

# **SIAEP DU NORD ECOUEN**

1, route de Marly  
95380 PUISEUX EN FRANCE

**CREATION DE NOUVELLES RESSOURCES  
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE**

**FORAGE FM 3 - FONTENAY- EN - PARISIS**

## **MAITRISE D'ŒUVRE DU FORAGE**

**RAPPORT FINAL DE FORAGE**

**Jean-Claude VATHAIRE**  
hydrogéologue consultant

avril – mai 2013

## SOMMAIRE

1. Localisation géographique	page 3
2. Compte-rendu technique	page 3
2.1 Conditions géologiques et hydrogéologiques	page 3
2.2 Planning des travaux – Intervenants	page 3
2.3 Coupe géologique et technique du forage	page 8
2.3.1. coupe géologique	page 8
2.3.2. coupe technique	page 8
2.3.3. commentaires de la coupe technique	page 8
⇒ <i>Pertes de boue observées :</i>	
⇒ <i>Vitesse d'avancement du forage</i>	
⇒ <i>Contrôle de la cimentation</i>	
⇒ <i>Équipement du forage</i>	
⇒ <i>Granulométrie des sables</i>	
⇒ <i>Contrôle de la verticalité</i>	
⇒ <i>Diagraphies, de production</i>	
3. Pompages d'essai – Résultats et interprétation	page 10
3.1 Essai par paliers de débit	page 10
3.2 Essai de longue durée	page 12
3.3 Conclusions des essais	page 13
4. Qualité de l'eau	page 13
5. Recommandations d'exploitation	page 14
5.1 Régime d'exploitation	page 14
5.2 Suivi du forage	page 14
5.3 Suivi qualité	page 14
6. Conclusions	page 14

### Annexe I : Figures

Localisation du forage	1 et 2
Coupes géologique et technique	3
Vitesse d'avancement du forage	4
Contrôle de la cimentation (CBL)	5
Courbes granulométriques	6, 7, 8 et 9
Contrôle de la verticalité	10
Diagraphies : conductivité, température, micromoulinet	11
Paliers : courbe caractéristique	12
Courbe débit - rabattement spécifique	13
Essai de longue durée	14
Transmissivité calculée / essai de débit	15
Remontée	16
Transmissivité calculée / remontée	17

### Annexe II :

Analyses physico-chimiques des eaux du Cuisien

## **COMPTE RENDU DU DEROULEMENT DU CHANTIER DE FORAGE FM 3 FONTENAY EN PARISIS**

### **1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE** (figures 1 et 2)

Commune de Fontenay en Parisis, au lieu-dit "le Plant Queney", 60 m au sud-ouest de la D 47 joignant Mareil-en-France à Fontenay-en-Parisis à Mareil-en-France. Référence cadastrale du point de prélèvement : parcelle n° 35, section ZN 01.

Coordonnées Lambert II étendu du point de prélèvement :

X = 607 501  
Y = 2 450 972  
Z = + 112 m EPD

Coordonnées Lambert 93 du point de prélèvement :

X = 659 000  
Y = 6 884 244

Le SIAEP du NORD ECOUEN se rendra propriétaire du terrain, le forage de reconnaissance s'avérant positif ; une convention d'occupation temporaire a été établie pour la durée des opérations de reconnaissance.

Conformément à l'article 131 du Code Minier, ce forage a été déclaré à la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement d'Ile de France par l'entreprise de forage.

### **2. COMPTE RENDU TECHNIQUE**

#### **2.1. Conditions géologiques et hydrogéologiques :**

Le forage se situe à environ 1000 m à l'ouest-nord-ouest du centre du village de Fontenay-en-Parisis et au sud de la commune de Mareil-en-France, sur un plateau constitué de formations du Tertiaire. Il capte la nappe des sables du Cuisien et du Soissonnais sur 36 m d'épaisseur.

#### **2.2. Intervenants - Planning des travaux effectués :**

Le forage a été réalisé par la Société Forages MASSE basée à Hérisson 17380 TONNAY BOUTONNE selon le mode opératoire suivant :

Travaux préparatoires : du 07/11 au 15/11/2012

- semaine 45 :  
Mise en place du matériel : machine de forage B125 (tarière), clôture du chantier et sécurisation de la fosse à boue ; implantation du forage par le maître d'œuvre.
- semaine 46 :  
Forage en Ø 1200 mm de 0 à 4,50 m ; posé tubage provisoire acier Ø 1130 mm ; forage Ø 600 mm de 4,50 à 10 m : éboulement et rebouchage jusqu'à 6,50 m ; foncé tubage provisoire

acier Ø 1130 mm jusqu'à 5,50 m ; reforage Ø 940 mm jusqu'à 10,50 m ; éboulement et rebouchage jusqu'à 8,00 m ; reforage Ø 940 mm jusqu'à 10,50 m .

Pose tubage acier Ø 860 mm à 10,50 m ; bouchon de ciment ; remonter tubage provisoire acier Ø 1130 mm ; cimentation complémentaire annulaire (3,5 m<sup>3</sup>) ; curage tubage acier Ø 860 mm de 7 à 10 m ; repli machine de forage B125 (tarière) et chargement.

Réalisation du forage : du 19/11/2012 au 07/02/2013

- semaine 47 :

La machine de forage ECOFOR 2006 est arrivée sur site ainsi que la pompe de forage, le déssableur ; complément de béton autour du tubage en place ; début d'installation du matériel.

- semaine 48 :

Fin de l'amenée du matériel et de l'installation du chantier, mise en place de la machine de forage, installation du tube fontaine, descente de la garniture Ø 800 mm dans le forage ; préparation de 10 m<sup>3</sup> de boue.

- semaine 49 :

Fabrication supplémentaire de 12 m<sup>3</sup> de boue ; forage Ø 800 mm de 10,50 à 29,50 m, pertes de boue légères depuis 23 m ; installation de la conduite d'alimentation en eau depuis la borne d'incendie proche du cimetière ; approvisionnement de 54 m de tubage Ø 660 mm.

- semaine 50 :

NS le 10/12 : 11,10 / sol ; fabrication supplémentaire de 16 m<sup>3</sup> de boue ; forage Ø 800 mm de 29,50 à 32,70 m en pertes partielles (≠ 20 m<sup>3</sup>), terrains très durs (de 1 H 30 à 2 H 15 /m foré) ; préparation et mise en place du tubage Ø 660 mm, sabot à 32 m, 1 centreur à 1,70 m du fond ; volume théorique = 4,8 m<sup>3</sup>, injecté 6 m<sup>3</sup>, ressorti ≠ 6 m<sup>3</sup>, niveau ciment à -3 m/sol.

- semaine 51 :

Top ciment annulaire à - 4 m ; descente outil Ø 600 mm, reforage ciment depuis 30,90 m ; fabrication boue neuve 10 m<sup>3</sup> ; forage Ø 600 mm jusqu'à 38 m, circulation ; niveau boue à 14,70 m ; remontée outil au sabot ; fermeture et mise en sécurité du chantier pour les congés.

- semaine 02 :

Réouverture chantier ; fabrication boue neuve 20 m<sup>3</sup> ; circulation boue à 38 m ; forage Ø 600 mm de 38 à 44 m en pertes légères (1,5 m<sup>3</sup>/h) ; vitesse d'avancement de 30' à 1 H 45' ; niveau boue à 5,40 m le 10/01 ; forage Ø 600 mm de 44 à 54 m en pertes légères (0,5 m<sup>3</sup>/h) ; vitesse d'avancement de 15' à 1 H 30' ; fabrication boue neuve 8 m<sup>3</sup> ; tubage API Ø 473 mm livré ; mise hors gel du chantier pour le WE.

- semaine 03 :

Les conditions météorologiques obligent à mettre le chantier hors gel chaque soir ; descente garniture à 54 m : pas de dépôt ; niveau boue à 12,60 m le 14/01 ; fabrication boue neuve 8 m<sup>3</sup> ; forage Ø 600 mm de 54 à 61,50 m ; vitesse d'avancement rapide à partir de 53 m ; arrêt forage à 61,50 m, celui-ci étant rentré dans les sables de Cuise ; circulation 1 H : boue densité 1,08 – viscosité 37 ; reprise

le 16/01 : contrôle de trou, pas de dépôt ; descente tubage API Ø 473 mm ; arrêt descente tubage à 54 m en raison de l'impossibilité de cimenter (température = - 8°) ; mise hors gel du chantier pour le WE.

- semaine 04 :

En raison des intempéries, le chantier n'a pu être rouvert que le 22 après-midi ; difficultés pour décoller le tubage ; celui-ci après circulation et traction est décollé ; descente tubage à la cote de 59 m (cote sabot) ; cimentation le 24/01 ; injection 3 m<sup>3</sup> d'eau + 10 m<sup>3</sup> ciment + 1,1 m<sup>3</sup> d'eau (chasse) ; ciment au jour ; mise hors gel du chantier pour le WE ; modification du programme : le test de mise en pression du tubage sera remplacé par une diagraphie CBL (cement bond logging) réalisée en début de semaine 6.

- semaine 05 :

Reforage du ciment : top à 58,60 m, reforage jusqu'à 61 m ; forage Ø 445 mm de 61 à 94 m ; avancement de 3 à 9 minutes / m ; arrêt décidé en présence de niveaux plus argileux et d'avancement plus lent ... de 7 à 10 minutes / m ; circulation 2 H : viscosité 35, densité 1,06 ; pertes de boue environ 8 à 9 m<sup>3</sup> ; niveau le 30/01 ... 25,80 m, le 31/01 ... 23,20 m ; remontée garniture, diagraphie CBL avec SEMM LOGGING : très bonne cimentation de 59 à 24 m, "moins bonne" de 24 m au sol (difficulté de lecture due vraisemblablement au remplissage de boue neuve bullée) ; mise hors gel du chantier pour le WE.

- semaine 06 :

Niveau boue à 33,60 m ; fabrication de 15 m<sup>3</sup> boue neuve ; circulation au fond, densité 1,04, viscosité 34 ; mise en place de la colonne d'exploitation inox Ø 324 mm selon la composition prévue ; mise en place du gravier 0,8 – 1,4 mm ; tête de la colonne à 41,70 m (tourne à gauche) ; mise en place air-lift et mise en eau progressive sous air-lift ; injection de 100 kg d'héxamétaphosphate, chasse 1 m<sup>3</sup> ; top gravier à 57,80 m, niveau statique 42,46 m / repère situé à + 0,63 m / sol ; mise hors gel du chantier pour le WE.

Nettoyage et développement : du 11/02 au 13/03/2013

- semaine 07 :

Le 11/02 : niveau statique 42,37 m / repère, top gravier 57,93 m ; développement en air-lift : débit 9,9 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique 50,62 m au bout de 3 H ; injection de 150 kg d'héxamétaphosphate, chasse 8 m<sup>3</sup> ;

Le 12/02 : niveau statique 42,43 m / repère, développement en air-lift : débit 11 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique 49,75 m au bout de 9 H 30, eau très sale ; gravillonnage complémentaire (38 sacs), top 49,35 m ; injection de 150 kg d'héxamétaphosphate, chasse 16 m<sup>3</sup> ;

Le 13/02 : niveau statique 42,48 m / repère, top gravier 49,40 m ; développement en air-lift : débit 12 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique 50,30 m au bout de 4 H 30, eau très sale puis légèrement sale ; remontée air-lift, descente pompe immergée, test de 45 ' à 24 m<sup>3</sup>/h ;

Le 14/02 : développement en pompage discontinu par à-coups pendant 9 H ; niveau statique initial 42,88 m / repère à 1,26 m / sol ; débits de 24 à 70 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique de 58 à 70 m / repère ; eau très sale puis progressivement légèrement trouble, quelques grains de sable ; fermeture chantier pour le WE.

- semaine 08 :

Le 18/02se : niveau statique 42,91 m / repère, développement à la pompe : débit 30 m<sup>3</sup>/h, à-coups à 80 m<sup>3</sup>/h ; injection de 100 kg d'héxamétaphosphate, chasse 16 m<sup>3</sup>.

Le 19/02 : niveau statique 42,83 m / repère ; évacuation de l'eau après traitement hexa : eau très sale puis plus claire, à-coups de 80 à 112 m<sup>3</sup>/h ; développement à la pompe : débit 40 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique au bout de 1 H à 61,08 m / repère ; injection de 100 kg d'héxamétaphosphate, chasse 20 m<sup>3</sup>.

Le 20/02 : niveau statique 42,82 m / repère ; évacuation de l'eau après traitement hexa : eau très sale puis plus claire, à-coups de 82 m<sup>3</sup>/h ; développement à la pompe : débit 52 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique au bout de 1 H à 62,77 m / repère ; à-coups de 114m<sup>3</sup>/h ; développement à la pompe : débit 61 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique au bout de 1 H à 65,91 m / repère ; injection de 100 kg d'héxamétaphosphate, chasse 22 m<sup>3</sup>.

Le 21/02 : niveau statique 42,92 m / repère ; évacuation de l'eau après traitement hexa : eau très sale puis plus claire, à-coups de 100 à 128 m<sup>3</sup>/h ; développement à la pompe : débit 70 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique au bout de 1 H à 66,29 m / repère ; à-coups de 101à 123 m<sup>3</sup>/h ; développement à la pompe : débit 80 m<sup>3</sup>/h, niveau dynamique au bout de 1 H à 71,04 m / repère ; injection de 100 kg d'héxamétaphosphate, chasse 22 m<sup>3</sup>.

Le 22/02 : évacuation de l'eau après traitement hexa ; fermeture chantier pour le WE.

- Semaine 09 :

Le 25/02 : niveau statique 42,82 m / repère ; réalisation de 3 paliers enchaînés de 1 H au débit de 50, 65 et 80 m<sup>3</sup>/H pour évaluer les débits spécifiques en m<sup>3</sup>/h/m et les pertes de charge quadratiques en % par rapport aux rabattements mesurés :

Débits	Débits spécifiques	Pertes de charge
50	3,36	14
65	3,25	17
80	3,10	20

Les 26 et 27/02 : développement par à-coups jusqu'à 110 m<sup>3</sup>/h.

Le 28/02 : niveau statique 42,82 m / repère ; réalisation de 3 paliers enchaînés de 1 H au débit de 50, 65 et 80 m<sup>3</sup>/H pour évaluer les débits spécifiques en m<sup>3</sup>/h/m et les pertes de charge quadratiques en % par rapport aux rabattements mesurés et de les comparer aux résultats du 25/02 :

Débits	Débits spécifiques	Pertes de charge
50	3,44	12
65	3,31	15
80	3,20	18

Conclusion : nous constatons une amélioration au vu des résultats des derniers paliers ; l'ouvrage continue à se développer. L'analyse des sables de Cuise sur FM3 présente des concentrations de lignite qui n'étaient pas apparus sur FM2. Leur présence pourrait expliquer la lenteur du développement.

- Semaine 10 :

Le 04/03 : niveau statique 42,81 m / repère ; développement à la pompe.

Le 05/03 : niveau statique 42,72 m / repère ; injection de 200 l d'eau oxygénée + chasse 6 m<sup>3</sup> – attente 4 H ; pompage de nettoyage de 60 à 75 m<sup>3</sup>/h.

Le 06/03 : niveau statique 42,72 m / repère ; pompage de développement de 75 à 85 m<sup>3</sup>/h.

Le 07/03 : niveau statique 42,72 m / repère ; pompage de développement de 80 à 91 m<sup>3</sup>/h.

Conclusion : le traitement par l'eau oxygénée ne s'est pas révélé concluant ; le développement en pompage par à-coups va être poursuivi.

- Semaine 11 :

Le 11/03 : niveau statique 42,69 m / repère ; développement à la pompe.

Le 12/03 : développement à la pompe (de 65 à 75 m<sup>3</sup>/h).

Le 13/03 : niveau statique 42,67 m / repère ; développement à la pompe et 3 paliers enchaînés de 1 H à 50,6 m<sup>3</sup>/h, ND à 57,87 m / repère, débit spécifique 3,33 m<sup>3</sup>/h/m, de 1 H à 65,3 m<sup>3</sup>/h, ND à 63,37 m / repère, débit spécifique 3,15 m<sup>3</sup>/h/m, de 1 H à 80,4 m<sup>3</sup>/h, ND à 69,07 m / repère, débit spécifique 3,04 m<sup>3</sup>/h/m.

Essais de débit : du 14/03 au 21/03/13

Le 14/03 : niveau statique 42,75 m / repère ; 3 paliers enchaînés de 2 H à 45,7 m<sup>3</sup>/h, ND à 56,63 m / repère, débit spécifique 3,29 m<sup>3</sup>/h/m, de 2 H à 55,6 m<sup>3</sup>/h, ND à 60,28 m / repère, débit spécifique 3,17 m<sup>3</sup>/h/m, de 2 H à 65,2 m<sup>3</sup>/h, ND à 63,21 m / repère, débit spécifique 3,19 m<sup>3</sup>/h/m.

- Semaine 12 :

Le 18/03 : niveau statique 42,59 m / repère ; du 18/03 à 14 H 30 au 21/03 à 19 H 50 : essai de débit de longue durée au débit de 55,5 m<sup>3</sup>/h : niveau dynamique au bout de 72 H de pompage : 60,86 m / repère, soit 59,60 m / sol ; niveau dynamique stabilisé depuis 52 H de pompage ; enregistrement de la remontée jusqu'au 25/03 à 12 H 40.

Prélèvement pour analyses physico-chimiques réalisé le 21/03 à 11 H par SGS.

Débit et niveaux dynamiques ont été enregistrés de façon continue.

Démontage et repli :

- Semaine 13 :

Le 25/03 : niveau statique 42,76m / repère (1,26 m / sol) ; remontée pompe au jour ; top sable au fond : 92,50 m (91,80 m / sol) ; top gravier : 41,95 m / sol (fond inox à 94,00 m ; extraction du tubage PVC Ø 324 mm ; mise en place du diablo.

Le 26/03 : descente air-lift et nettoyage du fond de 91,80 à 94,00 m (remontée de sable et de boue).

Le 27/03 : manutention chantier, repli du matériel.

Le 28//03 : diagraphies avec GHI ; enregistrement vidéo de l'ouvrage ; micromoulinet en pompage, 1<sup>ère</sup> phase : aspiration à 54,50 m, débit 45 m<sup>3</sup>/h, 2<sup>nde</sup> phase, aspiration à 66,50 m, débit 50 m<sup>3</sup>/h ; diagraphie de verticalité ; fermeture du chantier.

- Semaine : 17

Du 22/04 au 24/04, nettoyage complémentaire en air-lift + brossage, l'inspection vidéo du 28/03 ayant révélé la présence de résidus de boue de forage.

Le 25/04, inspection vidéo complémentaire par GHI : les crépines sont globalement propres ; on observe au fond de quelques fentes des résidus de boue de forage et au droit de certaines fentes une légère accumulation de sable fin due à vraisemblablement à l'action de l'air-lift ; ces derniers dépôts devraient disparaître en pompage.

## 2.3. Coupe géologique et technique du forage :

### 2.3.1. Coupe géologique :

Elle est représentée sur la figure 3. Les cotes sont mesurées par rapport au sol (cote + 112 m EPD).

Des échantillons de terrain ont été prélevés tous les mètres et ont servi au maître d'œuvre pour établir la coupe géologique.

D'après les déblais observés et en interprétant les vitesses d'avancement du forage et la tenue mécanique du terrain pour les terrains plus profonds, la coupe géologique serait la suivante :

- de 0 à 6 m : marno-calcaires de St Ouen
- de 6 à 21,5 m : sables de Beauchamp
- de 21,5 à 31 m : marnes et caillasses de Lutétien
- de 31 à 41 m : calcaire grossier du Lutétien
- de 41 à 52 m : grès calcaires du Lutétien
- de 52 à 56 m : sables calcaires et glauconieux du Lutétien
- de 56 à 83 m : sables de Cuise
- de 83 à 92 m : sables du Soissonais
- au-delà de 92 m : argiles sableuses du Sparnacien

### 2.3.2 Coupe technique :

La coupe technique de l'ouvrage final (figure 3) est la suivante après la phase préliminaire de réalisation de l'avant-trou en gros diamètre :

- de 0 à 10,5 m : reforage 1000 mm (39"7/8)
- de 0 à 10,5 m : tubage acier Ø 860 mm (33"7/8)
- de 0 à 10,5 m : cimentation annulaire sous pression
- de 10,5 à 32,7 m : forage Ø 800 mm (31"1/2)
- de 0 à 32,7 m : tubage acier Ø 660 mm (26")
- de 0 à 32,7 m : cimentation annulaire sous pression
- de 32,7 à 61,5 m : forage Ø 600 mm (23"5/8)
- de 0 à 59,0 m : tubage acier API Ø 473,1 mm (18"5/8)
- de 0 à 59,0 m : cimentation annulaire sous pression
- de 61,5 à 94,0 m : forage Ø 445 mm (12"1/4)
- de 42,5 à 94,0 m : pose colonne d'exploitation inox 304L
- de 43,0 à 94,0 m : massif de gravier 0,8 / 1,4 mm

### 2.3.3. Commentaires de la coupe technique :

#### ⇒ Pertes de boue observées :

Au droit des formations des marnes et caillasses du Lutétien, avant la pose du tubage Ø 660 mm :

- pertes légères depuis 23 m,
- pertes partielles de 24 à 32 m (20 m<sup>3</sup>),

Au droit des formations du calcaire grossier du Lutétien, avant la pose du tubage Ø 473 mm :

- pertes légères de 38 à 44 m,
- pertes légères de 44 à 54 m,

Après pose du tubage Ø 473 mm à 59 m, pertes légères à partir de 61 m au début du forage des sables de Cuise.



⇒ **Vitesse d'avancement du forage : (figure 4)**

Celle-ci a été notée à partir de 25 m ::

- la vitesse d'avancement moyenne de 25 à 31 m a été de 65 minutes / mètre, dans les marnes et caillasses du Lutétien (diamètre de forage : 800 mm),
- la vitesse d'avancement moyenne de 32 à 41 m a été de 46 minutes / mètre, dans le calcaire grossier du Lutétien (diamètre de forage : 600 mm),
- la vitesse d'avancement moyenne de 42 à 52 m a été de 58 minutes / mètre dans les grès calcaires du Lutétien (diamètre de forage : 600 mm),
- la vitesse d'avancement moyenne de 53 à 62 m a été de 15 minutes / mètre dans les sables calcaires et glauconieux du lutétien (diamètre de forage : 600 mm),
- la vitesse d'avancement moyenne de 63 à 83 m a été de 6 minutes / mètre dans les sables de Cuise (diamètre de forage : 445 mm).
- la vitesse d'avancement s'est ralentie dans les sables du Soissonais (8 à 10 minutes / mètre) en raison de leur plus grande argilosité.

⇒ **Contrôle de la cimentation du tubage Ø 473,1 mm (18"5/8) : (figures 5.1, 5.2 et 5.3)**

Le contrôle de la cimentation a été réalisé par mesure CBL classique (cement bond logging) par la Société SEMM LOGGING le 31 janvier 2013 : très bonne cimentation de 59 à 24 m, "moins bonne" de 24 m au sol (mais difficulté de lecture due vraisemblablement au remplissage de boue neuve bullée, le niveau de la boue dans le forage s'étant abaissé jusqu'à 24 m). Lors de la cimentation, le ciment était remonté au jour.

⇒ **Équipement du forage : colonne d'exploitation inox 304 (12"3/4 – 324 mm) :**

Après contrôle du trou, descente de la colonne d'exploitation, allègement de la boue ; caractéristiques :

- tubes pleins : EN10217-7, 304/304L, OD 323,9 mm,
- crépines : 304/304L, OD 323,9 mm, ID 305 mm, fils 400, pourcentage de vide 16%.

Composition :

- plein de 42,5 à 61,35 m (3 × 6 m)
- crépiné fil enroulé slot 0,8 mm de 61,35 à 73,35 m (2 × 6 m)
- plein de 73,35 à 77,35 m (1 × 4 m)
- crépiné fil enroulé slot 0,8 mm de 77,35 à 93,40 m (2 × 6 m + 1 × 4 m)
- plein de 93,40 à 94 m (1 × 1 m, fond plein soudé)

soit 28 mètres de crépine, positionnement de plein entre 73 et 77 m correspondant à une zone plus argileuse, permettant de positionner ensuite la pompe d'exhaure.

En tête de la colonne : tourne à gauche en PVC, descente de la colonne avec tubage provisoire PVC Ø 12"3/4, gravillonnage 0,8 – 1,4 mm, mise en eau, développement.

A la fin des opérations, extraction du tubage provisoire PVC Ø 12"3/4, pose en final d'un diabolito diélectrique revêtu époxy sur la tête de la colonne d'exploitation à 41,65 m.

⇒ **Granulométrie des sables du Cuisien et du Soissonais :**

Quatre échantillons ont été pris à des profondeurs croissantes pour analyser la granulométrie de ces sables :

- profondeur 64 mètres : médiane (D50) ... 0,29 mm (figure 6)
- profondeur 71 mètres : médiane (D50) ... 0,26 mm (figure 7)
- profondeur 83 mètres : médiane (D50) ... 0,14 mm (figure 8)
- profondeur 88 mètres : médiane (D50) ... 0,13 mm (figure 9)

⇒ **Contrôle de la verticalité du forage : (figure 10)**

La mesure a été effectuée de 0 (bride acier à + 0,63 m / TN) à 94,40 m. Les informations ont été les suivantes :

- entre 42 et 46 m, augmentation brutale de l'inclinaison due au passage de la sonde dans la colonne d'exploitation Ø 324 mm : il convient de ne pas en tenir compte,
- de 0 à 42 m (tubage acier Ø 473 mm), l'inclinaison moyenne est de 0° 21,
- de 46 à 94 m (colonne d'exploitation Ø 324 mm), l'inclinaison moyenne est de 0° 41,
- à 94 m, l'inclinaison finale est voisine de 1°.

⇒ **Diagraphies, de production : (figure 11)**

Celles-ci ont été réalisées par la Société GHI (Géo Hydro Investigation) le 28 mars 2013. Afin d'optimiser l'interprétation des mesures, les diagraphies ont été menées en 2 runs :

- à 30 m<sup>3</sup>/h, de 59 à 981 m,
- à 45 m<sup>3</sup>/h, de 70 à 94 m.

Log micromoulinet : l'essentiel de l'arrivée d'eau (estimé entre 80 et 85 %) se situe entre 61 et 74 m, de 77 à 84 m, une production plus faible (estimée entre 15 et 20 %) ; aucune arrivée d'eau en dessous de 84 m.

Log température : de 58 à 89 m, la température augmente progressivement de 12°21 à 12°61 ; de 89 à 93 m, la température est stabilisée à 12°61.

Log conductivité : dans le 1<sup>er</sup> run, la conductivité est de 750 µS/cm jusqu'à 72 m, puis augmente jusqu'à 775 µS/cm à 92 m ; dans le 2<sup>nd</sup> run, la conductivité augmente de 779 µS/cm de 70 m à 870 µS/cm à 88 m, puis diminue jusqu'à 850 µS/cm à 94 m.

### 3. POMPAGES D'ESSAI – RESULTATS ET INTERPRETATION

Le niveau piézométrique était de 42,75 m / repère (soit 41,49 m / sol) avant le démarrage de l'essai par paliers le 14/03/13 et de 42,59 m / repère (soit 41,33 m / sol) le 18/03/13 avant le démarrage des essais de pompage de longue durée. La nappe des sables du Cuisien est donc captive, le toit de cette formation étant à 56 m de profondeur.

#### 3.1 Essai par paliers de débit :

Cet essai a été réalisé le 14/03/13. Il avait pour objectif la caractérisation l'ouvrage de captage sur le plan hydraulique et plus particulièrement de déterminer :

- les pertes de charge propres à l'équipement de l'ouvrage,
- le débit critique de l'ouvrage,
- le débit spécifique de l'ouvrage ou débit fourni par mètre de rabattement.

Trois paliers de pompage enchaînés à débit croissant mais de durée identique (120 minutes) ont été réalisés.

Les mesures de niveaux ont été effectuées avec une sonde électrique dont l'incertitude des mesures est de ± 5 mm.

Les eaux d'exhaure ont été refoulées sur 20 m par une canalisation vers un fossé en bordure de la D47, fossé communiquant avec le "Fossé Gallais" affluent rive droite du "Rhin", lui-même affluent du Crould, évitant tout risque de leur réinfiltration rapide dans une formation aquifère sous-jacente.

Les débits des paliers ont été les suivants :

- Q1 = 45,7 m<sup>3</sup>/h
- Q2 = 55,6 m<sup>3</sup>/h
- Q3 = 65,2 m<sup>3</sup>/h

La courbe d'évolution de la profondeur du niveau d'eau au cours de l'essai est représentée dans la figure 12, (courbe caractéristique débit / rabattement) et la courbe débit / rabattement spécifique dans la figure 13.

La méthode de Jacob permet d'écrire que le rabattement  $s$  est égal à :

$$s = BQ + CQ^2$$

- où :
- $s$  rabattement total
  - $B$  intersection de la droite débit / rabattement spécifique avec l'axe  $Y = 0$
  - $C$  pente de la droite débit / rabattement spécifique

B et C sont déterminés graphiquement d'après la figure ..... où  $B = 0,282$   
 $C = 5.10^{-4}$

<b>PALIER</b>	<b>Palier 1 (2 h)</b>	<b>Palier 2 (2 h)</b>	<b>Palier 3 (2 h)</b>
Débits Q m <sup>3</sup> /h	45,7	55,6	65,2
Rabattements s en mètres	13,88	17,53	20,46
Débits spécifiques Q/s en m <sup>3</sup> /h/m	3,2925	3,1717	3,1867
Rabattement spécifique s/Q	0,3037	0,3153	0,3138
Pertes de charge linéaires BQ en m	12,8874	15,6792	18,3864
Pertes de charge quadratiques CQ <sup>2</sup> en m	1,0442	1,5457	2,1255
Rabattement total calculé $S = BQ + CQ^2$ en m	<b>13,9316</b>	<b>17,2249</b>	<b>20,5119</b>

Les pertes de charge quadratiques sont faibles : l'équipement du forage génère 1,54 m de pertes de charge supplémentaires à 55,6 m<sup>3</sup>/h.

### 3.2 Essai de longue durée :

L'essai de pompage de longue durée a été exécuté du 18/03 à 14 H 30 au 21/03/12 à 19 H 50 : durant cet essai de pompage qui a duré au total 77 H 20 (dont 3 H 30 d'arrêt : cf. § ci-après), le débit de pompage moyen a été de 56 m<sup>3</sup>/h.

Dans la nuit du 20/03, des voleurs se sont introduits sur le site du forage, arrêté le groupe électrogène pour voler du gas-oil. De ce fait, le pompage a été interrompu de 3 H à 8 H 30, soit durant 3 H 30 (entre 36 H 30 et 42 H depuis le début de l'essai de longue durée). Durant cet arrêt, le niveau dynamique est remonté de 58,79 m à 41,80 m (cotes sol), soit 17 m. Au redémarrage de l'essai, le niveau dynamique était de 57,43 m au bout de 10 minutes et de 58,17 m au bout de 1 heure. Le niveau s'est ensuite stabilisé autour de 59,50 m à partir de la 61<sup>ème</sup> heure depuis le début de l'essai. On peut donc considérer que l'essai reste interprétable.

La remontée du niveau a été enregistrée pendant plus de 88 H du 21/03 à 19 H 50 au 25/03/13 à 12 H 40.

L'objectif de cet essai était d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère capté et de déterminer le débit d'exploitation de l'ouvrage. Le débit de pompage a été choisi sur la base des résultats des essais par paliers, soit 55 m<sup>3</sup>/h.

Comme pour l'essai par paliers, les mesures de niveaux ont été effectuées avec une sonde électrique dont l'incertitude des mesures est de  $\pm 5$  mm. Parallèlement un enregistrement pas à pas (10') et en continu a été effectué à l'aide d'une sonde de pression disposée à 73,82 m de profondeur (cote sol), l'aspiration de la pompe immergée étant à 74,35 m, face à la partie pleine de la colonne d'exploitation située entre 73,35 et 77,35 m. Les débits ont été mesurés avec un débitmètre électromagnétique raccordé à un enregistreur de données.

Le niveau statique initial était de 41,33 m (cote sol). Au bout de 77 H 20, le niveau dynamique était à 59,56 m (cote sol), soit un rabattement de 18,23 m pour un débit de 57 m<sup>3</sup>/h. Les données complètes recueillies lors de l'essai sont reportées graphiquement (figures 14 et 16).

Le décrochement observé à partir de la 54<sup>ème</sup> heure de l'essai de pompage semble dû à une légère augmentation du débit, de 55 à 57 m<sup>3</sup>/h (cf. figure 14).

La transmissivité (produit de la perméabilité par l'épaisseur productive de l'aquifère), caractérise l'aptitude de l'aquifère à faire transiter l'eau. Elle peut être :

- soit calculée sur la courbe de descente sur les 35 premières heures compte tenu de l'arrêt du pompage au bout de 36 H 30, elle est alors égale à  $4,9 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (figure 15),
- soit calculée sur la courbe de remontée sur les 37 premières heures étant donné la stabilisation du niveau au-delà, elle est alors égale à  $4,9 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (figure 17).

La valeur du coefficient d'emmagasinement ne peut être calculée en l'absence de piézomètre, mais celui-ci a été évalué à  $2 \cdot 10^{-3}$  en appliquant l'approximation de Jacob sur le dernier essai d'août 2004 sur FM1 (note JCV - 04/12/04).

La perméabilité de l'aquifère, obtenue en divisant la transmissivité par l'épaisseur saturée moyenne des sables de Cuise (environ 20 m), est de l'ordre de  $2.10^{-4}$  m/s.

### 3.3 Conclusions des essais :

Le niveau dynamique observé au bout de 77 H 20 était de 59,56 m, soit 1,79 m au-dessus de la tête de la crépine située à 61,35 m pour un débit moyen de l'ordre de 56 m<sup>3</sup>/h.

Rappelons qu'une modélisation avait été réalisée préalablement en 2009 afin d'évaluer l'incidence d'un nouveau forage qui serait situé au SW du centre-ville de Fontenay-en-Parisis. La simulation avait été effectuée en régime permanent en ne prenant en compte qu'un même aquifère pour les deux formations du Lutétien et de l'Yprésien.

D'après cette simulation, les rabattements induits par un forage exploitant l'aquifère selon un débit de 60 m<sup>3</sup>/h à raison de 15 heures par jour, soit un volume journalier de 900 m<sup>3</sup> par jour, seraient théoriquement les suivants :

- > sur FM2 : ... 75 cm
- > sur FM1 : ... 25 cm
- > sur Motte Piquet : ... 75 cm

Durant l'essai de pompage de longue durée, le forage FM 2 avait été arrêté du 19/03 au 22/03/13. Les données enregistrées durant ce laps de temps n'ont pas montré pas d'incidences engendrées par le pompage en cours sur le nouveau forage FM 3.

## 4. QUALITE DE L'EAU, ANALYSES POUR LE DOSSIER D'AUTORISATION

Une analyse complète type CEE rassemblant les paramètres demandés par la réglementation concernant l'alimentation en eau destinée à la consommation humaine a été réalisée sur un échantillon prélevé le 21/03/13 à 11 H 15 par SGS à la fin de l'essai de longue durée.

L'eau produite est totalement exempte de sables, sa turbidité est inférieure à 0, 3 NTU.

Il s'agit d'une eau de minéralisation accentuée (721  $\mu$ S/cm), bicarbonatée calcique, dure (32° F), légèrement sulfatée (64 mg/l), légèrement magnésienne.

Il faut remarquer l'absence de nitrates, de pesticides et de cyanures.

Sur le plan bactériologique, on observe la présence de spores bactéries aérobies liée vraisemblablement aux opérations de forage. Celles-ci devraient s'éliminer naturellement en exploitation.

On observe l'absence d'oocytes de Cryptosporidium, de kystes de Giardia.

L'eau est conforme pour les analyses radioactives.

Les résultats détaillés des analyses sont fournis en annexe.

Cette eau présentait le jour du prélèvement des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques conformes aux limites et références de qualité des

eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, définies par l'arrêté du 11/01/2007.

## 5. RECOMMANDATIONS POUR L'EXPLOITATION

### 5.1 Régime d'exploitation

L'ouvrage a été développé et testé jusqu'à 65 m<sup>3</sup>/h. En exploitation, il est recommandé de ne pas dépasser le débit de 57 m<sup>3</sup>/h afin de ne pas dénoyer la crépine dont la tête est située à 61,35 m, soit un rabattement maximum admissible de l'ordre de 19 mètres pour un niveau statique voisin de 41 à 42 mètres. La crépine de la pompe d'exhaure pourra être disposée vers 76 m de profondeur, niveau correspondant à une partie pleine de la colonne de captage. Le diamètre intérieur de la partie crépinée est de 305 mm.

### 5.2 Suivi du forage

Il est recommandé de suivre régulièrement les caractéristiques de ce forage (niveaux statiques et dynamiques, rabattements, débit) afin de juger de l'évolution de sa productivité et de déterminer son régime d'exploitation optimal. Ces caractéristiques ainsi que les incidents et /ou anomalies devront être consignés.

A l'occasion d'une remontée de la pompe, il est recommandé de contrôler le fond de l'ouvrage. En cas d'anomalie, de nouveaux essais par paliers pourront être entrepris ainsi qu'une auscultation vidéo afin de décider du type d'intervention à entreprendre.

### 5.3 Suivi qualité

La qualité de l'eau et l'évolution chimique générale de la nappe devront être suivis régulièrement. En tout état de cause, l'eau brute devra subir une désinfection avant livraison

Il est recommandé dans le cas de l'exploitation de la nappe des sables de l'Yprésien, de suivre périodiquement la teneur en solides (présence de fines, voire de sables) ainsi que sur le plan bactériologique, la présence éventuelle de ferro-bactéries et/ou de bactéries sulfato-réductrices et sulfito-réductrices afin de prévenir d'éventuels phénomènes de colmatage.

## 3 CONCLUSIONS

Le forage d'exploitation FM3 a été réalisé et testé par la Société des Forages MASSE entre le 7 novembre 2012 et le 25 avril 2013 pour le compte du SIAEP du Nord Ecoen.

Profond de 94 mètres, ce forage capte la nappe des sables du Cuisien et du Soissonais entre 56 et 92 mètres. La transmissivité de l'aquifère est égale à  $4,9 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s et correspond à une perméabilité des matériaux aquifères de  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s.

L'essai de pompage de longue durée au débit de 55,5 à 57 m<sup>3</sup>/h a été réalisé du 18 au 21 mars 2013. En fin de pompage, le rabattement était de 18,23 m pour un

niveau dynamique à 59,56 m / sol. Après 20 minutes de remontée, le rabattement résiduel était de 2,13 mètres. La remontée a été ensuite enregistrée pendant 88 heures.

Cet ouvrage pourra être exploité au débit de 55 à 57 m<sup>3</sup>/h. En aucun cas, le niveau dynamique ne devra excéder 60 mètres.

La coupe technique du forage est conforme au projet. La cimentation du tubage Ø 473,1 mm (18"5/8) a été contrôlée par mesure CBL (cf. paragraphe 2.3.3.). L'inclinaison du forage a été mesurée (cf. paragraphe 2.3.3.).

Les certificats du tubage API et des crépines ont été fournis par l'entreprise de forage et sont annexés à son rapport de chantier.

+++++

## ANNEXE I

Localisation du forage	figures 1 et 2
Coupes géologique et technique	3
Vitesse d'avancement du forage	4
Contrôle de la cimentation (CBL)	5
Courbes granulométriques	6, 7, 8 et 9
Contrôle de la verticalité	10
Diagraphies : conductivité, température, micromoulinet	11
Paliers : courbe caractéristique	12
Courbe débit - rabattement spécifique	13
Essai de longue durée	14
Transmissivité calculée / essai de débit	15
Remontée	16
Transmissivité calculée / remontée	17



## **ANNEXE II**

Analyses physico-chimiques