

Site du village de MILHARS sur la terrasse moyenne du Cérou.
Implantation des forages AEP au pied des travers du plateau de Cantegrel.

Sommaire

	pages
• Présentation du projet	3
• Géomorphologie	4
• Hydrogéologie	9
A. Les premières campagnes de forages de 2006 à 2008	10
B. La prospection géophysique de 2011-2012	15
C. Les forages de 2013	17
D. Les essais de nappe et observations continues de 2015-2018	21
E. Synthèse des analyses chimiques et bactériologiques	26

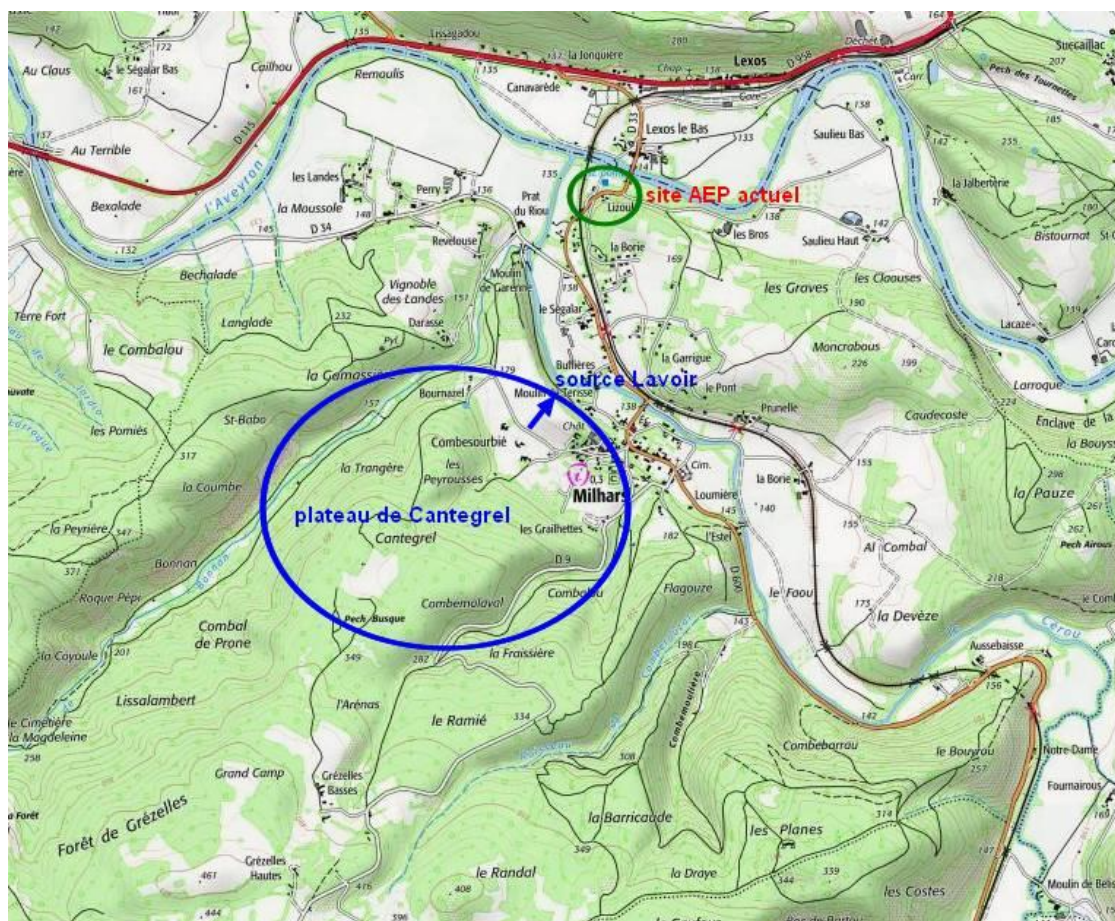
Présentation du projet.

Le projet d'implantation des forages de Combescure (future A.E.P. de MILHARS) a été proposé dans le cadre de la procédure des Périmètres de Protection de la ressource actuelle des puits de Lizoule. L'impossibilité de protéger ce dernier site, en nappe alluviale de l'Aveyron (zone sur berge inondable en amont de la jetée de l'usine hydroélectrique de LEXOS, par ailleurs encadrée par la voie ferrée et la route D600) imposait l'abandon de la ressource actuelle.

En 2005, une suggestion de l'hydrologue agréé J.REY, qui proposait un plan d'épandage pour l'élevage porcin de M. BOURDONCLE (exploitation de Saulieu-Haut), était la recherche d'une nouvelle ressource A.E.P. dans la nappe karstique de la rive gauche du Cérou qui alimentait la source du Lavoir, en aval du moulin de Terisse, sous la terrasse du château. Une première analyse confirmait l'origine karstique, mais également une faible teneur en nitrates et l'absence de pesticides (7 mg/l en novembre 2002), malgré la zone traditionnellement cultivée de la terrasse alluviale de Combescure (18 ha. dont 10 irrigués par aspersion).

Les étapes de la réalisation :

Afin de justifier les aides financières du CONSEIL GENERAL du TARN et de l'Agence de BASSIN ADOUR-GARONNE, le projet fut réalisé par étapes successives de 2006 à 2017 sous la surveillance de l'A.R.S., de la Direction de l'Eau du CG81, et avec l'étroite collaboration des propriétaires des parcelles MM. BRASSAC et MASLIN ainsi que de l'exploitant agricole M. BOURDONCLE intervenant sur les parcelles prospectées.



Carte IGN du secteur de MILHARS présentant l'ancien site de LIZOULE et le projet de COMBESOURBIE.

Le choix de **Combesourbié** était justifié par des critères hydrogéologiques et logistiques :

- secteur situé **entre le plateau calcaire de Cantegrel et l'émergence** de la source du Lavoir dans la vallée du Cérou, en aval de l'aquifère karstique ;
- zone techniquement **accessible en fonction du plan de culture** (périodes de jachère et des disponibilités climatiques) ;
- **proximité** du réservoir actuel de stockage-distribution de l'A.E.P. de MILHARS situé à Cantegrel (250 m de distance et 15 m de dénivelé).

Les travaux étaient coordonnés par la Commune de MILHARS et l'ATEK (Association Tarnaise d'Etudes Karstiques). Ils avaient pour but de reconnaître l'aquifère karstique par des techniques de forages (Entreprise SOGAMA de Montauban), de géophysique (CALLIGE) et ses propriétés hydrodynamiques (pompages, suivi piézométrique sur un cycle annuel) et hydrochimiques (analyses LABO CG.81).

Ainsi, **8 étapes de prospection** se succédèrent sur les parcelles (1282-1294-1296) cultivées non irriguées situées au S.W. du hameau de Combesourbié, au pied du talus boisé du Causse de Cantegrel, dans le prolongement de la combe de Peyrousses.

1. **Campagne de forages de janvier 2006** : avec l'ouvrage **FM1 (prof. 75 m)** dans l'axe de la combe sèche de Peyrousses et **FM2 (prof.82m)** dans le hameau (maison MASLIN). Le premier était conservé comme piézomètre et le second en exploitation privée. En septembre, réalisation d'essais avec un stage de l'Ecole des Mines d'Albi sur la source du Lavoir.
2. **Campagne de forage de février 2007** : avec l'ouvrage **FM3 (prof. 86 m)** testé avec un débit critique voisin de 3 m³/h.
3. **Campagne de forage d'octobre 2008** : avec l'ouvrage **FM4 (prof.108 m)** testé avec un débit critique de 2.2 m³/h.
4. **Campagnes de pompages d'essais de 2009-2010 sur FM3 et FM4** : les périodes d'étiage révèlent des débits insuffisants pour l'alimentation de la commune de MILHARS. Les analyses se sont révélées compatibles avec les normes d'utilisation publique.
5. **Campagne de prospection géophysique de 2012** : réalisée par CALLIGEE dans les parcelles des propriétés BRASSAC et MASLIN avec les méthodes EM 34-3 et deux panneaux électriques qui permettent de proposer deux points précis de forages.
6. **Campagne de forages d'août 2013** : avec l'ouvrage **FM5 (prof. 91 m)** et **FM6 (prof. 91 m)** réalisés sur les deux points A et B proposés à la suite de l'exploration géophysique.
7. **Campagnes d'équipements de 2015** des pompes installées sur les forages **FM5** et **FM6** (alimentation électrique, exhaure sur canalisations de PE 40mm munies de compteurs). Essais de puits et équipement des têtes de forages. Mise en jachère définitive des parcelles cultivées par M. BOURDONCLE.
8. **Pompages d'étiages d'octobre-novembre 2016** : avec la pose d'une canalisation d'évacuation de l'exhaure vers la réserve d'incendie du lotissement municipal des Grailhettes) situé à 400 m des forages pompés. Une surveillance de l'aquifère était assurée par la pose d'un capteur de pression sur FM1 (pas de temps de 10 mn) enregistrant le cycle hydraulique pendant une année. Les analyses chimiques et bactériologiques étaient réalisées après un essai de nappe (avril 2018) et une période de jachère de 20 mois.

Géomorphologie

La commune de Milhars est située au confluent du Cérou et de l'Aveyron. Le village ancien est disposé sur le versant de la rive gauche du Cérou, sous le château bâti à 180 m (NGF) au niveau de la terrasse moyenne (Fy) qui domine avec un talus de 40 m le lit du Cérou et la basse plaine des alluvions récentes (Fz) de l'Aveyron (140 m).

D'une altitude de 300 à 400 m, le plateau de la rive gauche est un des lambeaux méridionaux du Causse de Limogne, découpé par des vallées et ravins à écoulement temporaire, affluents du Cérou. L'ensemble carbonaté du Lias inférieur y repose sur le dôme de Marnaves-Grézelle, annexe orientale de l'ensemble permo-triasique (dômes de Grésigne et de Vaour).

Les affleurements, qui se succèdent sur 3 kilomètres le long de la D9 depuis Milhars, ont été relevés avec précision depuis les **dolomies hettangiennes** (L2) jusqu' aux **calcaires sinémuriens** (formation de Planioles, L3). Ces derniers ont une épaisseur de 60 m avec un pendage N 160° et plongent de 15 à 20 ° vers l'ENE. Ce sont « les calcaires micritiques à microrhythmes » de Planioles présentant des bancs bien réglés à cassure gris foncé.



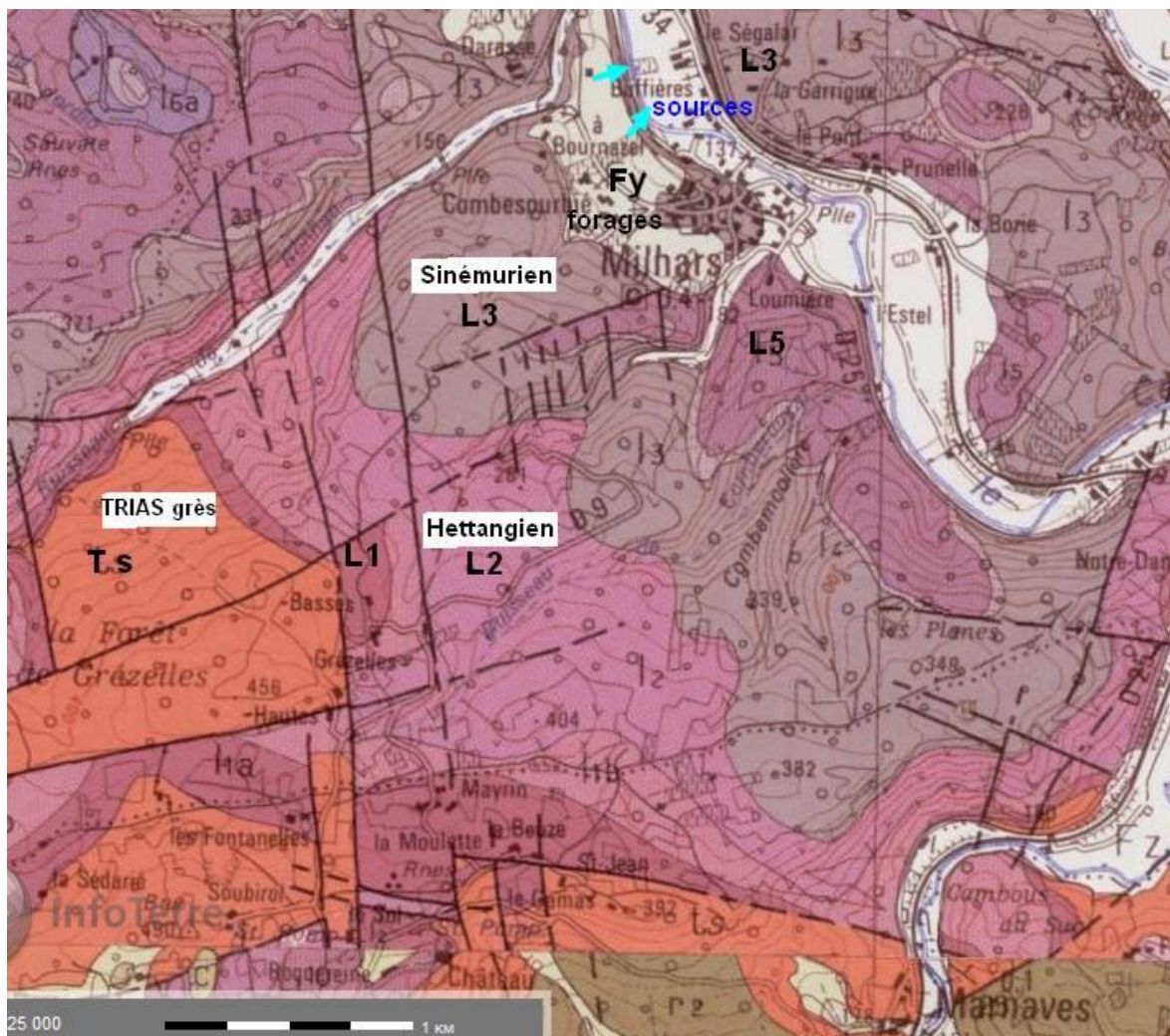
Le calcaire de la formation de Planioles le long de la D9.

La tectonique cassante post-hercynienne présente deux grandes familles de failles créant une fracturation orthogonale :

- Les accidents méridiens de direction N 20° : faille de Marnaves (parallèle et voisine de celle de Villefranche) et leurs satellites, le long de la vallée du Cérou.
- Un ensemble de directions sommairement E-W avec les décrochements visibles dans l'orientation de la vallée de l'Aveyron vers Saint-Antonin. Certaines d'entre elles sont liées au chevauchement grésignol et aux failles inverses (failles inverses de Grézelle et de Marnaves).



Fracturation superficielle des calcaires sinémuriens dans le ravin de Peyrousses



Carte géologique (extrait de la carte géologique BRGM au 1/50 000 – NAJAC 906)

Le Cérou circule sur le lit rocheux des calcaires sinémuriens (L 3) recouverts par une faible épaisseur d'alluvions récentes (2 à 6 m) formant, en bordure de la D 600, la plaine alluviale où s'est établi le village de Milhars. Les anciennes constructions se répartissent en aval de la Combemalaval, sous le versant des Gralhettes et de la terrasse cultivée de Combesourbié avec trois hameaux.



Source du Lavoir immergée pendant une crue du Cérou (13/02/2007)

Le petit plateau de Cantegrel est délimité par deux ravins affluents de rive gauche du Cérou : la combe de Bonnan descendant de Roussayrolles dans une pittoresque vallée à prairies, dont le ruisseau s'écoule dans des chenaux encombrés de travertins, et le ravin de la Combemalaval (le long de la D9 de Milhars à Grézelles – la Plane) à écoulement temporaire exceptionnel, limité aux fortes périodes pluvieuses déterminant un ruissellement sur les versants de grèzes. Ce petit plateau calcaire est bien défini et constitue un **massif karstique** dont le drainage est assuré par deux émergences visibles au niveau du lit du Cérou : la source des Lépreux et la source du Lavoir qui alimentait initialement le village en eau potable. Une combe médiane entaille ce plateau : la combe de Peyrousses qui débouche au milieu de la pente de la terrasse alluviale de Combesourbié. Elle débute sur le plateau en aval de la large doline de Cantegrel occupée par une prairie de 5 hectares en légère dépression. Cette combe n'a jamais manifesté le moindre écoulement, si on excepte une coulée de colluvions (grèzes) qui a enseveli une petite vigne située aux côtés de la cabane (pluies de 1930).



La doline de Cantegrel avec sol argilo-limoneux.

L'**endokarst** est peu évolué. L'exploration spéléologique n'y a pas révélé de cavités ni de drains pénétrables. La seule cavité voisine, sur le plateau de la rive gauche de Bonnan, s'ouvre dans un ravin sous le « vignoble des Landes » (plateau de la Gamassière) : **igue des Landes** (coord. L III : 561.925 – 3203.850 – 215 m). Il s'agit d'un aven d'origine nettement tectonique: une détente de versant. Il présente un important décollement E-W, exploré après une verticale de 70 m sur un éboulis instable, sur plus de 250 m de longueur. Les bancs de calcaire sinémurien sont tranchés par une grande diaclase de 1 à 2 m de largeur. Des trémies instables sont accumulées sur les banquettes provenant du décrochement. De même, **la grotte du Mouysset** (L III : 562.635 – 3202.100 – 298 m) s'ouvre sur le talus de la D9 dans les calcaires hettangiens. Elle présente un labyrinthe avec des directions E-W et N-S sur une dizaine de mètres de dénivelée dans un contexte ébouleux instable.

Les **grottes de la Carrière** (coord. L III : 562.945 – 3203.625 – 153 m) s'ouvrent dans les bancs sinémuriens, en bordure du chemin longeant le Cérou, dessus de la source des Lépreux. Deux ouvertures convergent vers un couloir étroit d'une trentaine de mètres obstrué par une coulée argileuse. Elles correspondent à un niveau d'exutoires fossiles situé 20 m au dessus du niveau actuel d'émergence.

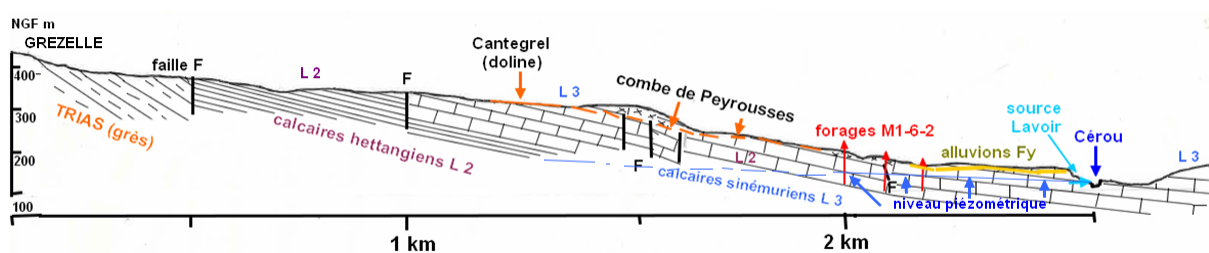
Une surface d'infiltration évaluée approximativement à 1 km² ne présente aucune trace de drainage superficiel, si ce n'est un faible ruissellement rapidement absorbé sur les versants boisés des ravins pendant les épisodes de très forte pluviosité. La base de ces versants présente des dépôts peu importants de grèzes (colluvions d'origine périglaciaire plus abondants sur la rive gauche de Bonnan où ils sont exploités temporairement pour les revêtements de chemins).



Délimitation de la zone d'infiltration du causse de Cantegrel.

Sous la faible épaisseur d'alluvions de la moyenne terrasse Fy (0.5 m, mais plus de 1 à 2 m à proximité du château où une zone en dépression pouvait former un étang), les calcaires sinémuriens (L 3) sont d'abord fortement altérés et fracturés sur 5 à 15 m. Deux puits de 23 et 27 m ont été creusés dans les anciennes habitations de Combesourbié (propriétés DEGA et MASLIN) : ils alimentaient en eau potable très localement avec des réserves n'excédant pas 5 m³. Ils correspondent à un drainage de la surface des calcaires dans le prolongement de fractures de bancs massifs.

Les forages sont caractérisés par un niveau statique variant de 133 m NGF (période d'étiage sur FM1) à 136 m (hautes eaux), avec pour référence le niveau du Cérou (132 m) où se déversent les deux sources dont le débit n'est pratiquement pas mesurable. Un pompage de la source du Lavoir en étiage (septembre 2006) a permis une estimation de 15 m³/h avec la manifestation d'une entrée des eaux du Cérou dans la chambre de pompage. Une exhaure de 30 m³/h (30 mn) caractérisée par une modification de la conductibilité par mélange des eaux karstiques (625 μ S) et de la rivière (400 μ S) aboutit à une situation initiale une heure après le début de l'opération (rétablissement du niveau et de la minéralisation naturelle de la source).



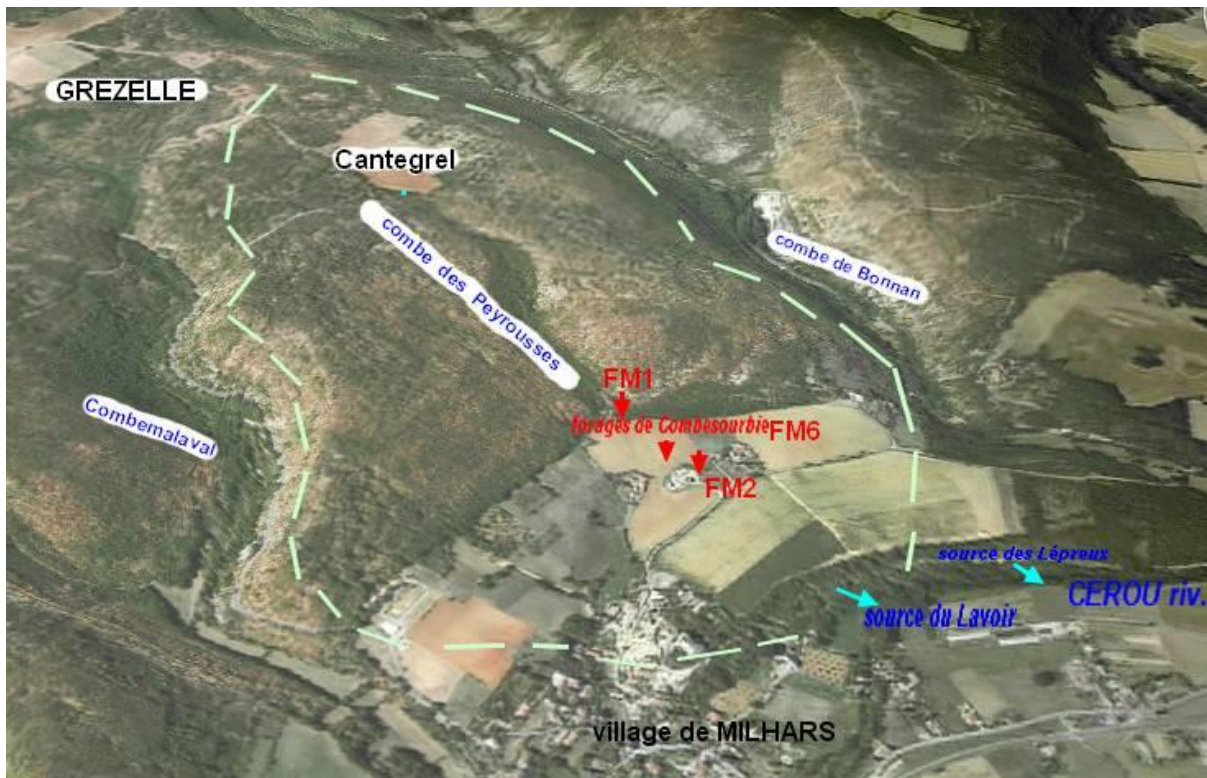
COUPE GEOLOGIQUE SW-NE du versant du dôme de Grézelles avec ses formations carbonatées liasiques constituant le causse de Cantegrel et de Pech Busque.

Documentation bibliographique (disponible ATEK-ASNAT Castres)

CUBAYNES R. 1986. Le Lias du Quercy méridional : étude lithologique, bisostratigraphique, paléontologique et sédimentologique. Thèse de doctorat d'Etat, Université Paul Sabatier, Toulouse. *Strata* série 2, vol. 6, 574 p.

DAUCH C. 1988. Décrochements et chevauchements dans la zone de plateforme: l'exemple du Massif de la Grésigne (Aquitaine nord-orientale). Thèse de 3^e cycle, université de Toulouse, 171 p.

BOICHARD R, DRULLION G. 1982. Genèse et évolution des formations carbonatées granulaires du Bajocien du Quercy: évolution de leurs propriétés réservoirs. Thèse de 3^e cycle, Université de Bordeaux, 347 p.



Vue en relief de la rive gauche du Cérour avec la terrasse cultivée et le versant boisé de Cantegrel.

Hydrogéologie.

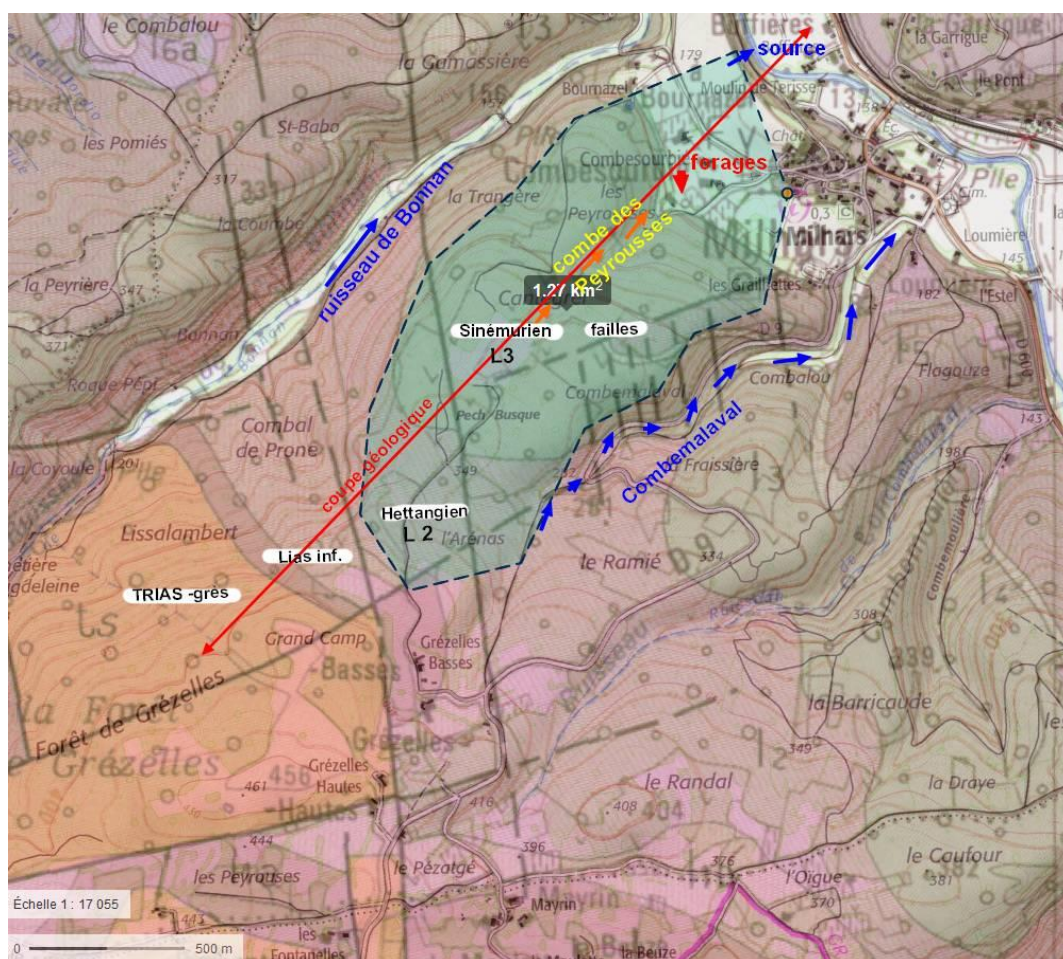
Les aquifères alluviaux sont localisés à la basse plaine des vallées alluviales du Cérou et de l'Aveyron qui alimentent actuellement en eau potable Milhars.

L'exploration de la zone karstique.

L'aquifère karstique envisagé pour la future ressource en eau potable présente une émergence accessible : la source du Lavoir située sous le château en bordure du Cérou. C'est la ressource historique du village de Milhars. Une analyse chimique y présentait en 2002 les traces d'une faible pression des activités agricoles (7 mg/l de nitrates et pas de pesticides).

L'exploration de la zone située en amont supposait l'exécution de forages :

- Dans la terrasse alluviale cultivée de Combesourbie (définie et protégée par un plan d'épandage de l'exploitation BOURDONCLE ; rapport J.REY 2000) : forage MASLIN **FM2** (janvier 2006, 82 m).
- Au pied du travers boisé dominant la terrasse avec dans un premier temps le forage BRASSAC **FM1** (janvier 2006, 75 m) dans l'axe de la combe de Peyrousses, puis les forages MASLIN **FM3** (février 2007, 85 m) et **FM4** (février 2008, 108 m) en limite des cultures.
- Enfin, à la suite d'une **prospection géophysique** de la zone cultivée de Combesourbie (**campagne CALLIGEE de mars 2012** dans les propriétés BRASSAC et MASLIN) avec les forages d'août 2013 : BRASSAC **FM5** (91 m) et MASLIN **FM6** (92 m) établis au milieu des parcelles mises en jachère dès 2015.

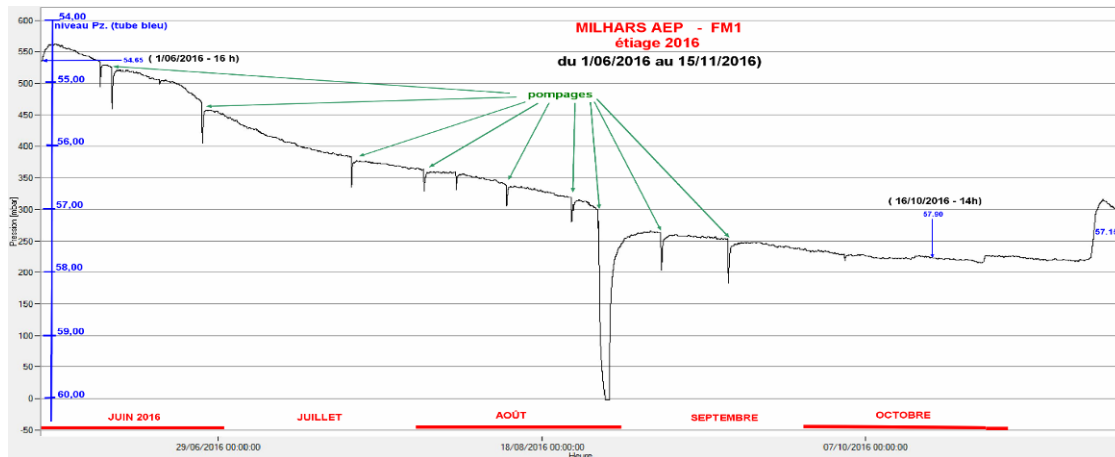


Carte géologique présentant l'unité des calcaires liasiques alimentant la source

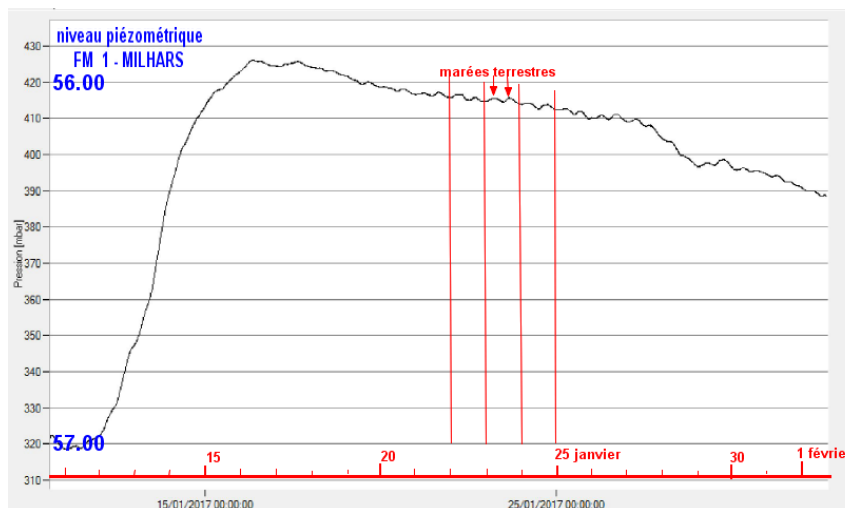
A. Les premières campagnes de forages de 2006 à 2008.

1. Le forage FM1 ; coord. L93 : 609.674 – 6 337.016 – 191.42 m.

Premier forage du site est implanté le 27/01/2006 dans l'axe de la vallée sèche de Peyrousses. Le calcaire, d'abord fissuré puis compact, est atteint sous 6 m de grèzes. Caractérisé par un cutting rose, il est arrêté sans présence d'eau à 75 m de profondeur. Ce forage ne sera tubé (125 mm) que l'année suivante, il n'a pas été pompé, mais sera utilisé comme piézomètre (avec un capteur de pression enregistreur).



Période d'étiage de 2016 avec tests de pompages sur FM5 et FM6

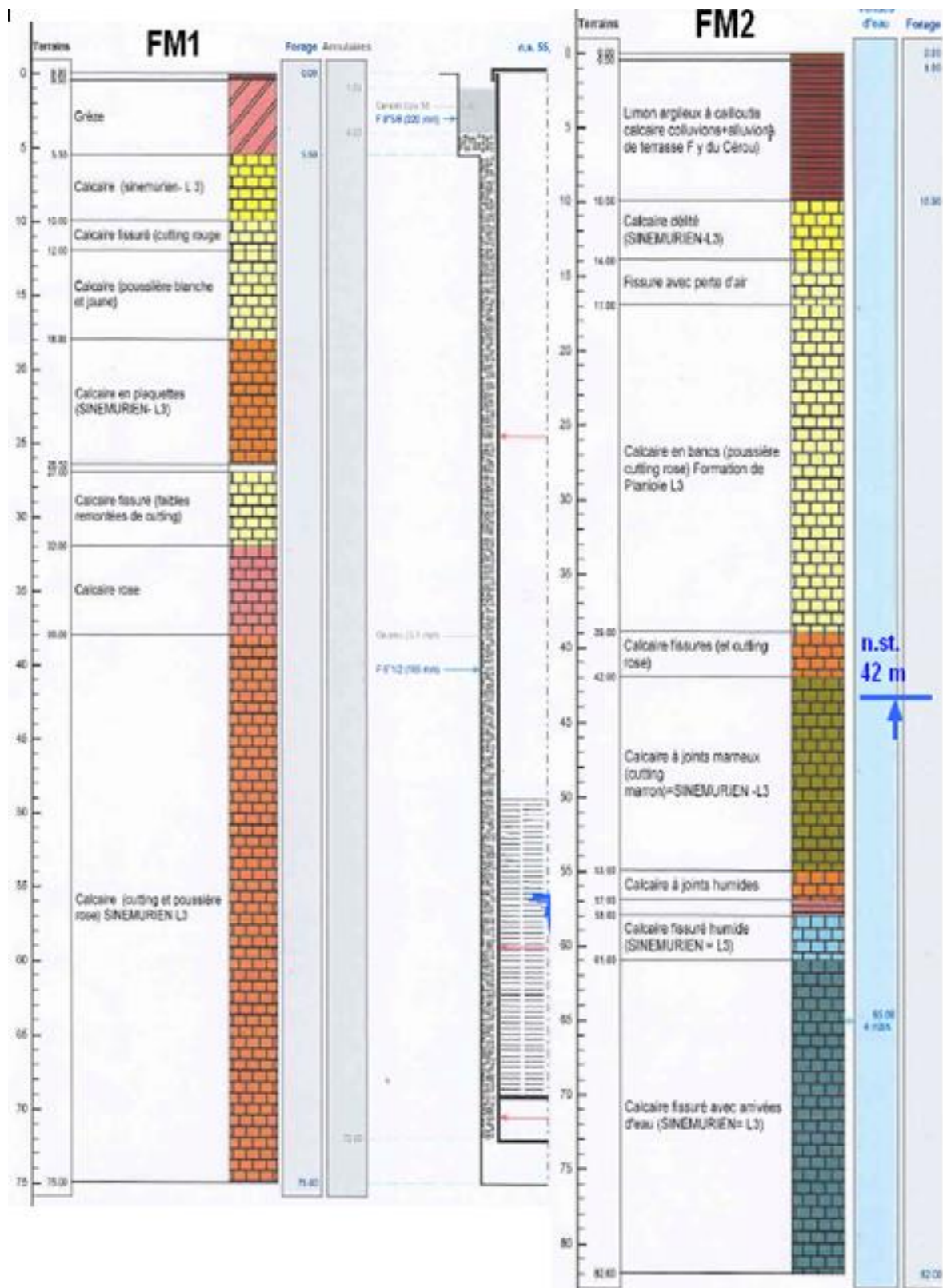


Enregistrement de marées terrestres sur FM1 en janvier 2017.

2. Le forage FM2 ; coord. L93 : 609.761 - 6 337.168 – 177.81 m.

Exécuté dans la foulée du précédent (le 3/02/2006) dans la cour des habitations de M. MASLIN, ce forage de reconnaissance a retrouvé les calcaires sinémuriens à cutting rose sous 10 m de limons argileux mélangés aux colluvions (cailloutis calcaires) de la terrasse moyenne du Cérou. Après une alternance de joints marneux humides (- 55 m), une arrivée d'eau de 4 m³/h à 65 m de profondeur a déterminé un arrêt des travaux à - 82 m

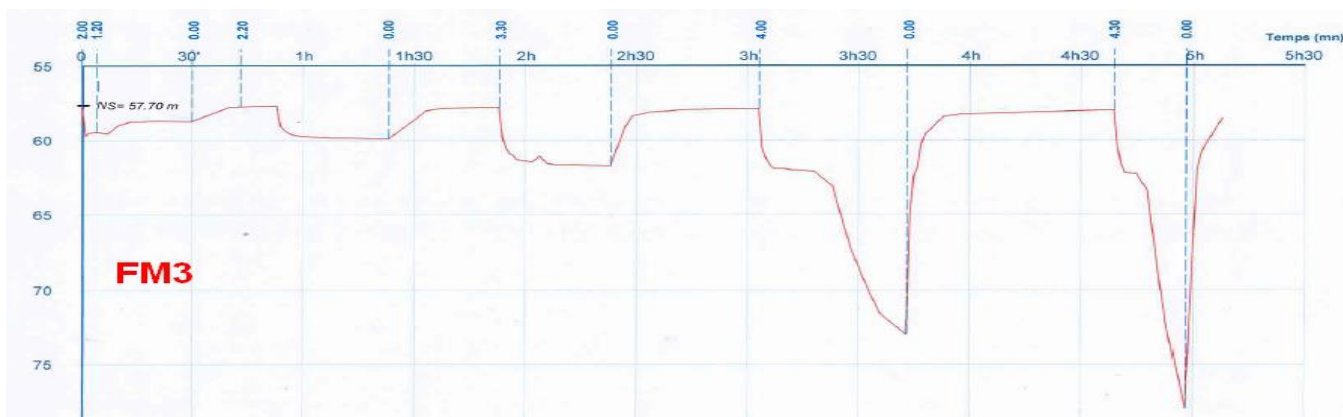
Après un test de pompage à 4.3 et 5.4 m³/h de 10 h, l'ouvrage a été équipé d'une pompe de 4 m³/h et d'un compteur. Il est destiné à compléter l'alimentation d'une citerne pluviale arrosant les espaces verts (soit 1000 m³/an). La présence de nitrates (22 à 50 mg/l) traduit l'influence des cultures de la parcelle voisine et la vulnérabilité de l'aquifère et l'infiltration rapide.



3. Le forage FM3 ; coord L93 : 609.654 – 6 337.091 – 192.14 m.

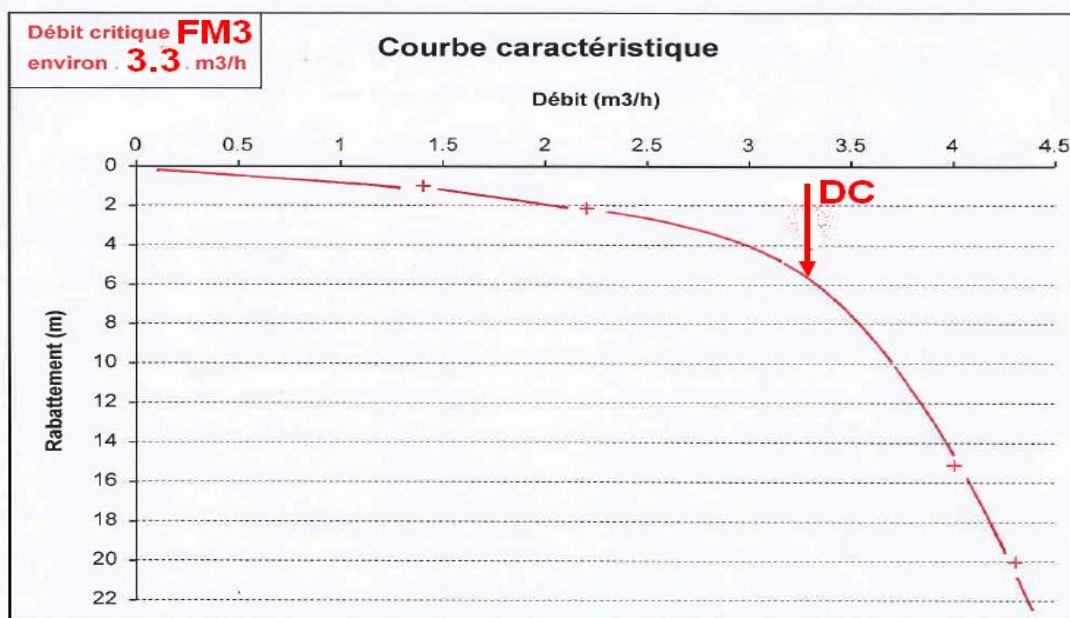
Le forage FM3 exécuté l'année suivante (le 5/02/2008) était implanté, comme le FM1, en amont de la parcelle cultivée, à la lisière du travers boisé du plateau. Le calcaire massif était atteint sous 10 m de grèzes et d'argile rouge caillouteuse. Après une zone de vides et de joints argileux (52,5 à 54 m), une arrivée d'eau de 3.5 m³/h était repérée à – 62 m et le forage dans les calcaires homogènes était poursuivi jusqu'à 86 m. Le tubage et pompages par paliers permettait une estimation du débit critique de 3.3 m³/h.

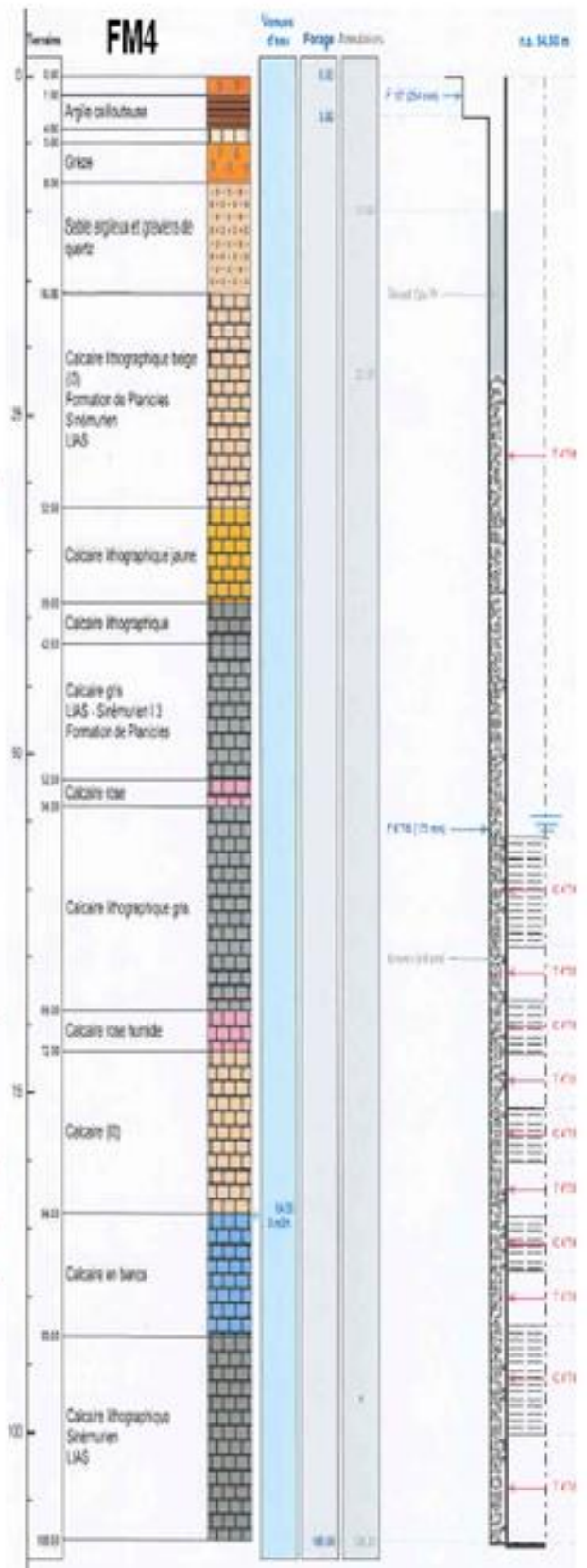
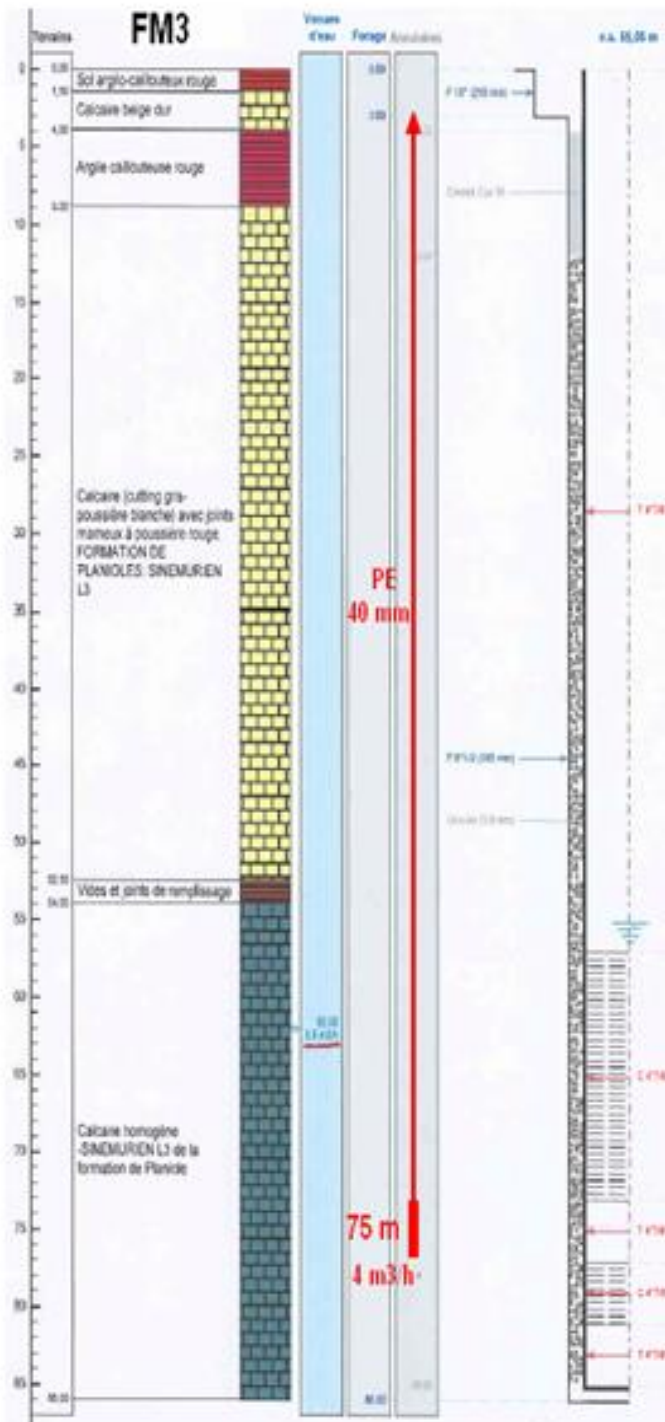
Ce forage et son équipement de pompage adapté (pompe de 4 m³/h) pourraient être conservés en complément ou secours malgré son rendement insuffisant pour les besoins communaux.



Essai de puits : 5 pompages par paliers
(On relève une arrivée d'eau à – 62 m insuffisante quand le pompage excède 3.5 m³/h)

D1 (h)	D2 (h)	Débit (Q) (m ³ /h)	N1=Niveau avant pompage	N2=Niveau fin de pompage	Rabattement (m)
000:30	000:30	1.40	57.70	58.73	1.03
000:30	000:40	2.20	57.75	59.92	2.17
000:40	000:30	3.30	57.78	61.72	3.94
000:30	000:40	4.00	57.88	73.00	15.12
000:40	000:19	4.30	57.97	78.00	20.03

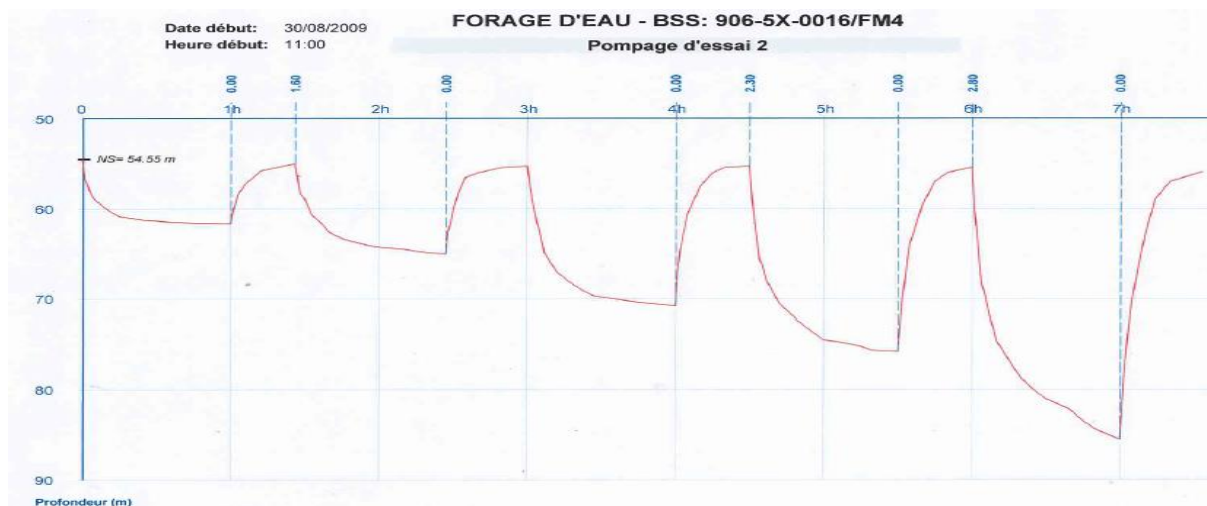




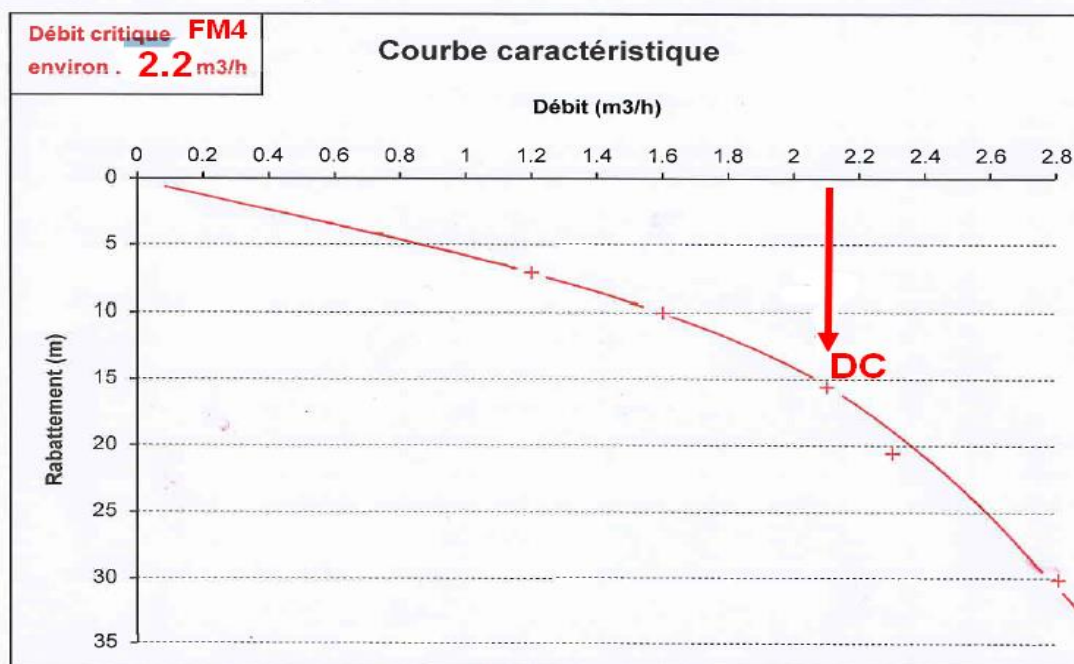
4. Le forage FM4 ; coord. L93 : 609.654 – 6 337.092 -187.71 m.

Une dernière tentative d'exploration est réalisée en lisière du versant boisé et des cultures avec le forage FM4 (le 27/10/2008). Les calcaires en bancs du sinémurien (cuttings beige, gris et rose) sont abordés à une profondeur de 16 m après une succession de dépôts de pente et d'alluvions Fy : argile caillouteuse, grèzes et 8 m de sables argileux à graviers de quartz.

Une arrivée d'eau de 2 m²/h est observée à 85 m et les travaux sont poursuivis jusqu'à 110 m de profondeur sans augmentation de débit. Le forage est tubé et son faible rendement justifiera l'abandon de l'équipement d'exploitation (et éventuellement sa neutralisation).



D1 (h)	D2 (h)	Débit (Q) (m3/h)	N1=Niveau avant pompage	N2=Niveau fin de pompage	Rabattement (m)
	001:00	1.20	54.55	61.65	7.10
001:00	001:01	1.60	55.00	65.00	10.00
001:00	001:00	2.10	55.25	70.80	15.55
001:00	001:00	2.30	55.25	75.80	20.55
001:00	001:00	2.80	55.40	85.50	30.10



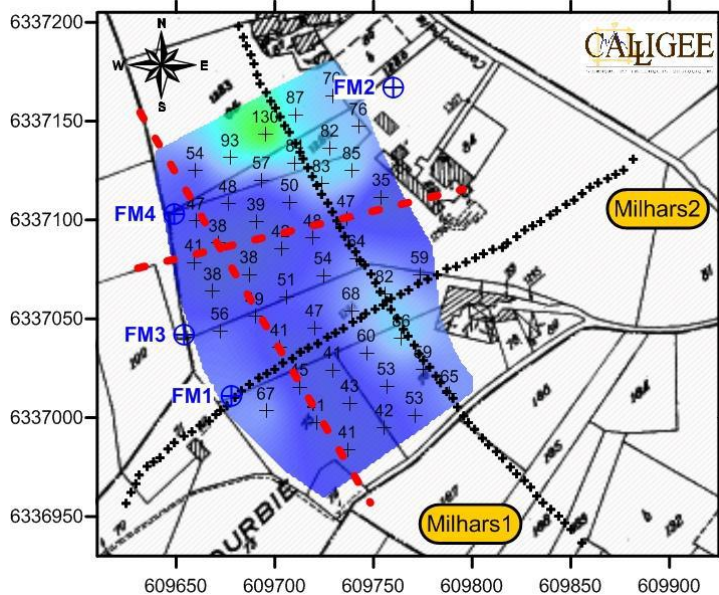
B. La prospection géophysique :

L'insuffisance des équipements FM3 et FM4 à assurer l'approvisionnement communal a justifié la poursuite des investigations dans la zone aval du réservoir karstique. Avant l'intervention de forages, une prospection géophysique a été proposée par CALLIGEE sur les 2 ha. des parcelles cultivées.

1. La méthode électromagnétique : conductimètre EM34-3.

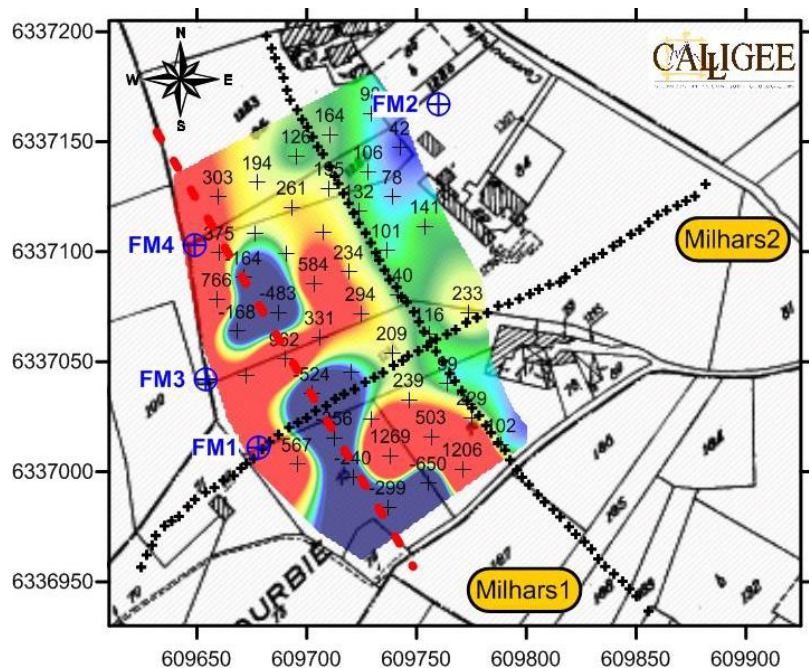
Avec une maille de 20x20 m totalisant 45 points, les mesures sont effectuées avec une bobine d'émission et une de réception espacées de 10, 20 et 40 m permettant d'atteindre des profondeurs théoriques de 7.5 , 15 et 30 m (en dipôle horizontal) et 15, 30 et 60 m (dipôle vertical).

Les résultats, présentés en 6 cartes de résistivité apparente, font clairement apparaître deux axes conducteurs N145° et N80° qui pourraient correspondre à des failles (ou cavités karstiques). Elles sont par ailleurs parallèles aux directions de fracturation relevées et cartographiées par les géologues (notamment sur les affleurements du talus de la D9).



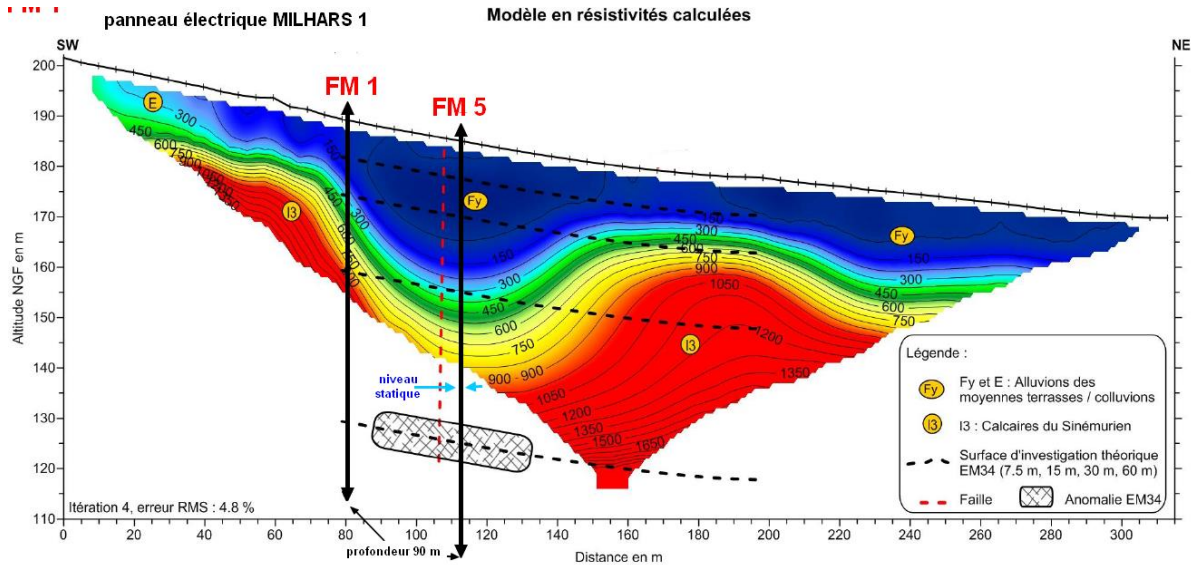
Profondeur d'investigation théorique de 7.5 m

Profondeur d'investigation théorique de 60 m

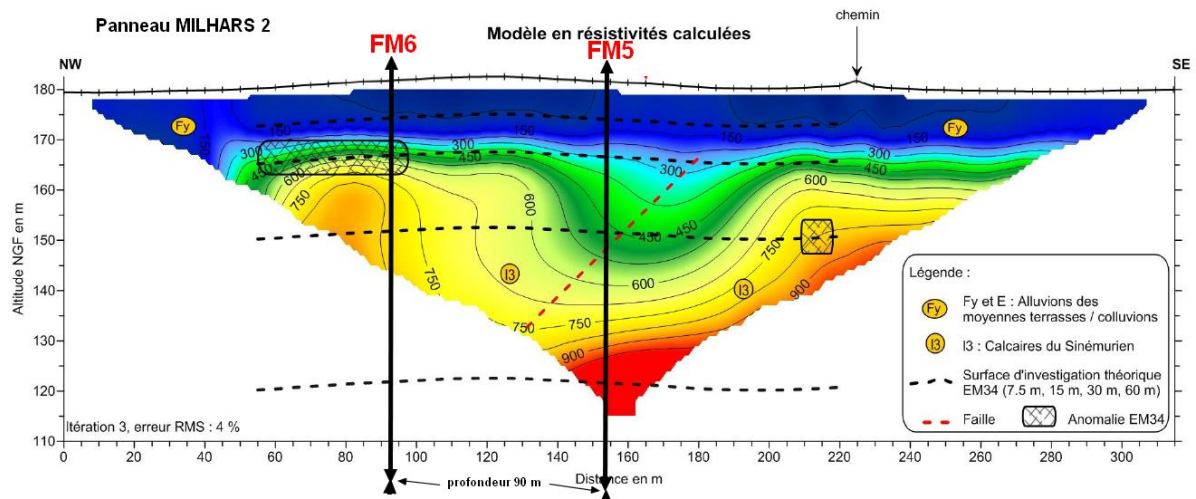


2. La prospection électrique : par panneaux de la méthode Schlumberger.

L'implantation des dispositifs a été suggérée par les résultats de la méthode précédente, avec deux panneaux comportant 64 électrodes espacées de 5 m sur une longueur maximale de 315 m. (MILHARS 1 et MILHARS 2). Les deux dispositifs recoupent les axes révélés par les données EM34-3.



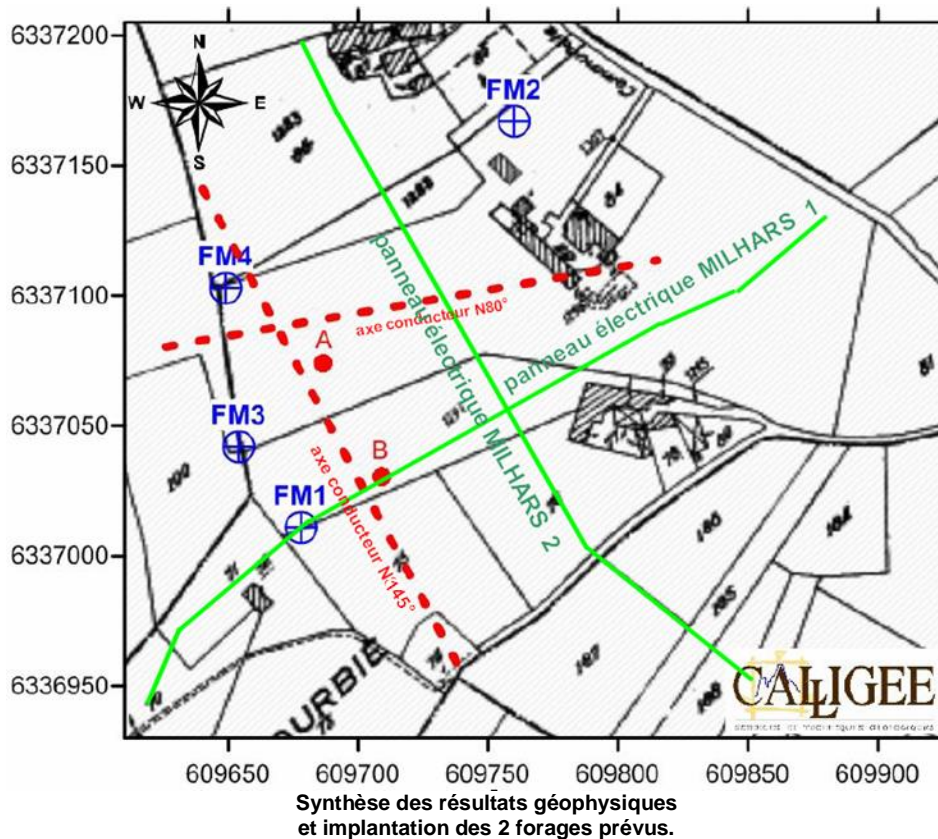
Les résistivités se répartissent dans une gamme de 100 à 1000 $\Omega.m$ avec un dispositif relativement tabulaire : un horizon conducteur de 150 $\Omega.m$ correspondant aux grès et limons argileux (alluvions Fy et colluvions) et la zone des calcaires sinémuriens de 350 à 800 $\Omega.m$.



Le dispositif MILHARS 2 recoupe l'axe N145° révélé par l'EM 34-3 : il est marqué par une surépaisseur des formations conductrices superficielles entre les distances 90 et 135 m (graviers dans une matrice argileuse). Cet axe pourrait marquer le tracé d'une faille affectant le substratum calcaire.

D'après ces résultats, deux points de forages ont été proposés :

- Le **point A** au croisement des axes N70° et N145° à 40 m environ au S.E. de FM4, qui correspondra au **forage FM6** : 609 680 – 6 337.082 (L93).
- Le **point B** implanté selon les résultats du panneau MILHARS 2 et kiles données EM4 au droit de l'axe N145°, à 30 m au N.E. du forage FM1. C'est le forage **FM 5** : 609.708 – 6 337.030 (L93)



C. Les forages définitifs de 2013.

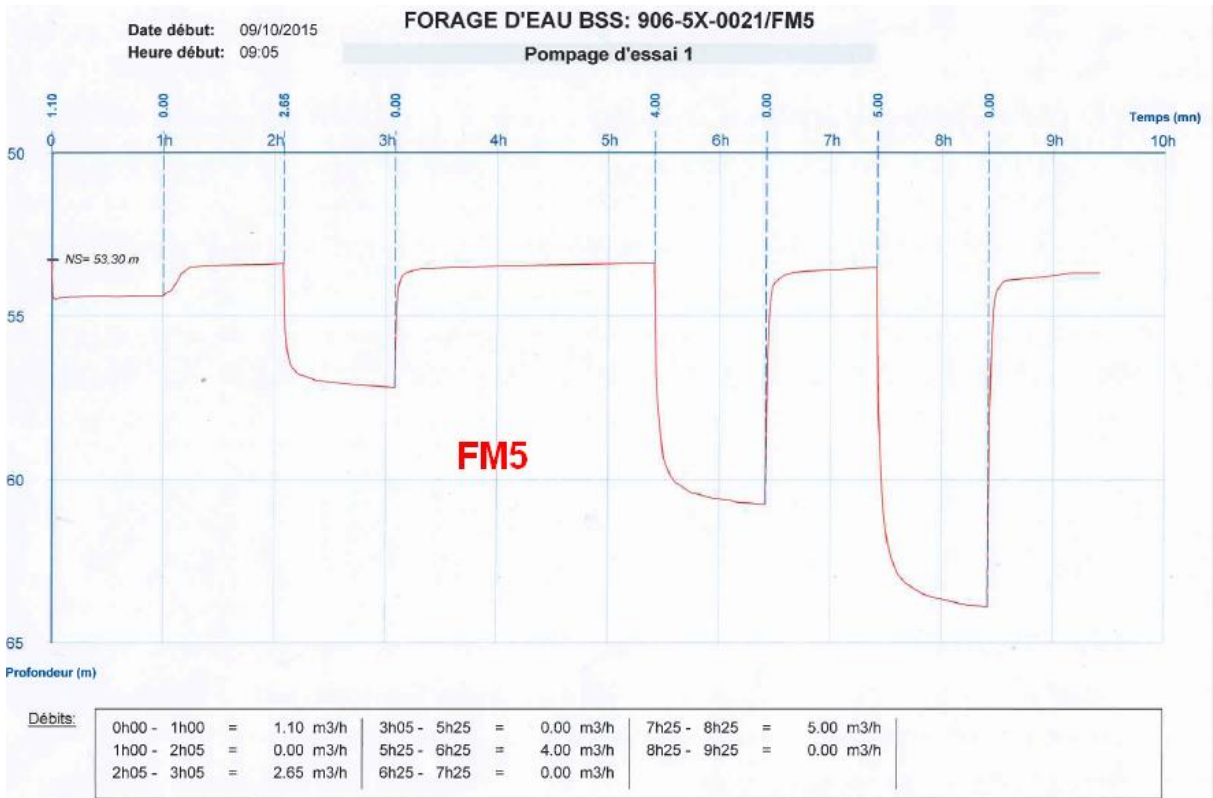
1. Le forage FM5 ; coord. L93 : 609.706 – 6 337.031 – 187.18 m.

L'entreprise SOGAMA a réalisé FM5 le 20/08/2013 dans la parcelle BRASSAC (n°1294), sur l'emplacement B indiqué dans l'étude géophysique. Le forage de diamètre 180 mm, pré-tubé en acier (\varnothing 220 mm) et cimenté sur les 6 premiers mètres, était poursuivi jusqu'à 11 m dans les argiles sableuses à cailloutis (alluvions Fy), puis à 91 m dans les calcaires sinémuriens (à cutting rose).

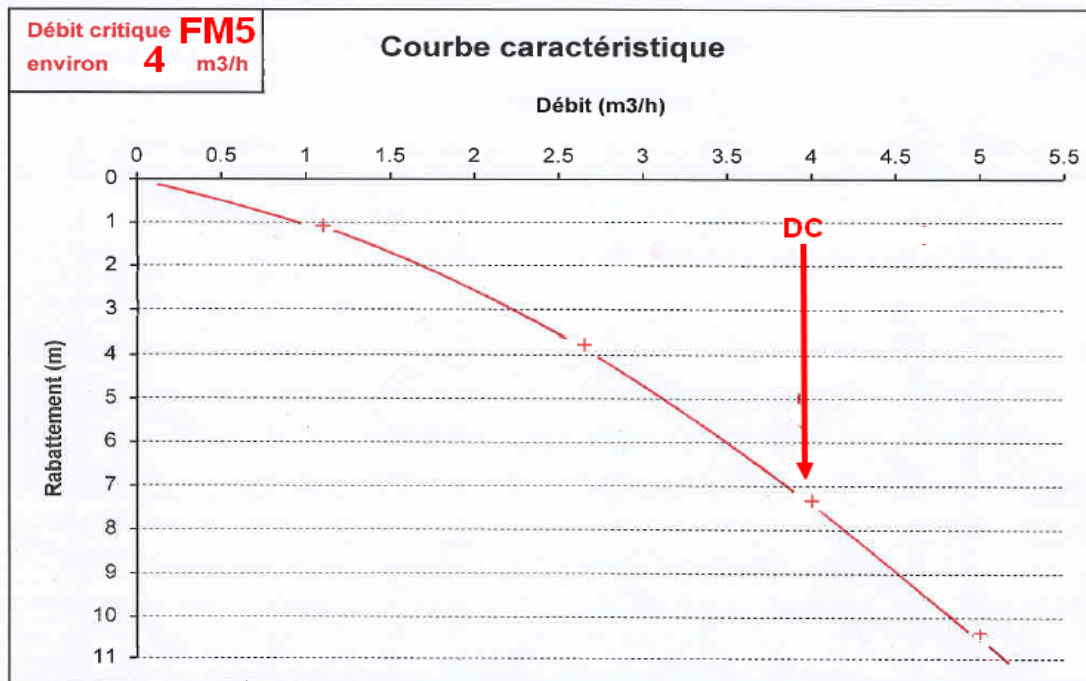
Les premières arrivées d'eau étaient repérées à 60 m, puis à 70 m avec un débit apparent de 2 m³/h (une chute du marteau entre 83 et 84 m dans une fissure ouverte ou galerie).

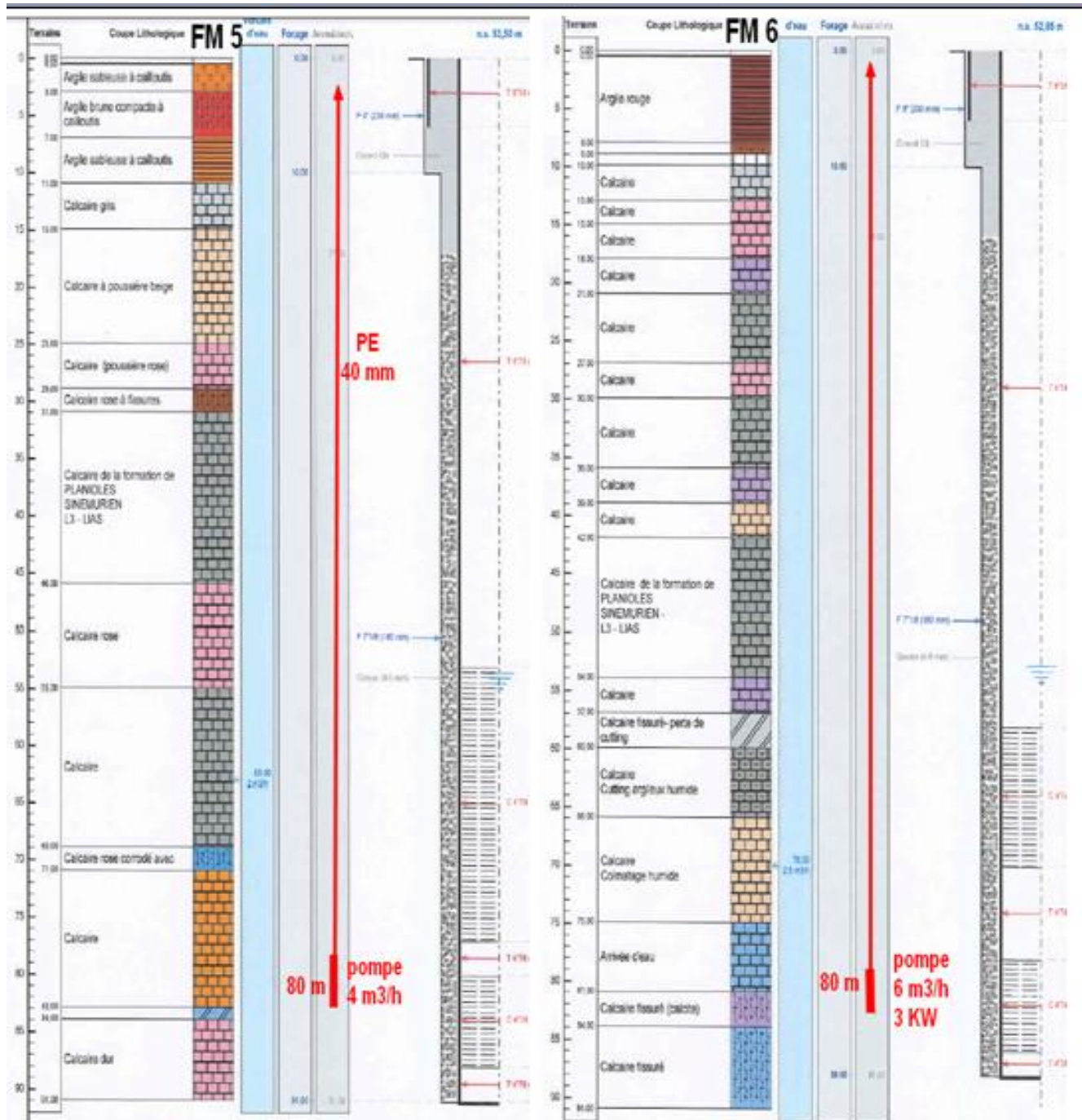
L'ouvrage est tubé en PVC \varnothing 125 mm, crépiné à partir de 55 m (slot 1 mm), gravillonné (silac 4/6 mm) et muni d'un fond PVC. Le niveau statique était alors de 53 m.

Le pompage par paliers permet d'estimer le débit critique à 4 m³/h : il est équipé définitivement le 9/07/2014 avec une pompe FLYGT 4 » ITT type 4 GS 22 (moteur FRANKLIN 2.2 KV) située à 80 m de profondeur, avec un tuyau PE d'exhaure \varnothing 40 mm et un PE 32 mm de surveillance. Le débit d'exploitation est vanné à 4 m³/h.



D1 (h)	D2 (h)	Débit (Q) (m3/h)	N1=Niveau avant pompage	N2=Niveau fin de pompage	Rabattement (m)
	001:00	1.10	53.30	54.38	1.08
001:00	001:00	2.65	53.40	57.20	3.80
001:00	001:00	4.00	53.38	60.75	7.37
001:00	001:00	5.00	53.51	63.90	10.39





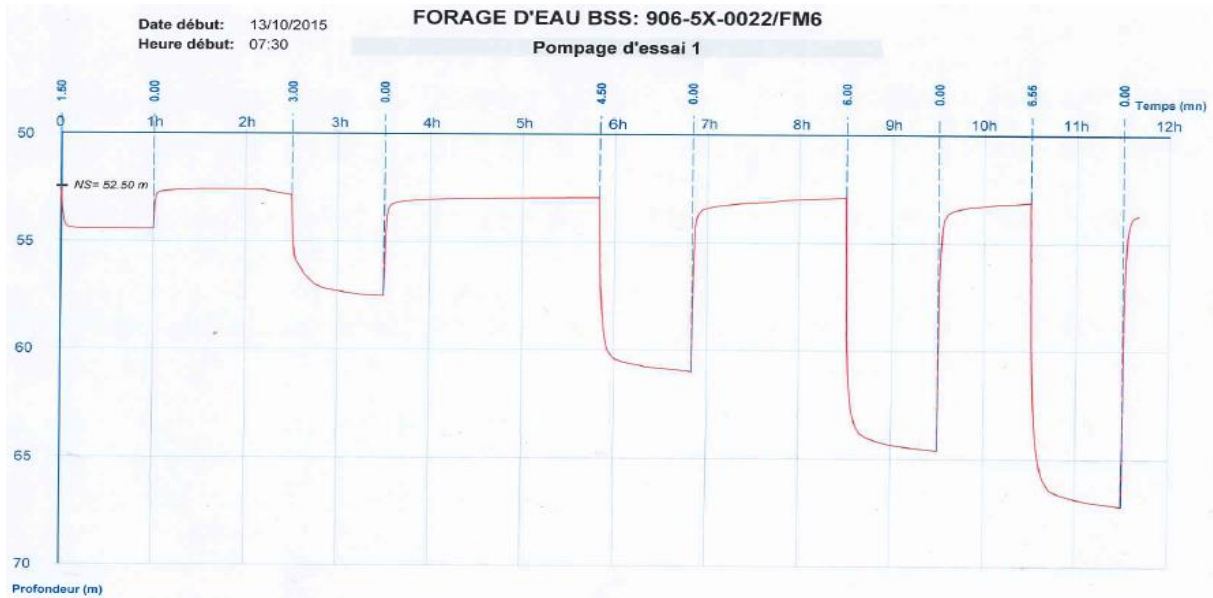
2. Le forage FM6 ; coord. L93 : 609.680 – 6 337.083 – 186.40 m.

Le forage FM6 a été mis en chantier le 23/08/2013 dans la parcelle MASLIN (n°1296), sur l'emplacement A indiqué dans l'étude géophysique. Le forage de diamètre 180 mm, pré-tubé en acier (10 m Ø 220 mm) et cimenté sur les 17 premiers mètres, était poursuivi jusqu'à 8 m dans les argiles rouges sableuses (alluvions Fy), puis à 91 m dans les calcaires sinémuriens (cutting rose).

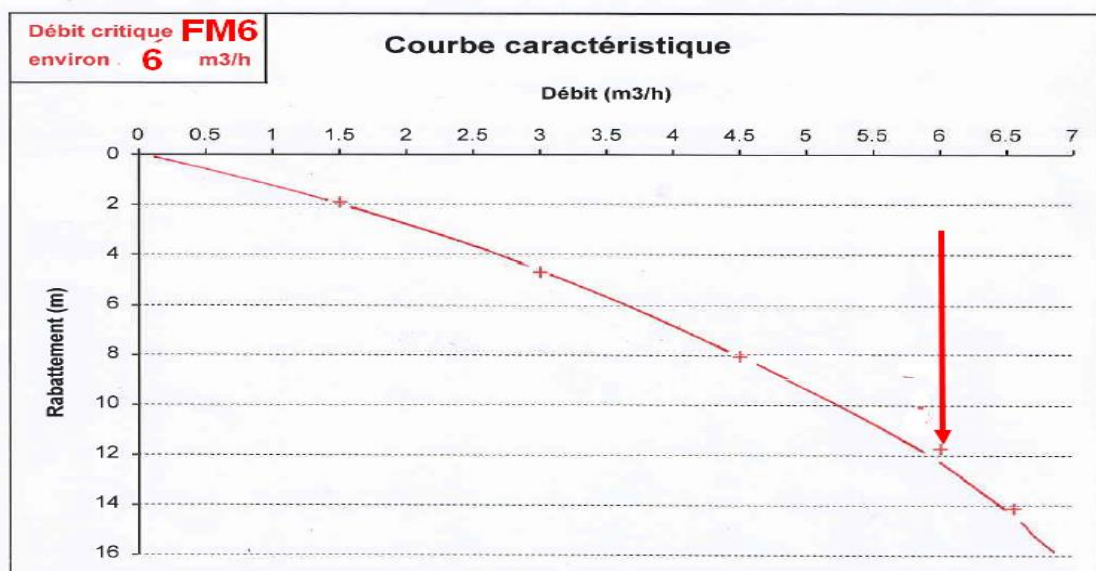
Les premières arrivées d'eau étaient repérées à 60 m, puis à 70 m avec un débit apparent de 2 m³/h (une chute du marteau entre 83 et 84 m dans une fissure ouverte ou galerie).

L'ouvrage est tubé en PVC Ø 125 mm, crépiné à partir de 58-70 m et de 78-86 m (slot 1 mm), gravillonné (silac 4/6 mm) et muni d'un fond PVC. Le niveau statique était alors de 52.85 m.

Le pompage par paliers permet d'estimer le débit critique à 6 m³/h : il est équipé définitivement le 9/07/2014 avec une pompe FLYGT 4 » ITT type 6 GS 30 (moteur FRANKLIN 3 KV) située à 80 m de profondeur, avec un tuyau PE d'exhaure Ø 40 mm et un PE 32 mm de surveillance. Le débit d'exploitation est vanné à 6 m³/h.



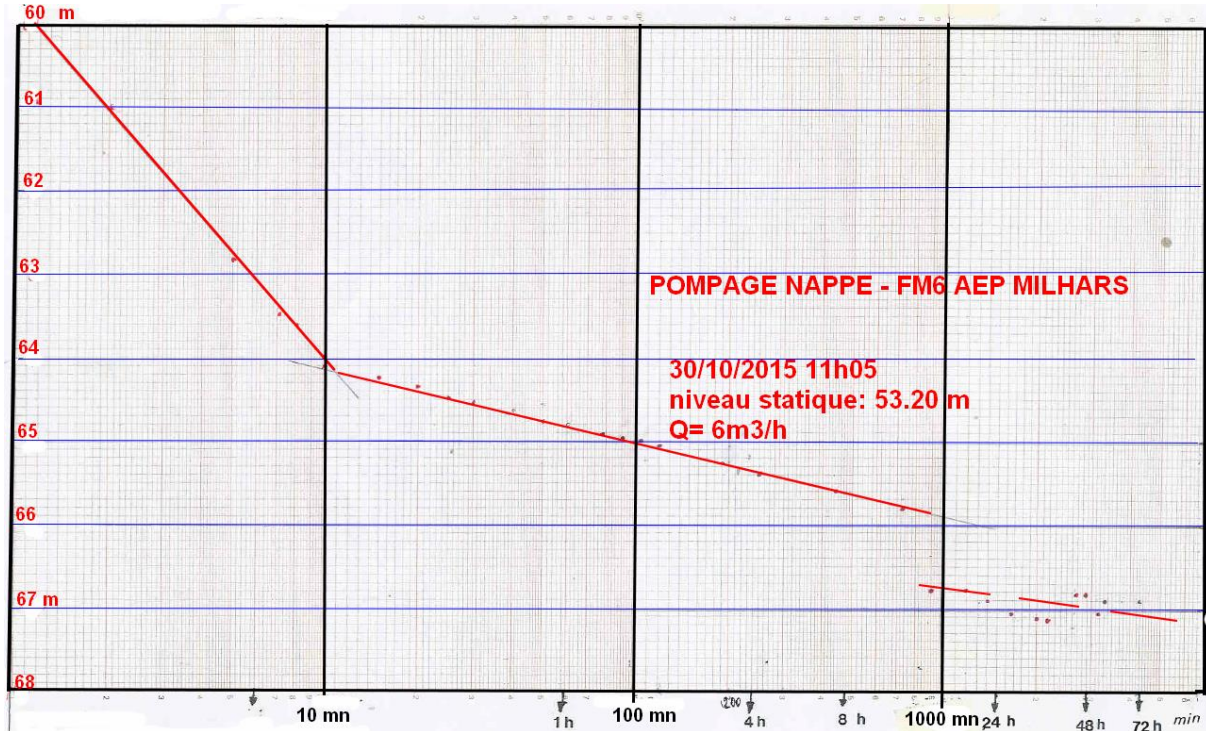
D1 (h)	D2 (h)	Débit (Q) (m ³ /h)	N1=Niveau avant pompage	N2=Niveau fin de pompage	Rabattement (m)
	001:00	1.50	52.50	54.42	1.92
001:00	001:00	3.00	52.85	57.52	4.67
001:00	001:00	4.50	52.91	61.00	8.09
001:00	001:00	6.00	52.88	64.60	11.72
001:00	001:00	6.55	53.10	67.20	14.10



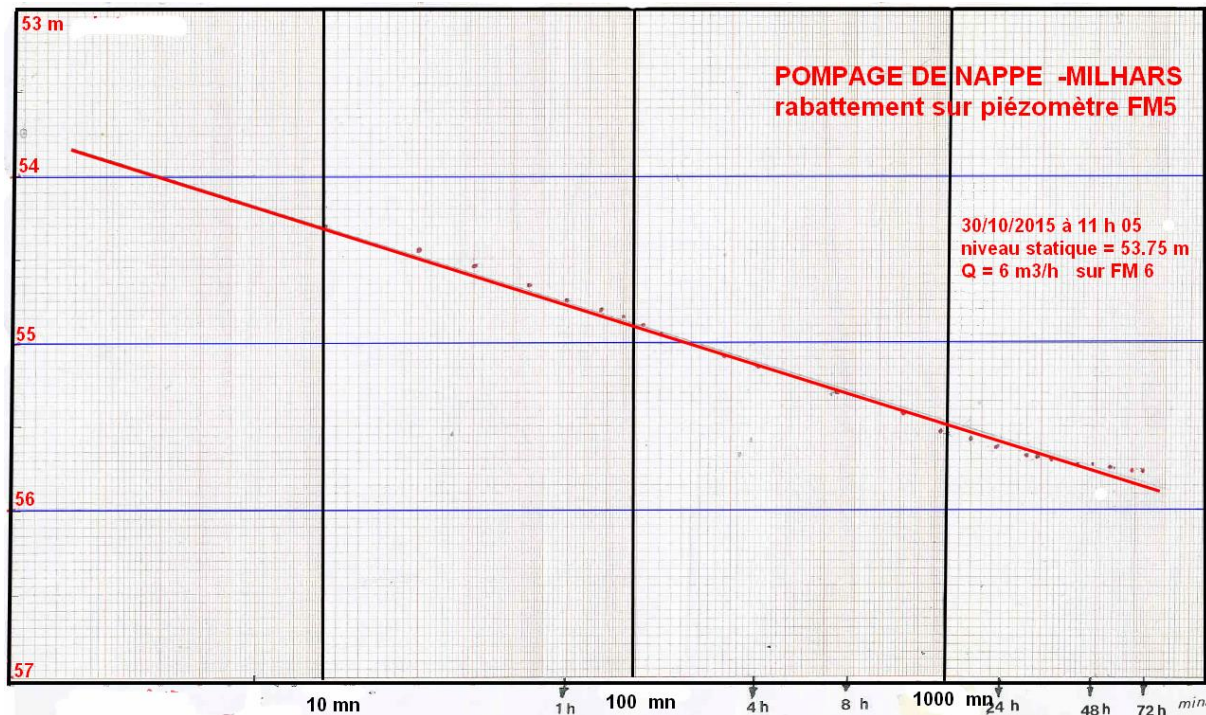
D. Les essais de nappe et observations continues de 2015 à 2018.

1. Les essais de nappe en étiage (octobre 2015 sur FM6) :

Le pompage sur le forage **FM6** présente le meilleur débit critique (6 m³/h) en étiage et en période de hautes eaux. La surveillance de l'opération était suivie sur FM5 à une distance de 58 m.



Rabattement mesuré sur le forage FM6 pendant le pompage : le débit de la pompe a été augmenté au bout de 20 h (1200 mn) et de 50 h (3300 mn) pour tenir une moyenne de 6 m³/h.



Rabattement mesuré sur le forage FM5 pendant le pompage de FM6 distant de 60 mètres.

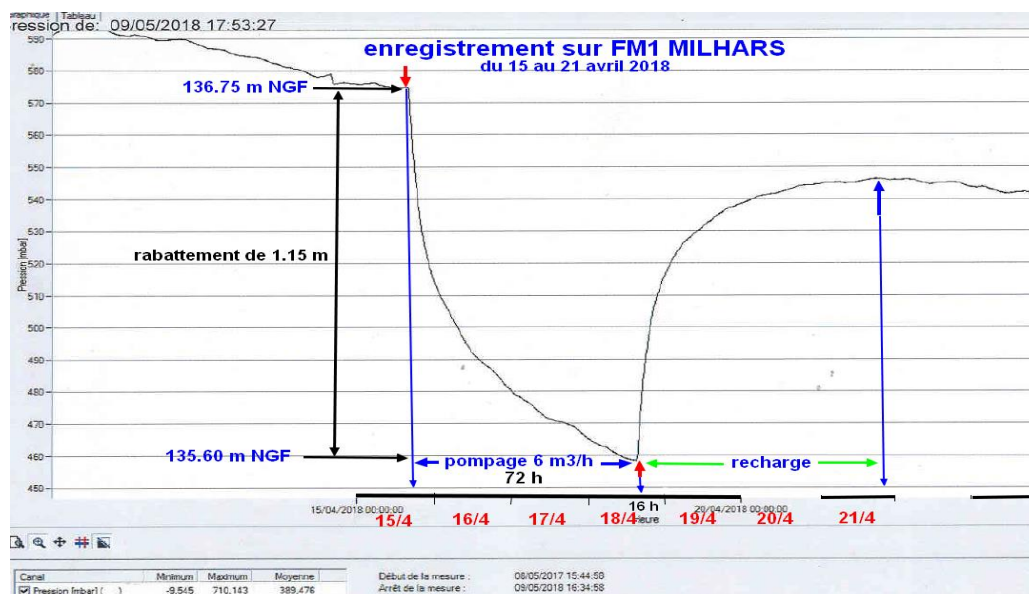
POMPAGE sur FM6 (72 h en été 2015)							
DATE	Heure	mn.	sec.	m3/h	compteur	Rabat. FM6	Rabat. FM5
30/10/2015	11:05	0			1158,3	0,00	0,00
	11:07	2				7,80	
	11:08	3				8,20	
	11:09	4				9,10	
	11:10	5				9,60	0,40
	11:12	7				10,30	
	11:13	8				10,40	
	11:15	10				10,80	0,55
	11:20	15		6,0		11,03	
	11:25	20				11,15	0,70
	11:30	25				11,25	
	11:35	30				11,33	0,80
	11:45	40				11,42	
	11:55	50				11,45	0,90
	12:05	60			1164	11,60	1,00
	12:22	77				11,70	1,04
	12:35	90				11,76	1,11
	12:50	105		6,0		11,81	1,14
	13:05	120			1169,85	11,86	1,20
	14:15	190				12,05	1,32
	15:12	247		6,0		12,18	1,40
	18:20	435			1200	12,40	1,55
	23:00	715				12,48	1,67
31/10/2015	03:00	955		5,5	1250	13,58	1,79
	07:00	1195		6,3	1275,1	13,62	1,82
	11:00	1435				13,68	1,88
	15:00	1675				13,86	1,92
	19:00	1915		6,1	1348	13,90	1,93
	23:00	1255			1372,3	13,92	1,94
01/11/2015	07:00	2635		6,0	1419,8	13,62	1,97
	11:00	2875				13,62	1,97
	15:00	3115		5,7	1465,65	13,85	2,00
	18:00	3295		6,5	1486	13,68	2,01
	19:00	3355		5,5	1491,60	13,68	2,03
02/11/2015	07:00	4075			1564,10	13,68	2,03
	12:00	4380		6,0	1594,00	13,68	2,01
				5,97 m3/h		soit 436 m3	

Pompage de nappe sur FM6 en été d'automne 2015.

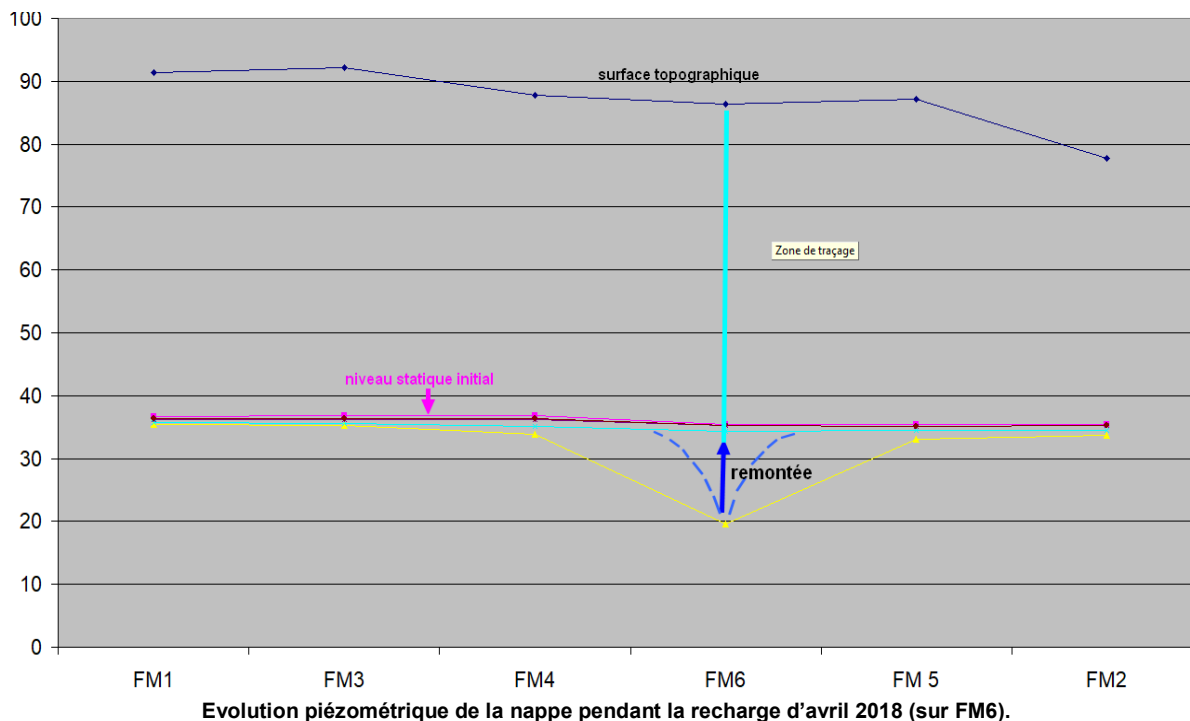
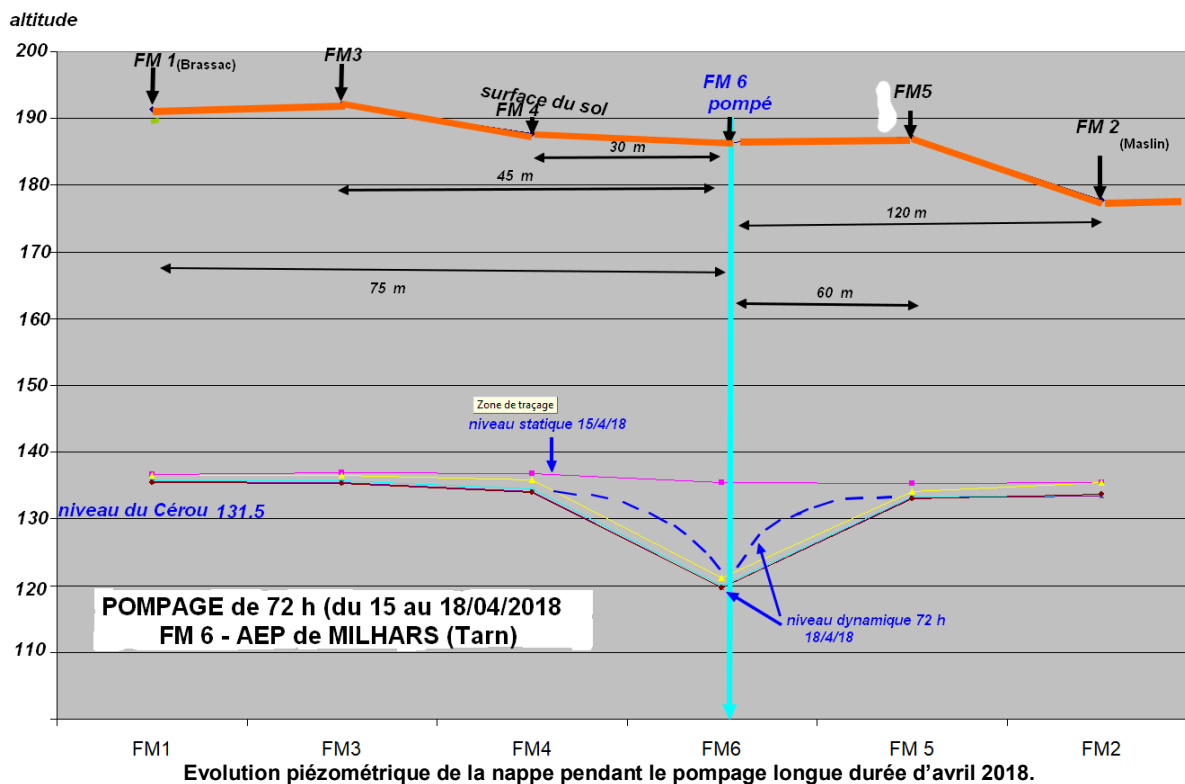
Avec une exhaure de 435 m³ en 72 h et un rabattement de 8 m en **FM6** et de 2 m en **FM5**, cette opération de pompage continu, néanmoins imparfaite, ne montre pas de modification de pente mettant en évidence une baisse de rendement de l'aquifère.

2. Les essais de nappe: en hautes eaux.

Le pompage réalisé en avril 2018 sur **FM6** en début de décharge de la nappe a été enregistré en continu avec sa recharge sur le capteur de pression installé sur **FM1**. Les 1500 points des 6 jours d'observation de l'opération sont disponibles (tableur).



Pompage en période de décharge de la nappe (avril 2018 – pas de temps 10 mn)



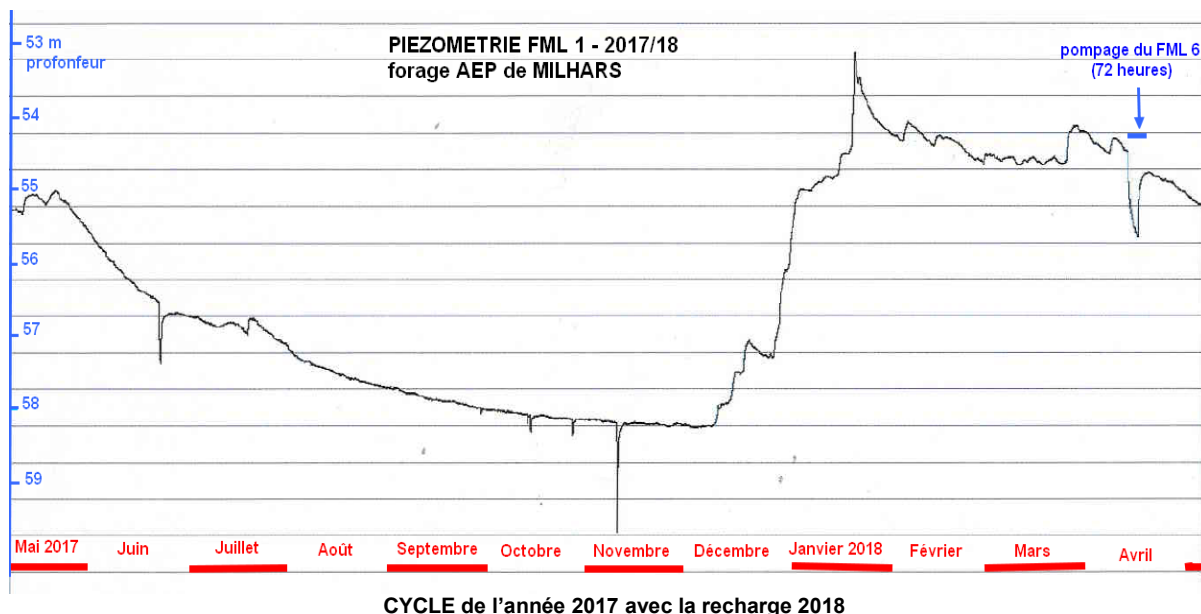
Une coupe schématique a été réalisée en période d'essai pendant le pompage et lors de la recharge avec un pas de 24 h en utilisant les données relevées sur les 6 forages pendant les 6 jours de l'opération. La pompe de **FM6** est placée à 80 m de profondeur (106 m NGF), soit 25 m sous le niveau statique (presque 15 m sous le niveau du Cérou), nettement au-dessous du niveau dynamique de l'ouvrage en période de hautes eaux (15 m).

MILHARS FORAGES		PIEZOMETRIE NGF.						POMPAGE
DATES		FM1 (TB)	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	pompage 72 h
NGF 11/2017		191,42	177,81	192,14	187,71	187,18	186,40	
09/10/2015		133,27	132,93	133,33	133,81	133,93	134,05	
19/02/2016		137,05	135,81	137,46	137,21	135,71	135,88	
15/04/2016		136,53	135,51	136,81	136,66	135,43	135,55	
14/05/2016		135,62	134,84	136,07	135,84	134,81	130,90	
12/04/2017		136,56	135,26	136,83	136,46	135,20	135,30	
06/05/2017		135,81	134,81	135,85	135,66	134,73	134,85	
21/06/2017		134,67	133,76	134,46	134,46	133,78	133,90	
24/07/2017		134,27	133,56	133,96	134,06	133,58	133,65	
31/08/2017		133,42	133,16	133,41	133,56	133,13	133,30	
10/10/2017		133,07	132,86	133,21	133,36	132,93	133,05	
18/10/2017		133,05	132,86	132,51	133,46	132,88	133,05	
09/12/2017		132,87	132,71	132,82	133,18	132,78	132,90	étiage
04/03/2018		136,67	135,41	136,74	136,61	135,38	135,70	
10/04/2018		136,82	135,56	136,89	136,76	135,43	135,55	niveau max.
15/04/2018	16h	136,72	135,46	136,89	136,76	135,36	135,50	début= 3987,5
	17h	136,47	135,46	136,59	135,91	134,08	121,20	3994,1
16/04/2018	17h	135,77	133,56	135,74	134,46	133,28	120,00	4143,5
17/04/2018	17h	135,57	133,46	135,44	134,11	133,18	119,70	4300
18/04/2018	16h	135,47	133,76	135,29	133,91	133,06	119,65	fin= 4451,00 m3
	18h	135,70	134,56	135,54	135,11	134,48	134,40	arrêt pompage
19/04/2018	17h	136,22	135,21	136,24	136,21	135,08	135,20	Q=6,43 m3/h
20/04/2018	19h	136,32	135,26	136,41	136,31	135,13	135,25	
21/04/2018	17h30	136,32	135,24	136,49	136,31	135,08	135,30	
08/05/2018	17h	135,97	134,79	135,94	135,81	134,73	134,90	

Relevés piézométriques des forages de Combesourbié en NGF.
Suivi journalier du pompage de longue durée du printemps 2018 (du 15/04 au 21/4/2018).

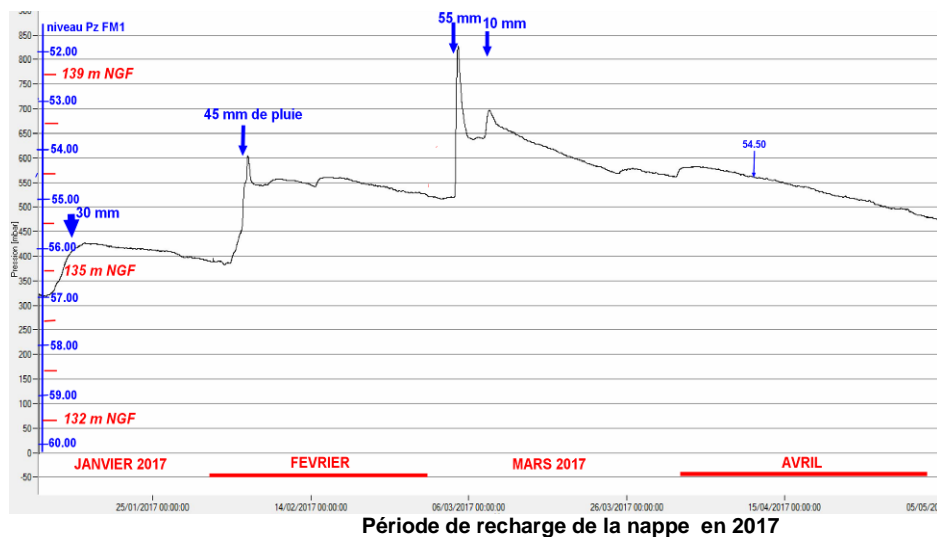
3. Enregistrement d'un cycle hydrologique de l'aquifère karstique de MILHARS.

Un capteur de pression enregistreur a été placé dans le **FM1** situé le plus en amont transformé en piézomètre. On remarquera l'amplitude de la variation annuelle de l'ordre de 5 m avec la mise en charge du réservoir karstique en janvier 2018. Le pompage de nappe en hautes eaux a été réalisé en avril 2018 pendant la phase de décharge. On relèvera également 4 pompages tests de courte durée (quelques heures sur FM6) réalisés en juin et octobre, particulièrement le week-end de novembre (48 h) qui a provoqué un rabattement de 1.5 m sur FM1 distant de 75 m.



(le rabattement de 59 m = 132.5 m NGF)

La période de recharge du cycle 2017 est marquée par deux phénomènes permettant de caractériser le réservoir karstique avec deux régimes différents de répartition de la pluviométrie (ces dernières mesures ont été réalisées pendant la même période pluvieuse à la station d'Amiel-PENNE équipée d'un pluviomètre enregistreur. Les périodes de février et mars sont caractérisées par de courtes séquences de 45 mm à 55+10 mm marquant des pics de remplissage certainement induits par le fonctionnement des drains superficiels à réaction rapide du karst au voisinage du piézomètre (FM1 est en effet situé dans l'axe de la combe de Peyrousses).



La recharge de janvier est liée à 30 mm de précipitations réparties sur 3 journées : elle montre au niveau – 56 m (135.5 m NGF) une période de 4 à 5 journées les manifestations bi-journalières de marées terrestres perceptibles avec une amplitude de l'ordre de 5 cm. Ces manifestations sont caractéristiques des réservoirs karstiques et leurs mesures dans les meilleures conditions permettent de définir certains critères hydrodynamiques.

Avec le nivellement précis des têtes de forages, les données piézométriques ont été converties en altitudes NGF dans un tableau. Ce dernier permet de suivre deux années d'évolution de la nappe karstique sous la terrasse alluviale de Combesourbié où est prévue l'exploitation de la ressource en eau potable de Milhars.

E. Synthèse des analyses chimiques et bactériologiques.

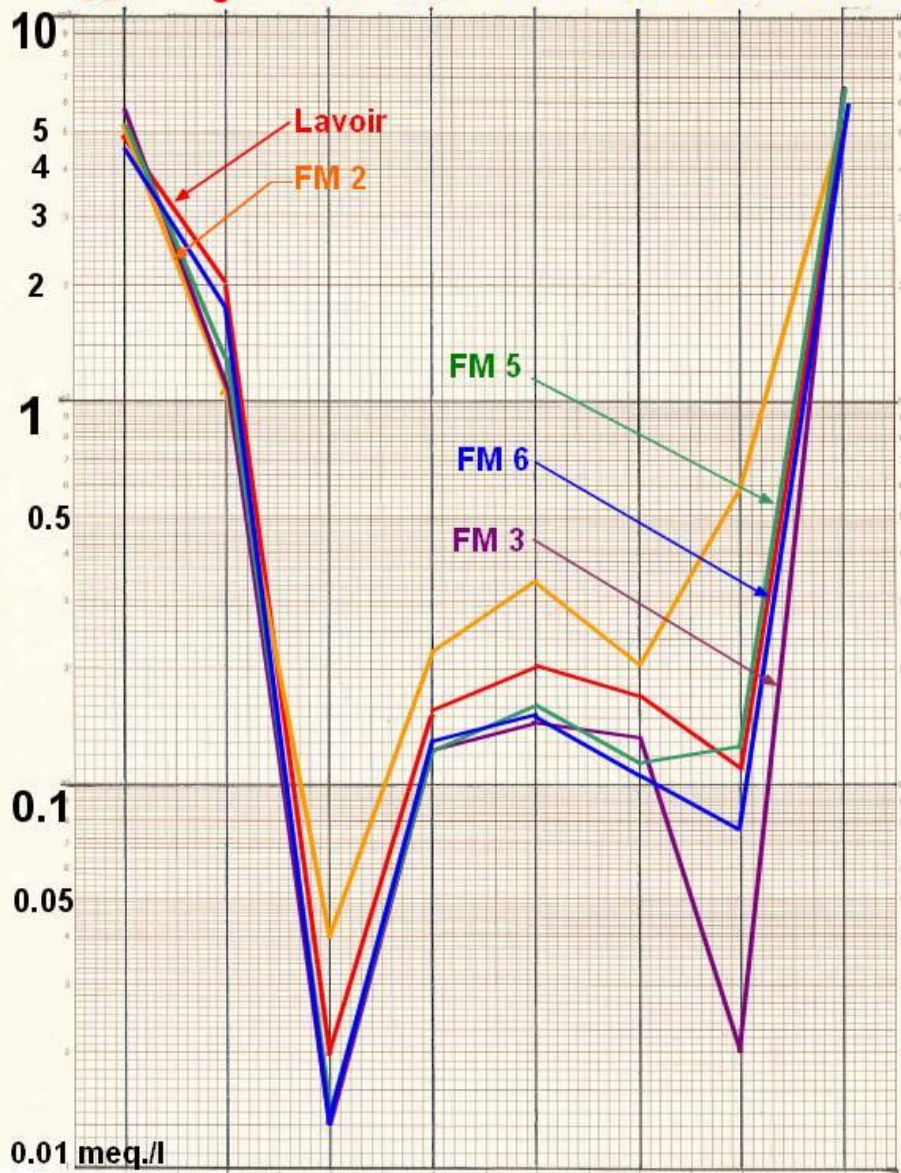
La comparaison des compositions chimiques des différents forages et de l'émergence à la source du lavoir permet de replacer les points par rapport à l'ensemble du petit karst étudié :

- Les eaux sont **bicarbonaté calco-magnésiennes** avec une conductivité de l'ordre de 600 µS.
- Le taux de calcium de 90 à 100 mg/l.
- Celui du **magnésium pourrait être un indicateur** de la position du forage dans l'aquifère karstique avec le taux le plus élevé à l'exurgence (25) et dans le réservoir (FM6 et FM4) qui se situe dans les formations dolomitiques hettangiennes **L2** mal identifiées dans les cuttings des forages (au delà de 70 m de profondeur).
- Les nitrates traduisent bien **l'influence de l'activité agricole sur FM2** (au milieu de la terrasse **Fy** cultivée), un maximum est observé en 2010 avec la présence de céréales dans les parcelles BRASSAC-MASLIN. C'est surtout la rapidité de l'infiltration et du lessivage du sol peu épais qui sont la cause. La mise en jachère de ces parcelles depuis 2014 démontre parfaitement la vulnérabilité de cette zone (le taux exceptionnellement bas dans FM4 en 2017 est lié à l'activité bactérienne dans la zone crépinée de l'ouvrage peu utilisé).

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES ET CHIMIQUES - AEP de MILHARS (Tarn)												
SITE			Lavoir	FM2	FM2	FM2	FM4	FM4	FM6	FM3	FM5	FM6
DATE	Unit.	guide	28/11/2002	27/11/2006	22/09/2010	02/11/2015	31/08/2010	02/11/2015	ARS-PP-10/11/2017			
BACTERIOLOGIE												
Bactéries coliformes		0		25	0	0	4	0	0	0	0	0
Escherichia coli		0		0	0	0	4	0	0	0	0	0
Entérocoques		0		2	0	0	0	0	0	0	0	0
Bact. aéro revivif 36°/44h						3	0	231	52	72	10	0
Bact. aéro revivif 22°/68h						55		>300	124	280	57	5
Spores bact.sulfo-réduct.		0				0		0	0	0	0	0
PHYSICO-CHIMIE												
Température	°C											
Conductivité	µS		633	567	601	587	561	569	580	619	592	573
pH			7,6	7,2	7,35	7,5	7,45	7,6	7,7	7,4	7,3	7,56
Turbidité	FNU	<2	3,8	30	2,1	11	0,46	0,64	1,23	38	5	0,74
TAC	°F			29,4	25	25,8	29,4	29,8	30	32,9	31,3	30,3
TH (dureté)	°F					29	30,5	32	31	33,9	31,9	31,1
Carbone Org. Total	mg/l	10		0,62	0,62	0,57	<0,5	0,51	0,79	0,6	0,5	0,5
Calcium	mg/l		97	96	101	99	88	98	94	114	102	89,3
Magnésium	mg/l		24,8	14	13	12	23	19	19	13,15	15,8	21,4
Sodium	mg/l		3,6	4,5	5,2	4,6	2,8	2,5	2,8	2,8	2,9	2,9
Potassium	mg/l		0,85	1,4	1,7	1,3	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5
Chlorures	mg/l		7,4	9,1	12	9,9	5,5	4,8	5,8	5	5,6	5,2
Sulfates	mg/l		8,5	8,1	10	10	4,8	4,2	5,4	6,4	5,5	5,1
Nitrates	mg/l	<50	7	21,8	49	37	3,9	4,6	8,2	1,3	7,7	4,8
Bicarbonates	mg/l		389	310	305	315	359	363	366	401	382	370
Fluorures	mg/l			0,16	0,16		0,16			0,11	0,11	0,12
Aluminium	µg/l	<200	38	1987	55		12			176	21	18
Silice	µg/l		5,8	14,1	6,79		7,03			7,2	7,1	7,2
Fer total	µg/l	<200		899	35		13			<10	<10	<10
Manganèse	µg/l	<50		10	4		<1			10	<10	<10
Zinc	µg/l			<10	13		<10			<0,01	<0,01	<0,01
Cuivre	µg/l	<1000		<2	<2		<2			<0,01	<0,01	<2
Phosphore (P2O5)	mg/l		<0,11	<0,057	<0,057		<0,057			0,023	<0,023	<0,023

diagramme de SCHOELLER

Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ K⁺ Na⁺ Cl⁻ SO₄⁻⁻ NO₃⁻ HCO₃⁻



comparaison des forages de MILHARS A.E.P.