



# RAPPORT DE SUIVI DE TRAVAUX

## Essais de pompage Etiage 2008 – Octobre 2008

### Commune de **CASTANET-LE-HAUT** Hameau de Fagairolles



Site : Fagairolles

Date des travaux : du 06/10/08 au 11/10/08

Rapport réalisé le : 11/10/08

## SOMMAIRE

I. Historique des opérations .....	3
II. Pompage de développement.....	5
III. Essai de pompage par paliers (Essai de puits).....	6
IV. Essai de pompage de longue durée (Essai de nappe) .....	9
V. Qualité de l'eau durant l'essai de pompage.....	13
VI. Impact de l'exploitation sur le milieu naturel et la source de Fagairolles, modalités d'exploitation recommandées.....	14
VII. Inventaire sommaire des sources de pollution .....	14
VIII. Conclusions .....	17

Dans le cadre du renforcement de ses ressources en eau potable, la commune de Castanet-le-Haut a fait réaliser suite à une campagne de géophysique électrique et à la réalisation d'un premier forage (F1), un second forage F2 du 24 août 2008 au 5 septembre 2008 visant à prospecter les dolomies à proximité du hameau de Fagairolles.

Ce forage F2 s'est révélé productif avec un débit instantané au soufflage supérieur à 60 m<sup>3</sup>/h.

La campagne faisant l'objet du présent rapport consiste en la réalisation d'essais de pompage en période d'étiage sur ce forage F2.

Le présent rapport dresse un compte rendu des opérations et interventions réalisées, et présente les résultats de l'interprétation de ces essais de pompage.

## I. Historique des opérations

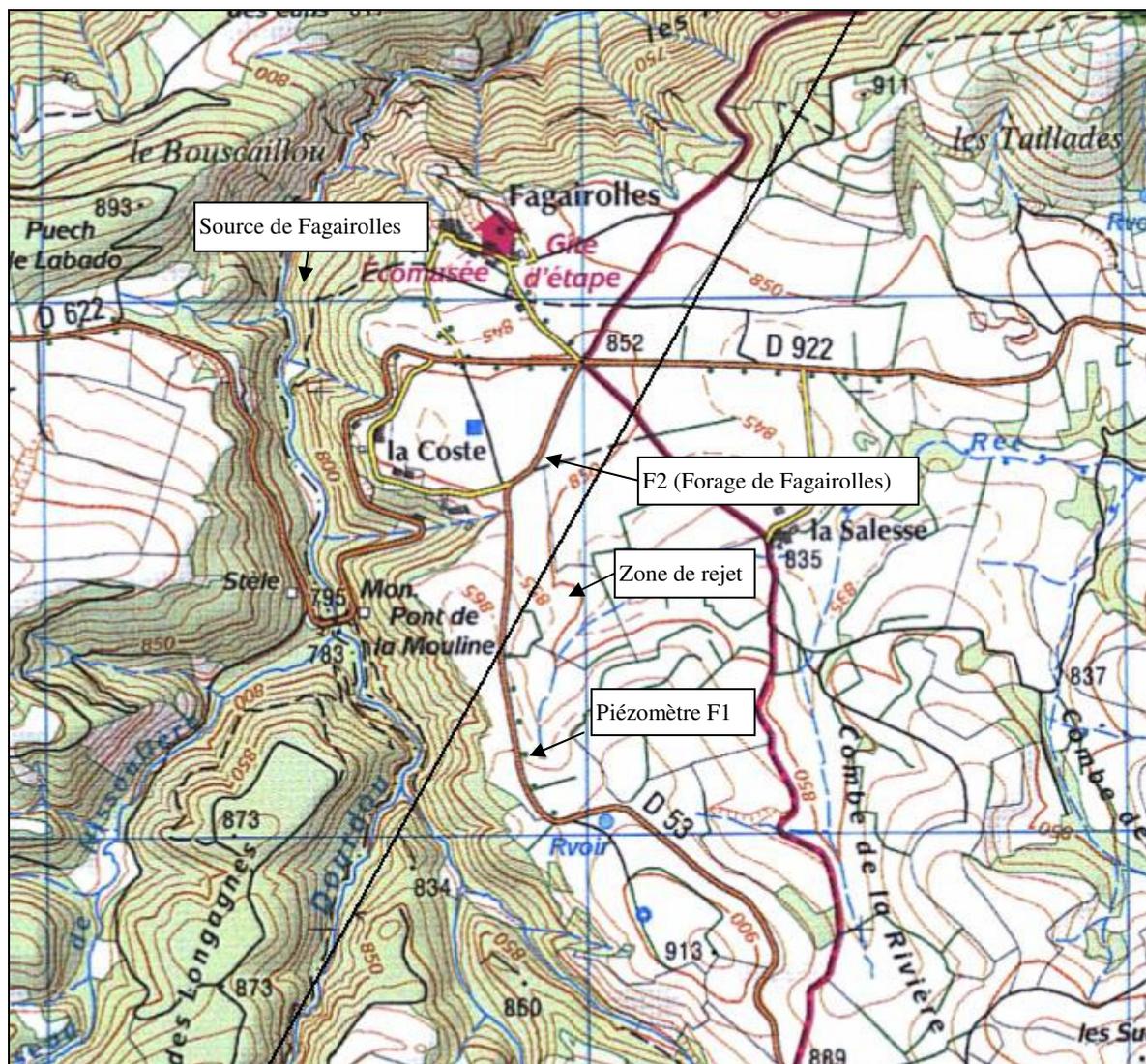
### Du 25 août 2008 au 4 septembre 2008 :

Réalisation du sondage de reconnaissance F2 et équipement en forage d'exploitation et test.

Les coordonnées LII étendue et WGS 84 UTM31 sont les suivantes :

Nom du sondage	Lambert II étendue		WGS 84 (fuseau 31)	
F2 dit de Fagairolles	647493	1853694	43°41'00''N	02°55'29''

**Figure 1 :** Localisation de l'implantation du forage, des piézomètres et de la zone de rejet



### Le vendredi 03 octobre 2008

Amenée de l'atelier de pompage (pompe Grundfoss ), colonne d'exhaure, groupe électrogène, ...) par Sud Forages. L'aspiration de la pompe est positionnée à -98 mètres par rapport à la tête de forage. La base du tube guide sonde est à la profondeur de -96,04m par rapport à la tête de forage.

**Le lundi 06 octobre 2008 :**

Mise en place et paramétrage des sondes STS de suivi de niveau (F2 et piézomètre F1) et débit (source de Fagairolles).

Enregistrement de l'évolution naturelle des niveaux dans le forage, le piézomètre et la source de Fagairolles.

Contrôle des niveaux capteurs par vérification à la sonde piézométrique manuelle.  
(Niveau statique Forage F2= -34,30 m/sol ; débit source de Fagairolles= 6,5 m<sup>3</sup>/h).

Début des opérations de développement par pompage saccadé à 10h. L'eau est très chargée en argile et sable dolomitique au début du pompage. La teneur en sable diminue relativement rapidement, la turbidité est restée élevée quoique en voie de diminution tout au long de la journée.

**Le mardi 07 octobre 2008 :**

Arrêt des opérations de développement à débit maximal (74 m<sup>3</sup>/h) à 10h (total développement = 24 heures). La turbidité a nettement diminué mais reste encore relativement élevée. Un peu de sable dolomitique est encore présent.

Attente remontée proche du niveau statique.

Début des essais par paliers à 12h38.

Réalisation des essais par paliers (essai de puits) : paliers d'une heure à débit constant suivi d'une heure de remontée entre chaque palier. 4 paliers ont ainsi été réalisés au débit de : 24,2 – 38,6 – 56 – 74 m<sup>3</sup>/h. Le débit critique n'a pas été atteint et le niveau stabilisé atteint -43,50 m/sol pour un débit de 74 m<sup>3</sup>/h.

Un suivi des paramètres Température, pH, Conductivité, salinité et tdS est assuré à chaque fin de paliers. Une mesure des teneurs en Fer total, et Manganèse total a été réalisée à la fin du premier et du troisième palier (sur échantillon filtré à 0,45 µm).

Les analyses terrain de l'eau ne présentent aucune non conformité : Fe < 0,25 mg/l et Mn < 0,03 mg/l, NO<sub>3</sub>=10 mg/l, pH=8,11, Conductivité=295 à 311 µS/cm, T°=10,1 °C

Attente gasoil durant 1 heure entre le deuxième et le troisième palier.

Attente remontée au niveau statique et début de l'essai de nappe (essai de longue durée) en prolongation du dernier palier à partir de 19h30 au débit de 71,5 m<sup>3</sup>/h.

**Le mercredi 08 octobre 2008 :**

Poursuite de l'essai de nappe. Réduction du débit à 2,8 m<sup>3</sup>/h pour tenter de réduire la turbidité avant le prélèvement prévu pour le 9 octobre 2008.

**Le jeudi 09 octobre 2008 :**

Panne du groupe électrogène de 4h à 9h du matin.

Prélèvement pour analyse de première adduction à 12h20. Poursuite de l'essai de nappe vanne presque fermée au maximum pour maintenir un débit proche de 17 m<sup>3</sup>/h.

Nouvelle panne du groupe durant la nuit.

**Le vendredi 10 octobre 2008 :**

Poursuite de l'essai de nappe après augmentation du débit au débit maximal de la pompe (73 m<sup>3</sup>/h) à partir de 12h30 afin d'éviter les pannes de groupe susceptible d'être liées au vannage trop importante de la pompe.

**Le samedi 11 octobre 2008 :**

Le niveau dynamique présente une bonne pseudo stabilisation proche de – 50 m par rapport au sol.  
Enregistrement de la remontée au niveau statique.  
Arrêt de l'essai de longue durée à 6h16.  
Repli du matériel de suivi de niveau et de débit.

**Le lundi 13 octobre 2008 :**

Retrait du matériel de pompage par SUD FORAGES et repli.

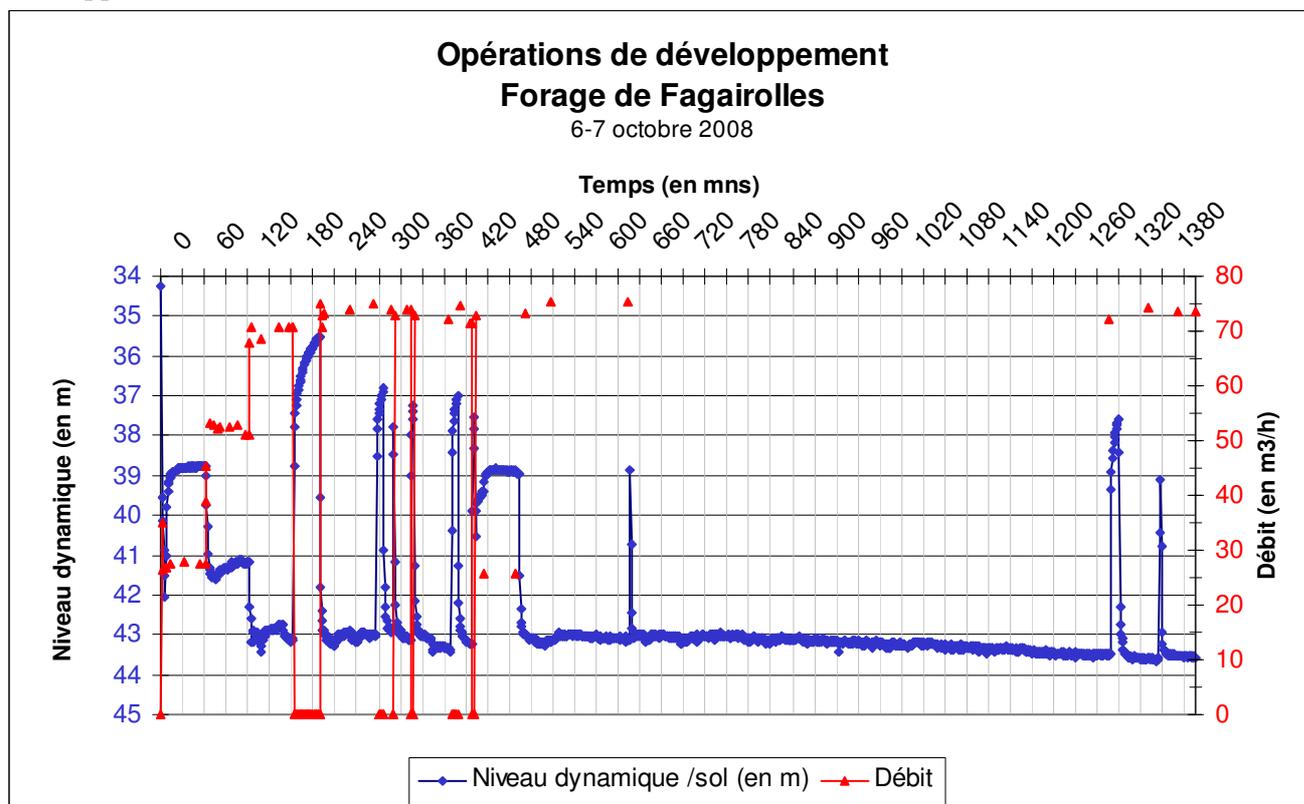
**II. Pompage de développement**

La pompe a été mise en place à la profondeur -98m. La sonde de niveau est à la profondeur de -95,56 mètres par rapport au sol.

Le forage présente au repos un niveau statique mesuré le 07/10/08 de -34,3 m par rapport au niveau du sol.

Le pompage de développement a consisté en une première phase de pompage enchaîné d'une heure à débit croissant (27 m<sup>3</sup>/h, 52 m<sup>3</sup>/h et 70,6 m<sup>3</sup>/h) suivi de pompage saccadé à débit maximal de la pompe (73 à 75 m<sup>3</sup>/h).

La courbe suivante présente l'évolution du niveau dynamique au cours de cette phase de développement.



L'amélioration des débits et rabattement spécifique relevés lors de cette opération traduit l'influence positive de ce développement. La baisse de la teneur en sable et dans une moindre mesure de la turbidité liée à la présence d'argile confirme la tendance effective au développement de l'aquifère dans la zone d'influence du pompage.

Au terme de ces 24 heures de développement, la turbidité quoique moindre par rapport au démarrage du pompage reste élevée.

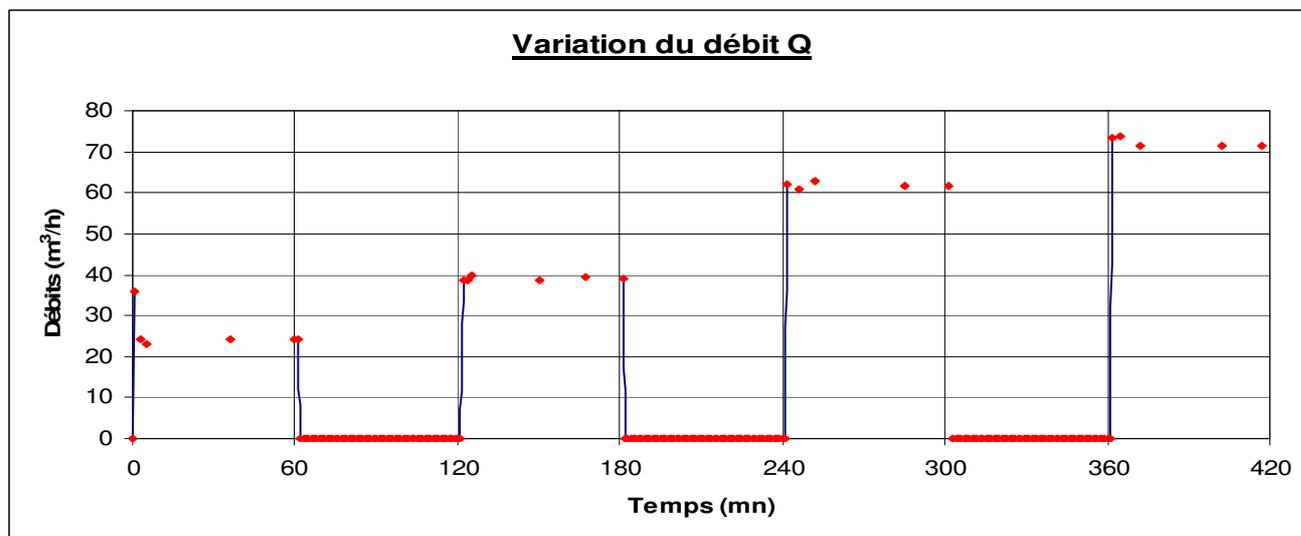
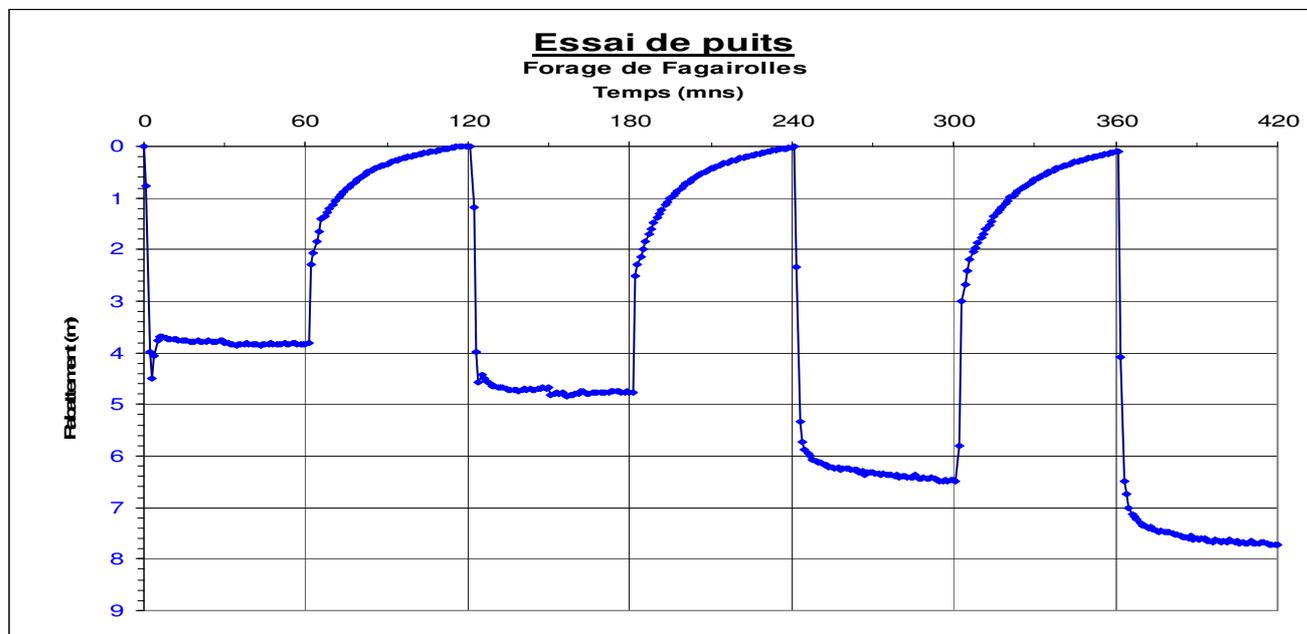
### III. Essai de pompage par paliers (Essai de puits)

Les essais par paliers ont été réalisés suite à 24 heures de pompage de développement.

L'essai a été réalisé par temps ensoleillé sans pluviométrie les jours précédents les essais. Les sources captées voisines sont en manque d'eau et le remplissage du château d'eau est assuré par camion citerne depuis plus d'une semaine.

Quatre paliers de débit d'une durée d'une heure suivi d'une heure de remontée (arrêt de pompage) ont été réalisés.

Les paliers de débits suivants ont été réalisés : 24,2 m<sup>3</sup>/h – 39,2 m<sup>3</sup>/h – 61,8 m<sup>3</sup>/h – 71,57 m<sup>3</sup>/h.



Les quatre paliers présentent une très bonne stabilisation. Le troisième amorce une pente descendante linéaire laissant penser à un phénomène de colmatage. Le dernier palier semble avoir désamorcé le colmatage précédent et présente une quasi-stabilisation.

La valeur relativement faible des rabattements et la vitesse de remontée observée laisse présager l'existence d'un réservoir karstique et fissuré de bonne qualité. La réalimentation du karst au droit du forage a probablement un débit d'alimentation supérieur à celui imposé par les paliers.

Les pertes de charge linéaire BQ (dépendante des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et de la partie captante du forage : crépine, massif filtrant, ...) et quadratique  $CQ^2$  (dépendant du débit pompé et de l'équipement technique de l'ouvrage) sont faibles et témoignent de la qualité de l'ouvrage et de l'aquifère.

Le débit critique n'a pas été atteint et un phénomène de développement est intervenu lors de l'essai de puits. La turbidité liée à l'argile en suspension est restée élevée durant l'essai. La teneur en sable tend à diminuer en cours d'essai.

Les analyses effectuées durant les essais par paliers montre une eau moyennement minéralisée (conductivité= 311  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ne présentant pas d'excès en Fer total, en Manganèse total ni en nitrate (10 mg/l).

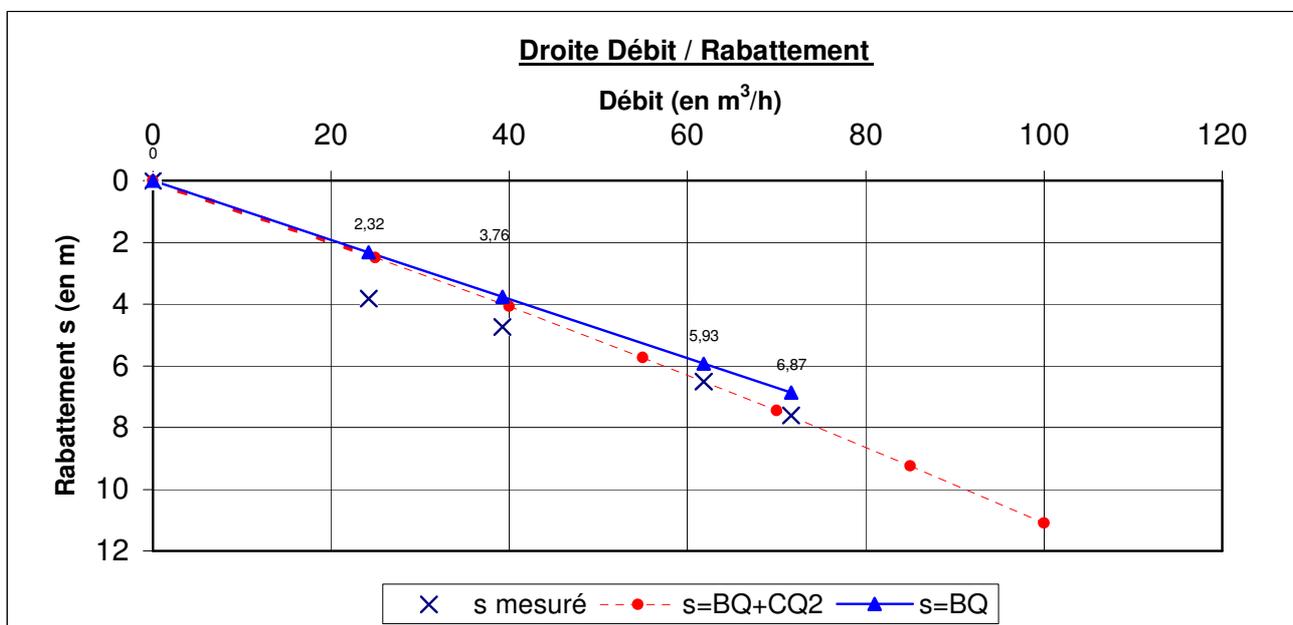
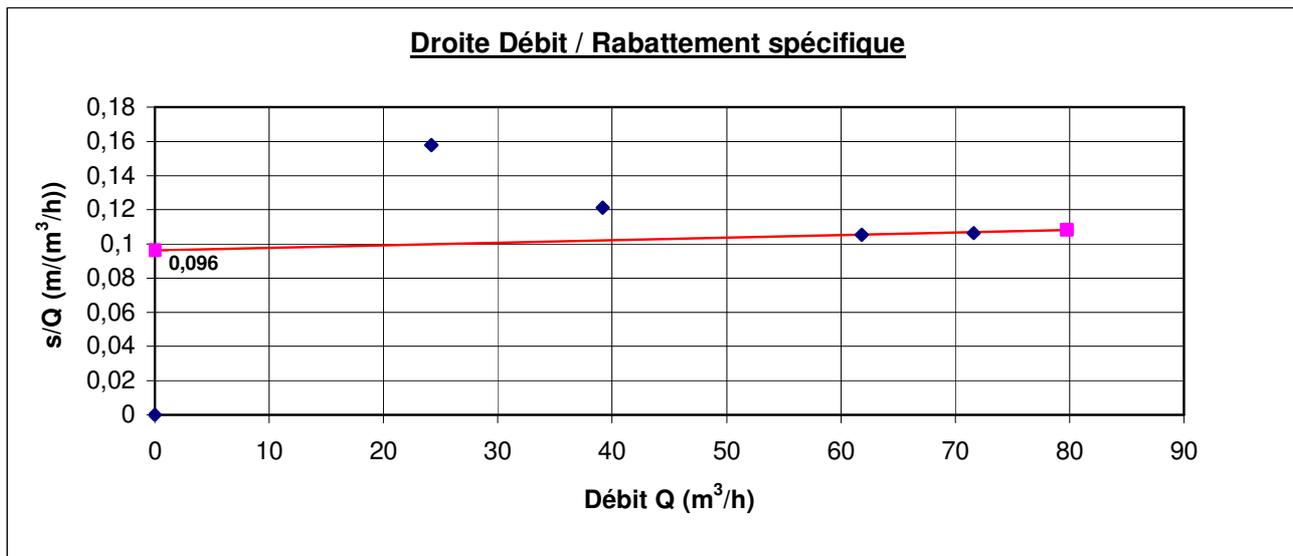
La température de l'eau est de l'ordre de 10,5 °C à 11,3 °C est particulièrement fraîche et sensiblement voisine à la température de l'eau de la source de Fagairolles (10,1 °C). Le pH s'est maintenu à une valeur proche de 8,1.



### Essai de pompage par palier Castanet-le-Haut / Fagairolles Forage F2 dit de Fagairolles

Date de réalisation: 07/10/2008      Profondeur de la pompe: 98      NS/sol (m): 34,3

	Débit palier m <sup>3</sup> /h	Rabatement s m	débit spécifique m <sup>3</sup> /h/m	Rabt spécifique m/m <sup>3</sup> /h	Rabt théorique s = BQ	Rabt calculé s=BQ + CQ <sup>2</sup>	Rendement de l'ouvrage
palier 1	24,2	3,82	6,34	0,16	2,32	2,41	96,35%
palier 2	39,2	4,75	8,25	0,12	3,76	3,99	94,21%
palier 3	61,8	6,51	9,49	0,11	5,93	6,51	91,17%
palier 4	71,6	7,61	9,41	0,11	6,87	7,64	89,92%



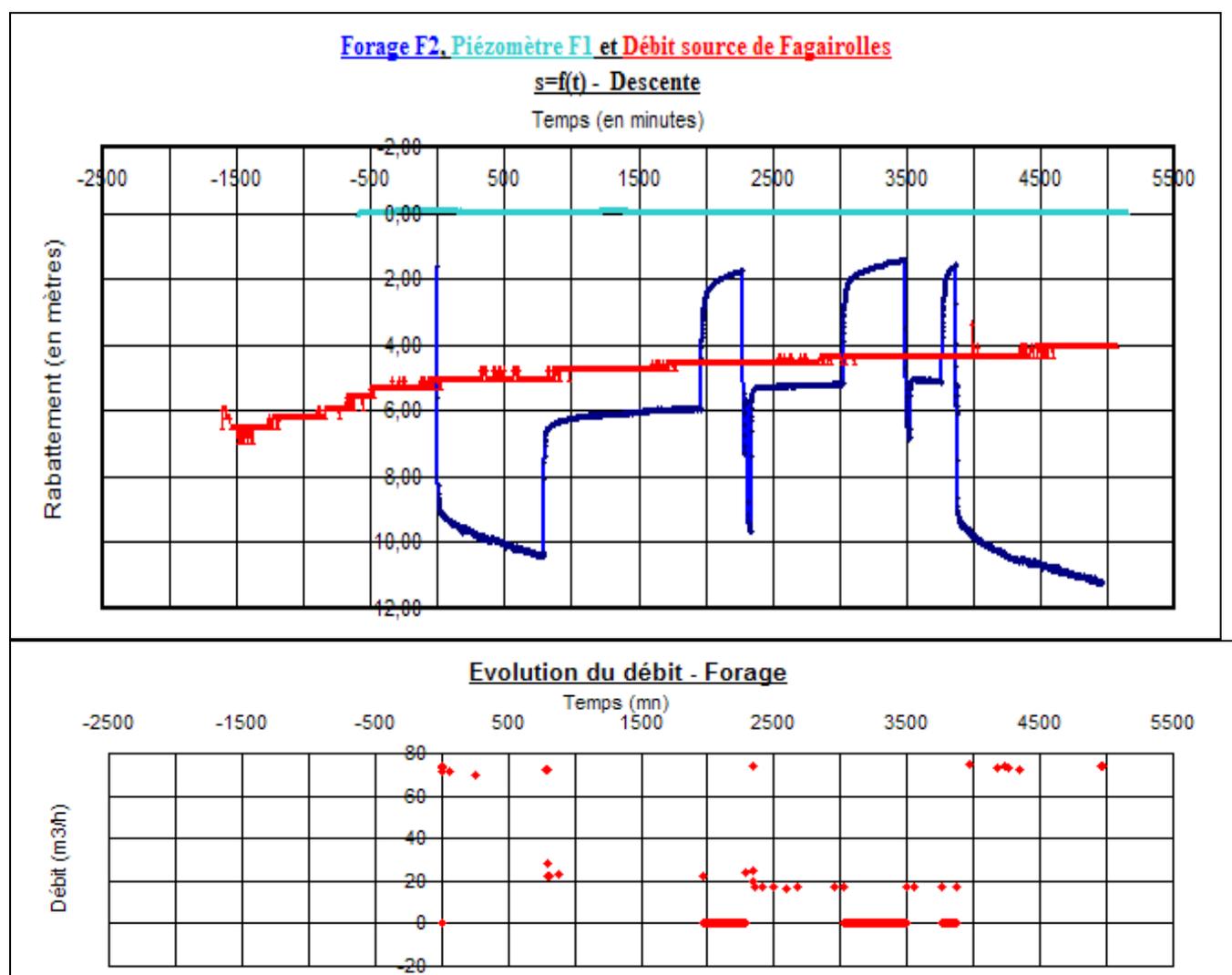
<b>Coefficient de perte de charge linéaire</b> <b>B= 9,60E-02 m/(m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Coefficient de perte de charge quadratique</b> <b>C= 1,50E-04 m/((m<sup>3</sup>/h)<sup>2</sup>)</b>
--	---

#### IV. Essai de pompage de longue durée (Essai de nappe)

Cet essai de nappe s'est déroulé du 07/10/08 à 19h30 au 11/10/08 à 6h16 pour la phase de pompage. Il fut suivi par 3 heures d'enregistrement de la remontée (durée suffisante à un retour proche du niveau statique) dans le forage et dans le piézomètre F1 ainsi que du suivi du débit de la Source de Fagairolles.

La météorologie, pluvieuse dès les premières heures de pompage, est devenu ensoleillée à partir de 18 heures de pompage. Au regard des courbes de rabattement enregistrées, cette faible pluviométrie ne semble pas avoir participé à l'infiltration efficace alimentant l'aquifère profond.

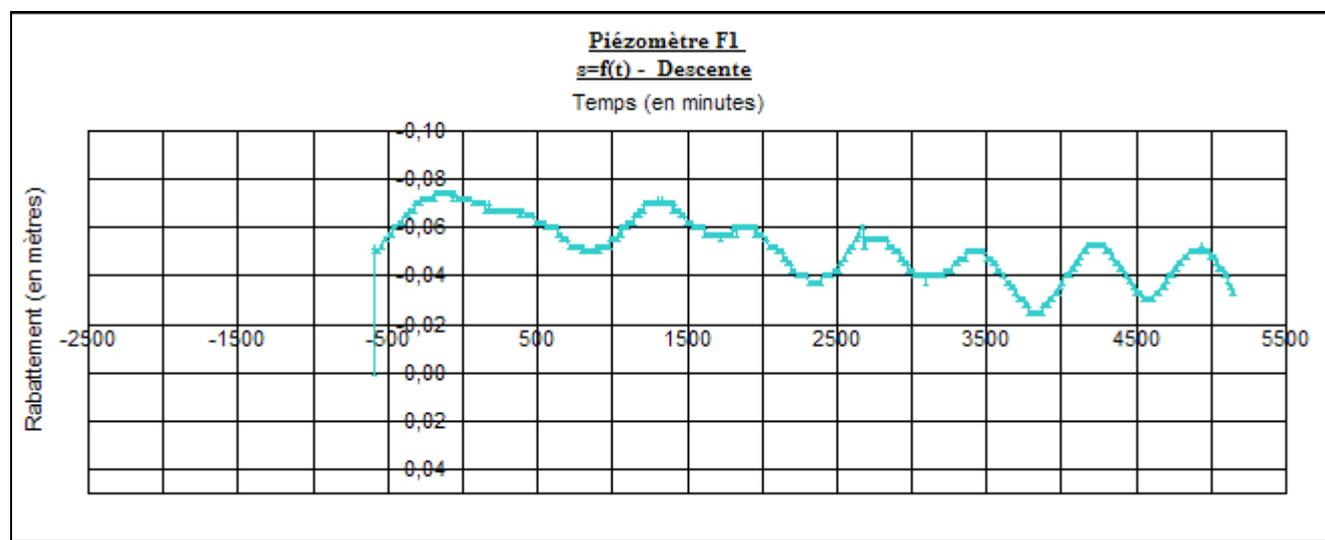
Les figures ci-après présentent l'évolution du débit et du rabattement en F2, du rabattement sur le piézomètre F1 et du débit de la source de Fagairolles en cours de pompage en représentation linéaire.



Plusieurs phases de remontée du niveau dynamique sont observées lors de cet essai de longue durée. Elles correspondent d'une part à une baisse du débit réalisée afin de tenter d'obtenir une réduction de la turbidité avant le prélèvement pour analyse. Plusieurs pannes du groupe électrogène ont entraîné trois autres arrêts de pompage.

La source de Fagairolles (en rouge), tout comme l'ensemble des sources de la région, est en phase de baisse de débit sans relation avérée avec les opérations de pompage en cours sur le forage F2.

L'évolution de la courbe de rabattement en fonction du temps sur le forage F2 pour un pompage à un débit moyen de 72 m<sup>3</sup>/h présente un rabattement faible (de l'ordre de 9 mètres) mais rapide dans les premières minutes de pompage (dépression liée au pompage et aux pertes de charge dans l'ouvrage et son voisinage immédiat) suivi d'une pseudo stabilisation relativement rapide avec un niveau bas à 10,7 mètres de rabattement soit un niveau dynamique de -45 mètres par rapport au sol.

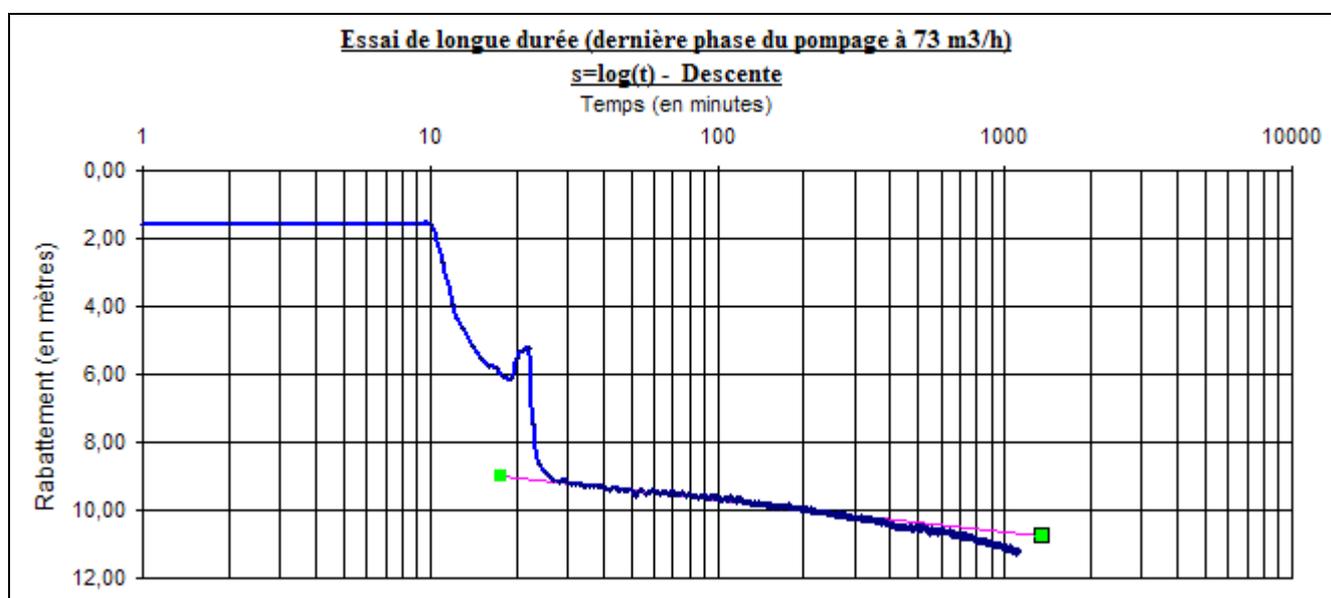
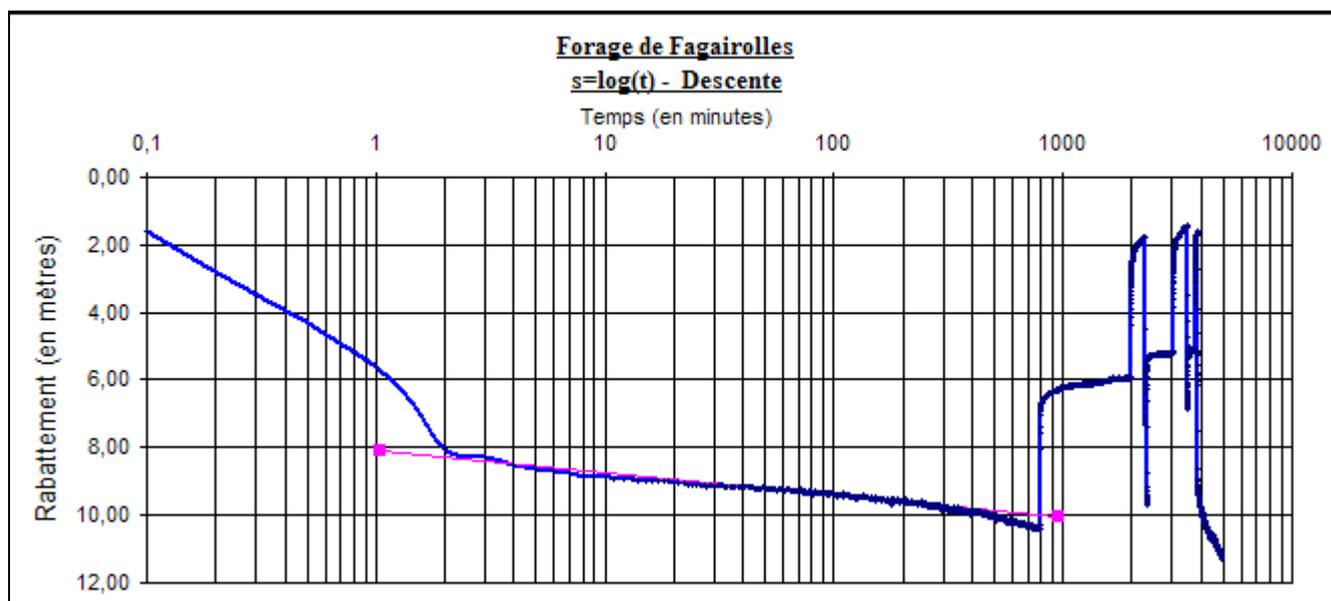


L'observation de la courbe de variation du niveau statique du piézomètre F1 montre que ce dernier, dont la tendance générale est à la baisse, subit l'influence de la consommation de la ripisylve (périodicité de 12 à 13 heures des phases de prélèvement par la ripisylve). Ce phénomène laisse supposer l'existence d'une relation hydraulique entre l'aquifère superficiel et l'aquifère profond malgré l'isolation par cimentation de l'annulaire entre tubage acier et paroi du forage F1 sur 6 mètres de profondeur.

L'évolution de la remontée au niveau statique est relativement rapide et témoigne de la qualité de nappe captée.

### **Interprétation en représentation semi-logarithmique :**

La représentation des rabattements en fonction du temps en représentation semi-logarithmique permet la détermination des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère, et l'étude des limites imperméables ou étanches de l'aquifère. Les approximations semi logarithmiques de Jacob issues de la formule de Theis ont été utilisées pour la détermination de la transmissivité (calcul de T).



Les courbes de rabattement du niveau dynamique pendant la phase de pompage (voir graphique semi-logarithmique du rabattement au forage ci avant) au niveau du forage est caractéristique d'un pompage en aquifère fissuré karstique dont l'hétérogénéité transmissive et capacitive du réservoir aquifère se traduit par l'évolution de la courbe de rabattement en fonction du temps pour un pompage à débit constant.

On y observe :

- **De 0 à 2 minutes** : la courbe est caractéristique d'un effet de capacité, caractéristique de la « vidange » de l'ouvrage durant laquelle l'eau pompée provient directement de l'ouvrage sans avoir transité dans l'aquifère (écoulement turbulent non linéaire).
- **De 2 à 200 minutes** : cette courbe représente l'impact du pompage dans l'aquifère capté sur le rabattement avec une vidange simultanée des principales fractures et du système annexe au drainage (phénomène équivalent à un apport issu de deux réservoirs distincts). Cette courbe est caractéristique d'un aquifère à nappe captive. La valeur de transmissivité calculée par la pente de

la droite et l'application de la méthode de l'approximation logarithmique de Jacob, est de :

$$T_1 = 0,004 \text{ m}^2/\text{s}$$

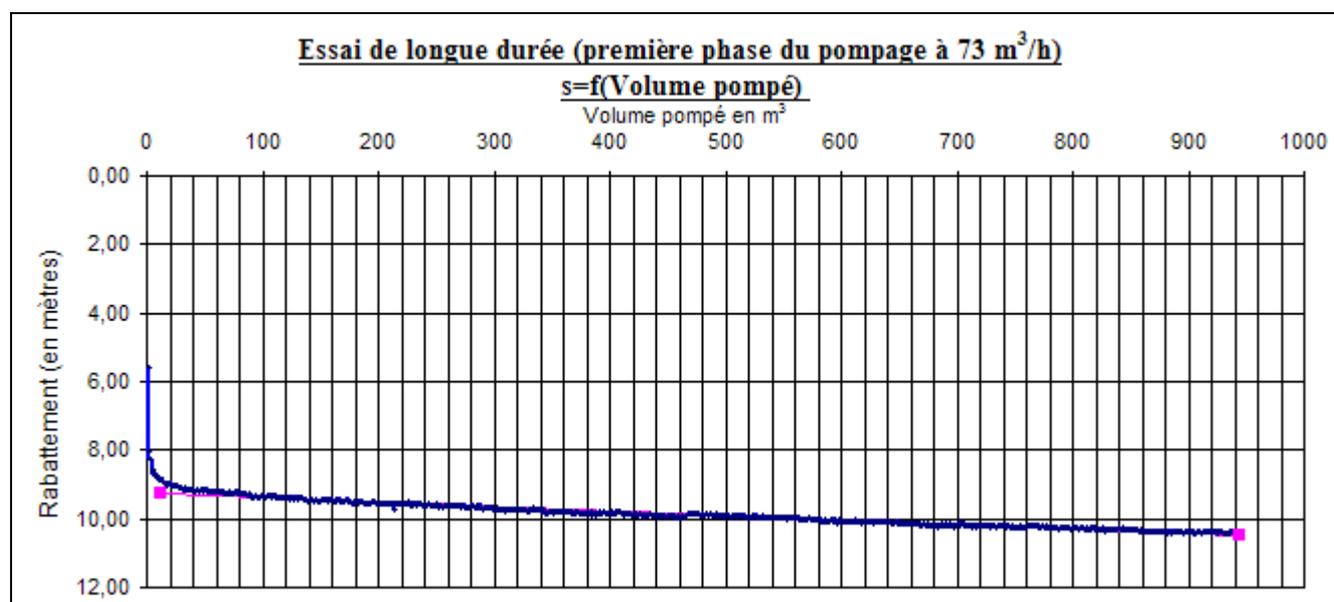
- **Au-delà de 200 minutes :** Les courbes de rabattement du forage en cours de pompage mettent en évidence deux points d'inflexion traduisant l'équivalent de limites de moindre perméabilité (hétérogénéité transmissive de l'aquifère capté ou limite) ou d'un apport prédominant du système annexe au drainage dont la transmissivité est moindre :

$$T_2 = 0,0018 \text{ m}^2/\text{s}$$

Pour un coefficient d'emménagement fixé à  $3 \cdot 10^{-3}$  (valeur cohérente avec ce type d'aquifère) et un point d'inflexion à 131 et à 690 minutes, les distances à la limite de moindre perméabilité sont calculées à 168 mètres et 280 mètres du forage. Ces distances sont cohérentes avec les bordures Sud (155 mètres sur la carte géologique) et Nord (310 mètres) du contact entre les dolomies captées du cambrien supérieur K2 et celle plus anciennes et moins perméables du Cambrien inférieur K1-2 (captées par le piézomètre F1).

En fin d'essai de longue durée, le débit était stabilisé à  $73 \text{ m}^3/\text{h}$  et le rabattement maintenu en descente lente et linéaire tout en demeurant très en dessus des arrivées d'eau relevées en cours de foration (-107 m/sol).

Une représentation du rabattement en fonction du volume pompé permet d'évaluer le volume spécifique pour un rabattement donné et de déterminer la réserve sollicitable.

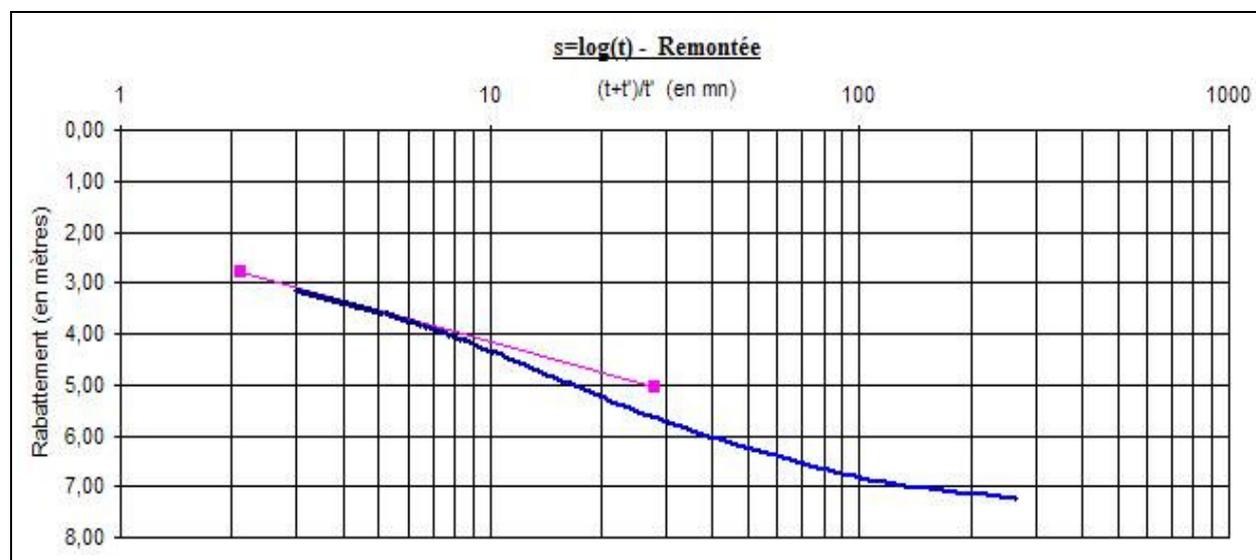


Le Volume spécifique ( $\Delta s/\Delta V$ ) est ainsi égal à  $738,85 \text{ m}^3/\text{m}$ . Sur la base de cette estimation et si l'on considère l'aquifère comme étant homogène et isotrope, la réserve sollicitable pour une hauteur utile de 72 m (niveau statique à -34 m et première arrivée d'eau à -107 m) est égale à  $53936 \text{ m}^3$ . Ce volume représente 2,9 années de consommation à raison de  $50 \text{ m}^3/\text{jours}$  de prélèvement.

Les besoins exprimés de la collectivité concernée sont donc très largement inférieur à la capacité de cet aquifère.

La figure ci-dessous présente les courbes de remontée du niveau dynamique dans le forage (pour une durée de 132 minutes).

La recharge de la nappe est rapide et confirme la qualité de l'aquifère capté (transmissivité calculée à la remontée égale à  $1,9 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ).



## V. Qualité de l'eau durant l'essai de pompage

Les deux premières journées d'essais ont vu des remontées de sables fins dolomitiques et d'argiles de décalcification. Les venues de sables dolomitiques ont ensuite cessé.

La turbidité est demeurée présente tout au long des essais avec toutefois une nette tendance à la baisse. La poursuite des opérations de décolmatage demeure nécessaire avant la mise en production de l'ouvrage.

Site	Date	T°	pH	Conductivité	S (ppm)	tdS (mg/l)	Fer total (mg/l)	Mn. Total (mg/l)	NO3 (mg/l)
Source de Fagairolles	06/10/2008 16:21	10,1	7,7	344	175	255			
Forage F2 (24 m3/h)	07/10/2008 13:38	11,3	8,11	295	145	210	<0,25	<0,03	20
Forage F2 (40 m3/h)	07/10/2008 15:37	11	8,13	309	157	226	<0,25	<0,03	
Forage F2 (62 m3/h)	07/10/2008 18:30	10,5	8,06	311	158	228			
Forage F2	08/10/2008 08:47		8,2	295	147	205			
Forage F2	09/10/2008 10:40	11,1	8,13	307	146	217	<0,25	<0,03	
Forage F2	10/10/2008 17:09	11,1	8,12	307	165	238	<0,25	<0,03	
Forage F2	11/10/2008 06:16	10,1	7,86	297	144	201	<0,25	<0,03	10

Les teneurs en Fer et Manganèse, après filtration, sont nulles (kit colorimétrique de terrain).

L'analyse de première adduction a été réalisée sur un prélèvement effectuée le 9 octobre 2008 (échantillon encore turbide). L'eau est équilibrée et présente un pH basique et une minéralisation peu accentuée (300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Elle montre une turbidité encore élevée (380 NFU) et un excès des teneurs en Fer total (2 mg/l), Manganèse total dissous (0.2 mg/l) et Aluminium total (0.9 mg/l). Ces trois derniers éléments sont à mettre en relation avec la turbidité (argile) élevée de l'eau lors de l'analyse. Les analyses de terrain effectuées après filtration à 0.45  $\mu\text{m}$  ont montré l'absence de Fer et Manganèse total après filtration de l'argile présente dans l'eau.

Hormis ces trois paramètres, l'ensemble des résultats sont conformes aux normes de qualité d'une eau brute destinée à la consommation humaine.

L'activité agricole actuelle et passée du plateau est relevée par la présence de nitrate (12 mg/l) et de trace de métabolites des Triazines (0.04 µg/l). Ces deux paramètres sont en dessous des seuils des limites de qualité (respectivement 50 mg/l et 0.1 µg/l).

Il serait souhaitable de faire contrôler les éléments en excès sur une eau limpide exempte de traces d'argile.

## **VI. Impact de l'exploitation sur le milieu naturel et la source de Fagairolles, modalités d'exploitation recommandées**

L'aquifère capté est un aquifère de type karstique fissuré à zone noyée.

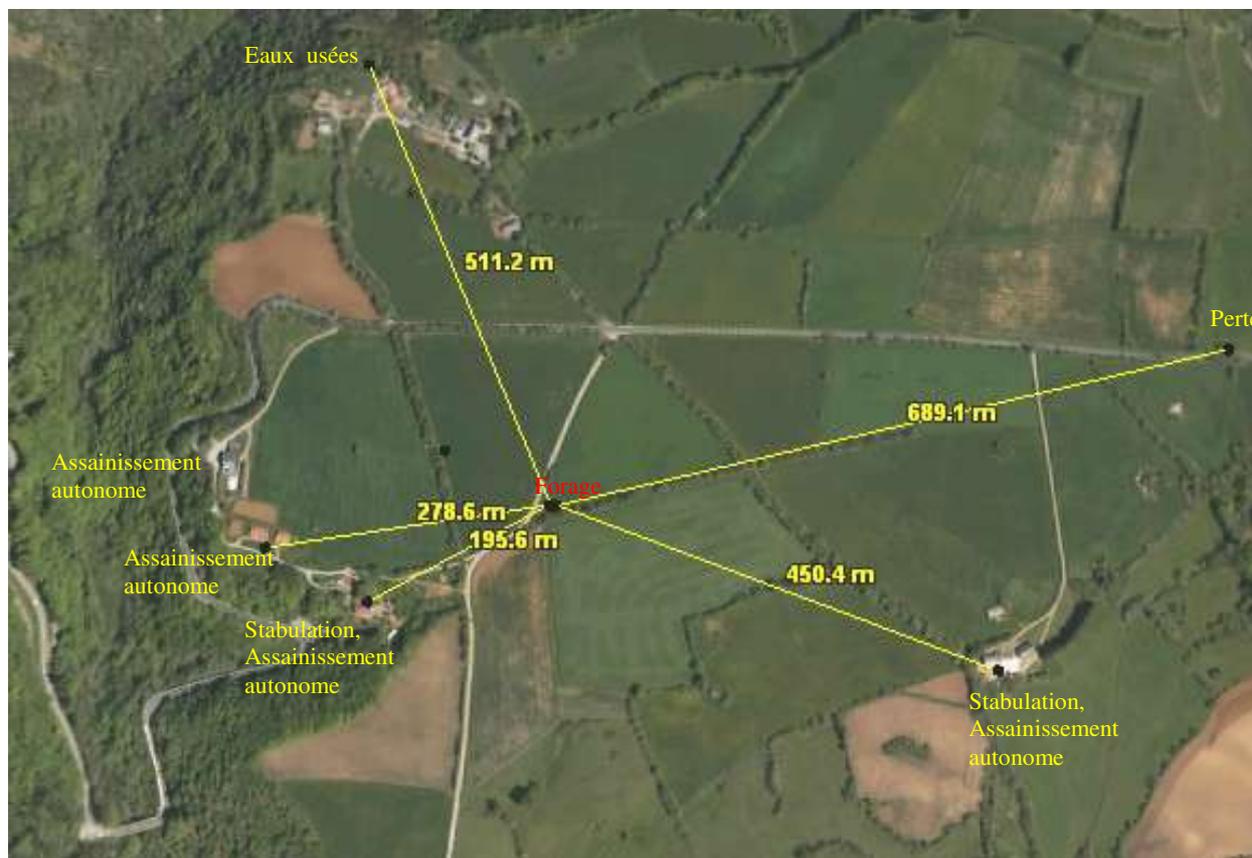
Les essais réalisés durant cet étiage 2008 ont mis en évidence l'importance des réserves de ce karst et la qualité de l'aquifère. Le débit exploitable prouvé en période d'étiage est très largement supérieur au besoin exprimé.

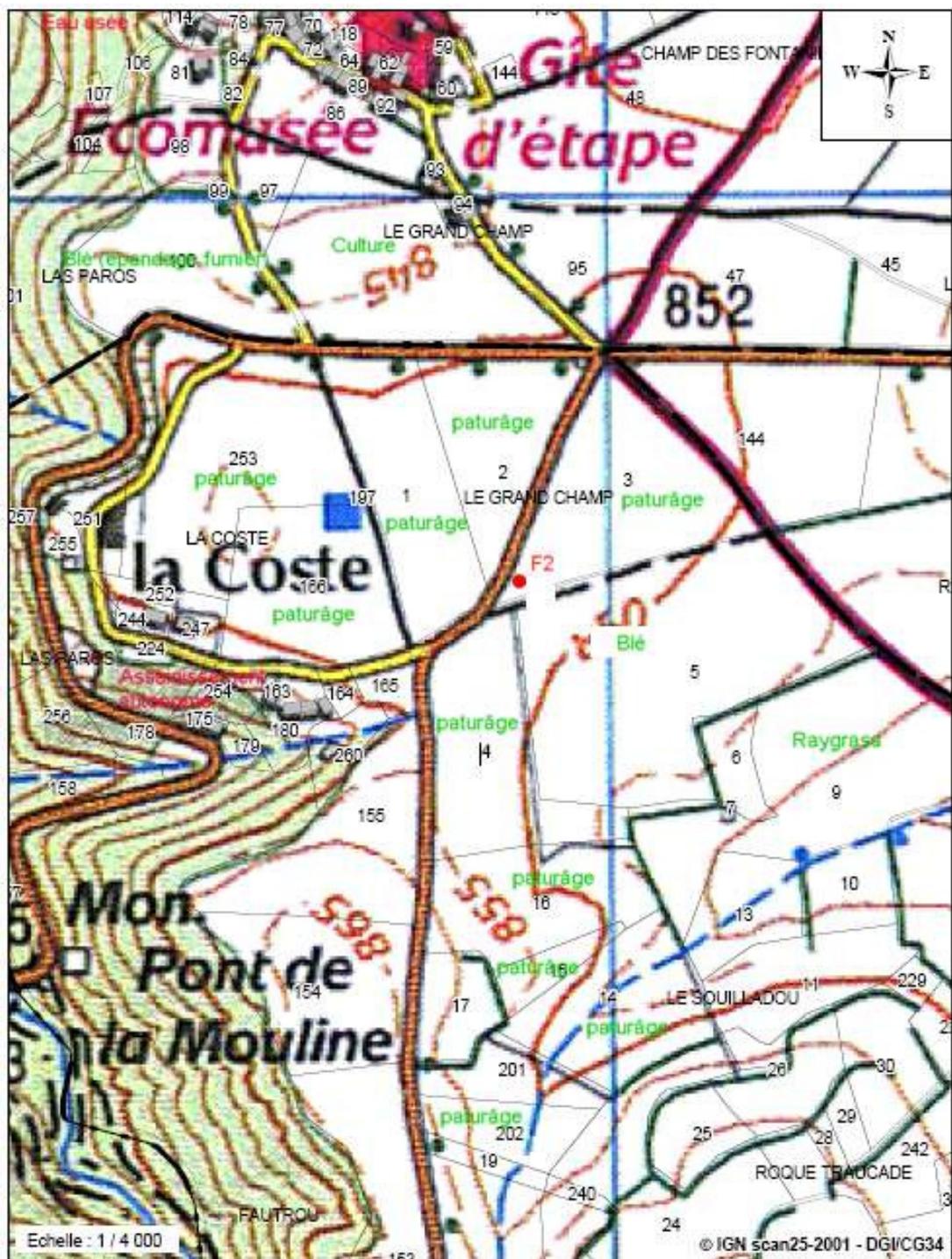
Les faibles rabattements observés lors des pompages d'essai permettront de maintenir un niveau dynamique en exploitation assurant l'absence d'impact sur le milieu naturel dans la mesure où le niveau dynamique stabilisé est situé en dessus de la côte de la résurgence de débordement que constitue la Source de Fagairolles. Aucun impact notable n'a été constaté sur le débit de cette source de Fagairolles durant les opérations de pompage sur le forage F2 dit de Fagairolles.

La position de la pompe pourrait être envisagée à une côte de -60 mètres par rapport au sol, ce qui permettra d'éviter d'éventuelles venues de sables dolomitiques suite à des épisodes orageux.

## **VII. Inventaire sommaire des sources de pollution**

La photographie aérienne et l'extrait de carte IGN ci-après présente la localisation de l'ensemble des sources de pollution potentielle et des pratiques culturales inventoriées dans l'environnement du point d'implantation du forage F2 de Fagairolles.





## VIII. Conclusion

Les essais de pompage réalisés mettent en évidence la qualité de l'aquifère karstique et fissuré capté.

Une pseudo stabilisation à un niveau dynamique par rapport au sol de – 45 mètres (10 mètres de rabattement) pour débit de 73 m<sup>3</sup>/h (débit maximal de la pompe en place) est rapidement atteinte.

L'hétérogénéité des propriétés transmissives de l'aquifère est mise en évidence par l'augmentation de la vitesse de rabattements au-delà de 3 heures 20 minutes de pompage à 73 m<sup>3</sup>/h.

Une transmissivité calculée de  $4 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  passant à  $1,8 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  au-delà de 3 heures 20 minute de pompage traduit cette hétérogénéité de l'aquifère (ou l'apparition de limite de moindre perméabilité en relation avec l'extension géographique des formations dolomitiques aquifères du Cambrien supérieur k2). La distance calculée de ces limites de moindre perméabilité correspond à la terminaison sud et nord des zones d'affleurement des dolomies du Cambrien supérieur k2. Le développement géographique de cet aquifère étant orienté en direction de l'Est, ces limites de moindre perméabilité ne présentent pas de réelles contraintes en terme de volume exploitable.

Le volume théorique (estimé d'après les résultats de ces essais de pompage) des réserves sollicitables pour une hauteur de 72 mètres d'aquifère est de 53936 m<sup>3</sup> soit plus de 2,9 années de consommation pour un volume journalier prélevé de 50 m<sup>3</sup>/jour.

Aucune interférence avec le piézomètre F1 et la source de Fagairolles n'a été mise en évidence par ces opérations de pompage en F2 (Forage de Fagairolles).

Les besoins exprimés de la collectivité seront donc très largement satisfait au vu de ces résultats obtenus en période d'étiage prononcé.

A l'issue du pompage de longue durée, l'eau d'exhaure présente encore une turbidité relativement élevée (présence d'argile sans sable dolomitique) traduisant la nécessité avant toute mise en exploitation de réaliser un pompage de développement complémentaire (pompe à -98 mètres par rapport au sol) dont la durée devrait être d'au moins une à deux semaines avec contrôle des niveaux d'eau, du débit et de la qualité de l'eau.

En phase d'exploitation, il pourrait être judicieux de maintenir la côte de la pompe à -60 mètres par rapport au sol afin de réduire les risques potentiels de venues de sables dolomitiques après un épisode pluviométrique important.

Les résultats d'analyses effectuées sur le prélèvement réalisé à l'issue du pompage de longue durée dont l'eau était encore turbide (380 NFU) montre un excès des teneurs en Fer total, Manganèse total et Aluminium total. Ces trois paramètres sont étroitement liés à la présence d'argile dans l'eau. Les analyses de terrain sur échantillon filtré à 0.45 µm montre l'absence de Fer total et Manganèse total dans l'eau filtrée.

Une analyse de contrôle de ces paramètres en excès, sur échantillon filtré limpide ou à la suite des opérations de développement complémentaires aboutissant à l'obtention d'une eau limpide devra être réalisé.