

Département du Gard

Commune de FONTARÈCHES

Lieu-dit : L'Estrasson

RAPPORT HYDROGÉOLOGIQUE

**Réalisation du forage
d'exploitation F2**

Essai par pompage

Réalisé à la demande du :

**S.A.E.P. de Saint-Laurent la Vernède
Mairie**

30330 ST LAURENT LA VERNÈDE

Lussan, le 24 mai 2005

N° 30/115 C 05 050



Bureau d'Études et de Recherches Géologiques Appliquées
10, rue des Cigognes - 34000 Montpellier - tél. 04 67 99 52 52 - fax 04 67 99 52 53
Hameau de Prades - 30580 Lussan - tél. 04 66 72 98 44 - fax 04 67 99 52 53
berga.sud@wanadoo.fr

Siret : 344 228 606 00044 - Code APE : 742 C

SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE.....	3
2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE	3
3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	4
3.1. Lithostratigraphie.....	4
3.2. Structure	4
4. HYDROGÉOLOGIE.....	5
5. TRAVAUX DE FORAGE.....	5
6..ESSAI PAR POMPAGE	6
6.1. Caractéristiques techniques.....	6
6.2. Pompage par paliers de débit	7
6.3. Essai par pompage de longue durée.....	8
7. QUALITÉ DE L'EAU	12
8. TENTATIVE DE RÉHABILITATION DU FORAGE F1	12
9. PROPOSITION D'EXPLOITATION	13
10. CONCLUSION	13

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Le Syndicat de Saint-Laurent la Vernède alimente en eau potable les communes de Saint-Laurent la Vernède, Fontarèches et La Bruguière par prélèvement d'eau souterraine dans deux captages : le captage de la Rouquette (Saint-Laurent la Vernède) constitué de deux forages distants de quelques centaines de mètres et le forage d'Estrasson (Fontarèches).

Une intervention pour un changement de pompe sur ce dernier, au cours du printemps 2005, a provoqué des dommages sur l'ouvrage et l'a rendu inutilisable.

Une tentative de réhabilitation de cet ouvrage a échoué.

Le Syndicat a donc décidé la réalisation d'un nouvel ouvrage dont les travaux ont été confiés à l'entreprise BRANTE Frères et pilotés par notre bureau d'études. Cet ouvrage a été testé lors d'un essai par pompage de 48 heures, une analyse de première adduction a été réalisée ultérieurement.

Ce rapport est un compte rendu interprétatif de ces différents travaux et résultats.

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La commune de Fontarèches se situe en droite ligne à 10 km au Nord d'Uzès et à 28 km à l'Est d'Alès.

Le captage de l'Estrasson est localisé à l'extrémité Ouest du centre du village, à 150 mètres au Nord de la RD 144.

Le nouveau forage (F2) est situé dans le périmètre de protection immédiate et à 6 mètres environ au Sud-Est du forage F1 (cf. Figure 1).

Ses coordonnées Lambert III sont :

$$x = 766,93 \text{ km}$$

$$y = 3\,203,22 \text{ km}$$

$$z = 265 \text{ m.}$$

Au niveau cadastral, le forage est implanté sur la parcelle n° 667, section B, au lieu-dit l'Estrasson (cf. Figure 2).

3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

3.1. Lithostratigraphie

Sur le secteur de Fontarèches – La Bruguière, on trouve la lithostratigraphie suivante, des formations les plus récentes au plus anciennes (cf. Figure 3) :

- Quaternaire : argile et sables colluviaux recouvrant en discordance les terrains sous-jacents,
- Cénomanien supérieur : calcaires argileux et cherts,
- Cénomanien moyen : calcaires argileux et lignites,
- Cénomanien inférieur : sables glauconieux et grès quartzites,
- Albien : marnes et grés,
- Gargasien : marnes bleues,
- Bédoulien : calcaire argileux gréseux,
- Barrémien : calcaire blanc à faciès urgonien.

3.2. Structure

Le site d'implantation du captage de l'Estrasson se trouve dans l'axe et à l'extrémité Ouest d'un synclinal de Crétacé supérieur.

Ce synclinal, qui constitue un repli de la grande structure urgonienne au Sud du dôme de Lussan, a joué en bassin de subsidence au Miocène. Il est "découpé" par un réseau de failles de direction Nord-Ouest – Sud-Est qui affecte l'ensemble de la structure (cf. Figure 3).

4. HYDROGÉOLOGIE

Les deux aquifères majeurs locaux sont :

- *l'aquifère des calcaires urgoniens* drainés par les sources de la fontaine d'Eure au Sud et du Moulin des Fontaines (ou Source du Tabion) à l'Est ;

- *l'aquifère des sables du Cénomaniens*. Ce dernier est de bien moins grande extension que le précédent mais se trouve à plus faible profondeur dans le secteur d'étude et est plus facile à capter. L'autre captage syndical exploite également cet aquifère comme les communes de La Bastide d'Engras et Pugnadoresse.

5. TRAVAUX DE FORAGE

Ils ont été réalisés par l'entreprise BRANTE Frères (St Quentin la Poterie -30) du 25 au 29 avril 2005 et pilotés par BERGA-Sud.

La coupe géologique et technique a été tracée sur la Figure 4.

La technique de foration utilisée a été le rotary.

Le forage a débuté par la mise en place d'un tube de travail Ø 323 mm en acier de 0 à 4 mètres après fonçage au tricône.

Il s'est poursuivi avec un diamètre de 311 mm jusqu'à 58,50 mètres, un tubage acier de Ø 273 mm × 8,8 mm a été mis en place de -0,5 à 57,50 mètres.

La foration a repris en Ø 250 mm jusqu'à 91 mètres, profondeur finale de l'ouvrage. Cette partie a été tubée en PVC de 183 mm × 195 mm de 0 à 60 mètres et crépinée de 61 à 90 mètres. Les crépines de type fentes d'usine ont un slot de 1 mm.

A la fin des travaux, une cimentation de l'espace annulaire de 0 à 58 mètres a été réalisée afin de protéger efficacement l'aquifère contre d'éventuelles pollutions par les eaux superficielles et pour isoler le tubage acier de la partie argileuse au toit de l'aquifère.

Une protection-type pour la tête de forage est donnée en annexe.

6. ESSAI PAR POMPAGE

Dans un premier temps, un essai par pompage par paliers de débit enchaînés a été mené sur le forage F2 pour caractériser l'ouvrage.

A l'issue du dernier palier, le pompage s'est poursuivi afin de tester l'aquifère contenu dans les sables du Cénomanién inférieur.

Ces essais avaient pour objectifs :

- le développement du forage F2,
- la détermination de l'équation caractéristique du forage F2,
- la détermination des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère,
- l'appréciation du rendement et des possibilités d'exploitation du forage (évolution du rabattement en fonction du débit pompé et estimation de la ressource en eau exploitable),
- l'influence du pompage sur la nappe et le forage F1.

6.1. Caractéristiques techniques

- **Conditions** : Basses eaux.
- **Installateur** : Ent. BRANTE Frères (St Quentin la Poterie -30).
- **Groupe de pompage** : Pompe immergée 6" à 57 mètres de profondeur.
- **Alimentation électrique** : Réseau EDF.
- **Point de rejet de l'eau** : A 20 mètres du forage dans un ruisseau, sans risque de recyclage.
- **Mesure du débit** : Compteur volumétrique à cadran.
- **Points d'eau contrôlés** : F1 et F2.
- **Niveaux initiaux** :
 F2 = 19,58 mètres / tube
 F1 = 18,94 mètres / tube

▪ **Distance F2 / F1** : 6 mètres.

▪ **Mesure des niveaux** :

- Mesures ponctuelles : limnimètre électrique manuel
- Mesures continues sur F1 et F2 : sonde piézorésistive PTX de Druck qui convertit la pression d'eau en signal électrique par technologie piézorésistive et le conditionne en boucle (4-20 mA). Ces capteurs sont reliés à une centrale d'acquisition et d'enregistrement de données numériques HDL de Cr2m.

▪ **Mesure de la conductivité et de la température** : Mesures ponctuelles au moyen du conductimètre WTW LF 330

6.2. Pompage par paliers de débit

La réalisation d'un forage perturbe l'écoulement des eaux souterraines au voisinage de l'ouvrage. Les pertes de charges induites par ce dernier (crépines, massif filtrant, casing, ...) s'ajoutent à celles dues au magasin aquifère dans lequel circule l'eau.

Ce type d'essai a pour objectif de mettre en relation ces deux types de pertes de charges au sein d'une équation qui traduit la qualité de l'ouvrage.

6.2.1. Mise en œuvre

Le forage F2 a été mis en production à différents débits, appelés paliers de débit (cf. Figure 5).

▪ **Nombre de paliers** : 4.

▪ **Débits** :

1 ^{er} palier :	9 m ³ /h
2 ^{ème} palier :	19,3 m ³ /h
3 ^{ème} palier :	31,7 m ³ /h
4 ^{ème} palier :	41,7 m ³ /h.

- **Durée des paliers** : 20 minutes, sauf le troisième qui a duré environ 2 heures.
- **Temps de remontée** : nul, les paliers ont été enchaînés.

6.2.2. Résultats et interprétation

Les valeurs de rabattement obtenues après 20 minutes pour chaque palier, ainsi que les débits correspondants sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Paliers		1	2	3	4
Débit	Q (m ³ /h)	9	19,3	31,7	41,7
Rabattement	s (m)	4,68	10,87	18,96	26,48
Rabattement spécifique	s/Q (m/m ³ /h)	0,520	0,563	0,598	0,635

L'exploitation graphique de la droite de corrélation $s/Q = f(Q)$ représentée sur la Figure 6 permet de déterminer l'équation caractéristique suivante :

$$s = 3,4 \cdot 10^{-3} Q^2 + 0,49 Q$$

Le coefficient de corrélation est de 99,4 %. Cette équation met en évidence que les pertes de charges de l'ouvrage caractérisées par le terme en Q^2 sont négligeables (terme en Q^2) devant les pertes de charges dues à l'aquifère (terme en Q), ce qui traduit la bonne réalisation de l'ouvrage.

6.3. Essai par pompage de longue durée

A l'issue du dernier palier de débit, le pompage s'est poursuivi au débit de 41,7 m³/h.

Durant cette phase, le forage a été stoppé et redémarré par deux fois afin d'améliorer le développement.

A la suite de ces arrêts/démarrages, le débit de pompage n'a jamais été identique à celui du dernier palier, ce qui se traduit par une variation du niveau dynamique.

6.3.1. Chronologie

▪ *Descente :*

du 05/05/2005 11 h 55 mn
 au 08/05/2005 16 h 58 mn
 soit 2 jours, 5 heures et 3 minutes.

▪ *Remontée :*

du 08/05/2005 16 h 58 mn
 au 09/05/2005 10 h 19 mn
 soit 17 heures et 21 minutes.

6.3.2. Résultats et interprétation

Descente

▪ *Débit moyen (F2) :* 40,3 m³/h.

▪ *Principales valeurs mesurées :*

Temps	0	20'	40'	1h	3h15	6h	12h	18h	1j	1j12h	2j5h3'
Q (m ³ /h)	0	9	19,3	31,7	41,7					40	41,6

Sur F2 :

Prof. du plan d'eau (m/tube)	19,58	24,26	30,45	38,54	46,06	47,03	47,27	47,35	47,35	46,92	47,99
Rabattement (m)	0,00	4,68	10,87	18,96	26,48	27,45	27,69	27,77	27,77	27,34	28,41

Sur F1 :

Prof. du plan d'eau (m/tube)	18,94	20,75	23,23	26,73	30,87	32,06	32,37	32,50	32,56	32,52	33,11
Rabattement (m)	0,00	1,81	4,29	7,79	11,93	13,12	13,43	13,56	13,62	13,58	14,17

L'évolution de la profondeur du plan d'eau dans le forage F2 et le piézomètre F1 est tracée sur la Figure 7.

▪ *Rabattements maximums :*

F2 = 28,41 mètres

F1 = 14,17 mètres.

▪ *Volume extrait du forage :* 2 100 m³ environ.

Les rabattements du plan d'eau sur le forage F2 et le piézomètre F1 ont été tracés en fonction du logarithme du temps sur la Figure 8.

Les points de chaque courbe s'alignent selon une droite qui permet le calcul d'une valeur de la transmissivité si l'on adopte les hypothèses de traitement relatives au modèle simplifié de Jacob en régime hydrodynamique transitoire et en assimilant l'aquifère des sables du Cénomanién inférieur à un milieu poreux homogène, isotrope et infini :

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s} \quad \text{avec : } \begin{array}{ll} T & = \text{Transmissivité (m}^2/\text{s)} \\ Q & = \text{Débit (m}^3/\text{s)} \\ \Delta s & = \text{Rabatement sur un cycle log (m)} \end{array}$$

$$T = 4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s.}$$

Remontée

▪ Principales valeurs mesurées :

Temps	t = 2j5h3' t' = 0	1'	5'	15'	30'	1h	2h	6h	10h	14h	17h21'
-------	----------------------	----	----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	--------

Sur F2 :

Prof. du plan d'eau (m/tube)	47,99	35,39	27,89	25,28	23,42	21,83	20,86	20,32	20,21	20,12	-
Rabatement (m)	28,41	15,81	8,31	5,70	3,84	2,25	1,28	0,74	0,63	0,54	-

Sur F1 :

Prof. du plan d'eau (m/tube)	33,11	32,41	27,69	24,94	23,17	21,62	20,59	19,97	19,83	19,73	19,69
Rabatement (m)	14,17	13,47	8,75	6,00	4,23	2,68	1,65	1,03	0,89	0,79	0,75

t = durée du pompage

t' = temps de remontée

Cette remontée a été portée, pour les deux ouvrages, sur diagramme semi-logarithmique en fonction d'une expression mettant en relation la durée du pompage et le temps écoulé depuis l'arrêt de celui-ci (cf. Figure 9).

Les points de chaque courbe s'alignent selon une droite dont la pente permet le calcul de transmissivité par l'application de la méthode simplifiée de Jacob :

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s}$$

avec : T = Transmissivité (m²/s)
Q = Débit (m³/s)
Δ s = Rabattement sur un cycle log (m)

$T = 3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Cette valeur est très proche de celle calculée lors de la descente.

On peut considérer que la transmissivité moyenne de l'aquifère dans le secteur est :

$T = 3,5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Coefficient d'emmagasinement et rayon d'action

Le calcul théorique du coefficient d'emmagasinement n'a pas permis d'obtenir une valeur acceptable. Cela est probablement dû à la trop grande proximité entre le piézomètre et le forage.

On peut néanmoins considérer que la valeur de ce coefficient est proche de 5.10^{-5} en raison de la captivité de la nappe.

On peut ainsi définir l'influence théorique du pompage sur la nappe et les ouvrages proches. Ainsi, le rabattement que provoquerait un pompage de 24 heures à 40 m³/h sur le forage F2 serait de l'ordre d'une quinzaine de centimètres sur le forage de la Rouquette distant de 2,8 kilomètres environ.

$$s = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 T t}{x^2 S}$$

avec : s : rabattement (m)
Q : débit (m³/s) = $1,1.10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
T : Transmissivité (m²/s) = $3,5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
t : durée du pompage (s) = 86 400 s
x : distance au forage (m) = 2 800 m
S : Coefficient d'emmagasinement = 5.10^{-5}

Simulation Shaddok

Sur la Figure 10 sont présentées les simulations réalisées avec le logiciel SHADDOK pour le piézomètre et le forage avec les valeurs de transmissivités calculées. Celles-ci confirment les résultats obtenus par calcul graphique.

7. QUALITÉ DE L'EAU

Durant l'essai par pompage, des mesures ponctuelles de conductivité et de température ont été effectuées et sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Date	06/05/2005	07/05/2005	08/05/2005
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	328	329	344
Température ($^{\circ}\text{C}$)	14,0	13,9	13,9

On remarque la faible minéralisation de l'eau, typique d'un magasin aquifère sableux siliceux. Les valeurs sont restées stables au cours du pompage.

Un prélèvement pour analyses de première adduction a été effectué ultérieurement à l'essai, le rapport analytique n'est pas disponible à la date de rédaction de ce rapport

8. TENTATIVE DE RÉHABILITATION DU FORAGE F1

Une tentative de réhabilitation du forage F1 a eu lieu en fin de travaux.

Il s'agissait de tenter d'enfoncer la pompe coincée vers 45 mètres dans l'ouvrage, de le rechemiser en diamètre 125 mm afin de pouvoir mettre en place une pompe de secours en 4".

Cette opération a échoué car le tubage initial est cassé et des venues importantes de sable risquaient de déstabiliser l'ensemble du secteur et d'affecter le nouveau forage.

Cet ouvrage devra donc soit être condamné par mise en place de gravier jusqu'à 20 mètres de profondeur puis de ciment jusqu'à la surface, soit réaménagé en piézomètre par mise en place d'un tubage PVC \varnothing 125 mm, crépiné sur 3 mètres, noyé dans du gravier jusqu'à 20 mètres de profondeur puis cimenté jusqu'à la surface.

Dans ce deuxième cas, une bride protégera l'ouvrage.

9. PROPOSITION D'EXPLOITATION

Une pompe 6" sera placée à 60 mètres de profondeur dans le forage F2. Son débit sera de 30 m³/h avec un niveau dynamique à 45 mètres de profondeur.

Les rabattements obtenus montrent que dans le cas où un second forage de secours serait réalisé, les deux ouvrages ne pourraient pas être utilisés simultanément au même débit.

Le débit maximum qui pourrait être obtenu sur deux ouvrages en pointe d'exploitation serait d'une cinquantaine de m³/h. Pour s'en assurer, il conviendrait de contrôler l'évolution du niveau de l'aquifère en période de basses eaux, parallèlement à la réalisation d'un pompage d'essai simultané sur les deux ouvrages.

10. CONCLUSION

Les travaux de forage ont permis de réaliser, sur le site de l'Estrasson, un forage d'exploitation en remplacement du forage de reconnaissance précédemment utilisé qui a été accidentellement détérioré

Une tentative de réhabilitation de l'ouvrage initial a échoué. Il faudra donc soit le transformer en piézomètre, soit le colmater.

Il faudra, dans l'avenir, envisager la réalisation d'un second forage d'exploitation qui permettra une sécurisation du captage et une augmentation très probable des prélèvements, en particulier pendant les périodes de pointe de consommation.

Lussan, le 24 mai 2005

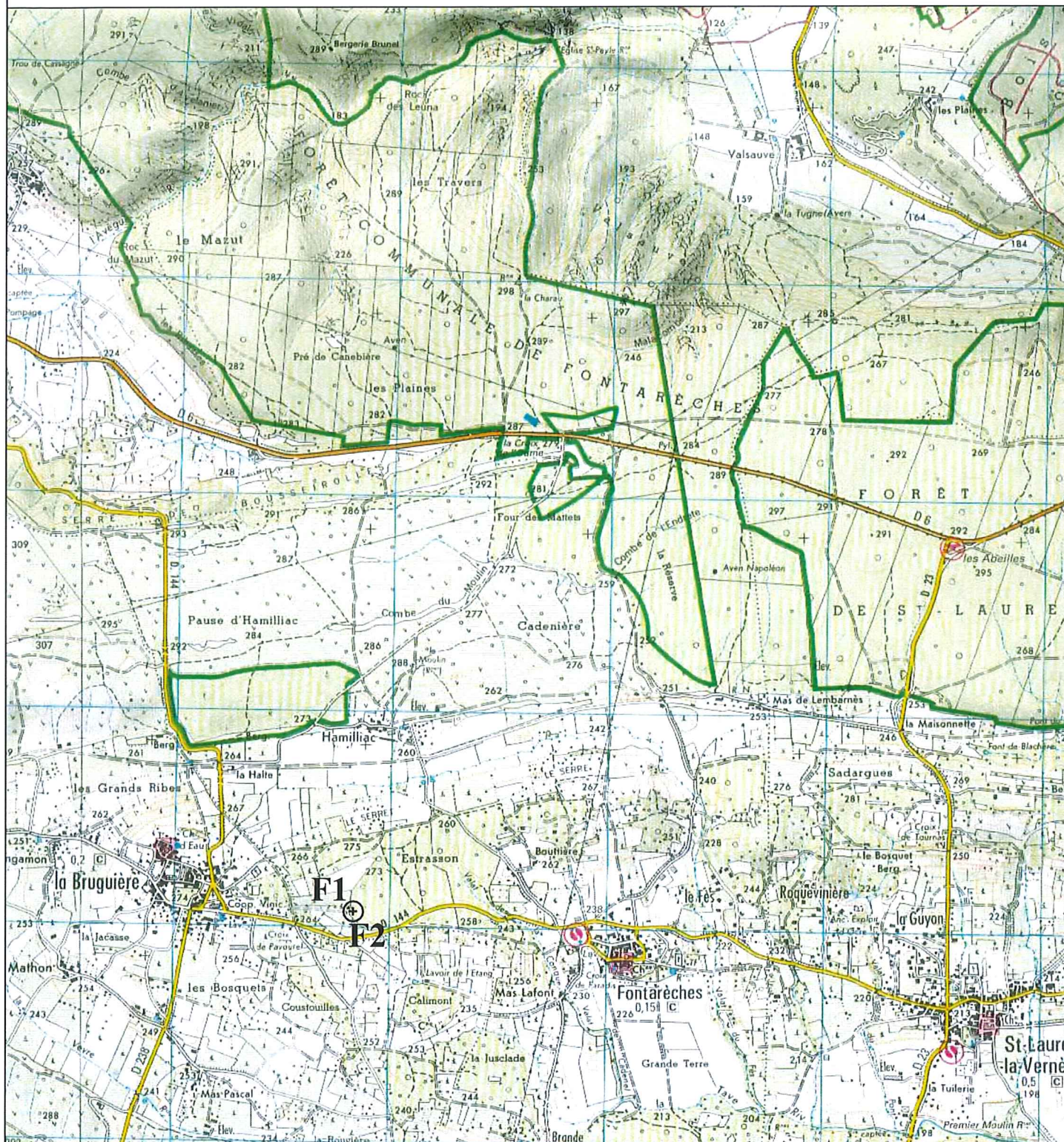
Guillaume LATGÉ

Jean-Marc FRANÇOIS

FIGURES

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

1



EXTRAIT DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE IGN AU 1/25 000
N° 2940 OT BAGNOLS-SUR-CÈZE

⊕ F2 Nouveau forage d'exploitation

○ F1 Forage abandonné

0 1 2 km

SITUATION CADASTRALE

2



EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL DE FONTARÈCHES SECTION B AU 1/6 000

F2 Nouveau forage d'exploitation





















F1 Forage abandonné

0 200 400 m



FONTARÈCHES - Lieu-dit : L'estrasson
F2
x = 766.93 y = 3203.22 z = 265 m

4

PROFIL GÉOLOGIQUE			PROFIL TECHNIQUE				
H (m)	Lithologie	Stratigraphie	Fonçage	Coupe technique	Tubage		
0		Quaternaire	0 m				
5	Argiles grises avec rares passées sableuses et ligniteuses	Cénomanien moyen	Rotary Ø 311 mm de 0 à 58,5 m		Cimentation pression de 0 à 58 m		
10							
15							
20							
25							
30					acier Ø 273 × 8,8 de -0,5 à 57,5 m		
35							
40							
45					PVC Ø 183 × 195 de -0,5 à 90 m		
50							
55	Sable orangé	Cénomanien inférieur	58,5 m		Graviers calibrés de 1 à 91 m		
60			61 m				
65	Sable blanc		Rotary Ø 254 mm de 58,5 à 91 m				
70							
75	Sable orangé						
80							
85	Marnes jaunes puis grises	Albien			Crépines à fentes usine slot 1 mm de 61 à 90 m		
90		91 m					

Ce forage d'exploitation remplace le forage initial qui a été détruit accidentellement

Recherche d'eau potable - Travaux réalisés par l'entreprise Brante Frères (St Quentin la Poterie - 30) du 25 au 29 avril 2005
Débit instantané : 30 m³/h

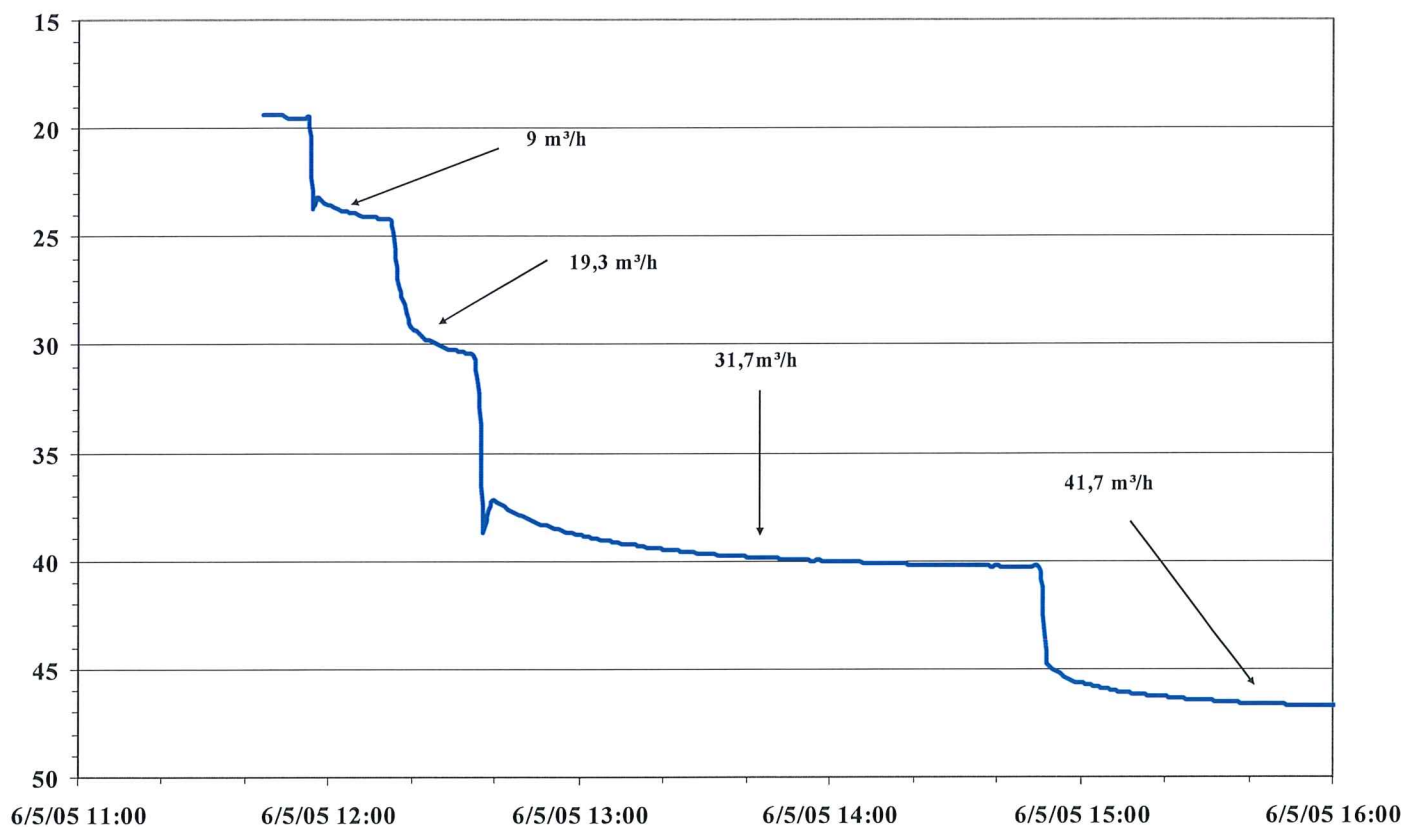
ESSAI PAR PALIERS DE DÉBIT SUR F2

- FONTARÈCHES (30) - L'Estrasson -

6 mai 2005

5

ÉVOLUTION DU NIVEAU DU PLAN D'EAU DANS LE FORAGE F2



Temps de remontée : nul les paliers ont été enchaînés

Durée des paliers : 20 minutes sauf pour le troisième qui a duré environ deux heures.

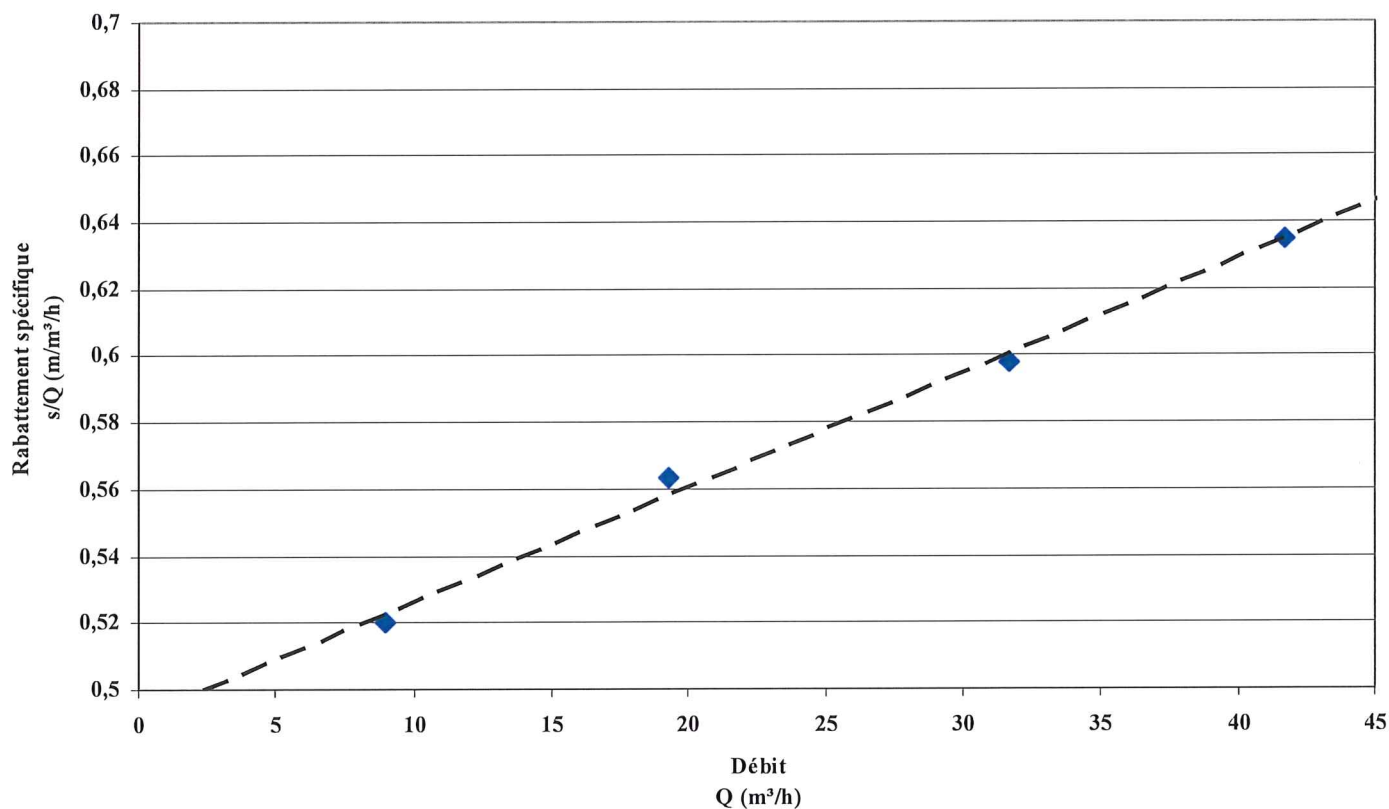
ESSAI PAR PALIERS DE DÉBIT SUR F2

- FONTARÈCHES (30) - L'Estrasson -

6 mai 2005

6

DROITE CARACTÉRISTIQUE DU FORAGE F2 : $s/Q = f(Q)$



Paliers		1	2	3	4
Rabatement	s (m)	4,68	10,87	18,96	26,48
Débit	Q (m³/h)	9	19,3	31,7	41,7
Rabatement spécifique	s/Q [m/(m³/h)]	0,520	0,563	0,598	0,635

Équation de la droite caractéristique du forage F2 :
[coefficient de corrélation ($R^2=0,99$)]

$$s = 3,4 \cdot 10^{-3} Q^2 + 0,49 Q$$



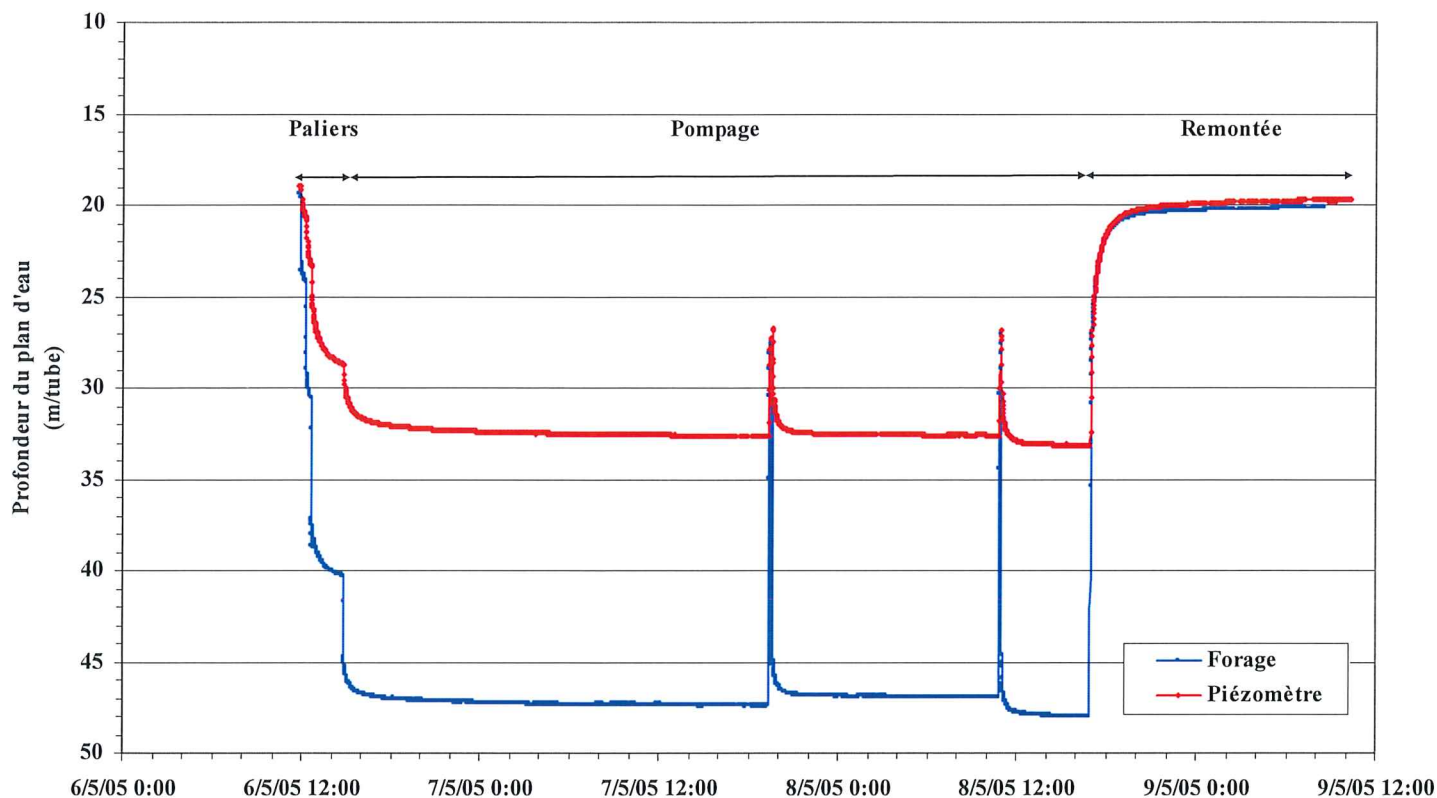
ESSAI PAR POMPAGE SUR F2

- FONTARÈCHES (30) - L'Estrasson -

6 au 8 mai 2005

7

ÉVOLUTION DU NIVEAU DU PLAN D'EAU DANS LE FORAGE F2 ET LE PIÉZOMÈTRE F1



Débit moyen : 40,3 m³/h

Niveau initial : F2 : 19,58 m et F1 : 18,94

Rabatement maximum : F2 : 28,41 m et F1 : 14,17

Profondeur de la pompe : 57 m

Temps de pompage : 2 jours, 5 heures et 3 minutes

Temps de remontée : 17 heures et 21 minutes



ESSAI PAR POMPAGE SUR F2

- FONTARÈCHES (30) - L'Estrasson -

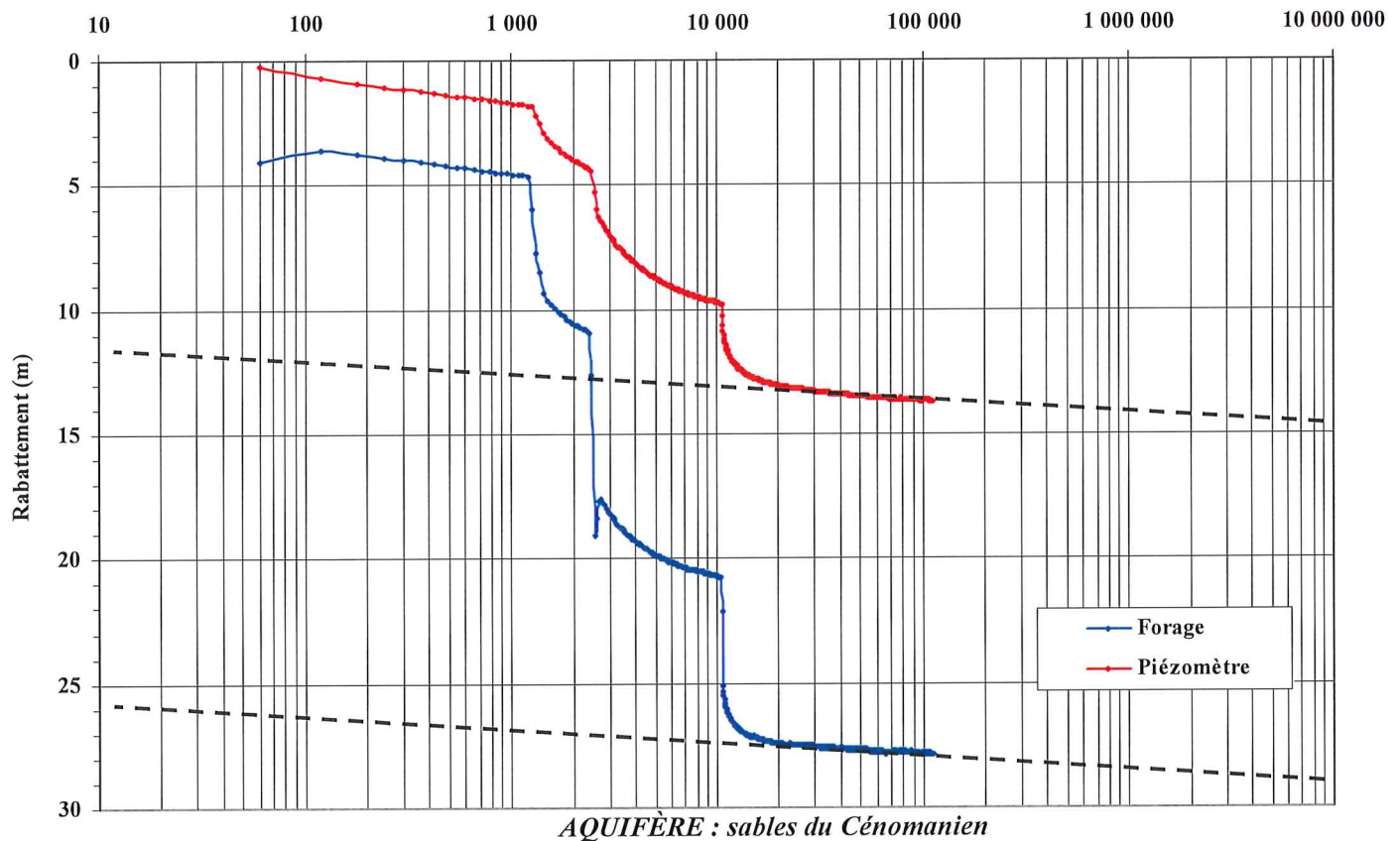
6 au 8 mai

8

VALEURS MESURÉES SUR LE FORAGE F2 ET LE PIÉZOMÈTRE F1

DESCENTE

Graphe $s = f(\log t)$



RÉSULTATS DE L'INTERPRÉTATION DE LA COURBE DE DESCENTE
MÉTHODE DE THEIS – JACOB

(Débit = 40,2 m³/h)

Transmissivité :

$$T = 4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

ESSAI PAR POMPAGE SUR F2

- Fontarèches (30) - L'Estrasson -

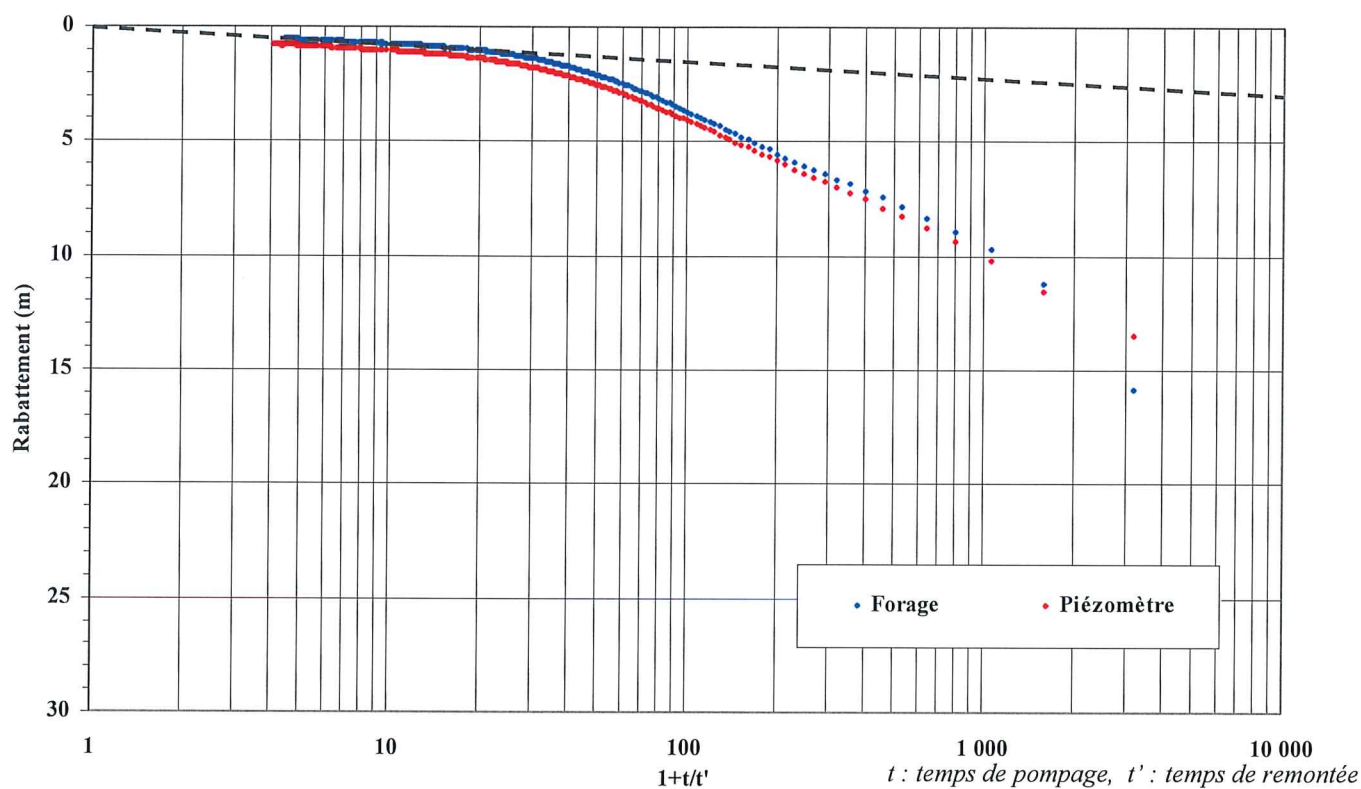
6 au 8 mai 2005

9

VALEURS MESURÉES SUR LE FORAGE F2 ET LE PIÉZOMÈTRE F1

REMONTÉE

Graphe $s = f(\log(1+t/t'))$



AQUIFÈRE : sables du Cénomanien

RÉSULTATS DE L'INTERPRÉTATION DE LA COURBE DE REMONTÉE

MÉTHODE DE THEIS – JACOB

(Débit moyen = 40,3 m³/h)

Transmissivité :

$$T = 3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

ESSAI PAR POMPAGE SUR F2

- FONTARÈCHES (30) – L'Estrasson -

6 au 8 mai 2005

10

VALIDATION DU CALCUL DE LA TRANSMISSIVITE PAR LA METHODE DE THEIS

MODELISATION AVEC LE LOGICIEL SHADDOK

