



Recherche de nouvelles
ressources en eau potable

Chartres Métropole (Eure-et-Loir, 28)

Rapport de fin de travaux des forages définitifs de St-Georges-sur-Eure



REDACTION		DIFFUSION	
Rédigé par	Document	Rapport Fin Travaux	
	Nombre de pages	57	
	Diffusion le	09/10/2018	





Maître d'ouvrage :

Chartres Métropole

Direction de l'eau

Hôtel de ville - place des Halles

28 000 CHARTRES



Maitrise d'œuvre :

Utilities Performance

26 rue du pont Cotelle

45100 ORLEANS

TELOSIA

10 résidences Marcoins – 28300 Lèves

Mob. 06 86 53 24 95

Tél. Fax : 02 37 36 90 44

Email : contact@telosia.com



Fondateurs de Up

Sommaire

1	INTRODUCTION ET OBJECTIFS	7
2	LOCALISATION	10
3	CHRONOLOGIE DES TRAVAUX REALISES	12
3.1	Forage A1	12
3.2	Forage A2	13
4	RAPPEL	15
4.1	Coupe géologique et technique du sondage de reconnaissance A1	15
4.2	Coupe géologique et technique du piézomètre pzA1	17
4.3	Diagraphie gamma-ray réalisée sur le sondage de reconnaissance pzA1	18
4.4	Micromoulinet réalisé sur le sondage de reconnaissance A1	20
4.5	Coupe géologique et technique du sondage de reconnaissance A2	21
4.6	Coupe géologique et technique du piézomètre pzA2	22
5	COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DU FORAGE DEFINITIF A1	24
6	COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DU FORAGE A2	25
7	PHASE DE NETTOYAGE-DEVELOPPEMENT DU FORAGE A1	26
7.1	Acidification	26
7.2	Pompage nettoyage-développement	26
8	ESSAIS DE POMPAGE SUR LE FORAGE A1	27
8.1	Essais de pompage par paliers	27
8.2	Essais de pompage de longue durée sur Andrevilliers 1	30
8.3	Incidence des pompes sur le niveau d'eau de l'Eure et le niveau piézométrique	32
9	ESSAIS DE POMPAGE DE LONGUE DUREE SIMULTANE SUR A1 ET A2	33
9.1	Suivi piézométrique au cours du pompage simultané sur A1 et A2	33
9.2	Suivi physico-chimique lors du pompage simultané sur A1 et A2	35
10	RESULTATS D'ANALYSES D'EAU DU FORAGE A1	38
10.1	Lors du pompage sur A1	38
10.2	Lors du pompage simultané sur A1 et A2	40
10.3	Comparaison entre les deux séries d'analyse	42
11	PHASE DE NETTOYAGE-DEVELOPPEMENT DU FORAGE A2	43
11.1	Acidification	43
11.2	Pompage nettoyage-développement	43
12	ESSAIS DE POMPAGES SUR LE FORAGE A2	44
12.1	Pompage par paliers	44
12.2	Pompage de longue durée	46
12.3	Incidence du pompage sur le niveau d'eau de l'Eure et le niveau piézométrique	48
13	RESULTATS D'ANALYSE D'EAU DU FORAGE A2	49
13.1	Lors du pompage sur A2	49
13.2	Lors du pompage simultané sur A1 et A2	51
13.3	Comparaison entre les deux séries d'analyse	53
14.1	Inspection caméra	54
14.1.1	A1	54
14.1.2	A2	54
14.2	Contrôle de la cimentation par la méthode CBL	54

14.3	Contrôle de la verticalité	54
14.4	Micromoulinet sur le forage A2	55

Figures

Figure 1 : Campagne de recherche en eau visant la nappe de la craie sur le territoire de Chartres Métropole	7
Figure 2 : Localisation des forages Andrevilliers 1 et 2 à Saint-Georges-sur-Eure (Source : Infoterre – Février 2017).....	11
Figure 3 : Coupe géologique et technique du forage de reconnaissance de Saint-Georges-sur-Eure 1.....	16
Figure 4 : Coupe géologique et technique du piézomètre Andrevilliers 1 (pzA1).....	17
Figure 5 : Résultats de la diagraphie de la radioactivité naturelle des terrains traversés	19
Figure 6 : Coupe lithologique et technique du forage de reconnaissance.....	21
Figure 7 : Coupe lithologique et technique du piézomètre.....	23
Figure 8 : Coupe géologique et technique du forage définitif Andrevilliers 1 (A1).....	24
Figure 9 : Coupe géologique et technique du forage définitif Andrevilliers 2 (A2).....	25
Figure 10 : Suivi piézométrique au droit du forage Andrevilliers 1 au cours des essais de pompage par paliers	28
Figure 11 : Fiche d’interprétation de l’essai par paliers	29
Figure 12 : Evolution du niveau piézométrique au cours de l’essai de pompage de longue durée au droit des forages A1 et du piézomètre pzA1	30
Figure 13 : Interprétation du pompage de longue durée réalisé sur la nappe des argiles à silex	31
Figure 14 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l’essai de pompage de longue durée et du niveau d’eau de l’Eure.....	32
Figure 15 : Evolution du niveau piézométrique au cours de l’essai de pompage de longue durée simultané au droit des forages A1 et A2 des piézomètre pzA1 et pz A2 et de l’Eure.....	33
Figure 16 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l’essai de pompage par paliers	44
Figure 17 : Interprétation des essais de pompage par paliers (logiciel OUAIP)	45
Figure 18 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l’essai de pompage de longue durée.....	46
Figure 19 : Interprétation du rabattement observé lors de l’essai de longue durée (AquiferTest pro)	47
Figure 20 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l’essai de pompage de longue durée et du niveau d’eau de l’Eure.....	48

Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques et cadastrales des forages réalisés	10
Tableau 2 : Rabattements observés au droit du forage Andrevilliers 1 lors des pompages par paliers.....	27
Tableau 3 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 29/03/2018 sur le forage A1 comparés aux normes de distribution d'eau potable.....	39
Tableau 4 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 12/04/2018 sur le forage A1 comparés aux normes de distribution d'eau potable.....	41
Tableau 5 : Rabattements observés au droit du forage A2 lors des pompages par paliers.....	44
Tableau 6 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 18/01/2018 sur le forage A2 comparés aux normes de distribution d'eau potable.....	50
Tableau 7 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 12/04/2018 sur le forage A2 comparés aux normes de distribution d'eau potable.....	52

1 INTRODUCTION ET OBJECTIFS

En vue d'optimiser la gestion de sa production et de l'alimentation en eau potable à l'échelle de son territoire, dont elle a la compétence, Chartres Métropole a lancé une campagne de recherche de nouvelle ressource en eau potable.

Dans le cadre de la phase de reconnaissance,

- Six sondages de reconnaissance transformables en forage définitifs ont été réalisés à la craie dont :
 - Deux sur la commune de St-Georges-sur-E.,
 - Un sur celle de Nogent-sur-E.,
 - Un à Ver-les-Chartres,
 - Un à St-Prest,
 - Un à Jouy.
- Un sondage aux sables
- Et un test de pompage sur la nappe de la craie sur un forage existant à St-Prest.

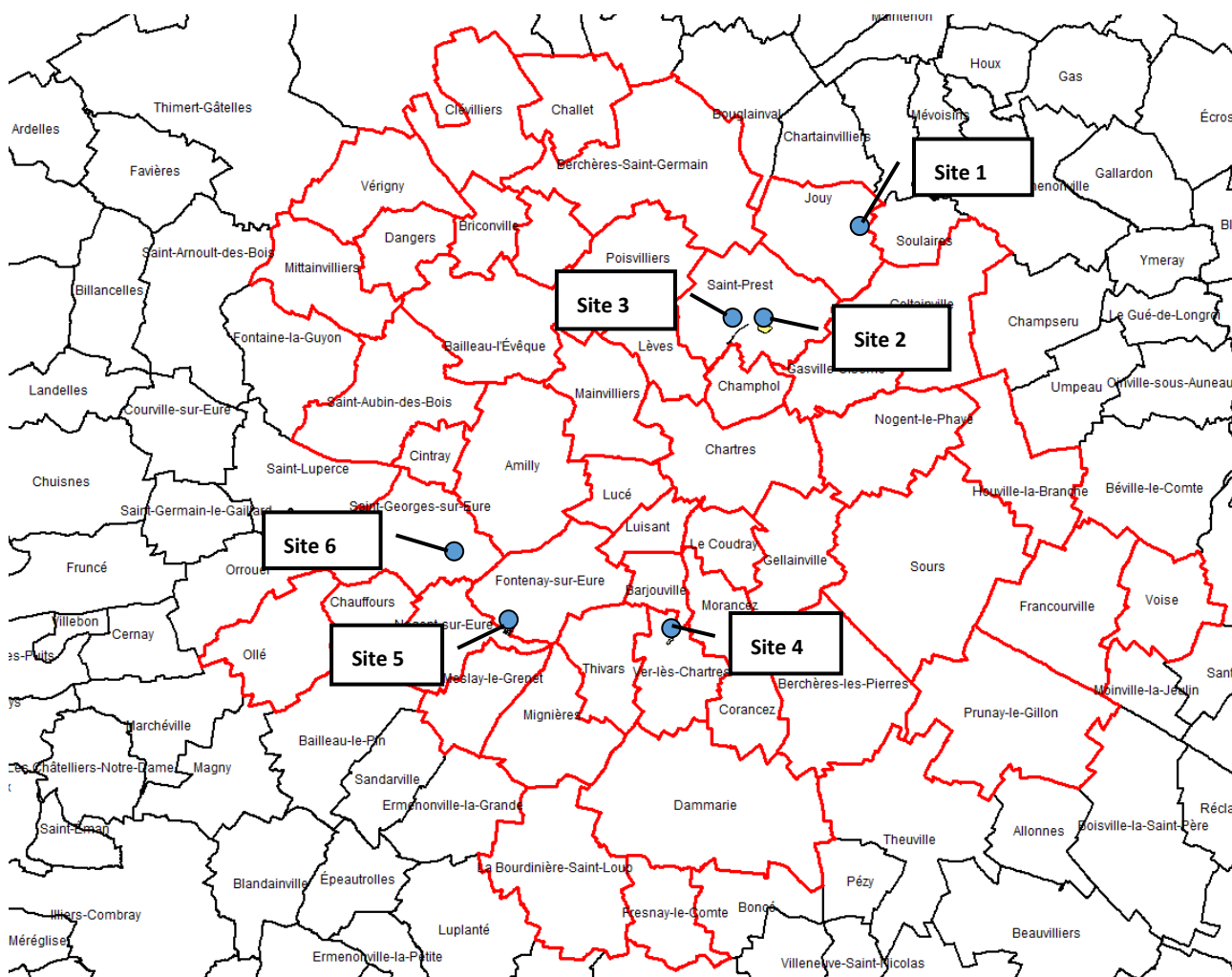


Figure 1 : Campagne de recherche en eau visant la nappe de la craie sur le territoire de Chartres Métropole

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Site	Localisation	Profondeur en m	Débit critique sondage m ³ /h	Débit spécifique m ³ /h/m	NO3 en mg/l	Produits phyto en µg/l	Fer en µg/l	Manganese en µg/l	COT en mg/l	Turbidité en NTU	Bactériologie	Autre	Résultats / Décisions	Décision	
1.1	Jouy	près de Juda	35	50	8.4	5	0.171 µg/l	4300	1130	2.5	54.5	coliformes, ammonium	Négatif	A reboucher	
2	Saint Prest	La Forte Maison	23	175	160	37	0.053	20	1.57	0.6	0.84	coliformes, entérocoques, escherichia	-	Satisfaisants	Créer un forage d'exploitation
3	Saint Prest	le Gorget	35	100	21	25.2	0.051	45	6	0.6	2.06	coliformes, escherichia	-	Satisfaisants	Transformer le sondage en forage
4	Ver les Chartres	près gymnase	52	125	29	44.3	0.102	11	10.6	0.8	3.17	coliformes, entérocoques, escherichia	-	Résultats satisfaisants Isolation de tête défailante	A reboucher et création d'un forage d'exploitation
5.1	Nogent sur Eure	Pont tranchefetu	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lien direct avec l'étang à proximité	Déjà rebouché
5.2	Nogent sur Eure	Pont tranchefetu	42.45	>200	40.8	48	0.012	16	2.02	0.7	2.63	-	-	Satisfaisants	Transformer le sondage en forage
6.1	Saint Georges sur Eure	Andrevilliers	31.5	>250	37.2	<0.5	<0.06	18000	1430	1.7	62.1	-	ammonium arsenic	Satisfaisants	Transformer le sondage en forage
6.2	Saint Georges sur Eure	Andrevilliers	30.5	>220	55	<0.5	0.04	16352	1772	1.9	230	-	ammonium arsenic	Satisfaisants	Transformer le sondage en forage
7	Olle	Le Bourgneuf	100	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Non concluant	Déjà rebouché

A l'issue de cette reconnaissance et au vu des bons résultats des sondages de Saint-Prest 3, Ver-les-Chartres 4, Nogent-sur-Eure 5.2, Saint-Georges sur Eure 6.1 et 6.2, et des tests de qualification sur le forage existant à Saint-Prest Forte Maison 2, il a été décidé de :

- Transformer les sondages de Saint-Prest 3, Nogent-sur-Eure 5.2, Saint-Georges sur Eure 6.1 et 6.2, en forages définitifs,
- Réaliser des nouveaux forages sur les sites de Saint-Prest 2 et Ver-les-Chartres 4.

A l'inverse, le sondage de reconnaissance de Jouy sera rebouché. Ceux de Nogent-sur-Eure 5.1 et d'Ollé 7 ont déjà été rebouchés. Il s'agissait d'ouvrages en petit diamètre.

Le programme de travaux de sondages transformables en forages définitifs (télescopés) prévoyait :

- Au stade de la reconnaissance :
 - de réaliser la partie supérieure des ouvrages dans leur version définitive, c'est-à-dire de forer la partie supérieure en 900 mm de diamètre puis de l'isoler avec un tubage en 800 mm de diamètre cimenté à l'extrados
 - de forer la partie aquifère en 375 mm de diamètre puis de l'équiper d'un tubage PVC crépiné en 280 mm de diamètre
- puis en phase de transformation d'aléser la partie aquifère en 711 mm de diamètre et de l'équiper d'un tubage INOX crépiné en 609 mm de diamètre remontant jusqu'au sol.

Ces forages ont été déclarés au titre du code de l'environnement. Ils ont fait l'objet d'un récépissé de déclaration préfectoral d'Eure-et-Loir n°28-2016-00177 (pour le forage de Ver-les-Chartres), 180 (pour le forage de Nogent-sur-Eure) et 181 (pour les forages de St-Georges-sur-Eure) en date du mois d'Août 2016, n°28-2017-00046 en date du 12 avril 2017 pour le forage de St-Prest Le Gorget et n° 28-2018-00049 pour le forage de La Forte Maison en date du 10 avril 2018 au titre de la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature IOTA.

Le présent rapport rend compte des travaux réalisés.

2 LOCALISATION

La localisation des forages réalisés est précisée dans le tableau ci-dessous et les plans en pages suivantes.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques et cadastrales des forages réalisés

Désignation	X	Y	Z NGF	Commune	Section	Parcelle
	Lambert 93	Lambert 93				
Andrevilliers 1	579 887 m	6 813 908 m	144,3 m	Saint-Georges sur Eure	AE	24
Andrevilliers 2	579 829 m	6 813 935 m	144,3 m	Saint Georges sur Eure	AE	24

Figure 2 : Localisation des forages Andrevilliers 1 et 2 à Saint-Georges-sur-Eure sur fond de plan IGN

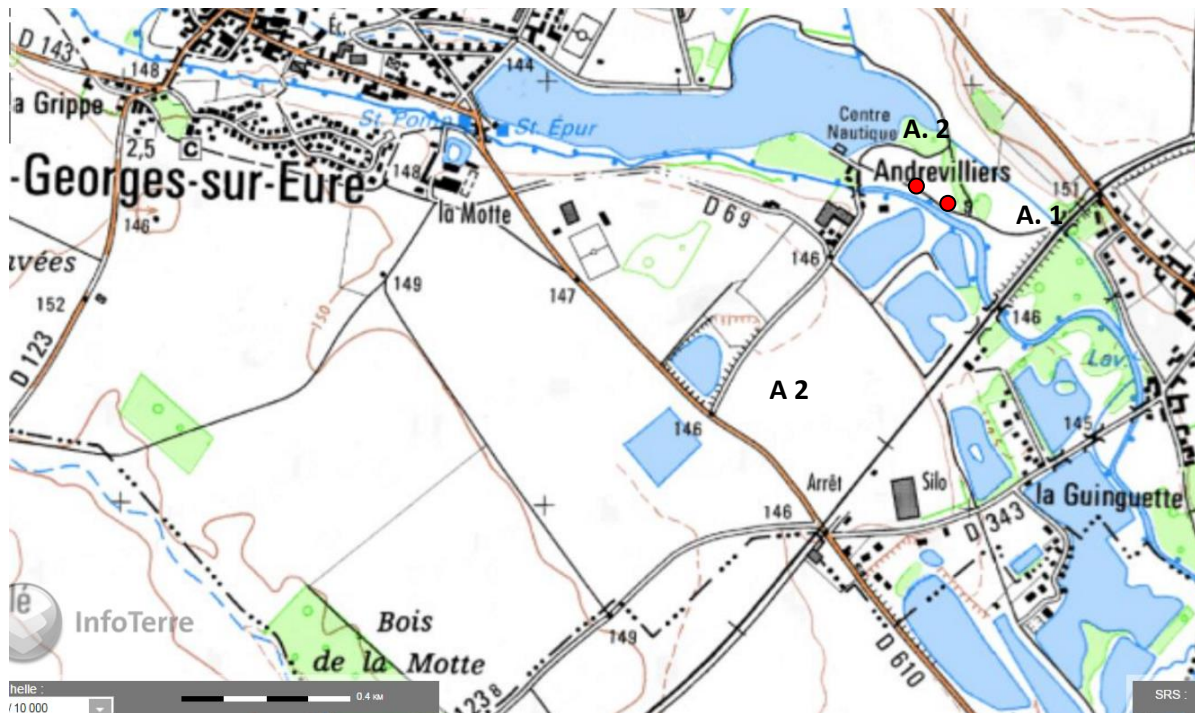


Figure 3 : Localisation des forages Andrevilliers 1 et 2 à Saint-Georges-sur-Eure sur fond de plan cadastral

3 CHRONOLOGIE DES TRAVAUX REALISES

3.1 Forage A1

Pour rappel, le sondage de reconnaissance transformable en forage définitif A1 a été réalisé du 24/10/2016 au 24/01/2017 et le piézomètre en novembre 2016.

Compte-tenu de la difficulté à forer dans les argiles à silex contenant des blocs de taille décimétrique, le programme initial n'a pas pu être mis en œuvre.

Le sondage de reconnaissance avait été foré en

- 1000 mm de diamètre de 0 à 4,4 m, à la tarière,
- 800 mm de diamètre de 4,4 à 20 m, à l'avancement,
- 445 mm de 20 à 31,5 m

Il avait été équipé :

- D'un tubage acier plein de 900 mm de diamètre de 0 à 4,4 m
- D'un tubage acier plein de diamètre 559 mm de 0 à 20 m
- D'un tubage PVC diamètre 313 mm plein de 0 à 13,72, crépiné de 13,72 à 28,30 et plein de 28,30 à 31,30 m

Les travaux de transformation ont débuté le 31 octobre 2017.

31/10/2018 :

Remontée du tubage Ø 559 mm

02/11/2017 :

Mise en place du tubage Ø 609 mm jusqu'à 20 m/sol

06 au 09/11/2017 :

Cimentation de l'extrados du tubage Ø 609 mm par passes successives (9 au total nécessitant 16,6 m3 de laitier)

14/11/2017 :

Installation de la machine de forage à l'avancement

15/11/2017 :

Foration à l'avancement Ø 406 mm jusque 33 m/sol

16/11/2017 :

Mise en place du tubage INOX Ø 273 mm

- Plein de 18,45 à 19,55 m/sol (avec raccord à gauche PVC)
- Crépiné de 19,55 à 30,55 m/sol (fil enroulé, slot 3 mm)
- d'un bouchon de fond de 30,55 à 32,80 m/sol.

20 au 22/11/2017 :

Mise en place du gravier 4/8 mm dans l'espace annulaire avec canne d'injection et brassage à l'air-lift, tout en remontant le tubage Ø 406 mm (15.75 tonnes de gravier).

Puis langage du tubage INOX Ø 273 mm.

06/02/2018 et 05 et 06/03/2018

Développement-Pompages

07 et 08/03/2018

Essais de pompage par paliers

26 au 29/03/2018 :

Pompage de longue durée

29/03/2018 :

Prélèvement pour analyse type première adduction

3.2 Forage A2

Le sondage de reconnaissance transformable en forage définitif A2 a été réalisé du 25/07/2017 au 05/10/2017 et le piézomètre en mai 2017.

Compte-tenu de la difficulté à forer dans les argiles à silex contenant des blocs de taille décimétrique, le programme initial n'a pas pu être mis en œuvre.

Pour rappel, le sondage de reconnaissance avait été foré en

- 1000 mm de diamètre de 0 à 3,5 m, à la tarière,
- 560 mm de diamètre de 3,5 à 23,63 m, à l'avancement,
- 445 mm de 23,63 à 30,4 m

Il avait été équipé :

- D'un tubage acier plein de 914 mm de diamètre de 0 à 3,5 m
- D'un tubage acier plein de diamètre 559 mm de 0 à 23,63 m
- D'un tubage PVC diamètre 315 mm plein de 0 à 19, crépiné de 19 à 30,40

Par ailleurs un piézomètre a été réalisé en mai 2017.

Les travaux de transformation ont débuté le 23 novembre 2017.

23/11/2017 :

Mise en place de l'atelier de forage et remontée du tubage Ø 315 mm

27/11/2017 :

Remontée tubage Ø 559 mm et mise en place d'un tubage acier Ø 860 mm

28/11/2017 :

Foration à la tarière et mise en place d'un tubage acier Ø 860 mm jusqu'à 11,6 m/sol

29 et 30/11/2017 :

Poursuite foration Ø 860 mm jusqu'à 20 m/sol

04 au 06/12/2017 :

Mise en place du tubage INOX Ø 609 jusqu'à 18.5 m/sol
Cimentation de l'extrados par 4 passes (8,6 m³ au total)

11 au 19/12/2017 :

Foration à l'avancement Ø 406 mm jusqu'à 31,5 m/sol

20/12/2017 :

Mise en place du tubage INOX Ø 273 mm :

- Plein de 17 à 18,10 m/sol (avec raccord à gauche PVC)
- Crépiné de 18,10 à 31,10 m/sol (fil enroulé slot 3 mm)
- Plein de 31,10 à 31,60 m/sol

Mise en place du massif de gravier 4/8 mm dans l'espace annulaire en remontant tube Ø 406 mm (3,6 tonnes).

11/01/2018 :

Nettoyage développement de l'ouvrage

12/01/2018 :

Pompages d'essais par paliers

Du 15 au 18/01/2018 :

Pompage de longue durée et remontée

18/01/2018 :

Prélèvement pour analyse type première adduction

4 RAPPEL

4.1 Coupe géologique et technique du sondage de reconnaissance A1

Au stade reconnaissance, le forage était constitué :

- D'un tubage plein acier de 900 mm de diamètre de 0 à 4,4 m/sol
- D'un tubage plein acier de 559 mm de diamètre de 0 à 20 m/sol
- D'un tubage PVC en diamètre 313 mm, gravillonné à l'extrados :
 - Plein de 0 à 13,72 m/sol
 - Crépiné de 13,72 à 28.30 m/sol (fil enroulé)
 - Plein de 28.30 à 31.30 m/sol.

Les terrains rencontrés lors de la foration sont du haut vers le bas :

- 0 à 5,5 m : terrain argileux peu cohérent.
- 5,5 m à 20 m : argile compacte,
- de 20 à 21 : argile moins dense et présence de silex.
- 21 à 22 m : gros silex et peu d'argile, terrain instable et passage difficile.
- 22 à 28 m : argile et silex plus stable
- 28 à 29,5 m : argile et silex grossier
- 29,5 à 30,5 : craie marneuse
- 30,5 à 32 : sable fin à très fin roulé à sub-angulaire, contenant une très faible fraction carbonatée
- 32 à 33,2 m : fins débris de silex broyé angulaire et traces de sable fin à moyen, dont fraction roulée. L'analyse des débris montre la présence de débris de fines carbonatées, dont des traces fossiles, et une faible portion de sable très fin translucide et en partie roulé.

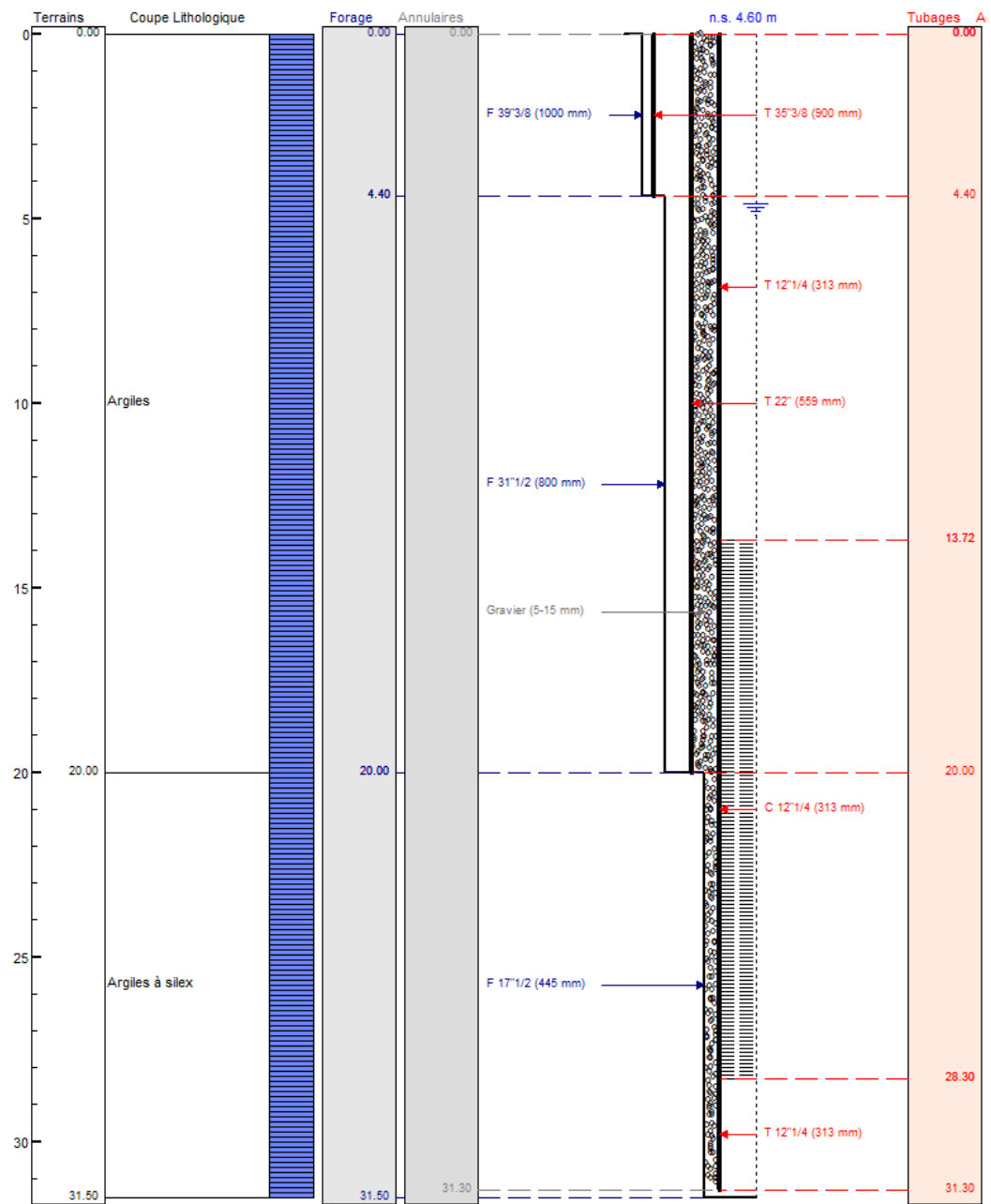


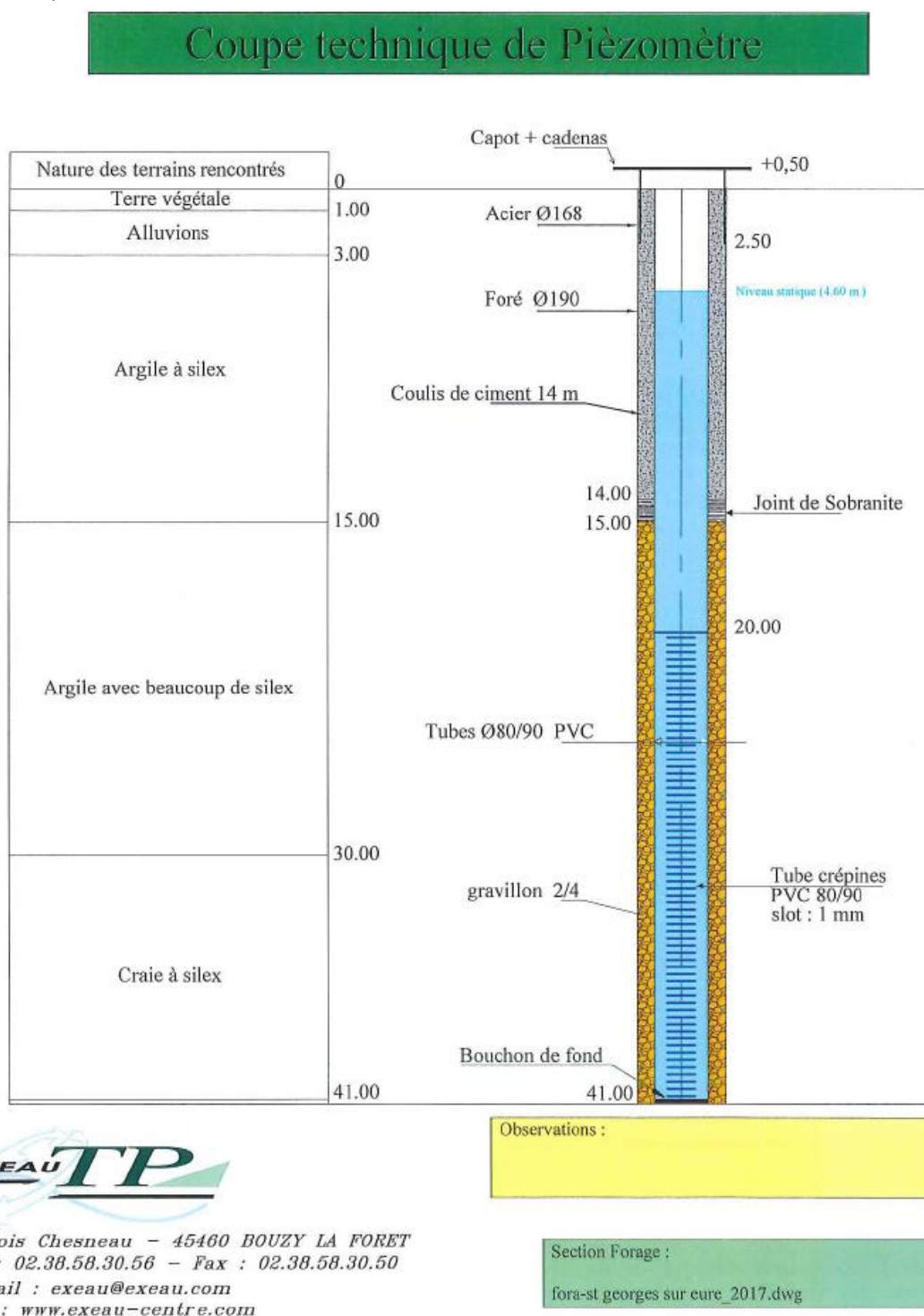
Figure 4 : Coupe géologique et technique du forage de reconnaissance de Saint-Georges-sur-Eure 1

4.2 Coupe géologique et technique du piézomètre pzA1

La figure ci-dessous présente la coupe géologique et technique du piézomètre réalisé sur le site Andrevilliers 1 de St-Georges-sur-Eure.

Celui-ci a été foré à l'odex en 190 mm et équipé d'un tube PVC 80/90 plein de +0,5 à 20 m/sol et crépiné de 20 au fond de l'ouvrage.

Le niveau statique a été observé à 4,60 m/sol.



Le Bois Chesneau - 45460 BOUZY LA FORET
TéL : 02.38.58.30.56 - Fax : 02.38.58.30.50
e-mail : exeau@exeau.com
Site : www.exeau-centre.com

Figure 5 : Coupe géologique et technique du piézomètre Andrevilliers 1 (pzA1)

4.3 Diagraphie gamma-ray réalisée sur le sondage de reconnaissance pzA1

La diagraphie de radioactivité naturelle visant à identifier l'argilosité des terrains traversés par le forage de reconnaissance, a été réalisée le 24 janvier 2017. Les mesures effectuées permettent de mettre en évidence :

- des terrains traversés relativement argileux entre 1,5 et 4,5 m/sol, avec une réponse à 20 cps, correspondant à des alluvions argileuses ou des remblais,
- des terrains moins argileux entre 4,5 et 17 m/sol, avec une réponse à 8 cps en moyenne, correspondant à des marnes,
- des terrains plus argileux entre 17 et 29-30 m/sol, avec une réponse à 15 cps en moyenne, correspondant aux argiles à silex,
- des terrains moins argileux entre 29-30 et 32,5 m/sol, avec une réponse à 10 cps, correspondant à la craie.

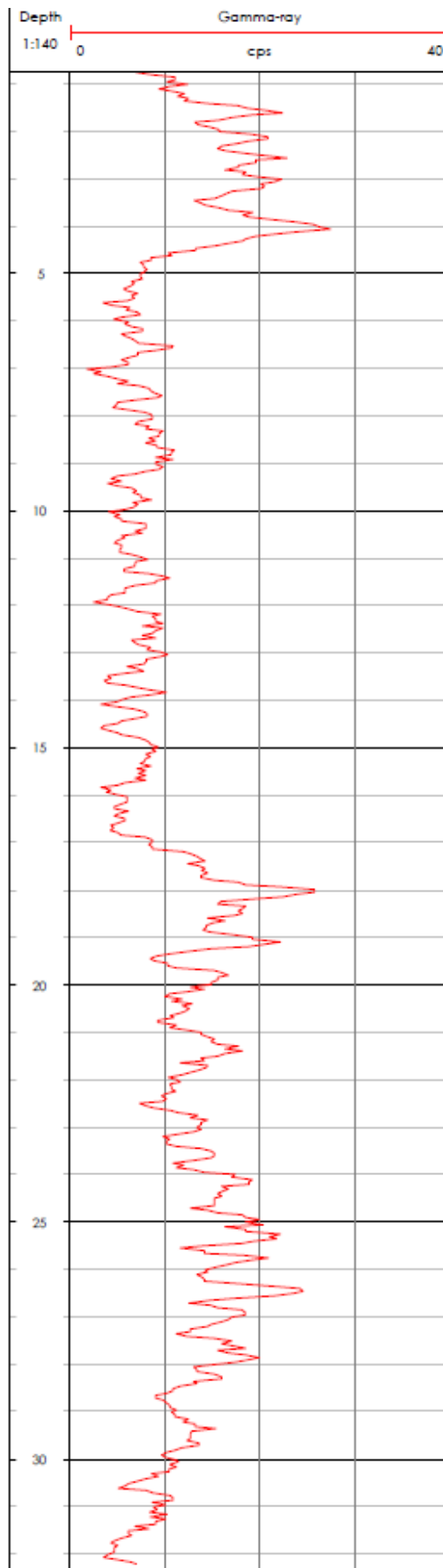


Figure 6 : Résultats de la diaggraphie de la radioactivité naturelle des terrains traversés

4.4 Micromoulinet réalisé sur le sondage de reconnaissance A1

Les mesures réalisées mettent en avant :

- deux arrivées d'eau principales situées :
 - Entre -21,42 et -23,72 m/sol, correspondant à 44 % du débit pompé
 - Entre -24,92 et -29,32 m/sol, correspondant à 44 % du débit pompé
- Et deux arrivées d'eau secondaires situées :
 - Entre -19.82 et -21.42 m/sol, correspondant à 10 % du débit pompé
 - Entre -23.72 et -24.92 m/sol, correspondant à 2 % du débit pompé

4.5 Coupe géologique et technique du sondage de reconnaissance A2

Au stade reconnaissance, le forage était constitué :

- D'un tubage plein acier de 914 mm de diamètre de 0 à 3,5 m/sol (foration en $\Phi 1020$ mm)
- D'un tubage plein acier de 559 mm de diamètre de 0 à 23,63 m/sol (foration en $\Phi 560$ mm)
- D'un tubage PVC en diamètre 285/315 mm, gravillonné à l'extrados (foration en $\Phi 406$ mm) :
 - Plein de 0 à 19 m/sol
 - Crépiné de 19 à 30,4 m/sol (fil enroulé, slot 3 mm)

La coupe est présentée ci-après :

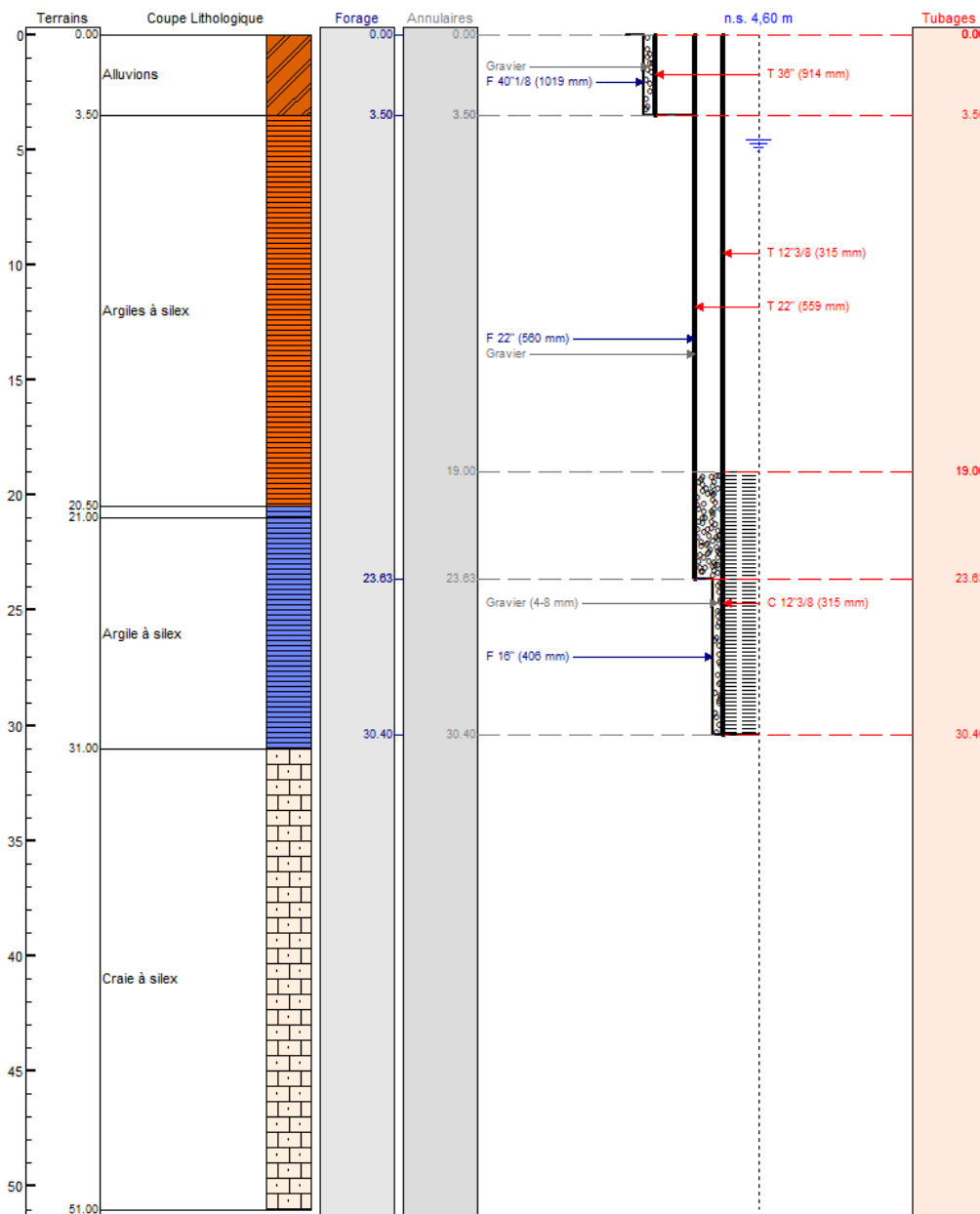


Figure 7 : Coupe lithologique et technique du forage de reconnaissance

4.6 Coupe géologique et technique du piézomètre pzA2

Le piézomètre a été réalisé en mai 2017 par l'entreprise EXEAU TP.

La coupe géologique déduite de l'analyse des échantillons est la suivante :

- De 0 à 1 m : terre végétale
- De 1 à 2 m : silex argileux
- De 2 à 3 m : silex
- De 3 à 6 m : silex argileux
- De 6 à 20,5 m : argile à silex (arrivée d'eau importante)
- De 20,5 à 21 m : argile noire compacte
- De 21 à 31 m : argile à silex
- De 31 à 32 m : silex très dur (arrivée d'eau)
- De 32 à 37 m : silex avec trace de craie
- De 37 à 51 m : alternance de silex crayeux très dur et de craie molle.

La coupe technique de l'ouvrage est présentée ci-après.

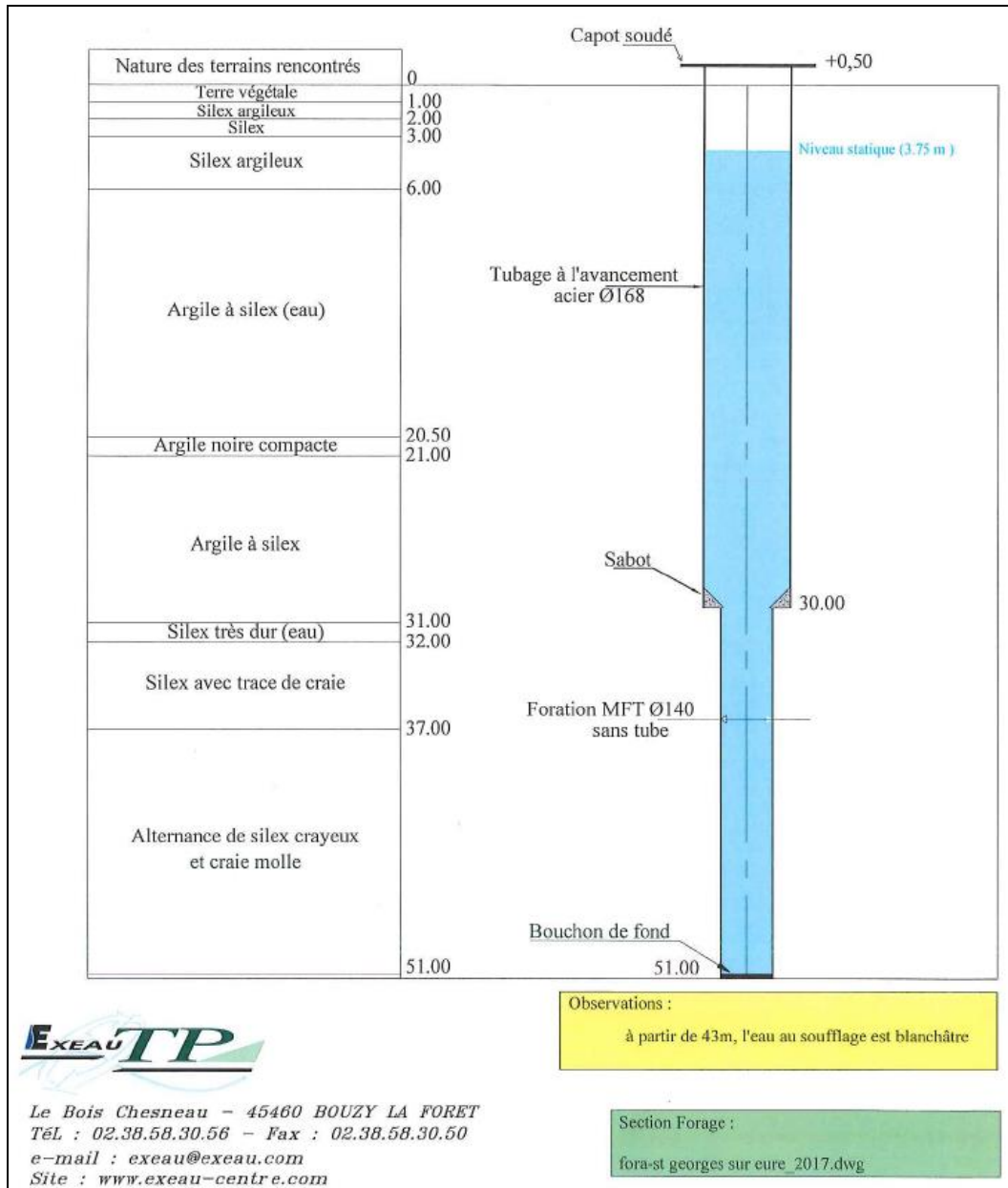


Figure 8 : Coupe lithologique et technique du piézomètre

5 COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DU FORAGE DEFINITIF A1

Le forage définitif Andrevilliers 1 est constitué :

- D'un tubage plein acier de 914 mm de diamètre de 0 à 4,5 m/sol
- D'un tubage plein INOX de 609 mm de diamètre de 0 à 20 m/sol
- D'un tubage INOX en diamètre 273 mm, gravillonné à l'extrados :
 - Plein de 18.26 à 19.35 m/sol (avec raccord PVC)
 - Crépiné de 19.35 à 30.35 m/sol (fil enroulé, slot 3 mm)
 - Plein de 30.35 à 32.60 m/sol.

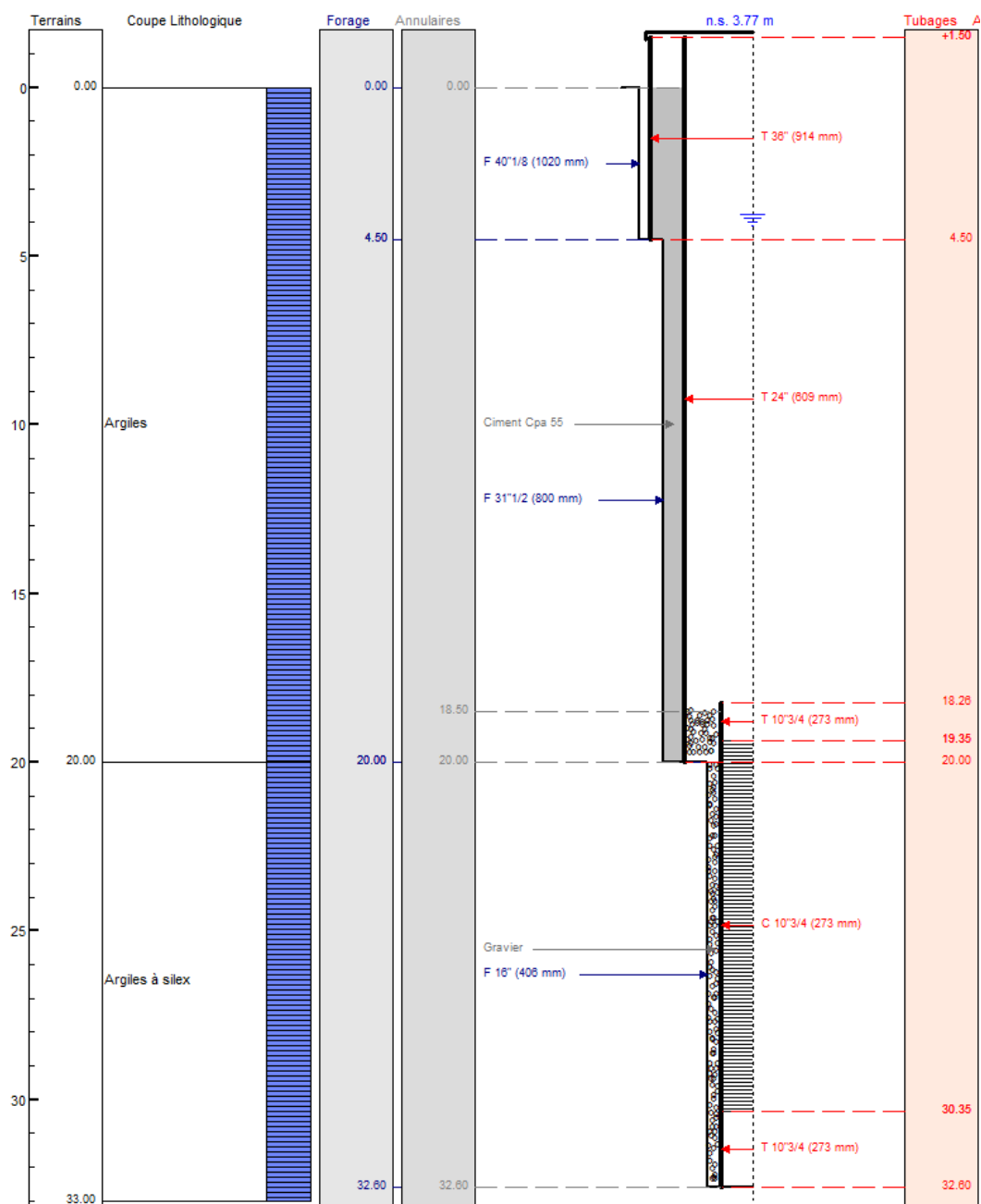


Figure 9 : Coupe géologique et technique du forage définitif Andrevilliers 1 (A1)

6 COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DU FORAGE A2

Le forage définitif Andrevilliers 2 est constitué :

- D'un tubage plein acier de 914 mm de diamètre de 0 à 3,5 m/sol
- D'un tubage plein acier de 863 mm de diamètre de 0 à 11,6 m/sol
- D'un tubage plein INOX de 609 mm de diamètre de 0 à 18,50 m/sol
- D'un tubage INOX en diamètre 273 mm, gravillonné à l'extrados :
 - Plein de 17.03 à 18.18 m/sol (avec raccord PVC)
 - Crépiné de 18.18 à 31.18 m/sol (fil enroulé, slot 3 mm)
 - Plein de 31.18 à 31.68 m/sol.

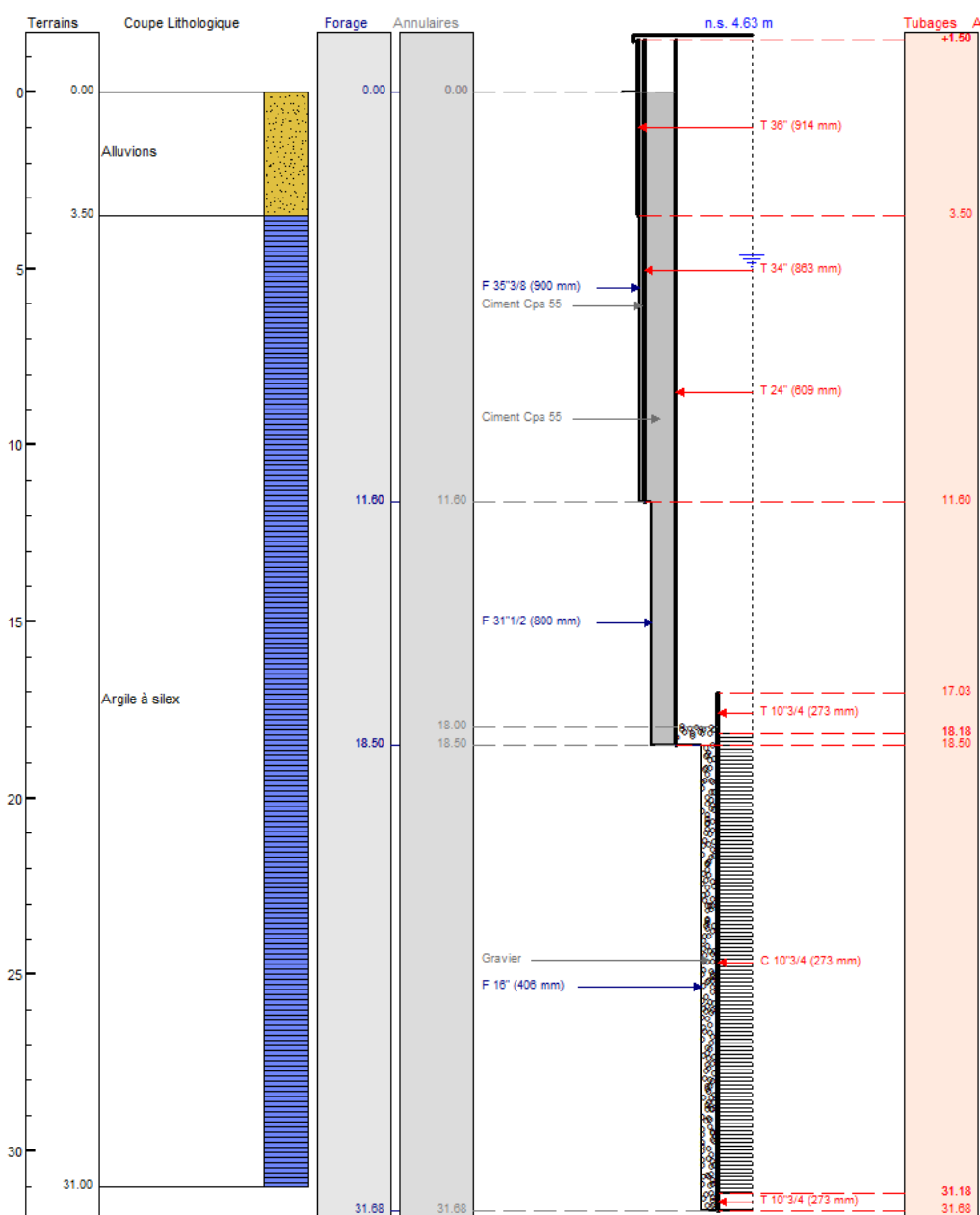


Figure 10 : Coupe géologique et technique du forage définitif Andrevilliers 2 (A2)

7 PHASE DE NETTOYAGE-DEVELOPPEMENT DU FORAGE A1

7.1 Acidification

Au vu du potentiel de production de l'ouvrage, il n'a pas été procédé à la mise en œuvre d'acidification.

7.2 Pompage nettoyage-développement

Le pompage de nettoyage-développement a été réalisé par des séries de marche - arrêt.

8 ESSAIS DE POMPAGE SUR LE FORAGE A1

Au cours des essais de pompage réalisés sur le forage A1, les forages A1 et A2, les piézomètres pzA1 et pzA2 ainsi que l'Eure (en amont et en aval du site) ont été équipés de sonde de niveau d'eau.

8.1 Essais de pompage par paliers

L'essai de pompage par paliers non enchaînés a eu lieu le 07 et 08 mars 2018. Les paliers ont été réalisés aux débits de 190, 220, 240 et 260 m³/h.

Les rabattements observés pour chacun des paliers sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Débit testé (m ³ /h)	Niveau statique (m)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)
190	4.71	7.25	2.54	74.8
220	4.72	7.76	3.04	72.4
240	4.55	8.09	3.54	67.8
260	4.66	8.64	3.98	65.3

Tableau 2 : Rabattements observés au droit du forage Andrevilliers 1 lors des pompages par paliers

La figure suivante présente par ailleurs, l'évolution du niveau piézométrique enregistré au droit du forage Andrevilliers 1, au cours de cet essai de pompage par paliers.

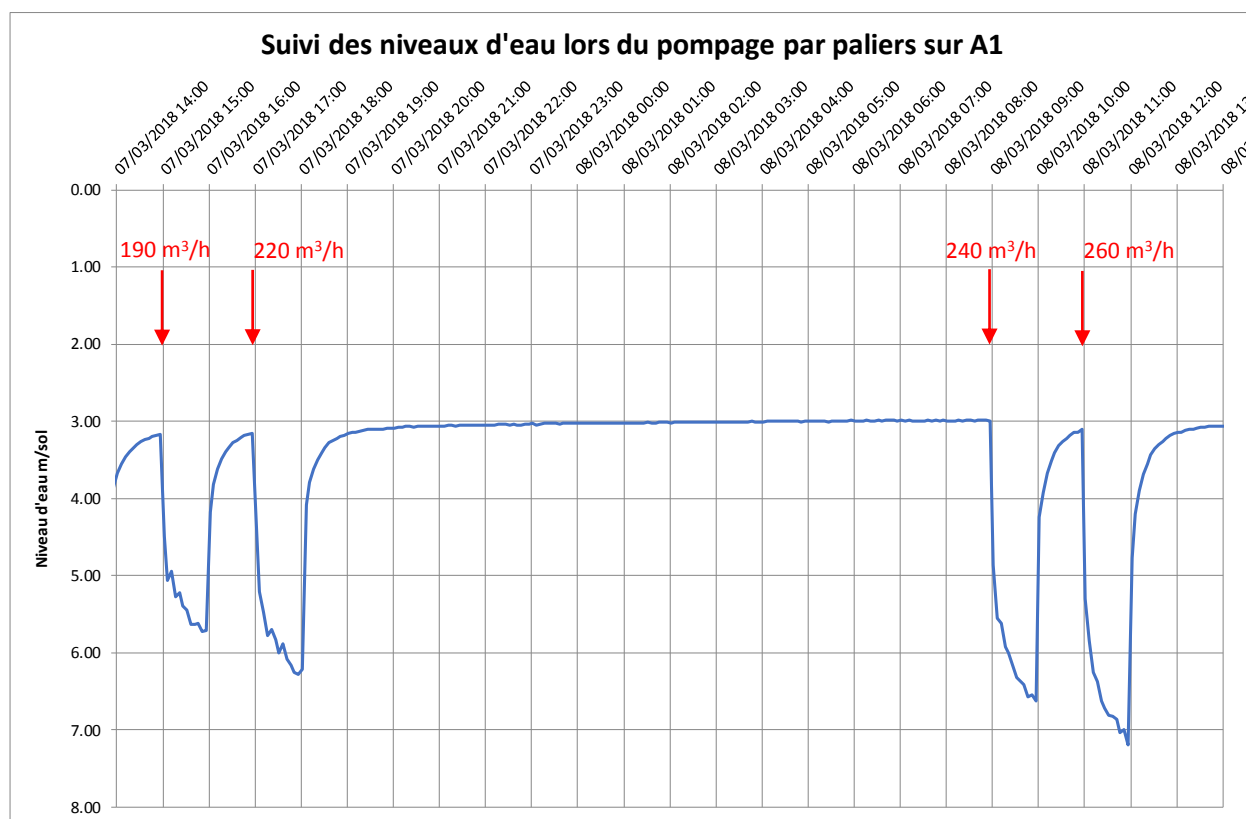


Figure 11 : Suivi piézométrique au droit du forage Andrevilliers 1 au cours des essais de pompage par paliers

En fin des paliers de débit, le niveau dynamique n'est pas stabilisé. A la fin de chaque palier, le niveau d'eau remonte très vite à son état de repos.

La fiche d'interprétation des essais de pompage par paliers réalisés est présentée page suivante.

Celle-ci montre que les pertes de charges quadratiques sont supérieures aux pertes de charges linéaires à partir du 4^{ème} palier.

Au vu de la courbe caractéristique de cet essai, le débit critique est de 256 m³/h.



Essai par paliers

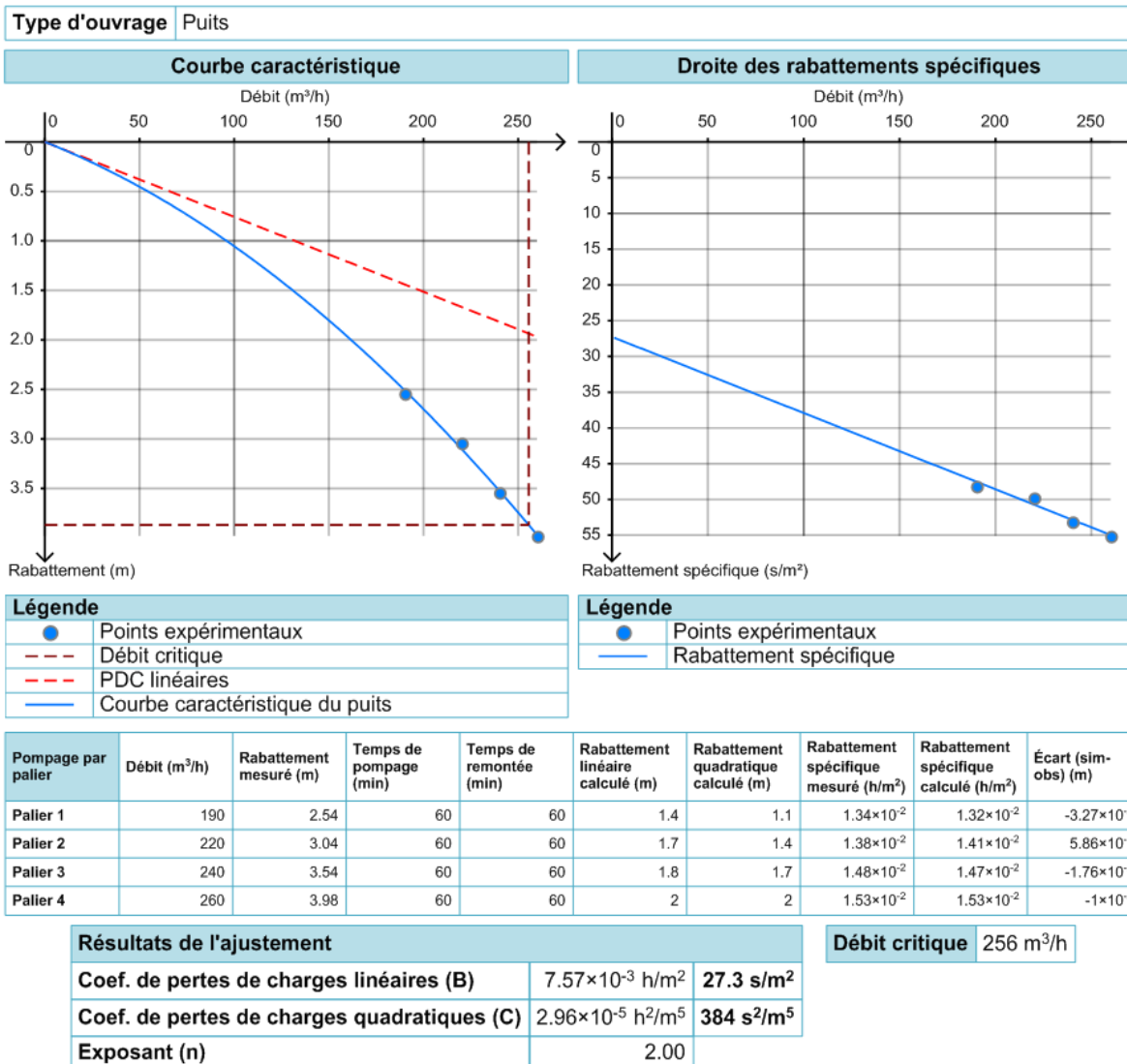


Figure 12 : Fiche d'interprétation de l'essai par paliers

8.2 Essais de pompage de longue durée sur Andrevilliers 1

L'essai de pompage de longue durée a été réalisé du 26 mars au 29 mars 2018 à 250 m³/h.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de ces niveaux au cours du pompage de longue durée sur Andrevilliers 1.

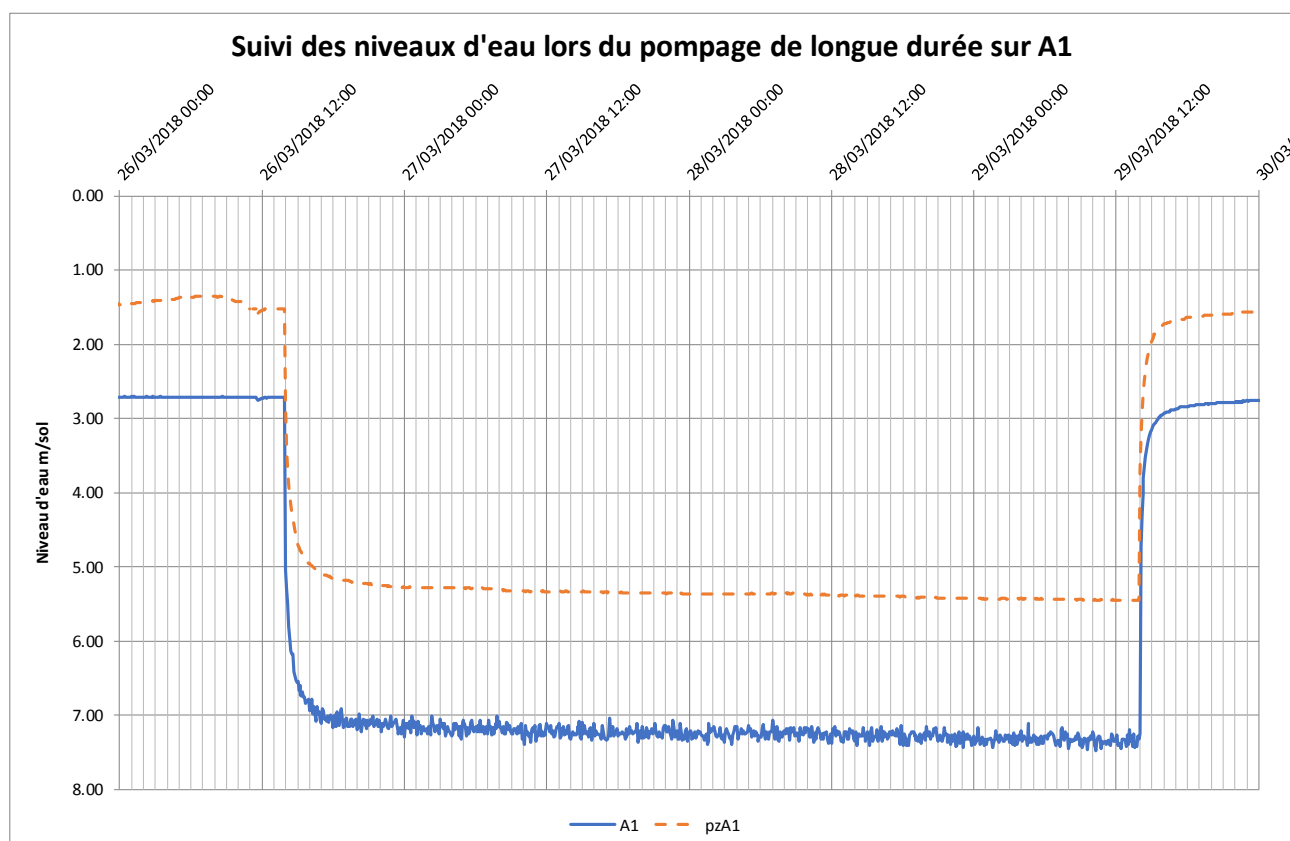


Figure 13 : Evolution du niveau piézométrique au cours de l'essai de pompage de longue durée au droit des forages A1 et du piézomètre pzA1

Commentaire concernant l'évolution du niveau piézométrique :

Avant le lancement du pompage de longue durée, le niveau piézométrique statique a été mesuré à 2.71 m/sol au droit du forage A1 et à 1.53 au droit du piézomètre pzA1.

Les courbes d'évolution du niveau piézométrique au droit du forage et au droit du piézomètre ont exactement la même allure.

En fin de pompage, le niveau piézométrique dynamique atteint 7.25 m/sol au droit du forage A1 et 5.46 au droit du piézomètre pzA1,

Les rabattements observés sont de 4,54 m sur le forage A1 et de 3,93 m sur le pz A1. Le débit spécifique du forage A1 est donc de 55 m³/h/m.

Suite à l'arrêt du pompage, le niveau d'eau retrouve son état initial après 12 heures d'arrêt.

Interprétation des caractéristiques hydrodynamiques au droit du forage A1 :

L'interprétation de l'évolution du rabattement au droit du forage A1 et du piézomètre pzA1, à partir du logiciel de traitement des essais de pompage AquiferTest Pro, donne une **transmissivité** calculée avec la formule de Theis avec correction de Jacob de $9.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, ce qui traduit une productivité relativement importante de l'aquifère sollicité, au droit du forage A1. Voir **graphique** ci-dessous.

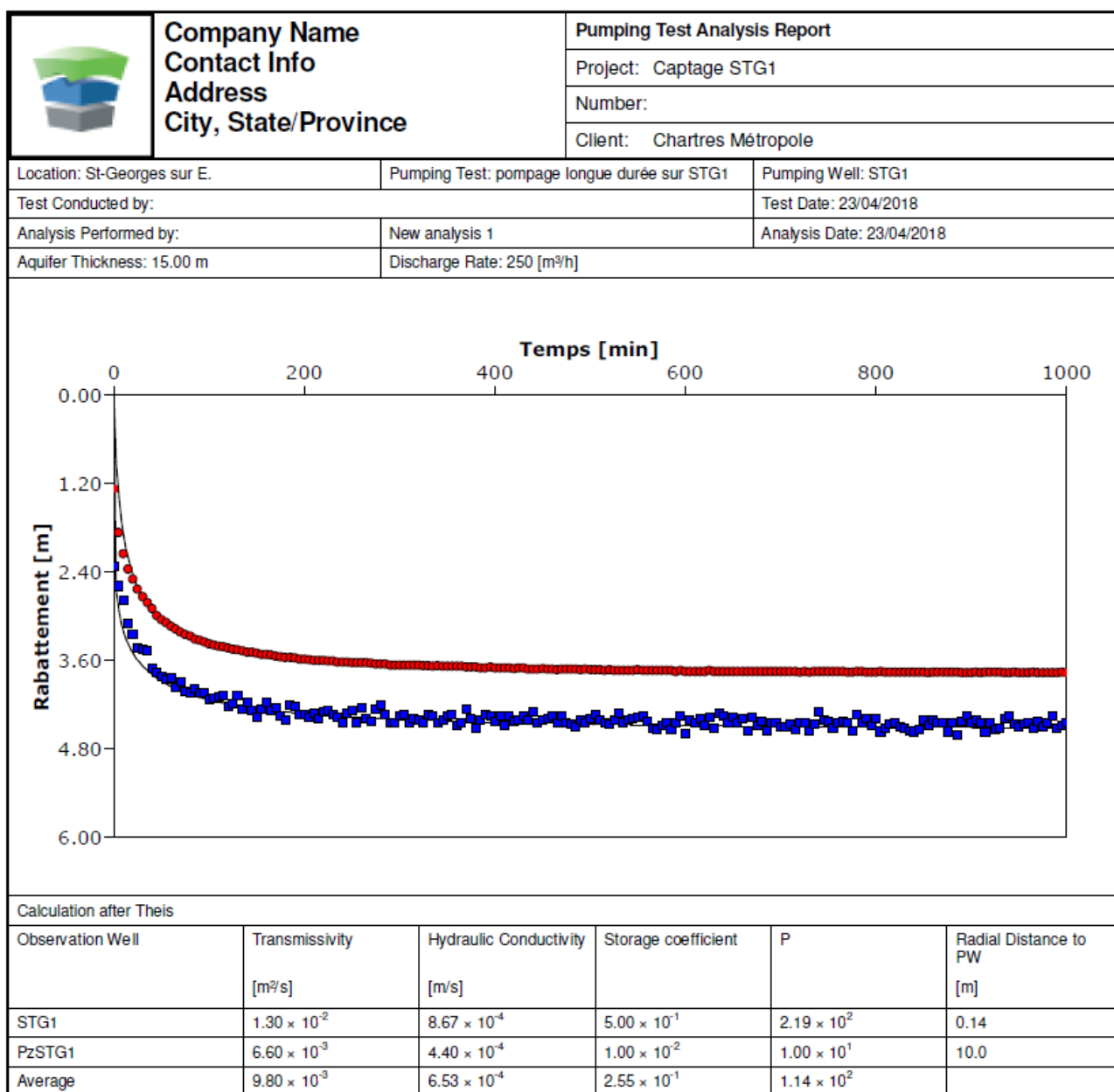


Figure 14 : Interprétation du pompage de longue durée réalisé sur la nappe des argiles à silex

8.3 Incidence des pompages sur le niveau d'eau de l'Eure et le niveau piézométrique

Le graphique ci-dessous présente l'évolution du niveau piézométrique des forages A2 et A1, des piézomètres pz A2 et pz A1 ainsi que celle du niveau d'eau de l'Eure en amont et en aval des forages.

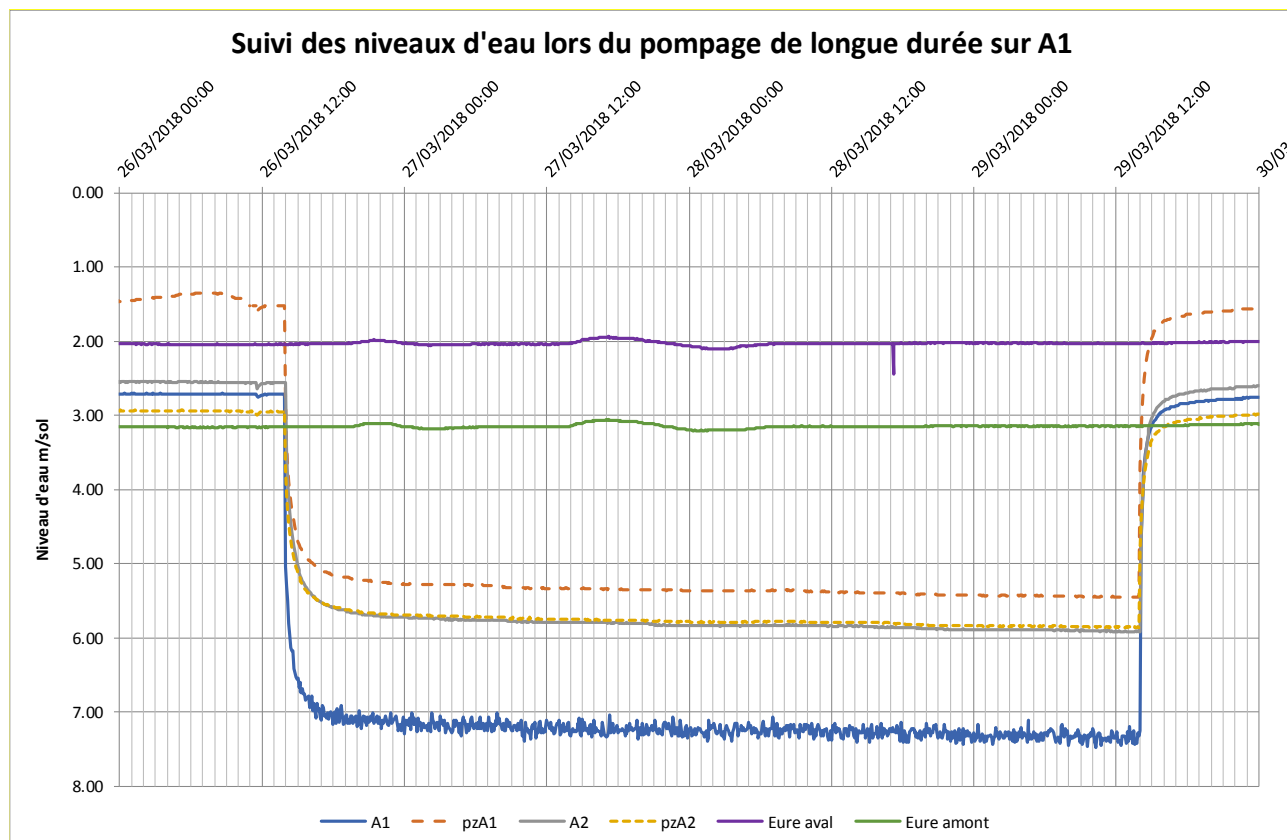


Figure 15 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l'essai de pompage de longue durée et du niveau d'eau de l'Eure

Le suivi des niveaux d'eau de l'Eure montre que le pompage réalisé sur A1 n'engendre aucune incidence sur le niveau d'eau de l'Eure dont l'évolution semble suivre une allure différente à celle de l'évolution des niveaux piézométriques.

Le suivi des niveaux piézométriques montre que l'ensemble des ouvrages est impacté par le pompage réalisé sur le forage A1. La forme des courbes d'évolution du niveau piézométrique est identique.

De manière synthétique, le pompage réalisé sur A1 engendre un rabattement de :

- 3.93 sur le pz A1,
- 3,36 sur le forage A2,
- 2.91 m sur le piézomètre pz A2.

9 ESSAIS DE POMPAGE DE LONGUE DUREE SIMULTANE SUR A1 ET A2

L'essai de pompage de longue durée simultané sur le forage A1 et A2 a été réalisé du 9 au 12 avril à 150, 180 puis 200 m³/h.

9.1 Suivi piézométrique au cours du pompage simultané sur A1 et A2

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de ces niveaux au cours de ce pompage de longue durée.

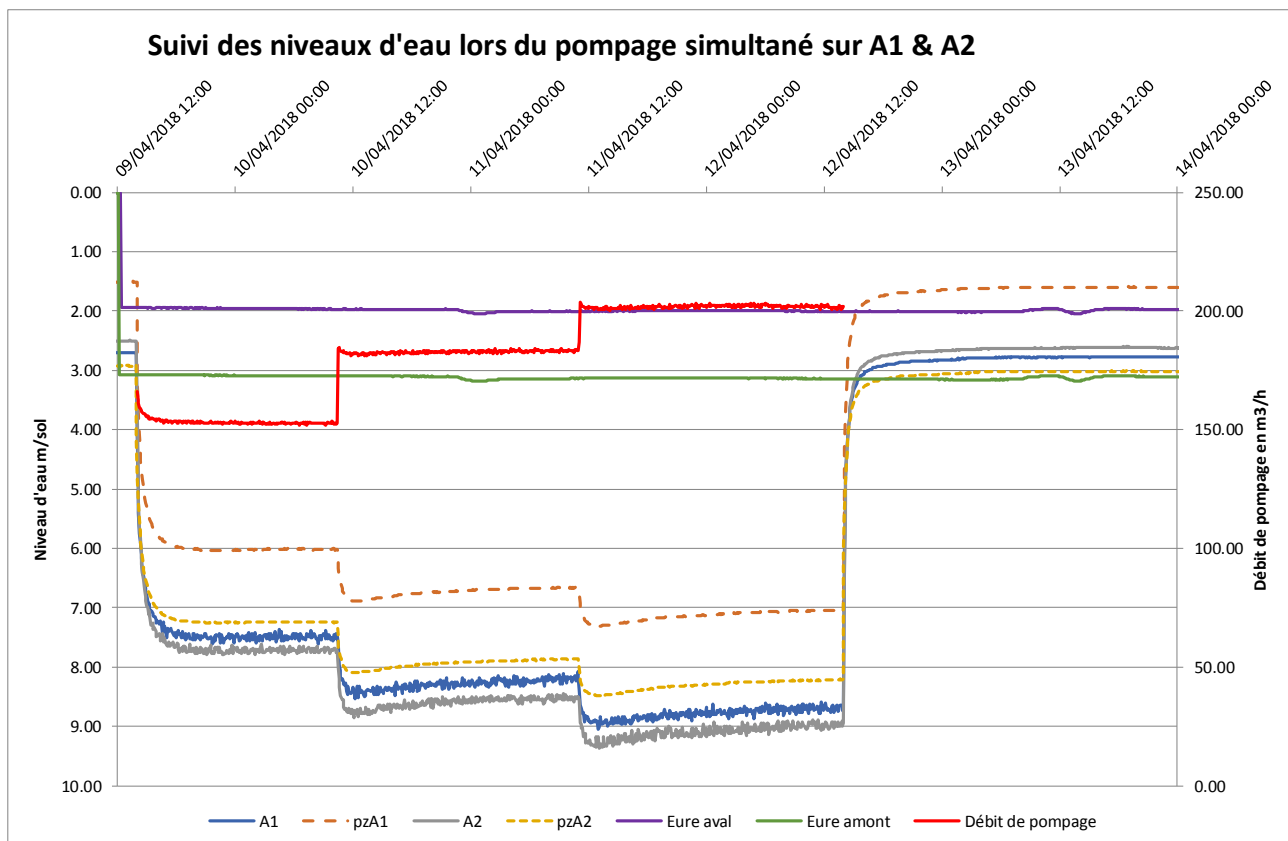


Figure 16 : Evolution du niveau piézométrique au cours de l'essai de pompage de longue durée simultané au droit des forages A1 et A2 des piézomètre pzA1 et pz A2 et de l'Eure

Commentaire concernant l'évolution du niveau piézométrique :

Avant le lancement du pompage de longue durée, le niveau piézométrique statique a été mesuré à 2.70 m/sol au droit du forage A1, 2.50 m/sol au droit du forage A2, 1.51 m/sol au droit du piézomètre pzA1 et à 2.92 au droit du piézomètre pzA2.

Les courbes d'évolution du niveau piézométrique au droit des forages et au droit des piézomètres ont exactement la même allure.

A 150 m³/h, le niveau dynamique se stabilise à 7.46 m/sol au droit du forage A1, 7.72 m/sol au droit du forage A2, 6.05 m/sol au droit du piézomètre pzA1 et à 7.24 au droit du piézomètre pzA2. Ce qui correspond à un rabattement de 4.83 m pour A1, 5.26 m pour A2, 4.51 m pour pzA1 et 4.32 m pour pzA2.

A 180 m³/h, le niveau dynamique baisse puis remonte légèrement. Avant l'augmentation du débit, le niveau dynamique est observé à 8.40 m/sol au droit du forage A1, 8.56 m/sol au droit du forage A2, 6.92 m/sol au droit du piézomètre pzA1 et à 8.16 au droit du piézomètre pzA2. Ce qui correspond à un rabattement de 5.70 m pour A1, 6.06 m pour A2, 5.41 m pour pzA1 et 5.11 m pour pzA2.

De la même manière qu'à 180 m³/h, à 200 m³/h, le niveau dynamique baisse puis remonte légèrement.

Avant l'arrêt du pompage, le niveau dynamique est observé à 8.68 m/sol au droit du forage A1, 8.95 m/sol au droit du forage A2, 7.04 m/sol au droit du piézomètre pzA1 et à 8.20 au droit du piézomètre pzA2. Ce qui correspond à un rabattement de 5.98 m pour A1, 6.45 m pour A2, 5.53 m pour pzA1 et 5.28 m pour pzA2.

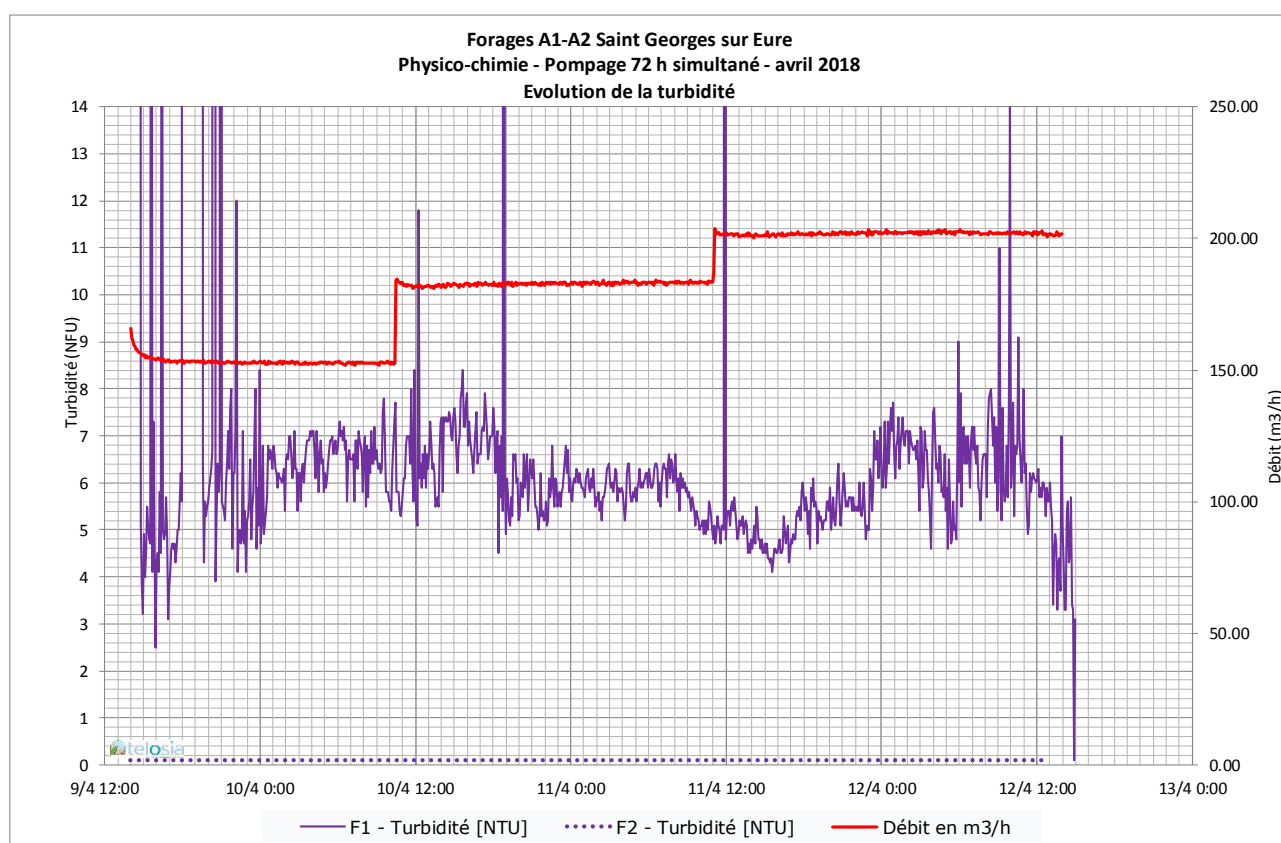
A titre de comparaison, lors de l'essai de pompage par paliers mené sur A1, le rabattement observé à 190 m³/h (débit le plus proche de 200 m³/h) était de 2.54 m. Le pompage simultané sur A1 et A2 augmente le rabattement sur A1 de 90 % environ.

De la même manière, le rabattement observé à 190 m³/h (débit le plus proche de 200 m³/h) lors de l'essai de pompage par paliers mené sur A2 était de 2.54 m également. Le pompage simultané sur A1 et A2 augmente le rabattement sur A2 de 107 % environ.

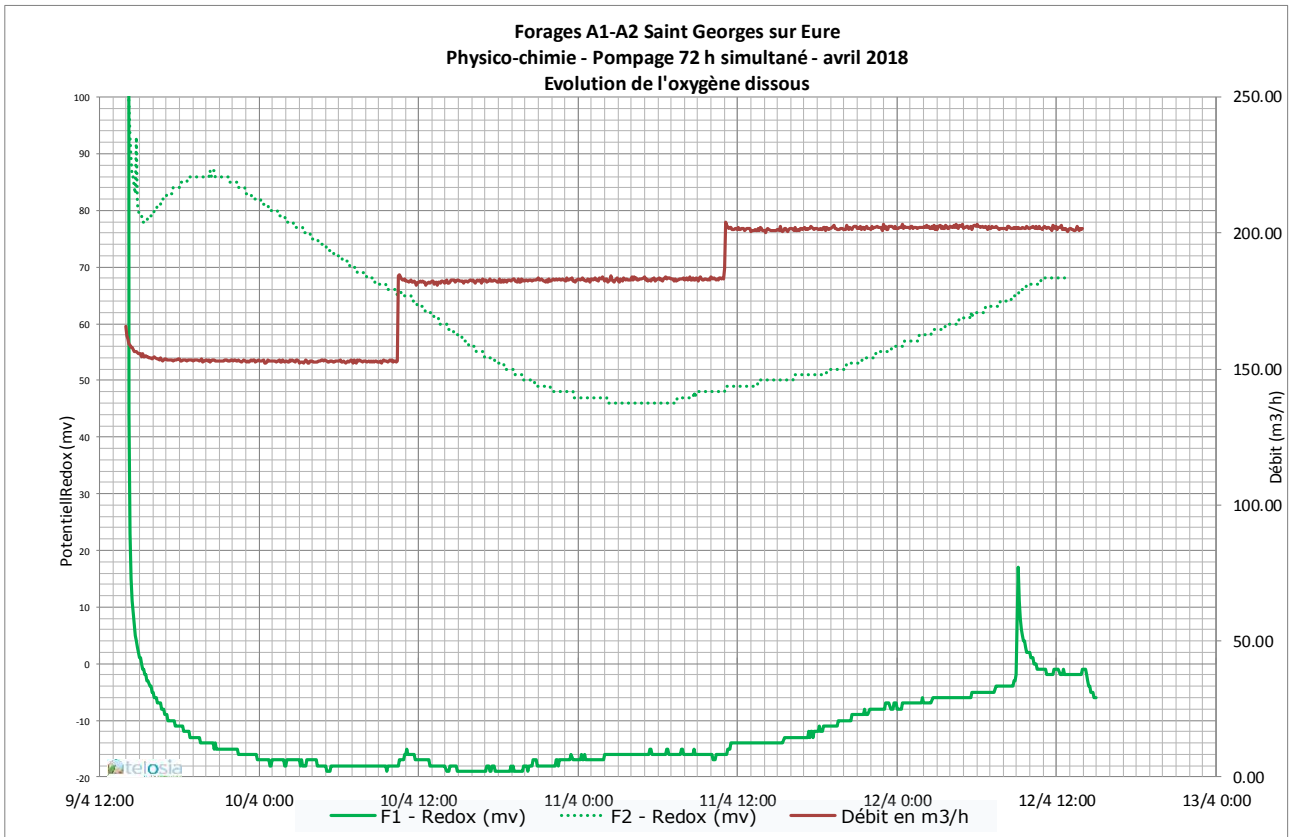
9.2 Suivi physico-chimique lors du pompage simultané sur A1 et A2

Une sonde physico-chimique a été placée dans le forage afin d'enregistrer les paramètres suivants au cours du pompage de longue durée : température, oxygène dissous, pH, turbidité, conductivité et redox.

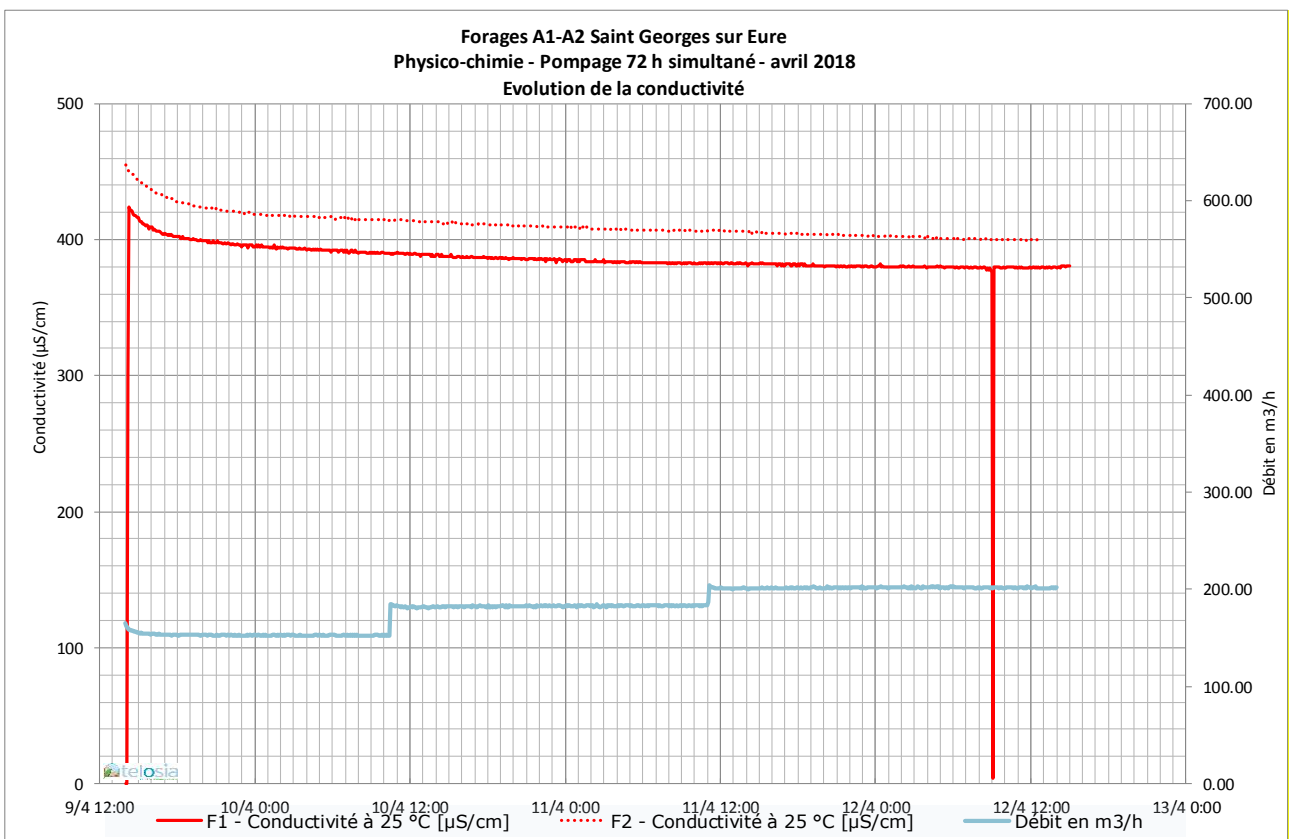
Le graphique suivant présente l'évolution de la turbidité de l'eau brute des forages au cours du pompage de longue durée simultané. Celle-ci fluctue entre 4 et 8 NFU pour les eaux brutes du forage A1 et sur les eaux brutes du forage 2, elle est de 0 tout au long du pompage.



Le graphique ci-dessous présente l'évolution du potentiel redox de l'eau brute du forage au cours du pompage de longue durée. Pour les eaux brutes du forage F1, il diminue jusqu'à -19 mV en première partie de pompage puis augmente jusqu'à 0 en deuxième partie de pompage. Les eaux brutes du forage A2 oscillent entre 127 et 46 mV.

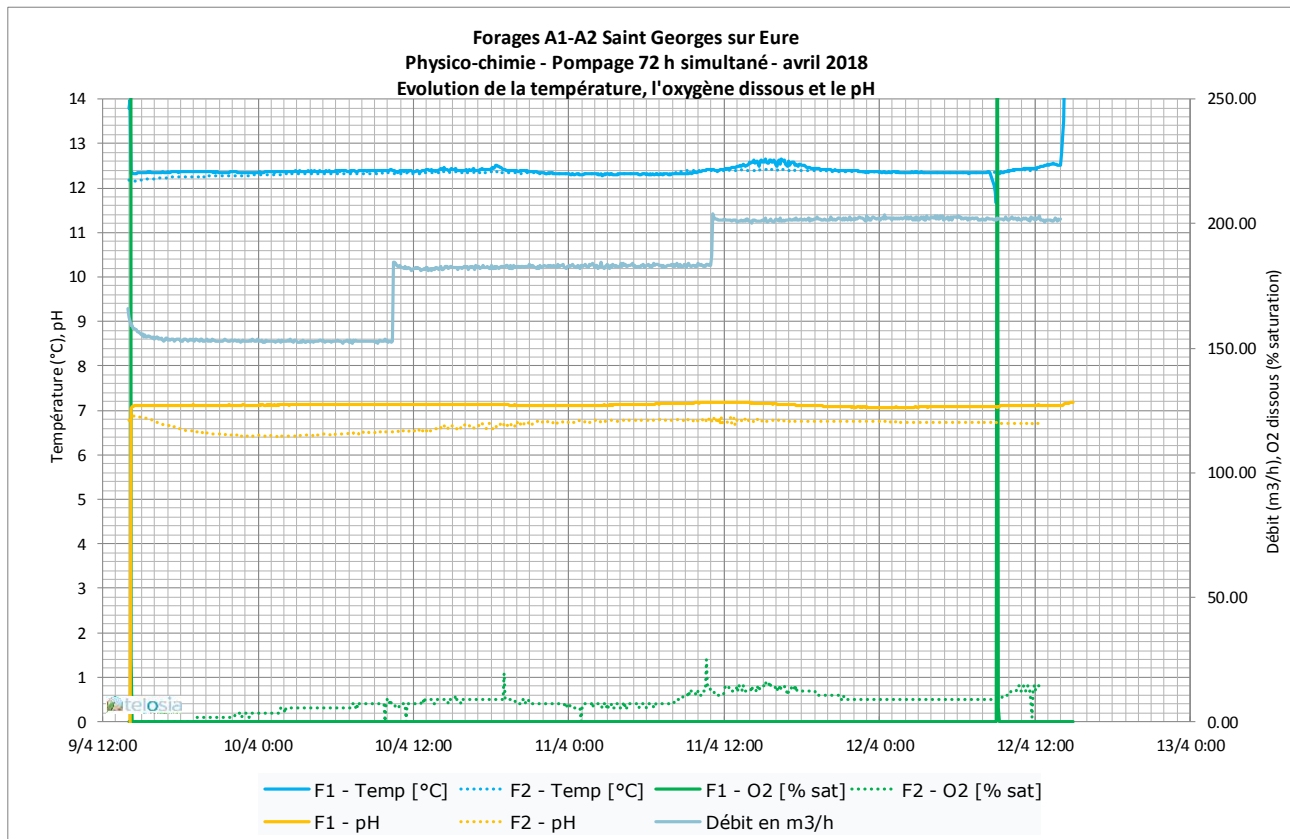


Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la conductivité de l'eau brute du forage au cours du pompage de longue durée. Elle diminue de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au cours de l'essai sur les eaux brutes des deux forages.



Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la température, l'oxygène dissous, le potentiel redox et le pH de l'eau brute du forage au cours du pompage de longue durée. La température des eaux brutes des deux forages augmente de 0,2 °C au cours du pompage. Le pH des eaux brutes du forage A1 fluctue entre 7,05 et 7,17 et celui des eaux brutes du forage 2 varie entre 6,41 et 7,04.

L'oxygène dissous des eaux brutes du forage A1 a été enregistré à 0% tout au long du pompage. Et sur les eaux brutes du forage 2, il fluctue entre 0 et 26,7 %.



10 RESULTATS D'ANALYSES D'EAU DU FORAGE A1

10.1 Lors du pompage sur A1

Un prélèvement d'eau type première adduction après 72 heures de pompage a été réalisé le 29 mars 2018. Les résultats d'analyse sont joints en annexe.

Les résultats d'analyses d'eau brute type première adduction sont non conformes aux seuils définis par l'annexe I (**seuils de distribution**) de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux références de qualité **des eaux destinées à la consommation humaine sur les paramètres ammonium, fer et manganèse**. La référence de qualité du paramètre ammonium prise en compte est de 0,5 mg/l car l'origine de l'ammonium dans les eaux brutes de A1 est naturelle au vu des paramètres physico-chimiques analysés (dénitrification des nitrates ou dégradation de la matière organique). Le tableau présenté en page suivante met en regard les teneurs de l'eau brute avec ces seuils de distribution.

À noter la teneur en COT de 1,9 mg/l, la trace de nitrates (0,6 mg/l) ainsi que la trace des pesticides suivants : 0.006 µg/l de propyzamide, 0.011 µg/l de tebutam, 0.019 µg/l de chlortoluron, 0.017 µg/l de isoproturon, 0.006 µg/l de methabenzthiazuron

Tableau 3 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 29/03/2018 sur le forage A1 comparés aux normes de distribution d'eau potable

Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Paramètres microbiologiques			
Escherichia coli	UFC/100 ml	< 1	0
Entérocoques	UFC/100 ml	< 1	0
Oocystes de Cryptosporidium totaux	UFC/100 ml	<1	
Bactéries coliformes	UFC/100 ml	<1	0
Bactéries sulfitoréductrices	UFC/100 ml	<1	0
Numération de germes aérobies revivifiables à 22 °C	UFC/ml	<1	
Numération de germes aérobies revivifiables à 36 °C	UFC/ml	<1	
physico-chimie de base			
Carbone organique total	mg/L	1.9	2
Conductivité à 25 °C	µS/cm	352	entre 200 et 1100
Cyanures totaux	µg/l	<10.0	50
Fluorures	mg/L	0.06	1.5
pH		6.92	compris entre 6.5 et 9
Température	°C	12.1	25
Turbidité	NFU	0.58	1
Cations			
Ammonium	mg/L	0.5	0.5
Sodium	mg/L	9.5	200
Anions			
Chlorures	mg/L	22.3	250
Nitrates (NO3)	mg/L	0.6	50
Nitrites (NO2)	mg/L	<0.02	0.5
Sulfates	mg/L	6.7	250
Pesticides			
Pesticides (par substance individuelle)	µg/l	propyzamide (0.006), tebutam (0.011), chlortoluron (0.019), isoproturon (0.017), methabenzthiazuron (0.006)	0.1
Somme des pesticides	µg/l	0.065	0.5
Aldrine, Dieldrine, heptachlore, heptachlorépoxyde (par substance)	µg/l	<0.01	0.03
Métaux			
Aluminium	µg/l	<10	200
Antimoine	µg/l	<1	5
Arsenic	µg/l	<2	10
Baryum	mg/L	0.033	0.7
Bore	mg/L	0.014	1
Cadmium	µg/l	<1	5
Chrome	µg/l	<0.5	50
Cuivre	mg/L	<0.01	2
Fer total	µg/l	7821	200
Manganèse	µg/l	1412	50
Mercuré	µg/l	<0.01	1
Nickel	µg/l	<5	20
Plomb	µg/l	<2	10
Sélénium	µg/l	<2	10
Composés organiques			
Benzène	µg/l	<0.5	1
Chlorure de vinyle	µg/l	<0.5	0.5
1,2-dichloroéthane	µg/l	<0.5	3
Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène	µg/l	<0.5	10
Benzo[a]pyrène	µg/l	<0.005	0.01
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	µg/l	<0.005	0.1
Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Radioactivité			
Activité alpha globale	Bq/l	< 0.03	En cas de valeur supérieure à 0.10, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Activité bêta globale résiduelle	Bq/l	<0.04	En cas de valeur supérieure à 1.0, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	<0.1	0.1
Tritium	Bq/l	<10	100
Radon	Bq/l	8.1	100

10.2 Lors du pompage simultané sur A1 et A2

Un prélèvement d'eau type première adduction a été réalisé le 12 avril 2018, à l'issue du pompage de longue durée simultané sur A1 et A2. Les résultats d'analyse sont joints en annexe.

Les résultats d'analyses d'eau brute type première adduction sont non conformes aux seuils définis par l'annexe I (**seuils de distribution**) de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité **des eaux destinées à la consommation humaine sur les paramètres turbidité, arsenic, fer et manganèse**. La référence de qualité du paramètre ammonium prise en compte est de 0,5 mg/l car l'origine de l'ammonium dans les eaux brutes de A1 est naturelle au vu des paramètres physico-chimiques analysés (dénitrification des nitrates ou dégradation de la matière organique). Le tableau présenté en page suivante met en regard les teneurs de l'eau brute avec ces seuils de distribution.

À noter la teneur en COT de 1,9 mg/l, l'absence de nitrates ainsi que la trace des pesticides suivants : 0.028 µg/l d'Atrazine 2-hydroxy, 0.009 µg/l de propyzamide, 0.011 µg/l de tebutam, 0.038 µg/l de Métaldéhyde, 0.018 µg/l de chlortoluron, 0.015 µg/l de isoproturon, 0.009 µg/l de methabenzthiazuron.

Tableau 4 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 12/04/2018 sur le forage A1 comparés aux normes de distribution d'eau potable

Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Paramètres microbiologiques			
Escherichia coli	UFC/100 ml	< 1	0
Entérocoques	UFC/100 ml	< 1	0
Oocystes de Cryptosporidium totaux	UFC/100 ml	<1	
Bactéries coliformes	UFC/100 ml	<1	0
Bactéries sulfitoréductrices	UFC/100 ml	<1	0
Numération de germes aérobies revivifiables à 22 °C	UFC/ml	<1	
Numération de germes aérobies revivifiables à 36 °C	UFC/ml	<1	
physico-chimie de base			
Carbone organique total	mg/L	1.9	2
Conductivité à 25 °C	µS/cm	343	entre 200 et 1100
Cyanures totaux	µg/l	<10.0	50
Fluorures	mg/L	0.07	1.5
pH		7.88	compris entre 6.5 et 9
Température	°C	12.2	25
Turbidité	NFU	220	1
Cations			
Ammonium	mg/L	0.48	0.5
Sodium	mg/L	10.2	200
Anions			
Chlorures	mg/L	21.4	250
Nitrates (NO3)	mg/L	<0.5	50
Nitrites (NO2)	mg/L	<0.02	0.5
Sulfates	mg/L	7.5	250
Pesticides			
Pesticides (par substance individuelle)	µg/l	Atrazine 2-hydroxy (0.028) Propyzamide (0.009) Tebutam (0.011) Métaldéhyde (0.038) Chlortoluron (0.018) Isoproturon (0.015) Methabenzthiazuron (0.009)	0.1
Somme des pesticides	µg/l	0.128	0.5
Aldrine, Dieldrine, heptachlore, heptachlorépoxyde (par substance)	µg/l	<0.01	0.03
Métaux			
Aluminium	µg/l	57	200
Antimoine	µg/l	<1	5
Arsenic	µg/l	10	10
Baryum	mg/L	0.037	0.7
Bore	mg/L	0.018	1
Cadmium	µg/l	<1	5
Chrome	µg/l	<0.5	50
Cuivre	mg/L	<0.01	2
Fer total	µg/l	12988	200
Manganèse	µg/l	1455	50
Mercuré	µg/l	<0.01	1
Nickel	µg/l	<5	20
Plomb	µg/l	<2	10
Sélénium	µg/l	<2	10
Composés organiques			
Benzène	µg/l	<0.5	1
Chlorure de vinyle	µg/l	<0.5	0.5
1,2-dichloroéthane	µg/l	<0.5	3
Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène	µg/l	<0.5	10
Benzo[a]pyrène	µg/l	<0.005	0.01
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	µg/l	<0.005	0.1
Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Radioactivité			
Activité alpha globale	Bq/l	< 0.03	En cas de valeur supérieure à 0.10, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Activité bêta globale résiduelle	Bq/l	<0.04	En cas de valeur supérieure à 1.0, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	<0.1	0.1
Tritium	Bq/l	<10	100
Radon	Bq/l	13.5	100

10.3 Comparaison entre les deux séries d'analyse

La turbidité semble varier dans le temps puisqu'elle est mesurée à 0.58 NFU le 29 mars lors du pompage sur A1 et à 220 µg/l le 12 avril lors du pompage simultané sur A1 et A2, ainsi que l'arsenic analysé à une concentration inférieure au seuil de détection lors du prélèvement du 29 mars et à 10 µg/l lors de celui du 12 avril.

En ce qui concerne les pesticides, deux pesticides supplémentaires sont détectés sur l'analyse du prélèvement du 12 avril par rapport à celui du 29 mars. Il s'agit des molécules suivantes : l'Atrazine 2-hydroxy qui est un dérivé de l'atrazine (pesticide interdit depuis 2003) et le métaldéhyde (pesticide employé pour tuer des limaces et autres gastéropodes).

11 PHASE DE NETTOYAGE-DEVELOPPEMENT DU FORAGE A2

11.1 Acidification

Au vu du potentiel de production de l'ouvrage, il n'a pas été procédé à la mise en œuvre d'acidification.

11.2 Pompage nettoyage-développement

Le pompage de nettoyage-développement a été réalisé par augmentation progressive du débit.

12 ESSAIS DE POMPAGES SUR LE FORAGE A2

12.1 Pompage par paliers

L'essai de pompage par paliers non enchaînés a eu lieu le 12 janvier 2018. Les paliers ont été réalisés aux débits de 190, 220, 240 et 260 m³/h.

Les rabattements observés pour chacun des paliers sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Rabattements observés au droit du forage A2 lors des pompages par paliers

Débit testé (m ³ /h)	Niveau statique (m)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)
190	4.68	7.22	2.54	74.8
220	4.8	7.76	2.96	74.3
240	4.84	8.45	3.61	66.5
260	4.91	8.81	3.9	66.7

La figure suivante présente par ailleurs, l'évolution du niveau piézométrique enregistré au droit du forage A2, au cours de cet essai de pompage par paliers.

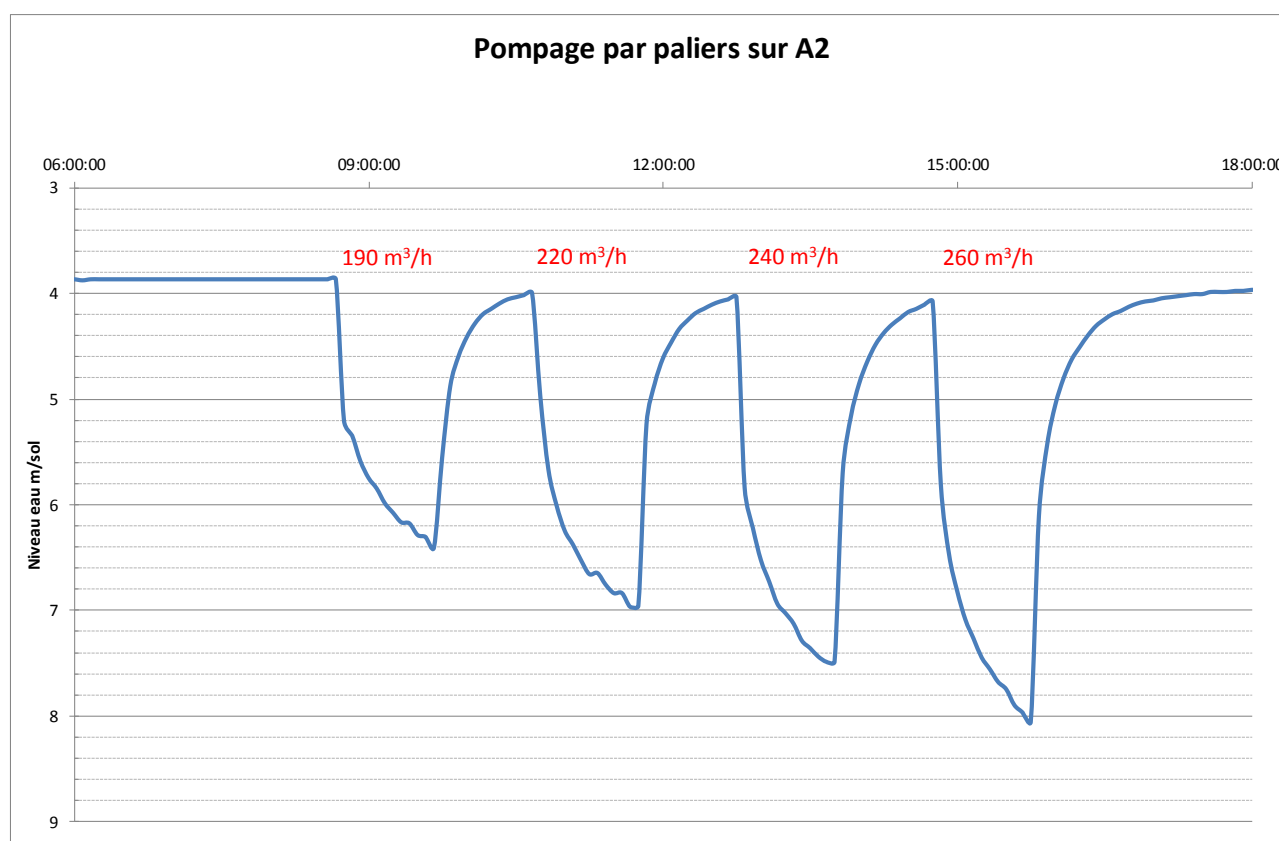


Figure 17 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l'essai de pompage par paliers

La fiche d'interprétation des essais de pompage par paliers réalisés est présentée ci-après.

Celle-ci montre que les pertes de charges quadratiques sont systématiquement inférieures aux pertes de charges linéaires jusqu'au dernier débit testé.

Au vu de la courbe caractéristique de cet essai, le débit critique n'a pas été atteint.

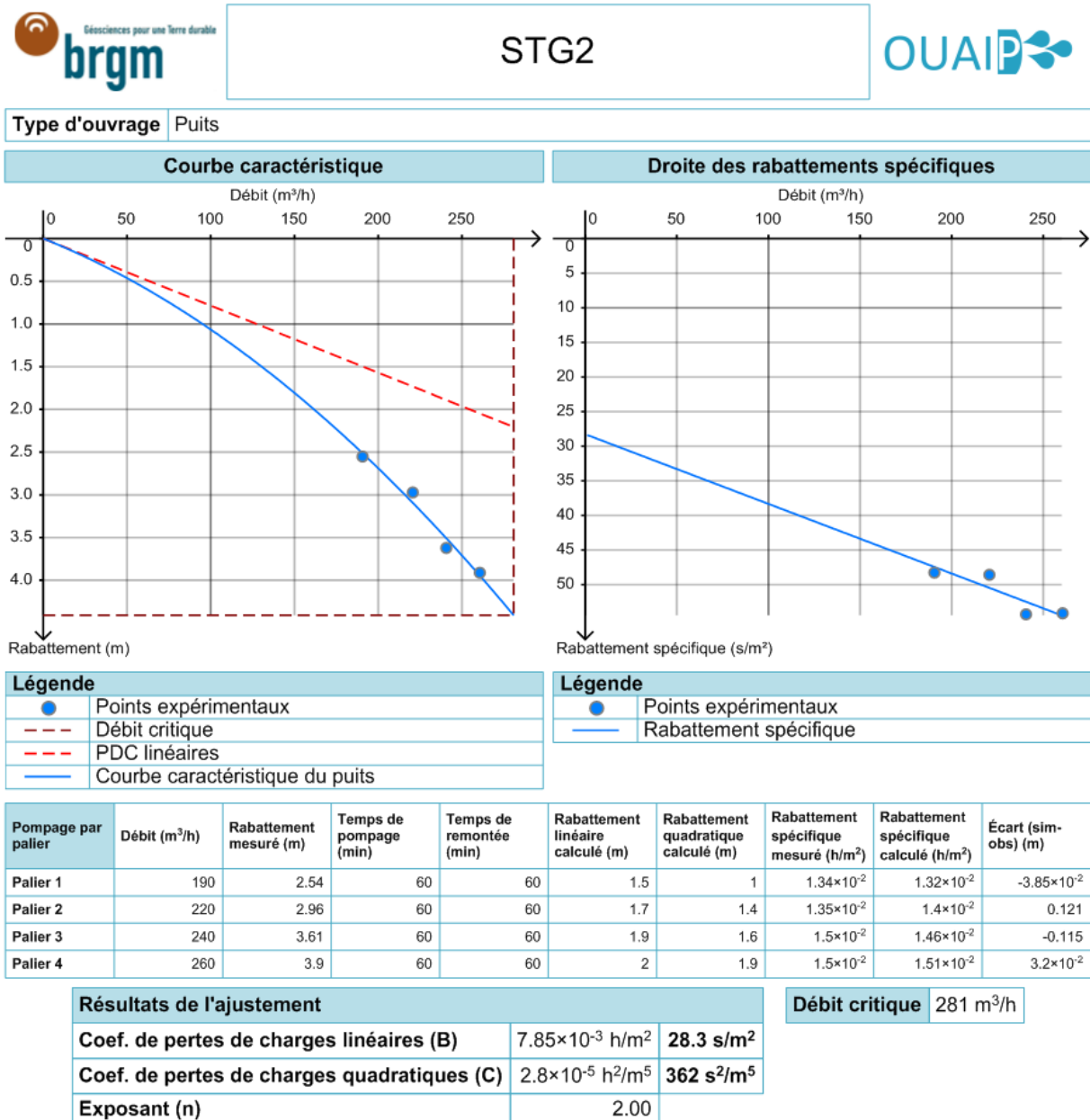


Figure 18 : Interprétation des essais de pompage par paliers (logiciel OUAIP)

12.2 Pompage de longue durée

L'essai de pompage de longue durée a été réalisé du 15 au 18 janvier 2018 à 260 m³/h.

L'évolution du rabattement mesuré au droit du forage A2 et du piézomètre pzA2 est présentée par la figure suivante.

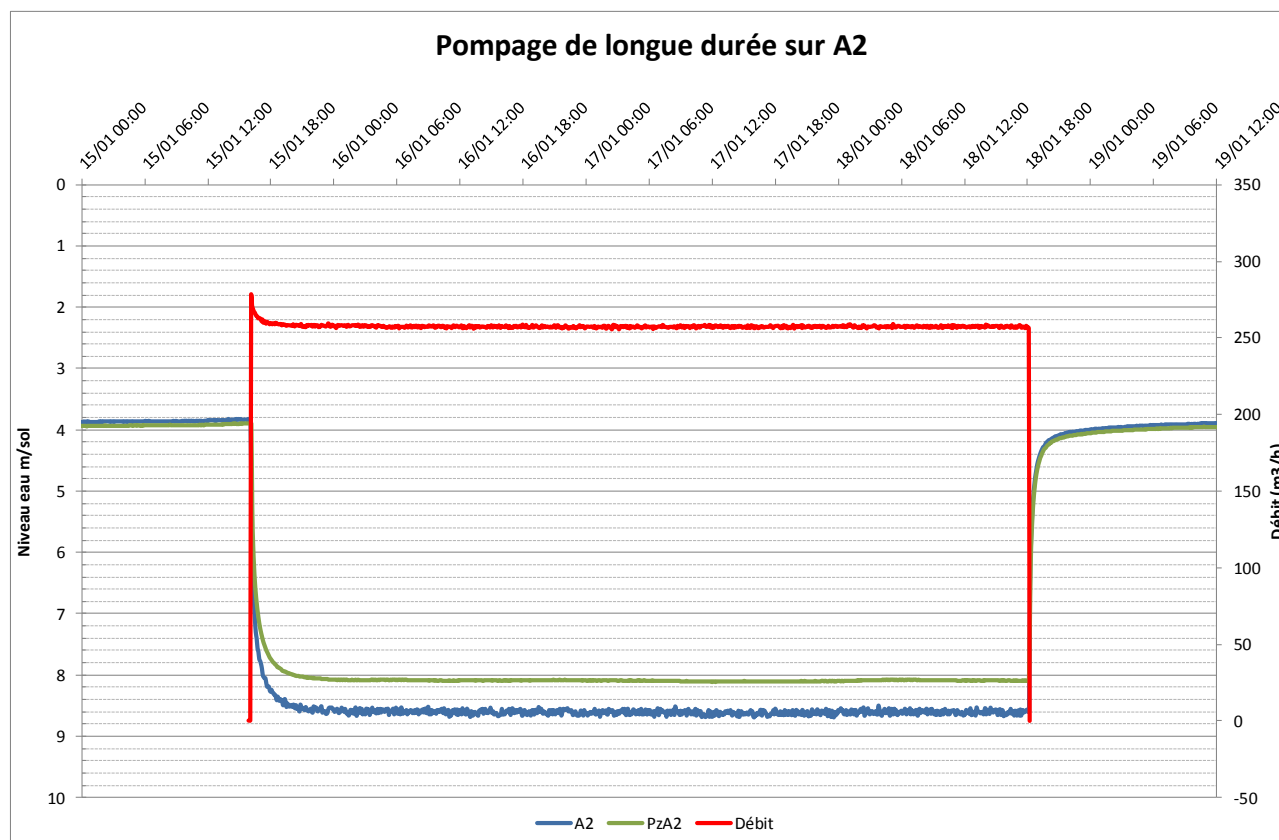


Figure 19 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l'essai de pompage de longue durée

Commentaire concernant l'évolution du niveau piézométrique :

Avant le lancement du pompage de longue durée, le niveau piézométrique statique a été mesuré à 3,85 m/sol au droit du forage et à 3,9 m/sol au droit du piézomètre.

Le niveau piézométrique du forage et du piézomètre se stabilise respectivement à 8,6 et 8,08 m/sol, après quelques heures de pompage.

Les courbes d'évolution du niveau piézométrique au droit du forage de reconnaissance et au droit du piézomètre ont exactement la même allure.

Les rabattements observés sont de 4,75 m sur le forage A2 et de 4,18 m sur le pzA2. Le débit spécifique du forage A2 est donc de 54,7 m³/h/m.

Suite à l'arrêt du pompage, le niveau d'eau retrouve son état initial après 12 heures d'arrêt.

Interprétation des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe de la craie au droit du forage et du piézomètre :

L'interprétation de l'évolution du rabattement au droit du forage A2 et du piézomètre pzA2, à partir du logiciel de traitement des essais de pompage AquiferTest Pro, donne une **transmissivité** calculée avec la formule de Theis de **$9.85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$** , ce qui traduit une forte productivité de la nappe de la craie. L'interprétation réalisée au moyen du logiciel Aquifer Test Pro est présentée ci-après :

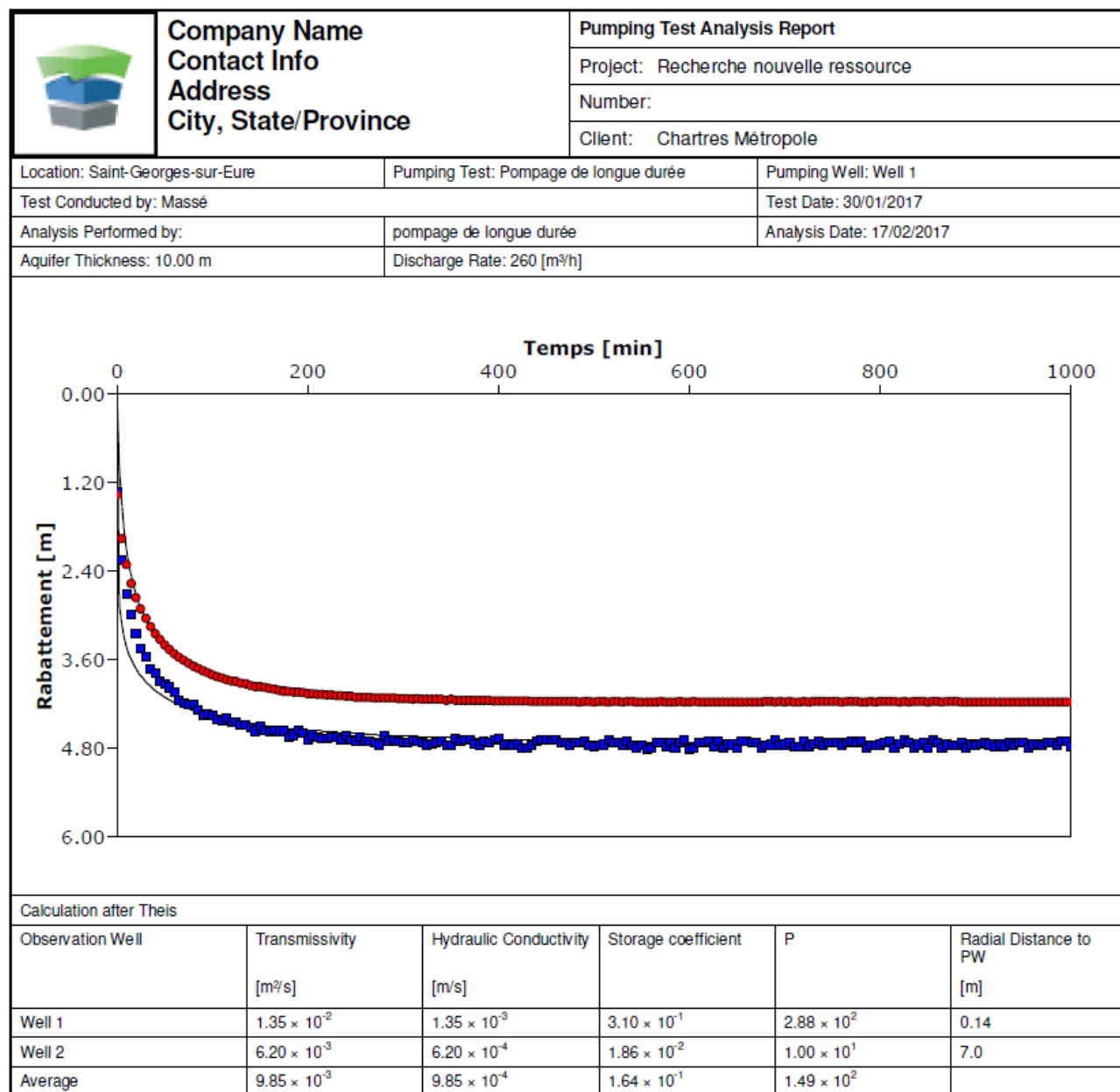


Figure 20 : Interprétation du rabattement observé lors de l'essai de longue durée (AquiferTest pro)

12.3 Incidence du pompage sur le niveau d'eau de l'Eure et le niveau piézométrique

Le graphique ci-dessous présente l'évolution du niveau piézométrique des forages A2 et A1, des piézomètres pzA2 et pzA1 ainsi que celle du niveau d'eau de l'Eure en amont et en aval des forages.

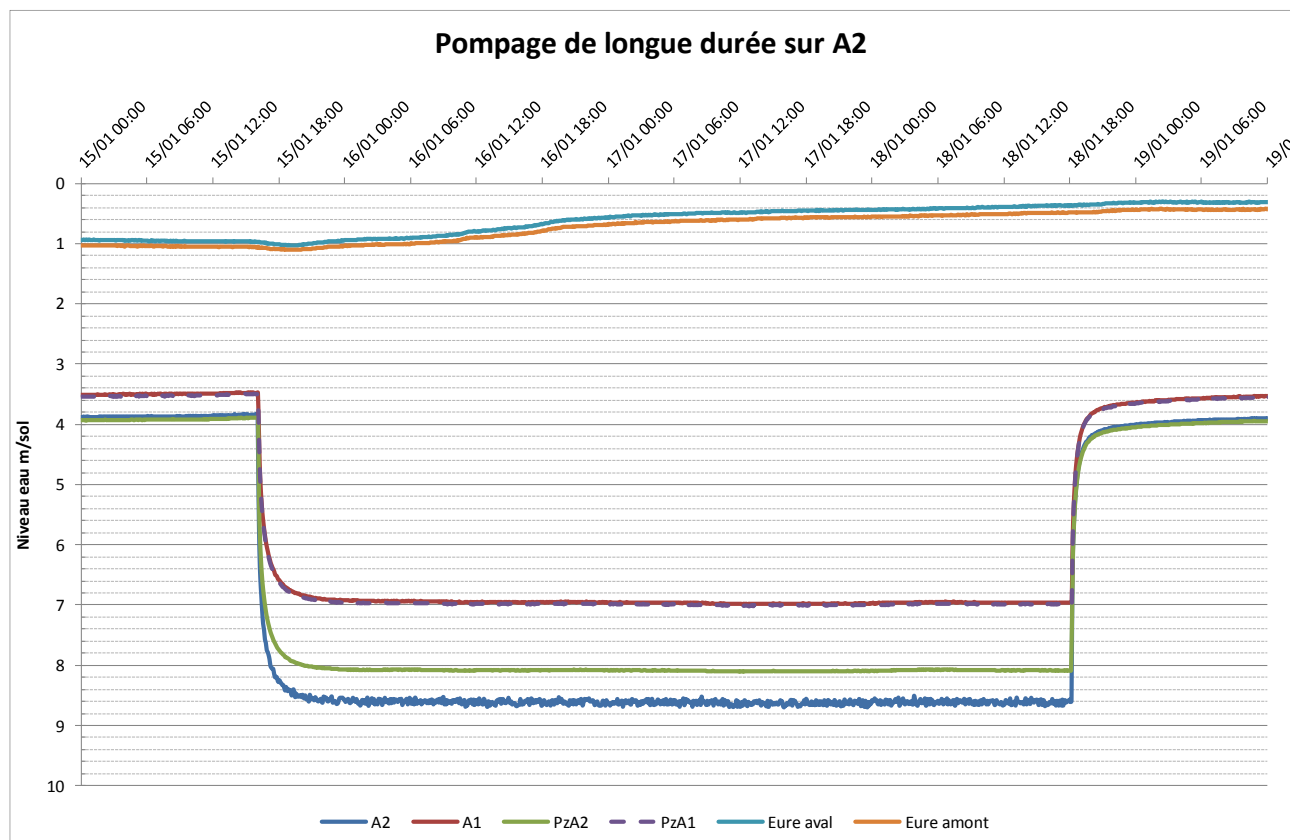


Figure 21 : Évolution du niveau piézométrique au cours de l'essai de pompage de longue durée et du niveau d'eau de l'Eure

Le suivi des niveaux d'eau de l'Eure montre que le pompage réalisé sur A2 n'engendre aucune incidence sur le niveau d'eau de l'Eure dont l'évolution semble suivre une allure opposée à celle de l'évolution des niveaux piézométriques.

Le suivi des niveaux piézométriques montre que l'ensemble des ouvrages est impacté par le pompage réalisé sur le forage A2. La forme des courbes d'évolution niveau piézométrique est identique.

De manière synthétique, le pompage réalisé sur A2 engendre un rabattement de :

- 4,18 m sur le piézomètre pz A2,
- 3,49 m sur le forage A1,
- 3,48 m sur le pz A1.

13 RESULTATS D'ANALYSE D'EAU DU FORAGE A2

13.1 Lors du pompage sur A2

Un prélèvement d'eau type première adduction après 72 heures de pompage a été réalisé le 5 octobre 2017. Les résultats d'analyse sont joints en annexe.

Les résultats d'analyses d'eau brute type première adduction sont non conformes aux seuils définis par l'annexe I (**seuils de distribution**) de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité **des eaux destinées à la consommation humaine sur les paramètres turbidité, arsenic, fer et manganèse**. La référence de qualité du paramètre ammonium prise en compte est de 0,5 mg/l car l'origine de l'ammonium dans les eaux brutes de A2 est naturelle au vu des paramètres physico-chimiques analysés (dénitrification des nitrates ou dégradation de la matière organique). Le tableau présenté en page suivante met en regard les teneurs de l'eau brute avec ces seuils de distribution.

À noter la teneur en COT de 1,9 mg/l, l'absence de nitrates ainsi que la trace des pesticides suivants : propyzamide à 0.007 µg/l, tebutam à 0.013 µg/l, chlortoluron à 0.014 µg/l, isoproturon à 0.013 µg/l, methabenzthiazuron à 0.008 µg/l.

Tableau 6 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 18/01/2018 sur le forage A2 comparés aux normes de distribution d'eau potable

Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Paramètres microbiologiques			
Escherichia coli	UFC/100 ml	< 1	0
Entérocoques	UFC/100 ml	< 1	0
Oocystes de Cryptosporidium totaux	UFC/100 ml	<1	
physico-chimie de base			
Carbone organique total	mg/L	1.9	2
Conductivité à 25 °C	µS/cm	362	entre 200 et 1100
Cyanures totaux	µg/l	<10.0	50
Fluorures	mg/L	0.06	1.5
pH		7.83	compris entre 6.5 et 9
Température	°C	19.3	25
Turbidité	NFU	213	1
Cations			
Ammonium	mg/L	0.42	0.5
Sodium	mg/L	9.9	200
Anions			
Chlorures	mg/L	23	250
Nitrates (NO3)	mg/L	<0.5	50
Nitrites (NO2)	mg/L	<0.02	0.5
Sulfates	mg/L	8	250
Pesticides			
Pesticides (par substance individuelle)	µg/l	propyzamide (0.007), tebutam (0.013), chlortoluron (0.014), isoproturon (0.013), methabenzthiazuron (0.008)	0.1
Somme des pesticides	µg/l	0.055	0.5
Aldrine, Dieldrine, heptachlore, heptachlorépoxyde (par substance)	µg/l	<0.01	0.03
Métaux			
Antimoine	µg/l	<1	5
Arsenic	µg/l	11	10
Baryum	mg/L	0.043	0.7
Bore	mg/L	0.014	1
Cadmium	µg/l	<1	5
Fer total	µg/l	16768	200
Manganèse	µg/l	1621	50
Mercure	µg/l	<0.01	1
Nickel	µg/l	<5	20
Sélénium	µg/l	<2	10
Composés organiques			
Benzène	µg/l	<0.5	1
Chlorure de vinyle	µg/l	<0.5	0.5
1,2-dichloroéthane	µg/l	<0.5	3
Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène	µg/l	<0.5	10
Radioactivité			
Activité alpha globale	Bq/l	< 0.03	En cas de valeur supérieure à 0.10, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Activité bêta globale résiduelle	Bq/l	<0.04	En cas de valeur supérieure à 1.0, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	<0.1	0.1
Tritium	Bq/l	<9	100

13.2 Lors du pompage simultané sur A1 et A2

Un prélèvement d'eau type première adduction a été réalisé le 12 avril 2018, à l'issue du pompage de longue durée simultané sur A1 et A2. Les résultats d'analyse sont joints en annexe.

Les résultats d'analyses d'eau brute type première adduction sont non conformes aux seuils définis par l'annexe I (**seuils de distribution**) de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité **des eaux destinées à la consommation humaine sur les paramètres turbidité, fer et manganèse**. La référence de qualité du paramètre ammonium prise en compte est de 0,5 mg/l car l'origine de l'ammonium dans les eaux brutes de A2 est naturelle au vu des paramètres physico-chimiques analysés (dénitrification des nitrates ou dégradation de la matière organique). Le tableau présenté en page suivante met en regard les teneurs de l'eau brute avec ces seuils de distribution.

À noter la teneur en COT de 1,6 mg/l, l'absence de nitrates ainsi que la trace des pesticides suivants : 0.021 µg/l d'atrazine 2-hydroxy, 0.009 µg/l d'oxadixyl, 0.010 µg/l de propyzamide, 0.015 µg/l de tebutam, 0.044 µg/l de Métaldéhyde, 0.017 µg/l de chlortoluron, 0.015 µg/l d'isoproturon, 0.008 µg/l de methabenzthiazuron.

Tableau 7 : Résultats d'analyse type « première adduction » sur le prélèvement effectué le 12/04/2018 sur le forage A2 comparés aux normes de distribution d'eau potable

Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Paramètres microbiologiques			
Escherichia coli	UFC/100 ml	< 1	0
Entérocoques	UFC/100 ml	< 1	0
Oocystes de Cryptosporidium totaux	UFC/100 ml	<1	
Bactéries coliformes	UFC/100 ml	<1	0
Bactéries sulfitoréductrices	UFC/100 ml	<1	0
Numération de germes aérobies revivifiables à 22 °C	UFC/ml	<1	
Numération de germes aérobies revivifiables à 36 °C	UFC/ml	<1	
physico-chimie de base			
Carbone organique total	mg/L	1.6	2
Conductivité à 25 °C	µS/cm	367	entre 200 et 1100
Cyanures totaux	µg/l	<10.0	50
Fluorures	mg/L	0.07	1.5
pH		7.82	compris entre 6.5 et 9
Température	°C	12.2	25
Turbidité	NFU	240	1
Cations			
Ammonium	mg/L	0.4	0.5
Sodium	mg/L	10.1	200
Anions			
Chlorures	mg/L	22.5	250
Nitrates (NO3)	mg/L	<0.5	50
Nitrites (NO2)	mg/L	<0.02	0.5
Sulfates	mg/L	7.2	250
Pesticides			
Pesticides (par substance individuelle)	µg/l	Atrazine 2-hydroxy (0.021) Oxadixyl (0.009) Propyzamide (0.010) Tebutam (0.015) Métaldéhyde (0.044) Chlortoluron (0.017) Isoproturon (0.015) Methabenzthiazuron (0.008)	0.1
Somme des pesticides	µg/l	0.0139	0.5
Aldrine, Dieldrine, heptachlore, heptachlorépoxyde (par substance)	µg/l	<0.01	0.03
Métaux			
Aluminium	µg/l	<10	200
Antimoine	µg/l	<1	5
Arsenic	µg/l	<2	10
Baryum	mg/L	0.034	0.7
Bore	mg/L	0.015	1
Cadmium	µg/l	<1	5
Chrome	µg/l	<0.5	50
Cuivre	mg/L	<0.01	2
Fer total	µg/l	5908	200
Manganèse	µg/l	1422	50
Mercuré	µg/l	<0.01	1
Nickel	µg/l	<5	20
Plomb	µg/l	<2	10
Sélénium	µg/l	<2	10
Composés organiques			
Benzène	µg/l	<0.5	1
Chlorure de vinyle	µg/l	<0.5	0.5
1,2-dichloroéthane	µg/l	<0.5	3
Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène	µg/l	<0.5	10
Benzo[a]pyrène	µg/l	<0.005	0.01
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	µg/l	<0.005	0.1
Paramètres	Unités	Valeurs mesurées	Limites et références de qualité
Radioactivité			
Activité alpha globale	Bq/l	0.04	En cas de valeur supérieure à 0.10, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Activité bêta globale résiduelle	Bq/l	<0.04	En cas de valeur supérieure à 1.0, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R.1321-20
Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	<0.1	0.1
Tritium	Bq/l	<9	100
Radon	Bq/l	9.8	100

13.3 Comparaison entre les deux séries d'analyse

L'arsenic semble varier dans le temps puisqu'elle est mesurée à 11 µg/l lors du prélèvement du 29 mars et à une concentration inférieure au seuil de détection lors de celui du 12 avril, ce qui est strictement opposé aux observations faites pour le forage A1.

En ce qui concerne les pesticides, trois pesticides supplémentaires sont détectés sur l'analyse du prélèvement du 12 avril par rapport à celui du 29 mars. Il s'agit des molécules suivantes : l'atrazine 2-hydroxy qui est un dérivé de l'atrazine (pesticide interdit depuis 2003), le métaldéhyde, pesticide employé pour tuer des limaces et autres gastéropodes et l'oxadixyl qui est un fongicide interdit depuis 2003 également.

14 OPERATIONS DE RECEPTION

Les opérations de réception suivantes ont été réalisées le 24 octobre 2018 par la société SOLEO :

- Inspection caméra ;
- Verticalité ;
- Contrôle de cimentation.

Le rapport de diagraphie est joint en annexe.

14.1 Inspection caméra

14.1.1 A1

L'inspection caméra du nouveau forage A1 est détaillée dans le rapport de diagraphie.

Toutefois, de manière synthétique, elle montre que le tubage plein et crépiné sont en bon état et n'ont subi aucun dégât.

Le niveau statique a été observé à 3.41 m/sol, la réduction à 18.26 m/sol et le fond à 32.35 m/sol.

Elle montre également des crépines bien propres avec un léger dépôt.

Par ailleurs, le massif de gravier est visible au travers des crépines.

14.1.2 A2

L'inspection caméra du nouveau forage A2 est détaillée dans le rapport de diagraphie.

Toutefois, de manière synthétique, elle montre que le tubage plein et crépiné sont en bon état et n'ont subi aucun dégât. On aperçoit des traces sur le tube INOX Ø 609 mm.

Le niveau statique a été observé à 3.78 m/sol, la réduction à 17.03 m/sol et le fond à 31.43 m/sol.

Elle montre également des crépines bien propres avec un léger dépôt.

Par ailleurs, le massif de gravier est visible au travers des crépines.

14.2 Contrôle de la cimentation par la méthode CBL

Les mesures de résonance mécanique du tubage sous l'effet d'une excitation acoustique permettent de confirmer la bonne cimentation du tubage en Ø 609 mm des forages A1 et A2.

14.3 Contrôle de la verticalité

D'après les mesures de verticalité, l'inclinométrie du forage A1 est de 0.2° pour la partie supérieure et de 1.1° pour la partie inférieure. **Ce qui est supérieure à 1° (la limite à ne pas dépasser par tranche de 30 mètres d'après la norme forage). Toutefois, ce n'est pas gênant car la pompe sera installée dans la partie supérieure.**

D'après les mesures de verticalité, l'inclinométrie du forage A2 est de 0.2° à 0.5°. Ce qui est acceptable car **la déviation d'un forage ne doit pas dépasser 1° par tranche de 30 mètres d'après la norme forage.**

14.4 Micromoulinet sur le forage A2

Le passage au micromoulinet réalisé par SOLEO a permis de mettre en évidence les arrivées d'eau suivantes :

- 3% entre 18.73 et 19.43 m/sol ;
- 97 % entre 21.33 et 30.03 m/sol.

ANNEXE 1 :
**Résultats d'analyse type première adduction des eaux
brutes des forages de Saint-Georges-sur-Eure**

ANNEXE 2 :

Rapport de diagraphie des forages de Saint-Georges-sur-Eure