

# Mise en place d'un doublet géothermique

## - Rapport de fin de travaux



Octobre 2017

REDACTION		DIFFUSION	
<b>Rédigé par</b>	<b>Document</b>	A160433-H17-45	
Aurélien GILLMANN	<b>Date du document</b>	04 octobre 2017	
	<b>Courriel contact</b>	a.gillmann@utilities-performance.com	





**Communauté de Communes du Pithiverais**

53 Faubourg d'Orléans  
45300 Pithiviers

Interlocuteur :

M. James Bruneau

Tél : 02 38 32 76 10

Mail : [james.bruneau@orange.fr](mailto:james.bruneau@orange.fr)



**Utilities Performance**

**Agence Centre**

26 rue du Pont Cotelle  
45100 ORLEANS

Interlocuteur :

M. Aurélien GILLMANN

Hydrogéologue-Chef de projet

Mail : [a.gillmann@utilities-performance.com](mailto:a.gillmann@utilities-performance.com)

Tél : 02 38 45 42 42



*Fondateurs de Up*

## Sommaire

<b>I. RESUME</b> .....	<b>4</b>
<b>II. LOCALISATION DU PROJET</b> .....	<b>4</b>
II.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	4
<b>III. COMPTE-RENDU DES TRAVAUX REALISES</b> .....	<b>6</b>
III.1. SYNTHESE DES TRAVAUX REALISES .....	6
III.2. COUPES TECHNIQUES ET GEOLOGIQUES .....	12
III.2.1. Coupes géologiques .....	12
III.2.2. Coupe technique.....	13
III.3. RESULTATS DES ESSAIS DE POMPAGE.....	16
III.3.1. Essais de pompage par paliers .....	16
III.3.1. Essai de pompage longue durée .....	20
<b>IV. PRECONISATIONS</b> .....	<b>22</b>
IV.1. POSITION DE LA POMPE .....	22
IV.2. PRECAUTIONS GENERALES .....	23
IV.3. SCHEMA DE LA TETE DE PUIITS PRECONISE .....	23
<b>V. ANALYSES D'EAU</b> .....	<b>24</b>
<b>VI. CONCLUSIONS</b> .....	<b>26</b>

## Figures

Figure 1 : Plan de localisation sur fond IGN 1/25 000 (Source : Géoportail – Septembre 2017).....	4
Figure 2 : Plan de localisation sur fond cadastral (Source : Géoportail – Septembre 2017) .....	5
Figure 3 : Plateforme de forage .....	6
Figure 4 : Foration de la partie supérieure .....	7
Figure 5 : Equipement de pompage et rejet dans le champ.....	8
Figure 6 : Opération de récupération du fond de l'ouvrage .....	9
Figure 7 : Dépose de l'outil de foration et pose de l'équipement PVC.....	9
Figure 8 : Mise en sécurité du site et retrait de la foreuse .....	10
Figure 9 : Réception du chantier : forage de prélèvement à gauche, forage de réinjection à droite.....	11
Figure 10 : Coupe géologique et technique du forage de prélèvement .....	14
Figure 11 : Coupe géologique et technique du forage de réinjection .....	15
Figure 12 : Pompage par paliers– forage de prélèvement .....	17
Figure 13 : Pompage par paliers– forage de réinjection.....	17
Figure 14 : Résultats des essais de pompage par paliers – forage de prélèvement (08/08/2017).....	18
Figure 15 : Résultats des essais de pompage par paliers – forage de réinjection (08/08/2017) .....	19
Figure 16 : Niveaux d'eau (m/HT) lors du pompage de longue durée 24 h.....	20
Figure 17 : Niveaux d'eau (m NGF) lors du pompage de longue durée 24 h .....	20
Figure 18 : Interprétation du pompage de longue durée .....	21
Figure 19 : Variation piézométrique de la nappe des calcaires de Beauce à Autruy sur Juin (ouvrage n°02928X1014) ..	22
Figure 20 : Schéma de tête de puits .....	23
Figure 21 : Détails de la classification « énergie » .....	30

## Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques (Lambert 93) et cadastrales du projet de forage (Mars 2017).....	4
Tableau 2 : Résultats des analyses réalisées sur l'ouvrage de pompage comparés au classement SEQ-Eaux « Energie » .....	25

## I. RESUME

La Communauté de Communes du Pithiverais envisage de chauffer les bâtiments du Groupe scolaire intercommunal à Sermaises (45) au moyen d'un doublet géothermique. Le temps d'utilisation du chauffage est évalué à 7 mois par an.

Les forages ont été réalisés du 24 juillet au 31 août 2017.

Le présent document rappelle les travaux réalisés.

## II. LOCALISATION DU PROJET

### II.1. Situation géographique

Le groupe scolaire intercommunal est localisé sur la commune de Sermaises (Loiret - 45), 5 route de Thignonville à Sermaises. Les **Figures 1 et 2** précisent la localisation du site et du doublet géothermique.

Les forages sont situés sur les parcelles, au point de coordonnées suivantes :

**Tableau 1 : Coordonnées géographiques (Lambert 93) et cadastrales du projet de forage (Mars 2017)**

Ouvrage	N° BSS	X Lambert 93 (m)	Y Lambert 93 (m)	Z (mNGF)	Commune	Section	Parcelle
Prélèvement	BSS003SAMS/X	589 757	2 366 190	117.8	Sermaises	0H-01	541
Réinjection	BSS003SAMW/X	589 847	2 366 238	122.8	Sermaises	0H-01	336

**Figure 1 : Plan de localisation sur fond IGN 1/25 000 (Source : Géoportail – Septembre 2017)**

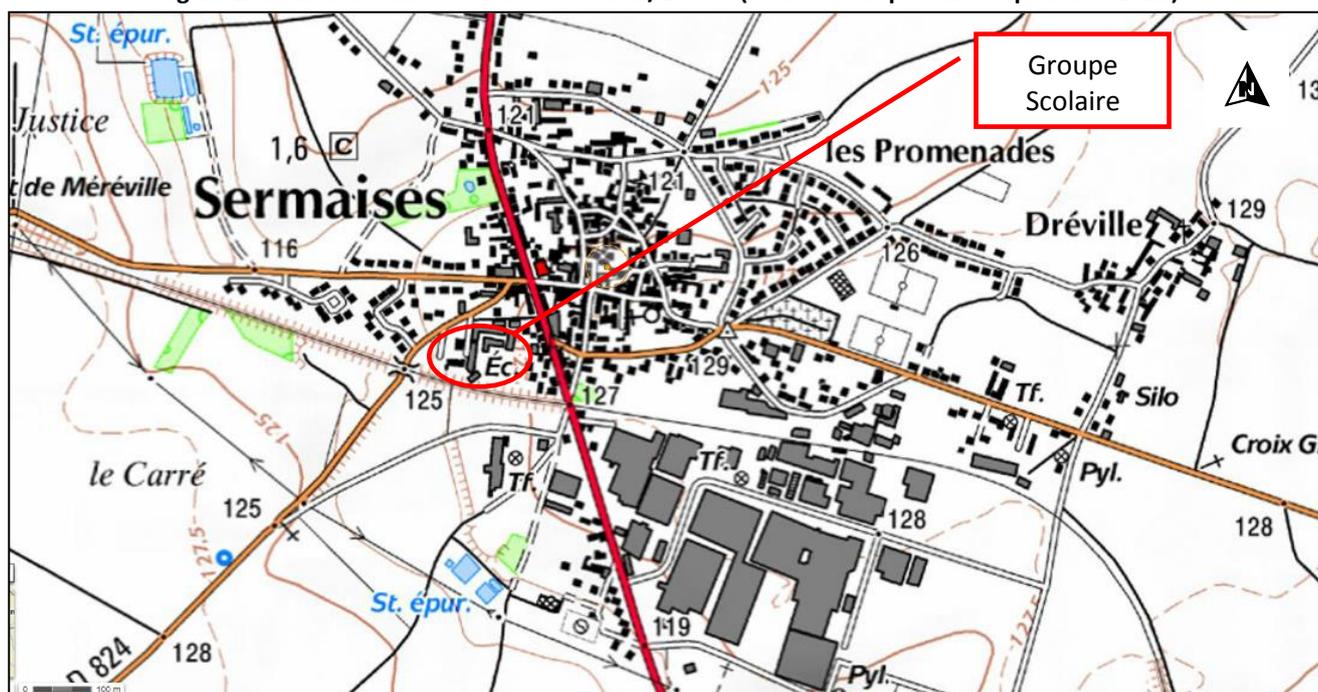
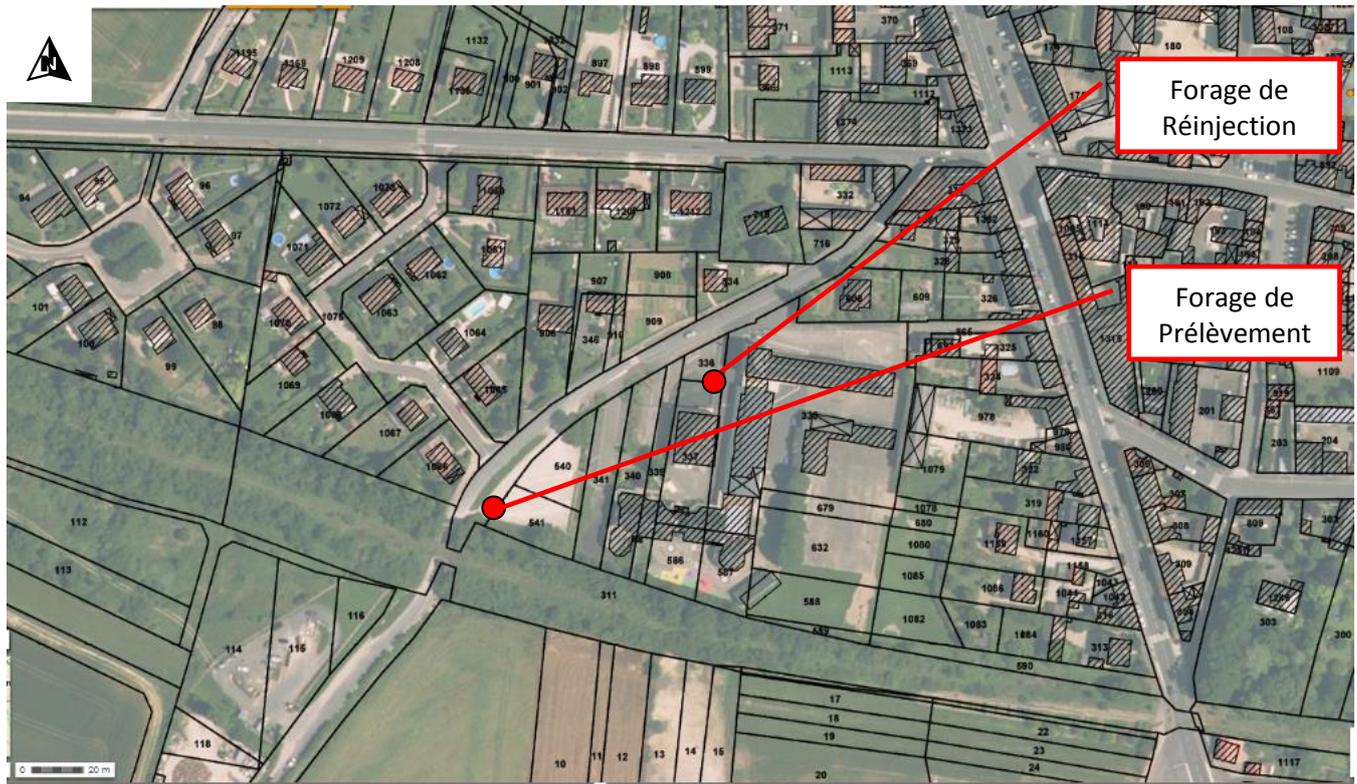


Figure 2 : Plan de localisation sur fond cadastral (Source : Géoportail – Septembre 2017)



### III. COMPTE-RENDU DES TRAVAUX REALISES

Après consultation publique, l'entreprise Exeau Centre a été retenue pour réaliser le doublet géothermique, ainsi que les essais de pompage associés.

#### III.1. Synthèse des travaux réalisés

Afin de tenir compte de spécificités du site, des contraintes liées aux coactivités des différentes entreprises et des périodes de vacances scolaires, les travaux de forage se sont déroulés du 24 juillet au 31 août 2017.

- **Lundi 24 juillet 2017 :**

- Mise en place de l'atelier de forage au niveau du forage de prélèvement,
- Protection du site et du transformateur électrique.



Figure 3 : Plateforme de forage

- **Mardi 25 juillet 2017 :**

- Foration à l'air en  $\varnothing$  311 mm de 0 à -30 m,
- Rejet des eaux dans le champ voisin (après accord),
- Pose du tubage de soutènement  $\varnothing$  323 mm de +0.5 à -3 m,



Figure 4 : Foration de la partie supérieure

● **Mercredi 26 juillet 2017 :**

- Foration en  $\varnothing$  311 mm de -30 à -43.50 m,
- Rencontre des sables de Fontainebleau à - 43 m, remontée des sables dans le forage sur 0.5 m, niveau statique à -23 m/sol,
- Pose d'un bouchon de ciment densité 1.8 (volume = 100 L) en fond d'ouvrage.

● **Jeudi 27 juillet 2017 :**

- Attente séchage ciment et contrôle du fond.

● **Vendredi 28 juillet 2017 :**

- Contrôle de la cimentation (fond : -42,10 m/sol),
- Pose du tubage, équipé de centreurs, avec base de massif filtrant 0.8/1.35 mm sur le dernier mètre :
  - Tubage PVC  $\varnothing$  178/195 mm plein : +0,4 à -23,6 m
  - Tubage PVC  $\varnothing$  178/195 mm crépiné slot 1 mm : -23,6 à -40,5 m
  - Tubage PVC  $\varnothing$  178/195 mm plein avec fond : -40,5 à -42,1 m
  - Mise en place gravillon 6/10 mm de -41 à -20 m
- Nettoyage de la voirie,
- Installation de la pompe et des canalisations,
- Opérations de pompage de nettoyage (pas de trace de sable à 65 m<sup>3</sup>/h pendant 3 heures, niveau dynamique : -26.60 m/sol).



Figure 5 : Equipement de pompage et rejet dans le champ

● **Lundi 31 juillet 2017 :**

- Déplacement et installation de la machine de forage sur le point d'implantation du forage de réinjection,
- Foration à la boue en  $\varnothing$  311 mm de 0 à -22 m,
- Pose du tubage de soutènement  $\varnothing$  323 mm de +0.5 à -3 m.

● **Mardi 1<sup>er</sup> août 2017 :**

- Foration en  $\varnothing$  311 mm de -22 à -40 m, niveau statique à -26 m/sol.
- Le sondage du fond indique -34 m (les terrains ne se tiennent pas),
- Réalisation de 2 paliers sur le forage de prélèvement.

● **Mercredi 02 août 2017 :**

- Réalisation d'un palier sur le forage de prélèvement,
- Soufflage pour tenter de récupérer le fond d'ouvrage,
- Mise en place de l'air lift double colonne, injection de mousse pour favoriser l'évacuation des débris du fond de forage,
- Equipement des tubages, équipés de centreurs, et du gravillon :
  - Tubage PVC  $\varnothing$  178/195 mm plein : +0,4 à -25,3 m
  - Tubage PVC  $\varnothing$  178/195 mm crépiné slot 2 mm : -25,3 à -39,7 m
  - Tubage PVC  $\varnothing$  178/195 mm plein avec fond : -39,7 à -40 m
  - Mise en place de gravillon 6/10 mm de -40 à -21 m



Figure 6 : Opération de récupération du fond de l'ouvrage



Figure 7 : Dépose de l'outil de foration et pose de l'équipement PVC

• **Jeudi 03 août 2017 :**

- Réalisation du dernier palier sur le forage de prélèvement,
- Installation du matériel de pompage sur le forage de réinjection,
- Pompage de nettoyage (niveau dynamique à -21.10 m/sol après 4 heures à 40 m<sup>3</sup>/h),
- Réalisation d'un palier sur le forage de réinjection,
- Préparation pour un test de réinjection.

• **Vendredi 04 août 2017 :**

- Test de réinjection (3h) à l'aide de la borne incendie,
- Réalisation de 2 paliers sur le forage de réinjection,

• **Lundi 07 août 2017 :**

- Réalisation du dernier palier sur le forage de réinjection,
- Mise en sécurité du site.

• **Mardi 08 août 2017 :**

- Retrait de la machine de forage,
- Sécurisation de la tête de puits du forage de réinjection (capot soudé),
- Standby chantier > coactivité nécessitant le décalage des essais de pompage.

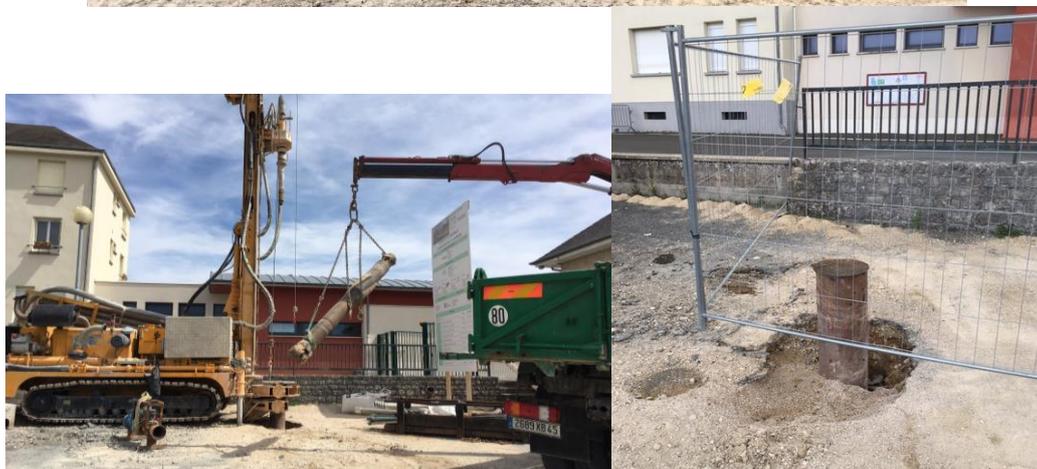


Figure 8 : Mise en sécurité du site et retrait de la foreuse

• **Lundi 28 août 2017 :**

- Contrôle top gravier (-20 m sur le forage de prélèvement, -21 m sur le forage de réinjection),
- Mise en place joint de sobranite de -19 à -20 m sur le forage de prélèvement et de -20 à -21 m sur le forage de réinjection,
- Cimentation 300 kg/m<sup>3</sup> de -19 à -10 m sur le forage de prélèvement et de -20 à -10 m sur le forage de réinjection,
- Cimentation des tubages de soutènement jusqu'à -0,2 m/sol,
- Installation équipement de pompage.

• **Mardi 29 août 2017 :**

- Essai de pompage de longue durée 24 h à 35 m<sup>3</sup>/h (avec renvoi des eaux dans le forage de réinjection).

• **Mercredi 30 août 2017 :**

- Fin de l'essai de pompage de longue durée 24 h à 35 m<sup>3</sup>/h,
- Prélèvement d'eau pour analyse en laboratoire,
- Finalisation de la cimentation de -10 à -0,2 m/sol sur les deux forages,
- Sécurisation des têtes de forages (plaques soudées).



Figure 9 : Réception du chantier : forage de prélèvement à gauche, forage de réinjection à droite

## III.2. Coupes techniques et géologiques

### III.2.1. Coupes géologiques

Les coupes géologiques des ouvrages ont été réalisées d'après les échantillons remontés lors du creusement (« cuttings »).

La coupe géologique du forage de prélèvement est la suivante :

- De 0 à -2 m : Calcaire beige
  - De -2 à -11 m : Calcaire friable marneux
  - De -11 à -14 m : Marne calcaire
  - De -14 à -43 m : Calcaire compact avec présence ponctuelle de silex
  - A partir de -43 m : Sable très fin beige
- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| } | <b>Calcaires de Pithiviers</b> |
| } | <b>Molasse du Gâtinais</b>     |
| } | <b>Calcaires d'Etampes</b>     |
| } | <b>Sables de Fontainebleau</b> |

Le niveau statique se trouve à -21.47 m par rapport au haut du tube à l'issue des travaux (août 2017).

La coupe géologique du forage de prélèvement est la suivante :

- De 0 à -19 m : Calcaire friable marneux beige
  - De -19 à -23 m : Marnes argileuses
  - De -23 à -40 m : Calcaire compact avec présence ponctuelle de silex
- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| } | <b>Calcaires de Pithiviers</b> |
| } | <b>Molasse du Gâtinais</b>     |
| } | <b>Calcaires d'Etampes</b>     |

Le niveau statique se trouve à -26.40 m par rapport au haut du tube à l'issue des travaux (août 2017).

La coupe géologique et technique de l'ouvrage est présentée en figure 10.

### III.2.2. Coupe technique

La coupe technique du forage de prélèvement est la suivante :

- De +0.5 à -3 m : Tubage acier plein en  $\varnothing$  323 mm (12''3/4) ;
- De -3 à -43.5 m : Forage en  $\varnothing$  311 mm (12''1/4) ;
- De +0.4 à -42.1 m : Tubage PVC en  $\varnothing$  178/195 mm (7''5/8) :
  - Plein de +0.4 à -23.6 m ;
  - Crépiné slot 1 mm de -23.6 à -40.5 m ;
  - Plein (décanteur) avec fond de -40.5 à -42.1 m.
- De -0.2 à -3 m : Cimentation annulaire à l'extrados du tubage acier  $\varnothing$  323 mm ;
- De -0.2 à -19 m : Cimentation annulaire à l'extrados du tubage PVC  $\varnothing$  195 mm ;
- De -19 à -20 m : Bouchon de sobranite ;
- De -20 à -41 m : Massif filtrant 6/10 mm à l'extrados du tubage PVC  $\varnothing$  195 mm ;
- De -41 à -42.1 m : Massif filtrant 0.8/1.35 mm à l'extrados du tubage PVC  $\varnothing$  195 mm ;
- De -42.1 à -43.5 m : Bouchon de ciment.

La coupe technique du forage de réinjection est la suivante :

- De +0.5 à -3 m : Tubage acier plein en  $\varnothing$  323 mm (12''3/4) ;
- De -3 à -40 m : Forage en  $\varnothing$  311 mm (12''1/4) ;
- De +0.4 à -40 m : Tubage PVC en  $\varnothing$  178/195 mm (7''5/8) :
  - Plein de +0.4 à -25.3 m ;
  - Crépiné slot 2 mm de -25.3 à -39.7 m ;
  - Plein avec fond de -39.7 à -40 m.
- De -0.2 à -3 m : Cimentation annulaire à l'extrados du tubage acier  $\varnothing$  323 mm ;
- De -0.2 à -20 m : Cimentation annulaire à l'extrados du tubage PVC  $\varnothing$  195 mm ;
- De -20 à -21 m : Bouchon de sobranite ;
- De -21 à -40 m : Massif filtrant 6/10 mm à l'extrados du tubage PVC  $\varnothing$  195 mm.

La coupe géologique et technique de l'ouvrage est présentée en figure 11.

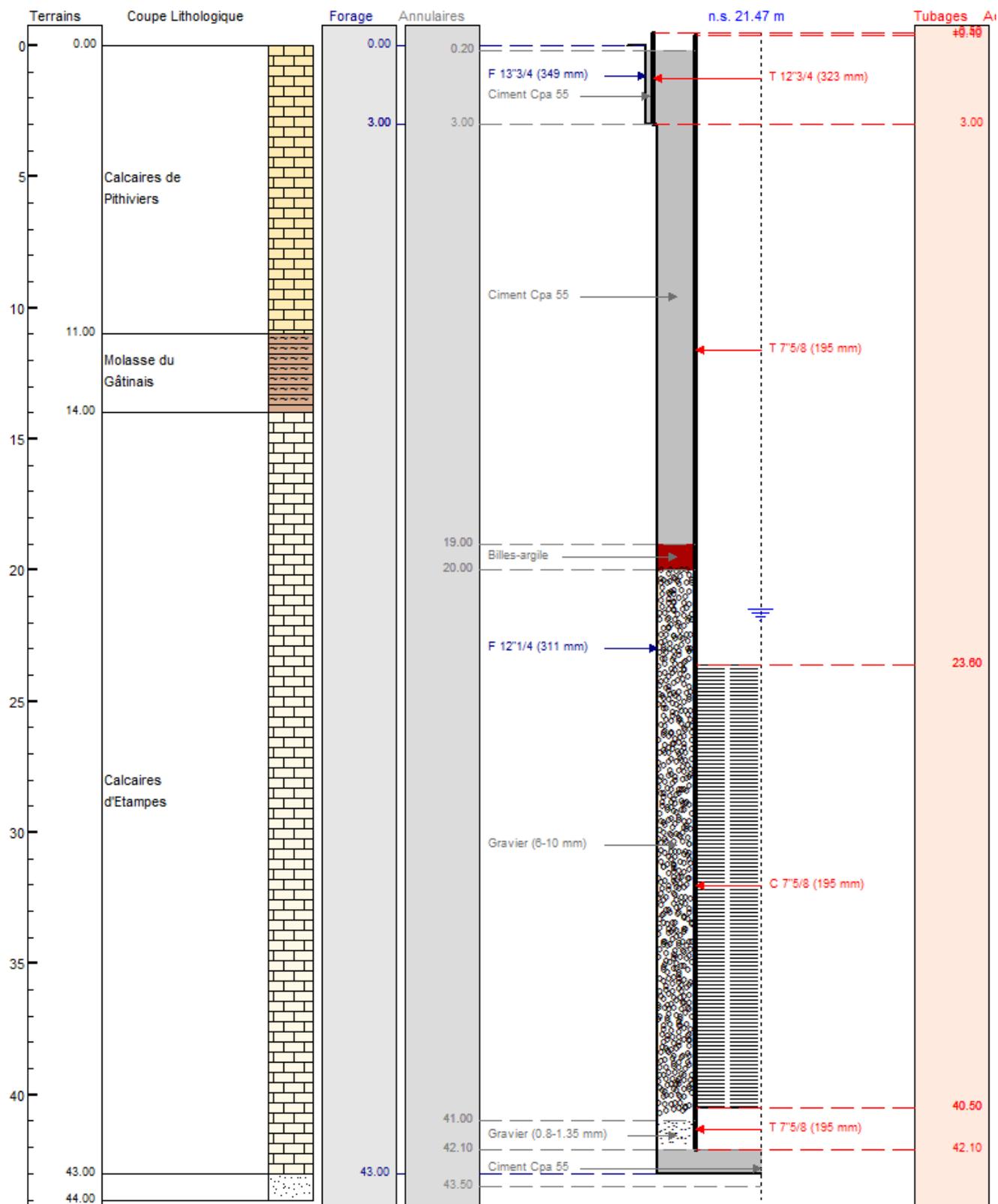


Figure 10 : Coupe géologique et technique du forage de prélèvement

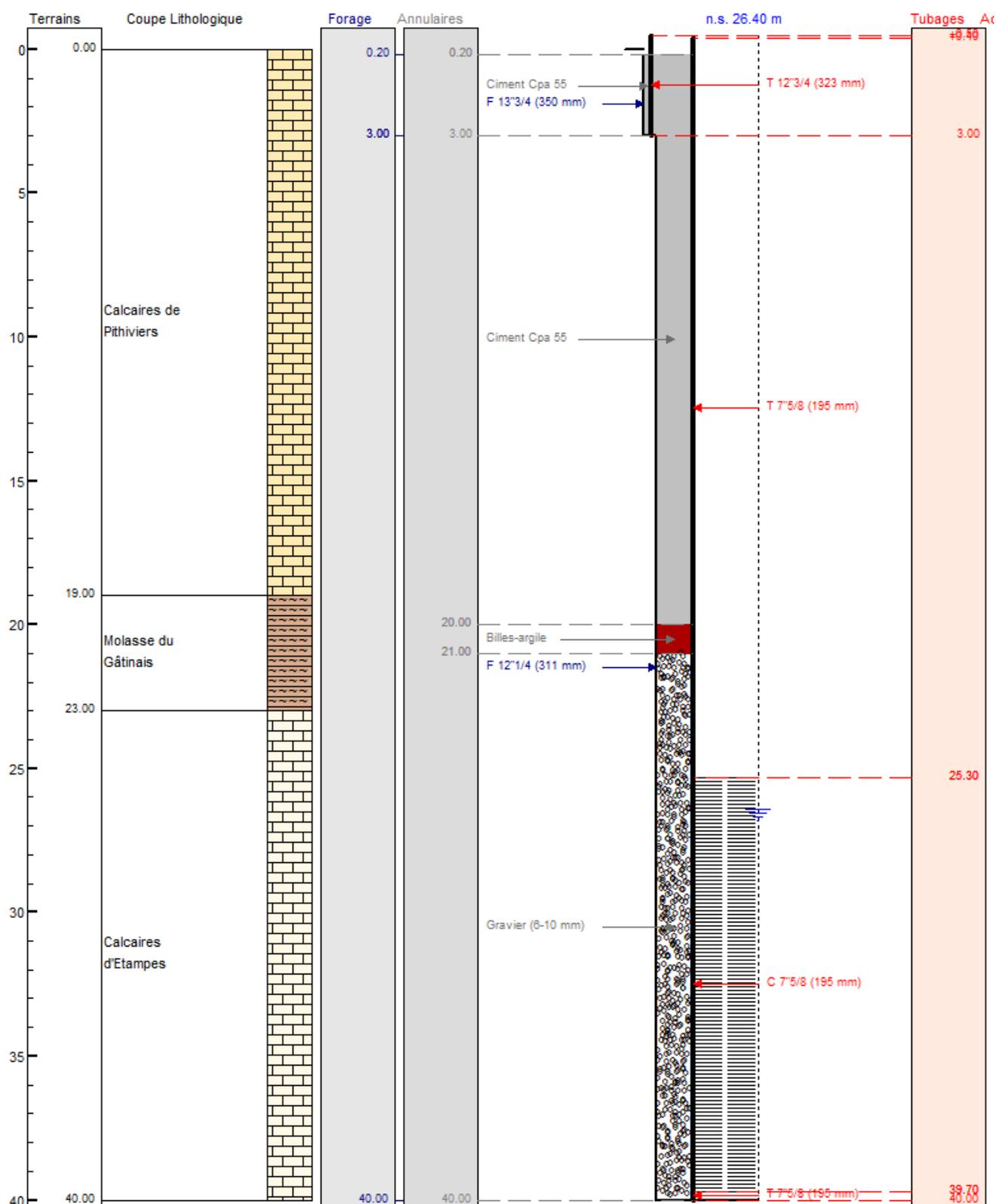


Figure 11 : Coupe géologique et technique du forage de réinjection

### III.3. Résultats des essais de pompage

Afin de définir le débit d'exploitation possible du doublet géothermique, des essais de pompage ont été réalisés sur les deux ouvrages. Ils sont de deux types :

- Essais par paliers, réalisés du 1<sup>er</sup> au 7 août 2017 ;
- Essai de pompage de longue durée, réalisé du 29 au 30 août 2017.

#### *III.3.1. Essais de pompage par paliers*

Lors de ces essais, 4 paliers d'une heure, non enchaînés, ont été réalisés aux débits de 30, 40, 50, 60 m<sup>3</sup>/h sur le forage de prélèvement et 15, 20, 25, 30 m<sup>3</sup>/h sur le forage de réinjection.

Le niveau statique est de -21.47 m/HT (haut tubage acier) sur le forage de prélèvement et -26.4 m/HT sur le forage de réinjection avant lancement des essais de pompage. Les résultats sont présentés sur les Figures 12 et 13.

Les mesures effectuées indiquent que le forage de prélèvement est plus productif que le forage de réinjection. Le captage est en capacité à produire 35 m<sup>3</sup>/h. Le forage de réinjection est certes moins productif mais permettra tout de même l'infiltration du débit d'exploitation.

Afin de confirmer ces premiers résultats, un essai de pompage de longue 24 heures a été réalisé en pompage/réinjection.

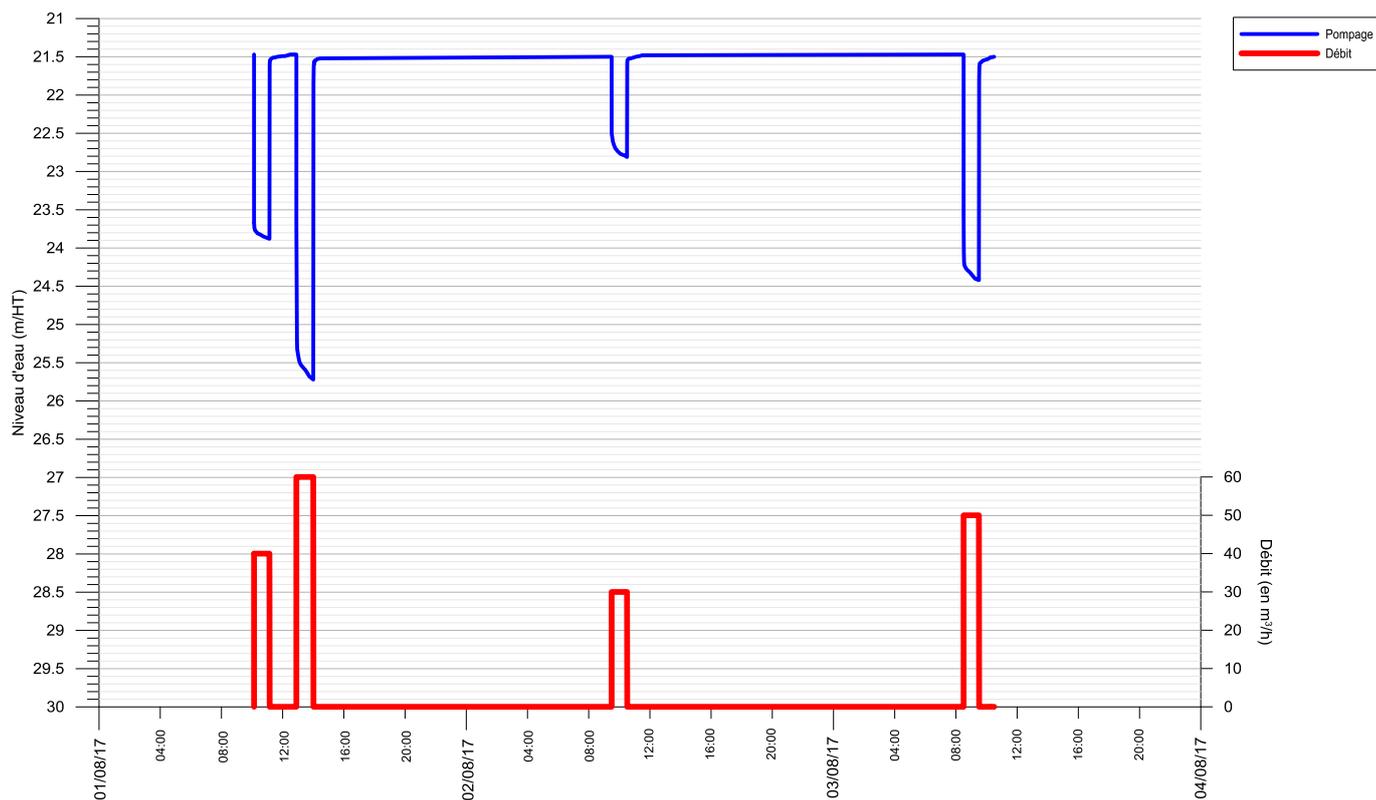


Figure 12 : Pompage par paliers- forage de prélèvement

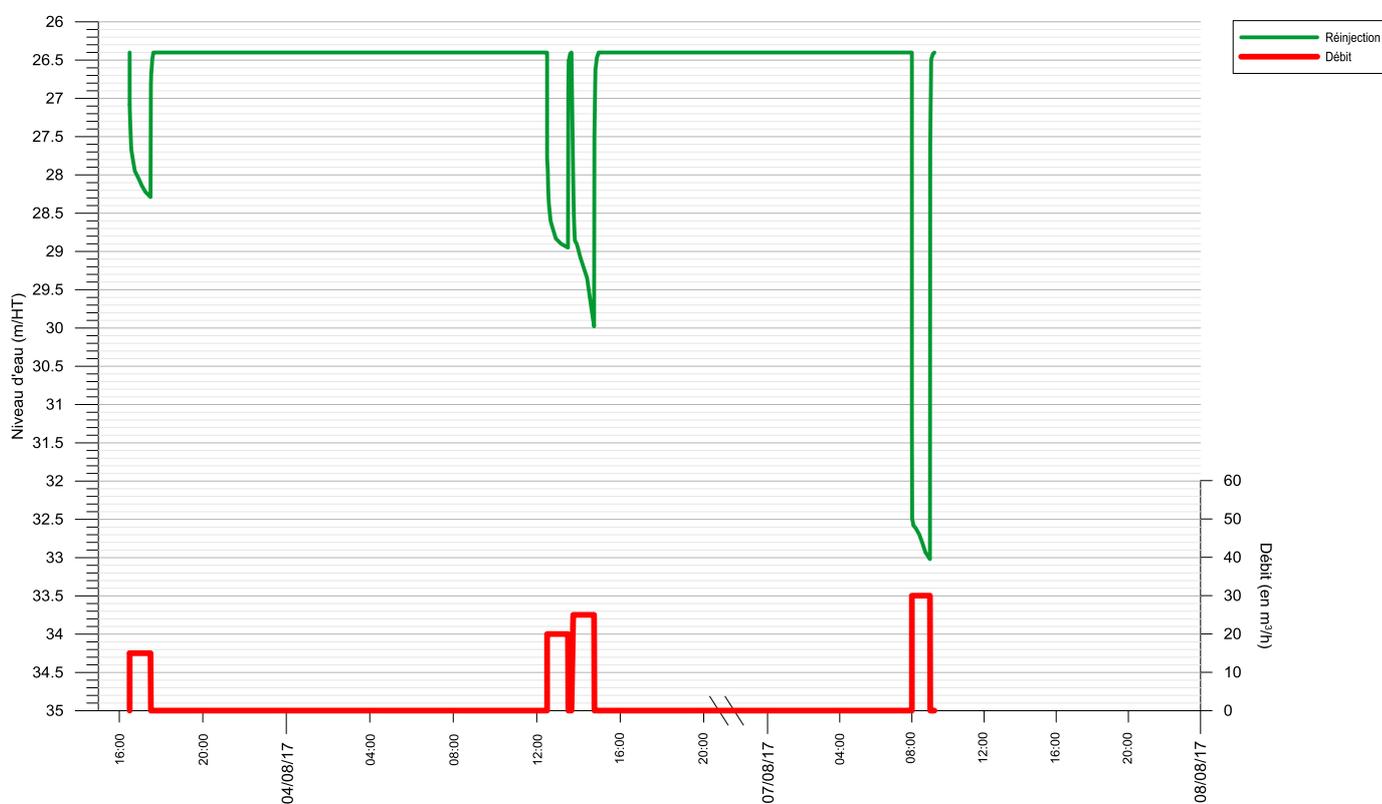


Figure 13 : Pompage par paliers- forage de réinjection

Figure 14 : Résultats des essais de pompage par paliers – forage de prélèvement (08/08/2017)

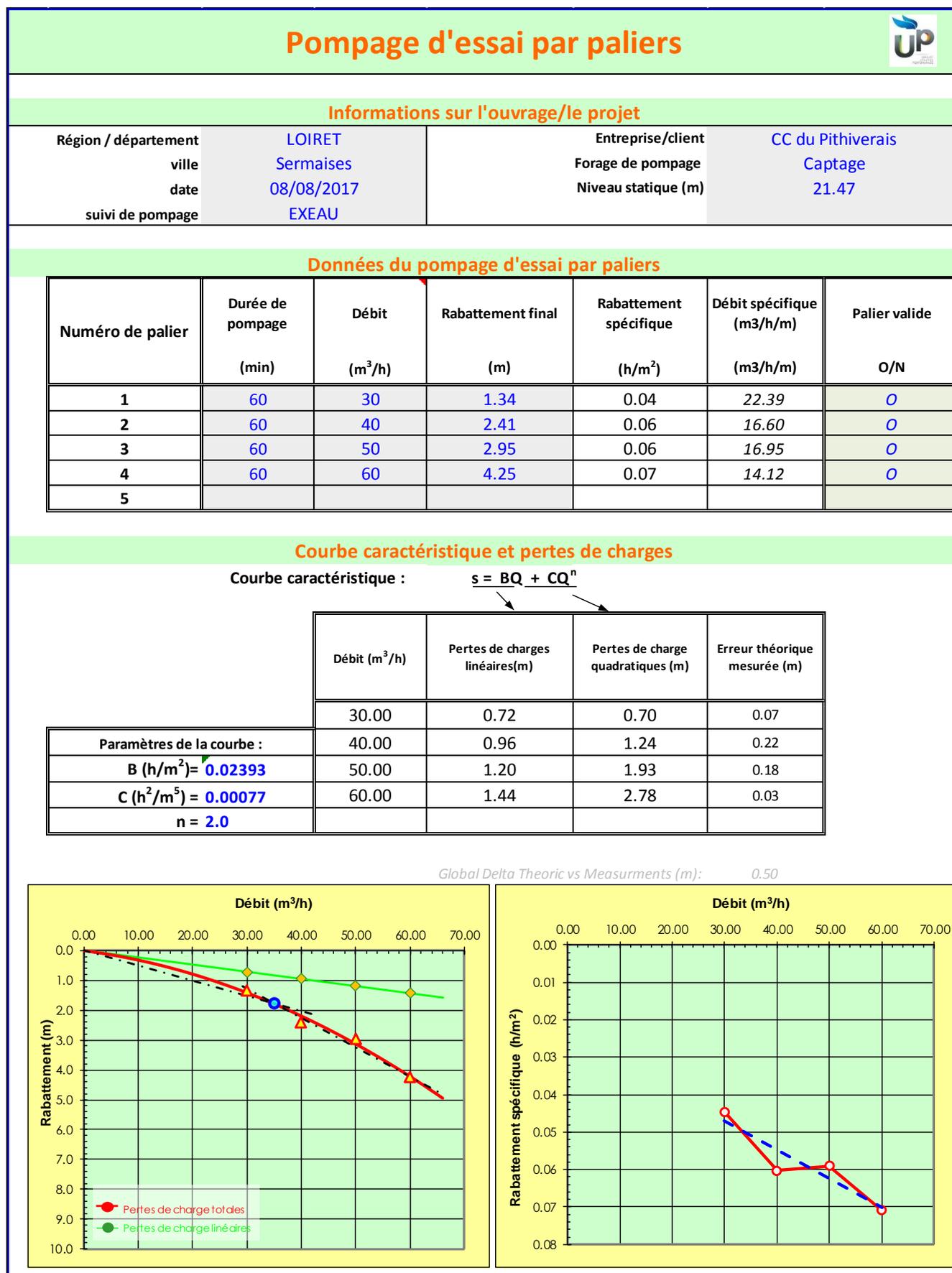
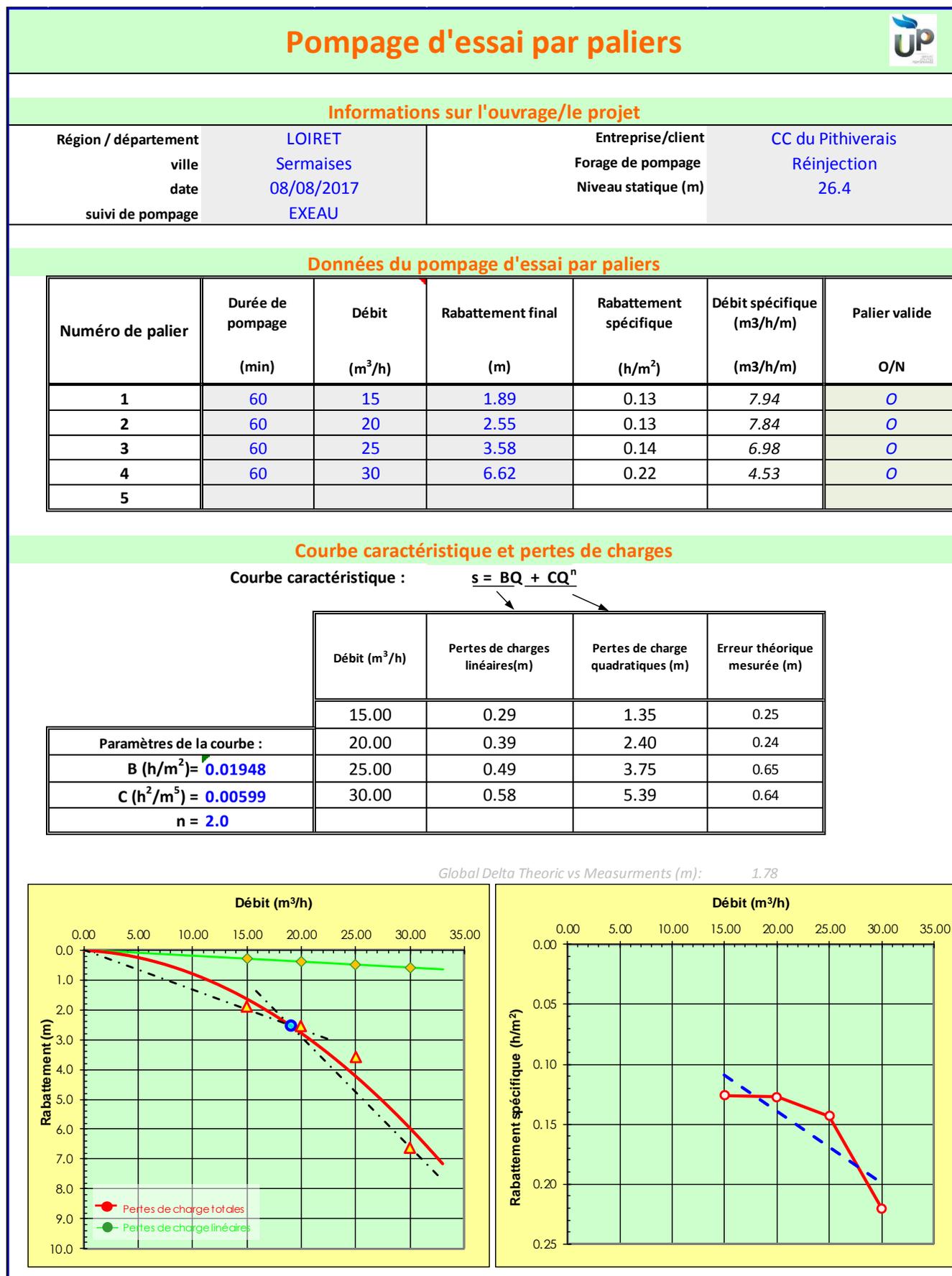


Figure 15 : Résultats des essais de pompage par paliers – forage de réinjection (08/08/2017)



### III.3.1. Essai de pompage longue durée

L'essai de pompage longue durée s'est déroulé sur 24 heures consécutives au débit de 35 m<sup>3</sup>/h.

Le niveau statique était de -21.47 m/HT (forage de prélèvement) et -26.4 m/HT (forage de réinjection) avant le lancement du pompage.

Le niveau dynamique s'est stabilisé au bout de 2 heures. En fin d'essai, le niveau dynamique était de -23.16 m/HT, soit un rabattement de 1.69 m. Les graphiques suivants présentent les niveaux d'eau en mètre par rapport au haut du tubage acier sur le premier et leur conversion en cote m NGF sur le second.

Figure 16 : Niveaux d'eau (m/HT) lors du pompage de longue durée 24 h

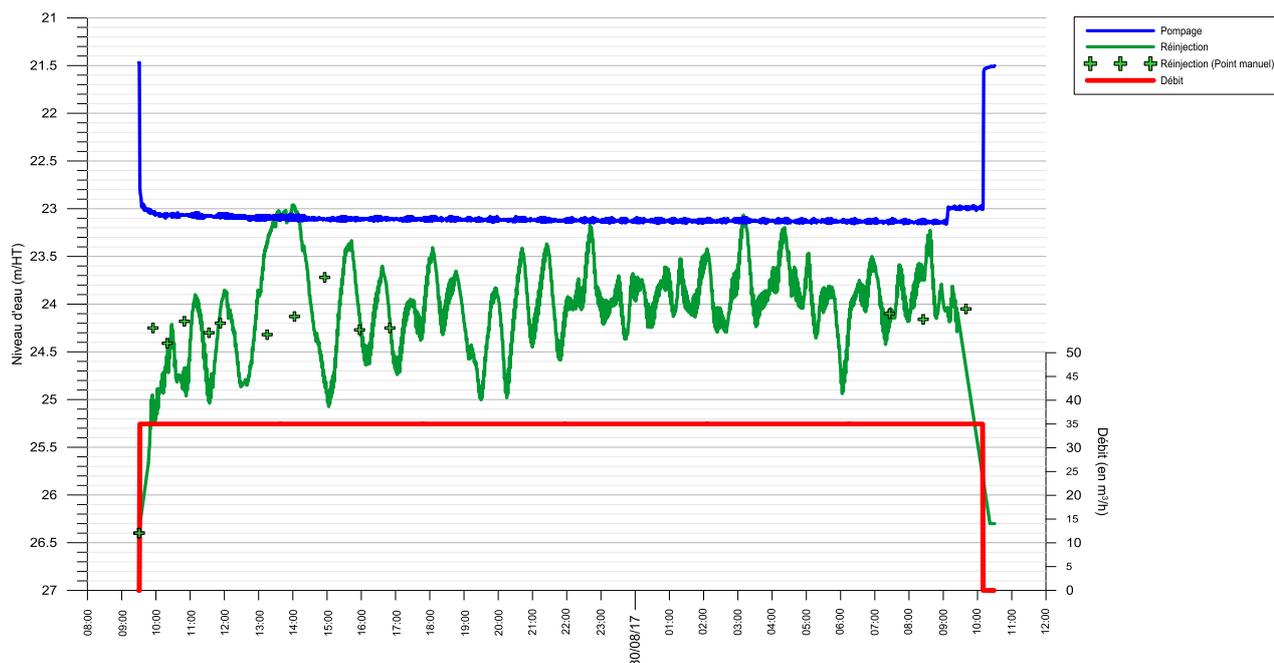


Figure 17 : Niveaux d'eau (m NGF) lors du pompage de longue durée 24 h

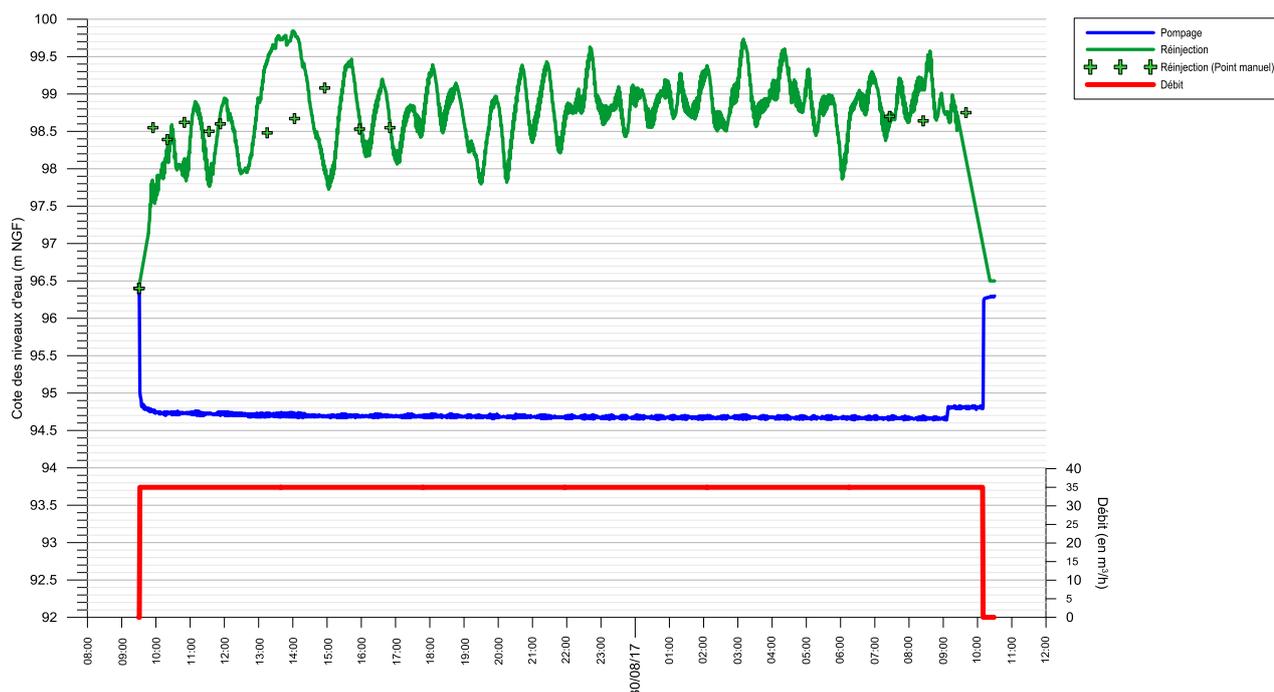
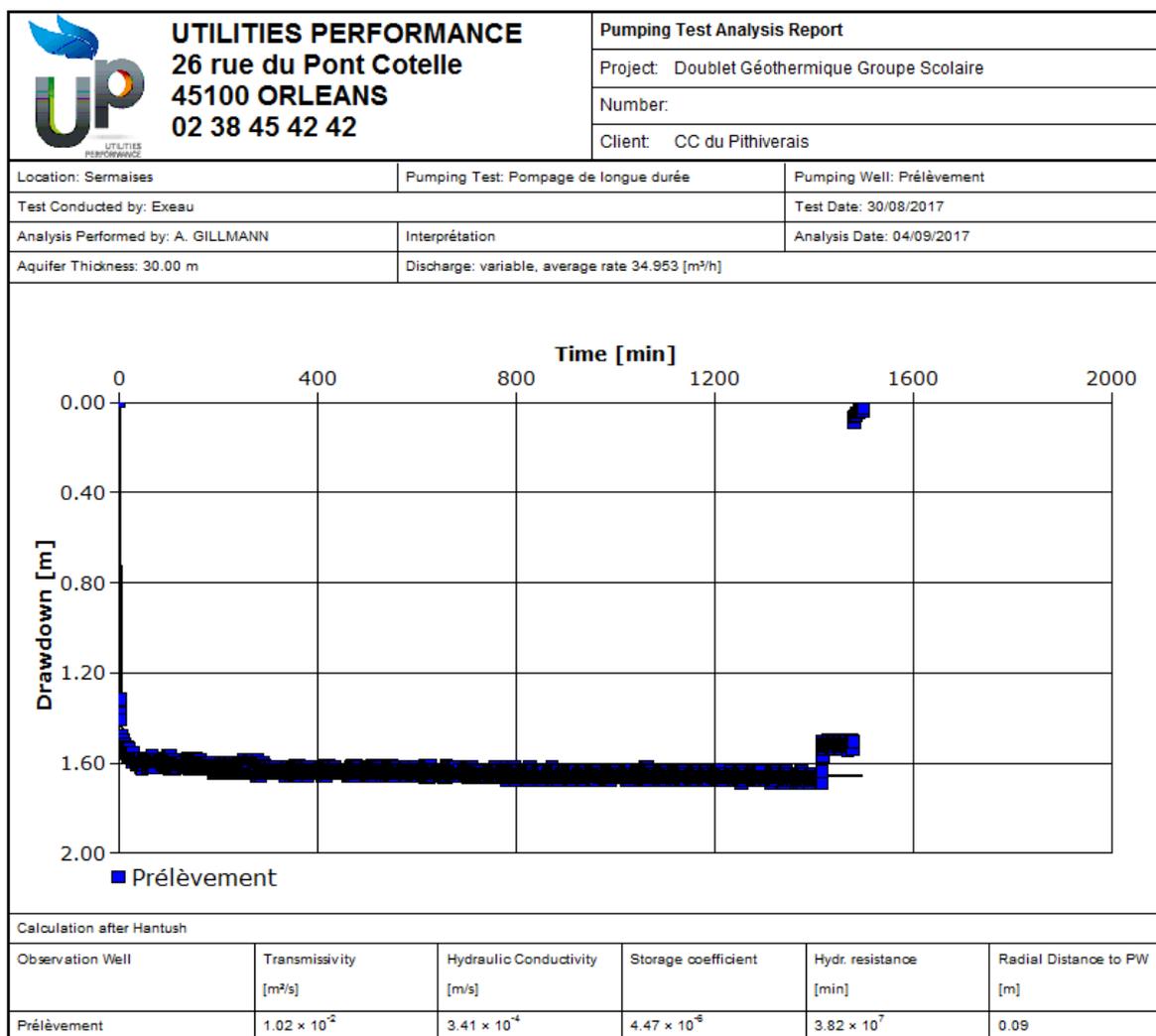


Figure 18 : Interprétation du pompage de longue durée



D'après les résultats de l'essai de pompage, la transmissivité de l'aquifère des calcaires d'Etampes est de  $1.02 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Le débit spécifique de l'ouvrage est bon, de l'ordre de  $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

Les premières crépines étant positionnées à -23.6 mètres/sol, l'ouvrage peut donc être exploité au débit maximal de  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ .

**Toutefois, afin d'éviter le dénoyage des crépines, il serait préférable de limiter le prélèvement à  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ .**

## IV. PRECONISATIONS

### IV.1. Position de la pompe

Les essais de débit de longue durée réalisés sur le forage de prélèvement indiquent des rabattements obtenus compatibles avec l'exploitation et permettent de préciser les conditions hydrogéologiques d'exploitation.

Données à considérer sur le forage de prélèvement :

- Débit : 30 m<sup>3</sup>/h,
- Niveau statique : -21.47 du haut du tubage acier (le 29/08/2017),
- Niveau dynamique attendu à 30 m<sup>3</sup>/h : - 22.8 m
- Battement de la nappe : 3 m.

Les variations de la nappe des calcaires de Pithiviers (appartenant à la nappe de Beauce) sont enregistrées à Autruy sur Juine.

**Figure 19 : Variation piézométrique de la nappe des calcaires de Beauce à Autruy sur Juine (ouvrage n°02928X1014)**



La position de la pompe est déterminée grâce au calcul suivant :

- Niveau dynamique + battement + marge de sécurité +NPSH

La pompe sera donc positionnée de la façon suivante :

- 22.8 + 3 + 2 (marge sécurité) + NPSH, soit environ 33 m de profondeur (selon NPSH de la pompe installée)

**Nous conseillons de positionner la pompe de prélèvement à la profondeur de 33 m environ. Cette dernière sera préférablement équipée d'une chemise de refroidissement.**

## IV.2. Précautions générales

Nous préconisons de prendre les précautions suivantes :

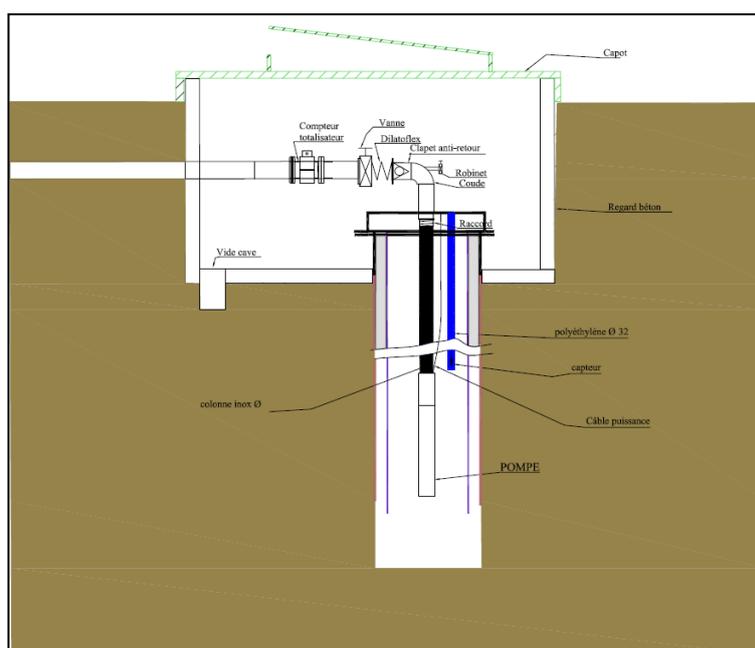
- Ne pas démarrer le forage en tout ou rien (variateur de fréquence)
- Contrôler les niveaux d'eau, les débits, les pressions, les consommations électriques régulièrement (noter sur un cahier d'entretien)
- Munir la tête de forage de prélèvement d'un robinet de prélèvement
- Prévoir un contrôle caméra de l'ouvrage tous les cinq à six ans (en profiter pour procéder à la révision de la pompe)
- Contrôler l'apparence de l'eau
- Contrôler la qualité chimique de l'eau régulièrement
- Mesurer la température en entrée et sortie de circuit
- Mettre la tête de forage étanche (voir schéma tête de puits)
- D'installer une pompe correspondant à la demande

**Une attention particulière sera portée quant au mode d'exploitation du forage de prélèvement, les phases de lancement et d'arrêt seront pilotées progressivement à l'aide d'un variateur de vitesse et dans tous les cas, le débit d'exploitation sera choisi de manière à éviter de dénoyer les crépines et la régulation de fonctionnement privilégiera les temps de fonctionnement long pour limiter les phénomènes de battement de la nappe.**

**Enfin, un programme de contrôle strict des conditions d'exploitation du forage sera mis en œuvre. Il portera à minima sur les paramètres de fonctionnement de la pompe (pression, débit, consommation électrique), l'évolution du niveau dynamique dans le forage et la réalisation d'analyses d'eau brute sommaires avec suivi des paramètres caractéristiques (à minima Température, MES, TH, Fer total, Manganèse).**

## IV.3. Schéma de la tête de puits préconisé

Figure 20 : Schéma de tête de puits



## V. ANALYSES D'EAU

Afin de permettre d'appréhender la qualité de l'eau brute, un prélèvement a été effectué à l'issue de l'essai de pompage longue durée 24 heures, le 30 août 2017. Les échantillons d'eau ont été analysés par le laboratoire WESSLING.

Les résultats sont renseignés dans le Tableau 2. Le rapport d'analyses complet est disponible en annexe.

L'outil d'évaluation SEQ-Eaux, développé par les Agences de l'Eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable permet d'évaluer l'aptitude d'une eau pour certains usages, notamment l'usage « énergie ».

Elle est établie en fonction de trois altérations : la température, la corrosion et la formation de dépôts. La grille d'évaluation est disponible en annexe.

D'après les résultats obtenus sur l'eau brute du forage de pompage, l'eau présente une qualité qui permet l'usage géothermie pour l'altération température (température de l'eau à 13.7°C).

**En revanche, elle présente des risques de corrosion élevée d'après la teneur en oxygène dissous. Cette valeur indique une saturation de l'eau en oxygène mais est à mettre en relation avec la méthode de prélèvement (débit au robinet de prélèvement difficile à vanner).**

**Par ailleurs, les paramètres considérés pour l'altération formation de dépôts présentent un risque de dépôts pour l'usage géothermie souhaité (valeur du pH >5).**

**D'une manière générale, l'eau issue du forage présente une dureté élevée (TAC à 21°f) associée à un pH de 7.8, lui conférant un caractère entartrant. Les eaux sont fortement concentrées en nitrates (69 mg/l).**

**Aucune trace de ferrobactéries et de micro-organismes sulfito-réducteurs n'a été détectée.**

**Ces caractéristiques devront être prises en compte par l'installateur de la pompe à chaleur qui veillera, en fonction des caractéristiques physicochimiques de l'eau brute, à s'assurer de la compatibilité des matériels utilisés.**

**Il sera prudent de prévoir en attente deux piquages amont et aval de l'ensemble filtre – échangeur afin de pouvoir, le cas échéant, réaliser des nettoyages en place.**

Tableau 2 : Résultats des analyses réalisées sur l'ouvrage de pompage comparés au classement SEQ-Eaux « Energie »

Paramètres	Unités	Forage pompage	SEQ-Eaux "Energie"	
<b>Mesures in situ</b>				
Conductivité à 25 °C (in situ)	µS/cm	625		
pH (in situ)	-	7.99		
Température (in situ)	°C	13.7	entre 8 et 15	
Oxygène dissous (in situ)	mg/l	9.9	entre 4 et 8	
Potentiel d'oxydo-réduction (in situ)	mV	57	> 0	> 35.2
<b>Analyse physique</b>				
Potentiel d'oxydo-réduction	mV	298	> 0	> 35.2
Conductivité à 25 °C	µS/cm	670	< 1300	
Résidu sec à 180 °C	mg/l	-		
Turbidité	NTU	0.28		
pH	-	7.99	entre 7 et 9,8	> 5
pH après saturation en calcite (pHs)	-	7.8		indice saturation <= 0,2
MES	mg/l	-		
Carbone Organique Total	mg/l	-		
Tensioactifs non ioniques	mg/l	-		
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°f	21		
Titre alcalimétrique (TA)	°f	0		
Titre hydrométrique (TH) - dureté	°fH	25.3		
Equilibre calco-carbonique	-	-		
<b>Paramètres globaux/indices</b>				
Indice hydrocarbures C10-C40	mg/l	< 0.05		
Indice permanganate	mg/l	-		
Indice phénol	mg/l	-		
<b>Cation, anions et éléments non métalliques</b>				
Hydrogénocarbonates	mg/l	-		
Carbonates	mg/l	< 10		
Oxygène dissous	mg/l	9.6	entre 4 et 8	
Dioxyde de carbone agressif	mg/l	< 3	< 50	
Sulfure	mg/l	< 0.04	< 0,1	
Sulfure d'hydrogène	mg/l	< 0.0058		
Sulfates	mg/l	15	< 250	
Nitrites	mg/l	< 0.05		
Nitrates	mg/l	69		
Ammonium	mg/l	< 0.1		
Azote ammoniacal	mg/l	< 0.078		
Cyanures totaux	mg/l	< 0.005		
Orthophosphates	mg/l	< 0.04		
Chlorures	mg/l	30	< 150	
Fluorures	mg/l	-		
<b>Éléments métalliques</b>				
Calcium	mg/l	95		
Fer	mg/l	< 0.05		
Potassium	mg/l	2.8		
Magnésium	mg/l	3.9		
Manganèse	µg/l	< 5		
Sodium	mg/l	11		
Aluminium	µg/l	< 80		
Antimoine	µg/l	-		
Arsenic	µg/l	< 3		
Baryum	µg/l	-		
Béryllium	µg/l	-		
Plomb	µg/l	< 10		
Bore	µg/l	-		
Cadmium	µg/l	< 1.5		
Chrome	µg/l	< 5		
Cuivre	µg/l	< 15		
Lithium	µg/l	-		
Nickel	µg/l	< 10		
Phosphore	µg/l	-		
Sélénium	µg/l	-		
Silicium	µg/l	-		
Silice	µg/l	-		
Strontium	µg/l	-		
Zinc	µg/l	< 50		
Mercure	µg/l	< 0.5		
<b>Microbiologie</b>				
Spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/100 mL	absence	absence	
Ferrobactéries	UFC/200 mL	absence	absence	absence

- Altération Température
- Altération Corrosion
- Altération Formation de dépôts

## VI. CONCLUSIONS

---

La Communauté de Communes du Pithiverais envisage de chauffer les bâtiments du Groupe scolaire intercommunal à Sermaises (45) au moyen d'un doublet géothermique. Le temps d'utilisation du chauffage est évalué à 7 mois par an.

Les forages ont été réalisés du 24 juillet au 31 août 2017.

La profondeur finale de l'ouvrage de prélèvement est de 42.10 mètres, celui de réinjection 42 mètres. Les ouvrages sont équipés pour capter la nappe contenue dans les calcaires d'Etampes rencontrés entre -14 et -43 mètres sur le forage de prélèvement et entre -23 et -40 mètres sur le forage de réinjection. Le niveau statique est de -21.47 mètres/haut tubage sur le forage de prélèvement et -26.40 mètres/haut tubage sur le forage de réinjection.

Les essais de pompage réalisés sur l'ouvrage indiquent que celui-ci peut être exploité au débit souhaité de 30 m<sup>3</sup>/h sans conséquences pour le doublet de forage.

Une analyse de l'eau brute issue du forage a été réalisée suite à l'essai de pompage longue durée 24 heures. Elle révèle une eau de dureté élevée moyennement apte à l'usage géothermie de par les risques de formation de dépôts. Les eaux sont fortement concentrées en nitrates (69 mg/l). Aucune trace de ferrobactéries et de micro-organismes sulfite-réducteurs n'a été détectée.

Ces caractéristiques devront impérativement être prises en compte par le fournisseur de la pompe à chaleur qui devra s'assurer de la compatibilité de l'eau brute avec les caractéristiques techniques des équipements choisis.

Par ailleurs, et bien que le forage de prélèvement ait montré un fort potentiel, une attention particulière devra être portée aux conditions d'exploitation, notamment en ce qui concerne les rythmes de pompage et le respect des consignes de niveau dynamique.

Le présent document, réalisé par la société *Utilities Performance* pour le compte de la Communauté de Communes du Pithiverais, rend compte des travaux réalisés et de l'analyse effectuée sur le doublet de forage.

## ANNEXES

## **ANNEXE 1 :**

# **Rapport d'analyses de l'ouvrage de pompage**

Laboratoire WESSLING, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

**UTILITIES PERFORMANCE**  
**Monsieur Corentin GALAN**  
26, Rue du Pont Cotelle  
45100 ORLEANS

Rapport d'essai n° : ULY17-015039-1  
Commande n° : ULY-10310-17  
Interlocuteur : C. Delente  
Téléphone : +33 474 999 629  
eMail : Caroline.Delente@wessling.fr  
Date : 29.09.2017

# Rapport d'essai

## ULY-1677-1-17.

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparti entre le prélèvement et l'analyse préconisé dans les normes suivies.

Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.

Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais est disponible sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon.

Les essais effectués par le laboratoire de Paris sont accrédités par le COFRAC sous le numéro 1-5578.

Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DAKKS sous le numéro D-PL-14162-01-00 ([www.as.dakks.de](http://www.as.dakks.de)).

Les essais effectués par le laboratoire hongrois de Budapest sont accrédités par le NAT sous le numéro NAT-1-1398 ([www.nat.hu](http://www.nat.hu)).

Les essais effectués par le laboratoire polonais de Krakow sont accrédités par le PCA sous le numéro AB 918 ([www.pca.gov.pl](http://www.pca.gov.pl)).

Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

La conclusion ne tient pas compte des incertitudes et n'est pas couverte par l'accréditation.

St Quentin Fallavier, le 29.09.2017

N° d'échantillon 17-136726-01  
Désignation d'échantillon Unité CAPTAGE

Potentiel redox avant prélèvement	mV E/L	298,4
o-Phosphate (PO4)	mg/l E/L	<0,04
Bactéries sulfato-réductrices	KBE/ml E/L	0
Bactéries ferrugineuses	MB	Absence

#### Analyse physique

Conductivité [25°C]	µS/cm E/L	670
pH	E/L	7,8
Turbidité	NTU E/L	0,28
pH	E/L	7,8
Oxygène dissous	mg/l E/L	9,6

#### Paramètres globaux / Indices

Indice hydrocarbure C10-C40	mg/l E/L	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l E/L	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l E/L	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l E/L	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l E/L	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l E/L	<0,05

#### Cations, anions et éléments non métalliques

Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F E/L	21
Carbonate (CO3)	mg/l E/L	<10
Alcalinité libre (Titre Alcalimétrique - TA)	°F E/L	0
Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	<3,0
Sulfure (S) dissous	mg/l E/L	<0,04
Sulfure d'hydrogène (H2S)	mg/l E/L	<0,0058
Chlorures (Cl)	mg/l E/L	30
Nitrates (NO3)	mg/l E/L	69
Sulfates (SO4)	mg/l E/L	15
Nitrites (NO2)	mg/l E/L	<0,05
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	<0,1
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	<0,078
Titre hydrotimétrique (dureté)	°fH E/L	25,3

#### Divers

Alcalinité pH 4,3	mmol/l E/L	4,3
-------------------	------------	-----

#### Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'eau régale	E/L	01/09/2017
-------------------------------	-----	------------

St Quentin Fallavier, le 29.09.2017

N° d'échantillon **17-136726-01**  
Désignation d'échantillon **CAPTAGE**

#### Eléments

Eléments	Unité	
Sodium (Na)	mg/l E/L	11
Magnésium (Mg)	mg/l E/L	3,9
Aluminium (Al)	µg/l E/L	<80
Potassium (K)	mg/l E/L	2,8
Calcium (Ca)	mg/l E/L	95
Chrome (Cr)	µg/l E/L	<5,0
Manganèse (Mn)	µg/l E/L	<5,0
Nickel (Ni)	µg/l E/L	<10
Cuivre (Cu)	µg/l E/L	<15
Zinc (Zn)	µg/l E/L	<50
Arsenic (As)	µg/l E/L	<3,0
Cadmium (Cd)	µg/l E/L	<1,5
Plomb (Pb)	µg/l E/L	<10
Mercuré (Hg)	µg/l E/L	<0,5
Fer (Fe)	mg/l E/L	<0,05

#### Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)

Benzène	µg/l E/L	<0,5
Toluène	µg/l E/L	<0,5
Ethylbenzène	µg/l E/L	<0,5
o-Xylène	µg/l E/L	<0,5
m-, p-Xylène	µg/l E/L	<0,5
Cumène	µg/l E/L	<0,5
Mésitylène	µg/l E/L	<0,5
o-Ethyltoluène	µg/l E/L	<0,5
m-, p-Ethyltoluène	µg/l E/L	<0,5
Pseudocumène	µg/l E/L	<0,5
Somme des CAV	µg/l E/L	-/-

#### Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène	µg/l E/L	<0,02
Acénaphthylène	µg/l E/L	<0,02
Acénaphthène	µg/l E/L	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L	<0,02
Anthracène	µg/l E/L	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	<0,02
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-

**St Quentin Fallavier, le 29.09.2017**

## Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	17-136726-01
Date de réception :	31.08.2017
Désignation :	CAPTAGE
Type d'échantillon :	Eau propre
Date de prélèvement :	30.08.2017
Heure de prélèvement :	10:00
	2X500PE
	STERILE+250V
	HCT+4X250V+10
	0V
Récipient :	CN+4X100PE+2X
	100PE
	HNO3+2X60PE
	HNO3+60PE
	H2SO4+6X60PE+
	2HS
Température à réception (C°) :	12°C
Début des analyses :	31.08.2017
Fin des analyses :	29.09.2017

St Quentin Fallavier, le 29.09.2017

## Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre	Norme	Laboratoire	Ech. Concernés
Dioxyde de carbone agressif sur eau / lixiviat	DIN 38404 C10(A)	Wessling Oppin (D)	
Oxygène dissous	EN 25814	Wessling Lyon (F)	
Conductivité électrique sur eau / lixiviat	NF EN 27888(A)	Wessling Lyon (F)	
pH	NFT 90-008(A)	Wessling Lyon (F)	
Anions dissous (filtration à 0,2 µ)	Méth. interne ION adaptée de NF EN ISO 10304-1(#)	Wessling Lyon (F)	17-136726-01
Anions dissous (filtration à 0,2 µ)	Méth. interne ION adaptée de NF EN ISO 10304-1(A)	Wessling Lyon (F)	17-136726-01
Bactéries ferrugineuses	WEX 1264	Laboratoire partenaire	
BART-Test	WES 528	Wessling Walldorf (D)	
Sulfures dissous	DIN 38405 D26(A)	Wessling Altenberge (D)	
Potentiel redox	Méthode interne	Wessling Lyon (F)	
Métaux sur eau / lixiviat (ICP-MS)	NF EN ISO 17294-2(A)	Wessling Lyon (F)	
Dureté calcique dans les eaux/eluats TH (°F)	Méth. interne dureté V1(A)	Wessling Lyon (F)	
Métaux sur eau / lixiviat (ICP-MS)	NF EN ISO 17294-2(A)	Wessling Lyon (F)	
Minéralisation à l'eau régale pour métaux totaux	NF EN ISO 15587-1(A)	Wessling Lyon (F)	
Turbidité de l'eau / lixiviat	DIN EN ISO 7027(A)	Wessling Oppin (D)	
Alcalinité TA, TAC ( Calcul)	NF EN ISO 9963-1(A)	Wessling Lyon (F)	
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	NF EN ISO 11732(A)	Wessling Lyon (F)	
o-Phosphate (P)	NF EN ISO 6878(A)	Wessling Lyon (F)	
Indice hydrocarbures (GC) sur eau / lixiviat (HCT)	NF EN ISO 9377-2(A)	Wessling Lyon (F)	
Benzène et aromatiques (CAV-BTEX)	NF ISO 11423-1(A)	Wessling Lyon (F)	
HAP	Méth. interne HAP-PCB adaptée de NF T90-115(A)	Wessling Lyon (F)	
Capacité acide/base sur eau/lixiviat	DIN 38409 H7(A)	Wessling Oppin (D)	
pH sur eau / lixiviat	DIN 38404-5(A)	Wessling Oppin (D)	

(#)L'absence d'accréditation provient du délai de mise en analyse par rapport au prélèvement supérieur aux exigences normatives.

Anions dissous (filtration à 0,2 µ) :

17-136726-01 MeC 1 Paramètres non accrédités : Nitrates (NO<sub>3</sub>), Nitrites (NO<sub>2</sub>)

St Quentin Fallavier, le 29.09.2017

## Informations sur les méthodes d'analyses

Commentaires :

17-136726-01

Commentaires des résultats:

pH (E/L), pH: Température de mesure du pH : 17,7°C

Métaux (E/L), Cuivre (Cu): Seuil de quantification augmenté en raison de contaminations du blanc de minéralisation

Métaux (E/L), Aluminium (Al): Seuil de quantification augmenté en raison de contaminations du blanc de minéralisation

HCT GC-FID (E/L), Indice hydrocarbure C10-C40: Résultat sous réserve : Pour effectuer l'extraction dans le flacon d'origine, un retrait d'une partie de la phase aqueuse a été nécessaire. Ce retrait a pu engendrer un sous dosage de l'échantillon.

Pour parfaire la lecture de vos résultats, les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice. Les métaux réalisés après minéralisation sont les éléments totaux. Sans minéralisation, Il s'agit des éléments dissous.

Compte tenu du dépassement de la température de réception des échantillons par rapport à l'exigence de 8°C, l'accréditation des résultats d'essai a été maintenue sous réserve de la filtration et de l'acidification des échantillons sur site lors de leurs prélèvements selon les paramètres concernés.

Signataire Rédacteur

**Caroline DELENTE**

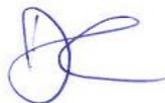
Assistante Responsable Service Clientèle



Signataire Technique

**Anne-Christine WAYMEL**

Responsable Qualité



## **ANNEXE 2 :**

# **Référentiel du SEQ - EAUX Souterraines – usage « énergie »**

Le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-Eaux souterraines) a été développé par les Agences de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2003). Cet outil permet d'évaluer de manière simple et rigoureuse la qualité de l'eau pour un certain nombre d'usages, notamment l'usage « énergie ».

L'aptitude de l'eau pour l'usage « énergie » est établie suivant la classification suivante :

Classe	Aptitude pour satisfaire l'usage	
Bleu		Très bonne
Vert		Bonne
Jaune		Passable
Orange		Mauvaise
Rouge		Inapte à satisfaire l'usage

Cette classification est établie en fonction de trois « altérations » qui décrivent l'usage de l'eau souterraine à des fins énergétiques : la température, la corrosion et la formation de dépôts.

**Figure 21 : Détails de la classification « énergie »**

Classe	Climatisation / pompes à chaleur	Corrosion	Formation de dépôts
Bleu 	favorable à l'usage énergétique considéré	absence de corrosion	pas de risques de dépôts importants
Vert 	permet l'usage énergétique considéré	corrosion faible	peu de risques de dépôts
Jaune 	usage délicat pour raisons techniques ou économiques	corrosion modérée	risques de dépôts
Orange 	(1)	corrosion moyenne	(1)
Rouge 	(1)	corrosion forte	dépôts très importants

(1) classe non définie.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau utilisée permettent ainsi d'évaluer l'aptitude de l'eau à l'usage « énergie ». Les tableaux d'évaluation sont présentés ci-après.

### Altération Température - Usage Climatisation

Paramètre	Unité	Bleu	Vert	Jaune
Température	°C	> 8 et ≤ 12	> 12 et ≤ 15	≤ 8 ou > 15

### Altération Température - Usage Pompes à chaleur

Paramètre	Unité	Bleu	Vert	Jaune
Température	°C	> 15 et ≤ 60	> 8 et ≤ 15	≤ 8 ou > 60

### Altération Corrosion

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
CO <sub>2</sub> dissous	mg/l	50		120	200	
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	absence ou > 8	> 0 et ≤ 0.1		> 0.1 et ≤ 4	> 4 et ≤ 8
Salinité*	g/l NaCl	0.6		1.5	3	
Conductivité*	µS/cm	1300		3000	6000	
pH		> 9.8	> 7 et ≤ 9.8	≥ 6 et ≤ 7		< 6
Chlorures*	mg/l	150		400	1000	
Sulfates*	mg/l	250		500	1500	
Ferro-bactéries		absence				présence
Bactéries sulfato-réductrices	N/ml	absence	10		100	
Sulfures	mg/l HS <sup>-</sup>	0.1		8	50	
Eh (potentiel d'oxydoréduction)	mV	≤ -600 ou > 0		> -600 et ≤ -500	> -500 et ≤ -400	> -400 et ≤ 0

\* au moins l'un des quatre paramètres doit être mesuré. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.

### Altération Formation de dépôts

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
pH		5.00				
Eh - selon la valeur du pH <sup>(1)</sup>						
pH ≤ 3.5		1500				
3.5 < pH ≤ 9.6	mV	<sup>(1)</sup>				
pH > 9.6		- 800				
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	0.10		5.5		
Ferro-bactéries		absence				
Indice saturation - selon la valeur du TAC <sup>(2)</sup>						
TAC < 10°F		0.2		2		
10°F < TAC ≤ 25°F		0.2		1		
TAC > 25°F		0.2		0.5		

(1) Potentiel d'oxydo-réduction Eh = 1330 - 166 pH

(2) Indice saturation = pHS-pH. Le pHS est le pH d'équilibre ou de saturation après essai au marbre

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage