

ZAC Seguin Rives de Seine à Boulogne Billancourt (92) - Forages d'essai dans le cadre d'un projet de mise en place de thermofrigopompes sur eau de nappe

Rapport de fin de travaux

Octobre 2010 – A 59385 /A

IDEX RIVES DE SEINE

**3, Rue Escudier
92513 BOULOGNE BILLANCOURT CEDEX**



AGENCE PARIS-CENTRE-NORMANDIE

EAU RESSOURCE

11, rue de la Vanne
92120 MONTROUGE
Tél. : 01 57 63 14 00 - Fax : 01 57 63 14 01

Sommaire

	Pages
1. Introduction	5
2. Données sur les forages	6
2.1. Entreprise retenue	6
2.2. Localisation des forages	6
3. Chronologie des opérations	9
4. Coupes des forages	12
4.1. Contexte géologique et hydrogéologique local.....	12
4.2. Coupes géologique et technique des forages	13
4.2.1. Coupe géologique	13
4.2.2. Coupe technique : mode de foration et équipements mis en place.....	14
4.2.3. Têtes de forage	14
5. Nettoyage et développement des forages.....	15
5.1. Acidification.....	15
5.2. Développement par pompages	15
6. Pompages d'essai.....	17
6.1. Essais par paliers	17
6.1.1. Test du F1	18
6.1.2. Test du F2	20
6.1.3. Test du F3	22
6.2. Essais de longue durée	24
6.2.1. Préambule	24
6.2.2. Test du F1	25
6.2.3. Test du F2	27
6.2.4. Test du F3	30
6.3. Essais en boucle	32
7. Analyses de la qualité des eaux	35
7.1. Prélèvements et analyses effectués	35
7.2. Résultats des analyses	36
8. Réalisation de diagraphies.....	37
8.1. Inspection des forages par caméra vidéo	37
8.1.1. Forage F1	37
8.1.2. Forage F2	38
8.1.3. Forage F3	39
8.2. Diagraphie au micromoulinet.....	39
9. Conclusions et recommandations	41

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du site sur extrait de carte et photographie aérienne (site Géoportail IGN).....	7
Figure 2 : Localisation des forages sur extrait de plan cadastral.....	8
Figure 3 : Interprétation du pompage d'essai par paliers dans F1.....	19
Figure 4 : Interprétation du pompage d'essai par paliers dans F2.....	21
Figure 5 : Interprétation du pompage d'essai par paliers dans F3.....	23
Figure 6 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F1 - Interprétation selon Theis-Jacob.....	26
Figure 7 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F2 – Interprétation selon Theis-Jacob.....	28
Figure 8 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F2 avec suivi des niveaux dans le forage F1 – Interprétation selon Theis-Jacob.....	29
Figure 9 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F3 - Interprétation selon Theis-Jacob.....	31
Figure 10 : Evolution des niveaux d'eau au cours de l'essai en boucle (pompage dans F2 et réinjection dans F1).....	33
Figure 11 : Evolution des niveaux d'eau au cours de l'essai en boucle (pompage dans F1 et réinjection dans F2).....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des forages.....	6
Tableau 2 : Chronologie des opérations.....	11
Tableau 3 : Résultats des pompages d'essai par paliers dans F1.....	18
Tableau 4 : Résultats des pompages d'essai par paliers dans F2.....	20
Tableau 5 : Résultats des pompages d'essai par paliers dans F3.....	22
Tableau 6 : Résultats de l'essai de réinjection - F2 vers F1.....	32
Tableau 7 : Résultats de l'essai de réinjection – F1 vers F2.....	32
Tableau 8 : Résultats des analyses d'eau dans la Craie.....	36

Liste des annexes

Annexe 1 : Coupes géologique et technique des forages
Annexe 2 : Tête et fermeture des forages
Annexe 3 : Mesures SANFOR lors des essais en boucle
Annexe 4 : Bordereaux d'analyses
Annexe 5 : Rapport de diagraphies
Annexe 6 : Photos du chantier

1. Introduction

Dans le cadre du projet d'aménagement de la ZAC Seguin-Rives de Seine, la mairie de Boulogne-Billancourt a choisi de confier la réalisation et l'exploitation des réseaux urbains de chaleur et de climatisation à la Société IDEX SEGUIN RIVES DE SEINE ENERGIES¹. Ce partenariat, établi sous la forme d'une délégation de service public, a été signé en 2006 pour une durée de 24 ans.

Pour l'accomplissement de sa mission, IDEX projette de compléter des installations existantes (sous-station d'échange vapeur/eau chaude exploitée et centrale de production de froid en construction) par une production simultanée de chaud et de froid par une centrale de thermofrigopompes sur eau de nappe.

Concernant la partie sous-sol, une étude de faisabilité réalisée par GPC-IP conduit à prévoir entre 3 à 5 puits froids et 5 à 10 puits chauds sur le trapèze de la ZAC, fonctionnant alternativement en puits injecteurs ou en puits producteurs.

IDEX a confié la maîtrise d'œuvre de la réalisation des trois premiers forages du dispositif, dits « forages de reconnaissance », à ANTEA, ainsi que la rédaction du dossier de demande d'autorisation d'exploiter (DDAE). Les résultats obtenus sur les forages de reconnaissance seront utilisés par GPC-IP pour affiner la modélisation et le dimensionnement des installations et notamment fixer le nombre de forages de pompage et de réinjection nécessaires.

La réalisation des forages d'essai et les essais associés se sont déroulés entre le 19 juillet et le 10 septembre 2010. Les travaux de réalisation des forages d'essai et les interprétations des pompages d'essai font l'objet du présent rapport.

¹ Pour faciliter la lecture, dans la suite du document, le Maître d'Ouvrage sera désigné par « IDEX »

2. Données sur les forages

2.1. Entreprise retenue

Société SANFOR
8, rue Jean Cocteau
77340 PONTAULT-COMBAULT

2.2. Localisation des forages

La localisation du site sur extrait de carte topographique IGN et sur photographie aérienne est présentée sur la **Figure 1**.

L'implantation des forages d'essai sur fond de plan cadastral est présentée sur la **Figure 2**. Les coordonnées des forages dans le système Lambert 1 Nord sont précisées dans le **Tableau 1**.

	Parcelle	X (en m)	Y (en m)	Z
F1	BD	592 617	2 425 650	+ 31 m NGF
F2	BD	592 489	2 425 575	+ 31 m NGF
F3	BD	593 022	2 425 012	+ 34 m NGF

Tableau 1 : Coordonnées des forages

Le projet prévoit des « puits froids » en bordure ouest du trapèze, des « puits chauds » en bordure est du trapèze, tous ces puits étant utilisés en pompage ou en réinjection, selon la saison (les forages F1 et F2 feront partie des puits dits froids le forage F3 des puits dits chauds).

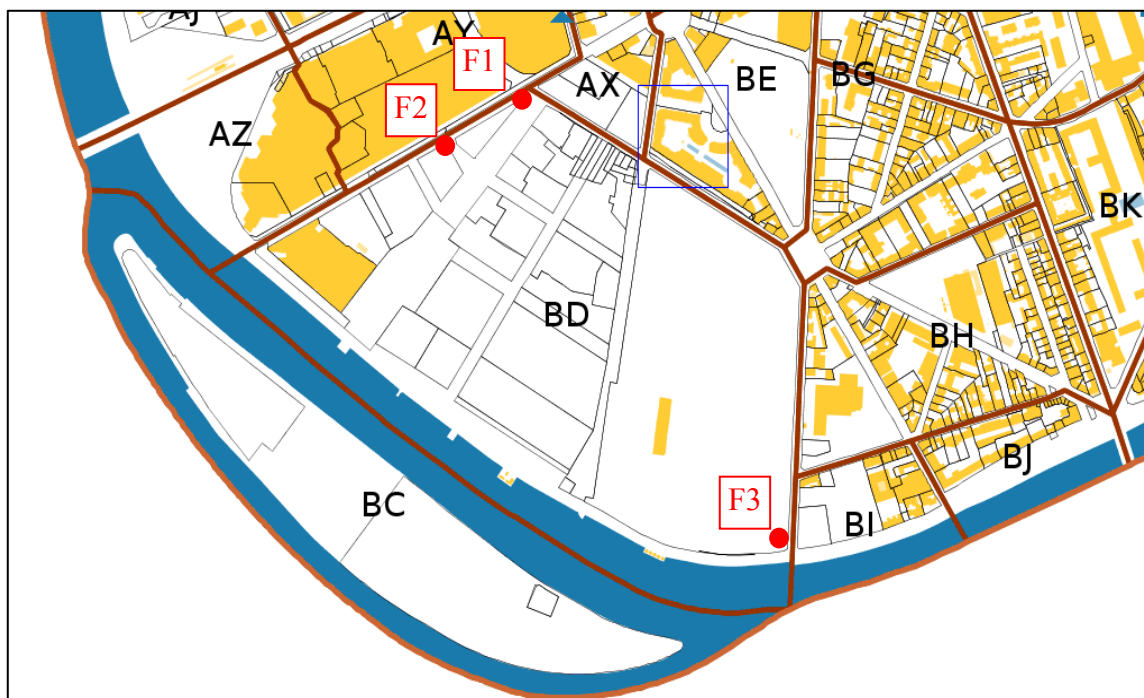


Figure 2 : Localisation des forages sur extrait de plan cadastral

3. Chronologie des opérations

Les travaux se sont déroulés du lundi 19 juillet au vendredi 10 septembre 2010, selon la chronologie détaillée dans le tableau ci-dessous (**Tableau 2**).

Semaine	F1	F2	F3
28	<u>w-e 17-18/07/2010</u> : arrivée de la machine SEDIDRILL 500		w-e 17-18/07/2010 : arrivée de la machine SEDIDRILL 1500
29	<u>Lun 19/07</u> : installation, creusement manuel avant-trou 1,20 m, percement dalle béton. RAS. <u>Mar 20</u> : foration 12''1/4 jusqu'à 15 m (Craie rencontrée à 13 m, ancrage de 2 m dans la Craie) <u>Mer 21</u> : alésage 17''1/2 jusqu'à 15 m <u>Jeu 22</u> : alésage 24'' jusqu'à 15 m <u>Ven 23</u> : descente tube acier (Ø 508 mm ext., ép. 6 mm) jusqu'à 14,70 m, cimentation annulaire. <u>Sam 24, dim 25</u> : séchage cimentation		<u>Lun 19/07</u> : creusement manuel avant-trou, percement dalle béton. RAS. <u>Mar 20</u> : Foration 17''1/2 jusqu'à 18 m (Craie rencontrée à 15,80 m, ancrage de 2 m dans la Craie) <u>Mer 21</u> : Alésage en 26'' (660 mm) jusqu'à 18 m <u>Jeu 22</u> : descente tube acier (Ø 508 mm ext., ép. 6 mm) jusqu'à 18 m, cimentation par le fond par cannes d'injection. <u>Ven 23</u> : complément de ciment dans l'annulaire, gravitairement
30	<u>Lun 26/07</u> : foration dans la Craie en 12''1/4 jusqu'à 41 m, pertes boue de forage à 38-39 m <u>Mar 27/07</u> : alésage en 17''1/2 <u>Mer 28/07</u> : descente colonne crépinée (Ø 324 mm ext., ép. 6 mm), fond posé à 40,50 m, top de la colonne à 13,30 m. mise en place gravier 3/6 mm. <u>Jeu 29/07 et ven. 30/07</u> : nettoyage à l'air-lift	<u>Ven 30/07</u> : installation des bacs à boue en F2 (sur pelouse)	<u>Lun 26/07</u> : foration dans la Craie en 17''1/2 jusqu'à 40 m <u>Mar 27/07</u> : réception des tubes inox pour les 3 forages (Ø 324 mm ext., ép. 6 mm). Descente crépine l'après midi, fond posé à 40 m, <u>Mer 28/07</u> : nettoyage à l'air-lift <u>Jeu 29/07</u> : visite de le SEVESC pour confirmation des regards à utiliser pour les rejets. <u>Ven 30/07</u> : reprise nettoyage à l'air-lift,

ANTEA
IDEX
ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Rapport de fin de travaux - A 59385/A

Semaine	F1	F2	F3
31	<p><u>Lun 02 à jeu 04/08</u> : RAS, préparation pour acidification.</p> <p><u>Ven 06/08</u> : installation dispositif d'acidification</p>	<p><u>Lun 02/08</u> : installation des protections de trottoir etc... Nuit de lun à mar : arrivée de la machine par convoi exceptionnel.</p> <p><u>Mar 03/08</u> : installation, creusement manuel avant-trou 1,20 m.</p> <p><u>Mer 04 – jeu 05/08</u> : foration en 17''1/2 jusqu'à 16 m.</p> <p><u>Ven 06/08</u> : alésage en 26"</p>	<p><u>Lun 02/08</u> : installation dispositif d'acidification et air-lift</p> <p><u>Mar 03/08</u> : acidification en 2 passes 1,5 tonnes chacune, temps d'action 1h30 puis air-lift 3h entre les 2 passes</p> <p><u>Mer 04/08</u> : air-lift</p> <p><u>Jeu 05/08</u> : remontée air-lift et cannes d'injection d'acide, descente pompe</p> <p><u>Ven 06/08</u> : pompages de développement</p>
32	<p><u>Lun 09/08</u> : acidification en 2 passes 1,5 tonnes chacune, temps d'action 1h30 puis air-lift 3h entre les 2 passes</p> <p><u>Mar 10/08</u> : nettoyage à l'air lift</p> <p><u>Mer 11/08</u> : nettoyage à l'air lift le matin puis remontée de la colonne air lift l'ap.m.</p> <p><u>Jeu 12/08</u> : attente pompe (utilisée sur F3)</p> <p><u>Ven 13/08</u> : installation pompe immergée</p>	<p><u>Lun 09/08</u> : pose tubage Ø 508 mm-et cimentation annulaire (tube posé à 15,80 m).</p> <p><u>Mar 10/08</u> : foration Craie en 17'' ½ jusqu'à 40 m.</p> <p><u>Mer 11/08</u> : alésage en Ø 12''^{1/4}.</p> <p><u>Jeu 12/08</u> : descente colonne crépinée, tube posé à 39,80 m. Top de la colonne à 12,50 m. Mise en place gravier 3/6 mm,</p> <p><u>Ven 13/08</u> : nettoyage à l'air lift</p>	<p><u>Lun 09/08</u> : poursuite des pompages de développement marche-arrêts progressifs</p> <p><u>Mar 10/08</u> : pompage par paliers.</p> <p><u>Mer 11/08</u> : pompage longue durée commencé à 8-9h mais rupture du flexible au passage sur le mur vers le rejet SEVESCO, arrêt à 12h30. Mise en place d'un coude en acier sur le mur. Reprise du pompage à 18h00.</p> <p><u>Jeu 12/08</u> : pompage longue durée. Fin à 18h00 puis suivi remontée. Prélèvement d'un échantillon d'eau pour analyse à 17h15.</p> <p><u>Ven 13/08</u> : fin suivi remontée, désinstallation de la pompe immergée.</p>
33	<p><u>Lun 16/08</u> : pompages de développement Lundi 8h-13h : pompage à 120 et 180 m³/h Arrivée du groupe « insonorisé ».</p> <p><u>Mar 17/08</u> : reprise des pompages de développement avec marches-arrêts successifs.</p> <p><u>Mer 18/08</u> : pompage par paliers</p> <p><u>Jeu 19 à ven 20/08</u> : pompage longue durée de 24 h (de 7h à 7h). Prélèvement échantillon d'eau à 6h30 vendredi matin puis remontée de la pompe</p>	<p><u>Lun 16/08</u> : nettoyage à l'air lift</p> <p><u>Mar 17/08</u> : préparation de la tête pour acidification</p> <p><u>Mer 18/08</u> : Acidification sous pression, 2 passes de 1.5 tonne. 1^{ère} passe en 2 fois (600 l puis 900 l, montée en pression jusqu'à 1,5 bars puis redescende) (à 24 m), 2^{ème} passe en 1 fois (à 34 m). Nettoyage à l'air lift pendant 3 h.</p> <p><u>Jeu 19/08</u> : Air lift jusqu'en début d'ap. m. puis remontée de l'air lift et cannes d'injection de l'acide</p>	<p><u>Lundi 16/08</u> : complément de gravier. Fermeture provisoire du forage (soudure plaque).</p>

ANTEA
IDEX
ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Rapport de fin de travaux - A 59385/A

Semaine	F1	F2	F3
34	<u>Ven 27/08</u> : installation colonne d'injection pour le test d'injection en boucle.	<u>Lun 23 à mar 24/08</u> : Descente pompe. Pompage de développement avec marches-arrêts : <u>Mer 25/08</u> : pompage par paliers <u>Jeu 26 à ven 27/08</u> : pompage de longue durée 24 h	RAS
35	Cf F2	<u>Lun 30/08</u> : installation canalisations de liaison et boîtes à eaux entre F1 et F2 en vue des tests d'essai en boucle. <u>Mar 31/08</u> : test en boucle à paliers progressifs (F2 pompage, F1 rejet). <u>Mer 01 à jeu 02/09</u> : test en boucle de 24 h (pompage sur F2, rejet sur F1). <u>Jeu 02/09</u> : inversement des équipements entre F1 et F2 et tests en boucle à paliers progressifs (F1 pompage, F2 rejet). <u>Ven 03 à sam 04</u> : test en boucle de 24 h (pompage sur F1, rejet sur F2).	RAS
36	<u>Jeu 09/09</u> : inspection par caméra-vidéo et test au micromoulinet <u>Ven 10/09</u> : complément de gravier dans l'annulaire	<u>Lun 06/09</u> : démontage et enlèvement des canalisations et des boites à eau. <u>Jeu 09/09</u> : inspection par caméra-vidéo et test au micromoulinet <u>Ven 10/09</u> : complément de gravier dans l'annulaire	<u>Ven 10/09</u> : inspection par caméra-vidéo et test au micromoulinet
37 et 38	Installation cave d'avant puits et dalle béton, trappe à remplissage à mettre en place	Installation cave d'avant puits et dalle béton, trappe à remplissage à mettre en place	
40			Installation cave d'avant-puits et dalle béton, trappe provisoire à mettre en place

Tableau 2 : Chronologie des opérations

4. Coupes des forages

4.1. Contexte géologique et hydrogéologique local

La succession des terrains dans la boucle de Boulogne est la suivante (de haut en bas) :

- **Remblais** : formation anthropique de nature variée : sables, argile, galets...
- **Alluvions modernes (Quartenaire Fy)** : constituées de sables et graviers argileux avec des limons. L'épaisseur de cette formation varie entre 5 et 8 mètres dans le secteur d'étude.
- **Alluvions anciennes (Quartenaire Fy)** : constituées de sables (parfois fins) et graviers. L'épaisseur de cette formation varie entre 6 et 8 mètres dans le secteur d'étude.
- **Craie blanche à silex (Sénonien supérieur)** : la craie, blanche à grise, plus ou moins compacte, comportant des lits de silex noirs et des passées sableuses, constitue une série monotone très épaisse de plus de 200 m au droit du site. Au sein de la série, la craie du Campanien (c₆) présente une épaisseur de 50 m environ. Après son dépôt, la craie a été érodée. Sa partie supérieure, ravinée, est souvent altérée. Fissurée et productive en tête sur une vingtaine de mètres, c'est une craie blanche assez tendre, qui devient ensuite compacte et marneuse.

Les nappes rencontrées au droit du projet sont la nappe alluviale et la nappe de la Craie. Comme il n'y a pas de formation réellement imperméable entre les alluvions et la craie, on peut considérer qu'il s'agit d'une seule et même nappe, présentant un contraste de perméabilité verticale. Les niveaux piézométriques des deux nappes sont très proches.

Dans les alluvions de la Seine, on distingue : les alluvions modernes limoneuses, où la perméabilité horizontale est faible et la perméabilité verticale encore plus faible et des alluvions anciennes sablo-graveleuses présentant une perméabilité plus importante.

Des zones plus ou moins argileuses peuvent exister au sein des sables et graviers et ainsi définir des chenaux d'écoulement dans l'aquifère. Ces chenaux correspondent à des passes plus sableuses ou graveleuses au sein des zones argileuses.

La formation de la Craie est un aquifère à double porosité, d'interstices et de fissures. La nappe de la Craie est essentiellement alimentée ici par la Seine, entre le pont de Grenelle et Suresnes.

Elle est en relation directe avec les eaux du fleuve. Un colmatage plus ou moins important des berges par des alluvions fines et la présence de palplanches ou de murs de quai peuvent ralentir ou réduire les échanges directs entre le fleuve et la nappe. Le battement naturel de la nappe peut atteindre jusqu'à deux mètres (exceptionnellement plus), selon les crues et décrues du fleuve.

Notons que la retenue normale du bief de Suresnes (à l'écluse de Suresnes) est à la cote 26,39 m NGF ORTHO, soit 26,73 m NGF IGN 69. Considérant un gradient d'écoulement de la Seine de 1 cm/km, le niveau normal de la Seine au pont R.N.U.R est de 26,79 m NGF (Source : Services de Navigation de la Seine).

Le niveau piézométrique de la nappe augmente avec les crues en janvier, la période de basses eaux est observée à la fin de l'été, en septembre-octobre

4.2. Coupes géologique et technique des forages

La coupe géologique et technique des forages d'essai est présentée en **Annexe 1**.

4.2.1. Coupe géologique

Les coupes géologiques ont été établies grâce à l'observation des déblais de forage (cuttings) remontés au cours de la phase de forage. Peu de variations latérales de faciès ont été observées dans les 3 forages. Aussi, il est possible de donner une coupe géologique générale.

D'après nos observations, les formations recoupées par les forages sont les suivantes :

Profondeur (en m/sol)	Stratigraphie
0 – 2	Remblais et limons
2 - 7	Alluvions modernes
7 – 13 à 15.8	Alluvions anciennes
13 à 15.8 - 40	Craie

Les Alluvions modernes sont constituées de sables et graviers plus ou moins argileux tandis que les Alluvions anciennes sont des sables plus ou moins fins.

4.2.2. Coupe technique : mode de foration et équipements mis en place

Les terrains supérieurs ont été forés au rotary avec une boue bentonitique en Ø 660 mm (26’’). Ces terrains ont été isolés par la pose d'un tubage acier de Ø extérieur 500 mm (épaisseur 6 mm), posé à 15,4 m (F1), 15,8 m, (F2) et 18 m (F3) m/sol, cimenté sous pression par le fond (remontée du ciment dans l'annulaire puis séchage pendant 24 heures).

L'aquifère a ensuite été foré au rotary avec une boue bentonitique en Ø 445 mm jusqu'à 40 / 41 m de profondeur.

Les forages ont été équipés d'une colonne inox de Ø 323 mm, posée à 40,50 m/sol (F1), 40,10 m (F2) et 40,80 m (F3) avec tête de largage à baïonnette et composée de bas en haut de : 2 m de tube plein avec bouchon de fond, 23 m de crépines à fil enroulé (slot 2 mm) et 2 m de tube plein.

Un massif de graviers siliceux, roulés, de calibre 3/6 mm a ensuite été mis en place sur toute la hauteur de l'aquifère, avec une réserve de graviers dans l'annulaire entre les tubes de diamètres 323 et 500 mm.

Des photos du chantier, et des différentes phases de foration et d'équipement, sont présentées en **Annexe 6**.

4.2.3. Têtes de forage

Les têtes de forages sont en cours de mise en place depuis fin septembre (cf. schéma en **Annexe 2** et photos en **Annexe 6**) :

- une cave d'avant puits en béton banché étanche, mise en place par l'entreprise WATELET,
- une tête de forage, étanche, avec bride, mise en place par SANFOR,
- une trappe d'accès à ressort et à remplissage, intégrée dans une dalle de couverture, mise en place par WATELET.

Pour le forage F3, la fermeture de la cave est provisoire. La cave du forage ne sera équipée de la fermeture définitive que lorsque la voirie dans cette zone sera achevée.

5. Nettoyage et développement des forages

Deux phases de développement ont été mises en œuvre sur les 3 forages d'essai :

- acidification sous pression,
- pompage par balancement.

Avant chaque phase, un nettoyage de l'ouvrage a d'abord été réalisé à l'air-lift, de façon à éclaircir et à évacuer les résidus de foration ou d'altération de la craie.

5.1. Acidification

Chaque forage a fait l'objet d'une acidification réalisée sous pression en 2 passes de 1,5 tonne chacune injectées à 24 et 34 m de profondeur. Entre chaque passe un air lift de nettoyage était réalisé.

Les acidifications ont été réalisées en une journée afin de ne pas stocker le produit sur site. Pour cela, les forages ont été équipés d'une bride étanche et du dispositif d'air lift « double colonne » de manière à ne pas ouvrir le forage entre les 2 passes d'acidification.

L'injection d'acide se fait grâce à une pompe fonctionnant à l'air comprimé. Le forage est ensuite rempli d'eau de manière à chasser l'acide dans la formation captée. Cette phase est suivie d'une période de réaction plus ou moins longue en fonction de la pression lue sur le manomètre. Ensuite l'air lift permet d'évacuer du forage les résidus issus de l'action de l'acide sur les terrains (craie).

5.2. Développement par pompages

Dans l'aquifère de la Craie, 2 jours entiers (16 heures) ont été consacrés aux pompages de développement sur chacun des 3 forages. La pompe a été installée à 17 m (cote de la base de la pompe).

Les pompages sont réalisés par balancements c'est-à-dire par des phases de pompage entrecoupées d'arrêts de la pompe (pompages pendant 15 minutes, arrêts pendant 10 minutes environ). Les débits progressifs choisis étaient les suivants : $Q_1 \approx 60 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_2 \approx 120 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_3 \approx 180 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_4 \approx 250 \text{ m}^3/\text{h}$. Le passage au débit supérieur était effectué dès que l'eau était claire et le niveau d'eau rabattu, stabilisé.

Les pompages permettent d'évacuer progressivement les particules fines présentes dans la formation et les résidus de la foration ou de l'acidification que le nettoyage à l'air lift n'a pas permis d'évacuer. Le débit augmentant, les particules fines de plus en plus lointaines sont extraites. Les arrêts permettent d'inverser la circulation dans le massif filtrant et à proximité immédiate du forage par redescende de la colonne d'eau dans le forage, détruisant ainsi les « ponts de sables » qui peuvent se former dans le massif filtrant et qui s'opposent à l'extraction des fines.

6. Pompages d'essai

Trois types de pompages d'essai ont été menés :

- un pompage par paliers à débits croissants ou essai de puits, afin de déterminer les pertes de charges quadratiques de chaque forage et le débit critique d'exploitation,
- un pompage d'essai longue durée de 24 h ou essai de nappe, dans chaque forage afin de connaître les paramètres hydrodynamiques de la nappe (transmissivité, emmagasinement).
- des essais en boucle sur les forages F1 et F2 (avec pompage dans l'un et rejet dans l'autre, puis inversement)

Pendant les pompages, l'entreprise SANFOR a effectué des mesures de température, de niveau d'eau et de débit.

Les débits pompés pendant les essais de puits et les essais de nappe ont été rejetés dans les réseaux d'eaux pluviales de la ville et du SEVESC.

6.1. Essais par paliers

Les essais par paliers ont pour but de quantifier les pertes de charge du forage testé lié à son équipement et sa productivité (détermination du débit critique qui est le débit au-delà duquel, en cas d'exploitation prolongée, la durée de vie de l'ouvrage peut être menacée).

On représente les courbes d'évolution du rabattement en fonction du débit ($s=f(Q)$) et du rabattement spécifique en fonction du débit ($s/Q=f(Q)$) pour estimer les pertes de charge liées à l'équipement du forage.

6.1.1. Test du F1

Les essais par paliers dans le forage F1 ont été menés le 18 août 2010.

Quatre paliers de débit croissant d'une heure, non enchaînés (c'est-à-dire avec arrêt pendant 1 h la fin de chaque palier et suivi de la remontée du niveau d'eau avant le début du palier suivant), ont été réalisés. Les débits de pompage étaient les suivants : 56.5, 126.2, 181.5 et 258 m³/h.

La fiche de résultats du pompage d'essai par paliers est présentée en **Figure 3**.

Les résultats sont résumés ci-après (**Tableau 3**) :

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4
Débit « Q » (m ³ /h)	56.5	126.2	181.5	258
Temps de pompage (min)	60	60	60	60
Rabatement observé « s » (m)	0.13	0.32	0.63	1.11
Temps de remontée (min)	60	60	60	60
Débit spécifique « Q/s » observé (m ³ /h / m)	434.23	394.375	288.09	232.43

Tableau 3 : Résultats des pompages d'essai par paliers dans F1

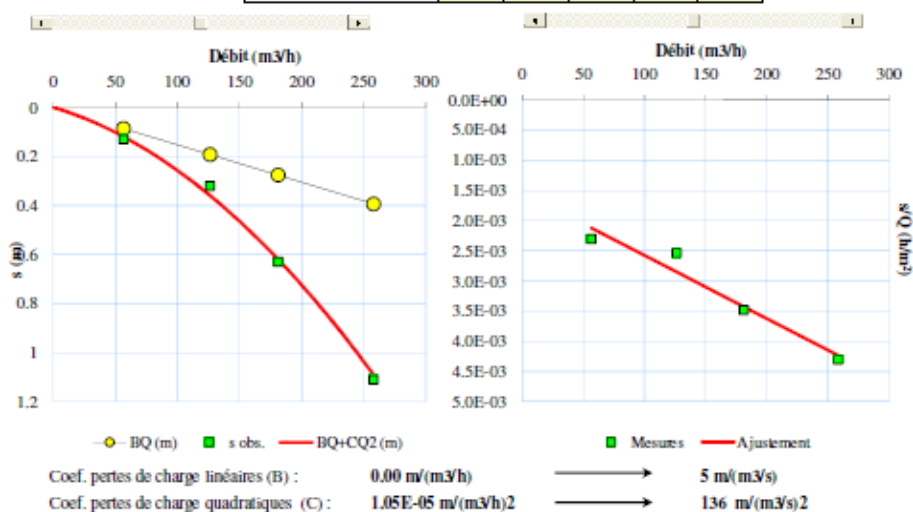
Les rabattements et les pertes de charges sont faibles. Le débit critique se situe au delà de 250 m³/h. Le forage peut être exploité à ce débit.

EVALUATION DES PERTES DE CHARGE AU Puits DE POMPAGE

Opération : IDEX RIVES DE SEINE
Localisation : Boulogne-Billancourt
Société : SANFOR
Date pompage : 18-août-10

Nom de l'ouvrage : F1
Type d'ouvrage : Puits
Aquifère testé : CRAIE

Pompage par paliers	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4	Palier 5
Débit (m ³ /h)	56.5	126.2	181.05	258	
Temps de pompage (min)	60	60	60	60	
Temps de remontée (min)	60	60	60	60	
Rabatement observé (m)	0.13	0.32	0.63	1.11	



CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES DU Puits DE POMPAGE INFORMATIONS GÉNÉRALES

Essai de puits	
Niveau statique initial (m/sol)	6.82
Profondeur pompe (m/sol)	17
Type pompe	SP215
Diamètre chambre de pompage (mm)	500
Position crépine (m/sol)	15,3 à 38,5 m
Type crépine	Inox fil enroulé
Nature du massif filtrant	Gravier

Limites hydrauliques d'exploitation	
Niveau statique en basses eaux (m)	6.82
Amplitudes saisonnières (m)	<= 2
Débit d'exploitation recommandé (m³/h)	250
Pertes de charge linéaires (m)	0.38
Pertes de charge quadratiques (m)	0.66
Niveau dynamique en basses eaux (m)	7.86

Informations sur l'ajustement					
Q/s calculé (m²/h)	472.14	351.09	292.14	236.45	
Q/s observé (m²/h)	434.62	394.38	287.38	232.43	
Ecart Q/s cal- Q/s obs. (m²/h)	-37.52	43.29	-4.76	-4.02	
Rabatement calculé (m)	0.12	0.36	0.62	1.09	
Ecart Scal-Sobs (m)	-0.01	0.04	-0.01	-0.02	

WINSAFE/7 DMPC version 6.0.0

Figure 3 : Interprétation du pompage d'essai par paliers dans F1

6.1.2. Test du F2

Les essais par paliers dans le forage F2 ont été menés le 25 août 2010.

Quatre paliers de débit croissant, non enchainés, ont été menés à 61.5, 112, 193.5 et 276 m³/h.

La fiche de résultats du pompage d'essai par paliers est présentée en **Figure 4**.

Les résultats sont résumés ci-après (**Tableau 4**).

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4
Débit « Q » (m ³ /h)	61.5	112	193.5	276
Temps de pompage (min)	60	60	60	60
Rabatement observé « s » (m)	0.18	0.355	0.81	1.42
Temps de remontée (min)	60	60	60	60
Débit spécifique « Q/s » observé (m ³ /h / m)	341.66	315.5	238.88	194.36

Tableau 4 : Résultats des pompages d'essai par paliers dans F2

Les rabattements et les pertes de charges sont faibles. Le débit critique se situe au delà de 250 m³/h et le forage peut être exploité à minima à ce débit.

EVALUATION DES PERTES DE CHARGE AU PUIT DE POMPAGE

Opération : IDEX RIVES DE SEINE

Localisation : Boulogne-Billancourt

Société : SANFOR

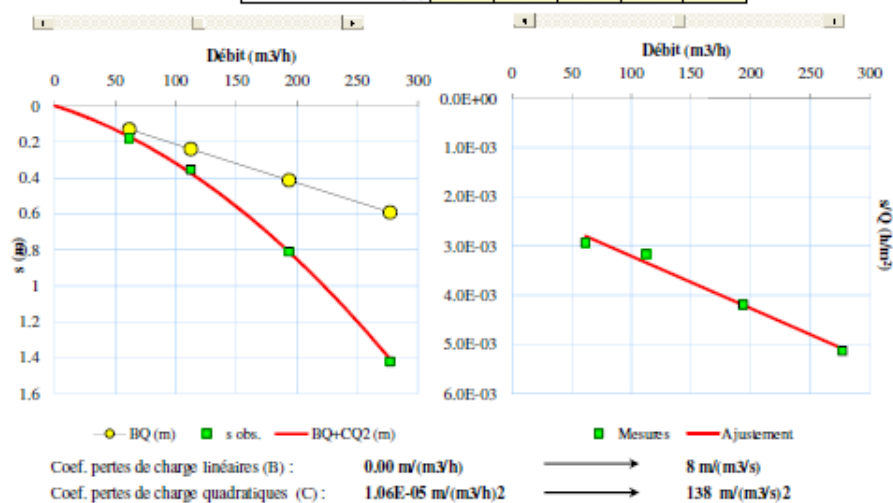
Date pompage : 25-août-10

Nom de l'ouvrage : F2

Type d'ouvrage : PUIT

Aquifère testé : CRAIE

Pompage par paliers	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4	Palier 5
Débit (m ³ /h)	61.5	112.4	193.5	276.9	
Temps de pompage (min)	60	60	60	60	
Temps de remontée (min)	60	60	60	60	
Rabatement observé (m)	0.18	0.355	0.81	1.42	



CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES DU PUIT DE POMPAGE

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Essai de puits	
Niveau statique initial (m/sol)	6.48
Profondeur pompe (m/sol)	17
Type pompe	SP215
Diamètre chambre de pompage (mm)	500
Position crépine (m/sol)	14.7 à 37.8 m
Type crépine	Inox fil enroulé
Nature du massif filtrant	Gravier

Limites hydrauliques d'exploitation	
Niveau statique en basses eaux (m)	6.48
Amplitudes saisonnières (m)	<= 2
Débit d'exploitation recommandé (m ³ /h)	250
Pertes de charge linéaires (m)	0.53
Pertes de charge quadratiques (m)	0.66
Niveau dynamique en basses eaux (m)	7.68

Informations sur l'ajustement					
Q/s calculé (m ² /h)	358.33	300.11	238.39	196.78	
Q/s observé (m ² /h)	341.67	316.62	238.89	195.00	
Ecart Q/s cal.- Q/s obs. (m ² /h)	-16.66	16.51	0.50	-1.78	
Rabatement calculé (m)	0.17	0.37	0.81	1.41	
Ecart Scal-Sobs (m)	-0.01	0.02	0.00	-0.01	

WMSAFE/72MPC version 6.0.0

Figure 4 : Interprétation du pompage d'essai par paliers dans F2

6.1.3. Test du F3

Les essais par paliers dans le forage F3 ont été menés le 11 août 2010.

Quatre paliers de débit croissant, non enchainés, ont été menés à 61.4, 120.6, 183 et 240 m³/h.

Les résultats des pompages d'essai par paliers sont présentés en **Figure 5**.

Les résultats sont résumés ci-après (**Tableau 5**)

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4
Débit « Q » (m³/h)	61.4	120.6	183	240
Temps de pompage (min)	60	60	60	60
Rabatement observé « s » (m)	0.34	0.64	1.17	1.8
Temps de remontée (min)	60	60	60	60
Débit spécifique « Q/s » observé (m³/h / m)	180.58	188.43	156.4	133.33

Tableau 5 : Résultats des pompages d'essai par paliers dans F3

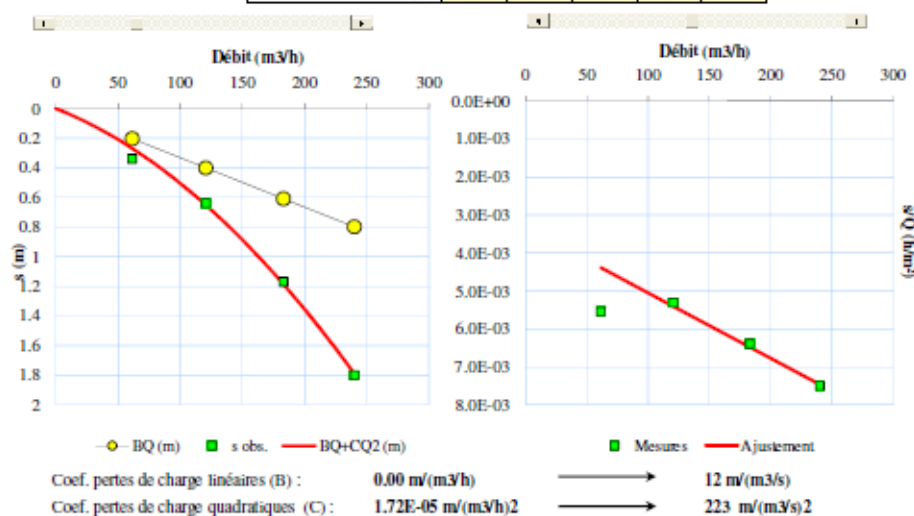
Comme pour F1 et F2, les rabattements et les pertes de charges sont faibles. Le débit critique se situe au-delà de 240 m³/h. Le forage peut être exploité à minima à ce débit.

EVALUATION DES PERTES DE CHARGE AU Puits DE POMPAGE

Opération : IDEX RIVES DE SEINE
Localisation : Boulogne-Billancourt
Société : SANFOR
Date pompage : 11-août-10

Nom de l'ouvrage : F3
Type d'ouvrage : Puits
Aquifère testé : CRAIE

Pompage par paliers	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4	Palier 5
Débit (m ³ /h)	61.38	120.6	183	240	
Temps de pompage (min)	60	60	60	60	
Temps de remontée (min)	60	60	60	60	
Rabatement observé (m)	0.34	0.64	1.17	1.8	



CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES DU Puits DE POMPAGE INFORMATIONS GÉNÉRALES

Essai de puits	
Niveau statique initial (m/sol)	5.01
Profondeur pompe (m/sol)	17
Type pompe	SP215
Diamètre chambre de pompage (mm)	500
Position crépine (m/sol)	14.8 à 37.8 m
Type crépine	Inox fil enroulé
Nature du massif filtrant	Grevier

Limites hydrauliques d'exploitation	
Niveau statique en basses eaux (m)	5.01
Amplitudes saisonnières (m)	<= 2
Débit d'exploitation recommandé (m ³ /h)	250
Pertes de charge linéaires (m)	0.83
Pertes de charge quadratiques (m)	1.08
Niveau dynamique en basses eaux (m)	6.92

Informations sur l'ajustement				
Q/s calculé (m ² /h)	228.02	185.01	154.33	134.03
Q/s observé (m ² /h)	180.53	188.44	156.41	133.33
Ecart Q/s cal. - Q/s obs. (m ² /h)	-47.50	3.43	2.08	-0.69
Rabatement calculé (m)	0.27	0.65	1.19	1.79
Ecart S _{cal} -S _{obs} (m)	-0.07	0.01	0.02	-0.01

WINSAFE/IMP version 6.0.0

Figure 5 : Interprétation du pompage d'essai par paliers dans F3

6.2. Essais de longue durée

6.2.1. Préambule

Un pompage d'essai longue durée de 24 h a été réalisé sur chacun des forages. L'interprétation a été réalisée à l'aide du logiciel Win ISAPE (développé par le BRGM et ANTEA), par la méthode de Theis-Jacob.

Les pompages longue durée ont pour objet la détermination des paramètres hydrodynamiques de la nappe :

- sa transmissivité T , exprimée en m^2/s , qui traduit la vitesse de circulation de l'eau dans l'aquifère ;
- son emmagasinement S , sans unité ou exprimé en %, qui traduit la capacité de stockage de l'aquifère. Ce paramètre ne peut être déterminé que lorsqu'on dispose d'un piézomètre d'observation pendant le pompage longue durée (ce qui a été le cas seulement pour le forage F2).

Ces paramètres sont déterminés à partir de la courbe d'évolution du rabattement (s) en fonction du temps (t) pour un débit constant (Q) (ou dont les faibles variations sont connues et admissibles).

Le schéma hydraulique retenu est le schéma classique de Theis qui permet de calculer les paramètres T et S en régime transitoire. La durée du pompage étant suffisante (24 h), on a pu utiliser l'équation de Theis sous sa forme logarithmique simplifiée, dite équation de Jacob.

Les principales conditions devant être respectées pour l'application de la loi de Theis sont les suivantes :

- nappe captive,
- nappe infinie dans toutes les directions horizontales,
- régime transitoire à débit de pompage constant,
- forage à pénétration complète dans l'aquifère capté,
- homogénéité, isotropie.

Dans le cas présent, certains de ces critères ne sont pas entièrement respectés (forages non complets et caractère fissuré de la craie conférant à l'aquifère une certaine hétérogénéité). Néanmoins, le schéma de Theis reste applicable.

6.2.2. Test du F1

6.2.2.1. Interprétation et résultats

Le pompage d'essai de longue durée a été mené du 19 au 20 août 2010 pendant 24 heures au débit moyen de 258 m³/h.

Les variations du niveau d'eau ont été suivies dans le forage pendant toute la durée du pompage et pendant 9 heures après l'arrêt du pompage. La **Figure 6** présente la fiche d'interprétation du pompage d'essai.

Le niveau statique au départ de l'essai était situé à 6.85 m/sol (7.27 m/repère). Le niveau dynamique tend vers la stabilisation rapidement (rabattement de 1,11 m au bout d'une heure). Le niveau descend ensuite d'une dizaine de centimètres jusqu'à la fin du pompage (1,25 m de rabattement).

Un bon calage entre valeurs mesurées et valeurs simulées est obtenu pour la descente. Le calage sur la remontée n'a pu être obtenu en raison des variations constatées sur le retour à l'équilibre du niveau statique (influence probable des rabattements de nappe effectués dans les chantiers de construction à proximité (par exemple rue Y. Kermen à une cinquantaine de mètres du forage F1).

La transmissivité **T** de l'aquifère a été évaluée à **1,75.10⁻¹ m²/s**. L'emmagasinement **S** ne peut être estimé ici puisqu'il nécessite que le niveau de la nappe soit également suivi dans un piézomètre proche pendant toute la durée de l'essai. Or, à la date de l'essai, il n'existait pas de piézomètre de contrôle à proximité immédiate du forage F1.

A la fin du suivi de la remontée (après 9 h d'arrêt de pompage), le rabattement résiduel est de 0,06 m.

La température de l'eau au cours de l'essai a varié entre 14,7 et 15,1°C.

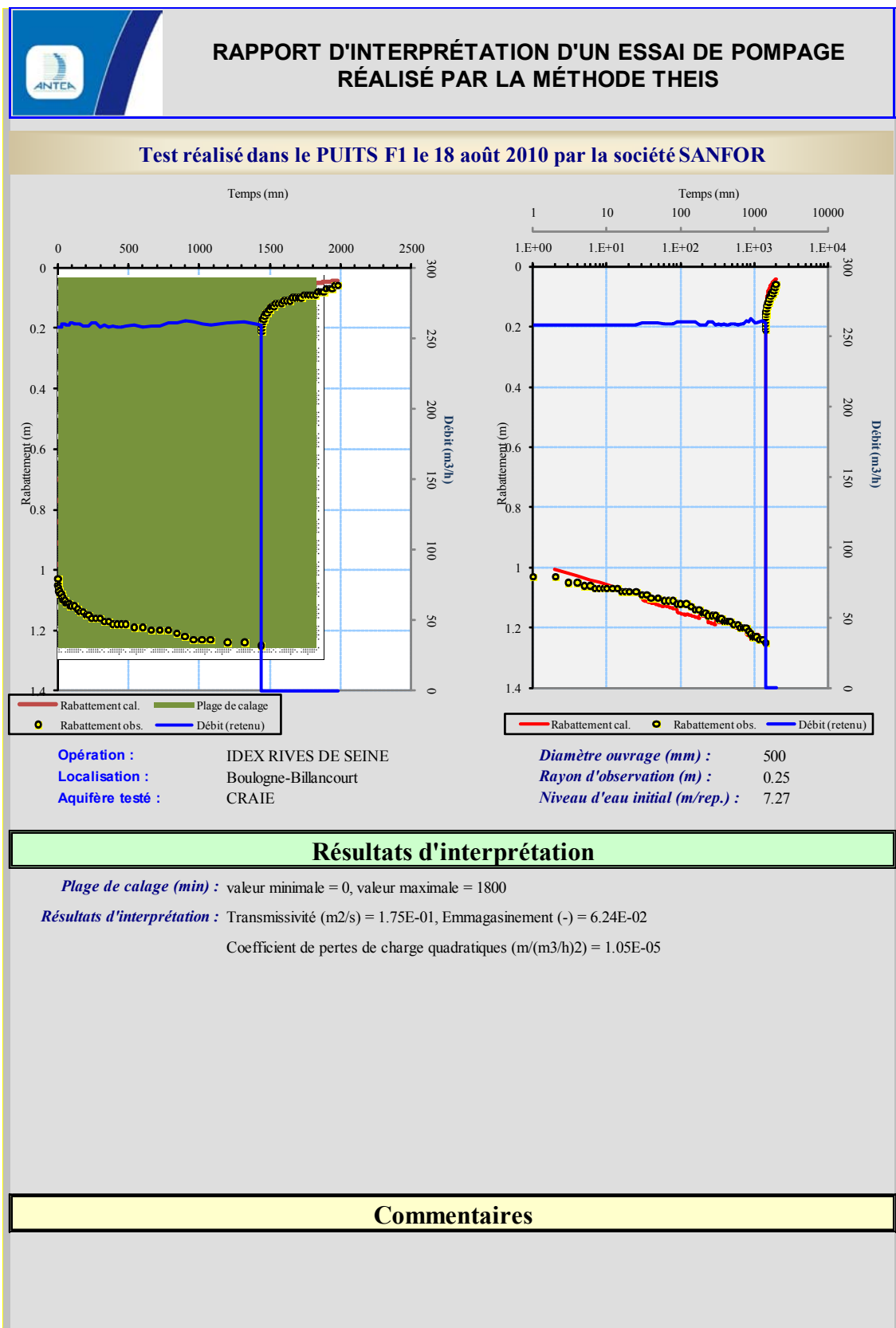


Figure 6 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F1 - Interprétation selon Theis-Jacob

6.2.3. Test du F2

6.2.3.1. Interprétation et résultats

L'essai longue durée dans le forage F2 s'est déroulé du 26 au 27 août 2010 pendant 24 heures au débit moyen de 270 m³/h.

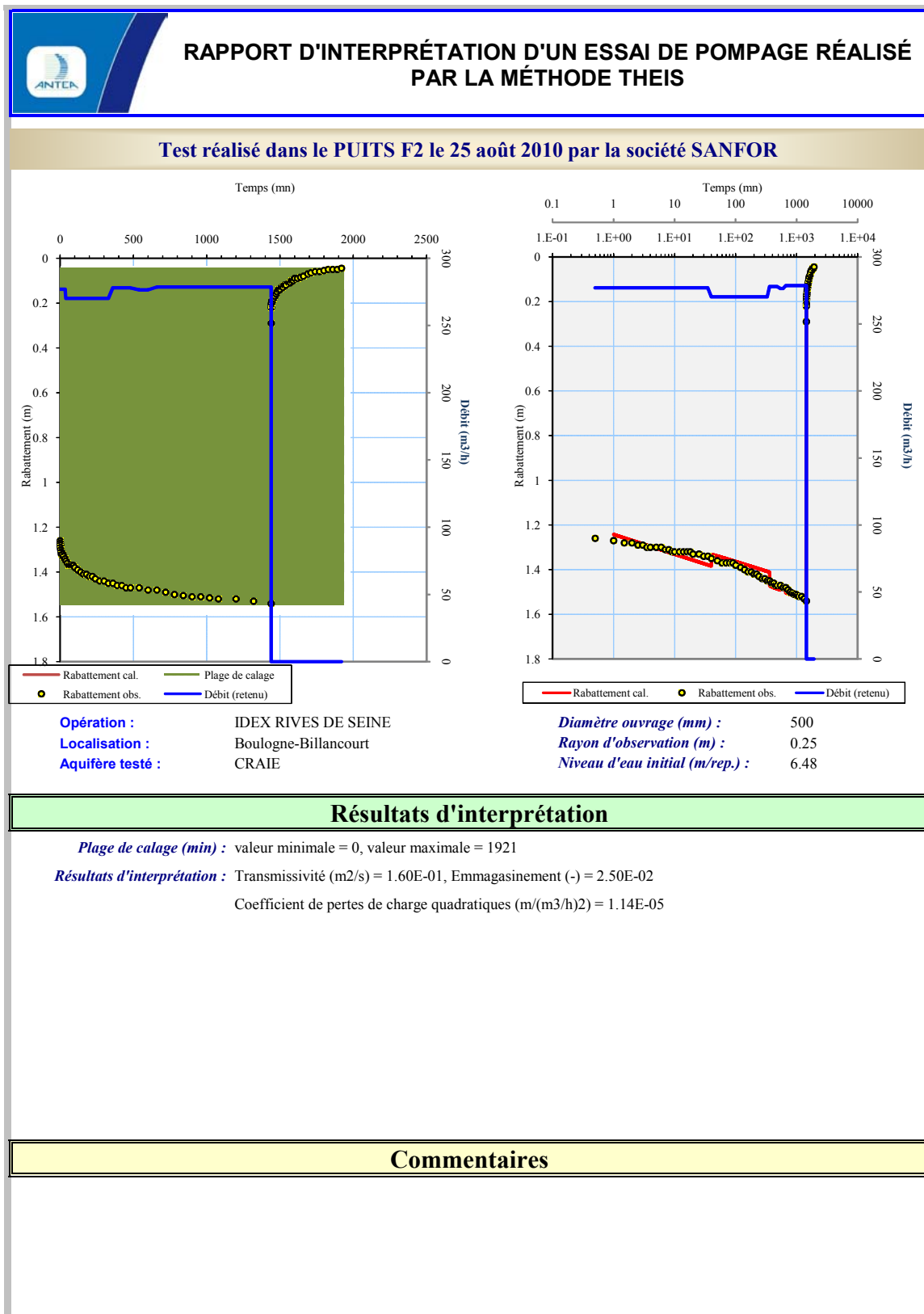
Les variations du niveau d'eau ont été suivies dans le forage pendant toute la durée du pompage et pendant 8 heures après arrêt du pompage. La **Figure 7** présente la fiche d'interprétation du pompage d'essai.

La transmissivité dans l'aquifère est du même ordre de grandeur que celle trouvée dans F1 : un bon calage sur la descente et la remontée est obtenu pour la valeur de $T \approx 1,6.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. L'emmagasinement S a pu être estimé ici, puisqu'on a pu suivre pendant l'essai, l'évolution du niveau d'eau sur le forage F1 (**Figure 8**) : $S \approx 1,2.10^{-2}$.

Le niveau statique au départ de l'essai était mesuré à 6,28 m/sol (6,48 m/repère). Le niveau dynamique n'est pas tout à fait stabilisé au bout de 24 heures de pompage. Néanmoins, il y a une tendance nette à la stabilisation. A noter que le pompage dans F2 induit un rabattement dans F1 de 0,21 m en fin de pompage (après 24 h).

A la fin du suivi de la remontée (après 8 h d'arrêt de pompage), le rabattement résiduel était d'environ 0,045 m.

La température de l'eau au cours de l'essai a varié comme sur F1, entre 14,7 et 15,1°C.



**Figure 7 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F2 –
Interprétation selon Theis-Jacob**

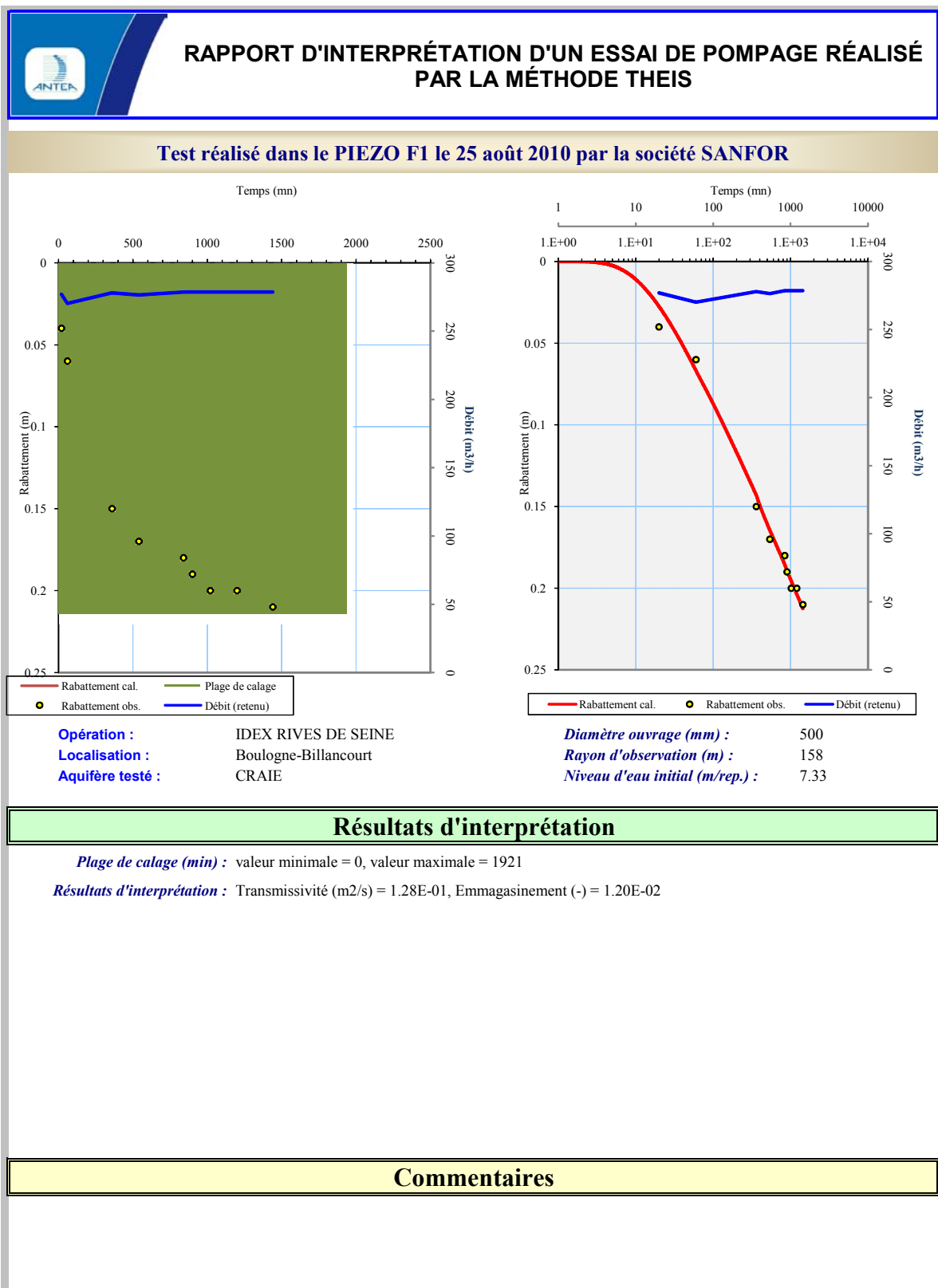


Figure 8 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F2 avec suivi des niveaux dans le forage F1 – Interprétation selon Theis-Jacob

6.2.4. Test du F3

Le pompage de longue durée sur F3 s'est déroulé du 12 au 13 août 2010 pendant 24 heures au débit moyen de 250 m³/h.

Les variations du niveau d'eau ont été suivies dans le forage pendant toute la durée du pompage et pendant 6 heures après arrêt du pompage. La **Figure 9** présente la fiche d'interprétation du pompage d'essai.

La transmissivité dans l'aquifère a été évaluée à $T \approx 1,6.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. L'emmagasinement S n'a pu être estimé ici, en l'absence d'un piézomètre suffisamment proche.

Le niveau statique au départ de l'essai était situé à 5,01 m/sol (5,65 m/repère. Le rabattement induit est quant à lui un peu plus important que dans F1 et F2 mais le comportement de la nappe pendant le pompage est sensiblement identique à celui observé sur les 2 autres forages. Le niveau dynamique tend rapidement vers la stabilisation (rabattement de 1,84 m au bout d'une heure). Le niveau descend ensuite progressivement d'une dizaine de centimètres jusqu'à la fin du pompage (2 m de rabattement en fin de pompage).

A la fin du suivi de la remontée (après 4 h d'arrêt de pompage), le rabattement résiduel était d'environ 0,04 m.

La température de l'eau au cours de l'essai a varié entre 14,3 et 14,8°C.

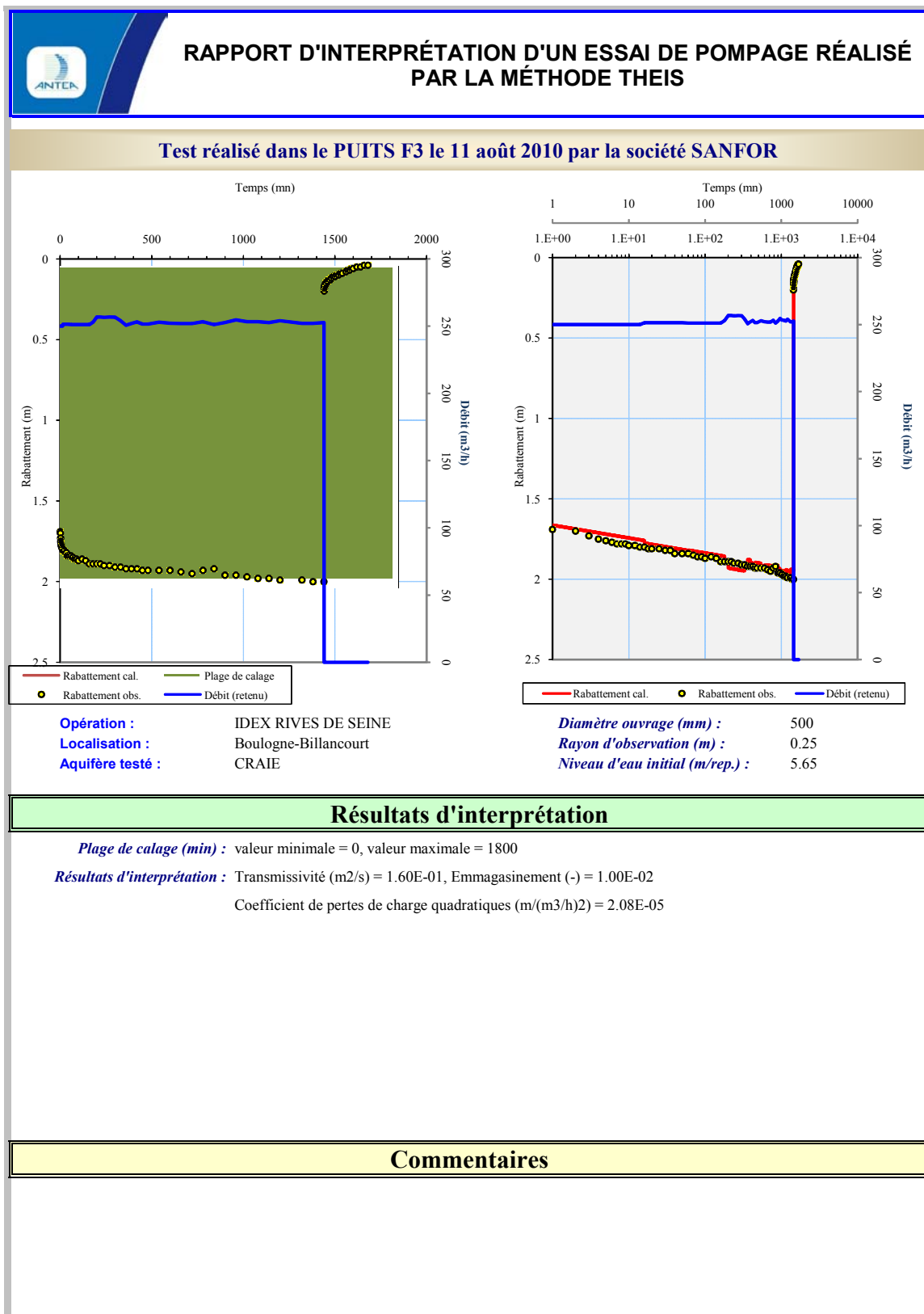


Figure 9 : Pompage d'essai longue durée dans le forage F3 - Interprétation selon Theis-Jacob

6.3. Essais en boucle

Les essais complémentaires en boucle ont concerné les forages F1 et F2 et se sont déroulés du 1er au 2 septembre puis du 3 au 4 septembre 2010 (2 x 24 h) avec un suivi de la remontée pendant deux heures à la fin de chaque test. Ils ont été précédés de tests d'injection à débits croissants.

Ces essais ont permis de tester les possibilités d'absorption dans les 2 forages F1 et F2 au débit d'exploitation envisagé de 250 m³/h. En condition réelles, les installations de chauffage (filtre, coudes, et équipements divers) induiront des pertes de charges supplémentaires. Celles-ci pourront être évaluées ultérieurement lors d'essais en boucle en conditions d'exploitation ;

Les données principales de l'essai en boucle sont regroupées dans les tableaux ci-dessous.

	F2 (pompage)	F1 (rejet)
Niveau statique (m/rep)	6,4	6,92
Repère (m/sol)	0,23	0
Débit <u>moyen</u> mesuré (m ³ /h)	255	/
Niveau dynamique (m/rep) au bout de 24 h	7,70	5,73
Rabatement sur F2 / remontée sur F1 en fin d'essai	-1,30	+1,19

Tableau 6 : Résultats de l'essai de réinjection - F2 vers F1.

	F1 (pompage)	F2 (rejet)
Niveau statique (m/rep)	7,22	6,26
Repère (m/sol)	0,38	0,28
Débit <u>moyen</u> mesuré (m ³ /h)	255	/
Niveau dynamique (m/rep) au bout de 24 h	8,28	4,47
Rabatement sur F1 / remontée sur F2 en fin d'essai	-1,06	+1,79

Tableau 7 : Résultats de l'essai de réinjection – F1 vers F2

On note que le rabattement dans le forage de production est proche de l'élévation du niveau d'eau dans le forage de réinjection. Les niveaux se sont rapidement stabilisés dans les 2 forages, quelle que soit leur fonction (pompage ou réinjection). Les mesures sont présentées en **Annexe 3**.

Les essais en boucle effectués sur les forages F1 et F2 ont donc montré qu'il est possible, non seulement d'exploiter les forages à 250 m³/h, mais qu'il est également possible de réinjecter dans les 2 forages à ce même débit tout en maintenant une remontée des niveaux d'eau à plus de 5 m de profondeur par rapport au sol sur F1 et à plus de 4 m sur F2.

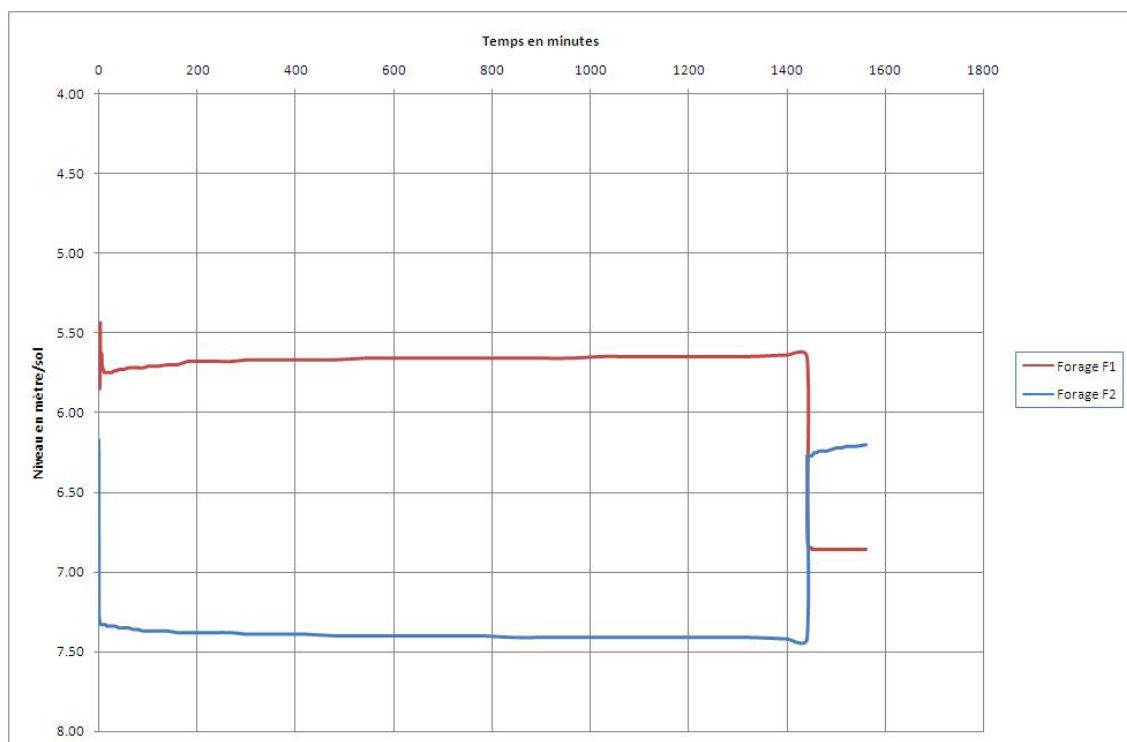


Figure 10 : Evolution des niveaux d'eau au cours de l'essai en boucle (pompage dans F2 et réinjection dans F1)

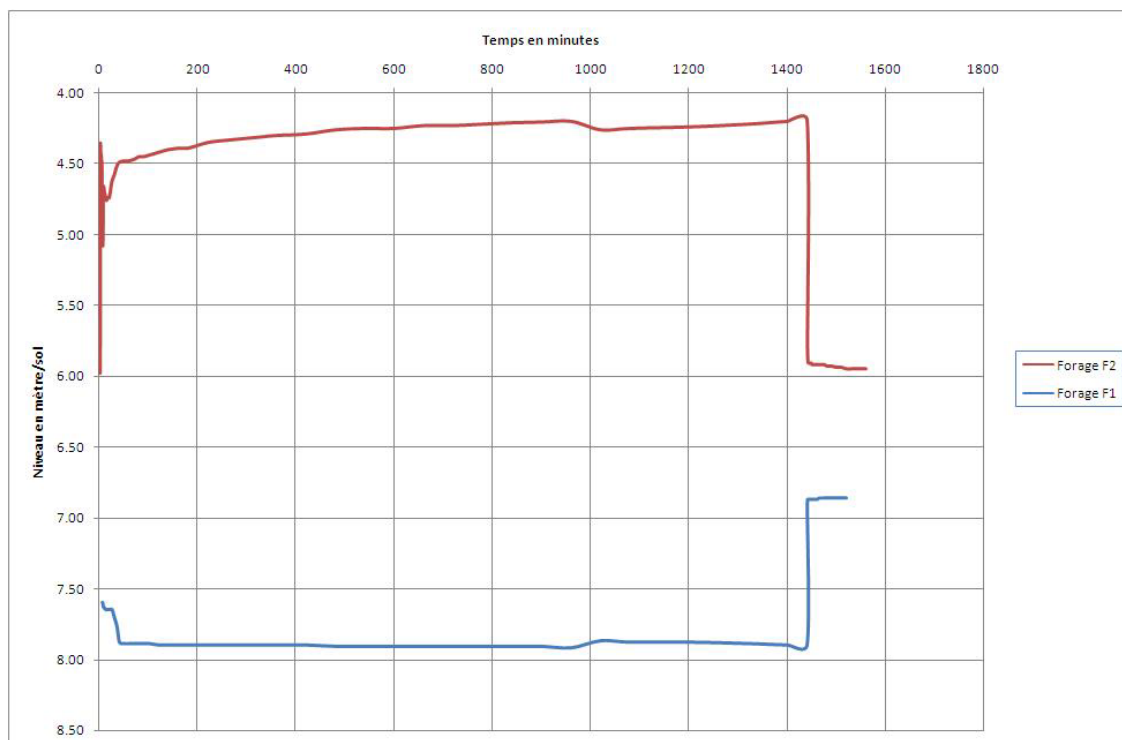


Figure 11 : Evolution des niveaux d'eau au cours de l'essai en boucle (pompage dans F1 et réinjection dans F2)

7. Analyses de la qualité des eaux

7.1. Prélèvements et analyses effectués

Un prélèvement d'eau a été effectué à la fin de chacun des pompages longue durée sur les forages F1 et F3, afin de connaître les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la nappe.

L'eau de l'échantillon prélevé sur F3 était claire et sans odeur. La conductivité a été mesurée à 830 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la température à 14,9°C (valeur mesurée sous le robinet) et le pH à 7,13.

L'eau de l'échantillon prélevé en F1 était également claire et sans odeur. La conductivité a été mesurée à 733 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la température à 14,9°C (mesurée sous le robinet) et le pH à 7,39.

Les analyses réalisées en laboratoire sont les suivantes :

- caractéristiques physico-chimiques : ions majeurs (cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , anions : Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-), pH, équilibre calco-carbonique (TA et TAC),
- qualité de l'eau : sulfures, fer, bactériologie (ferro-bactéries, sulfato-bactéries).

Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Centre d'Analyses Environnementales de VEOLIA, basé à St Maurice. Les bordereaux d'analyses sont joints en **Annexe 4**.

7.2. Résultats des analyses

Les résultats d'analyses sont résumés ci-dessous (**Tableau 8**) :

Analyses	Valeurs mesurées F1	Valeurs mesurées F3	Commentaires* RQ=référence de qualité AEP
<i>Caractéristiques physico-chimiques</i>			
Conductivité à 25°C (ANTEA)	733 µS/cm	830 µS/cm	moyenne
pH	7.2	7.45	
Température	14.9	14.9	
TAC	28.3°F	19.6°F	
Calcium	130 mg/l	100 mg/l	pas de RQ
Magnésium	14 mg/l	5.9 mg/l	pas de RQ
Sodium	22 mg/l	12.2 mg/l	< RQ (200 mg/l)
Potassium	6.4 mg/l	3.1 mg/l	pas de RQ
Chlorures	44.5 mg/l	35.5 mg/l	< RQ (250 mg/l)
Sulfates	125 mg/l	42.1 mg/l	< RQ (250 mg/l)
Nitrates	< 1 mg/l	4.8 mg/l	< RQ (50 mg/l)
<i>Qualité de l'eau</i>			
Fer	14µg/l	310 µg/l	> RQ (200 µg/l)
Ferro-bactéries	0 / 300 ml	0 / 250 ml	absence
Sulfato-bactéries	<36 germes / 100 ml	<36 germes / 100 ml	présence, mais nombre de bactéries faible

* dans le tableau, les concentrations sont comparées aux limites ou références de qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine.

Tableau 8 : Résultats des analyses d'eau dans la Craie

Les analyses font apparaître une eau relativement peu minéralisée (conductivité 830 µS/cm pour F3, 733 µS/cm pour F1), présentant une alcalinité moyenne à tendance entartrante. L'eau est peu sulfatée.

L'eau est de bonne qualité. On note cependant la présence de fer en concentration plus importante dans le forage F3 (310 µg/l). La présence de fer dissous dans l'eau peut favoriser l'apparition de colmatages sur les crépines et dans le massif filtrant, par le développement de ferro-bactéries (ou bactéries ferro-réductrices). Ces bactéries ne sont toutefois pas décelées dans les eaux prélevées.

Les analyses montrent une qualité des eaux sensiblement comparable dans les 2 forages mis à part le fer. Dans l'ensemble, les teneurs des paramètres analysés sont moins élevées sur F3 que sur F1. La proximité de la Seine de F3, justifie cette différence de minéralisation entre les 2 ouvrages.

8. Réalisation de diagraphies

Les diagraphies ont été réalisées le 9 septembre 2010 dans les forages par la société SADE, en présence d'un hydrogéologue d'ANTEA et de l'Entreprise de forage. Le rapport de diagraphie est joint en **Annexe 5**.

Les diagraphies poursuivent deux objectifs :

- vérifier l'état et l'intégrité du forage,
- identifier la répartition des niveaux productifs (venues d'eau).

8.1. Inspection des forages par caméra vidéo

8.1.1. Forage F1

Les observations réalisées au cours de cette opération sur le forage F1 sont les suivantes (les profondeurs sont données en m/sol) :

- le niveau piézométrique s'établit à 6,86 m de profondeur,
- le tube acier cimenté aux terrains (Ø 508 mm) dans la partie supérieure du forage est en bon état, ainsi que les soudures entre les tubes. On note un léger recouvrement de dépôts blanchâtres et des traces de frottements sur le tube. Ces observations ne remettent pas en cause l'intégrité du tube.
- le sommet de la colonne de captage en inox (Ø 323 mm) se situe à 13,2 m de profondeur. La colonne est bien centrée et non déformée. A son sommet, deux encoches à baïonnette sont visibles (elles ont permis le largage de la crépine).
- la partie crépinée de la colonne est visible à partir de 15,4 m (crépine à fil enroulé) jusqu'à 38,5 m (23 m de longueur).
- le massif de gravier n'apparaît qu'à 25 m de profondeur ; au dessus le massif crayeux est visible à travers les fentes de la crépine. Un complément de gravier a été réalisé par l'Entreprise le 10/09.
- quelques dépôts et des développements bactériens sous forme de filaments sont présents, néanmoins les ouvertures des crépines sont bien dégagées.
- les soudures de la partie crépinée sont en bon état.
- le tube de décantation se situe entre 38,5 et 39,6 m (2 m de longueur).
- le fond du forage est atteint à une profondeur de 39,6 m, c'est-à-dire qu'il présente un dépôt blanchâtre en fond d'ouvrage (d'épaisseur 90 cm).

Ces observations sont illustrées par des photos présentées dans le rapport de la SADE joint en **Annexe 5**.

En conclusion, le forage F1 est propre mais présente une absence de massif filtrant sur une hauteur de 11 m. Le lendemain de l'inspection vidéo (le 10/09), la société SANFOR a procédé au complément nécessaire pour remonter le massif filtrant dans l'annulaire entre la colonne inox et le tubage acier à 14,5 m de profondeur. Suite à cette opération, la réception du forage peut être prononcée.

8.1.2. Forage F2

Les observations réalisées au cours de cette opération sur le forage F2 sont les suivantes (les profondeurs sont données en m/repère c'est-à-dire la tête de puits, à environ 21 cm au-dessus du sol) :

- le niveau piézométrique s'établit à 6,2 m de profondeur,
- le tube acier cimenté aux terrains (Ø 508 mm) dans la partie supérieure du forage est en bon état, ainsi que les soudures entre les tubes,
- le pied de tubage acier est visible à travers la colonne inox à 15,8 m/repère en raison d'un manque de gravier dans l'annulaire,
- le sommet de la colonne de captage en inox (Ø 323 mm) apparaît à 12,95 m de profondeur. Les 2 encoches à baïonnette sont visibles (elles ont permis le largage de la crépine),
- la partie crépinée est visible à partir de 14,95 m (crépine à fil enroulé) jusqu'à 38,1 m (23,1 m de longueur),
- le massif filtrant n'apparaît qu'à 17-17,5 m de profondeur, il y a donc un manque de gravier sur une hauteur de 4 mètres. Le massif filtrant a été complété le lendemain (le 10/09),
- le massif filtrant est bien en place. Des ponts (absence de gravier) sont toutefois notés entre 27 et 27,50 m de profondeur, et entre 31 et 35 m,
- des développements bactériens sous forme de filaments sont présents ponctuellement (vers 17 m), ainsi que quelques dépôts minces jusqu'à environ 35 m, néanmoins les ouvertures des crépines sont bien dégagées. A partir de 35 m de profondeur, on constate des dépôts blanchâtres (craie), avec à 36 m une accumulation indurée sur quelques génératrices, sur une hauteur d'environ 2 m. Cette partie de la craie est vraisemblablement peu productive.
- les soudures de la partie crépinée sont en bon état,
- le sommet du tube de décantation se situe à 38,1m de profondeur (2 m de longueur),
- le fond du forage est atteint à une profondeur de 39,5 m, c'est-à-dire qu'il présente un dépôt crayeux blanchâtre en fond d'ouvrage (d'épaisseur 60 cm).

Le forage F2 est propre mais présente une absence de massif filtrant : d'une part dans l'annulaire de 13,5 à 17,5 m et d'autre part entre 27 et 27,50 m, puis entre 31 et 35 m de profondeur. Le lendemain de l'inspection vidéo, la société SANFOR a procédé au complément nécessaire pour faire remonter le massif filtrant dans l'annulaire entre la colonne inox et le tubage acier (à 13,5 m de profondeur). La mise en place du gravier entre 27 et 27,50 m, et entre 31 et 35 m est plus délicate et demanderait la descente d'un outil de pistonnage dans la colonne inox. La craie apparaissant compacte, il n'est pas

jugé nécessaire d'entreprendre cette opération. Les ponts de graviers ne sauraient nuire à l'exploitation de l'ouvrage. La réception de l'ouvrage peut donc être prononcée.

8.1.3. Forage F3

Les observations réalisées au cours de cette opération sur le forage F3 sont les suivantes (les profondeurs sont données en m/repère c'est-à-dire la tête de puits, à environ 18 cm au-dessus du sol) :

- le niveau piézométrique s'établit à 4,98 m de profondeur,
- des développements bactériens brunâtres sont visibles (notamment entre 15,4 et 21 m de profondeur, puis entre 27 et 29 m),
- le tube acier cimenté aux terrains (Ø 508 mm) dans la partie supérieure du forage est en bon état, ainsi que les soudures entre les tubes,
- le sommet de la colonne de captage en inox (Ø 323 mm) apparaît à 15,4 m de profondeur,
- la partie crépinée est visible à partir de 15,9 m (crépine à fil enroulé) jusqu'à 38,9 m (23 m de longueur),
- le massif de gravier est bien en place et est visible à travers la crépine,
- on observe des dépôts blanchâtres (craie) plus ou moins importants à partir de 27 m et un plaquage blanc induré entre 35 et 37 m sur un côté des crépines,
- les soudures de la partie crépinée sont en bon état,
- le sommet du tube de décantation se situe à 38,8 m (2 m de longueur).
- le fond du forage est atteint à une profondeur de 39,5 m, avec un dépôt blanc-ocre en fond d'ouvrage (l'épaisseur de ce dépôt est de 1,3 m).

La réception de l'ouvrage peut donc être prononcée.

8.2. Diagraphie au micromoulinet

Cette diagraphie consiste à introduire dans le forage une tige équipée à son extrémité d'une hélice calibrée, dont le nombre de tours (directement lié à la vitesse d'ascension de l'eau) est enregistré par un compteur en fonction de la profondeur. Une pompe est mise en place pour provoquer la mise en production du forage et une circulation de l'eau. Connaissant la section, on en déduit les débits produits par les tranches successives de l'aquifère et on peut ainsi localiser les venues d'eau, c'est-à-dire la répartition des zones productives sur la hauteur de l'aquifère capté.

Le test au micromoulinet a été effectué avec pompage à 180 m³/h environ (débit suffisant pour pouvoir mesurer la rotation de l'hélice, compte tenu du diamètre du forage).

Les résultats sont présentés dans le rapport SADE joint en **Annexe 5**.

Forage F1 :

Les arrivées d'eau sont réparties entre 16 et 38 m de la manière suivante :

- environ 50 % des arrivées d'eau se rencontrent entre 16 et 17 m de profondeur
- environ 15 % entre 17 et 21 m de profondeur,
- environ 20 % entre 24 et 25,5 m de profondeur,
- environ 12 % entre 25,5 et 30,5 m de profondeur,
- environ 3 % entre 37 et 38 m de profondeur.

L'épaisseur efficace de l'aquifère au droit du forage F1 est donc de 12,5 m.

Forage F2 :

Les arrivées d'eau sont réparties entre 16 et 34 m comme telles :

- environ 43% du débit entre 16 et 18 m de profondeur,
- environ 30% entre 21 et 25 m de profondeur,
- environ 27% entre 28 et 34 m de profondeur.

L'épaisseur efficace de l'aquifère au droit du forage F1 est donc de 12 m.

Forage F3 :

Les arrivées d'eau sont réparties entre 18 et 33,5 m de la manière suivante :

- environ 10 % entre 18 et 18,5 m de profondeur,
- environ 20% entre 18,5 et 23,5 m de profondeur,
- environ 58 % entre 25,5 et 27,5 m de profondeur,
- environ 12 % entre 27,5 et 33,5 m de profondeur

L'épaisseur efficace de l'aquifère au droit du forage F3 est donc de 14,5 m.

.

9. Conclusions et recommandations

Dans le cadre du projet de réseau de chaud et de froid sur la ZAC Seguin-Rives de Seine à Boulogne, IDEX SEGUIN RIVES DE SEINE ENERGIES souhaite développer la géothermie sur eau de nappe. Trois forages de reconnaissance à la Craie ont été réalisés afin de préciser le potentiel de cet aquifère. Les forages d'une profondeur moyenne de 40 m ont été réalisés entre mi-juillet et mi-septembre 2010. Les aménagements des têtes de puits sont en cours.

Les résultats des pompages d'essai dans chaque forage et les essais en boucle ont montré que :

- une exploitation de chacun des ouvrages à 250 m³/h est possible, la craie s'avérant être très productive. La puissance de la pompe utilisée n'a pas permis de tester les forages à des débits plus élevés,
- la capacité de réinjection dans les 3 ouvrages est également très élevée et équivalente à leur capacité d'exhaure.

L'aquifère crayeux révèle une transmissivité particulièrement forte de l'ordre de 1,65 10⁻¹ m²/s. Le coefficient d'emmagasinement calculé lors du pompage sur F2 est estimé à 1,2 10⁻².

La température de l'eau oscille entre 14,3 et 15,1 ° C.

Dans chaque ouvrage, la craie est productive sur environ la moitié de la hauteur crépinée soit sur 12 à 14 m d'épaisseur.

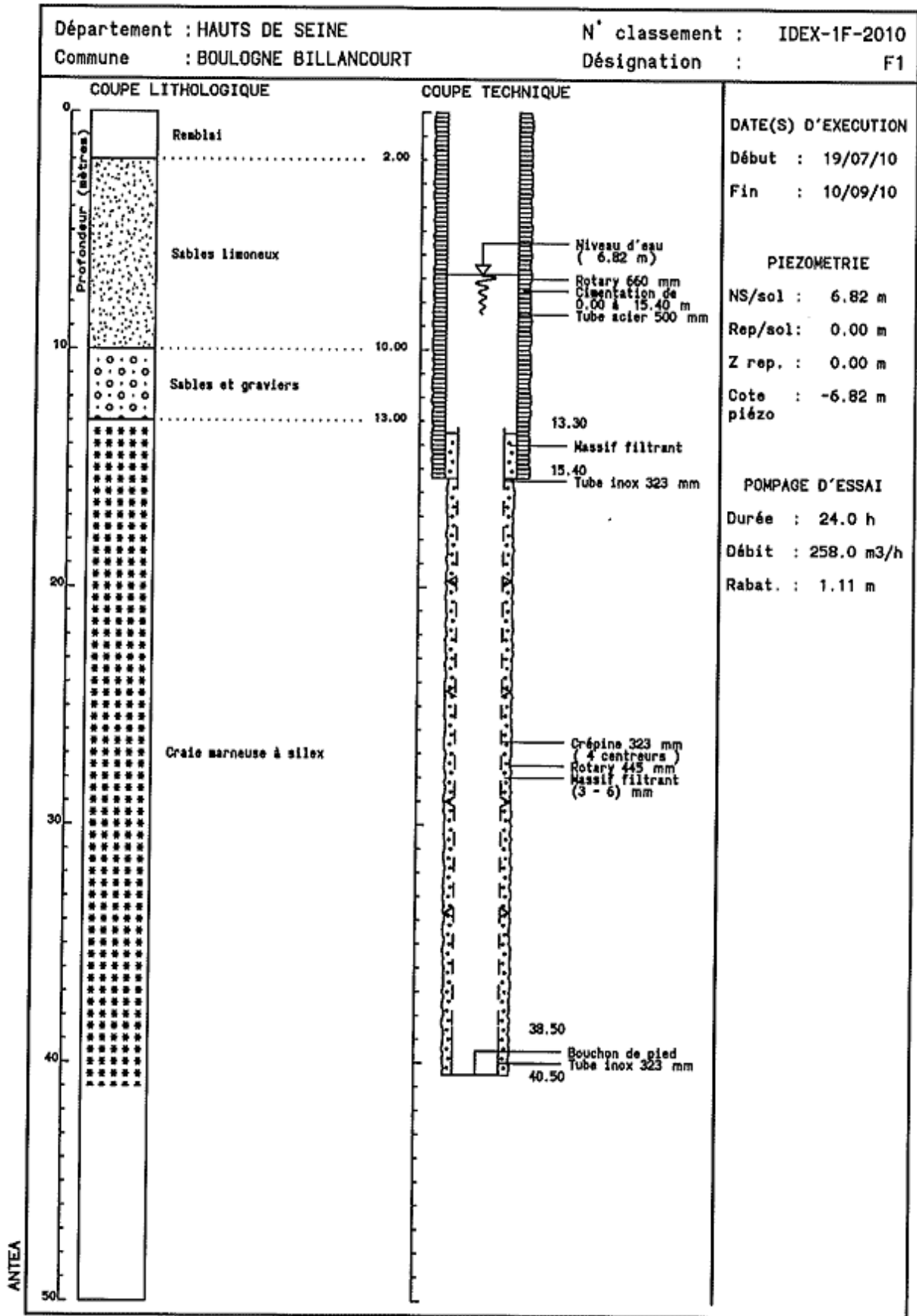
La qualité physico-chimique des eaux n'appelle pas de remarques particulières. On relève une teneur en fer de 310 µg/l dans les eaux de F3 et la caméra montre la présence de développements bactériens en particulier dans F1 et F3.

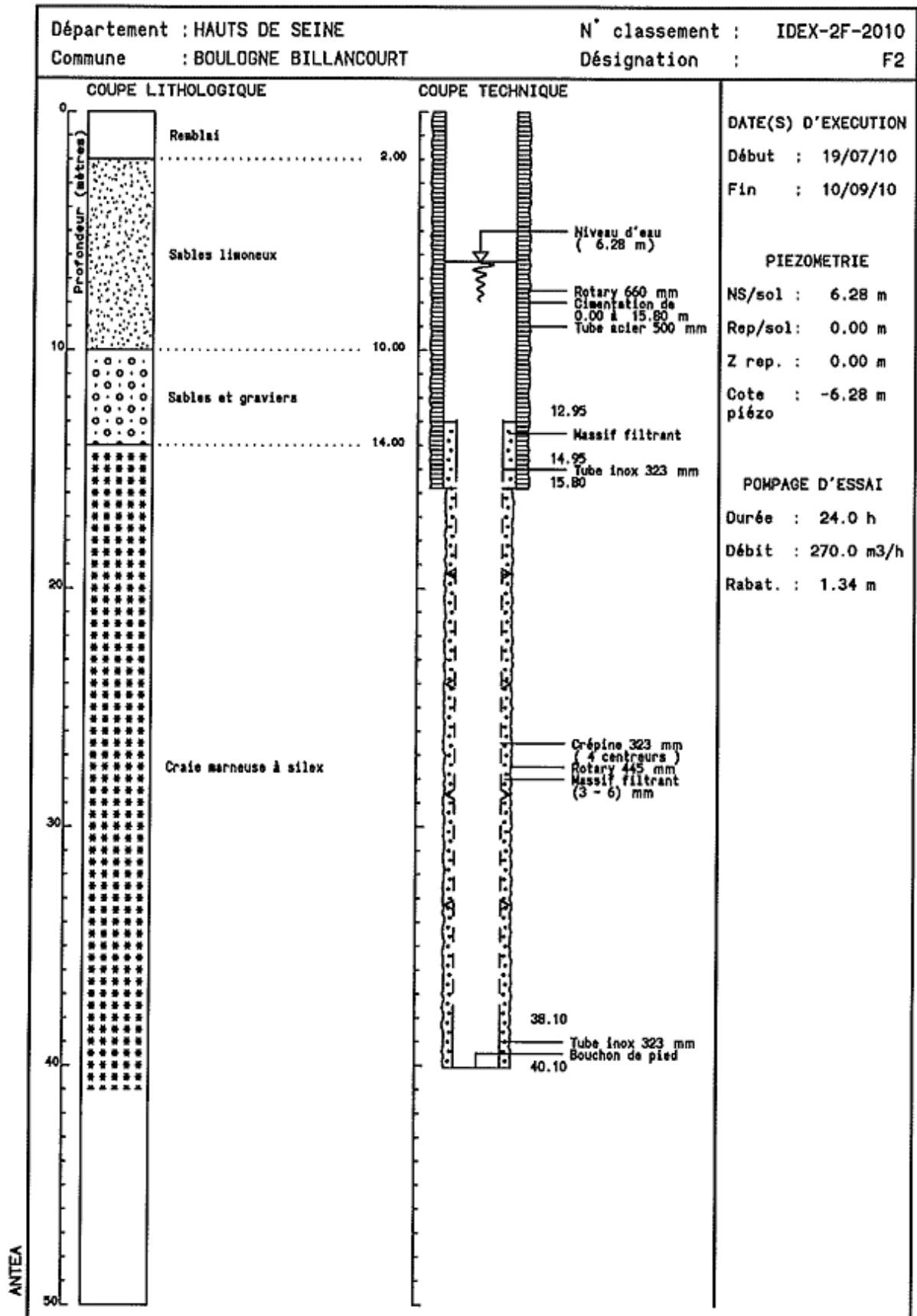
Observations sur l'utilisation du rapport

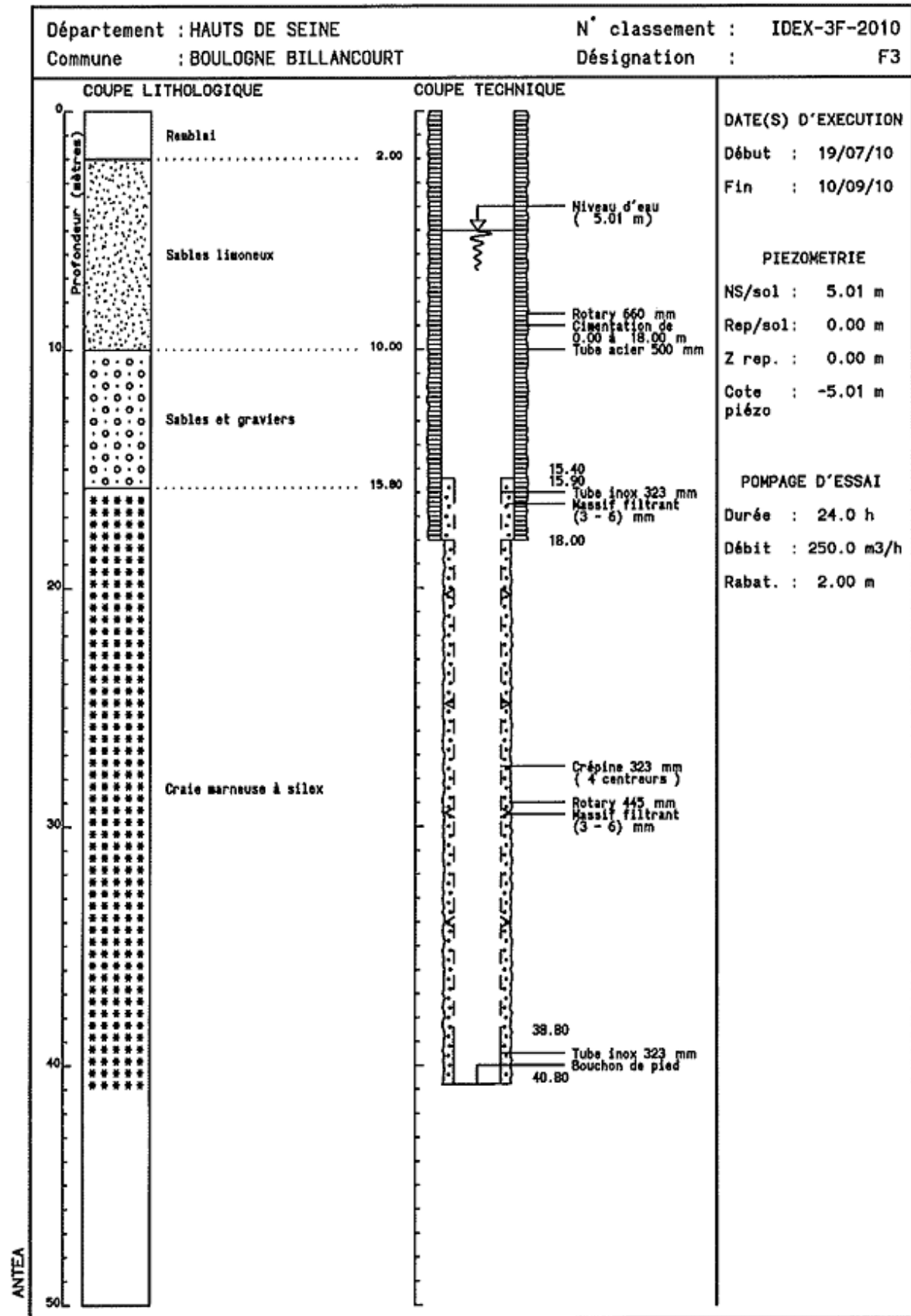
Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'ANTEA ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Annexe 1 : Coupes géologique et technique des forages

(3 pages)



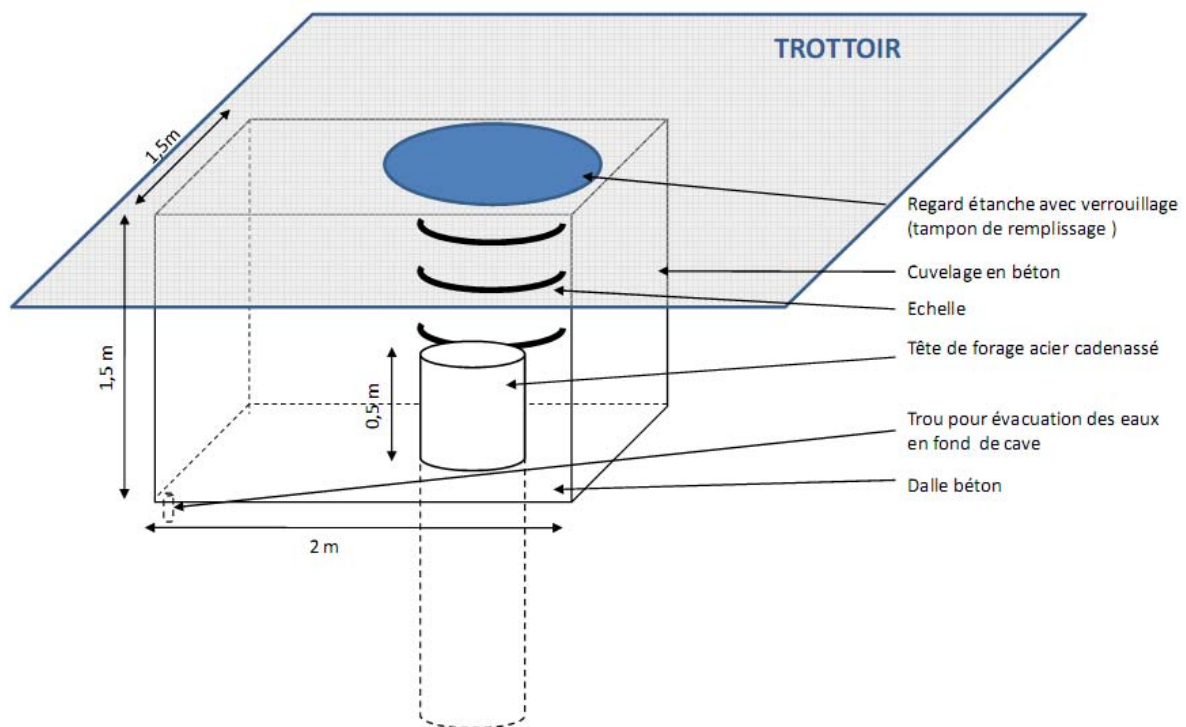
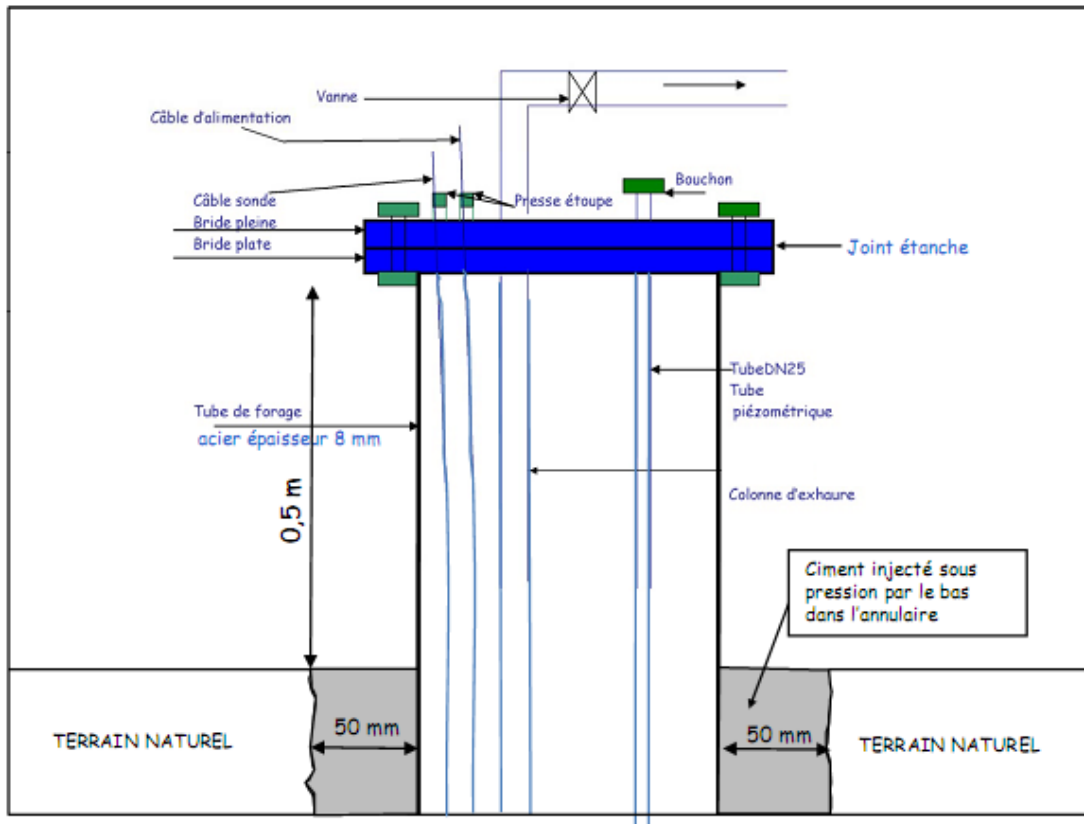


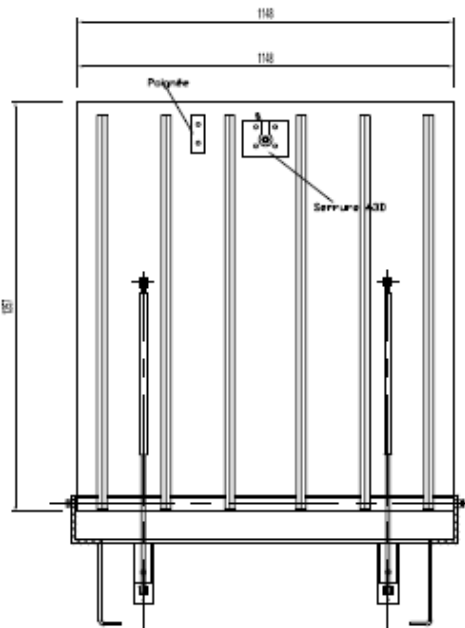


Annexe 2 : Tête et fermeture des forages

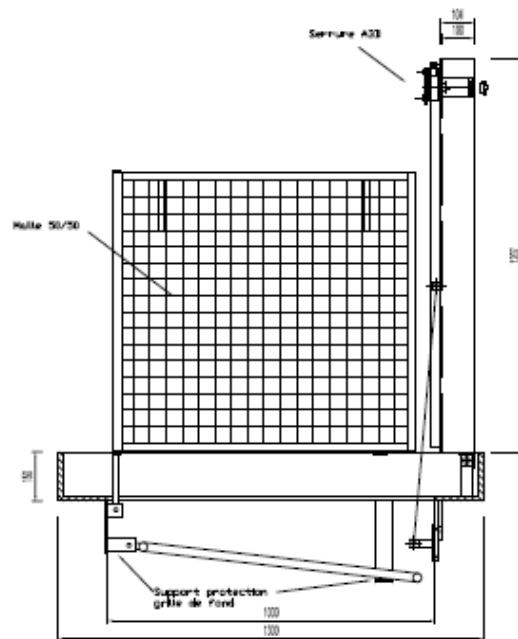
(2 pages)

Schéma d'une tête de forage étanche à l'intérieur d'une cave d'avant-puits

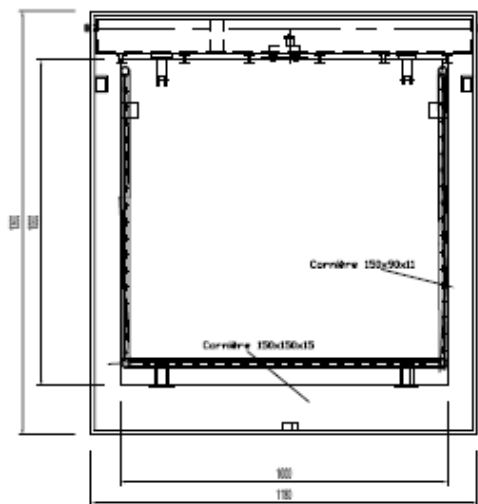




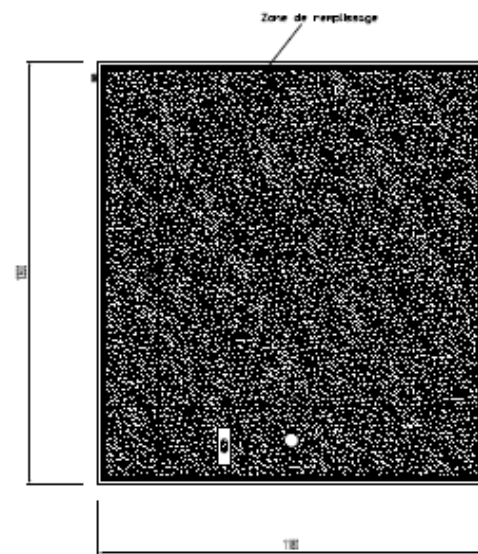
VUE TRAPPE OUVERTE



VUE LATÉRALE OUVERTE



VUE DE DESSUS TRAPPE OUVERTE



VUE DE DESSUS TRAPPE FERMÉE

A3D <small>ANTALINE</small>	Zone Circulaire Perforée - 23 des Châtelliers 93130 TROUSSEVILLE - Seine-Saint-Denis Tél : 01 59 60 02 97 Fax : 01 54 26 09 79	
	TRAPPE 1000 x 1000 à remplissage 1 VANTAIL A VERINS	Juillet 2009

Trappe à remplissage

Annexe 3 : Mesures SANFOR lors des essais en boucle

(6 pages)

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A



POMPAGE SUR F1 AVEC REINJECTION SUR F2 - DESCENTE

Client : IDEX

Lieu : Rue du Vieux Pont de Sèvres - 92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Repère F1 : + 0,38 m

Repère F2 : + 0,28 m

Niveau Statique F1 : 7,22 m

Niveau Statique F2 : 6,26 m

Date	H/Départ	Temps			F1		Observations	F2	Observations
		Heures	Minutes	Secondes	Niv. Dyn.	Débit	Température	Niv. Stat.	Compteur
03/09/10				30					37520 m³
			1		7.82			6.26	
			1	30		245,956 m³/h	1 bar	6.26	
			2		7.87			4.64	
			2	30				4.71	
			3		7.87			4.71	
			3	30				4.75	
			4		7.98			4.78	
			5		7.98			5.36	
			6		8.01			5.36	
			7		8.01			4.94	
			8		8.02	245,956 m³/h	1 bar	4.95	
			9		8.02			4.98	
			10		8.03			5.01	
			12		8.03			5.04	
			14		8.03			5.02	
			16		8.03			5.02	
			18		8.03			5.02	
			20		8.03			4.91	
			25		8.09			4.86	
			30		8.15	245,777 m³/h	0,4 bar	4.80	
			35		8.26			4.77	
			40		8.27			4.76	
			50		8.27			4.76	
		1	0		8.27	245,416 m³/h	0,4 bar	4.75	
		1	10		8.27			4.73	
		1	20		8.27			4.73	
		1	30		8.27			4.72	
		1	40		8.28			4.70	
		2	0		8.28	257,510 m³/h	0,4 bar	4.68	
		2	20		8.28			4.67	
		2	40		8.28			4.67	
		3	0		8.28			4.65	
		3	20		8.28			4.63	
		3	40		8.28			4.62	
		4	0		8.28			4.61	
		4	30		8.28			4.60	
		5	0		8.28			4.59	
		5	30		8.28	257,510 m³/h	0,4 bar	4.58	
		6	0		8.28			4.57	
		7	0		8.29			4.54	
		8	0		8.29		14,3 °C	4.53	
		9	0		8.29	251,92 m³/h		4.53	
		10	0		8.29	252,80 m³/h	14,5 °C	4.51	
		11	0		8.29	257,32 m³/h	14,5 °C	4.51	

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A



POMPAGE SUR F1 AVEC REINJECTION SUR F2 - DESCENTE

Client : IDEX

Lieu : Rue du Vieux Pont de Sèvres - 92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Repère F1 : + 0,38 m

Niveau Statique F1 : 7,22 m

Repère F2 : + 0,28 m

Niveau Statique F2 : 6,26 m

[illegible]

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A



POMPAGE SUR F1 AVEC REINJECTION SUR F2 - REMONTEE

Client : IDEX

Lieu : Rue du Vieux Pont de Sèvres - 92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Repère F1 : + 0,38 m

Niveau Statique F1 : 7,22 m

Repère F2 : + 0,28 m

Niveau Statique F2 : 6,26 m

Date	H/Départ	Temps			F1		Observations	F2		Observations
		Heures	Minutes	Secondes	Niv.Stat.	Débit	Température	Niv.Stat.	Température	
04/09/10				30	7.29					
			1		7.25			6.09		
			1	30	7.25					
			2		7.25			6.18		
			2	30	7.25					
			3		7.25			6.19		
			3	30	7.25					
			4		7.25			6.19		
			5		7.25			6.19		
			6		7.25			6.19		
			7		7.25			6.19		
			8		7.25			6.19		
			9		7.25			6.19		
			10		7.25			6.20		
			12		7.25			6.20		
			14		7.25			6.20		
			16		7.25			6.20		
			18		7.25			6.20		
			20		7.25			6.20		
			25		7.24			6.20		
			30		7.24			6.20		
			35		7.24			6.20		
			40		7.24			6.21		
			50		7.24			6.21		
		1	0		7.24			6.22		
		1	10		7.24			6.22		
		1	20		7.24			6.23		
		1	30					6.23		
		1	40					6.23		
		2	0		7.23			6.23		
		2	10							
		2	20							
		2	30							
		2	40							
		3	0							
		3	20							
		3	40							
		4	0							
		4	30							
		5	0							
		5	30							
		6	0							
		6	30							
		7	0							
		7	30							
		8	0							

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A



POMPAGE SUR F2 AVEC REINJECTION SUR F1 - DESCENTE

Cliant : IDEX

Lieu : Rue du Vieux Pont de Sèvres - 92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Repère F1 : + 0,05 m

Niveau Statique F1 : 6,92 m

Repère F2 : + 0,23 m

Niveau Statique F2 : 6,40 m

Date	H/Départ	Temps			F2		Observations	F1	Observations
		Heures	Minutes	Secondes	Niv. Dyn.	Débit	Température	Niv. Stat.	Compteur
01/09/10				30	7.48			6.92	36878 m ³
			1		7.52				
			1	30	7.53				
			2		7.55			5.90	
			2	30	7.55			5.49	
			3		7.55			5.69	
			3	30	7.56			5.72	
			4		7.56			5.72	
			5		7.56			5.68	
			6		7.56			5.76	
			7		7.56			5.77	
			8		7.56		14,6 °C	5.78	
			9		7.56			5.79	
			10		7.56			5.80	
			12		7.56			5.80	
			14		7.57			5.80	
			16		7.57			5.80	
			18		7.57			5.80	
			20		7.57			5.80	
			25		7.57	255 m ³ /h	14,6 °C	5.80	
			30		7.57			5.79	
			35		7.58			5.79	
			40		7.58			5.78	
			50		7.58			5.78	
		1	0		7.59			5.77	
		1	10		7.59			5.77	
		1	20		7.60			5.77	
		1	30		7.60			5.77	
		1	40		7.60			5.76	
		2	0		7.60	255 m ³ /h		5.76	
		2	20		7.61			5.75	
		2	40		7.61			5.75	
		3	0		7.61			5.73	
		3	20		7.61	255 m ³ /h	14,6 °C	5.73	
		3	40		7.61			5.73	
		4	0		7.61			5.73	
		4	30		7.62			5.73	
		5	0		7.62		14,7 °C	5.72	
		5	30		7.62	255 m ³ /h		5.72	
		6	0		7.62			5.72	
		7	0		7.63	253 m ³ /h		5.72	
		8	0		7.63			5.72	
		9	0		7.63			5.71	
		10	0		7.63			5.71	
		11	0		7.63			5.71	

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A



POMPAGE SUR F2 AVEC REINJECTION SUR F1 - DESCENTE

Client : IDEX

Lieu : Rue du Vieux Pont de Sèvres - 92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Repère F1 : + 0,05 m

Niveau Statique F1 : 6,92 m

Repère F2 : + 0,23 m

Niveau Statique F2 : 6,40 m

[illegible]

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A



POMPAGE SUR F2 AVEC REINJECTION SUR F1 - REMONTEE

Client : IDEX

Lieu : Rue du Vieux Pont de Sèvres - 92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Repère F1 : + 0,05 m

Niveau Statique F1 : 6,92 m

Repère F2 : + 0,23 m

Niveau Statique F2 : 6,40 m

Date	H/Départ	Temps			F2		Observations	F1	Observations
		Heures	Minutes	Secondes	Niv.Stat.	Débit	Température	Niv.Stat.	Température
02/09/10				30	6.50			6.72	
			1		6.52			6.84	
			1	30	6.51			6.88	
			2		6.50			6.89	
			2	30	6.50			6.89	
			3		6.50			6.89	
			3	30	6.50			6.90	
			4		6.50			6.90	
			5		6.50			6.90	
			6		6.50			6.90	
			7		6.50			6.90	
			8		6.50			6.90	
			9		6.50			6.90	
			10		6.50			6.91	
			12		6.49			6.91	
			14		6.48			6.91	
			16		6.48			6.91	
			18		6.48			6.91	
			20		6.48			6.91	
			25		6.47			6.91	
			30		6.47			6.91	
			35		6.47			6.91	
			40		6.47			6.91	
			50		6.46			6.91	
		1	0		6.45			6.91	
		1	10		6.45			6.91	
		1	20		6.44			6.91	
		1	30		6.44			6.91	
		1	40		6.44			6.91	
		2	0		6.43			6.91	
		2	10						
		2	20						
		2	30						
		2	40						
		3	0						
		3	20						
		3	40						
		4	0						
		4	30						
		5	0						
		5	30						
		6	0						
		6	30						
		7	0						
		7	30						
		8	0						

Annexe 4 : Bordereaux d'analyses

(4 pages)



Laboratoire Central

Laboratoire Central
 Immeuble "Le Dufy"
 1, place de Turenne
 94417 Saint-Maurice Cedex
 Tél. : +33 (0) 1 49 76 52 52
 Fax : +33 (0) 1 49 76 52 42

RAPPORT D'ANALYSE

Numéro : EP10.20857

Votre Référence : CAE-SM-10-00220

Date de validation : 06/09/2010

Date d'impression : 07/09/2010

Donneur d'ordre : SANFOR.

Propriétaire/Affaire : SANFOR - SANFOR

Motif d'analyse : Mme FRIEMEAUX - Le 20/08/2010

SANFOR
 Rue Jean Cocteau

77340 PONTAULT COMBAULT
 FRANCE

Fax : 01 64 43 99 63

Tél : 01 64 43 98 97

Echantillon n° EP10.20857.1

Origine : Boulogne F1

Date prélév. : 20/08/2010 06:45

Produit : Eau brute

Date récept. : 20/08/2010

Paramètre	Méthode d'analyse	Vigilance	CMA	Résultat
Germes test				
Bactéries sulfato-réductrices	Méthode interne			<36 n/100ml
Equilibre calco-carbonique				
Type d'eau	Résultat calculé			Eau à l'équilibre
<i>Commentaire : Type d'eau déterminé à partir du pH mesuré au laboratoire.</i>				
Equilibre après essai au marbre				-
pH (calculé)	Résultat Calculé selon la méthode LPL			7.10 Unité pH
Delta CaCO3	Résultat calculé par le programme LPL			-11.6 mg /l
Alcalinité Composite (TA)	NF EN ISO 9963-1			0.0 °F
Alcalinité Totale (TAC)	NF EN ISO 9963-1			28.3 °F
pH	NFT 90-008			7.20 Unité pH
<i>Commentaire : Température de mesure du pH : 19.8° C</i>				
Paramètres Azotés et Phosphorés				
Nitrates	NF EN ISO 10304-1			<1 mg NO3/l
Prestations particulières				
Ferrobactéries				-
<i>Commentaire : L'observation microscopique n'a pas révélé la présence de ferrobactéries dans 300 ml.</i>				
Minéralisation				
Chlorures	NF EN ISO 10304-1			44.5 mg/l
Sulfates	NF EN ISO 10304-1			125 mg SO4/l
Calcium	NF EN ISO 17294-2			130 mg/l
Magnésium	NF EN ISO 17294-2			14 mg/l
Potassium	NF EN ISO 17294-2			6.4 mg/l
Sodium	NF EN ISO 17294-2			22 mg/l

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole

GIE des Laboratoires
 Immeuble "Le Dufy"
 1, place de Turenne
 94417 Saint-Maurice Cedex
 Tél. : +33 (0) 1 49 76 52 52
 Fax : +33 (0) 1 49 76 58 75

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A

Rapport d'analyse n° EP10.20857

Imprimé le 07/09/2010


Echantillon n° EP10.20857.1 (suite des résultats)

Origine : Boulogne F1

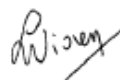
Date prélèv. : 20/08/2010 06:45

Produit : Eau brute

Date récept. : 20/08/2010

Paramètre	Méthode d'analyse	Vigilance	CMA	Résultat
Oligo-éléments et micropolluants minéraux				
<i>Commentaire : Préparation des métaux suivants selon NF EN ISO 17294-2 : Minéralisation par addition d'acide nitrique (1%).</i>				
 Fer	NF EN ISO 17294-2			14 µg/l

Directrice Adjointe du Laboratoire,
Laurence VIVIEN



La date d'expiration des essais et l'estimation des incertitudes de mesure sont disponibles sur demande.

Ce rapport ne concerne que l'(les) échantillon(s) soumis à l'analyse.

CMA : Concentration Minimale ou Maximale Admissible définie dans le texte réglementaire.

Vigilance : Niveau guide défini dans le texte réglementaire ou seuil d'alerte fourni par le client.

Les résultats soulignés indiquent un dépassement du (des) seuil(s).

La comparaison de résultats à un seuil ne tient pas compte de l'incertitude de mesure associée.

Les résultats formulés avec le symbole inférieur à "<" font référence à la limite de quantification de la méthode.



Laboratoire Central

Laboratoire Central
 Immeuble "Le Dufy"
 1, place de Turenne
 94417 Saint-Maurice Cedex
 Tél : +33 (0) 1 49 76 52 52
 Fax : +33 (0) 1 49 76 52 42

RAPPORT D'ANALYSE**Numéro : EP10.20325**

Votre Référence : CAE-SM-10-00220

Date de validation : 02/09/2010

Date d'impression : 03/09/2010

Donneur d'ordre : SANFOR

Propriétaire/Affaire : SANFOR - SANFOR

Motif d'analyse : M. FRENEAUX - Commune de Boulogne Billancourt - Le 12/08/2010

SANFOR
 Rue Jean Cocteau

77340 PONTAULT COMBAULT
 FRANCE

Fax : 01 64 43 99 63

Tél : 01 64 43 98 97

Echantillon n° EP10.20325.1

Origine : IDEX - F3

Date prélév. : 12/08/2010 16:00

Produit : Eau brute

Date récept. : 13/08/2010

Paramètre	Méthode d'analyse	Vigilance	CMA	Résultat
Germes test				
Bactéries sulfato-réductrices	Méthode interne			<36 n/100ml
Equilibre calco-carbonique				
Type d'eau	Résultat calculé			Eau à l'équilibre
<i>Commentaire : Type d'eau déterminé à partir du pH mesuré au laboratoire.</i>				
Equilibre après essai au marbre				-
pH (calculé)	Résultat Calculé selon la méthode LPL			7.35 Unité pH
Delta CaCO3	Résultat calculé par le programme LPL			-6.7 mg /l
Alcalinité Composite (TA)	NF EN ISO 9963-1			0.0 °F
Alcalinité Totale (TAC)	NF EN ISO 9963-1			19.6 °F
pH	NF T 90-008			7.45 Unité pH
<i>Commentaire : Température de mesure du pH : 19.5° C</i>				
Paramètres Azotés et Phosphorés				
Nitrates	NF EN ISO 10304-1			4.8 mg NO3/l
Prestations particulières				
Ferrobactéries				-
<i>Commentaire : L'observation microscopique n'a pas révélé la présence de ferrobactéries dans 250 ml.</i>				
Minéralisation				
Chlorures	NF EN ISO 10304-1			35.5 mg/l
ST Potassium	NF EN ISO 11885			3.1 mg/l
ST Magnésium	NF EN ISO 11885			5.9 mg/l
ST Sodium	NF EN ISO 11885			12.2 mg/l
Sulfates	NF EN ISO 10304-1			42.1 mg SO4/l
Calcium	NF EN ISO 17294-2			100 mg/l

Seules certaines prestations reportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole

GIE des Laboratoires
 Immeuble "Le Dufy"
 1, place de Turenne
 94417 Saint-Maurice Cedex
 Tél. : +33 (0) 1 49 76 52 52
 Fax : +33 (0) 1 49 76 58 75

ST Paramètre sous traité au(x) laboratoire(s) CAE suivant(s) : LYON

ZAC SEGUIN RIVES DE SEINE à Boulogne-Billancourt (92)
Projet d'installation de thermofrigopompes sur nappe- Réalisation de 3 forages d'essai –
Compte rendu de travaux - A 59385 - version A

Rapport d'analyse n° EP10.20325

Imprimé le 03/09/2010

Echantillon n° EP10.20325.1 (suite des résultats)

Origine : IDEX - F3

Date prélév. : 12/08/2010 16:00

Produit : Eau brute

Date récept. : 13/08/2010

Paramètre	Méthode d'analyse	Vigilance	CMA	Résultat
Oligo-éléments et micropolluants minéraux				
Commentaire : Préparation des métaux suivants selon NF EN ISO 17294-2 : Minéralisation par addition d'acide nitrique (1%).				
Commentaire : Préparation des métaux suivants selon NF EN ISO 11885 : Minéralisation par addition d'acide nitrique (1%).				
 ST Fer	NF EN ISO 11885			310 µg/l

Directeur du Laboratoire,
Olivier FAROT

La date d'exécution des essais et l'estimation des incertitudes de mesure sont disponibles sur demande.

Ce rapport ne concerne que l'(les) échantillon(s) soumis à l'analyse.

CMA : Concentration Minimale ou Maximale Admissible définie dans le texte réglementaire.


Vigilance : Niveau guide défini dans le texte réglementaire ou seul d'alerte fourni par le client.

Les résultats soulignés indiquent un dépassement du (des) seuil(s).

La comparaison de résultats à un seuil ne tient pas compte de l'incertitude de mesure associée.

Les résultats formulés avec le symbole inférieur à "<" font référence à la limite de quantification de la méthode.



Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole .

La reproduction de ce rapport d'analyse n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages.

ST Paramètre sous traité au(x) laboratoire(s) CAE suivant(s) : LYON.

www.cae-veolia.com

Page 2 / 2



Laboratoire agréé
par le ministère chargé
de l'environnement

Annexe 5 : Rapport de diagraphies

(43 pages)

Annexe 6 : Photos du chantier

(6 pages)



Photo 1 : Installation de la machine au forage F2



Photo 2 : Installation des bacs à boues et protections (forage F2)

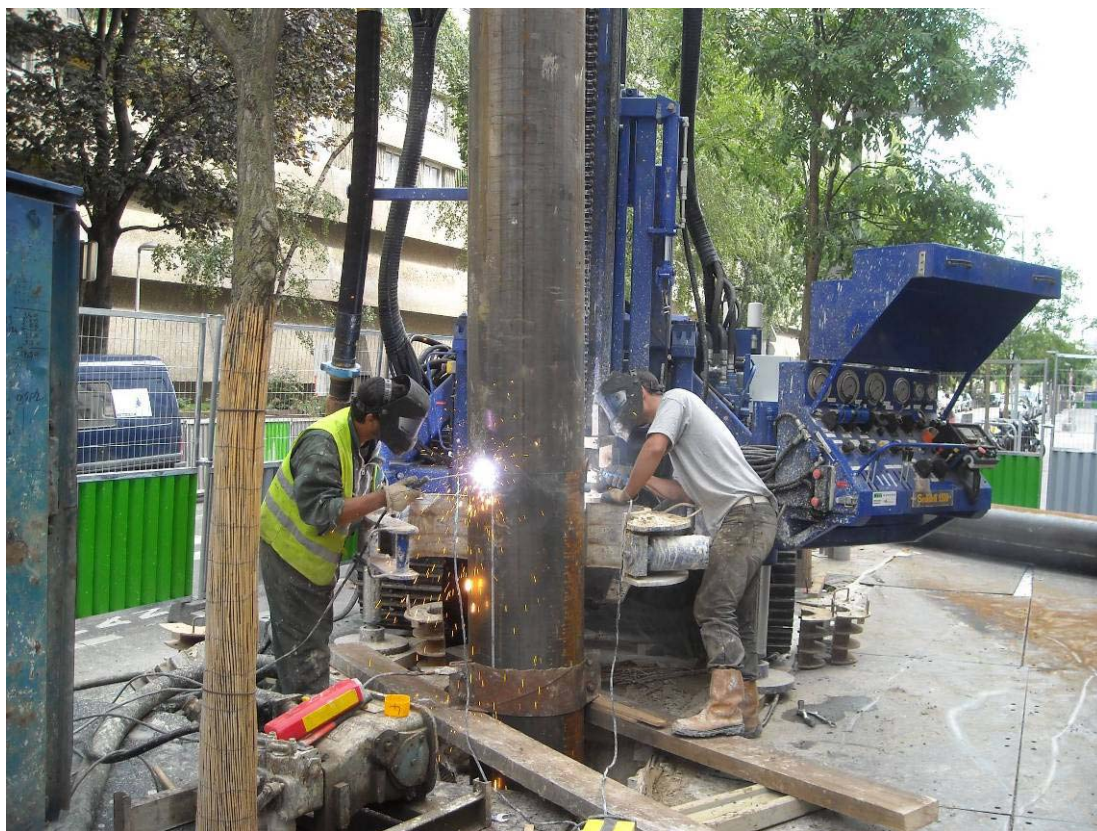


Photo 3 : Soudures des tubages acier (forage F2)



Photo 4 : Cimentation sous pression (forage F2)



Photo 5 : aperçu des crépines inox



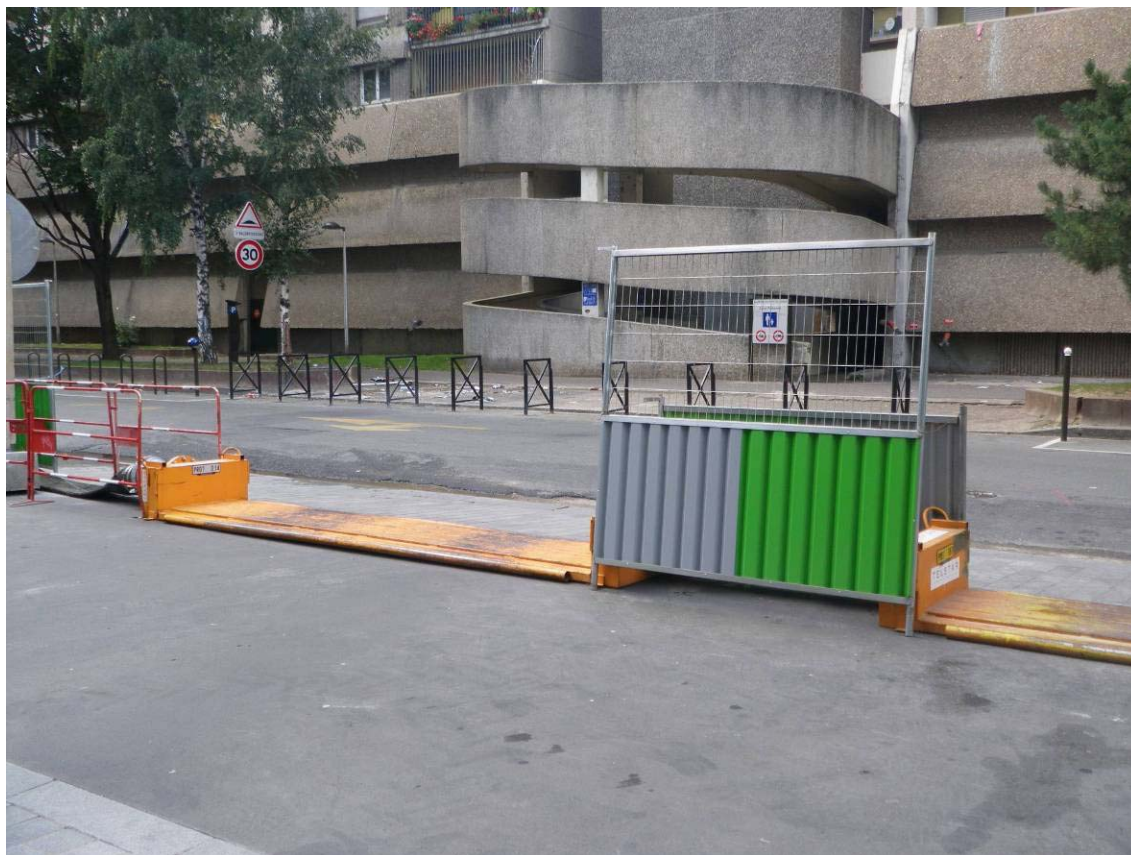
Photo 6 : Cuves d'acide chlorhydrique – forage F1



Photo 7 : Acidification sous pression – forage F3



Photo 8 : Installations de pompage au forage F1



**Photo 9 : Boîtes à eau installées pendant les essais en boucle
(permettent le passage de véhicules)**



Photo 10 : Cave d'avant-puits bétonnée et dalle béton fermant la cave (destinée à accueillir une trappe à remplissage)



Fiche signalétique

Rapport

Titre : ZAC Seguin Rives de Seine à Boulogne Billancourt (92) – Projet d'installation de thermofrigopompes sur eau de nappe – Réalisation de 3 forages d'essai – Rapport provisoire de fin de travaux.

Numéro et indice de version : A 59385 - Version A

Date d'envoi : Octobre 2010

Nombre d'annexes dans le texte : 6

Nombre de pages : 42

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

Diffusion (nombre et destinataires) : 3 ex. *client*

1 ex. *auteur*

Client

Coordonnées complètes : **IDEX**
3, rue Escudier
92513 BOULOGNE BILLANCOURT cedex

Téléphone : 01 47 12 43 56

Télécopie : 01 47 12 44 80

Nom et fonction des interlocuteurs : Monsieur Virgile MONTI, Chef de Projet

ANTEA

Unité réalisatrice : PEAU

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Gérard GURLIAT, interlocuteur commercial

Hubert DEHAYS, responsable du projet

Sandra CUROT, Jérôme LAFARGE. Auteurs

Secrétariat : Virginie PEIGNÉ

(signature)

Qualité

Contrôlé par : Hubert DEHAYS

(signature)

Date : *Octobre 2010 - Version A*

N° du projet : IDFP 100077

Références et date de la commande : commande IDEX n° AY-110-000000167 du 23.03.2010

Mots clés : Pompe-à-chaleur, forage, géothermie, nappe de la craie

Nom de la commune : Boulogne Billancourt – Département : 92