

Département du **Gard**

Commune de **LA CAPELLE ET MASMOLÈNE**

La Barbion

RAPPORT HYDROGÉOLOGIQUE

**Compte rendu des travaux de
forage (F3) et des essais par
pompage**

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

Lussan, le 10 décembre 2009

N° 30/067 Q 09 091



SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	3
2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	3
3. TRAVAUX DE FORAGE.....	4
4. ESSAI PAR POMPAGE.....	5
4.1. Caractéristiques techniques	6
4.2. Pompage par paliers de débit.....	7
4.2.1. Mise en œuvre.....	7
4.2.2. Résultats et interprétation.....	8
4.3. Essai par pompage de longue durée	9
4.3.1. Chronologie	9
4.3.2. Résultats et interprétation.....	9
5. QUALITÉ DE L'EAU	12
5.1. Suivi des paramètres physiques de l'eau.....	12
5.2. Analyse de première adduction.....	13
6. PROPOSITION D'EXPLOITATION	14
7. CONCLUSION.....	14

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de la régularisation administrative du captage de la Barbion alimentant en eau potable la commune de La Capelle et Masmolène, notre bureau d'études est intervenu en novembre 2007 afin d'effectuer un bilan sur la ressource utilisée, sa protection et l'amélioration potentielle de la productivité du captage.

Les essais par pompage effectués sur le captage actuel de la Barbion ont montré un bon potentiel de production des sables cénomaniens moyens et supérieurs avec toutefois une trop faible profondeur du forage d'exploitation. Il avait alors été préconisé la mise en place d'un nouvel ouvrage à proximité immédiate du captage afin d'explorer l'ensemble du réservoir pour augmenter le potentiel de production du site (cf. rapport BERGA-Sud n° 30/067 O 09 008 du 25 janvier 2008).

Finalement, il a été choisi d'explorer l'aquifère profond des sables cénomaniens inférieurs, exploités dans le secteur pour l'irrigation ou l'AEP, en restant à proximité du captage actuel. Les trois ouvrages qui exploitent déjà cette ressource sont le forage de M. SAORIN à l'Ouest du captage, le forage de Panely (au Sud-Est) et le captage Nord de Pouzilhac.

Ce rapport récapitule les travaux de forage ainsi que les essais par pompage effectués sur ce nouvel ouvrage.

Un échantillonnage des eaux et une analyse réglementaire de première adduction ont aussi été effectués par le laboratoire IPL (Nîmes -30).

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le captage de la Barbion se situe à 1 km au Sud du village de La Capelle en bordure de l'étang. Ce site comporte deux ouvrages partiellement rebouchés (cf. Figure 1) :

- le forage Fe1 (nomenclature donnée en 2008), profond de 15 mètres environ, est en partie rebouché (initialement 35 m de profondeur, crêpiné sur 5 m). Il n'a pas un fonctionnement adapté aux besoins

actuels de la commune et ne parait pas exploiter l'aquifère de façon optimale ;

- le forage F1, implanté à 5 mètres du puits, ancien forage de reconnaissance, sert occasionnellement de ressource d'appoint.

Les coordonnées Lambert II étendu du site de captage actuel sont :

x = 776,61 km

y = 1 895,88 km

z = 180 m.

Dans un souci d'amélioration de la qualité de la ressource exploitée, nous avons proposé une mise en conformité des ouvrages qui reste valable si son exploitation est poursuivie.

Le nouvel ouvrage F3 a été implanté à 80 mètres au Nord-Ouest du captage et à 20 mètres à l'Est de la Source de la Barbion.

3. TRAVAUX DE FORAGE

Ils ont été réalisés par l'entreprise BRANTE Frères (St-Quentin la Poterie -30) du 1^{er} au 16 octobre 2009 et pilotés par BERGA-Sud.

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

Les travaux de forage ont été effectués au rotary à la boue en 216 mm jusqu'à 230,80 mètres de profondeur.

Afin d'isoler le forage des aquifères superficiels un prétubage (\varnothing 244 mm) a été mis en place sur les 31 premiers mètres avec une cimentation pression à l'extrados dans un fonçage en 311 mm.

Ce prétubage isole ainsi les venues d'eau des formations sableuses entre 6 et 31 mètres (exploitées par les forages du captage de la Barbion) sous couverture argileuse grise (8 mètres).

Des venues d'eau étant présentes à la base de ce tubage à la reprise des travaux de foration, il a dû être "enfoncé" d'un mètre environ, ce qui a nécessité la mise en place de bouchons de ciment sur le tube intérieur.

De 31 à 186 mètres de profondeur, le forage a rencontré des argiles grises du Cénomaniens moyen puis 9 mètres d'argiles jaunes.

Enfin, les sables ocre rouge du Cénomaniens inférieur ont été rencontrés entre 195 et 230,80 mètres.

Un tubage PVC de l'ouvrage (152x110) a été mis en place de 0 à 230,80 mètres, équipé de crépines à fentes usines placées entre 212 et 230 mètres et d'un bouchon terminal. Une mise en place de graviers à l'extrados complète cet ouvrage avec notamment deux bouchons de ciment pour isoler l'aquifère profond de potentielles venues entre 180 et 190 mètres et entre 32 et 40 mètres. L'espace annulaire entre les deux tubages en tête d'ouvrage a été rempli avec des graviers.

4. ESSAI PAR POMPAGE

A la suite de ces travaux, un essai par pompage d'une durée de 2 jours et 21 heures environ a été réalisé sur le forage F3 afin de tester l'aquifère contenu dans les sables cénomaniens inférieurs interceptés par cet ouvrage.

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

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

Ces essais avaient pour objectifs :

- le développement du forage F3,
- la détermination de l'équation caractéristique du forage F3,
- 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 les ouvrages proches : captage de la Barbion (F1) et forage F_{sao} ,
- un prélèvement d'échantillon pour analyse de première adduction de type PASO2.

4.1. Caractéristiques techniques

- **Conditions** : Moyennes basses eaux.
- **Installateur** : Ent. BRANTE Frères (St Quentin la Poterie -30).
- **Groupe de pompage** : Pompe immergée 4" à 90 mètres de profondeur.
- **Alimentation électrique** : Réseau EDF.
- **Point de rejet de l'eau** : A 30 mètres à l'Ouest, vers l'étang, 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 Duosens de OTT.
- **Points d'eau contrôlés** : F3, F1 et F_{sao} .
- **Niveaux initiaux (m/réf.)** :
 - $F3$: 63,45 m
 - $F1$: 9,45 m (en remontée)
 - $F_{sao} \approx 72$ m.
- **Références (m/sol)** :
 - $F3$: 1,08 m
 - $F1$: 0,70 m
 - F_{sao} : 0,10 m.

- **Distance forage / piézomètre :**

$F3/F1 \approx 80$ mètres

$F3/F_{sao} : 230$ mètres.

- **Mesure des niveaux :**

- mesures ponctuelles : limnimètre électrique manuel,

- mesures continues sur F3 : 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 Duosens GSM de OTT,

- mesures continues sur F1 et F_{sao} : 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 Mac 10 de Paratronic.

- **Mesure de la conductivité et de la température :** Mesures ponctuelles 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, ...) 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 F3 a été mis en production à différents débits, appelés paliers de débit (cf. Figure 4).

▪ **Nombre de paliers** : 3.

▪ **Débits** :

1^{er} palier : 4,8 m³/h

2^{ème} palier : 10 m³/h

3^{ème} palier : 15 m³/h.

▪ **Durée des paliers** : 30 minutes.

▪ **Temps de remontée** : Nul, les paliers ont été enchaînés.

Compte tenu des faibles débits de prélèvements, il a été difficile de maîtriser le débit des paliers ce qui a engendré une coupure entre les deux premiers paliers. Toutefois, cet arrêt n'empêche pas sur la qualité des résultats.

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
Débit	Q (m ³ /h)	4,8	10	15
Rabattement	s (m)	1,2	2,65	4,34
Rabattement spécifique	s/Q (m/m ³ /h)	0,25	0,265	0,289

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

$$s = 3,8 \cdot 10^{-3} Q^2 + 2,3 \cdot 10^{-1} Q$$

Le coefficient de corrélation est de 97,8 %. Cette équation met en évidence que les pertes de charge de l'ouvrage caractérisées par le terme en Q^2 sont négligeables par rapport aux pertes de charge liées à l'écoulement au sein de l'aquifère (terme en Q) aux débits potentiels d'exploitation de l'ouvrage mais que l'ensemble reste très faible.

4.3. Essai par pompage de longue durée

A l'issue du dernier palier de débit, le pompage s'est poursuivi au débit moyen de 14,24 m³/h.

4.3.1. Chronologie

▪ **Descente :**

du 26/10/2009 15 h 03 mn
 au 29/10/2009 12 h 04 mn
 soit 2 jours, 20 heures et 59 minutes.

▪ **Remontée :**

du 29/10/2009 12 h 04 mn
 au 30/10/2009 14 h 42 mn
 soit 1 jour, 2 heures et 38 minutes.

4.3.2. Résultats et interprétation

Descente

▪ **Débit moyen :** 14,24 m³/h.

▪ **Principales valeurs mesurées :**

Temps	0	30'	1h	1h30'	6h	12h	1j	2j	2j20h59'
Q (m ³ /h)	0	4,8	10	14,24					
Profondeur du plan d'eau (m)	63,45	64,65	66,04	67,71	67,80	68,00	67,99	67,93	67,90
Rabattement (m)	0	1,20	2,59	4,26	4,35	4,55	4,54	4,48	4,45

L'évolution de la profondeur du plan d'eau dans le forage F3 est tracée sur la Figure 3.

▪ **Rabattement maximum :** 5,20 mètres.

▪ **Volume extrait du forage :** 1 000 m³ environ.

La Figure 3 met en évidence le développement de l'ouvrage avec les brutales mais faibles variations du niveau du plan d'eau sans modification du débit notamment le 27 octobre à 00 h 00 et le 28 octobre 03 h 23. Ces modifications sont dues probablement à la mise en place du massif de graviers autour du tubage modifiant les relations de l'ouvrage avec l'aquifère.

De même, ce développement est visible avec la remontée du niveau du plan d'eau en cours de pompage qui souligne l'amélioration de ces relations.

La Figure 5 représente l'évolution du niveau du plan d'eau dans les ouvrages voisins suivis. Il apparaît que le forage F1 du captage de la Barbion n'est pas influencé par notre pompage avec un niveau du plan d'eau qui tend à augmenter suite aux précipitations antérieures.

Les très fortes différences du niveau statique entre les deux aquifères, de même qu'entre le nouveau forage et l'aquifère de la source voisine laissent supposer ce résultat.

En ce qui concerne le forage F_{SAO}, la mise en place du système d'enregistrement a été compliquée par l'absence de tube guide-sonde. La sonde a été coincée juste au niveau du plan d'eau avant le début des essais à environ 0,26 m sous l'eau. Une seule mesure manuelle a été possible compte tenu du risque de coincer un deuxième appareil de mesure.

L'enregistrement des niveaux, réalisé à partir de cette sonde sur ce forage, est donné sur la Figure 5. La courbe obtenue n'est pas interprétable, ce qui peut être dû à des modifications de la position de la sonde et/ou à son dysfonctionnement.

La très forte différence de niveau mesurée entre les deux ouvrages au repos, ≈ 9 mètres pour une distance de seulement 180 mètres, indiquerait un gradient de l'ordre de 4 %, ce qui paraît trop élevé par rapport à la productivité des ouvrages.

Le sens d'écoulement est toutefois compatible avec celui théorique de l'aquifère dont l'exutoire se trouve au niveau de l'Alzon entre Saint-Quentin la Poterie et Vallabrix.

Il est possible que cet ouvrage d'irrigation exploite un niveau aquifère faiblement dépendant.

Le rabattement du plan d'eau sur le forage testé a été tracé en fonction du logarithme du temps sur la Figure 6.

Après les perturbations du début de pompage, les points 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 comparant l'aquifère des sables cénomaniens inférieurs à un milieu poreux homogène, isotrope et infini :

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

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

$$T = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Cette détermination s'est effectuée sur la partie initiale de la courbe en raison des développements de l'ouvrage qui ne permettent plus de considérer l'essai comme homogène.

Cette valeur est toutefois cohérente avec le type d'aquifère sollicité par le captage.

Remontée

▪ Principales valeurs mesurées :

Temps	t = 2j20h29' t' = 0	5'	30'	1h	6h	12h	1j2h38'
Profondeur du plan d'eau (m)	67,90	64,10	63,98	63,90	63,64	63,56	63,51
Rabattement (m)	4,45	0,65	0,53	0,45	0,19	0,11	0,06

t = durée du pompage

t' = temps de remontée

Cette remontée a été portée 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 7).

Les points 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)

$$T = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Cette valeur est légèrement supérieure à celle observée lors de la descente mais reste comparable (peut-être liée au développement de l'ouvrage).

La transmissivité des sables cénomaniens inférieurs peut donc être estimée à :

$$T = 2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

L'absence de mesure cohérente sur le forage voisin ne permet pas le calcul d'un coefficient d'emménagement mais les caractéristiques géologiques montrent que l'aquifère est captif.

5. QUALITÉ DE L'EAU

5.1. Suivi des paramètres physiques de l'eau

Un suivi continu de la conductivité et de la température a été réalisé au cours de l'essai par pompage, certaines valeurs sont regroupées dans le tableau suivant :

Date	26/10/2009	27/10/2009	27/10/2009	28/10/2009	29/10/2009
Heure	17 h 20	7 h 20	17 h 20	17 h 20	12 h 00
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	483	483	485	486	486
Température ($^{\circ}\text{C}$)	13,3	12,9	13,4	13,4	13,5

L'enregistrement complet de ce suivi est restitué sur la Figure 8.

La conductivité des eaux mesurées sur cet ouvrage est cohérente avec le type d'aquifère sableux exploité qui donne des eaux faiblement minéralisées. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celle retrouvées dans des forages similaires sur la commune de St-Quentin la Poterie ($\approx 580 \mu\text{S}/\text{cm}$). Ces eaux seront donc légèrement plus agressives.

Au cours de cet essai, la conductivité des eaux a légèrement augmenté pour atteindre une valeur stable le 27 octobre au soir. Cette variation souligne la mise en circulation d'une eau légèrement plus ancienne.

En revanche, la température mesurée sur les eaux d'exhaure est extrêmement faible pour des eaux associées à un aquifère profond et de nature sableuse. Cette anomalie très importante, pratiquement 2 °C semblerait montrer une alimentation rapide et relativement proche de l'aquifère pour qu'il n'y ait pas d'équilibrage thermique entre les eaux et le réservoir sableux, ce qui est peu compatible avec la géologie locale.

Les oscillations visibles sont dues seulement à l'ensoleillement et aux variations thermiques extérieures.

Un suivi de la variabilité de la température des eaux en parallèle aux précipitations dans le secteur permettrait de s'assurer des modalités de recharge de l'aquifère et de sa vulnérabilité.

5.2. Analyse de première adduction

Dans le cadre de ces essais, un échantillonnage des eaux par le laboratoire IPL (Nîmes -30) a été effectué avant l'arrêt du pompage le 29 octobre afin d'effectuer une analyse d'eau de type PASO2. Le rapport analytique est donné en Annexe.

Il apparaît que l'eau prélevée était légèrement turbide (0,79 °NFU), ce qui s'explique par le développement de l'ouvrage en cours.

Des bactéries bénignes sont dénombrées dans ces eaux mais leur présence est très certainement liée à la méthode de foration par rotary à la boue

Le faible taux de nitrates (8,8 mg/l) souligne le faible impact anthropique (cultures) sur la ressource en eau au même titre que l'absence de produits phytosanitaires. En revanche, on observe la présence de nitrites (0,05 mg/l) dont l'origine pourrait être la dénitrification des nitrates en milieu anoxique.

Enfin, on retrouve un peu de baryum (0,01 mg/l) et de zinc (0,14 mg/l).

La présence d'hydrocarbure (0,17 mg/l) peut être attribuée à une contamination locale lors de la prise d'échantillon.

Les eaux exploitées au niveau du forage F3 de la Barbion sont compatibles avec les normes de qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine.

6. PROPOSITION D'EXPLOITATION

Les essais effectués sur le forage F3 de la Barbion ont permis de tester l'aquifère des sables cénomaniens inférieurs.

Une pompe 4" sera placée à 90 mètres de profondeur. Elle permettra d'obtenir un débit d'une quinzaine de m³/h, soit 300 m³/jour. Le niveau dynamique du plan d'eau se trouvera entre 65 et 70 mètres de profondeur suivant les conditions hydrologiques.

Compte tenu de l'équipement de l'ouvrage, il ne sera pas possible d'augmenter les prélèvements. Toutefois et sous réserve de la réalisation de nouveaux essais, il apparaît qu'un ouvrage en plus gros diamètre permettrait des prélèvements bien supérieurs.

7. CONCLUSION

Dans le cadre de l'amélioration de l'approvisionnement en eau de la commune de La Capelle et Masmolène, notre bureau d'études est intervenu afin d'implanter et de suivre la réalisation d'un nouveau forage à proximité du captage actuel et d'effectuer les essais nécessaires à déterminer son fonctionnement optimal.

Il apparaît que les sables cénomaniens inférieurs sont aptes à fournir une eau de bonne qualité susceptible de couvrir les besoins de la commune dans un domaine facilement protégeable vis-à-vis des pollutions potentielles.

Une attention particulière sera portée sur la variabilité de la température, notamment en relation avec les précipitations afin de s'assurer des modalités de réalimentation de l'aquifère.

Lussan, le 10 décembre 2009

Axel ROESCH

Jean-Marc FRANÇOIS