

VILLE DE VALENCE



RECHERCHE D'EAU POTABLE DANS LES MONTS DU MATIN.

REALISATION D'UN FORAGE DE RECONNAISSANCE A ST VINCENT LA COMMANDERIE (26).

(DEUXIEME PHASE)



R.30360.RHA.45/90

Par P. EBERENTZ

Collaboration F. BALLIN
et Ph. DUBOEUF

R E S U M E

La Ville de VALENCE a le projet d'améliorer la qualité des eaux potables qu'elle exploite actuellement d'une part à COULEURES, THABON et CHABEUIL et d'autre part, à MAUBOULE.

Pour ce faire, les responsables des Services Techniques de la ville ont demandé au Service géologique régional Rhône-Alpes du BRGM de procéder à la recherche d'un site qui répondrait aux critères suivantes :

- être situé à moins de 20 km de VALENCE,
- être localisé entre ROCHEFORT SANSON et COMBOVIN,
- se situer en dehors de la vallée du Rhône dont la nappe d'accompagnement ne présente pas une protection suffisante,
- produire 750 m³/h d'une eau de bonne qualité.

Au vu des contraintes définies par la ville de VALENCE, deux sites ont été proposés par le BRGM :

- ♦ la molasse du Nord de l'Isère,
- ♦ la bordure ouest du Vercors (Monts du Matin).

C'est ce deuxième site qui a été retenu : le BRGM a proposé d'explorer les calcaires du Jurassique Supérieur susceptibles de constituer un aquifère intéressant. La localisation précise du captage a fait l'objet d'un travail de terrain, dont les résultats sont présentés par le Rapport BRGM N°87 SGN 624 RHA.

Rappelons que les Monts du Matin forment le talus du Vercors. Ils sont constitués par un anticlinal fracturé du Crétacé inférieur et du Jurassique. Bien que cette opération soit menée en terrain totalement vierge et dans des conditions difficiles, la mise en évidence d'une ressource en eau souterraine paraît, dans ce cas, particulièrement intéressante en raison de la bonne protection naturelle des eaux souterraines et de la qualité de l'environnement.

Le forage de reconnaissance exécuté dans la bordure ouest du Vercors au droit de St Vincent de la Commanderie (dit F1), a fourni les principaux résultats suivants :

- il existe effectivement dans cette partie du Vercors, une ressource en eau souterraine très prometteuse.
- les débits exploitables en période d'étiage sont de l'ordre de 60 m³/h, alors même que l'aquifère principal n'a pu être atteint du fait du pendage sub-vertical des couches.
- l'eau est dure, elle appartient à la famille bicarbonatée-calcique. Elle est bactériologiquement saine. Seule les valeurs de NH₄⁺ (0,6 mg/l) et Mg⁺⁺ (54 mg/l) sont sensiblement supérieures aux normes de potabilité. Les teneurs excessives en fer sont très vraisemblablement à rapporter aux argiles rencontrées. En revanche, les teneurs en NO₃⁻ sont très faibles (<1 mg/l).
- la nappe rencontrée est la même que celle qui alimente la Source des Carrats. Son extension paraît donc développée.
- la position de l'axe anticlinal peut maintenant être précisée, à l'Est du forage.

L'ensemble de ces informations permet maintenant l'implantation d'un deuxième forage (dit F2), avec une précision suffisante. L'emplacement préconisé se situe dans le thalweg de la Boisse, à quelques centaines de mètres du forage actuel, et présente 4 avantages liés à sa situation :

- sur l'axe de l'anticlinal, où la profondeur du Jurassique Supérieur est la plus faible.
- sur une fracture observée dans la vallée.
- sur l'axe de circulations karstique qui lui correspond.
- à une cote altimétrique moindre que celle du forage actuel, ce qui limitera la profondeur du niveau piézométrique.

La profondeur d'un tel ouvrage devrait être de 500 mètres.

Auteur du Rapport P. EBERENTZ
Collaboration de F. BALLIN
Ph. DUBOEUF

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
<u>1 - HISTORIQUE SOMMAIRE</u>	1
<u>2 - COMPTE RENDU DES TRAVAUX</u>	3
2.1 - COUPE TECHNIQUE DU FORAGE ET ACIFIFICATION	3
2.2 - COUPE GEOLOGIQUE DES TERRAINS TRAVERSEES	4
2.3 - RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI	4
2.4 - INTERFERENCES DU POMPAGE SUR LES POINTS D'EAU VOISINS	5
2.5 - QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX	6
<u>3 - CONCLUSION</u>	11

LISTE DES FIGURES

- 1 - Carte de situation au 1/25.000
- 2 - Coupe géologique et technique
- 3 - Coupes géologiques
- 4 - Pompages d'essai du 18 au 21/08/89. Evolution du niveau piézométrique
- 5 - Pompages d'essai du 27/11/89 au 11/12/89. Evolution du niveau piézométrique
- 6 - Simulation d'exploitation à 60 m³/h pendant 30 jours
- 7 - Simulation d'exploitation à 60 m³/h pendant 415 jours
- 8 - Simulation d'exploitation à 80 m³/h pendant 30 jours

ANNEXES

- 1 - Documentation sur la technique de foration utilisée
- 2 - Planning des travaux de forage
- 3 - Description sommaire des lames minces réalisées sur les cuttings entre 340 et 422 m
- 4 - Fichier des mesures du pompage d'essai réalisé du 18 au 21/08/89
- 5 - " " " " " 27/11 au 11/12/89
- 6 - Analyse chimique du 21/08/89 pratiquée sur les eaux du forage
- 7 - " " 11/12/89 " " "
- 8 - Analyse des eaux de la Source des Carrats (28/08/89)

1 - HISTORIQUE SOMMAIRE

La Ville de VALENCE a le projet d'améliorer la qualité des eaux potables qu'elle exploite actuellement d'une part à COULEURES, THABON et CHABEUIL et d'autre part, à MAUBOULE.

Pour ce faire, les responsables des Services Techniques de la ville ont demandé au Service géologique régional Rhône-Alpes du BRGM de procéder à la recherche d'un site qui répondrait aux critères suivantes :

- être situé à moins de 20 km de VALENCE,
- être localisé entre ROCHEFORT SANSON et COMBOVIN,
- se situer en dehors de la vallée du Rhône dont la nappe d'accompagnement ne présente pas une protection suffisante,
- produire 750 m³/h d'une eau de bonne qualité.

Au vu des contraintes définies par la ville de VALENCE, deux sites ont été proposés par le BRGM :

- ◆ la molasse du Nord de l'Isère,
- ◆ la bordure ouest du Vercors (Monts du Matin).

C'est ce deuxième site qui a été retenu : le BRGM a proposé d'explorer les calcaires du Jurassique Supérieur susceptibles de constituer un aquifère intéressant. La localisation précise du captage a fait l'objet d'un travail de terrain, dont les résultats sont présentés par le Rapport BRGM N°87 SGN 624 RHA.

Rappelons que les Monts du Matin forment le talus du Vercors. Ils sont constitués par un anticlinal fracturé du Crétacé inférieur et du Jurassique. Bien que cette opération soit menée en terrain totalement vierge et dans des conditions difficiles, la mise en évidence d'une ressource en eau souterraine paraît, dans ce cas, particulièrement intéressante en raison de la bonne protection naturelle des eaux souterraines et de la qualité de l'environnement.

Sur le site retenu, il a été exécuté un ouvrage de reconnaissance destiné à vérifier la présence d'un aquifère productif. L'expérience des forages en région calcaire avait conduit le BRGM à préconiser l'exécution d'un minimum de 3 forages pour atteindre le débit fixé par la ville : 750 m³/h. Il était entendu que l'exécution d'un second ouvrage (puis d'un troisième) ne devait être déclenchée qu'en fonction des résultats obtenus sur le premier (puis le deuxième).

La première phase de foration a été effectuée à la fin de l'année 1988. Le creusement de l'ouvrage a été stoppé à 320 m de profondeur en raison des venues d'eau instantanées trop importantes (500 m³/h) et de l'instabilité du trou. La méthode de foration "marteau fond de trou" n'était alors plus adaptée. La foration à la boue bentonitique n'était pas non plus de nature à résoudre le problème.

Le compte rendu des travaux exécutés est présenté par le rapport BRGM N° 89 SGN 143 RHA.

Les principaux résultats sont les suivants :

- le pompage sur une période de trois jours permettait de prévoir un débit d'exploitation proche de 80 m³/h,
- les eaux appartiennent à la famille bicarbonatée- calcique. Elles sont dures : TH = 44° français. Seules les teneurs en NH₄⁺ (0,59 mg/l) ne sont pas conformes aux normes de potabilité (0,50 mg/l). En revanche, les concentrations de nitrates sont très faibles = < 1 mg/l. Cependant cette composition physico-chimique pouvait encore évoluer après un pompage de longue durée.
- le niveau géologique visé, le Jurassique Supérieur, n'a pas été atteint. Le forage est resté sur plusieurs dizaines de mètres dans le Berriasien marno-calcaire, c'est à dire vers la base du Crétacé inférieur.

Pour la dernière considération évoquée ci-dessus, la ville de VALENCE a souhaité poursuivre la foration jusqu'au Jurassique Supérieur. Seule la méthode du "marteau fond de trou" à circulation inverse, permettait de poursuivre la foration sans extraire les fortes quantités d'eau qui destabilisaient le trou.

Les résultats de l'approfondissement et des pompages d'essai sont présentés ci-après.

2 - COMPTE RENDU DES TRAVAUX

2.1 - COUPE TECHNIQUE DU FORAGE ET ACIDIFICATION

La coupe technique du forage est présentée par la figure 2.

L'approfondissement du trou a été réalisé par la technique du "marteau fond de trou" en circulation inverse. Cette technique est présentée par l'annexe 1.

Le détail des opérations et leur planning sont reportés en annexe 2.

Le trou non tubé a été alésé en 8"3/4. C'est dans ce diamètre qu'a été poursuivi le forage jusqu'à 430 m de profondeur. A cette cote, les terrains sont devenus très argileux et instables. L'examen des lames minces exécutées pendant la foration montrait que sur ce site, le Jurassique Supérieur ne pouvait être atteint en raison de la verticalité des strates. De plus, la poursuite de la foration nécessitait la mise en oeuvre de la technique du Rotary, dont l'incidence financière était importante. Pour ces deux raisons et d'un commun accord entre la ville de VALENCE et le BRGM, l'ouvrage a été stoppé et acidifié.

Au total 10 tonnes d'acide chlorydrique poussées par l'air sous pression (20 bars) ont été injectées dans l'ouvrage. L'acide a été maintenu deux heures dans l'ouvrage. La pression en chutant jusqu'à 2 bars mettait en évidence la bonne pénétration de l'acide dans les terrains. A l'issue de cette opération, un soufflage de 12 heures à l'air lift a permis de récupérer la quasi totalité de l'acide neutralisé.

2.2 - COUPE GEOLOGIQUE DES TERRAINS TRAVERSEES

La coupe géologique des terrains rencontrés est donnée par la figure 2. Au cours de la foration, les horizons géologiques étaient constitués par des calcaires marneux et des calcaires. A 398 m de profondeur, les terrains sont devenus très argileux. L'analyse des lames minces a conclu à la présence très probable du Berriasien jusqu'à 430 m de profondeur.

Les coupes présentées par la figure 3 présentent l'interprétation de la géologie locale, telle qu'elle peut être déduite de la carte géologique, de l'étude d'implantation du forage et des résultats acquis à partir de celui-ci.

Le forage n'a donc reconnu que le Valanginien et le Berriasien. Cette dernière formation est donc située en position pseudo-verticale. Elle constitue le flanc ouest de l'anticlinal.

2.3 - RESULTATS DES POMPAGES D'ESSAI

Deux campagnes de pompages d'essai ont été réalisées sur le site. La première du 18 au 21 août 1989 pendant 76 heures selon le scénario suivant :

				<u>Débit</u>
-	0	à	35 mn	: 48 puis 44 m3/h
-	35	à	36 mn	: arrêt
-	36	à	81 mn	: 97 m3/h
-	81	à	99 mn	: arrêt
-	99	à	154 mn	: 115 m3/h
-	154	à	155 mn	: arrêt
-	155	à	4554 mn	: 90 puis 79 m3/h

Le détail des mesures est présenté par l'annexe 4 et la figure 4.

Ces résultats montrent qu'à l'issue des pompages à 79 m3/h, le rabattement de la nappe était de 69 m (niveau piézométrique initial : 50,47 mètres). Le niveau d'eau n'était pas stabilisé.

Le second pompage a été poursuivi du 27/11/1989 au 11/12/1989. Le débit de pompage s'est progressivement adapté aux capacités de l'ouvrage. Il a évolué de 94,7 m3/h à 55,4 m3/h. La pompe était placée à 120 m de profondeur.

Les résultats des mesures sont consignés en annexe 5. La figure 5 présente les courbes d'évolution du niveau piézométrique. Sur cette figure, les + représentent les points mesurés et la courbe l'évolution, simulée par le logiciel ISAPE, de l'évolution du niveau piézométrique. Le calage point mesuré - point simulé est presque parfait malgré les variations de débits. Les paramètres hydrauliques sont :

- Transmissivité : $2,7.10^{-4}$ m²/s
- Coefficient d'emmagasinement : $2,1.10^{-3}$

Le rabattement final après 15 jours de pompage était donc de 63 m.

Dans ce cas également, le niveau d'eau n'était pas stabilisé. La modélisation des résultats de ce pompage permet de procéder à la simulation d'une exploitation.

Les résultats sont présentés par les figures 6, 7 et 8.

<u>Débit</u> (m ³ /h)	<u>Durée</u> (jour)	<u>Rabattement</u> (mètres)
60	30	76
60	415	108
80	30	101

Ces valeurs donnent une idée de la productivité de cet ouvrage sur des longues durées en période d'étiage.

Pour évaluer le rythme et l'intensité de l'alimentation de la nappe, par les précipitations, il serait judicieux d'équiper dès à présent, le forage d'un appareil enregistreur des niveaux d'eau.

2.4 - INTERFERENCE DU POMPAGE SUR LES POINTS D'EAU VOISINS

L'inventaire complet des sources a été effectué dans un rayon de 2500 m autour du forage.

Au total 12 points d'eau ont été recensés et contrôlés. Les mesures ont été réalisées avant le pompage, pendant et 10 jours après celui-ci. Les résultats sont consignés dans le tableau présenté ci-après.

L'examen des résultats confirme l'existence des interférences du pompage avec la Source des Carrats. Il est peu probable que la Source de Matras soit influencée. Si c'est le cas, l'incidence du pompage est très faible. Aucun des autres points d'eau n'a été influencé de façon décelable par le pompage. Pendant celui-ci, le niveau des nappes d'eau souterraines a baissé de façon naturelle. C'est le cas de la Source de la Garde et de l'AEP de Charpey.

2.5 - QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Les prélèvements d'eau ont été effectués pendant le premier pompage (21 août 1989) et à l'occasion de l'essai de longue durée (novembre à décembre 1989).

Les résultats de ces analyses sont présentés respectivement par les annexes 6 et 7.

PARAMETRES	20/12/88	14/01/89	21/08/89	11/12/89	Source Carrats
Odeur	N	N	N	N	N
Saveur	N	N	N	ND	ND
Couleur	< 5	< 5	10	10	05
Turbidité (NTU)	0,2	0,7	6,7	5	0,6
pH	7,75	7,6	7,1	7,3	6,8
Résist. 20° Ω.cm	1400	1340	1335	1295	1345
Conduct. 20° µS/cm	713	747	749	773	744
RS 110 (mg/l)	-	540	607	594	561
RS 550 (mg/l)	-	340	380	375	417
Ox K MnO4 (mg/l)	0,25	0,50	0,30	0,35	0,40
tH °Fr	42	48	53	53,2	44
TAC °Fr	36,9	40	43	9	50
Ca ⁺⁺	-	102	123	124	178
Mg ⁺⁺ (50)	-	54	55	54	22
Na ⁺ (150)	10,8	10	10	9,6	7

PARAMETRES		20/12/88	14/01/89	21/08/89	11/12/89	Source Carrats
K+	(12)	-	9,2	8,2	8,6	2,6
NH4+	(0,5)	0,58	0,58	0,6	0,61	<0,1
HCO3-		450	490	532	-	612
Cl-	(250)	2,4	2,5	8,5	3,9	3,3
SO4--	(250)	74	77	78	-	18
NO3-	(50)	< 1	< 1	< 1	< 1	1,8
NO2-	(0,1)	0,09	0,02	< 0,02	0,03	< 0,02
PO4---	(5)	-	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05
SiO2		-	10,5	9,8	8,3	11,2
Fe	(0,2)	< 0,1	0,1	0,35	0,50	< 0,10
Mn	(0,05)	-	< 0,05	< 0,05	<0,05	< 0,05
Al	(0,2)	-	< 0,01	0,038	0,017	0,010

Interprétation des analyses :

L'eau du forage appartient à la famille bicarbonatée-calcique. Elle présente un TH élevé et des teneurs en Fer supérieures aux normes : 0,5 mg/l (N = 0,2 mg/l).

Il est fort probable que cet excès soit dû à la présence de matières en suspension présentes dans les eaux en raison des niveaux argileux, non aveuglés de la base du forage. L'équipement adéquat de l'ouvrage devrait permettre de parer à cet inconvénient.

L'excès de NH4+ peut être rapporté à la position de confinement de la nappe. Les teneurs en Mg++ (54 mg/l) sont également au-dessus du seuil de potabilité.

En revanche, l'absence de germes pathogènes et de NO3- sont des caractéristiques favorables.

En résumé, l'exploitation de cette eau dure, bicarbonatée-calcique devra subir un traitement pour le NH_4^+ . Les valeurs de Mg^{++} sont également légèrement supérieures aux normes. L'adaptation du forage devrait permettre d'abaisser les fortes teneurs en fer.

Par ailleurs, la comparaison des eaux du forage avec celles de la Source des Carrats, influencée en pompage, montre que les eaux de ces deux sites ont des origines partiellement distinctes :

	<u>Forage</u>	<u>Source Carrats</u>
Ca^{++} (mg/l)	124	178
Mg^{++} (mg/l)	54	22
K^+ (mg/l)	8,6	2,6
SO_4^{--} (mg/l)	78	18

Les différences importantes mettent en évidence l'arrivée d'eaux profondes dans le forage. En effet, des valeurs aussi élevées en SO_4^{--} , Mg^{++} et K^+ sont rarement observées dans le type de calcaire rencontré par le forage.

Source et N°	Description	Début du pompage le 27/11/89 Fin du pompage le 11/12/89						Observations
		DEBIT						
		24/10	28/11	29/11	07/12	11/12	22/12	
(1) Source des Carrats	Captage drains et puits dans éboulis. Alimente St Vincent de la Commanderie	6 m ³ /h =>0 m ³ /h après 24 h de pompage.	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	Source influencée
(2) Source des Escaliers	Source exhaure correspond à 1 contact entre 2 bancs calc.	0,200 m ³ /h				0,18 m ³ /h		pas d'influence
(3) Source de la Boisse	Griffon dans calcaire blanc cristallin	6 m ³ /h				5,5 m ³ /h		pas d'influence
(4) Source Bachasseur	Griffon dans calcaire blanc	2 m ³ /h				1,9 m ³ /h		pas d'influence
(6) Source de la Garde	Captage drains et puits dans éboulis +alluv. Alimentation Charpey et St Didier Charpey	6,5 m ³ /h		6 m ³ /h		5 m ³ /h		légère diminution du débit non attribuée au pompage
(7) Source de Matras	Utilisée irrigation résurgence niveau contact alluv. calc. - mesure haut. d'eau par limnigraphe	30 à 35 m ³ /h limni à 23 cm		20 à 30 m ³ /h limni à 14 cm		20 à 30 m ³ /h limni à 12 cm	30 m ³ /h limni à 14 cm	Possédons pas enregistrement au-delà du 4/12. Influence possible et faible

Source et N°	Description	Début du pompage le 27/11/89 Fin du pompage le 11/12/89						Observations
		DEBIT						
		24/10	28/11	29/11	07/12	11/12	22/12	
(8) Source Gali-nière Sud	Captage griffon par galerie de 100 m de long environ	0,400 m ³ /h				0,400 m ³ /h	0,400 m ³ /h	pas d'influence
(9) Source Gali-nière Nord	Griffon capté dans pré sortie du karst	0,300 m ³ /h				0,350 m ³ /h	0,350 m ³ /h	pas d'influence
(10) Source Bauva-relle	Conduit karsti-que capté par galerie 101 m de profondeur utilisé pour 18 habitations à St Vincent la Commanderie	0,92m ³ /h		0,8 m ³ /h		0,85m ³ /h	0,87m ³ /h	pas d'influence
(10) Source Soulier	Source proche de Commanderie captée par galerie dans formations superf.	0,150 m ³ /h				0,150 m ³ /h	0,140 m ³ /h	pas d'influence
(11) Source Ruchet	Petite fontaine eau captée par drains formations superfic.	0,120 m ³ /h		0,120 m ³ /h		0,128 m ³ /h	0,130 m ³ /h	pas d'influence
Puits AEP de Charpey	Puits AEP de Charpey				NS à 16m			diminution durant le pompage du débit exploitation 18 à 12m ³ /h influence improbable

6 - CONCLUSION

L'étude préliminaire conduite en 198 à la demande de la Ville de VALENCE, avait montré que le Vercors recèle une ressource en eau importante et bien protégée des pollutions. Cependant, le caractère karstique des formations géologiques et la rareté des forages réalisés dans la région, rendent plus difficile la connaissance que l'on peut avoir de la ressource.

Le forage de reconnaissance exécuté dans la bordure ouest du Vercors au droit de St Vincent de la Commanderie (dit F1), a fourni les principaux résultats suivants :

- il existe effectivement dans cette partie du Vercors, une ressource en eau souterraine très prometteuse,
- les débits exploitables en période d'étiage sont de l'ordre de 60 m³/h, alors même que l'aquifère principal n'a pu être atteint du fait du pendage sub-vertical des couches,
- l'eau est dure, elle appartient à la famille bicarbonatée-calcique. Elle est bactériologiquement saine. Seule les valeurs de NH₄⁺ (0,6 mg/l) et Mg⁺⁺ (54 mg/l) sont sensiblement supérieures aux normes de potabilité. Les teneurs excessives en fer sont très vraisemblablement à rapporter aux argiles rencontrées. En revanche, les teneurs en NO₃⁻ sont très faibles (<1 mg/l).
- la nappe rencontrée est la même que celle qui alimente la Source des Carrats. Son extension paraît donc développée.
- la position de l'axe anticlinal peut maintenant être précisée, à l'Est du forage.

L'ensemble de ces informations permet maintenant l'implantation d'un deuxième forage (dit F2), avec une précision qui, sur le plan technique est suffisante. L'emplacement préconisé se situe dans le thalweg de la Boisse, à quelques centaines de mètres du forage actuel, et présente 4 avantages liés à sa situation :

- sur l'axe de l'anticlinal, où la profondeur du Jurassique Supérieur est la plus faible.
- sur une fracture observée dans la vallée.
- sur l'axe de circulations karstique qui lui correspond.
- à une cote altimétrique moindre que celle du forage actuel, ce qui limitera la profondeur du niveau piézométrique.

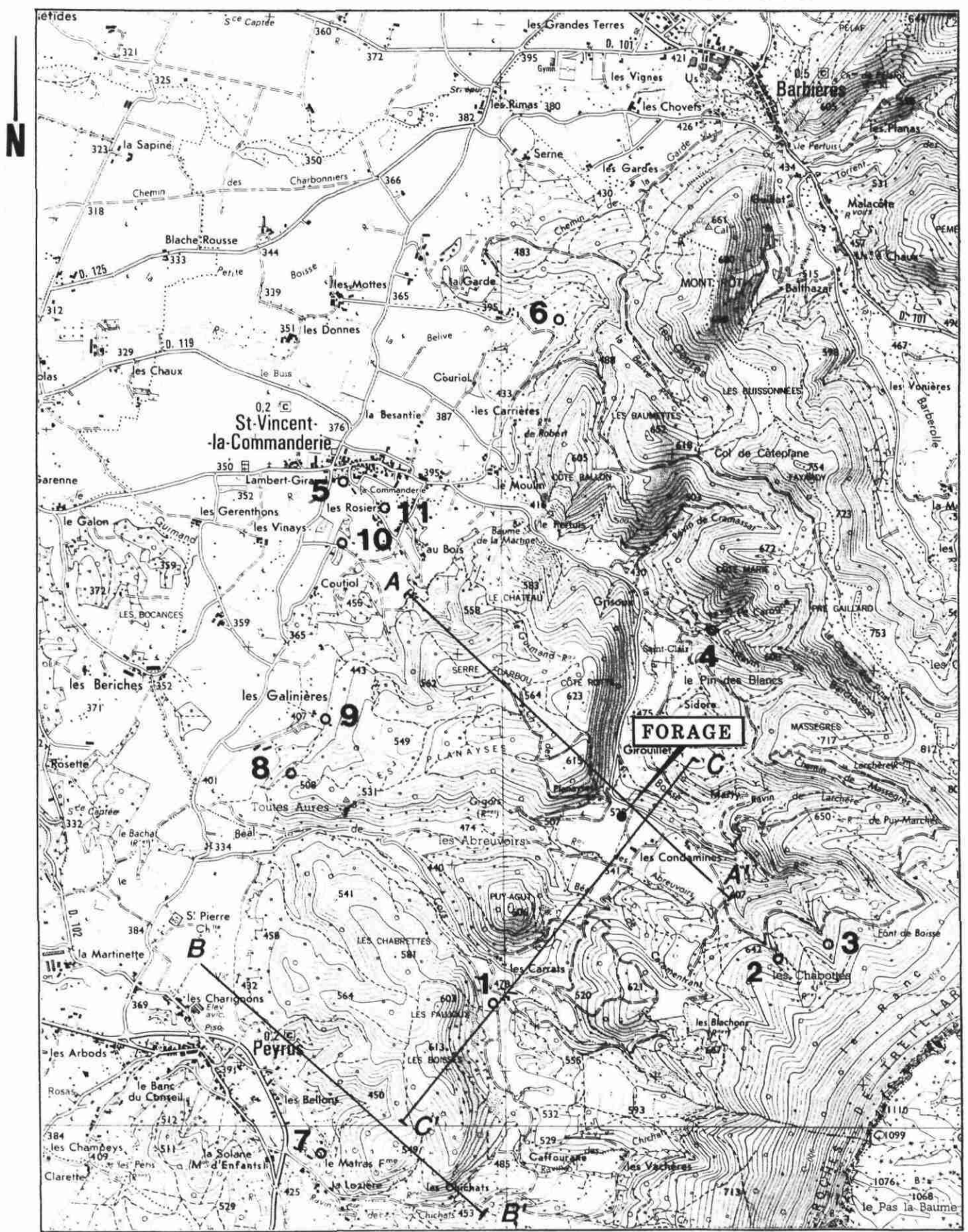
La profondeur d'un tel ouvrage devrait être de 500 mètres pour pénétrer de façon efficace dans le Jurassique Supérieur.

Dans le cas de résultats positifs à partir de cet ouvrage, c'est dans cette vallée que devra être implanté un champ captant.

CARTE DE SITUATION

ECHELLE 1/25 000

LOCALISATION DU FORAGE ET DES SOURCES



COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE

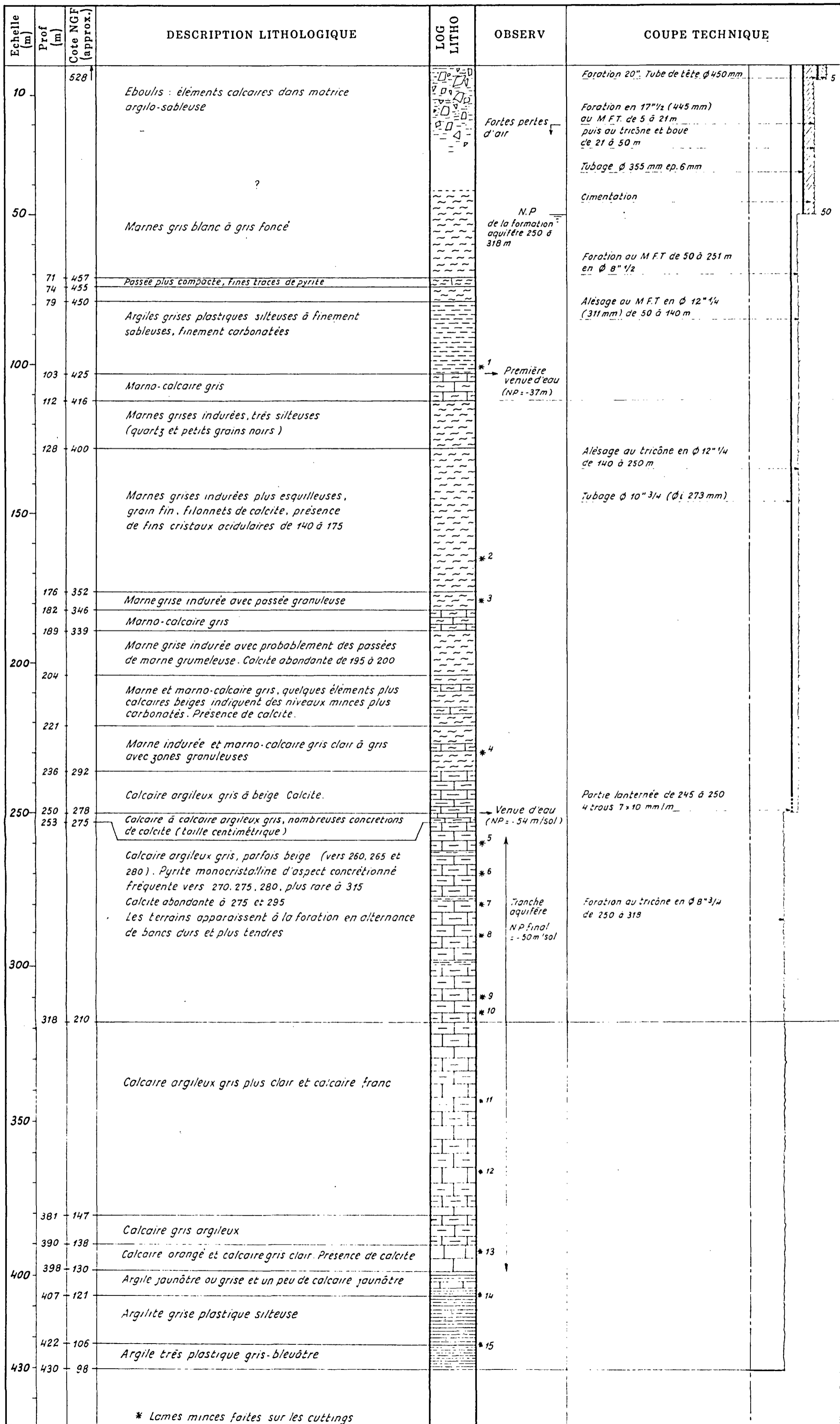
Figure 2

Désignation : Forage de reconnaissance
de ST.VINCENT DE LA COMMANDERIE
Commune : St. Vincent de la Commanderie (26)
Maitre d'ouvrage : Ville de Valence
Maitre d'oeuvre : BRGM SGR Rhône-Alpes
Entreprise : S.A. Boniface

N° national : 819.2X.25

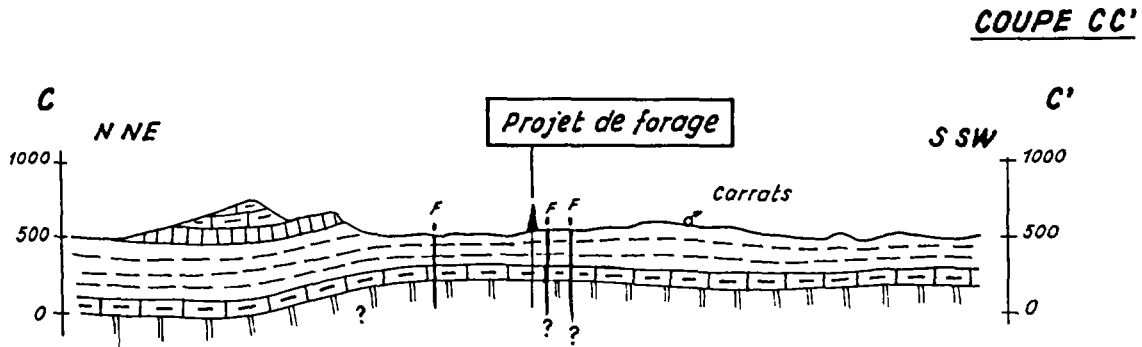
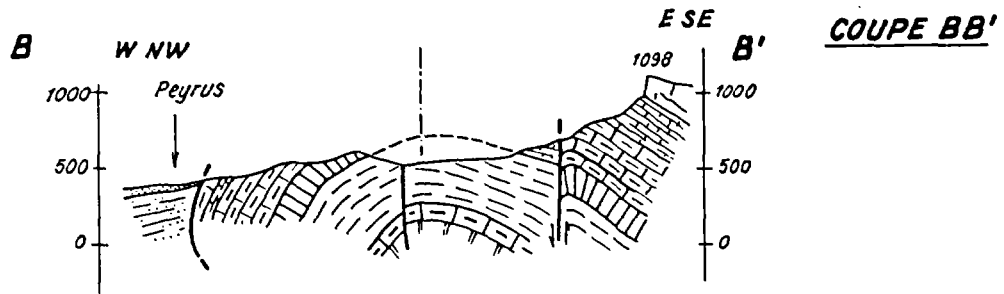
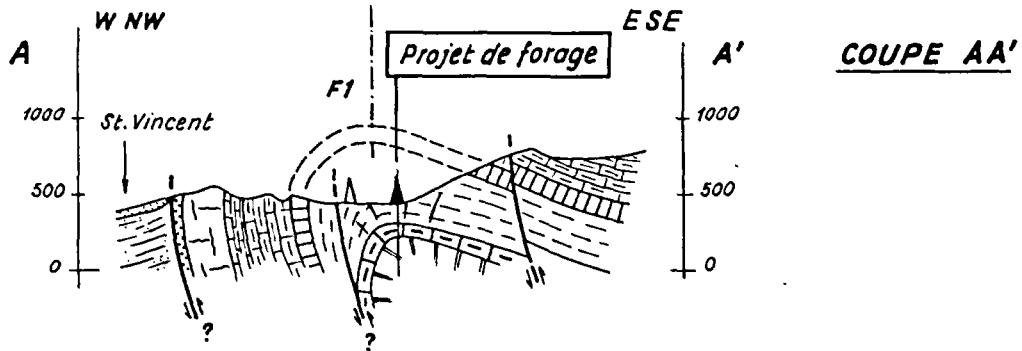
x : 820,92 y : 1995,35 z : 528 (cote sol)

Début des travaux de forage : 26.10.88
Fin des travaux de forage : 19.12.88



COUPES GEOLOGIQUES SCHEMATIQUES

voir situation des coupes fig. 1

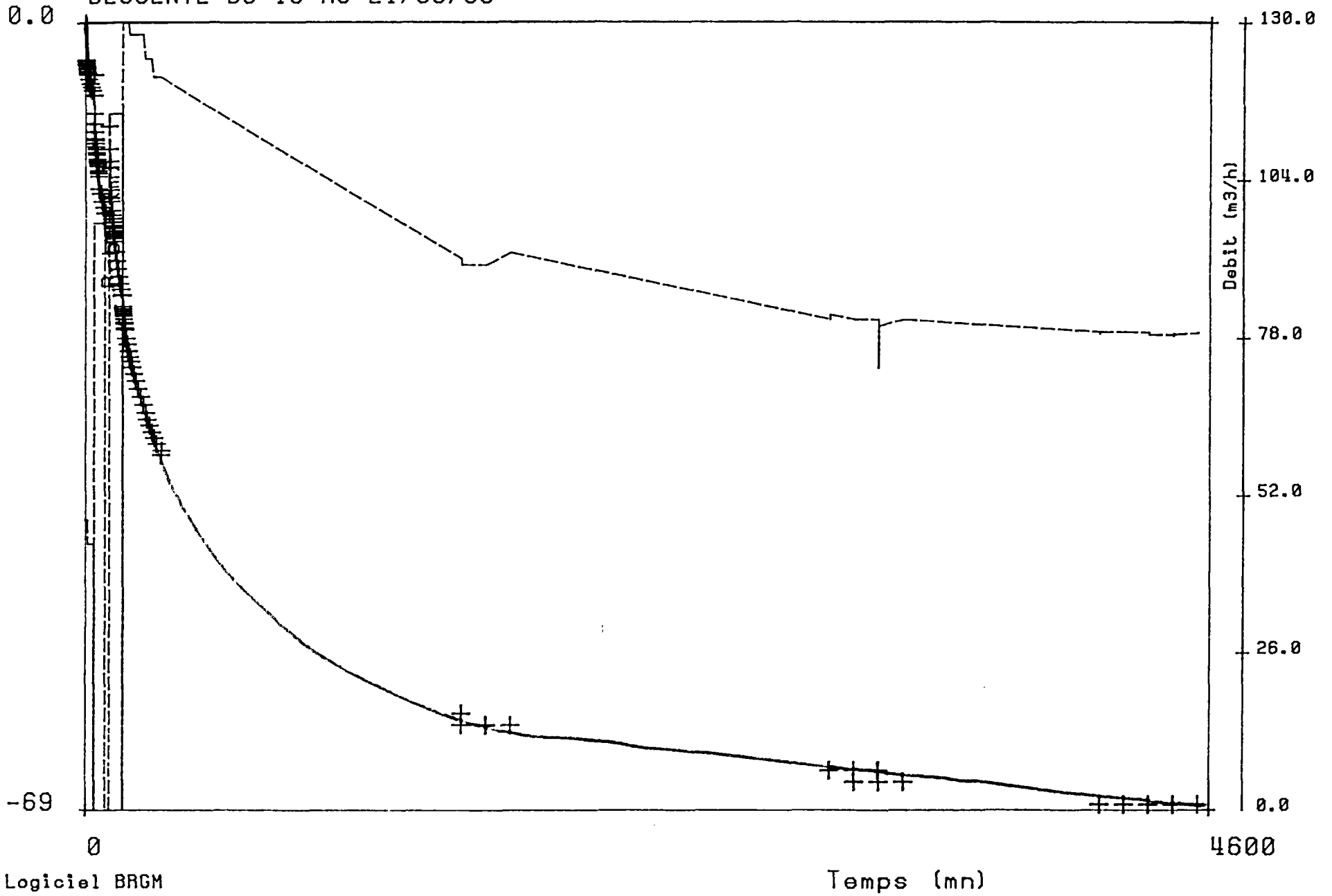


Echelle 1/50 000

- | | | |
|---------|---|---|
| F | / | Faille |
| m2 | | Vindobonien (calcaires gréseux et sables molassiques) |
| e | | Eocène (sables fluviatiles) |
| U(n4-5) | | Urgonien (calcaires massifs) |
| n4a | | Barrémien inf. (calcaires marneux) |
| n3 | | Hauterivien (calcaires marneux) |
| n2b | | Valanginien sup. (calcaires zoogènes et marnes) |
| n2a | | Valanginien inf. (calcaires marneux) |
| n1 | | Bérriasien (alternances marno-calcaires) |
| J9 | | Tithonique (calcaires fins) |

POMPAGE D'ESSAI - EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE

DESCENTE DU 18 AU 21/08/89



Logiciel BRGM

Temps (mn)

4600

Figure 4

POMPAGE D'ESSAI - EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE

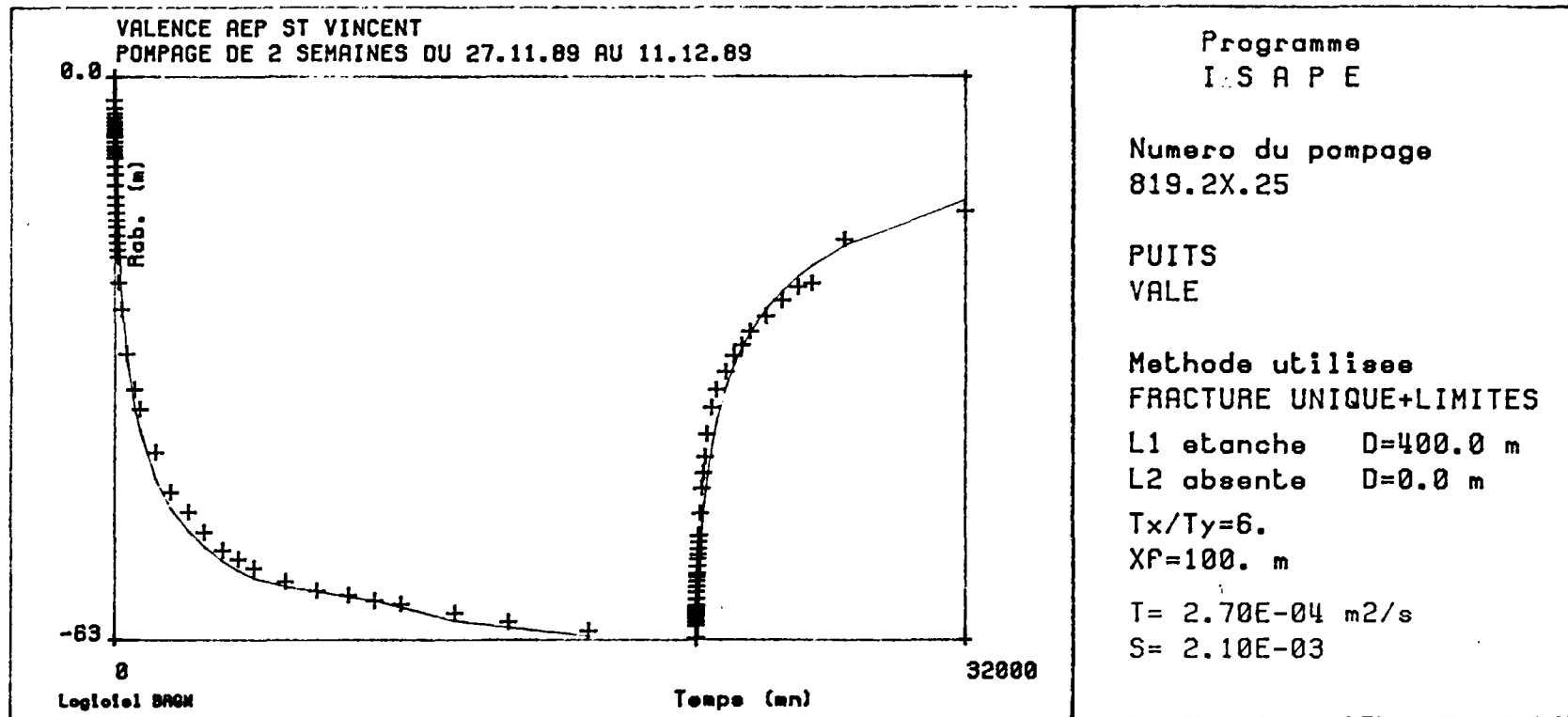


Figure 5

60 m3/h 1 mois

Programme
I S R P E

Numero du pompage
319.2X.25

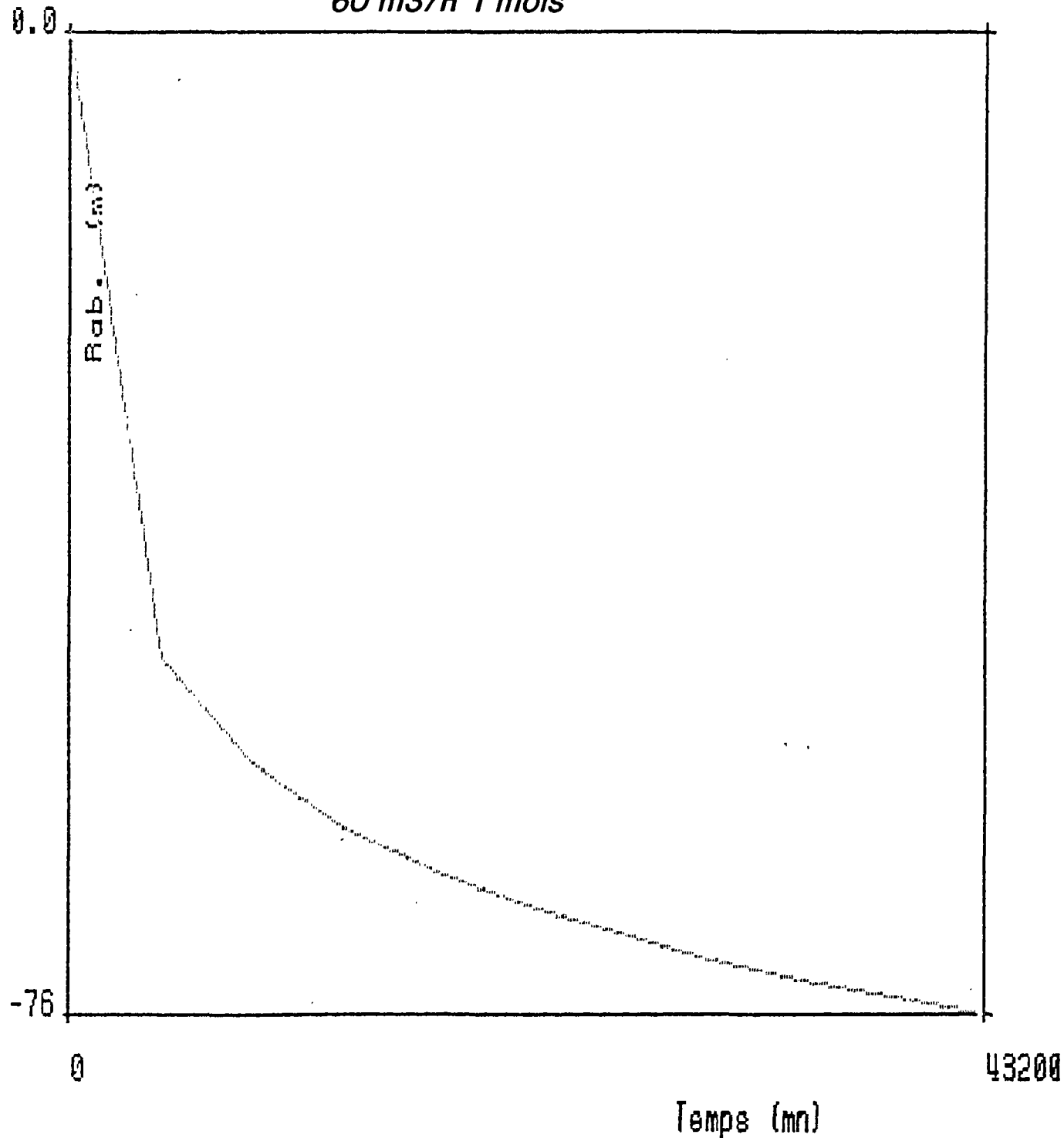
Non du Forage
VALE

Nature du Forage
PUITS

Aquifere teste
CALCAIRES CJS

$T = 2.70E-04 \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = 2.10E-03$

CENTO



Logiciel BAGM

Temps (mn)

22

Figure 6

Programme
I S R P E

Numero du pompage
010.20.05

Non du forage
VRIE

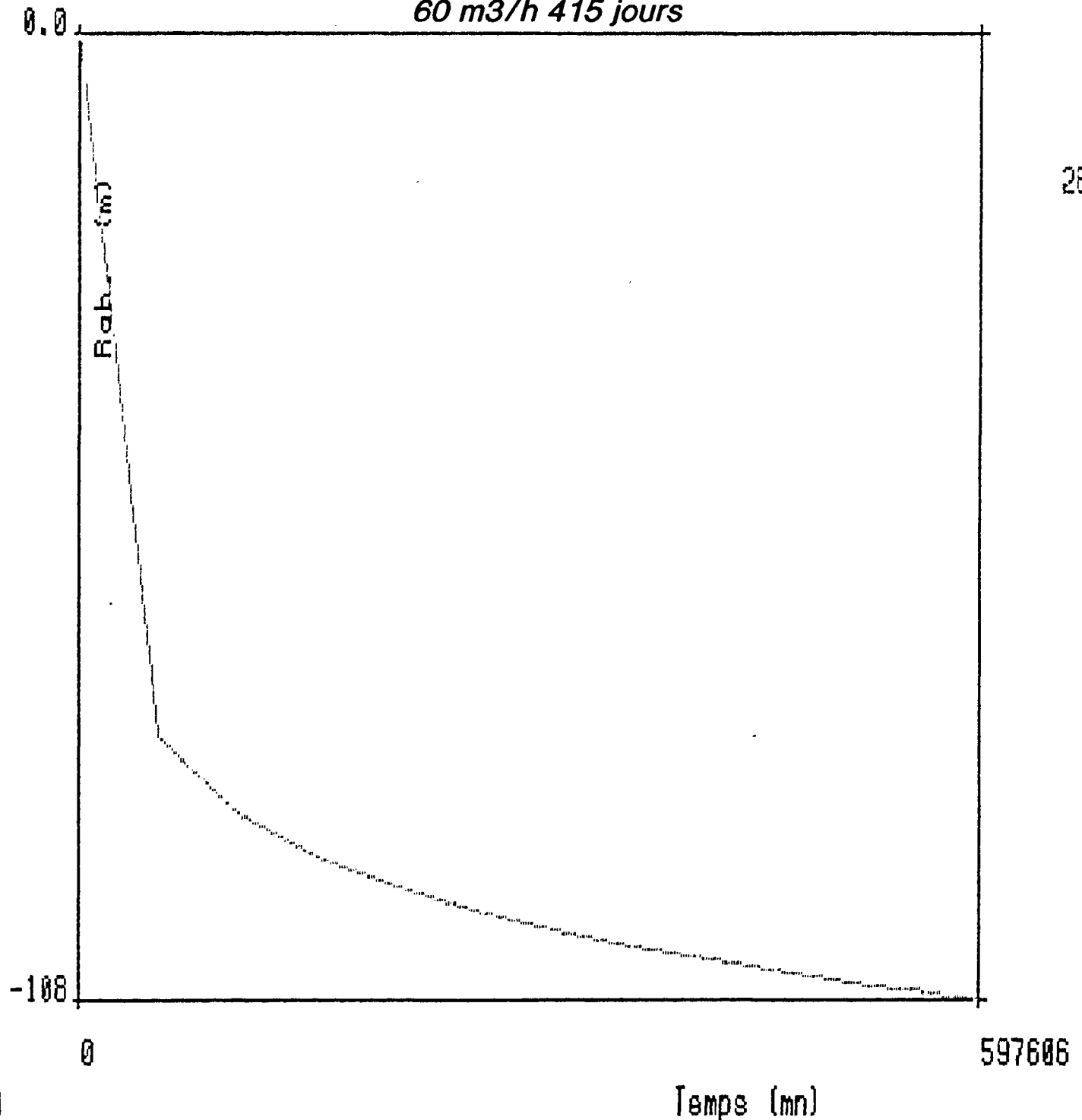
Nature du forage
PUITS

Aquifers teste
CALCAIRES CJS

$T = 2.70E-04 \text{ m}^2/\text{a}$
 $S = 2.10E-03$

CENTO

60 m³/h 415 jours



28

Logiciel BRGM

Temps (mn)

Figure 7

Programme
I S R P E

Numero du pompage
019.2X.25

Non du Forage
VALE

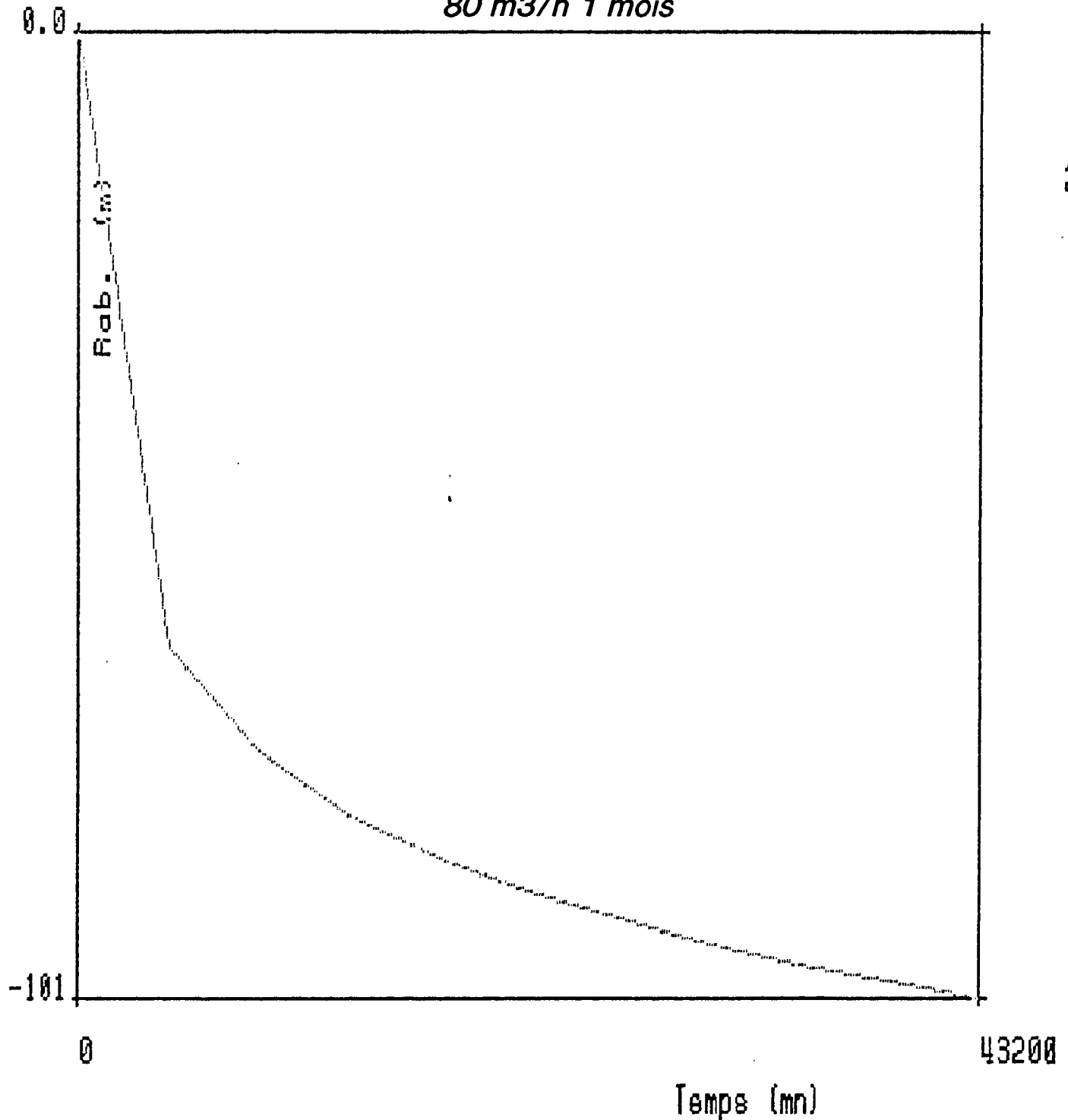
Nature du Forage
PUITS

Aquifere teste
CALCAIRES CJS

$T = 2.70E-04 \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = 2.10E-03$

CENTO

80 m³/h 1 mois



Logiciel BAGM

Temps (mn)

24

Figure 8

ANNEXES

ANNEXE 1

DOCUMENTATION SUR LA TECHNIQUE DE FORATION UTILISEE

Forage à l'air en circulation inverse au marteau fond de trou.

*Mise au point par un entrepreneur du Gard
cette technique donne de bons résultats et permet des économies*

Les différentes techniques de forage peuvent être caractérisées par :

- le type d'outil qui découpe la roche : tricone (outil à molettes) ou marteau fond de trou ;
- la nature du fluide (boue, eau ou air) qui transporte les déblais (cuttings) du fond de trou jusqu'à la surface du sol ;
- le sens de circulation du fluide : celui-ci est direct lorsque le fluide est injecté à l'intérieur du train de tiges (garniture) et remonte les cuttings par l'espace annulaire entre le forage et la garniture ; il est inverse, lorsque le fluide (boue ou eau) descend dans ce même espace annulaire et remonte les cuttings par l'intérieur du train de tiges.

Les techniques de forage conventionnelles sont :

- le forage au tricone, à la boue, en circulation directe (cas général du forage pétrolier, par exemple) ;
- le forage à l'air, au marteau fond de trou, également en circulation directe (cas général des forages d'eau dans les régions de socle cristallin, Bretagne et Afrique de l'Ouest par exemple).

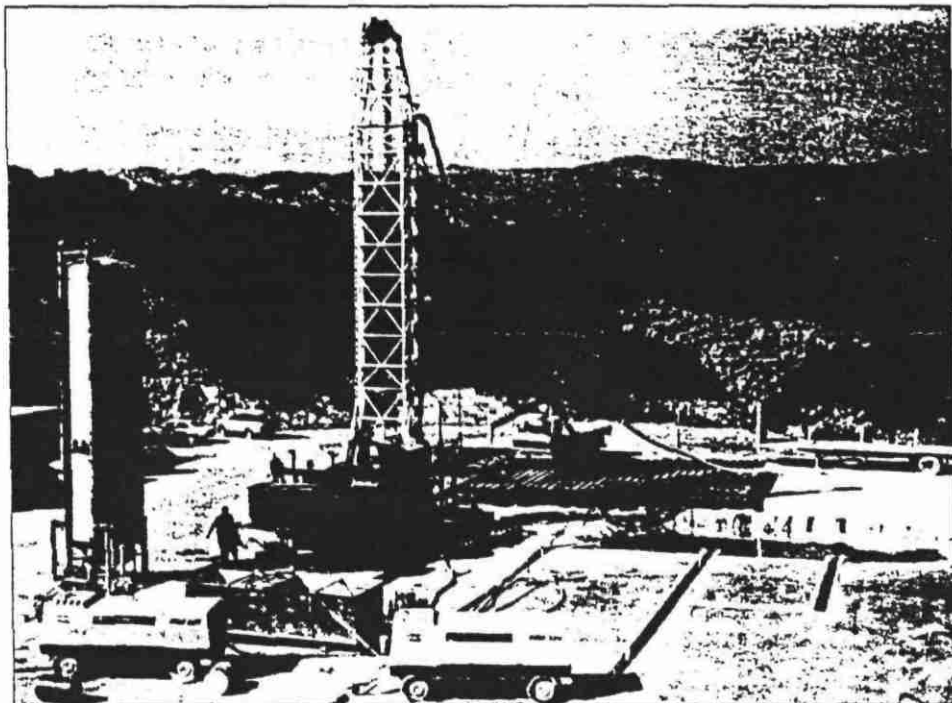
La société Boniface de Lunel (Hérault) a développé récemment la technique du forage à l'air, au marteau fond de trou, en circulation inverse. Pour ce faire, elle a mis au point et breveté un nouveau type de garniture de forage (tiges à double parois et bloc distributeur d'air).

Le principe

L'air sous pression est injecté à l'intérieur de l'espace annulaire des tiges à double parois coaxiales (2), pénètre dans le bloc distributeur (3), sort à hauteur du marteau fond de trou (4) pour en assurer le fonctionnement, permet ensuite l'évacuation et la remontée des cuttings par le tube intérieur des tiges à double paroi. Une vitesse de l'ordre de 1 000 m par minute est maintenue dans le tube intérieur ; elle est indépendante du rapport entre les diamètres du trou et du train de tiges.

Les équipements

Les tiges à double parois (2), de conception robuste, sont d'un emploi simple et rapide. Elles sont constituées par un tube extérieur de diamètre 7 5/8", et un tube intérieur de diamètre 5 1/2",



Le chantier de forage de Saint-Hippolyte-du-Fort : un trou de 400 m de 17 1/2" en roche dure.

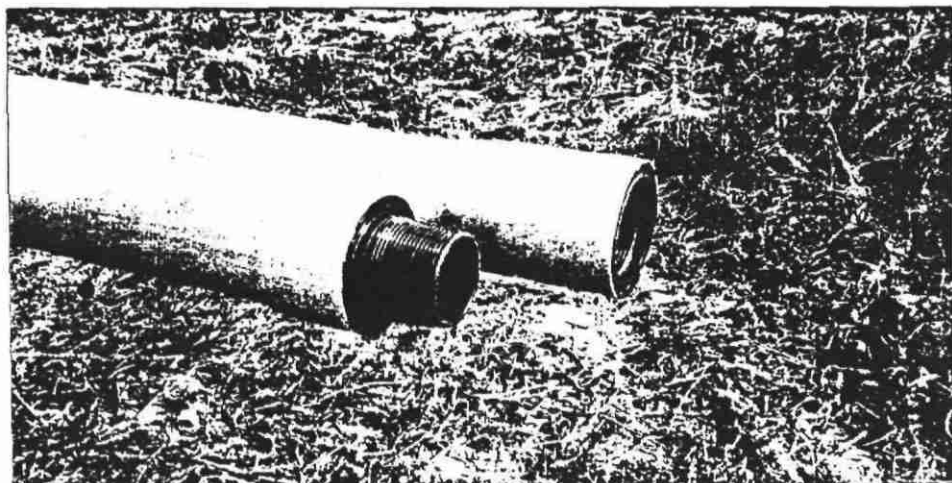


Photo 1. - Les tiges à double parois avec filetage conique API.

avec un filetage cône API (5"1/2 IF) de type pétrolier (photo 1); le vissage et le dévissage s'effectuent comme ceux des tiges conventionnelles. Le diamètre du passage du tube intérieur est de 4"3/4, c'est-à-dire suffisamment important pour réduire au minimum les pertes de charge.

Le bloc distributeur stabilisateur (3) a plusieurs rôles :

- faire passer l'air dans le circuit descendant pour assurer le fonctionnement du marteau fond de trou ;
- faire passer, par l'intermédiaire d'un raccord croisé, l'air et les cuttings dans le circuit ascendant, c'est-à-dire dans le tube intérieur des tiges à double parois ;
- assurer la verticalité du trou ;
- isoler le fond de trou de la partie du forage située au-dessus de ce dispositif ; il a le même diamètre que l'outil de forage et constitue une pièce déterminante de la technique de forage à circulation inverse.

Le marteau fond de trou conventionnel (4) est équipé d'un outil à fond plat (taillant) dont la partie coupante est composée de boutons en carbure de tungstène insérés dans la tête du taillant (photo 2). Le diamètre des taillants est en général compris entre 6" et 30" (152,4 à 762 mm).

Meilleure information géologique

Les avantages découlant de la technique du forage à l'air, en circulation inverse, au marteau fond de trou, sont indiqués ci-après, principalement les avantages de la circulation inverse qui constitue l'originalité de la technique de forage développée par la société Boniface.

○ *L'information géologique est précise et quasi instantanée.* Les cuttings recueillis à la sortie du forage proviennent, à grande vitesse, du seul fond de trou et sont de dimensions centimétriques ; il n'y a pas, en particulier, de mélange avec des cuttings provenant de l'érosion du trou, au cours de la remontée.

○ *L'information géologique est continue* (taux de récupération des cuttings : 100 %). La traversée des zones fissurées, fracturées ou cavernueuses, se traduit le plus souvent par des pertes partielles ou totales du fluide de circulation (air, eau ou boue) dans les techniques de forage conventionnelles (circulation directe). Au contraire, la remontée des cuttings par le train de tiges élimine les pertes de fluide et de cuttings et les risques associés tels que le colmatage et la pollution éventuelle des aquifères ou le coincement de la garniture.

○ *Les arrivées successives de fluides sont individualisées.* On peut ainsi en identifier les caractéristiques physico-chimiques respectives et leur importance relative contrairement à la méthode du forage à l'air en circulation directe qui ne permet d'obtenir que des informations globales sur les réservoirs traversés.

1 Tige à double parois filetages Apl. - 2 Bloc distributeur stabilisateur. - 3 Marteau « fond de trou ». - 4 Tête de rotation. - 5 Tête d'injection d'air. - 6 Récupération des cuttings. NB : les flèches indiquent le sens de circulation de l'air.

Economies

La réduction du débit d'air nécessaire à la remontée des cuttings est très importante ; par exemple, pour réaliser un forage de 17"1/2 (444,5 mm), le débit d'air est de l'ordre de 25 m³/minute en circulation inverse et de 5 à 6 fois plus élevé en circulation directe. Autrement dit, la circulation inverse permet de forer des ouvrages en gros diamètre, avec des investissements et des dépenses d'exploitation réduits (compresseurs de moindre puissance).

L'absence de turbulence au-dessus du bloc distributeur stabilisateur favorise la stabilité du trou accroît la longévité du train de tiges qui ne subit pas d'érosion externe. La surface lisse intérieure des tubes internes favorise moins la turbulence dans le flux de remontée que la géométrie de l'espace annulaire.

A la technique de circulation inverse à l'air, est associé en général l'utilisation d'un marteau fond de trou et d'un taillant. Cette technique entraîne une réduction du coût de la foration dont l'importance augmente en fonction de la dureté de la roche.

Cette réduction est due en particulier, à l'avancement plus rapide, à l'économie des outils de forage et au matériel plus léger (pas de circuits boue ni pompes et masses tiges).

Tout terrain

La technique de forage à l'air en circulation inverse au marteau fond de trou peut être utilisée dans toutes les formations géologiques allant du silt au rocher. Elle constitue, en particulier, une étape importante dans la solution des difficultés de forage en gros diamètre dans les roches dures (calcaires, granites, etc.) et dans les roches fracturées à perte totale du fluide de circulation. Quelques exemples d'application sont proposés dans les disciplines suivantes :

○ *Eaux souterraines :*

- approfondissement de puits ou forages existants, pour en augmenter la productivité ;
- ouvrages en gros diamètre dans le socle cristallin en Afrique, permettant d'adapter des moyens manuels de pompage.

○ *Pétrole :*

- réalisation de forages en gros diamètre dans les roches dures. Par exemple, Boniface vient de réaliser à Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard) un avant-trou d'environ 400 mètres de profondeur, en diamètre 17"1/2 (444,5 mm) dans les calcaires karstiques du Kimmeridgien, à un avancement moyen de 8 m/heure. Cette opération a été réalisée pour le compte de Total Exploration.

○ *Recherche minière :*

- échantillonnage complet sous forme de cuttings de dimensions centimétriques, fournissant une information géologique continue et précise.

○ *Génie civil :*

- réalisation de pieux forés.

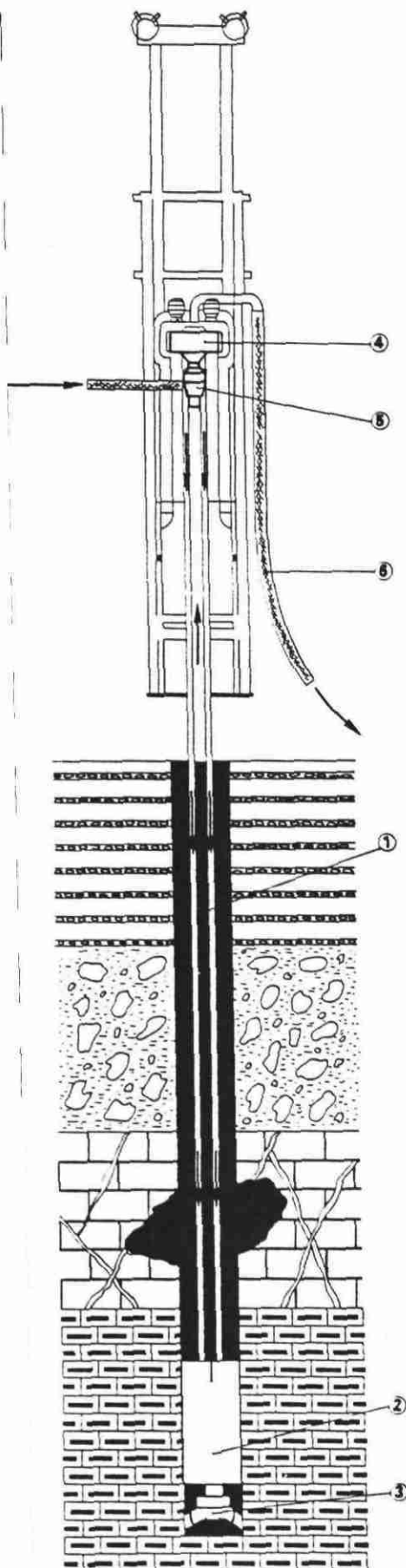


Photo 2. - Le taillant.

ANNEXE 2

PLANNING DES TRAVAUX DE FORAGES

ANNEXE 2

PLANNING DES TRAVAUX DE FORAGE (VALENCE).

- 06/07 - descente du train de tiges et alésage du trou 1/4 (de pouce (8"1/2 à 8"3/4)) de 250 à
07/07 - descente du train de tiges et alésage du trou 1/4 (218 m de pouce (suite).
- arrêt des travaux suite à un bouchon dans les tiges
- tentatives pour déboucher, remonter d'une partie du train de tiges
- 08/07 (remonter du train de tiges, l'outil est débouché, descente du
09/07) train de tige
- 10/07 - poursuite de la descente des tiges
- début de la foration 318 à 334 m
- 11/07 - foration de 334 à 374 m au Rotary et à l'air, en diamètre 8"3/4
- 12/07 - foration de 374 à 420 m
- 13/07 - foration de 420 à 430 m
- remonter du train de tige pour rajouter des tiges simples ?
- arrêt 2 jours
- 18/07 - descente de tiges, problème pour la descente des tiges au niveau des horizons argileux trouvés entre 400 et 430 m
- l'outil se bouche
- 19/07 - essaie pour déboucher l'outil
- remontée d'une partie du train de tiges
- 20/07 - poursuite de la remontée du train de tiges
- 21/07 - fin de la remontée du train de tiges, débouche l'outil
- descente des tiges
- 22/07 - poursuite de la descente
- à nouveau blocage de la circulation d'eau au niveau de l'horizon argileux entre 400 et 430 m
- outil à nouveau bouché
- 24/07 - réunion avec la ville de VALENCE
- remontée du train de tiges
- 25/07 - poursuite et fin de la remontée du train de tiges
- descente de tiges (209 m) simples puis des tiges de sonde (259 mètres)
- 26/07 - début du pompage air lift () durée 26h30
- 27/07 - poursuite du pompage et arrêt ()
- mesure de la remontée
- 28/07 - dernières mesures de la remontée

ANNEXE 3

DESCRIPTION SOMMAIRE DES LAMES MINCES REALISEES SUR
LES CUTTINGS ENTRE 340 ET 422 METRES.

ANNEXE 3

DESCRIPTION SOMMAIRE DES LAMES MINCES REALISEES SUR LES
CUTTINGS ENTRE 340 ET 422 METRES.

Pas une lame mince ne montre une texture comparable à celle du Jurassique Supérieur (Micrite : pâte très fine avec quelques organismes type calpionelles et radiolaires) Lames en assez mauvais état.

- présence de calcite assez abondante dans toutes les lames ==> recristallisation due à la présence d'une faille ? Peu de microfilonnets visibles (sauf val 336 et 344).

- N°15 - Lames 422 : glauconie cristallisée
algue type caxaienxia ==> Berriasien
inférieur
pyrite assez abondante
miliolidés.

- N°14 - Lames 406 : fragments qui renferment des cristaux de glauconie, même si la structure est plus fine.

- N°13 - Lames 392 : texture grackstone sans matrice (- 10 %)

- N°12 - Lames 366 : calcaires mal conservés non identifiables
glauconie émoussée
faciès remanié ==> spicules orientés

- N°11 - Lames 344 : faciès remanié
rien à signaler.

Conclusion : Barriasien basal très probable pour toutes les lames.

ANNEXE 4

FICHER DES MESURES DU POMPAGE D'ESSAI REALISE DU 18 AU
21/08/89.

Fiches - - - - -

Nom du fichier: vincent Pompage numéro: st-vincent

LE puits vale TESTE L' AQUIFERE:

DIAMETRE DU puits vale : 273. mm

RAYON D'OBSERVATION : 0.14 m

NIVEAU HYDROSTATIQUE INITIAL : 50.47 m

PALIER NO: 1 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
1	0.00	0.00	0.030	48.000	0.00
2	0.50	0.50	3.630	48.000	0.00
3	1.00	1.00	3.330	48.000	0.00
4	1.50	1.50	3.230	48.000	0.00
5	2.00	2.00	3.330	48.000	0.00
6	3.00	3.00	3.530	48.000	0.00
7	4.00	4.00	3.730	48.000	0.00
8	5.00	5.00	3.930	48.000	0.00
9	6.00	6.00	4.030	48.000	0.00
10	7.00	7.00	4.230	48.000	0.00
11	8.00	8.00	4.330	48.000	0.00
12	9.00	9.00	4.430	44.000	0.00
13	10.00	10.00	4.530	44.000	0.00
14	15.00	15.00	4.930	44.000	0.00
15	20.00	20.00	5.330	44.000	0.00
16	25.00	25.00	5.630	44.000	0.00
17	30.00	30.00	5.930	44.000	0.00
18	35.00	35.00	6.330	44.000	0.00

PALIER NO: 1 COURBE DE REMONTEE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
19	0.00	35.00	6.330	0.000	0.00
20	1.00	36.00	4.530	0.000	36.00

PALIER NO: 2 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
21	0.00	36.00	4.530	97.000	0.00
22	0.25	36.25	7.930	97.000	0.00
23	1.00	37.00	8.830	97.000	0.00
24	2.00	38.00	9.530	97.000	0.00
25	4.50	40.50	10.130	97.000	0.00
26	5.00	41.00	10.230	97.000	0.00
27	6.00	42.00	10.530	97.000	0.00
28	7.00	43.00	10.830	97.000	0.00
29	8.00	44.00	11.030	97.000	0.00
30	9.00	45.00	11.330	97.000	0.00
31	10.00	46.00	11.530	97.000	0.00
32	12.00	48.00	11.930	97.000	0.00
33	13.00	49.00	12.130	97.000	0.00
34	14.00	50.00	12.330	97.000	0.00
35	15.00	51.00	12.530	97.000	0.00
36	17.00	53.00	12.930	97.000	0.00
37	18.00	54.00	13.130	97.000	0.00
38	19.00	55.00	13.430	97.000	0.00
39	20.00	56.00	14.530	97.000	0.00
40	27.00	63.00	14.930	97.000	0.00
41	30.00	66.00	14.930	97.000	0.00
42	35.00	71.00	15.630	97.000	0.00
43	40.00	76.00	16.130	97.000	0.00
44	45.00	81.00	16.630	97.000	0.00

PALIER NO: 2 COURBE DE REMONTEE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
45	0.00	81.00	16.630	0.000	0.00
46	18.00	99.00	9.030	0.000	3.50

PALIER NO: 3 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
47	0.00	99.00	9.030	115.000	0.00
48	1.00	100.00	11.030	115.000	0.00
49	2.50	101.50	12.130	115.000	0.00
50	4.00	103.00	12.630	115.000	0.00
51	6.00	105.00	14.630	115.000	0.00
52	7.50	106.50	15.330	115.000	0.00
53	8.00	107.00	15.630	115.000	0.00
54	10.00	109.00	16.430	115.000	0.00
55	11.00	110.00	16.830	115.000	0.00
56	12.00	111.00	17.130	115.000	0.00
57	13.00	112.00	17.430	115.000	0.00
58	14.00	113.00	17.730	115.000	0.00
59	15.00	114.00	17.930	115.000	0.00
60	16.00	115.00	18.230	115.000	0.00
61	17.00	116.00	18.430	115.000	0.00
62	18.00	117.00	18.630	115.000	0.00
63	19.00	118.00	18.830	115.000	0.00

64	20.00	119.00	19.130	115.000	0.00
65	25.00	124.00	20.030	115.000	0.00
66	30.00	129.00	20.830	115.000	0.00
67	35.00	134.00	21.530	115.000	0.00
68	40.00	139.00	22.230	115.000	0.00
69	45.00	144.00	22.830	115.000	0.00
70	50.00	149.00	23.330	115.000	0.00
71	55.00	154.00	23.830	115.000	0.00

PALIER NO: 3 COURBE DE REMONTEE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
72	0.00	154.00	23.830	0.000	0.00

PALIER NO: 4 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
73	0.00	154.00	23.830	130.000	0.00
74	0.50	154.50	24.830	130.000	0.00
75	1.00	155.00	25.030	130.000	0.00
76	2.00	156.00	25.230	130.000	0.00
77	3.00	157.00	25.430	130.000	0.00
78	4.00	158.00	25.630	130.000	0.00
79	5.00	159.00	25.930	130.000	0.00
80	6.00	160.00	26.230	130.000	0.00
81	7.00	161.00	26.330	130.000	0.00
82	9.00	163.00	26.730	130.000	0.00
83	10.00	164.00	26.830	130.000	0.00
84	15.00	169.00	27.630	130.000	0.00
85	20.00	174.00	28.130	130.000	0.00
86	25.00	179.00	28.730	130.000	0.00
87	30.00	184.00	29.230	128.000	0.00
88	35.00	189.00	29.630	128.000	0.00
89	40.00	194.00	30.130	128.000	0.00
90	47.00	201.00	30.730	128.000	0.00
91	55.00	209.00	31.330	128.000	0.00
92	65.00	219.00	32.030	128.000	0.00
93	75.00	229.00	32.730	128.000	0.00
94	85.00	239.00	33.430	128.000	0.00
95	95.00	249.00	34.130	124.000	0.00
96	100.00	254.00	34.730	124.000	0.00
97	110.00	264.00	35.230	124.000	0.00
98	120.00	274.00	35.830	124.000	0.00
99	130.00	284.00	36.330	121.000	0.00
100	140.00	294.00	36.830	121.000	0.00
101	160.00	314.00	37.430	121.000	0.00
102	160.00	314.00	37.830	121.000	0.00

103	1400.00	1554.00	60.530	91.000	0.00
104	1400.00	1554.00	60.530	91.000	0.00
105	1400.00	1554.00	61.530	90.000	0.00
106	1500.00	1654.00	61.530	90.000	0.00
107	1500.00	1654.00	61.530	90.000	0.00
108	1500.00	1654.00	61.530	90.000	0.00
109	1500.00	1654.00	61.530	90.000	0.00
110	1500.00	1654.00	61.530	90.000	0.00
111	1600.00	1754.00	61.530	92.000	0.00
112	2900.00	3054.00	65.530	81.000	0.00
113	2900.00	3054.00	65.530	81.000	0.00
114	2900.00	3054.00	65.530	81.800	0.00
115	2900.00	3054.00	65.530	81.800	0.00
116	2900.00	3054.00	65.530	81.800	0.00
117	3000.00	3154.00	65.530	81.000	0.00
118	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
119	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
120	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
121	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
122	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
123	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
124	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
125	3000.00	3154.00	66.530	81.000	0.00
126	3100.00	3254.00	66.530	81.000	0.00
127	3100.00	3254.00	66.530	81.000	0.00
128	3100.00	3254.00	65.530	73.000	0.00
129	3100.00	3254.00	65.530	74.000	0.00
130	3100.00	3254.00	65.530	74.000	0.00
131	3100.00	3254.00	65.530	78.000	0.00
132	3100.00	3254.00	65.530	80.000	0.00
133	3200.00	3354.00	66.530	81.000	0.00
134	3200.00	3354.00	66.530	81.000	0.00
135	3200.00	3354.00	66.530	81.000	0.00
136	3200.00	3354.00	66.530	81.000	0.00
137	3200.00	3354.00	66.530	81.000	0.00
138	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
139	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
140	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
141	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
142	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
143	4000.00	4154.00	68.530	78.700	0.00
144	4000.00	4154.00	68.530	78.700	0.00
145	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
146	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
147	4000.00	4154.00	68.530	79.000	0.00
148	4100.00	4254.00	68.530	79.000	0.00
149	4100.00	4254.00	68.530	79.000	0.00
150	4100.00	4254.00	68.530	79.000	0.00
151	4100.00	4254.00	68.530	79.000	0.00
152	4100.00	4254.00	68.530	79.000	0.00
153	4200.00	4354.00	68.530	79.000	0.00
154	4200.00	4354.00	68.530	79.000	0.00
155	4200.00	4354.00	68.530	78.600	0.00
156	4200.00	4354.00	68.530	78.600	0.00
157	4200.00	4354.00	68.530	78.600	0.00

158	4300.00	4454.00	68.530	78.600	0.00
159	4300.00	4454.00	68.530	78.400	0.00
160	4300.00	4454.00	68.530	78.800	0.00
161	4300.00	4454.00	68.530	78.800	0.00
162	4300.00	4454.00	68.530	78.600	0.00
163	4400.00	4554.00	68.530	78.900	0.00

LE PUIT VALE TESTE L' AQUIFERE: M-C BERRIASIE
 DIAMETRE DU PUIT VALE : 273. mm
 RAYON D'OBSERVATION : 0.14 m
 NIVEAU HYDROSTATIQUE INITIAL : 50.80 m

PALIER NO: 1 COURBE DE DESCENTE

H	TEMPS (MIN.)	TEMPS CUM. (MIN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	LITR/HR
1	0.00	0.00	0.000	90.000	0.00
2	4600.00	4600.00	69.200	90.000	0.00

PALIER NO: 1 COURBE DE REMONTEE

H	TEMPS (MIN.)	TEMPS CUM. (MIN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	LITR/HR
3	0.00	4600.00	69.200	0.000	0.00
4	0.50	4600.50	66.200	0.000	9201.00
5	1.00	4601.00	66.200	0.000	4601.00
6	1.50	4601.50	65.200	0.000	3067.67
7	2.00	4602.00	65.200	0.000	2301.00
8	3.00	4603.00	65.200	0.000	1534.33
9	4.00	4604.00	64.200	0.000	1151.00
10	5.00	4605.00	64.200	0.000	921.00
11	6.00	4606.00	63.200	0.000	767.67
12	7.00	4607.00	63.200	0.000	650.14
13	8.00	4608.00	63.200	0.000	576.00
14	9.00	4609.00	62.200	0.000	512.11
15	10.00	4610.00	62.200	0.000	461.00
16	15.00	4615.00	61.200	0.000	307.67
17	20.00	4620.00	60.200	0.000	231.00
18	25.00	4625.00	59.200	0.000	185.00
19	30.00	4630.00	58.200	0.000	154.33
20	35.00	4635.00	58.200	0.000	132.43
21	40.00	4640.00	57.200	0.000	116.00
22	45.00	4645.00	56.200	0.000	103.22
23	50.00	4650.00	56.200	0.000	93.00
24	55.00	4655.00	55.200	0.000	84.64
25	60.00	4660.00	55.200	0.000	77.67
26	70.00	4670.00	54.200	0.000	66.71
27	80.00	4680.00	53.200	0.000	58.50
28	90.00	4690.00	52.200	0.000	52.11
29	100.00	4700.00	51.200	0.000	47.00
30	110.00	4710.00	50.200	0.000	42.82
31	120.00	4720.00	50.200	0.000	39.33
32	130.00	4730.00	49.100	0.000	36.30
33	140.00	4740.00	48.400	0.000	33.86
34	150.00	4750.00	47.800	0.000	31.67
35	160.00	4760.00	47.200	0.000	29.75
36	170.00	4770.00	46.600	0.000	28.06
37	180.00	4780.00	46.100	0.000	26.56
38	200.00	4800.00	45.300	0.000	24.00
39	220.00	4820.00	44.500	0.000	21.91
40	240.00	4840.00	43.500	0.000	20.17
41	260.00	4860.00	42.800	0.000	19.69
42	280.00	4880.00	42.100	0.000	17.43
43	310.00	4910.00	40.800	0.000	15.84
44	320.00	5420.00	31.200	0.000	6.61
45	380.00	5480.00	30.400	0.000	6.23
46	400.00	5500.00	30.200	0.000	6.11
47	420.00	5520.00	30.000	0.000	6.00
48	1000.00	5600.00	29.500	0.000	5.60
49	1200.00	5800.00	27.100	0.000	4.83
50	1300.00	5900.00	25.800	0.000	4.54
51	2600.00	7200.00	19.200	0.000	2.77
52	2700.00	7300.00	17.800	0.000	2.70
53	3900.00	8500.00	14.200	0.000	2.19
54	5300.00	9200.00	11.000	0.000	1.87
55	9900.00	14500.00	5.200	0.000	1.46
56	15000.00	19400.00	2.400	0.000	1.31

ANNEXE 5

FICHER DES MESURES DU POMPAGE D'ESSAI REALISE DU 27/11/89
AU 11/12/89.

Nom du fichier: LDST

Pompage numéro: 819.2X.25

LE puits VALE TESTE L' AQUIFERE: CALCAIRES CJS
DIAMETRE DU puits VALE : 273. mm
RAYON D'OBSERVATION : 0.14 m
NIVEAU HYDROSTATIQUE INITIAL : 50.06 m

PALIER NO: 1 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TF/TR
1	0.00	0.00	0.000	94.700	0.00
2	1.00	1.00	2.540	94.700	0.00
3	2.00	2.00	3.490	94.700	0.00
4	3.00	3.00	4.060	94.700	0.00
5	4.00	4.00	4.530	94.700	0.00
6	5.00	5.00	4.990	94.700	0.00
7	6.00	6.00	5.380	94.700	0.00
8	7.00	7.00	5.800	94.700	0.00
9	8.00	8.00	6.060	94.700	0.00
10	9.00	9.00	6.430	94.700	0.00
11	10.00	10.00	6.660	94.700	0.00
12	12.00	12.00	7.230	94.700	0.00
13	14.00	14.00	7.750	94.700	0.00
14	16.00	16.00	8.180	94.700	0.00
15	18.00	18.00	8.600	94.700	0.00
16	20.00	20.00	9.030	94.700	0.00
17	25.00	25.00	10.000	94.700	0.00
18	30.00	30.00	10.900	90.000	0.00
19	40.00	40.00	12.100	90.000	0.00
20	50.00	50.00	13.400	90.000	0.00
21	60.00	60.00	14.300	90.000	0.00
22	70.00	70.00	15.200	90.000	0.00
23	80.00	80.00	16.000	90.000	0.00
24	90.00	90.00	16.700	90.000	0.00
25	100.00	100.00	17.700	90.000	0.00
26	120.00	120.00	18.500	90.000	0.00
27	130.00	130.00	19.300	90.000	0.00
28	150.00	150.00	20.100	90.000	0.00
29	180.00	180.00	23.000	89.000	0.00
30	300.00	300.00	26.000	84.000	0.00
31	480.00	480.00	31.000	80.000	0.00
32	780.00	780.00	35.000	76.000	0.00
33	1000.00	1000.00	37.200	73.000	0.00
34	1600.00	1600.00	42.000	72.000	0.00
35	2200.00	2200.00	46.500	70.000	0.00
36	2900.00	2900.00	48.700	68.000	0.00
37	3500.00	3500.00	51.000	67.000	0.00
38	4200.00	4200.00	53.000	66.000	0.00
39	4800.00	4800.00	54.000	65.000	0.00
40	5400.00	5400.00	55.000	64.000	0.00

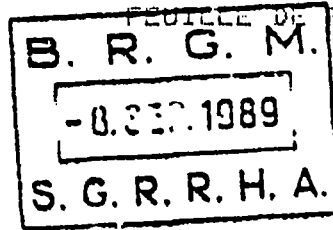
41	6600.00	6600.00	56.500	62.000	0.00
42	7800.00	7800.00	57.500	60.000	0.00
43	9000.00	9000.00	58.000	59.000	0.00
44	10000.00	10000.00	58.600	58.000	0.00
45	11000.00	11000.00	59.000	58.000	0.00
46	13000.00	13000.00	60.000	58.000	0.00
47	15000.00	15000.00	61.000	57.000	0.00
48	18000.00	18000.00	62.000	56.000	0.00
49	22000.00	22000.00	62.800	55.400	0.00

PALIER NO: 1 COURBE DE REMONTEE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
50	0.00	22000.00	62.800	0.000	0.00
51	1.00	22001.00	61.400	0.000	22001.00
52	2.00	22002.00	61.000	0.000	11001.00
53	3.00	22003.00	60.600	0.000	7334.33
54	4.00	22004.00	60.300	0.000	5501.00
55	5.00	22005.00	60.100	0.000	4401.00
56	6.00	22006.00	59.900	0.000	3667.67
57	7.00	22007.00	59.700	0.000	3143.86
58	8.00	22008.00	59.500	0.000	2751.00
59	9.00	22009.00	59.300	0.000	2445.44
60	10.00	22010.00	59.100	0.000	2201.00
61	15.00	22015.00	58.400	0.000	1467.67
62	20.00	22020.00	57.600	0.000	1101.00
63	25.00	22025.00	57.000	0.000	881.00
64	30.00	22030.00	56.400	0.000	734.33
65	35.00	22035.00	55.900	0.000	629.57
66	40.00	22040.00	55.500	0.000	551.00
67	50.00	22050.00	54.700	0.000	441.00
68	60.00	22060.00	53.900	0.000	367.67
69	70.00	22070.00	53.400	0.000	315.29
70	80.00	22080.00	52.800	0.000	276.00
71	95.00	22095.00	52.000	0.000	232.58
72	100.00	22100.00	51.300	0.000	221.00
73	130.00	22130.00	51.300	0.000	170.23
74	160.00	22160.00	48.800	0.000	138.50
75	220.00	22220.00	46.000	0.000	101.00
76	280.00	22280.00	44.300	0.000	79.57
77	340.00	22340.00	42.500	0.000	65.71
78	400.00	22400.00	40.000	0.000	56.00
79	580.00	22580.00	37.000	0.000	38.93
80	760.00	22760.00	35.000	0.000	29.95
81	1100.00	23100.00	33.000	0.000	21.00
82	1400.00	23400.00	31.200	0.000	16.71
83	1700.00	23700.00	30.000	0.000	13.94
84	2000.00	24000.00	28.500	0.000	12.00
85	2600.00	24600.00	26.800	0.000	9.46
86	3200.00	25200.00	25.000	0.000	7.88
87	3800.00	25800.00	23.500	0.000	6.79
88	4300.00	26300.00	23.100	0.000	6.12
89	5500.00	27500.00	18.200	0.000	5.00
90	10000.00	32000.00	15.000	0.000	3.20

ANNEXE 6

ANALYSE CHIMIQUE DU 21/08/89 PRATIQUEE SUR LES
EAUX DU FORAGE.



B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Chimie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales au titre du contrôle sanitaire des eaux: eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890824002 éditée le: 6.09.89
N° bon de commande : N° 20/17

ORIGINE : Eau d'alimentation-ressource
Forage de reconnaissance Sortie Forage
échantillon transporté à plus de 30°C !
COMMUNE : St Vincent la Cderie
DEPARTEMENT : 26

PRELEVEMENT : Effectué le : 21.08.89 T°échant. 19 T°ext. 27
Par : Bligny
Circonstances atmos. : Temps sec ensoleillé

ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE - BILAN IONIQUE - SS GAZ

Caractéristiques physiques

Odeur	NEANT	.
Saveur	N.D.	.
Couleur	19	Standard
Turbidité	6,7	N.T.U.
pH à 20°C au laboratoire	7,10	.
Résistivité à 20 °C	1335	ohm-cm
Conductivité à 20°C	749	µS/cm

Caractéristiques générales

Résidu sec à 110°C	607	mg/l
Résidu sec à 550°C	180	mg/l
Oxydabilité au MnO ₄ ⁻ en milieu acide NF T 90-050	1,30	mg/l O ₂

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement
 Reconnu d'utilité publique (Décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony-Garnier - 69365 LYON CEDEX 07
 Tél. 72 72 25 00 - Télécopie 78 72 39 89 - Télex PASTLYO 380 697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

N° DEMANDE : 890824002 (SUITE) éditée le 6.09.89 PAGE 2

TH : Titre hydrotimétrique ou dureté totale.....	53,4	° français
TAC : Titre alcalimétrique complet	43,6	° Français
TA : Titre alcalimétrique	0	° Français

Composition ionique : Cations

Calcium	123	mg/l Ca ⁺⁺
.....	6,15	mEq/l Ca ⁺⁺
Magnésium	55	mg/l Mg ⁺⁺
.....	4,52	mEq/l Mg ⁺⁺
Sodium	9,8	mg/l Na ⁺
.....	0,4261	mEq/l Na ⁺
Potassium	0,2	mg/l K ⁺
.....	0,20975	mEq/l K ⁺
Ammonium	0,6	mg/l NH ₄ ⁺
.....	0,03325	mEq/l NH ₄ ⁺
Total cations :		11,34 mEq/l

Composition ionique : Anions

Carbonates	0	mg/l CO ₃ ⁼
.....	0	mEq/l CO ₃ ⁼
Bicarbonates	532,09	mg/l HCO ₃ ⁻
.....	8,72	mEq/l HCO ₃ ⁻
Chlorures	8,5	mg/l Cl ⁻
.....	0,2397	mEq/l Cl ⁻
Sulfates	78	mg/l SO ₄ ⁻
.....	1,62	mEq/l SO ₄ ⁻
Nitrates	< 1	mg/l NO ₃ ⁻
.....	--	mEq/l NO ₃ ⁻
Nitrites	< 0,02	mg/l NO ₂ ⁻
.....	--	mEq/l NO ₂ ⁻
Orthophosphates	< 0,05	mg/l PO ₄ ⁻
.....	--	mEq/l PO ₄ ⁻
Silice soluble	9,8	mg/l SiO ₂
.....	0,16366	mEq/l H ₂ SiO ₄
Total anions :		10,75 mEq/l

Balance ionique --->Cations : 11,34 Anions : 10,75 mEq/l

Divers :

Fer	0,35	mg/l Fe
Manganèse	< 0,05	mg/l Mn
Aluminium	0,033	mg/l Al

Eau non potable du point de vue chimique en ce qui concerne certains éléments analysés.
 Turbidité : inférieur à 4 NTU (ou inférieur à 10 ng/l de silice).
 Fer : concentration maximale admissible : 0,2 mg/l Fe (200 µg/l)
 Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)
 Date d'élaboration : 09/09/89

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (Décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony-Garnier - 69365 LYON CEDEX 07

Tél. 72 72 25 00 - Télécopie 78 72 39 89 - Télex PASTLYO 380 697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

N° DEMANDE : 890824002 (SUITE) éditée le 6.09.89 PAGE 3

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire



ANNEXE 7

ANALYSE CHIMIQUE DU 11/12/89 PRATIQUEE SUR LES EAUX
DU FORAGE.

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (Décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony-Garnier - 69365 LYON CEDEX 07
 Tél. 72 72 25 00 - Télécopie 78 72 39 89 - Télex PASTLYO 380 697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

B. R. G. M.
11. JAN. 1990
S. G. R. R. H. A.

B.R.G.M.
 43 boulevard du 11 novembre
 B. P. 6083
 69604 VILLEURBANNE

Section : Chimie et Bactériologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales au titre du contrôle sanitaire des eaux: eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...
 Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 891212001 éditée le: 4.01.90

ORIGINE : Eau d'alimentation - ressource
 Forage
 Exutoire du pompage
 COMMUNE : St Vincent la Com.
 DEPARTEMENT : 26

PRELEVEMENT : Effectué le : 11.12.89 T°échant. +19 T°ext. + 2
 Par : Ph. Duboeuf
 Circonstances atmos. : Temps sec couvert

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE, BILAN IONIQUE

Caractéristiques bactériologiques

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401)	23	par ml
Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402)	> 1 000	par ml
Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Streptocoques fécaux (NF T90-416)	0	par 100 ml
Anaérobies sulfito-réductrices (spores)NF T90-417	0	/ 20 ml

Caractéristiques physiques

Odeur	NEANT	.
Saveur	N.D.	.
Couleur	10	°standard

Turbidité	5	N.T.U.
pH à 20°C au laboratoire	7,30	.
Résistivité à 20 °C	1295	ohms-cm
Conductivité à 20°C	773	uS/cm

Analyse des gaz

Anhydride carbonique libre	71,5	mg/l CO2
Hydrogène sulfuré (test colorimétrique)	NEANT	-
Oxygène dissous	5,15	mg/l O2
Chlore résiduel total	0	mg/l Cl2

Agressivité au marbre

pH avant essai au marbre	7,30	.
TAC avant essai au marbre	9,27	mEq/l
TAC avant essai au marbre	259,56	mg/l CaO
pH après essai au marbre	7,15	.
TAC après essai au marbre	9,27	mEq/l
TAC après essai au marbre	259,56	mg/l CaO

Caractéristiques générales

Résidu sec à 110°C	594	mg/l
Résidu sec à 550°C	375	mg/l
Oxydabilité au KMnO4 en milieu acide NF T 90-050..	0,35	mg/l O2
TH : Titre hydrotimétrique ou dureté totale.....	53,2	° français
TAC : Titre alcalimétrique complet	46,35	° Français
TA : Titre alcalimétrique	0	° Français

Composition ionique : Cations

Calcium	124	mg/l Ca++
.....	6,2	mEq/l Ca++
Magnésium	54	mg/l Mg++
.....	4,44	mEq/l Mg++
Sodium	9,6	mg/l Na+
.....	0,4174	mEq/l Na+
Potassium	8,6	mg/l K+
.....	0,21998	mEq/l K+
Ammonium	0,61	mg/l NH4+
.....	0,03381	mEq/l NH4+
Total cations :	11,31	mEq/l

Composition ionique : Anions

Carbonates	0	mg/l CO3=
.....	0	mEq/l CO3=
Bicarbonates	565,66	mg/l HCO3-
.....	9,27	mEq/l HCO3-

Chlorures	3,9	mg/l Cl-
.....	0,10998	mEq/l Cl-
Sulfates	71	mg/l SO4--
.....	1,48	mEq/l SO4=
Nitrates	< 1	mg/l NO3-
.....	-	mEq/l NO3-
Nitrites	0,03	mg/l NO2-
.....	0,00065	mEq/l NO2-
Orthophosphates	0,06	mg/l PO4
.....	0,00189	mEq/l PO4
Silice soluble	8,3	mg/l SiO2
.....	0,13861	mEq/lHSiO3

Total anions : 11,00 mEq/l

Balance ionique --->Cations : 11,31 Anions : 11,00 mEq/l

Divers :

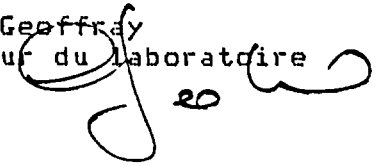
Fer	0,50	mg/l Fe
Manganèse	< 0,05	mg/l Mn
Aluminium	0,017	mg/l Al

Eau potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
 Eau non potable du point de vue chimique en ce qui concerne certains
 éléments analysés.

Ammonium : concentration maximale admissible : 0,5 mg /l NH4
 Fer : concentration maximale admissible : 0,2 mg/l Fe (200 ug/l)
 Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffroy
 Directeur du Laboratoire

Conductivité : niveau guide - 400 uS cm-1 à 20°C



ANNEXE 8

ANALYSE DES EAUX DE LA SOURCE DES CARRATS (28/08/89).

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 3083
69604 VILLEURBANNE

Section : Chimie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales au titre du contrôle sanitaire des eaux, eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890829043

éditée le: 7.09.89

ORIGINE : Eau d'alimentation-ressource
Syndicat
Captage par drain
Ferme des carats
COMMUNE : St Vincent Commandeur
DEPARTEMENT : 26

PRELEVEMENT : Effectué le : 28.08.89 T°échant. 15 T°ext. 24
Par : Mr Bligny
Circonstances atmos. : Temps sec couvert

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE -- BILAN IONIQUE

Caractéristiques physiques

Odeur	NEANT	.
Saveur	N.D.	.
Couleur	< 5	° standard
Turbidité	0,6	N.T.U.
pH à 20°C au laboratoire	6,80	.
Résistivité à 20 °C	1345	ohms-cm
Conductivité à 20°C	744	µS/cm

Analyse des gaz

Anhydride carbonique libre	135	mg/l CO2
----------------------------------	-----	----------

Hydrogène sulfuré (test colorimétrique)	NEANT	-
Oxygène dissous	6,6	mg/l O ₂
Chlore résiduel total	0	mg/l Cl ₂

Agressivité au marbre

pH avant essai au marbre	6,80	.
TAC avant essai au marbre	10,04	mEq/l
TAC avant essai au marbre	281,12	mg/l CaO
pH après essai au marbre	6,65	.
TAC après essai au marbre	10,32	mEq/l
TAC après essai au marbre	288,96	mg/l CaO

Caractéristiques générales

Résidu sec à 110°C	561	mg/l
Résidu sec à 550°C	417	mg/l
Oxydabilité au KMnO ₄ en milieu acide NF T 90-050..	0,40	mg/l O ₂
TH : Titre hydrotimétrique ou dureté totale.....	44,6	° français
TAC : Titre alcalimétrique complet	50,2	° Français
TA : Titre alcalimétrique	0	° Français

Composition ionique : Cations

Calcium	178	mg/l Ca ⁺⁺
.....	8,9	mEq/l Ca ⁺⁺
Magnésium	22	mg/l Mg ⁺⁺
.....	1,81	mEq/l Mg ⁺⁺
Sodium	7	mg/l Na ⁺
.....	0,30436	mEq/l Na ⁺
Potassium	2,6	mg/l K ⁺
.....	0,0665	mEq/l K ⁺
Ammonium	< 0,10	mg/l NH ₄ ⁺
.....	-	mEq/l NH ₄ ⁺
Total cations :	11,08	mEq/l

Composition ionique : Anions

Carbonates	0	mg/l CO ₃ ⁼
.....	0	mEq/l CO ₃ ⁼
Bicarbonates	612,64	mg/l HCO ₃ ⁻
.....	10,04	mEq/l HCO ₃ ⁻
Chlorures	3,3	mg/l Cl ⁻
.....	0,09306	mEq/l Cl ⁻
Sulfates	18	mg/l SO ₄ ⁼
.....	0,37494	mEq/l SO ₄ ⁼
Nitrates	1,3	mg/l NO ₃ ⁻
.....	0,02096	mEq/l NO ₃ ⁻
Nitrites	< 0,02	mg/l NO ₂ ⁻
.....	-	mEq/l NO ₂ ⁻
Orthophosphates	< 0,05	mg/l PO ₄ ⁼

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (Décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony-Garnier - 69365 LYON CEDEX 07

Tél. 72 72 25 00 - Télécopie 78 72 39 89 - Télex PASTLYO 380 697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

N° DEMANDE : 890829043 (SUITE) éditée le 7.09.89 PAGE 3

Silice soluble	-	mEq/l PO4
.....	11,2	mg/l SiO2
.....	0,18704	mEq/lHSiO3

Total anions : 10,72 mEq/l

Balance ionique ---->Cations : 11,08 Anions : 10,72 mEq/l

Divers :

Fer	< 0,10	mg/l Fe
Manganèse	< 0,05	mg/l Mn
Aluminium	0,010	mg/l Al

Eau potable du point de vue chimique en ce qui concerne les éléments analysés.

Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Conductivité : niveau guide - 400 uS cm⁻¹ à 20°C

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire