

# Réalisation du forage « Le Prés de la Laiterie » à Brou

## Rapport hydrogéologique et environnemental

R04120318 - Mars 2018 - V2

---

			10 Résidences Marcoins – 28300 Lèves Mob. 06 86 53 24 95 Tél. Fax : 02 37 36 90 44 Email : contact@telosia.com
Version	Date	Auteur	Observations
c	01/03/2018	Bruno TOMASI	
2	09/03/2018	Bruno TOMASI	Mise à jour environnement – Données Réseau/installations

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>LOCALISATION DU FORAGE.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU SIBBYG ET BESOINS EN EAU.....</b>	<b>5</b>
3.1	Principe de fonctionnement du réseau d'eau potable du SIBBYG .....	5
3.2	Capacités de production et besoins en eau .....	7
<b>4</b>	<b>MISE EN ŒUVRE ET HISTORIQUE DES TRAVAUX .....</b>	<b>7</b>
4.1	Mise en oeuvre.....	7
4.2	Historique .....	7
<b>5</b>	<b>CARACTERISTIQUES DU FORAGE.....</b>	<b>7</b>
5.1	Lithologie et observations en cours de forage.....	7
5.2	Observations litho-stratigraphiques.....	8
5.3	Coupe technique .....	8
5.4	Têtes d'ouvrages .....	8
5.5	Développement .....	8
5.6	Diagraphies de réception.....	8
<b>6</b>	<b>GEOLOGIE REGIONALE .....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>PIEZOMETRIE.....</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>BASSIN D'ALIMENTATION DU SITE F2.....</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>POMPAGE D'ESSAI .....</b>	<b>10</b>
9.1	Pompages par palier.....	10
9.2	Pompage de longue durée .....	10
9.2.1	<i>Mise en oeuvre.....</i>	<i>10</i>
9.2.2	<i>Conditions hydrauliques pendant les essais .....</i>	<i>11</i>
9.2.3	<i>Observations et piézométrie d'ensemble.....</i>	<i>11</i>
9.2.4	<i>Observations pendant les essais de pompage .....</i>	<i>11</i>
9.2.5	<i>Interprétation et paramètres hydrodynamiques.....</i>	<i>12</i>
<b>10</b>	<b>QUALITE DE L'EAU .....</b>	<b>12</b>
10.1	Forage F1 .....	12
10.2	Forage F2.....	13
<b>11</b>	<b>PRODUCTIVITE .....</b>	<b>14</b>
11.1	Paramètres et conditions de calcul .....	14
<b>12</b>	<b>ISOCHRONES.....</b>	<b>15</b>
12.1	Isochrones .....	15
<b>13</b>	<b>VULNERABILITE .....</b>	<b>15</b>
<b>14</b>	<b>ETUDE D'ENVIRONNEMENT.....</b>	<b>16</b>
14.1	Objectif et étendue de la zone d'investigation .....	16
14.2	Environnement immédiat .....	16
14.3	Environnement rapproché.....	16
14.3.1	<i>Activités artisanales et industrielles, risques .....</i>	<i>16</i>
14.3.2	<i>Déchets .....</i>	<i>17</i>
14.3.3	<i>Occupation du sol.....</i>	<i>17</i>
14.3.4	<i>Assainissement des eaux usées.....</i>	<i>17</i>
14.3.5	<i>Réseau pluvial.....</i>	<i>17</i>
14.3.6	<i>Stockages d'hydrocarbure domestique .....</i>	<i>17</i>
14.3.7	<i>Elevage .....</i>	<i>17</i>
14.3.8	<i>Epanchages .....</i>	<i>17</i>
14.3.9	<i>Ouvrages souterrains.....</i>	<i>17</i>
14.3.10	<i>Voies de circulation .....</i>	<i>18</i>
14.4	Environnement éloigné .....	18
<b>15</b>	<b>VOLUME DE PRELEVEMENT DEMANDE POUR LA DUP .....</b>	<b>18</b>
<b>16</b>	<b>ETUDE D'INCIDENCE.....</b>	<b>18</b>
16.1	Incidences sur les ouvrages proches et les milieux naturels .....	18
16.2	Incidences sur la ressource en eau .....	18

## Liste des tableaux

Tableau 1. Localisation des forages F1 et F2 .....	5
Tableau 2. Pompage de 2009 sur F1 - paramètres hydrodynamiques calculés.....	12
Tableau 3. Pompage de 2016 sur F2 - paramètres hydrodynamiques calculés.....	12
Tableau 4. Qualité des eaux .....	13
Tableau 5. Isochrones de F1 et F2 en simultané – T 4,5 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /s.....	15
Tableau 6. Prélèvements et indices d’incidence sur la ressource en eau .....	19
Tableau 7. Prélèvements en eau souterraine sur le bassin du forage F1 (données BNPE 2012) .....	19

## Liste des figures

Figure 1. Principe de fonctionnement du réseau d’alimentation en eau potable du SIBBYG (source : Verdi ingénierie)	6
Figure 2. Principe de fonctionnement du réseau d’alimentation en eau potable du SIBBYG (source : Verdi ingénierie)	6
Figure 1. Equilibre calco-carbonique de l’eau .....	14
Figure 2. Têtes de forages F1 et F2.....	16

## Liste des annexes

ANNEXE 1 - Localisation .....	20
ANNEXE 2 Contexte géologique .....	24
ANNEXE 3 Coupe technique du forage F2 -diagraphies.....	26
ANNEXE 4 Implantation du chantier et photos.....	34
ANNEXE 5 Suivis piézométriques, pompages d’essai .....	38
ANNEXE 6 Piézométrie et évolution des niveaux d’eau – bassin d’alimentation .....	54
ANNEXE 7 Enregistrements physico-chimiques en pompage.....	60
ANNEXE 8 Résultats d’analyse d’eau.....	62
ANNEXE 9 Simulation des rabattements en pompage d’exploitation .....	63
ANNEXE 10 Isochrones .....	66
ANNEXE 11 Environnement.....	69

## 1 Préambule

Dans le cadre de la mise en place de son programme de renforcement et d'amélioration de la qualité de l'eau potable distribuée, le Syndicat des eaux de Brou-Bullou-Yèvres-Gohory (SYBBIG) a lancé la création d'une nouvelle ressource sur la commune de Brou.

Un site de reconnaissance a été étudié par le Conseil départemental d'Eure-et-Loir qui a fait réaliser en 2009 un forage de reconnaissance identifié sous le numéro BSS000XZFD. Cette reconnaissance a permis de valider la faisabilité d'une exploitation pour l'eau potable à un débit d'au moins 150 m<sup>3</sup>/h.

## 2 Localisation du forage

Le site du forage définitif se situe sur la commune de Brou, au lieu-dit « Prés de la Laiterie » (ANNEXE 1).

Les coordonnées du forage définitif sont :

Forage n°	X Lambert 93 (m)	Y Lambert 93 (m)	Z NGF	Réf. Cadastre	Commune
BSS000YLJY F2 2016	561 948	6 792 008	152	ZI 127	Brou

**Tableau 1. Localisation des forages F1 et F2**

## 3 L'alimentation en eau potable du SIBBYG et besoins en eau

### 3.1 Principe de fonctionnement du réseau d'eau potable du SIBBYG

Le SIBBYG est alimenté par 3 forages : Moulin à Vent à Brou, qui ne dispose pas de périmètre de protection et sera abandonné, le forage de « Poméan » sur la commune de Brou et celui de Migaudin à Mézières au Perche.

Le descriptif donné par Verdi Ingénierie est le suivant :

*« Les forages de Poméan et Moulin à Vent alimentent le réservoir du Moulin à Vent. Le remplissage via le forage du Moulin à Vent est en refoulement pur, et le remplissage via le forage de Poméan est en refoulement-distribution.*

*Le réservoir du Moulin à Vent alimente gravitairement Brou, le bourg de Yèvres jusqu'au hameau le Chêne aux Dames, le réservoir de Bullou, et le réservoir de Bellevue et Mezières au Perche. Il peut également alimenter Gohory en secours via la nouvelle station de reprise de Loenville.*

*Le château d'eau de Migaudin est alimenté par son propre forage, et alimente gravitairement le sud de la commune de Yèvres. Le remplissage du château d'eau se fait par refoulement-distribution. »*

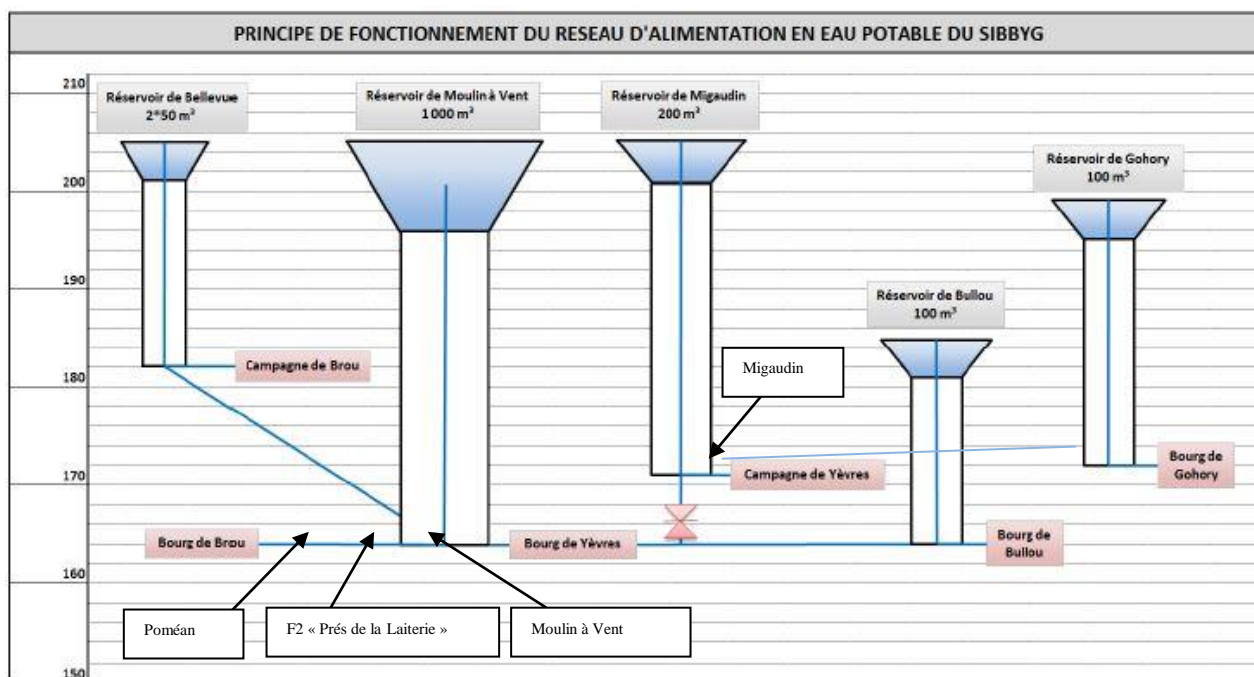


Figure 1. Principe de fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable du SIBBYG (source : Verdi ingénierie)

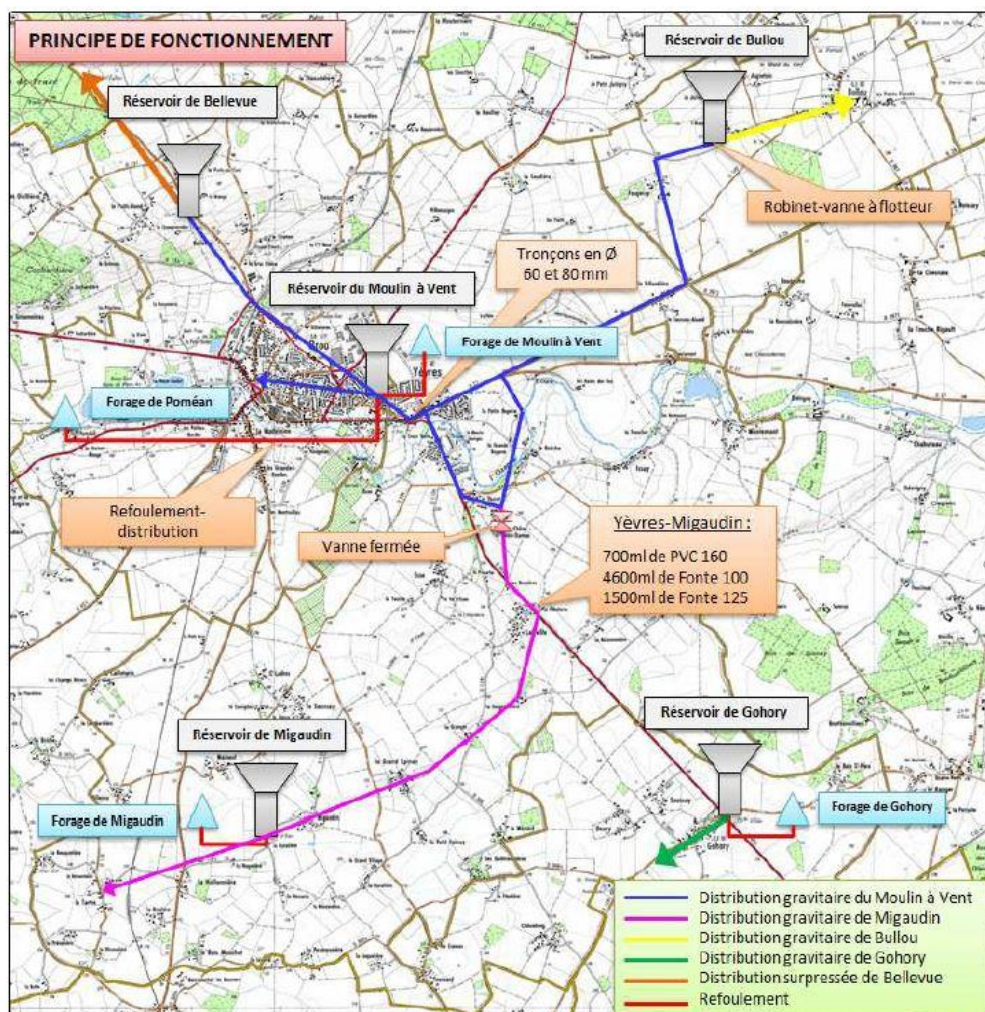


Figure 2. Principe de fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable du SIBBYG (source : Verdi ingénierie)

### 3.2 Capacités de production et besoins en eau

Les forages actuels ont une capacité de production comme suit :

	Débit de pompage (m <sup>3</sup> /h)	Capacité de production (m <sup>3</sup> /j)	Contraintes
Moulin à Vent, Brou	80	1600	Abandon faute de périmètre de protection réalisable
Poméan, Brou	60	1200	Limitation à 60 m <sup>3</sup> /h problème de manganèse
Migaudin, Yèvres	60	1200	
Gohory			Abandon faute de périmètre de protection

Le forage de Mézières au Perche ne peut assurer que très partiellement le secours de l'alimentation du réseau du SIBBYG.

Le forage Moulin à vent sera abandonné, implanté en milieu urbanisé, d'une eau de mauvaise qualité, il n'est pas protégeable.

Les besoins en eau potable de pointe à l'horizon 2030 ont été estimés par Verdi Ingénierie à 1865 m<sup>3</sup>/j, soit pour le SIBBYG à 1800 m<sup>3</sup>/j) et pour Mézières au Perche à 65 m<sup>3</sup>/j.

Le forage F2 créé vient ainsi remplacer la production du forage "moulin à vent", soutenir la production du forage de "Poméan" et assurer une alimentation de secours en cas de défaillance de ce forage.

## 4 Mise en œuvre et historique des travaux

### 4.1 Mise en oeuvre

Le forage a été réalisé par l'entreprise de forage MASSE.

Les travaux de creusement ont été réalisés à la tarière dans les formations argileuses de couverture et au rotary à l'eau claire dans la partie craie altérée/craie. Les débris de forage étaient déversés sur place puis évacués en centre agréé.

### 4.2 Historique

Les travaux de forage et d'essais se sont déroulés entre le 08/02/2016 et le 26/05/2016. Le cône de croisement a été posé le 15 novembre 2016.

Le creusement a rencontré des difficultés de stabilité des terrains, en particulier au niveau des passages de gros silex de 19 à 20 m et dans les terrains fortement altérés situés entre 28 et 37 m (voir coupe annexe 3).

## 5 Caractéristiques du forage

### 5.1 Lithologie et observations en cours de forage

Les horizons superficiels sont représentés par des alluvions récentes et anciennes argileuses à sableuses jusqu'à 7 m, contenant des passages de débris végétaux, puis par des argiles compactes jusqu'à 28 m. On trouve des passages de très gros silex entre 19 et 20 m, siège de fortes circulations d'eau qui ont perturbé les opérations de creusement.

A ce niveau, les manœuvres de tarière génèrent des fluctuations de pression observables sur le forage de reconnaissance voisin, pourtant cimenté à 30 m.

Les formations entre 28 et 46 m étaient relativement instables et à certains niveaux, peu d'échantillons de sol ont été récupérés. Ces horizons sont artésiens, avec une pression de +1,08 m/sol pour un débit de 40 m<sup>3</sup>/h en avril 2016.

La gestion de l'artésianisme a nécessité des manœuvres qui ont ralenti le processus de creusement de la partie inférieure de l'ouvrage. A cette fin, une dérivation a été créée latéralement sur le tubage 660 mm et munie d'une vanne de décharge permettant de limiter le niveau d'eau dans l'ouvrage lorsque nécessaire (photos annexe 4).

Les observations lithologiques entre F1 et F2 indiquent des variations latérales dans les faciès détritiques. Les niveaux argilo-sableux légèrement carbonatés observés sur F2 entre 28,5 et 37 m n'ont pas été identifiés sur F1 qui lui a plutôt rencontré des niveaux argileux riches en silex et des débris crayeux. Ces observations montrent que la composition des argiles à silex est très variable.

## 5.2 Observations litho-stratigraphiques

Un échantillonnage sur les terrains crayeux rencontrés à 35, 38 et 45 m sur le forage F1, de meilleure qualité que sur le forage F2, a été envoyé au laboratoire spécialisé Paleodatum. Ils indiquent clairement que les terrains à 35 m, constitués d'argiles et de traces de craie, appartiennent au Turonien basal, et a fortiori, les terrains au-dessus sont plus récents et n'appartiennent pas au Cénomaniens.

Les échantillons de 38 et 45 m appartiennent au Cénomaniens. Ils correspondent à une craie plus compacte.

On notera que la production en eau provient exclusivement des terrains détritiques du Turonien basal, entre 28,5 et 37 m.

## 5.3 Coupe technique

L'ouvrage a été creusé à la tarière 1000, 914 et 800 mm jusqu'à 28,1 m, et équipé de tubages de soutènement de 1000 mm à 5 m, 914 mm à 7,5 m et du tubage Acier 660 mm à 28 m.

La méthodologie de cimentation du tubage 660 mm est modifiée par rapport au CCTP pour prendre en compte le problème de perte importante observé vers 19 – 20 m de profondeur. Pour bien maîtriser la réalisation du pied de tube, la solution a été de réaliser une cimentation par injection sous pression par cannes, en plusieurs passes.

Le creusement de la chambre de captage a été réalisé au rotary eau 445 mm. Le tubage mis en place est une crépine INOX 304L à fentes oblongues 30/2 mm avec de 20 % de vides. Le massif de calage siliceux roulé est de 8/20 mm.

La crépine a été surmontée d'un tube plein jusqu'à 26 m, d'un joint diélectrique et d'un cône de croisement en acier.

## 5.4 Têtes d'ouvrages

Le forage F2 est équipé d'une tête acier dépassant du sol de 1,61 m, munie d'une bride boulonnée étanche et d'un tube de mesure scellé (voir plan de recollement annexe 3 et photos annexe 4).

La tête du forage F1 a également été aménagée avec la pose d'une bride boulonnée étanche pour remplacer le dispositif antérieur qui présentait des défauts d'étanchéité (photo annexe 5). Il conviendra toutefois de faire vérifier et/ou remplacer le joint d'étanchéité qui laisse passer l'eau sous pression et entraîne des écoulements en surface.

Le forage F1 sera conservé dans l'état.

Le forage F2 sera équipé d'une chambre de protection en surface individualisée du local technique (annexe 4). La tête d'ouvrage sera impérativement étanche pour éviter tout écoulement dans la structure, la nappe étant captive avec un niveau pouvant atteindre plus de 1 m au-dessus du niveau du sol.

## 5.5 Développement

Le forage F2 n'a pas fait l'objet de développement à l'acide compte tenu de la forte productivité de la craie. Il a été nettoyé quelques heures puis testé en pompage.

## 5.6 Diagraphies de réception

### Forage F2

Les enregistrements réalisés sur le forage F2 sont :

- Contrôle de cimentation
- Enregistrement micro-moulinet
- Enregistrement caméra

Le contrôle de cimentation de F2 indique une atténuation du signal sur toute la hauteur de colonne mesurée, de 1 à 24,5 m. la réponse très homogène confirme une bonne adhésion du ciment sur le tubage et une cimentation ne présentant pas d'anomalie.

Le micromoulinet traduit une répartition des arrivées d'eau au travers des crépines principalement concentrées en pied de tube à 28,5 m. Les arrivées principales se trouvent entre 28,5 et 29 m puis entre 32 et 36 m. Il n'y a aucune production en-dessous de 36 m.

L'enregistrement caméra montre un équipement conforme au cahier des charges et l'absence de défaut de réalisation. Un contrôle complémentaire a été effectué par caméra après la pose du cône de réduction le 15 novembre 2016. La conformité de la pose est confirmée.



### Forage F1

Compte tenu des observations d'influence de pression sur F1 lors des manœuvres de creusement vers 20 m de profondeur sur F2, il a été décidé de réaliser un contrôle de cimentation sur F1.

L'enregistrement (annexe 3) ne dénote aucun défaut d'adhésion du ciment sur le tubage et la cimentation ne présente pas d'anomalie.

## **6** Géologie régionale

### Alluvions

Le site du forage F2 se situe dans un contexte de fond de vallée occupé par des alluvions récentes et anciennes, dont l'épaisseur varie entre 4 et 15 m. Ces alluvions anciennes se développent largement sur la vallée de l'Ozanne et son côté Nord, entre Brou et Unverre. Elles sont de nature essentiellement argileuse sur le site de F2. Le forage de la « Laiterie » BSS000XZDX a montré que ces alluvions peuvent être graveleuses à sableuses. A Dampierre-sous-Brou, elles sont argileuses et tourbeuses.

### Argiles à silex

Les argiles à silex apparaissent dans la vallée sous les alluvions sur une épaisseur de 5 à 20 m, et sont également de nature variable. Sur le site, elles sont franchement argileuses jusqu'à 28 m de profondeur, avec une intercalation de silex, puis sableuses jusqu'à 37 m.

En amont dans la vallée de l'Ozanne, elles semblent franchement argileuses sur au moins 5 m d'épaisseur et peuvent atteindre plus de 40 m d'épaisseur (sondage de reconnaissance BSS000XZEV).

En rive droite de l'Ozanne, les épaisseurs sont également importantes, de 22 m sur le forage de « Poméan » BSS000XZEK, et de nature argileuse.

Sur les plateaux, les argiles à silex ont une épaisseur de l'ordre de 10 à plus de 25 m. Le sondage de reconnaissance réalisé par le CG28 au Nord de Brou (hameau « La Grelotterie » BSS000XZEX) a montré une épaisseur d'argiles à silex de 23 m.

Au Nord du site, le forage BSS000XZDV a traversé 20 m d'argiles à silex.

### Formations du Cénomanién

Les sables du Perche sont décrits sur le forage BSS000XZDV. Ils présentent une épaisseur de 12 m et surmontent directement 30 m de craie argileuse.

Le sondage BSS000XZEX a traversé 9 m de sables puis des terrains argileux sur 50 m.

On ne retrouve pas ces sables sur le site et la carte géologique (annexe 6) indique la présence d'une faille qui mettrait ces sables à l'affleurement par remontée des terrains à 2 km au Nord-Ouest du site.

Ces terrains apparaissent plus largement vers le Nord-Ouest en suivant l'axe de faille.

## **7** Piézométrie

La piézométrie locale établie en mai 2016 par TELOSIA (ANNEXE 5) montre le rôle de drainage joué par la vallée de l'Ozanne. Le gradient d'écoulement dans l'axe de la vallée est de  $2 \cdot 10^{-2}$ .

Les niveaux d'eau se situent à des cotes comprises entre 150 m NGF juste en amont de Brou et 156 m NGF vers Dampierre sous-Brou. Le fond de vallée est entre 148 m NGF et 155 m NGF. La nappe est captive et artésienne sur tout le secteur investigué, au moins depuis le site du sondage de reconnaissance BSS000XZEV vers Dampierre-sous-Brou et le forage Vouzelaud BSS000XZEG vers Brou.

Les piézométries CGG et du Conseil général de 2005 (ANNEXE 7) traduisent ce même comportement de drainage de la vallée de l'Ozanne, avec des gradients similaires.

Les fluctuations de niveau sur le site de F2 entre ces deux piézométries sont de l'ordre de 2 m.

La piézométrie Hydratech d'octobre 2013 confirme cette observation. Par contre il semblerait qu'en avril 2013, ces écoulements soient dirigés vers le Nord-Est sans subir d'influence de drainage par la vallée.

La différence de cotes sur le secteur du forage F2 entre les deux campagnes serait de l'ordre de 6 m, valeur qui semble élevée par rapport à ce qu'on connaît du site.

Sur cette même période, les fluctuations sur le piézomètre de « La Maurinière » en amont de F2 ne dépassent pas 0,1 m.

Les observations sur le site de F2 semblent indiquer que les fluctuations de niveau sont assez faibles, probablement inférieures au mètre. D'après les témoignages recueillis, les ouvrages de « La Laiterie » et de « Vouzelaud » semblent toujours avoir présenté des écoulements artésiens en surface.

L'estimation des plus basses eaux sur le site de F2 est effectuée à partir des données des piézométries présentées, en apportant des réserves sur les estimations Hydratec qui semblent ne pas représenter la réalité dans le secteur de F2.

La valeur retenue, certainement par excès, correspond à la cote 150 m NGF, soit 3,6 m en-dessous du niveau piézométrique d'avril 2016.

## 8 Bassin d'alimentation du site F2

Les piézométries disponibles permettent d'étendre le bassin d'alimentation jusque dans le Perche, entre Beaumont les Hôtels, Authon du Perche et les Autels Villevillon. Son secteur amont correspond en grande partie à la présence des formations du Cénomaniens.

## 9 Pompage d'essai

### 9.1 Pompages par palier

Le forage a été testé à quatre paliers de 103 150 201 et 250 m<sup>3</sup>/h avant le lancement du pompage de longue durée qui a été lui réalisé à un débit moyen de 103,9 m<sup>3</sup>/h (ANNEXE 5).

Les résultats montrent des rabattements respectifs après une heure de pompage allant de 1,26 m à 7,8 m. Le débit spécifique est de 82 à 34 m<sup>3</sup>/h m.

Les pertes de charge en pompage s'expriment comme suit :

$$S = b Q * C Q^2$$

Avec :

S : rabattement (m)

Q : débit (m<sup>3</sup>/s)

b : coefficient de pertes de charge linéaire, associé aux écoulements laminaires

c : coefficient de pertes de charge quadratique, associé aux écoulements turbulents

Les coefficients de pertes de charge sont :

b : 1 10<sup>-4</sup> h/m<sup>2</sup>

c : 1 10<sup>-4</sup> h/m<sup>5</sup>

La courbe caractéristique montre la très forte prépondérance des pertes de charge quadratiques et une absence de rupture nette dans la pente de la courbe. La notion de débit critique reste délicate à appliquer, d'autant que les rabattements ne sont pas très importants.

Au regard de cette courbe, une exploitation du forage au débit recherché de 100 m<sup>3</sup>/h ne présente aucun problème par rapport au fonctionnement hydraulique de l'ouvrage.

### 9.2 Pompage de longue durée

#### 9.2.1 Mise en oeuvre

Le pompage de longue durée a été réalisé au débit moyen de 103,9 m<sup>3</sup>/h durant 72 h (ANNEXE 5). Le choix du débit a été guidé par les objectifs d'exploitation futurs.

L'entreprise a mis en place les moyens de surveillance suivants :

- suivi manuel des niveaux d'eau par sonde piézométrique sur F1 et F2
- enregistrement physico-chimique de l'eau pompée
- prélèvement d'échantillon d'eau à l'issue du pompage de 72 h par le laboratoire CAR.

Un enregistrement a été assuré par TELOSIA sur les forages suivants (photos annexe 5) :

- Le forage « Laiterie » -absence de n° BSS ou BSS000XZEE.  
Situé à 400 m de F2, ce forage est artésien et équipé d'une conduite de décharge au niveau du sol. Il alimente des espaces aquatiques du terrain de golf de la commune de Brou. Il est exploité.
- Le forage « Vouzelaud » BSS000XZEG – Situé à 900 m de F2, c'est un forage artésien avec décharge à hauteur du tubage. Il n'est pas exploité.
- Le forage Poméan BSS000XZEJ, captage d'eau potable en exploitation.
- Le niveau de l'Ozanne à hauteur du site de F2.

### 9.2.2 Conditions hydrauliques pendant les essais

Le niveau statique initial par rapport au sol se situait le 25 avril 2016 comme suit :

Ouvrage	Niveau piézo/sol (m)	remarque
F1 et F2	-1,08	ces ouvrages sont artésiens
Vouzelaud - BSS000XZEG	0,4	ouvrage artésien, la cote est imposés par la conduite de décharge, il est exploité
« Laiterie » BSS000XZEE ?	0,2	ouvrage artésien, la cote est imposés par la conduite de décharge il est exploité
Poméan BSS000XZEJ,	0,2	ouvrage artésien, la cote est imposés par la conduite de décharge il est exploité
L'Ozanne	3,55	Ouvrage exploité

Le toit de la craie se situe à 36 m. Les formations d'altération, constituées d'argiles sableuses, se développent de 28,5 à 36 m. Ces horizons aquifères sont artésiens et captifs à semi-captifs sous les 28 m de formations d'argiles à silex. Les forages Vouzelaud - BSS000XZEG 325 et « Laiterie » BSS000XZEE sont artésiens et équipés d'une décharge imposant le niveau dans l'ouvrage en condition statique. Ils sont en outre exploités.

### 9.2.3 Observations et piézométrie d'ensemble

La chronique d'enregistrement, sur une durée de 11 jours, est présentée annexe 5.

Pendant la période du 25 avril au 4 juin 2016, le niveau d'eau de la nappe de la craie est en hausse d'environ 0,05 m sur le forage de Poméans, F1 et F2.

Les autres ouvrages ne permettent pas de le mesurer en raison de la cote de décharge.

### 9.2.4 Observations pendant les essais de pompage

Les observations des courbes de pompage sont les suivantes :

Forage BSS000YLJY F2:

- Une descente régulière, marquée par quelques fluctuations mineures, probablement liées à des variations de débit (on ne dispose pas des d'enregistrements),
- Un rabattement maximum de 2,2 m observé après 72 h de pompage,
- Aucune stabilisation et une diminution de l'évolution des rabattements en fin d'essai,
- L'influence des pompages du forage de Poméan, de l'ordre de 0,2 m, qui suit les rythmes de prélèvements du forage,
- Une remontée très rapide qui atteint un niveau à 0,1 m sous le niveau statique avant pompage.

Forage BSS000XZEW F1:

- Un comportement très proche de celui de F2, avec un rabattement en fin de pompage de 1,43 m et un niveau d'eau situé à 0,18 m au-dessus du niveau du sol.

Forage Vouzelaud - BSS000XZEG :

- Un niveau stable conditionné par la cote de décharge. Avec un zoom sur l'échelle des hauteurs, on observe des fluctuations de l'ordre de 0,04 m, liées à une exploitation régulière non identifiée, probablement associée au fonctionnement d'une pompe à chaleur.
- L'effet du pompage sur F2 se fait très rapidement sentir, avec un rabattement rapidement stabilisé et ne dépassant pas 0,01 m. On ne retrouve aucune incidence du forage de Poméan.

Forage « Laiterie » BSS000XZEE ? :

- Un niveau stable conditionné par la cote de décharge. Le forage est exploité environ 10 h par jour.
- Le niveau n'est interprétable qu'en phase d'exploitation et indique un rabattement induit par le pompage de l'ordre de 0,1 m.
- L'effet du pompage de Poméan reste légèrement visible sur les parties d'enregistrement correspondant aux phases d'exploitation du forage « Laiterie ».

Forage «Pomean » BSS000XZEK :

- Un niveau fortement influencé par l'exploitation du forage lui-même, avec des rabattements de plus de 4 m,
- Un rabattement induit par le pompage sur F2 en fin de pompage 72 h de 0,25 à 0,3 m.
- Le rabattement entre F2 et Poméan suit une évolution dans l'espace correspondant à un comportement de nappe sans influence d'une limite d'alimentation. Cela indique l'absence de relation entre la nappe de la craie captée et l'Ozanne, ce cours d'eau se situant entre les deux forages.

L'Ozanne :

- Un niveau qui monte de 0,2 m après le début du pompage puis une phase de « décréue » et une stabilisation jusqu'au 30/05. Il n'apparaît aucune influence du pompage.
- On notera qu'il n'y a pas de relation apparente entre les fluctuations de niveau de l'Ozanne et celles des forages F1, F2 et Poméan.

Les observations montrent une incidence en fin de pompage 72 h :

- vers l'Est, de 0,1 m sur le secteur de la « Laiterie » et 0,01 m au niveau du forage « Vouzelaud »
- vers le Sud, un rabattement de 0,25 à 0,3 m à hauteur du forage Poméan.
- l'absence d'influence de l'Ozanne sur les résultats, ce qui traduit l'absence de relation entre la nappe captée et le cours d'eau.

### 9.2.5 Interprétation et paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques ont été calculés à partir des enregistrements de BSS000XZEW F1, BSS000YLJY F2, BSS000XZEE « Laiterie » et BSS000XZEK « Poméan », à la fois en descente (Theis et Jacob) et en remontée (Theis) (ANNEXE 5).

La faible valeur du rabattement sur le forage « Vouzelaud » ne permet pas d'en tirer une interprétation fiable.

La transmissivité obtenue sur F1-2009 atteint  $3,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Elle est très proche de celle calculée sur F2 et le forage de la Laiterie et de Poméan.

Le coefficient d'emmagasinement calculé est de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-4}$  sur F1. Il n'est pas interprétable sur « Laiterie » et donne une valeur de  $4 \cdot 10^{-4}$  à Poméan. Ce paramètre traduit des conditions de captivité de la nappe de la craie, sur le site et également à Poméan.

Transmissivité ( $\text{m}^2/\text{s}$ )			
Méthode	F1-2009	325-1-010	Laiterie
Theis	$8,08 \cdot 10^{-3}$	$5,65 \cdot 10^{-2}$	$2,50 \cdot 10^{-2}$
Remontée	$3,46 \cdot 10^{-2}$	$4,98 \cdot 10^{-2}$	-
Jacob	$8,38 \cdot 10^{-3}$	$5,60 \cdot 10^{-2}$	$4,23 \cdot 10^{-2}$
Coefficient d'emmagasinement			
Theis	-	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$3,75 \cdot 10^{-3}$
Jacob	-	$1,53 \cdot 10^{-4}$	$2,09 \cdot 10^{-3}$

Tableau 2. Pompage de 2009 sur F1 - paramètres hydrodynamiques calculés.

Transmissivité ( $\text{m}^2/\text{s}$ )				
Méthode	F2	F1	Laiterie	Pomean
Theis	$3,49 \cdot 10^{-2}$	$3,49 \cdot 10^{-2}$	$3,90 \cdot 10^{-2}$	$1,03 \cdot 10^{-2}$
Remontée	$3,06 \cdot 10^{-2}$	$2,87 \cdot 10^{-2}$	$3,19 \cdot 10^{-2}$	$3,23 \cdot 10^{-2}$
Jacob	$3,13 \cdot 10^{-2}$	$3,52 \cdot 10^{-2}$	$3,37 \cdot 10^{-2}$	$3,66 \cdot 10^{-2}$
Coefficient d'emmagasinement				
Theis	-	$1,17 \cdot 10^{-4}$	-	-
Jacob	-	$1,4 \cdot 10^{-4}$	-	$3,96 \cdot 10^{-4}$

Tableau 3. Pompage de 2016 sur F2 - paramètres hydrodynamiques calculés.

Les courbes de pompage ne montrent aucun effet de limite d'alimentation, ce qui conforme les observations géologiques et hydrogéologiques qu'il n'y a pas de relation entre la nappe de la craie et la rivière de l'Ozanne et les eaux de surface du secteur.

## 10 Qualité de l'eau

### 10.1 Forage F1

Un pompage de 4 h à  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  a été réalisé le 18/02/2016 sur le forage F1 avant de réaliser de forage F2. Quatre prélèvements ont été réalisés à une heure d'intervalle.

Les résultats (annexe 8) montrent une constance des concentrations en nitrates, de 31 à 32 mg/l et un fer total de 70 à 360 µg/l, pour un fer dissous inférieur à 30 µg/l. Le manganèse total est compris entre 8 et 16 µg/l.

## 10.2 Forage F2

Les prélèvements d'échantillons ont été assurés le 26 mai 2016 en fin de pompage de 72 h par le laboratoire Eurofins. Les résultats des analyses mis à disposition par le laboratoire sont présentés annexe 8.

Ils montrent les caractéristiques suivantes, comparées à celles observées sur le forage F1 en 2009 :

- des caractéristiques des eaux similaires entre les deux forages ;
  - un pH in situ de 6,8 unités ;
  - une eau moyennement minéralisée, avec une conductivité de 380 µS/cm à 25°C ;
  - une turbidité de 0,33 NFU ;
  - une teneur en fer total de 21 µg/l, assez basse comparée aux 106 µg/l de F1 ;
  - une teneur en manganèse total de 1 µg/l contre 38 µg/l pour F1 ;
- La références de qualité du fer et du manganèse sont respectivement de 200 µg/l et de 50 µg/l ;  
Le fer total dépasse la référence pour le forage F1 en 2009 seulement ;
- une teneur en O<sub>2</sub> dissous non mesurée, mais de 46 % de saturation observée lors des enregistrements physico-chimiques. Valeur un peu élevées compte tenu de la captivité ou captivité de la nappe.
  - une teneur en nitrate de 35,4 mg/l. Elle était de 30 mg/l en 2009 sur F1,
  - une concentration en sélénium inférieure à 1 µg/l ;
  - une microbiologie présentant des micro-organismes aérobies revivifiables associés aux travaux de forage et de pompage, mais l'absence de coliformes, escherichia coli et entérocoques ;
  - des paramètres COHV, HAP, PCB, dérivés du benzène, du toluène et des phénols, les microcystines, biphenyle, inférieurs aux seuils de détection ;
  - le seul pesticide observé est l'atrazine déséthyl, à 0,013 µg/l ; il avait déjà été observé en 2009, à raison de 0,02 µg/l,
  - des paramètres indésirables (métaux, métalloïdes) à des concentrations largement en dessous des limites de qualité ;
  - une radioactivité conforme.

	F1 2009	F2
Forage		
Date	26/05/2016	18/05/2017
Température (°c)	11,6	13,8
pH (unité)	6,8	6,8
Conductivité (µs/cm) à 25°c	280	383
TAC (°F)	12,2	12,3
Calcium (mg/l)	54,1	53,10
Turbidité (NFU)	9,3	0,33
COT (mg/l)	0,4	< 0,5
Oxygène dissous (mg/l - % sat.)	7,9 – 80	-
Nitrates (mg/l)	30	35,4
Pesticides (µg/l)	Atrazine déséthyl : 0,02	Atrazine déséthyl : 0,013
COV, HAP	< limites détection	< limites détection
Micro-polluants	Conforme	Conforme
Fer total (µg/l)	106	21
Manganèse total (µg/l)	38	1
Fer dissous (µg/l)	2,2	-
Micro-biologie	Conforme	Conforme
Radio-activité	Conforme	Conforme

Tableau 4. Qualité des eaux

L'eau captée est agressive vis-à-vis du calcaire et de tendance peu corrosive dans les conditions de prélèvement (Figure 3).

### Conclusion

D'après les résultats d'analyse présentés, l'eau de la nappe de la craie et des formations résiduelles à silex sur le site présente des caractéristiques qui semblent influencées par des apports d'eaux en provenance de formations du Perche peu carbonatées (Sables du Perche).

Les concentrations en nitrates ne sont pas très élevées mais indiquent toutefois une certaine vulnérabilité confirmée par la présence de traces d'atrazine déséthyl en concentrations assez proches entre les deux analyses de 2009 et 2016.

Les conditions de captivité rencontrées sont locales et très certainement influencées par des apports latéraux à la vallée de l'Ozanne. Ces conditions ne sont pas suffisantes pour permettre l'apparition de phénomènes de dénitrification naturelle.

L'eau du forage F2 est conforme avec les limites de qualité.

DONNEES			
Température	13,80	°C	
pH	6,80		
TAC	12,30	°F	2,46 meq/l
Calcium	53,10	°F	10,62 meq/l
Résidu Sec (facultatif)		RS calculé:	274,20 mg/l
Conductivité (facultatif)	383,00	µS/cm	
Résistivité (facultatif)		Ohm/cm	
Chlorure (facultatif)	28,10	mg/l	0,79 meq/l
Sulfate (facultatif)	5,95	mg/l	0,12 meq/l
CALCULS			
pHs	7,23		
Indice de saturation	-0,43		
Alc/CaO	0,23		
CO2 libre	40,4	mg/l	
CO2 agressif (sur CaCO3)	16,0	mg/l	
CaCO3 dissolvable (CCPP)	36,4	mg/l	
Indice de stabilité (Ryznar, IR)	7,7		Indice de Larson (LR) = 0,37
Selon IR : Corrosion (si > 60°C)		Selon LR : tendance peu corrosive	
Nature : agressivité vis à vis du calcaire.			
pH à l'équilibre (au CaCO3)	7,1		
TAC à l'équilibre	15,9	°F	
CO2 à l'équilibre	24,4	mg/l	

Figure 3. Equilibre calco-carbonique de l'eau

## 11 Productivité

L'essai de pompage de 72 h réalisé sur F2 n'indique pas de stabilisation du niveau d'eau avant la remontée.

Le débit spécifique calculé en fin de pompage 72 h est de 81 m<sup>3</sup>/hm. C'est une productivité équivalente à celle du forage de reconnaissance F1.

### 11.1 Paramètres et conditions de calcul

#### Transmissivité et coefficient d'emménagement

Les transmissivités et coefficients d'emménagement utilisés correspondent à la moyenne des résultats obtenus sur le pompage de 72 h, soit 3 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s et 1 10<sup>-4</sup>.

#### Niveaux productifs dans le forage

La profondeur des premières arrivées d'eau est de 28,5 m, sommet des crépines.

La zone de production fait 10 m d'épaisseur.

#### Evolution piézométrique

Les simulations prennent en compte les estimations effectuées ci-dessus pour les valeurs de plus basses eaux connues sur le site, soit une profondeur de 2 m (annexe 6).

On considère une période de simulation de 6 mois sans recharge de la nappe.

#### Courbe caractéristique

Les pertes de charge obtenues à partir des pompages par paliers sont intégrées dans les calculs pour chaque scénario de débit d'exploitation simulé.

#### Incidence des forages voisins

Les calculs prennent en compte les incidences potentielles du forage « Poméan », estimées à un maximum de 0,3 m. L'autre forage exploité n'est pas de nature à induire des incidences significatives sur F2 compte tenu du faible débit d'exploitation.

Les simulations sont réalisées avec le modèle utilisé pour les interprétations de pompages, en régime transitoire et pour plusieurs débits de pompage.

## Résultats

Les estimations montrent que la valeur de la profondeur du niveau d'eau par rapport au sol dans F2 est de l'ordre de 3,4 à 4,4 m pour des débits de 80 à 120 m<sup>3</sup>/h à raison de 20h/24h (annexe 5).

Cette évaluation ne tient pas compte des modalités d'alimentation de la nappe captive ni de l'effet de l'ensemble des prélèvements sur le bassin d'alimentation du forage F2. On notera que ces prélèvements sont assez limités.

Le forage F2 peut être exploité à un débit de 100 à 120 m<sup>3</sup>/h au régime de 20h/24 h en toute sécurité hydraulique. Il n'existe aucun risque de dénoyage des crépines, ni des horizons captifs.

## 12 Isochrones

### 12.1 Isochrones

Les isochrones ont été calculés à partir du même modèle que celui utilisé ci-dessus, en prenant l'orientation et le gradient moyen des écoulements observés et les orientations des piézométries disponibles (annexe 11).

Les valeurs retenues des paramètres de calcul sont : transmissivité de  $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , épaisseur aquifère de 10 m, gradient de  $2 \cdot 10^{-2}$ , porosité efficace de 5%. Le débit de pompage sur F2 est de 1400 m<sup>3</sup>/j, soit un débit équivalent continu de 58 m<sup>3</sup>/h.

Les simulations ont été effectuées pour chaque piézométrie spécifique de manière à représenter les orientations potentielles des écoulements en amont de F2.

On retiendra pour les isochrones à 2 mois, pour les paramètres pris en compte, une distance de 40 m en aval et 830 m en amont. Le front d'alimentation des forages est susceptible d'évoluer dans le temps et en fonction de l'orientation des écoulements souterrains et représente une largeur globale de 1500 m pour un transfert advectif de 2 mois.

Temps de transfert advectif (mois)	Distance des isochrones (m)	
	Aval	Amont
1	30	460
2	40	830
4	50	1480
6	60	2100

Tableau 5. Isochrones de F1 et F2 en simultané – T 4,5 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s

### Avertissement

Les isochrones sont calculées à partir d'une évaluation de la moyenne des paramètres hydrodynamiques mesurés sur les forages influencés lors des essais de pompage 72h.

Le calcul est sensible vis-à-vis des valeurs de perméabilité prises en compte. Ainsi, une réduction du paramètre par deux augmente les distances des isochrones par deux.

Le résultat est également dépendant du gradient et du sens d'écoulement souterrain. Les piézométries disponibles indiquent des fluctuations dans le temps susceptibles d'induire des modifications dans l'orientation des isochrones. Nous avons pris en compte les évolutions constatées pour minimiser cet effet.

## 13 Vulnérabilité

Les concentrations en nitrates et la présence de traces d'atrazine déséthyl traduisent une certaine vulnérabilité du site.

Les conditions captives sous 28 m d'argiles à silex sur le site et également observées jusque sur le site de Vouzelaud vers Brou n'écartent pas l'effet d'apports latéraux depuis les coteaux ou par percolation sur des surfaces étendues, en particulier dans les secteurs où on observe des variations de la nature des formations de recouvrement.

La variabilité de la lithologie des formations détritiques peut aussi expliquer cette vulnérabilité, la protection de la nappe par des horizons imperméables n'étant pas généralisée sur le secteur.

Par contre il est certain que ces formations s'étendent au moins jusqu'au forage de Poméan et le sondage de reconnaissance BSS000XZEV.

## 14 Etude d'environnement

### 14.1 Objectif et étendue de la zone d'investigation

L'étude d'environnement vise à mettre en évidence les activités à risque et à les hiérarchiser.

L'alimentation principale du forage provient de la zone correspondant à l'isochrone de 4 mois (annexe 10). Nous avons pris en compte les fluctuations dans l'orientation des écoulements souterrains mises en évidence à partir des données disponibles, ce qui contribue à étendre latéralement la zone d'alimentation du forage. Un diagnostic détaillé a été mené sur cette zone rapprochée.

L'environnement éloigné du forage correspond aux secteurs de l'aire d'alimentation du captage et s'étend sur une superficie de 169 km<sup>2</sup> (annexe 5).

### 14.2 Environnement immédiat

Les forages F1 et F2 se situent dans l'angle de la parcelle ZI 127 de la commune de Brou (annexe 1).

La parcelle est occupée par un verger de culture de pommes à cidre non traité par des produits phytosanitaires (annexe 11). Les limites Ouest et Nord de la parcelle sont matérialisées par une haie arbustive.

Le terrain est la propriété de la Mairie de Brou. L'extension du périmètre immédiat sera acquise par le SIBBYG, entouré d'une grille de protection et d'un portail sécurisé.



Figure 4. Têtes de forages F1 et F2.

### 14.3 Environnement rapproché

#### 14.3.1 *Activités artisanales et industrielles, risques*

Les installations dans l'environnement rapproché et les risques associés sont les suivants (voir détail annexe 11) :

- 800 m au Nord-Ouest du forage, au niveau de l'isochrone 2 mois, l'installation BASIAS CEN2801667 aujourd'hui abandonnée. Y figurent encore quelques stockages de meubles. L'activité de station de carburant antérieure est fermée. La neutralisation et le comblement des cuves de carburant n'est pas confirmé.
- 1000 m au Nord-Ouest, la ferme de la « Grisonnière ». Y sont stockés des engins agricoles et du fioule en cuve de contenance inconnue.



Il n'existe aucune activité industrielle dans l'environnement rapproché.

Les autres activités identifiées se situent en-dehors des isochrones et du bassin d'alimentation du forage :

- Les bâtiments techniques municipaux du centre de plein air de Brou. L'un situé à 400 m à l'Est du forage, abritent une cuve à fioule de 500 l aérienne à double paroi et des récipients de réactifs d'entretien de la piscine.
- Le bâtiment technique de la piscine, situé 450 m au Sud du forage. Ce bâtiment renferme les équipements hydrauliques de fonctionnement de la piscine.
- A 800 au Sud-Ouest du forage, le silo à grains et les bâtiments techniques d'une exploitation agricole située dans l'emprise du périmètre de protection rapprochée du captage de Poméan.
- Le centre de plein air et son camping, situés 500 m au Sud du forage et en rive opposée l'Ozanne.
- L'installation Vouzelaud, située à 700 m à l'Est du forage, fabrique de cartouches pour armes de chasse. Cette installation est inscrite sur la base BASIAS sous le n° CEN2801133 (annexe 11).

#### 14.3.2 Déchets

Il n'existe aucune décharge à moins de 2 km du site.

#### 14.3.3 Occupation du sol

L'occupation du sol est représentée principalement par des zones agricoles (carte 10).

Les espaces cultivés représentent 80% de l'occupation du sol sur la zone rapprochée.

Les cultures sont représentées principalement par les céréales, la betterave, le maïs, le colza, le fourrage.

Les concentrations en nitrates et en déséthyl atrazine sur les forages F1 et F2 indiquent une sensibilité moyenne aux pratiques agricoles.

L'urbanisme est diffus et ne représente pas un risque important. Les installations sont les suivantes :

- Au Nord-Ouest du forage, entre les isochrones 2 et 3 mois, un ensemble de 8 habitations et le corps de ferme des « Grisonnières ».
- A l'Ouest, l'habitation de la Moutonnière, ancien corps de ferme apparemment inoccupé.

#### 14.3.4 Assainissement des eaux usées

Sur le secteur de la commune de Brou, les bâtiments des zones urbanisées sont raccordés au réseau d'assainissement sous pression et les effluents dirigés vers la station d'épuration en aval de Brou, bien en-dehors du bassin d'alimentation du forage.

Sur la commune de Dampierre-sous-Brou, les habitations situées dans l'environnement rapproché sont desservies par des dispositifs d'assainissement non collectif.

#### 14.3.5 Réseau pluvial

Les eaux pluviales du secteur Nord sont gérées par un ensemble de fossés qui débouchent sur le fossé de la D955. Au Sud, un fossé relie la zone du site de l'ancienne station de carburant et l'Ozanne, à environ 600 m à l'Ouest du forage.

#### 14.3.6 Stockages d'hydrocarbure domestique

L'alimentation pour le chauffage des habitations est assurée par le réseau du gaz de ville sur la commune de Brou.

Les habitations situées sur la commune de Dampierre-sous-Brou sont principalement en chauffage électrique. Quelques-unes sont chauffées au fioule. Il est conseillé de faire aménager les cuves aériennes sans bac de rétention et de faire remplacer celles qui ne seraient pas aux normes.

Dans les autres cas on peut proposer des contrôles réguliers après la mise en place des périmètres de protection.

#### 14.3.7 Elevage

Il n'existe pas d'élevage dans l'environnement rapproché

#### 14.3.8 Epandages

Il n'existe pas de plan d'épandage de boues de stations d'épuration dans l'environnement rapproché du captage.

#### 14.3.9 Ouvrages souterrains

Il n'existe aucun ouvrage souterrain dans l'environnement rapproché (isochrones 4 mois) en dehors du sondage de reconnaissance pour l'eau potable BSS000XZEV (03251X0025) comblé.

Le forage d'eau potable « Poméan » se situe à la limite Sud des isochrones de 2 à 3 mois. Il est protégé par un périmètre rapproché dont la limite Nord recoupe ces isochrones. Le puits de ferme proche est également sur le périmètre de protection rapproché du captage de Poméan.

#### 14.3.10 Voies de circulation

Les axes de communication sont représentés par la RD955 Brou-Nogent Le Rotrou. C'est un axe présentant une circulation importante.

#### 14.4 Environnement éloigné

L'analyse des activités à risque de l'environnement éloigné ne permet pas de répondre aux objectifs de protection des captages vis à vis de risques de pollutions accidentelles, en raison de l'éloignement.

Le bassin d'alimentation du forage F1 est essentiellement alimenté par les formations du Cénomaniens et couvre une surface de 169 km<sup>2</sup> (annexe 6).

## 15 Volume de prélèvement demandé pour la DUP

Le débit demandé pour la DUP du forage F1 est de 100 m<sup>3</sup>/h.

Le volume de production journalier demandé est de 2000 m<sup>3</sup>/j et le volume annuel de 730 000 m<sup>3</sup>/an.

## 16 Etude d'incidence

### 16.1 Incidences sur les ouvrages proches et les milieux naturels

Les simulations sont réalisées avec le modèle 2D aux paramètres hydrodynamiques isotropes et en régime transitoire.

Les paramètres utilisés pour les calculs sont les suivants :

- Transmissivité de  $3 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s
- Coefficient d'emmagasinement de  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s
- Epaisseur aquifère de 10 mètres

Les rabattements théoriques sont calculés pour un débit d'exploitation de 2000 m<sup>3</sup>/j, soit un débit équivalent continu de 83 m<sup>3</sup>/h, sur une durée de 6 mois.

Les valeurs obtenues (annexe 9) montrent un rabattement de 0,35 m à hauteur du forage « Poméan », de 0,4 m sur le forage « Laiterie » et 0,35 m sur « Vouzlaud ». Ces valeurs ne représentent aucun risque de modifier les conditions d'exploitation des forages.

N'ayant pas ajusté les paramètres de transmissivité dans l'espace, les résultats sont isotropes.

Les résultats du pompage de 72 h montrent que les rabattements se font sentir de manière plus marquée en direction de « Poméan », alors qu'ils sont très réduits vers « Laiterie » et « Vouzlaud ».

En ajustant les résultats de la simulation à ces observations, on peut en déduire que les rabattements seront de l'ordre de 0,35 m sur « Poméan ». Ils seront plus faibles sur « Laiterie » et « Vouzlaud », respectivement de l'ordre de 0,3 m sur « Laiterie » et 0,2 sur « Vouzlaud ».

On ne connaît pas la réponse de la nappe en direction du Nord et de l'Ouest. Il est probable que le rabattement sur l'ouvrage BSS000XZDV ne dépasse pas 0,3 m au-delà de 1200 m du forage F2.

Compte tenu de la présence des horizons d'argiles à silex peu perméables et les observations effectuées lors des pompages d'essai, on peut conclure que le pompage de F2 n'a aucune incidence sur les niveaux d'eau de surface, les milieux humides et les zones naturelles protégées.

### 16.2 Incidences sur la ressource en eau

Le volume de prélèvement maximum demandé représente 730 000 m<sup>3</sup>/an.

Sur le bassin hydrogéologique estimé à de 169 km<sup>2</sup>, les apports par la pluie efficace, estimée à 150 mm, représentent un volume moyen annuel de  $2,54 \cdot 10^7$  m<sup>3</sup>.

Les prélèvements globaux sur ce bassin en 2012 (données BNPE) sont estimés à 935 288 m<sup>3</sup>/an, en étendant l'estimation à la totalité de la commune de Brou. Ils représentent 3,7 % de la recharge de la nappe.

Les prélèvements du projet, de 730 000 m<sup>3</sup>/an, représentent 2,9 % de la recharge de la nappe et une augmentation des prélèvements sur le bassin de 48 %, tout en prenant en compte l'arrêt du captage de Moulin à Vent.

Site	S bassin (km <sup>2</sup> )	P efficaces moyennes (m <sup>3</sup> /an)	Prélèvements globaux 2012 (m <sup>3</sup> /an)	Prélèvement projet (m <sup>3</sup> /an)	Prélèvement projet + 2012 * (m <sup>3</sup> /an)	Débit de pompage F1 (m <sup>3</sup> /h)	Prélèvements 2012/recharge nappe %	Prélèvements projet /recharge nappe %	Prélèvements totaux /recharge nappe %	Augmentation prélèvements sur bassin
F2	169	2,54E+07	9,35E+05	7,30E+05	1,51E+06	100	3,7%	2,9%	6,0%	48%
* : hors Moulin à vent qui sera fermé										

**Tableau 6. Prélèvements et indices d'incidence sur la ressource en eau**

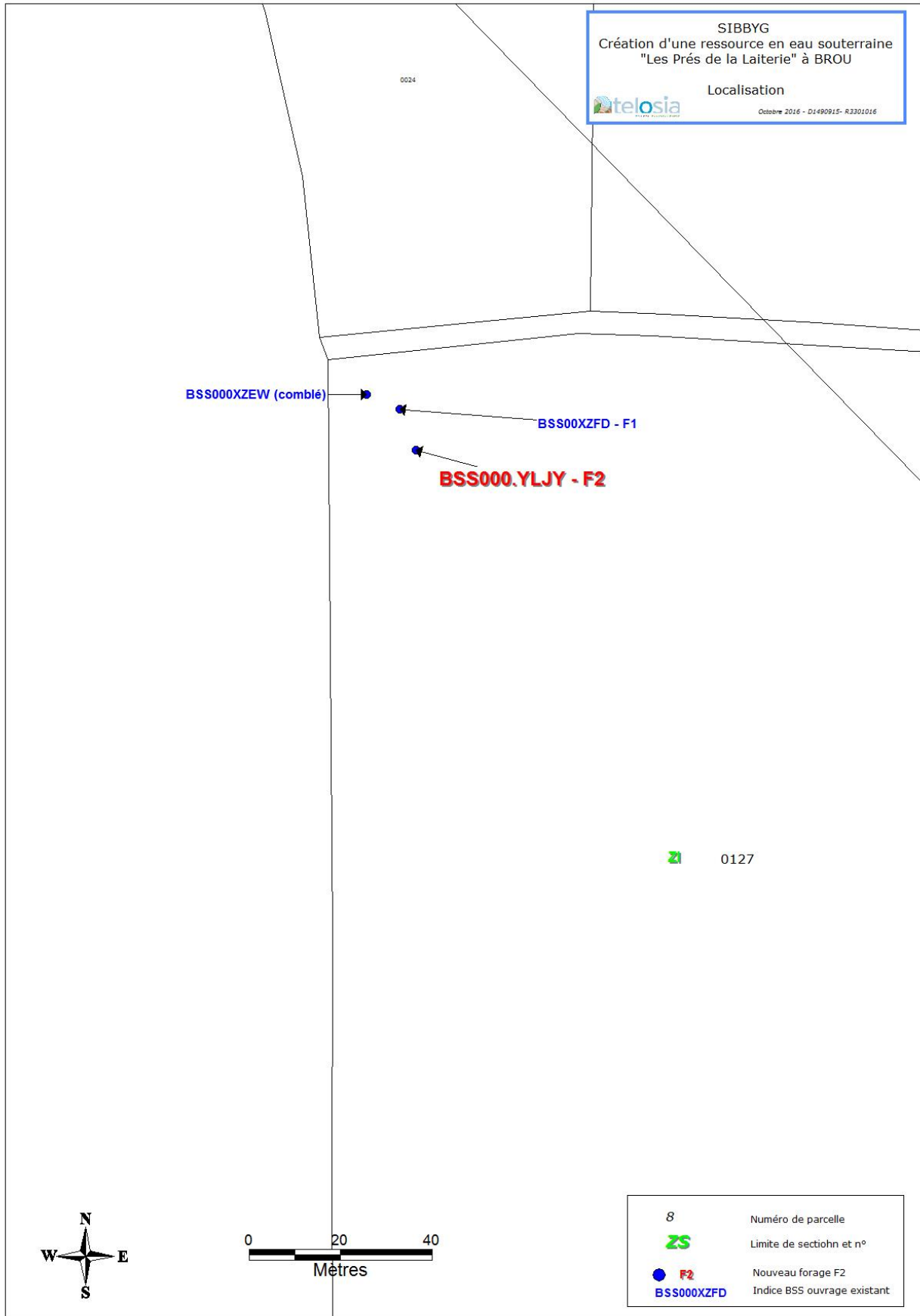
Commune	Nom de l'ouvrage	Volume (m <sup>3</sup> )	Usage
Argenvilliers	OURSIERES	182463	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Brou	MOULIN A VENT	150385	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Brou	POMEAN	91232	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Brou	LE THUILAY	67390	IRRIGATION
Brou	VAUGELAN	50904	IRRIGATION
Brou	BRET ONNIERE	26460	IRRIGATION
Charbonnières	LE BOURG	54666	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Dampierre-sous-Brou	LE BOURG	153178	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Dampierre-sous-Brou	LES TRESSANDIERES	1921	IRRIGATION
Frazé	LE BOULAY F2	25829	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Frazé	LE BOULAY F1	19637	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Luigny	LA GRAINETIERE	56408	AEP + USAGES DOMESTIQUES
Unverre	LA VIEILLE BANLOEUVRE	50729	IRRIGATION
Unverre	LA COSNIERE 2	4086	IRRIGATION
Total		935288	

**Tableau 7. Prélèvements en eau souterraine sur le bassin du forage F1 (données BNPE 2012)**



## ANNEXE 1 - Localisation



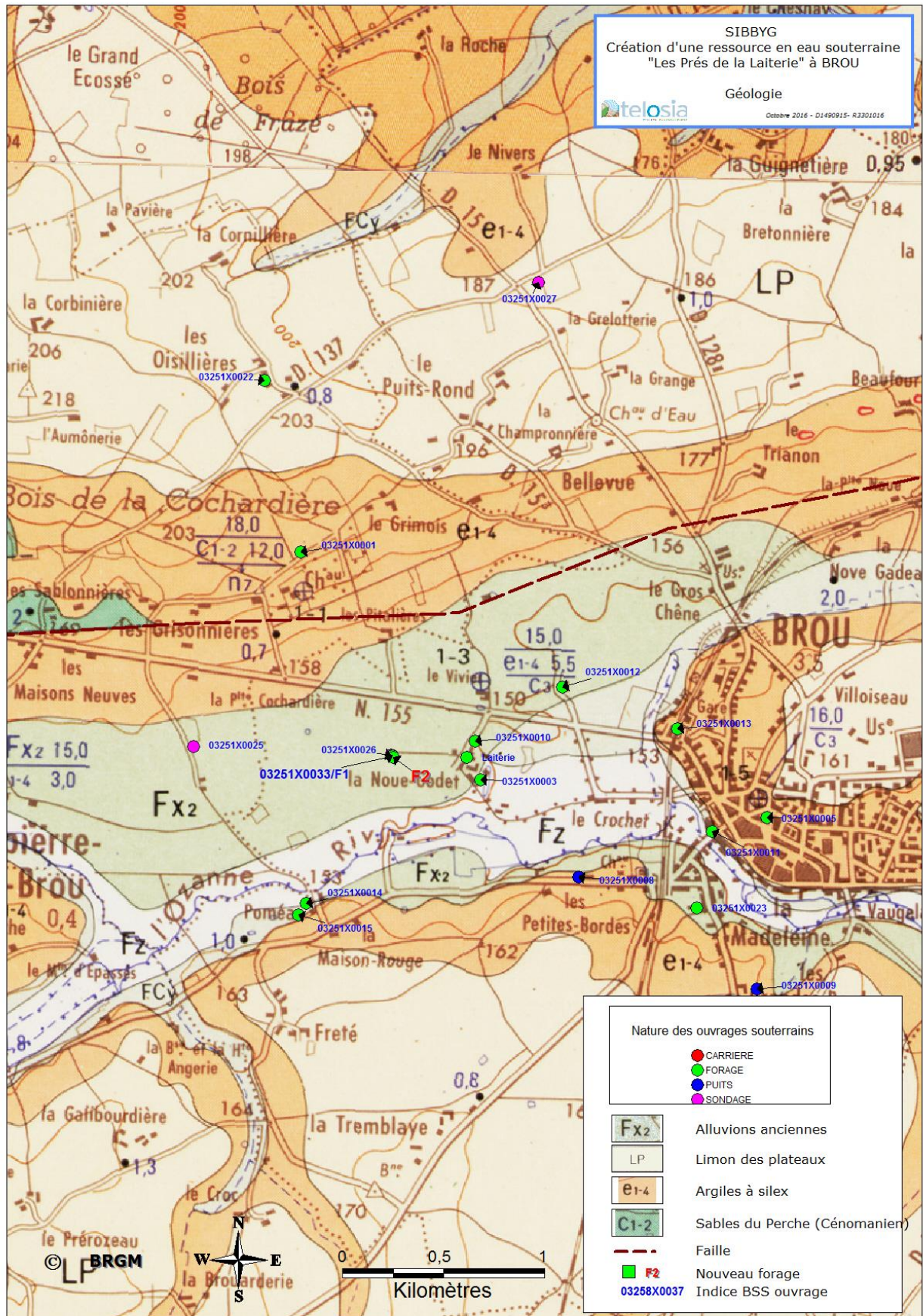






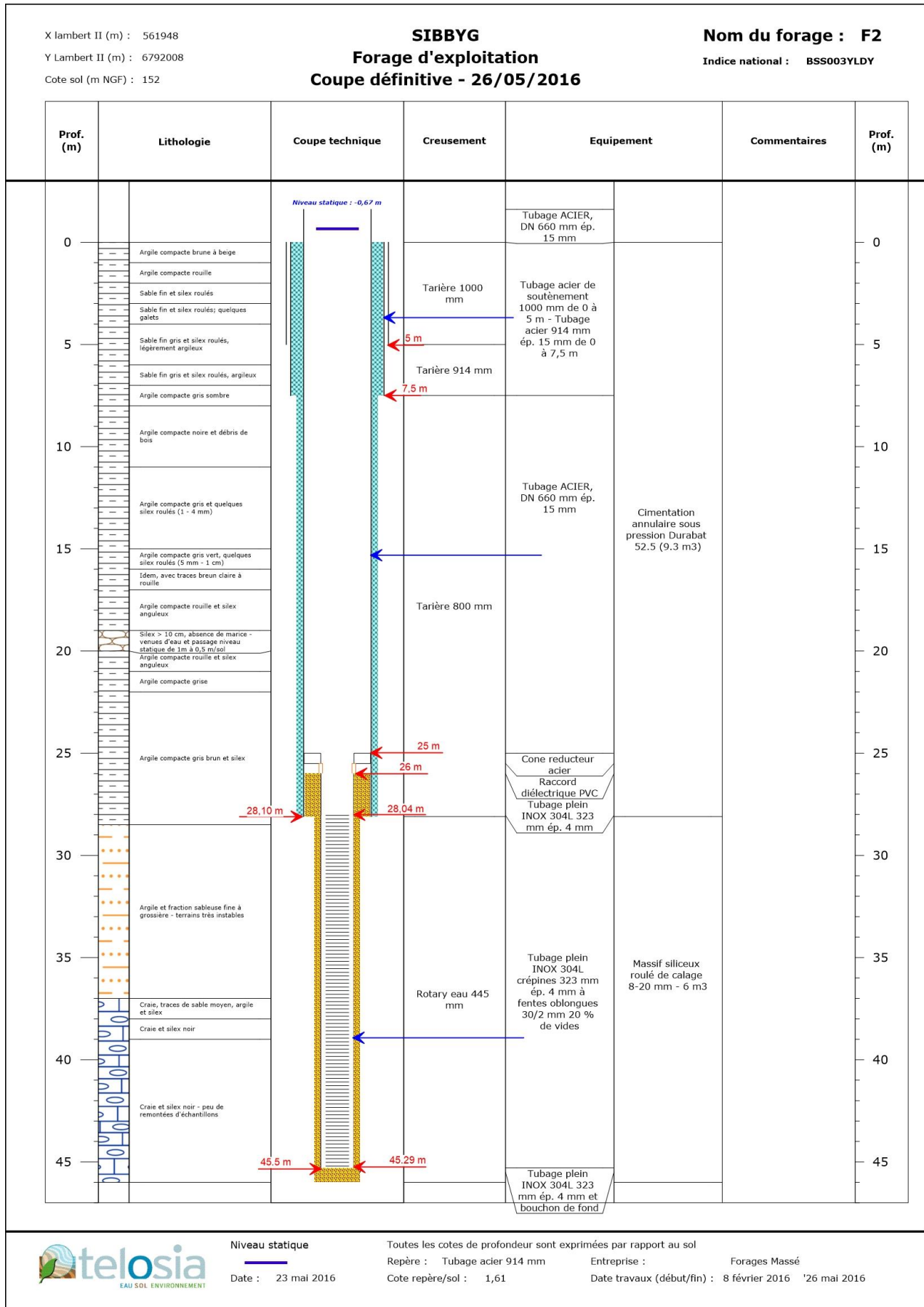
## **ANNEXE 2**

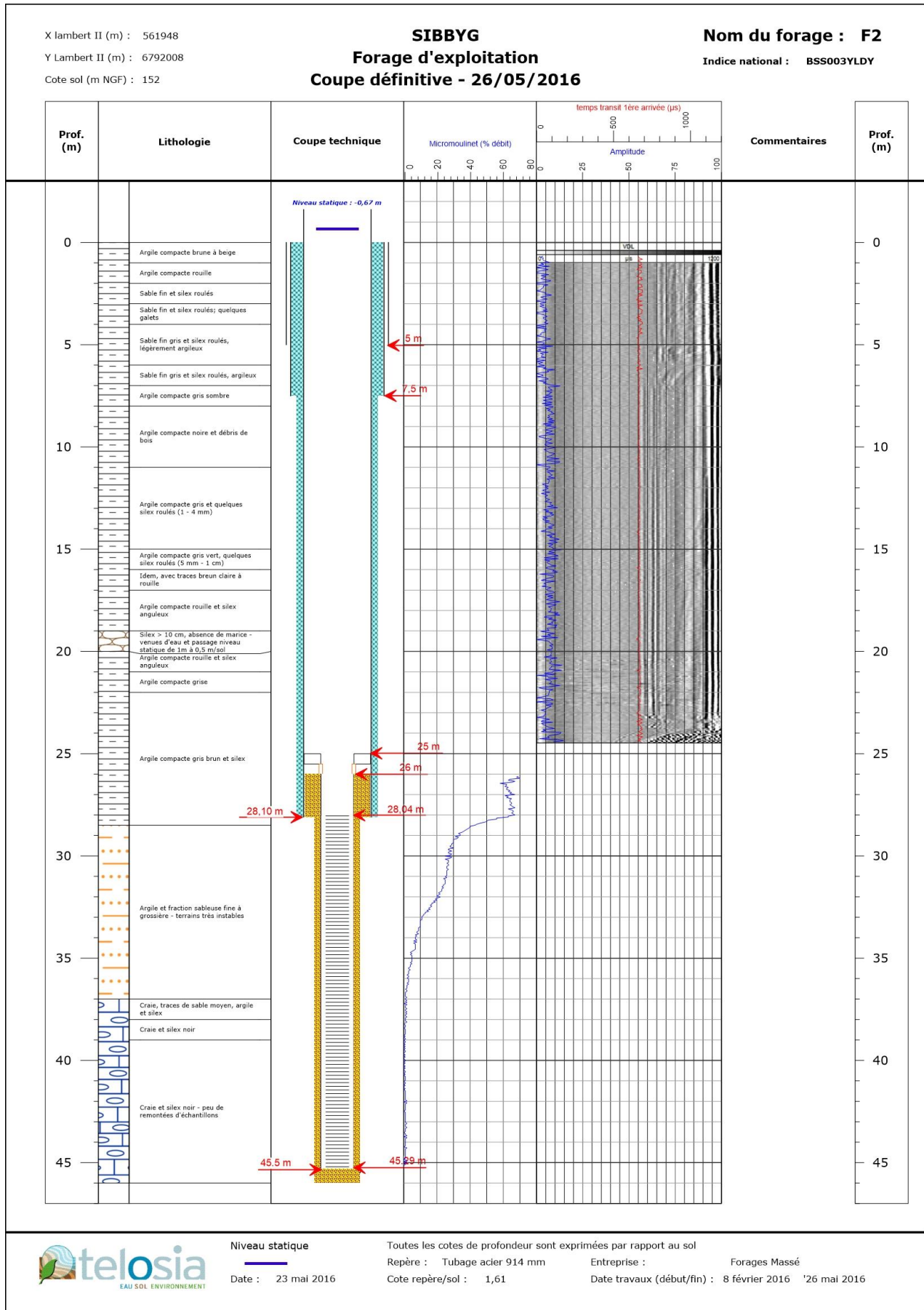
### **Contexte géologique**



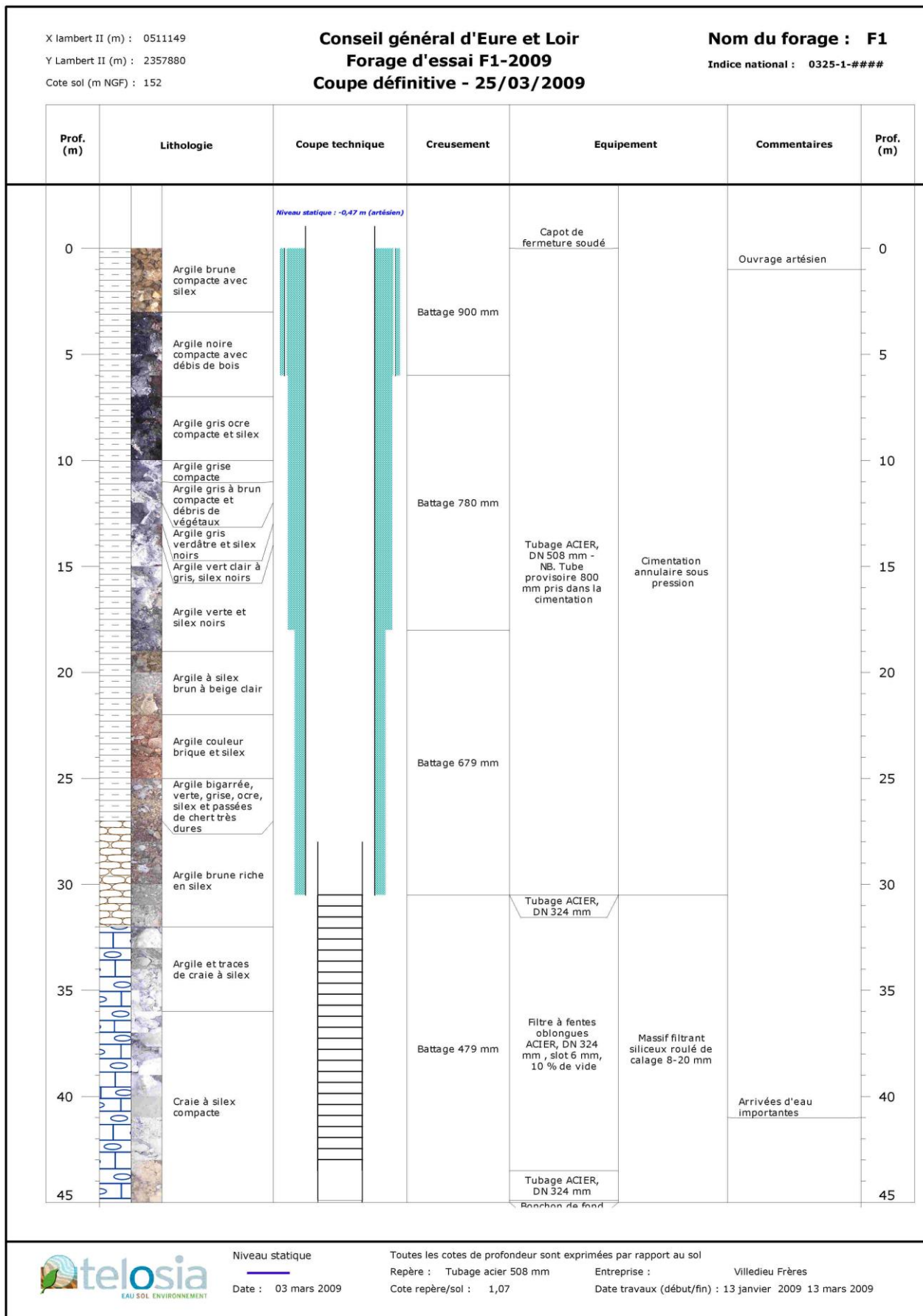
## **ANNEXE 3**

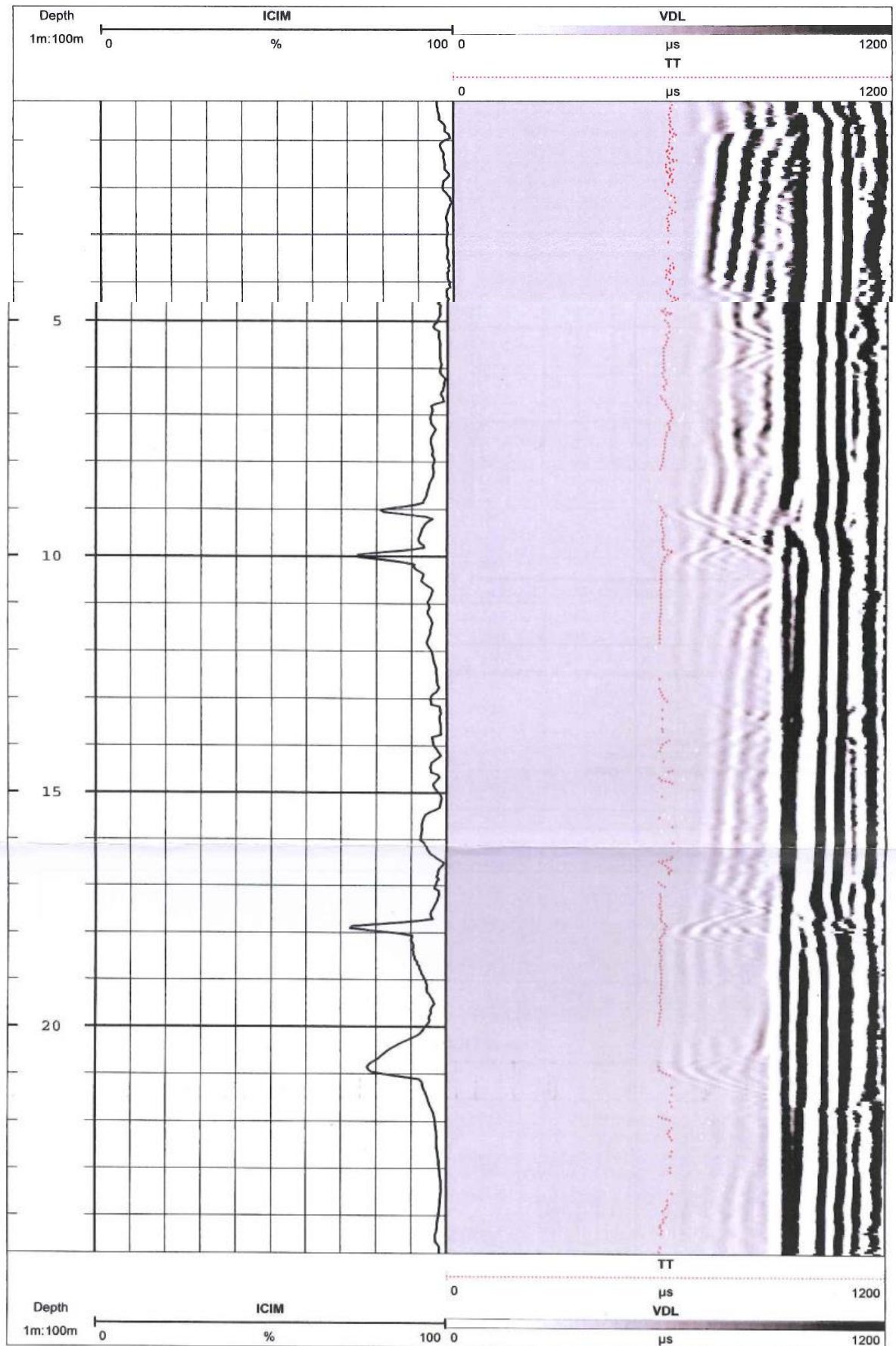
### **Coupe technique du forage F2 -diagraphies**

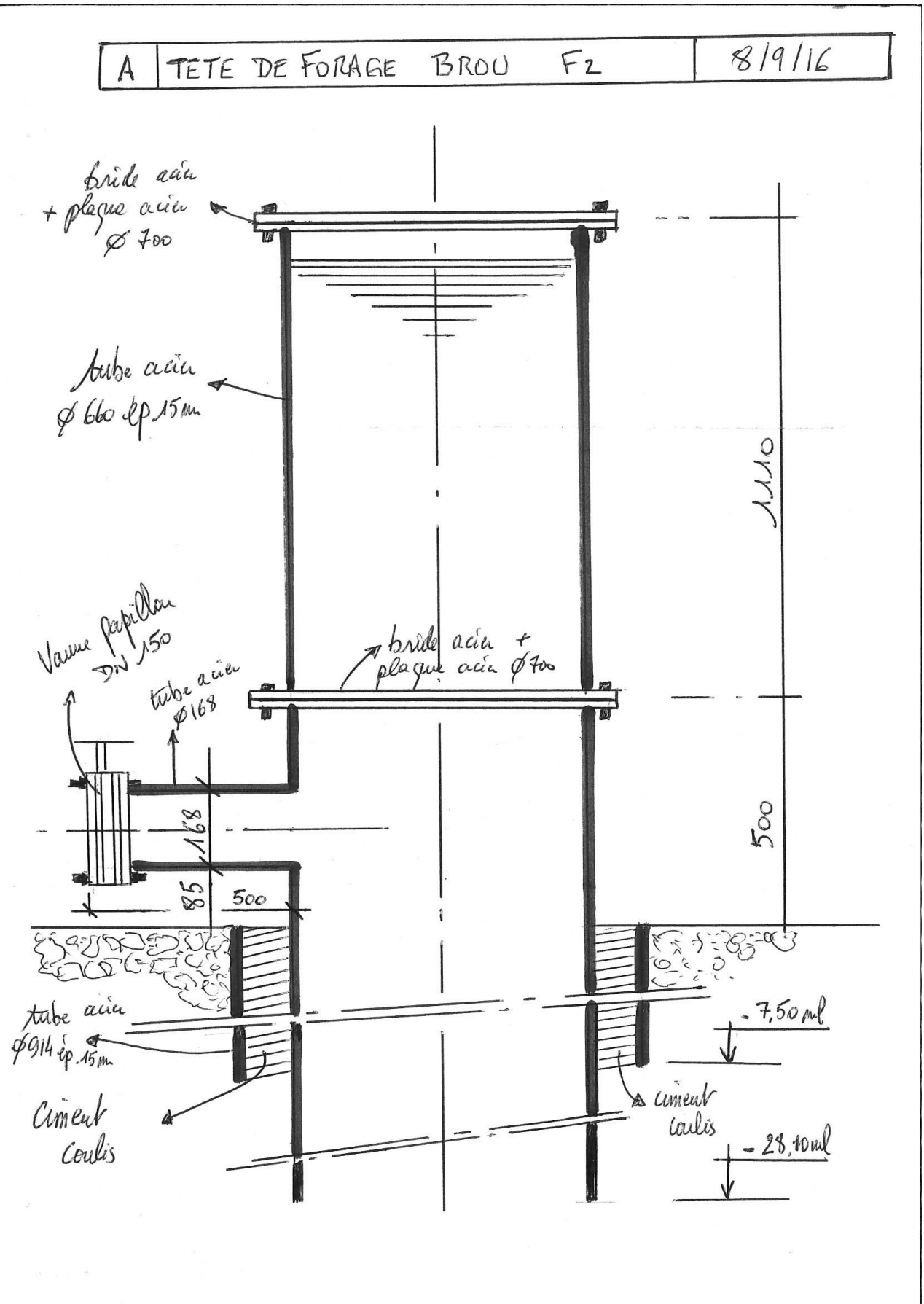




## Coupe et contrôle de cimentation F1

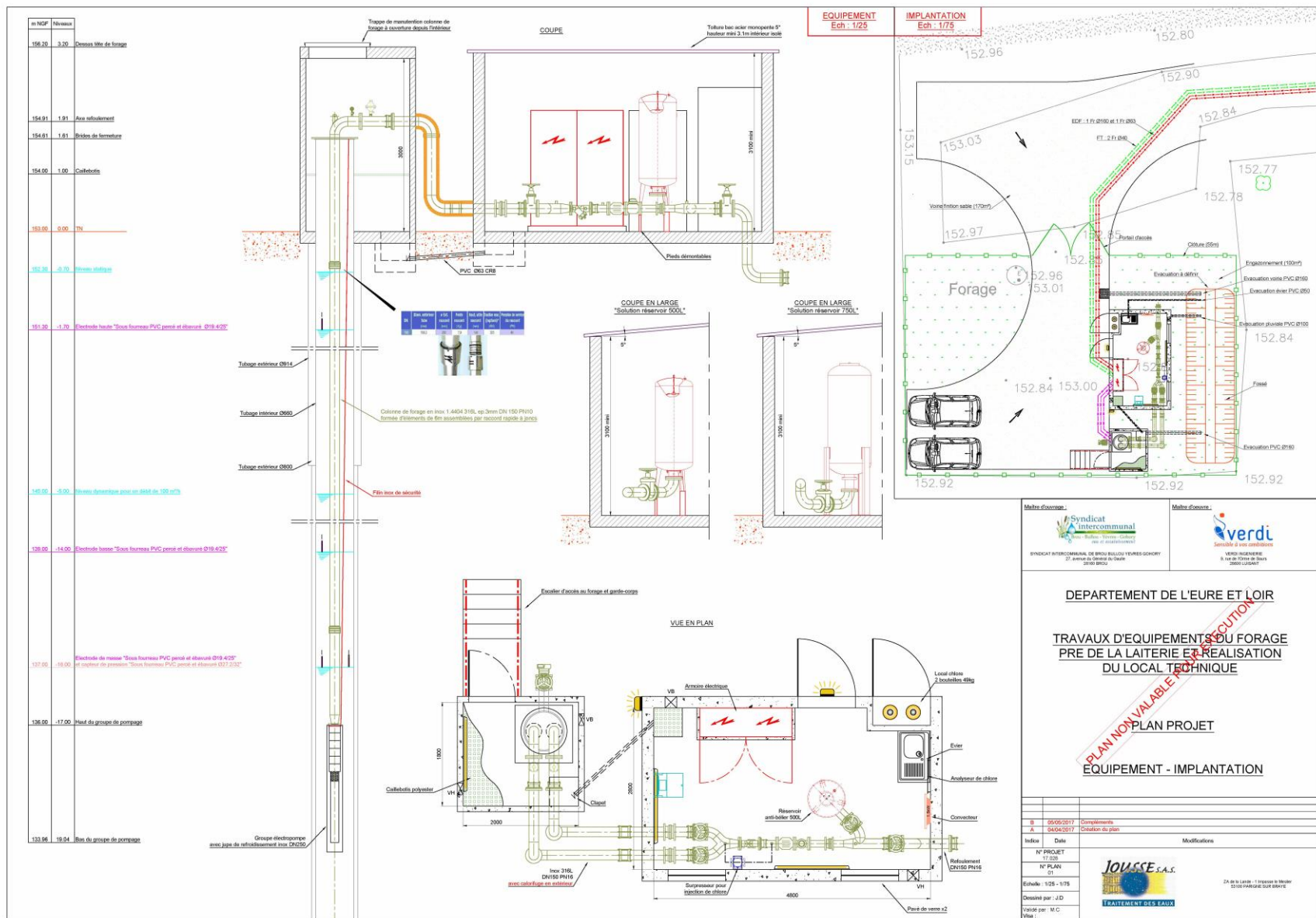






Situation de la tête de forage F2 avant travaux définitifs d'aménagement (voir ci-dessous)





Plan d'équipement de la tête du forage F2 (projet d'exécution provisoire)



Canalisation de raccordement du forage F au réseau du SIBBYG (réalisation 2016)

## ANNEXE 4

### Implantation du chantier et photos



Tarière pour le creusement de tête



Machine rotary



Artésianisme



Creusement de la chambre de captage



Mise en œuvre des pompes et suivi physico-chimique



## ANNEXE 5

### Suivis piézométriques, pompages d'essai

## Ouvrages avec enregistrements de niveau d'eau



F2



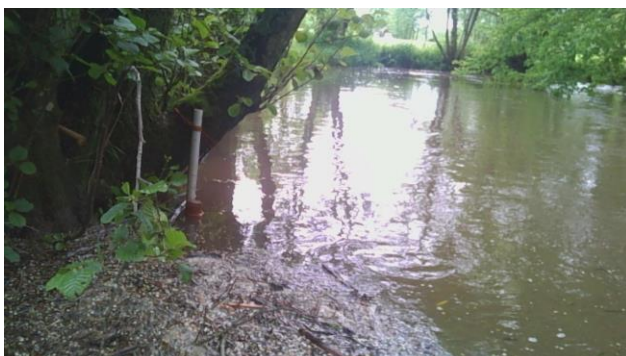
F1



Forage « Vouzelaud » BSS000XZEG - Ouvrage artésien avec décharge à hauteur du tubage



Forage Poméan BSS000XZEJ



Suivi niveau Ozanne





Forage « Laiterie » -absence de n° BSS ou BSS000XZEE ?  
Ouvrage artésien avec décharge sous le niveau de la dalle de protection

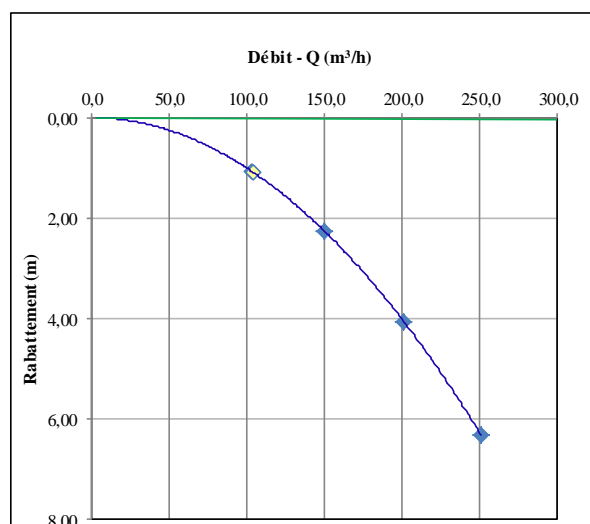
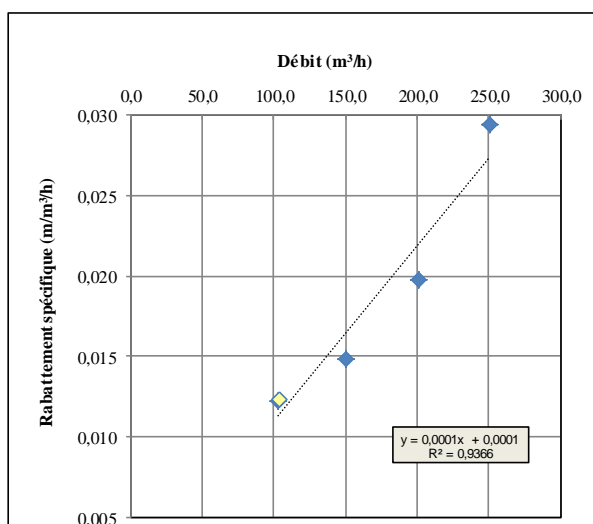
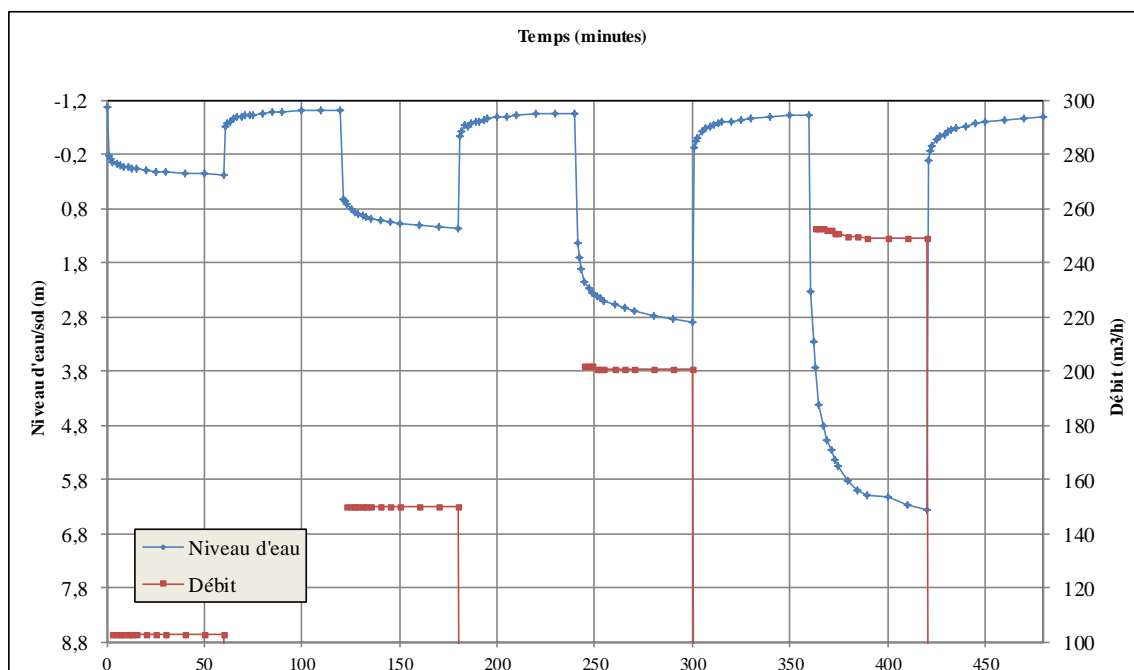


## Pompages par paliers

Pompage par palier	Forage F2-2016	"Le Pré de la Laiterie" à Brou (28)	mai 2016
--------------------	----------------	-------------------------------------	----------

n° Palier	Débit (m³/h)	Durée (h)	Niveau initial (m)	Niveau fin de palier (m)	Rabatement (m)	Rabatement résiduel fin de remontée (m)	Débit spécifique m³/h m	Rabatement spécifique m/m³/h	Date
1	103,0	1	-1,08	0,175	1,26	0,055	82,1	0,0122	19-mai-16
2	150,0	1	-1,025	1,15	2,23	0,11	67,3	0,0149	19-mai-16
3	201,3	1	-0,97	2,89	3,97	0,14	50,7	0,0197	19-mai-16
4	250,8	1	-0,94	6,35	7,38		34,0	0,0294	19-mai-16
			-0,905						
Long*	103,9	1	-1,10	0,19	1,28		81,2	0,0123	23-mai-16

\* : pompage longue durée, valeurs à 1 h après le démarrage



Coefficients de pertes de charges		n° Palier	Débit (m³/h)	Rabatement calculé (m)			Rabatement mesuré
c (m/(m³/h)²)	b (m/(m³/h))			Quadratique	Linéaire	Total	
0,0001	0,0001	1	103	1,06	0,01	1,07	1,26
		2	150	2,25	0,02	2,27	2,23
		3	201	4,05	0,02	4,07	3,97
		4	251	6,29	0,03	6,32	7,38
		5					
		Long*	104	1,08	0,01	1,09	1,28



## Pompage 72 h