

Département du **Gard**

Commune de **SAINT-HIPPOLYTE DU FORT**

Salle de Gour

RAPPORT HYDROGÉOLOGIQUE

**Compte rendu des travaux du
forage F1**

Essai par paliers de débit

Réalisé à la demande de :

**Conseil Général du Gard
D.D.R. - Service de l'Eau et des Rivières
3 rue Guillemette
30044 NÎMES Cedex**

Montpellier, le 22 avril 2010

N° 30/263 I 10 011



SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	3
2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	3
3. TRAVAUX DE FORAGE.....	4
4. ESSAI PAR POMPAGE	4
4.1. Caractéristiques techniques.....	5
4.2. Pompage par paliers de débit	6
4.2.1. Mise en œuvre.....	6
4.2.2. Résultats et interprétation.....	6
4.3. Essai par pompage de longue durée.....	7
4.3.1. Chronologie	8
4.3.2. Résultats et interprétation.....	8
5. QUALITÉ DE L'EAU	10
6. PROPOSITION DE TRAVAUX.....	11
7. CONCLUSION	12

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Le Conseil Général du Gard a mandaté notre bureau d'études afin de déterminer les zones favorables à la recherche d'une nouvelle ressource en eau souterraine pour la commune de Saint-Hippolyte du Fort.

Un site favorable a été trouvé dans les formations calcaires jurassiques au niveau de Salle de Gour (cf. rapport BERGA-Sud n° 30/263 H 09 033 du 25 mars 2010) et a conduit à l'implantation d'un forage de reconnaissance.

Le présent rapport fait suite aux travaux de forage et à la détermination des potentialités d'exploitation de ce site d'étude.

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le site d'étude se situe à 3,7 km au Sud-Sud-Ouest du centre de Saint-Hippolyte du Fort et à 4,6 km au Nord-Nord-Ouest du centre de Pompignan au pied du massif de Bois de Salle de Gour (cf. Figure 1).

Les coordonnées Lambert II étendu du forage sont :

$$x = 721,020 \text{ km}$$

$$y = 1\,882,530 \text{ km}$$

$$z = 216 \text{ m.}$$

La station de pompage de Pompignan qui exploite les mêmes formations se situe à 3,8 km au Sud-Est du site.

3. TRAVAUX DE FORAGE

Ils ont été réalisés par l'entreprise Roudil Forages (Nîmes -30) du 1^{er} au 10 février 2010 et pilotés par BERGA-Sud.

Les coupes géologique et technique de l'ouvrage sont tracées sur la Figure 2.

Le forage, exécuté au marteau fond de trou, a rencontré dans un premier temps des formations de calcaire très clair avec des éléments cristallins jusqu'à une profondeur de 150 mètres environ. Ensuite, le forage a rencontré des formations très homogènes de calcaire gris clair jusqu'à la profondeur finale de 321 mètres.

Les failles rencontrées jusqu'à 121 mètres de profondeur étaient colmatées par de l'argile rouge. De nombreuses fractures de faible dimension ont été interceptées mais la première venue d'eau ($Q \approx 1 \text{ m}^3/\text{h}$) n'est intervenue qu'à partir de 174 mètres. Les fractures à partir de 297 mètres de profondeur sont devenues plus fréquentes et de taille relativement importante (0,20 m pour la fracture à 297 m) mais le débit instantané n'a pas évolué, traduisant un probable colmatage argileux.

A la fin des travaux (321 mètres de profondeur), le débit instantané était de $6 \text{ m}^3/\text{h}$.

4. ESSAI PAR POMPAGE

Compte tenu de la faiblesse du débit instantané à l'air lift observé malgré la présence de nombreuses failles, un essai par paliers de débit a été effectué afin de caractériser hydrodynamiquement le forage F1.

A l'issue du dernier palier, le pompage s'est poursuivi afin de tester l'aquifère contenu dans les calcaires jurassiques interceptés par le forage.

Ces essais avaient pour objectifs :

- le développement du forage F1,
- la détermination de l'équation caractéristique du forage F1,

- 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).

4.1. Caractéristiques techniques

- **Conditions** : Hautes eaux.
- **Installateur** : Ent. ROUDIL Forages (Nîmes -30).
- **Groupe de pompage** : Pompe immergée 4" à 132 mètres de profondeur.
- **Alimentation électrique** : Groupe électrogène.
- **Point de rejet de l'eau** : A 50 mètres du forage, sans risque de recyclage.
- **Mesure du débit** : Débitmètre électromagnétique Krohne Aquaflux 010K associé à un convertisseur IFC 090K relié à une centrale d'acquisition de données numériques HDL de Cr2m.
- **Point d'eau contrôlé** : F1.
- **Niveau initial** : 83,57 mètres/référence.
- **Référence** : 1,20 m/au sol.
- **Mesure des niveaux** :
 - mesures ponctuelles : limnimètre électrique manuel ;
 - mesures continues sur F1 : 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). Ce capteur est relié à une centrale d'acquisition et d'enregistrement de données numériques HDL de Cr2m.
- **Mesure de la conductivité et de la température** : Mesures continues au moyen du conductimètre WTW 3310.

4.2. Pompage par paliers de débit

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

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

4.2.1. Mise en œuvre

Le forage F1 a été mis en production à différents débits, appelés paliers de débit, (cf. Figure 4).

- **Nombre de paliers** : 4.
- **Débits** :
 - 1^{er} palier : 1,78 m³/h
 - 2^{ème} palier : 3,06 m³/h
 - 3^{ème} palier : 4,85 m³/h
 - 4^{ème} palier : 5,82 m³/h.
- **Durée des paliers** : 45 minutes.
- **Temps de remontée** : nul, les paliers ont été enchaînés.

4.2.2. Résultats et interprétation

Les valeurs de rabattement à l'issue de chaque palier, ainsi que les débits correspondants sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Paliers		1	2	3	4
Débit	Q (m ³ /h)	1,78	3,06	4,85	5,82
Rabattement	s (m)	3,03	10,94	22,82	44,78
Rabattement spécifique	s/Q (m/m ³ /h)	1,70	3,57	4,70	7,69

L'exploitation graphique de la droite $s/Q = f(Q)$ représentée sur la Figure 4 permet de déterminer l'équation caractéristique suivante :

$$s = 0,96 Q^2 + 0,24 Q$$

Le coefficient de corrélation est de 94,5 %. Cette équation met en évidence que les pertes de charge de l'ouvrage caractérisées par le terme en Q^2 sont nettement prépondérantes aux pertes de charge linéaires liées à l'écoulement au sein de l'aquifère quel que soit le débit considéré.

Il apparaît ainsi que théoriquement pour un débit de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, les pertes de charge dues à l'ouvrage seraient de 96 mètres alors que celles dues à l'aquifère ne seraient que de 2,4 mètres.

L'importance de ces pertes de charge dues à l'ouvrage provient probablement d'un colmatage de la fracturation rencontrée. Ce colmatage était souligné par la présence d'argile dans les fractures et par la turbidité de l'eau.

4.3. Essai par pompage de longue durée

Le palier effectué à $4,8 \text{ m}^3/\text{h}$ laissait présager un potentiel de production légèrement supérieur c'est pourquoi, nous avons effectué un dernier palier à $5,8 \text{ m}^3/\text{h}$. A ce débit, au bout de 45 minutes, le niveau du plan d'eau atteignait quasiment le niveau de la pompe, ce qui nous a conduit à réduire le débit du pompage "long".

Après une tentative infructueuse à $5 \text{ m}^3/\text{h}$ pour laquelle la remontée observée (de l'ordre du mètre) a été jugée insuffisante, le débit a été ramené à $3,9 \text{ m}^3/\text{h}$.

Il a eu tendance à diminuer au cours de l'essai pour atteindre $3,1 \text{ m}^3/\text{h}$ à la fin de ce dernier.

4.3.1. Chronologie

▪ **Descente :**

du 24/02/2010 13 h 50 mn
 au 25/02/2010 10 h 14 mn
 soit 21 heures et 24 minutes.

▪ **Remontée :**

du 25/02/2010 10 h 14 mn
 au 25/02/2010 11 h 04mn
 soit 50 minutes.

4.3.2. Résultats et interprétation

Descente

▪ **Débit moyen :** 3,3 m³/h.

▪ **Principales valeurs mesurées :**

Temps	0	45	1h30	2h15'	2h46'	3h15'	6h	12h	18h	21h24'
Q (m ³ /h)	0	3,06	4,85	5,82	5	3,9	3,72	3,39	3,33	3,12
Profondeur du plan d'eau (m)	84,27	95,21	107,09	129,05	128,40	119,21	117,27	112,96	114,59	112,62
Rabattement (m)	0	10,94	22,82	44,78	44,13	34,94	33,0	28,69	30,32	28,35

L'évolution de la profondeur du plan d'eau dans le forage F1 est tracée sur la Figure 3 en parallèle des débits pompés.

▪ **Rabattement maximum :** 44,78 mètres à la fin du 4^{ème} palier.

▪ **Volume extrait du forage :** 70 m³ environ.

L'allure de l'évolution du niveau du plan d'eau dans le forage ne permet pas d'utiliser les méthodologies classiques de l'hydrogéologie quantitative pour déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des calcaires jurassiques.

En effet, le débit de pompage a légèrement diminué dans le temps pour atteindre une valeur finale de $3,1 \text{ m}^3/\text{h}$, ce qui induit une remontée progressive du niveau du plan d'eau dans le forage. On remarque toutefois à partir du 25 février à 1 h 50 que le débit de pompage augmente légèrement ($+0,03 \text{ m}^3/\text{h}$) ce qui entraîne une baisse du niveau du plan d'eau de 1,70 mètre.

Remontée

▪ Principales valeurs mesurées :

Temps	t = 21h24' t' = 0	1'	5'	15'	30'	50'
Profondeur du plan d'eau (m)	112,62	111,27	106,43	102,37	97,09	92,87
Rabatement (m)	28,35	27,0	22,16	18,10	12,52	8,60

t = durée du pompage

t' = temps de remontée

Cette remontée n'a pas été suivie jusqu'à son terme en raison des perturbations enregistrées lors du pompage et de la faiblesse du volume prélevé eu égard au potentiel de l'aquifère.

Il apparaît que conformément aux données acquises par l'essai de puits que la remontée est d'abord contrôlée par les pertes de charge de l'ouvrage (importantes) puis l'aquifère est mis à contribution.

L'allure générale semble montrer que l'aquifère permet une bonne restitution des niveaux d'eau.

5. QUALITÉ DE L'EAU

Des mesures de la conductivité et de la température des eaux d'exhaure ont été réalisées en continu au cours de l'essai par pompage. Quelques mesures sont données dans le tableau ci-après :

Date	24/02/2010	24/02/2010	24/02/2010	25/02/2010
Heure	16 h 10	18 h 00	23 h 00	10 h 00
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	476	489	495	495
Température ($^{\circ}\text{C}$)	16,5	16,1	16,2	16,4

La Figure 5 retranscrit ces enregistrements sous forme graphique.

De façon générale, nous retrouvons les caractéristiques des eaux exploitées au niveau des forages de Pompignan avec une eau assez faiblement minéralisée montrant une légère anomalie positive de température.

La conductivité a augmenté légèrement en début d'essai passant de 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à une valeur stabilisée de 495 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dans le même temps, la température s'est stabilisée entre 16,1 et 16,2 $^{\circ}\text{C}$.

Cette faible minéralisation tend à conforter l'hypothèse de l'alimentation de l'aquifère par des eaux de surface (Vidourle) et traduit ainsi sa forte capacité à faire transiter l'eau. La température élevée quant à elle traduit le cheminement en profondeur de ces eaux.

La présence de turbidité dans les eaux est fréquente dans ce type d'aquifère (c'était le cas en particulier sur le nouveau captage de Pompignan). Elle est directement liée à la présence d'argile dans les fissures et nécessite souvent la mise en place de dispositifs de filtration.

6. PROPOSITION DE TRAVAUX

Les essais préliminaires menés sur le forage de reconnaissance implanté dans les calcaires jurassiques au lieu-dit Salle de Gour ont permis de mettre en évidence la présence de l'aquifère recherché.

Les essais par paliers de débit ont montré les fortes pertes de charge liées à la relation de l'ouvrage avec l'aquifère proche. La droite caractéristique obtenue ici est relativement comparable à celle déterminée initialement sur le forage de Pompignan exploitant les mêmes formations lors de l'essai du 23/09/1998 retranscrit dans le rapport BERGA-Sud n° 30/200 D 98 082 du 27 novembre 1998.

Des travaux d'acidification avaient permis d'augmenter très significativement les débits de pompage rendant le site exploitable (évolution de 20 à plus de 80 m³/h).

Le niveau statique de l'aquifère (≈ 130 m NGF) mesuré ici en hautes eaux est compatible avec ceux mesurés en basses eaux, respectivement à 110 et 100 m NGF sur les forages de Trouillas et de Pompignan.

L'altitude relativement basse du niveau statique de l'aquifère, la température et la conductivité de l'eau, le fort potentiel de production de l'aquifère, les bons résultats obtenus sur un ouvrage similaire, nous conduisent à proposer une opération d'acidification de l'ouvrage.

Cette opération se fera par injection de 1,5 tonne d'acide en trois passes, respectivement de 300 kg, 500 kg et 700 kg à 200 mètres de profondeur.

Cette opération pourra être renouvelée si le débit à l'air lift obtenu en fin d'opération se trouve suffisamment amélioré par rapport aux résultats initiaux.

Si le débit s'avère suffisant, un alésage de l'ouvrage jusqu'à 200 mètres de profondeur afin de constituer une chambre de pompage pour une pompe d'au-moins 6" permettra la réalisation d'un test de pompage significatif.

7. CONCLUSION

Les travaux de recherches d'une nouvelle ressource en eau potable pour la commune de Saint-Hippolyte du Fort ont conduit à l'implantation d'un forage de reconnaissance au lieu-dit "Salle de Gour".

L'aquifère jurassique recherché a été rencontré comme le montrent le niveau statique relativement bas et la qualité de l'eau ; mais le colmatage par de l'argile rouge des fractures interceptées génère de très fortes pertes de charge dans l'ouvrage.

Des travaux d'acidification pourraient permettre une amélioration des relations entre l'ouvrage et l'aquifère des calcaires jurassiques et une augmentation significative du débit.

A défaut, il sera nécessaire d'envisager la recherche d'une nouvelle zone d'implantation de forage.

Lussan, le 22 avril 2010

Axel ROESCH

Jean-Marc FRANÇOIS