements sont très fidèles si l'on excepte quelques glissements de cable de l'ordre de 1 à 2 mm ; les "manipulations" de visiteurs, qui perturbent l'écoulement en introduisant des objets dans les rigoles issues du bassin où aboutit l'eau du groupe de sources, apparaissent sur les diagrammes, puis disparaissent lorsque la circulation normale est rétablie. Pendant la nuit, les visiteurs dorment et l'eau s'écoule en paix très régulièrement.

Pour étalonner la courbe en hauteur, les observateurs ont mesuré au mm près la hauteur H sur un plot repère calé au niveau du seuil du déversoir ; ces mesures sont faites à plusieurs reprises au moment où le stylet enregistreur se trouve sur un point sigulier identifiable, par exemple un palier bas ou intermédiaire.

Il suffit ensuite de reporter ces points de mesure sur le diagramme pour dessiner l'échelle des hauteurs H.

Le débit correspondant à une hauteur donnée H est tiré de la formule générale des seuils déversants :

$$Q = \mu l h \sqrt{2 g h}, \text{ avec}$$

$$\mu = \left[0,385 + 0,025 \left(\frac{1}{L}\right)^2 + \frac{2,41 - 2 \left(\frac{1}{L}\right)^2}{1000 h + 1,6} \right] \times \left[1 + 0,5 \left(\frac{1}{L}\right)^4 \left(\frac{h}{h+p}\right)^2 \right]$$

Dans ces formules, voici la signification des symboles suivie de la caractéristique au cours des enregistrements :

- Q = débit (en m^3/s)
 μ = coefficient de débit
 l = longueur du seuil déversant (0,04 m)
 H = hauteur de la lame d'eau (m)
 g = accélération de la pesanteur (= 9,81 à Paris)
 L = largeur du canal (0,155 m)
 p = hauteur de "pelle" = hauteur du canal à l'amont du seuil (0,09 m).

La formule du coefficient μ , pour un déversoir à contraction latérale, est celle de la S I A S (Société des Ingénieurs et Architectes Suisses).

Le coefficient μ , calculé pour $15 \leq H \leq 70$ mm, varie entre 0,512 et 0,42 pour ces valeurs extrêmes ; à partir de 1â, un abaque du débit Q (en litres/minutes) a été tracé en fonction de H (mm).

Pour évaluer le débit à chacune des périodes d'enregistrement, on a choisi un cycle très régulier et décomposé la courbe en petits éléments de 1 à 6 mm en notant la hauteur moyenne H correspondante. Le tableau ci-après donne un exemple de cette évaluation, avec :

- en 1ère colonne la longueur du tronçon (mm)
- en 2ème " la durée (t) correspondante (mm)
- en 3ème " la hauteur moyenne (H) lue sur la courbe
- en 4ème " le débit (l/mm) lu sur l'abaque en fonction de (H)
- en 5ème " le volume d'eau (litres) écoulé pendant la durée (t)

Le volume total = 2905 litres obtenus en 143,5 minutes permet de connaître le débit moyen :

$$2905 / 143,5 = 20,24 \text{ l/minute.}$$

1.2.2 - DEBITS OBTENUS

L'examen des trois diagrammes annexés montre que la durée d'un cycle est variable :

- avant tous travaux, les 3 et 4 mars 1981, la durée d'un cycle correspondant à la moyenne mesurée sur 14 cycles consécutifs s'établit à 116'26" = 1 h 56'26".
- les 10 et 11 novembre 1981, le débit des sources PAPON subit l'influence des travaux sur le forage A2 distant de 90 m environ ; sur A2 on a déjà pompé dans les premiers jours d'octobre et le forage jaillit par intermittence depuis le 8 octobre après approfondissement de 44,50 à 56,50 m ; du 4 au 7 novembre, A2 est transformé en geyser et, le jaillissement intermittent se poursuit après l'arrêt des éruptions spectaculaires.

EXEMPLE DE CALCUL DU DEBIT SUR LES SOURCES PAPON
A SAINT NECTAIRE (PUY-DE-DOME)

*d'après analyse du cycle n° 5
entre 22 h 36' 30" le 10/11/1981
et 1 h 10' le 11/11/1981*

Longueur (X) du tronçon de courbe (mm)	Durée (t) correspondant à X (mn)	Hauteur (H) (mm)	Débit (Q) correspondant à H (l/mn)	Volume Q x t (litres)
1	5	37	33,7	168,5
1	5	27	22	110
1	5	20,6	15,2	76
3	15	19,5	14	210
4	20	20,2	14,8	296
2	10	22	16,7	167
2	10	23,2	18	180
2	10	25	19,8	198
2	10	26,2	21,2	212
2	10	27	22	220
2	10	28	23,2	232
6	30	29	24,2	726
0,7	3,5	35	31,4	110
TOTAUX	143,5			2905

Débit moyen : $2905 \text{ l} / 143,5 \text{ mn} = 20,24 \text{ l/minute.}$

Du 10 au 11/11/1981 l'enregistrement indique une durée moyenne du cycle égale à 143'18" = 2 h 23' 18". Monsieur PAPON nous communiquait ses propres observations des semaines précédentes ; sur 12 cycles il obtenait les durées moyennes suivantes :

- 9 et 10 octobre 1981	:	t	=	1 h 56' 45"
14 - 15 - - -	:	t	=	2 h 08' 05"
16 - 17 - - -	:	t	=	2 h 08' 45"
18 - 19 - - -	:	t	=	2 h 09' 45"
20 - 21 - - -	:	t	=	2 h 10' 15"
31 - 1er nov. - -	:	t	=	2 h 09' 55"
7 - 8 - - -	:	t	=	2 h 13'
8 - 9 - - -	:	t	=	2 h 24'

- les 29 et 30 avril 1982 la durée moyenne du cycle est passée à 193' = 3 h 13'.

Les débits calculés chaque fois sur un cycle nocturne non perturbé selon la méthode indiquée plus haut, donnent les résultats ci-après :

- le 4 mars 1981, entre 1 h et 2 h 56' 30 " environ le débit moyen est de 42,26 l/minute
- entre 22 h 36' 30" le 10/11/1981 et 1 h 10 le 11/11/1981 le débit moyen est de 20,24 l/minute
- entre 22 h 39' le 29/4/1982 et 1 h 52" le 30/4/1982 le débit moyen est de 19,58 l/minute

2 - REMARQUES ET CONCLUSION

2.1 - Source SIMON

Malgré sa situation à 80 et 160 m environ des deux principaux forages qui "crachent" depuis 5 à 6 mois, la source SIMON n'a pas été influencée puisque, fin avril 1982, son débit serait supérieur de 10 à 12 % à ce qu'il était en septembre 1981.

Comme le montre la température de 24°C à 27°C cette source, dont l'origine est moins profonde, serait légèrement sensible aux précipitations et son débit pourrait augmenter à la fin de l'hiver.

L'analyse jointe montre sa richesse en calcium mais un déficit relatif en Mg, Na, K, HCO₃, Cl et SO₄ par rapport aux sources GIRAUDON, PAPON et aux forages A2 et B1.

2.2 - Sources PAPON

C'est probablement la diminution locale de pression du gaz carbonique par le forage A2 qui expliquerait la diminution du débit naturel des sources PAPON ; il est également probable que la ressource en eau n'est pas atteinte et qu'un pompage peu important permettrait d'extraire l'équivalent du débit manquant.

On notera que le débit est très peu modifié entre le 11/11/1981 et le 30/04/1982 ; si les courbes de variation de la hauteur d'eau sur le déversoir sont différentes, c'est parce que des petits "barrages" aménagés en 1982 dans les rigoles stabilisent la masse d'eau qui s'écoule plus régulièrement aujourd'hui.

La perte de débit des sources PAPON entre début mars 81 et fin avril 82 atteint donc :

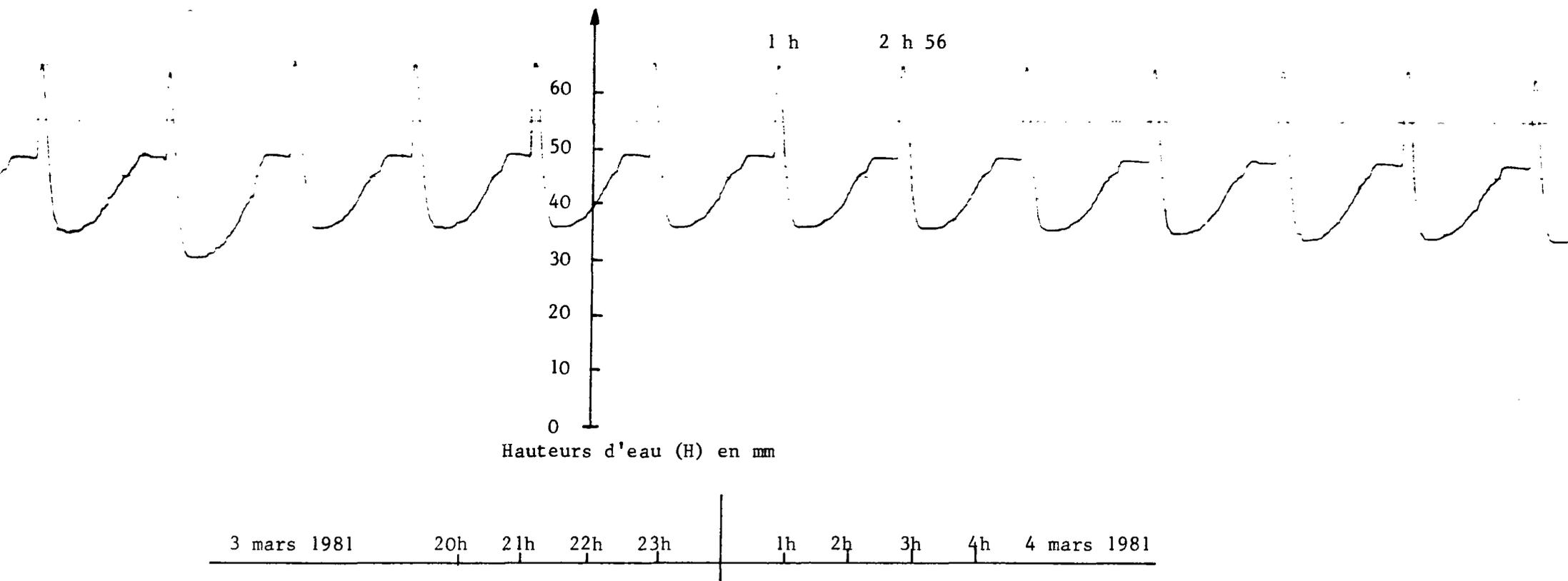
$$42,26 - 19,58 = \underline{\underline{22,68 \text{ litres/minute} = 1,36 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Comme le débit des forages a tendance à décroître faiblement en fonction du logarithme du temps, il s'ensuit que leur influence sur les sources PAPON est maintenant à son maximum et devrait plutôt s'atténuer très légèrement ensuite.

Pour conserver le potentiel hydrothermal de Saint Nectaire nous préconisons de vanner les forages afin de limiter l'écoulement en dehors des périodes d'utilisation ; cette limitation devrait normalement se traduire par une remontée du débit des sources PAPON dans les prochaines années.

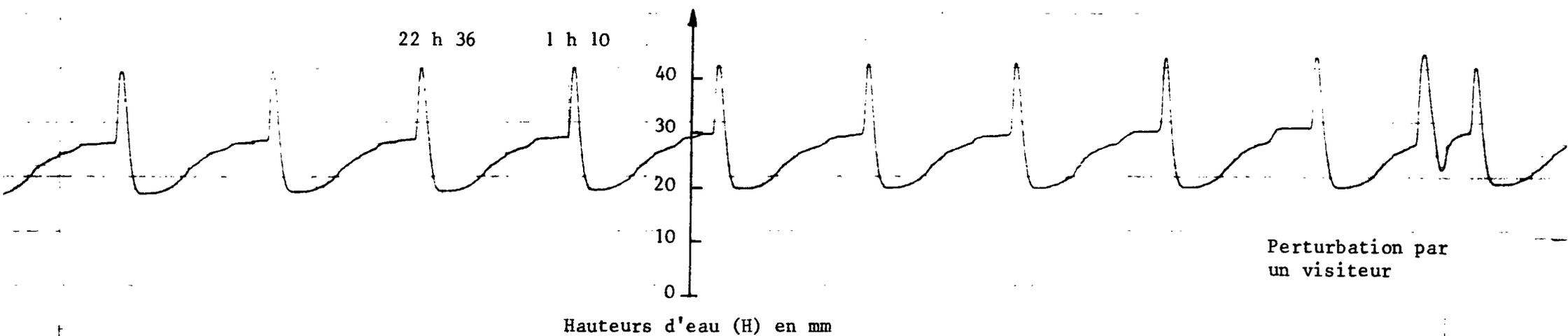
SAINT NECTAIRE (PUY DE DOME) - Sources PAPON

Enregistrement de la hauteur d'eau sur une plaque
déversante pour évaluation du débit de 10-h 24 le 3/03/1981
à 17 h 37 le 4/03/1981



SAINTE NECTAIRE (PUY DE DOME) - SOURCES PAPON

Enregistrement de la hauteur d'eau sur une plaque
déversante pour évaluation du débit de 11 h 19^h le 10/11/1981
à 17 h 54^h le 11/11/1981



10 novembre 1981

21h

22h

23h

1h

2h

3h

11 novembre 1981

→ longueurs : 1 mm = 5 minutes

SAINTE NECTAIRE (PUY DE DOME) - SOURCES PAPON

Enregistrement de la hauteur d'eau sur une plaque
déversante pour évaluation du débit de 10 h 50 le 29/4/82
à 11 h 14 le 30/4/82

Echelles : hauteurs = 1/1
longueurs = 1 mm = 5 minutes

← Début enregistrement
10 h 50 le 29/4/1982

fin enregistrement
11 h 14 le 30/4/1982

Hauteurs (H) en mm
d'eau

13 h 00

16 h 13

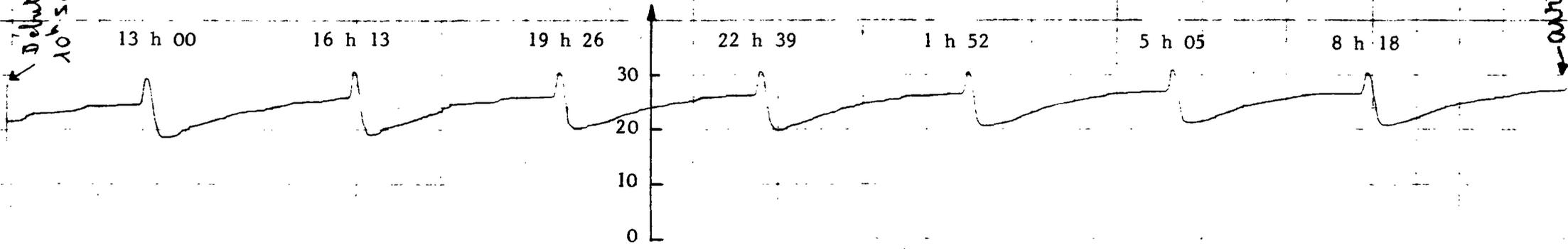
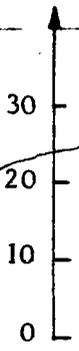
19 h 26

22 h 39

1 h 52

5 h 05

8 h 18



29 avril 1982

30 avril 1982

DESIGNATION	T (°C)	CO ₂ (cm ³ /l)	pH	Eh (mv)	O ₂ (mg/l)	OBSERVATIONS
Forage B1 (30 m)	37	520	6,68	- 190	0,72	eau aérée prise dans un "lac" Nota : les mesures de CO ₂ à l'appareil de Karat sont approximatives
Sources PAPON	32	340	6,95	+ 134	3,30	
Forage A2 (56 m)	55	320	6,80	- 208	0,50	
Source GIRAUDON	36	580	6,47	- 260	0,75	
Source SIMON	27	640	6,38	- 236	0,44	

	Teneurs exprimées en ppm = mg/litre														
	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	F	SiO ₂	Li	Rb	Sr	Fe	Mn
Forage B1 (30 m)	155,4	89,7	1930	215	3415	1686	128	≤ 1,0	1,3	131	13,8	1,6	5,57	0,86	0,04
Sources PAPON	158	91,6	1970	222	3455	1686	124	1,6	1,3	133	14,0	1,7	5,71	≤ 1,0	0,04
Forage A2 (56 m)	155,6	89,8	1910	214	3470	1686	124	≤ 1,0	1,1	137	13,8	1,6	5,42	0,83	0,04
Source GIRAUDON	159,8	92,4	1870	217	3480	1775	128	< 1,0	1,2	133	14,1	1,6	5,54	1,15	0,03
Source SIMON	172,8	74,6	1350	153	2760	1243	92		0,9	105	10,1	1,1	5,17	2,03	0,10

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES SUR L'EAU DE CINQ SOURCES
A SAINT NECTAIRE (PUY-DE-DOME)
PRELEVEMENTS B.R.G.M. DU 7/12/1981 (C. FOUILLAC ; F. IUNDT)

o0o