

8.2. Gravier au droit des ouvrages

Les fiches techniques des graviers mis en place sont présentées ci-après. Elles sont identiques pour les deux ouvrages.

8.2.1. Gravier au droit de F1

L'espace annulaire du forage a été complété par du gravier roulés de diamètre 1 – 2,5 mm entre 40,10 et 76,50 m de profondeur.

Il est rappelé que le forage de reconnaissance a été en partie comblé par du gravier roulé 4 – 8 mm de 43 à 76 m de profondeur.

8.2.2. Gravier au droit de F2

L'espace annulaire du forage a été complété par du gravier roulés de diamètre 1 – 2,5 mm entre 40,20 et 76,50 m de profondeur.

BB 1/2,5

sable extra-siliceux sec

Composition chimique type

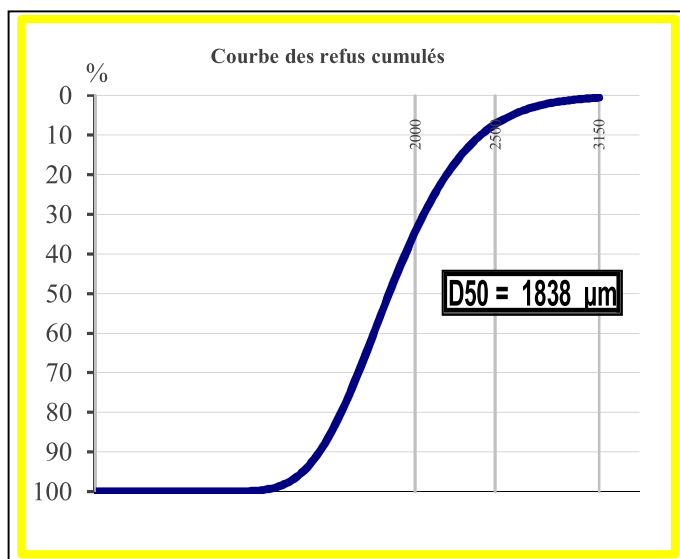
SiO ₂	> 99 %
Fe ₂ O ₃	0,030 %
Al ₂ O ₃	0,600 %
TiO ₂	0,030 %
CaO	0,010 %
K ₂ O	0,300 %

Caractéristiques physiques types

densité réelle (Pycnomètre)	2,6
dureté (Mohs)	7
pH	# 7
densité apparente sable sec ("Prolabo")	1,55
perte au feu (à 1000°C)	maxi 0,2%
résistance pyroscopique (SFC ISO R528)	1750 °C
T.E.N.	1,4 mm
C.U.	1,4

GRANULOMETRIE MOYENNE STATISTIQUE

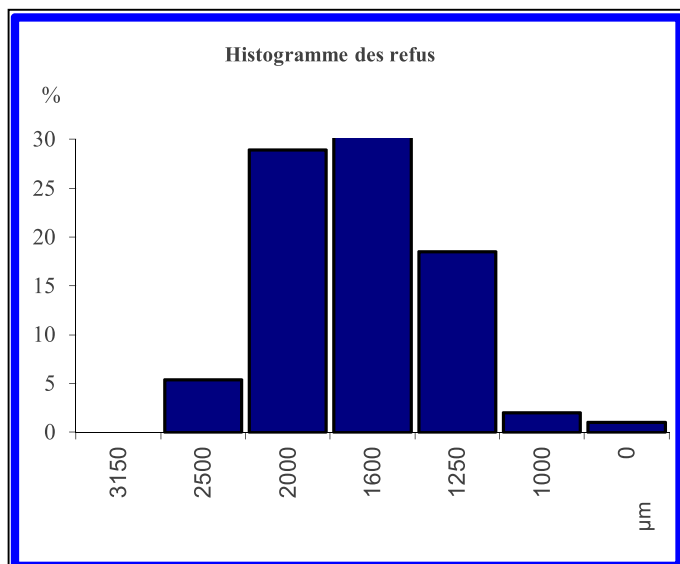
(% en masse - Valeurs indicatives)

TAMISAGE
AFNOR X.11-507

ouverture des mailles µm	refus cumulés %
> 3150 µm	0,0
> 2500 µm	5,4
> 2000 µm	34,3
> 1600 µm	78,5
> 1250 µm	97,0
> 1000 µm	99,0
> 0 µm	100

TAMISAGE
AFNOR X.11-507

Classe µm	refus par tamis %
> 3150 µm	0,0
3150-2500 µm	5,4
2500-2000 µm	28,9
2000-1600 µm	44,2
1600-1250 µm	18,5
1250-1000 µm	2,0
Passant	1,0



BB 4/8

sable extra-siliceux sec

Composition chimique type

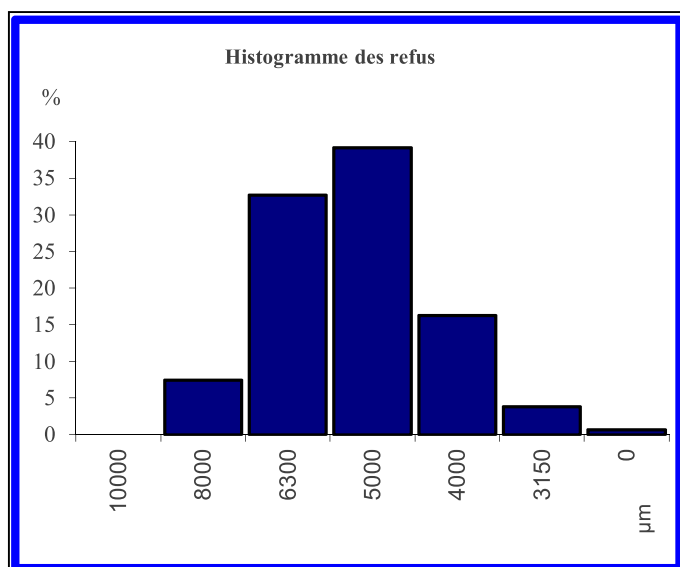
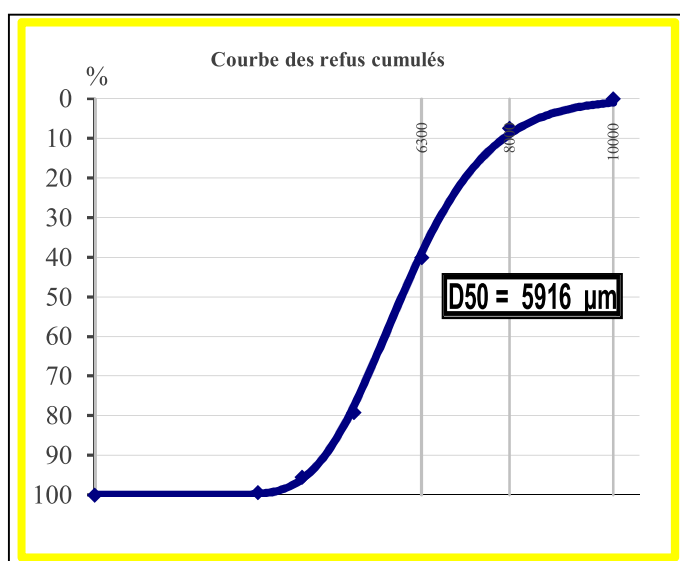
SiO ₂	> 99 %
Fe ₂ O ₃	0,025 %
Al ₂ O ₃	0,600 %
TiO ₂	0,025 %
CaO	0,010 %
K ₂ O	0,300 %

Caractéristiques physiques types

densité réelle (Pycnomètre)	2,6
dureté (Mohs)	7
pH	# 7
densité apparente sable sec ("Prolabo")	1,55
perte au feu (à 1000°C)	maxi 0,2%
résistance pyroscopique (SFC ISO R528)	1750 °C
T.E.N.	4,4 mm
C.U.	1,4

GRANULOMETRIE MOYENNE STATISTIQUE

(% en masse - Valeurs indicatives)

TAMISAGE
AFNOR X.11-507

ouverture des mailles	refus cumulés
> 10000 µm	0,0
> 8000 µm	7,4
> 6300 µm	40,1
> 5000 µm	79,3
> 4000 µm	95,6
> 3150 µm	99,4
> 0 µm	100

TAMISAGE
AFNOR X.11-507

Classe	refus par tamis
> 10000 µm	0,0
10000-8000 µm	7,4
8000-6300 µm	32,7
6300-5000 µm	39,2
5000-4000 µm	16,3
4000-3150 µm	3,8
Passant	0,6



BB 2/4

sable extra-siliceux sec

Composition chimique type

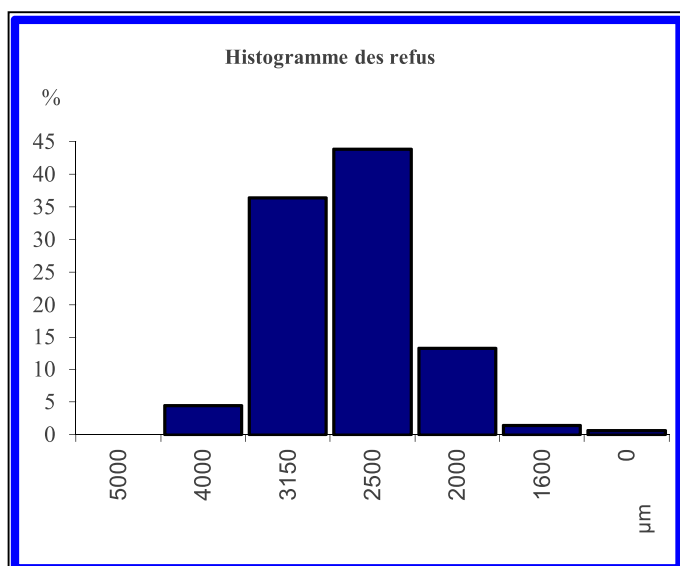
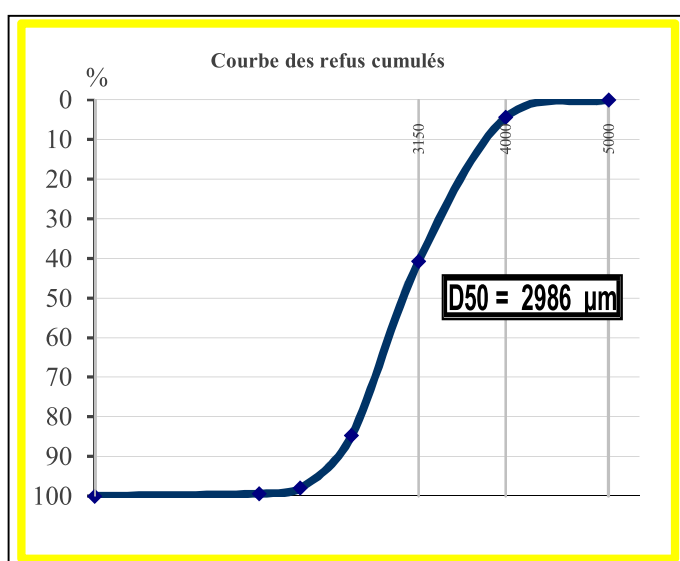
SiO ₂	> 99 %
Fe ₂ O ₃	0,025 %
Al ₂ O ₃	0,600 %
TiO ₂	0,025 %
CaO	0,010 %
K ₂ O	0,300 %

Caractéristiques physiques types

densité réelle (Pycnomètre)	2,6
dureté (Mohs)	7
pH	# 7
densité apparente sable sec ("Prolabo")	1,55
perte au feu (à 1000°C)	maxi 0,2%
résistance pyroscopique (SFC ISO R528)	1750 °C
T.E.N.	2,3 mm
C.U.	1,4

GRANULOMETRIE MOYENNE STATISTIQUE

(% en masse - Valeurs indicatives)

TAMISAGE
AFNOR X.11-507

ouverture des mailles	refus cumulés
> 5000 μm	0,0
> 4000 μm	4,4
> 3150 μm	40,8
> 2500 μm	84,7
> 2000 μm	98,0
> 1600 μm	99,4
> 0 μm	100

TAMISAGE
AFNOR X.11-507

Classe	refus par tamis
> 5000 μm	0,0
5000-4000 μm	4,4
4000-3150 μm	36,4
3150-2500 μm	43,9
2500-2000 μm	13,3
2000-1600 μm	1,4
Passant	0,6



9. Rapport et bordereaux de cimentation

Les bordereaux du ciment injecté sont présentés ci-après (420 sacs de 35 kg).

9.1. Forage de production F1

Un tube technique a été posé de 0 à 5,4 m en Ø 18'' pour maintenir les terrains de surface. Ce tubage a été cimenté par l'injection par canne d'un laitier CEM II 32.5 R de densité 1,8 en une passe de 400 L.

La cimentation du tube 12''^{3/4} a été réalisée par circulation inverse sous pression par l'intérieur du train de tige ancré dans le sabot interstringer. Injection de 3 m³ de laitier CEM II 32.5 R de densité 1,8.

9.2. Forage de réinjection F2

Un tube technique a été posé de 0 à 5,0 m en Ø 18'' pour maintenir les terrains de surface. Ce tubage a été cimenté par l'injection par canne d'un laitier CEM II 32.5 R de densité 1,8 en une passe de 500 L.

La cimentation du tube 12''^{3/4} a été réalisée par circulation inverse sous pression par l'intérieur du train de tige ancré dans le sabot interstringer. Injection de 3 m³ de laitier CEM II 32.5 R de densité 1,8.

chausson

MATÉRIAUX

Agence: MONT DE MARSAN ST-AV

Tél : 05 58 06 09 09

Fax : 05 58 46 56 03

Adresse de livraison ou chantier

SARL FORAQUITAINE JURQUET
LE PETIT BROUTA
195 AVENUE DE L'ÉGLISE
40120 POUYDESSEAUX
Tél: 05 58 93 90 68

Adresse de facturation

SARL FORAQUITAINE JURQUET
LE PETIT BROUTA
195 AVENUE DE L'ÉGLISE
40120 POUYDESSEAUX

BON DE LIVRAISON

N° 20738340

Enlèvement par vos soins

Page 1

Préparateur

20738340 16:44

Pour tout enlèvement le client s'oblige à vérifier que le poids de son véhicule chargé ne dépasse pas le PTAC indiqué sur sa carte grise

CODE	DESIGNATION	QUANTITE	Un	PRIX H-T	MONTANT	T	OBSERVATIONS
367112-01	ULTRACEM 52.5N CE NF EAN:3452114047353 Ref: 2005410	35KG 168	U			A	168 U 5880KG
<p>horaires agence du lundi au jeudi : 7h30/12h 13h30/18h vendredi 7h30/12h 13h30/17h samedi 8h/12h</p>							

Total Hors Taxes
T.V.A

Signature du client

MR DESCAT

Poids total : 5880 KG

Total T.T.C.

Les intérêts de retard calculés au taux appliqué par la BCE majoré de dix points courent à partir de la date de règlement indiquée sur la facture ou de l'échéance d'un effet impayé et ce, même en l'absence de protêt ou de mise en demeure par exploit d'huissier ou par lettre recommandée.
Aucun escompte ne sera accordé en cas de règlement anticipé.

CONDITIONS GENERALES DE VENTE AU VERSO

chausson

MATÉRIAUX

Agence: MONT DE MARSAN ST-AV

Tél : 05 58 06 09 09

Fax : 05 58 46 56 03

Adresse de livraison ou chantier

SARL FORAQUITAIN JURQUET
LE PETIT BROUTA
195 AVENUE DE L'ÉGLISE
40120 POUYDESSEAUX
Tél: 05 58 93 90 68

Adresse de facturation

SARL FORAQUITAIN JURQUET
LE PETIT BROUTA
195 AVENUE DE L'ÉGLISE
40120 POUYDESSEAUX

BON DE LIVRAISON

N° 20739553

Enlèvement par vos soins

Page 1

Préparateur

20739553 7:59

Pour tout enlèvement le client s'oblige à vérifier que le poids de son véhicule chargé ne dépasse pas le PTAC indiqué sur sa carte grise

CODE	DESIGNATION	QUANTITE	Un		PRIX H-T	MONTANT	T	OBSERVATIONS
367112-01	ULTRACEM 52,5N CE NF EAN:3452114047353 Ref: 2005410	35KG 168	U				A	168 U 5880KG
<p>horaires agence du lundi au jeudi : 7h30/12h 13h30/18h vendredi 7h30/12h 13h30/17h samedi 8h/12h</p>								

Total Hors Taxes
T.V.A

Signature du client

Poids total : 5880 KG

Total T.T.C.

ENTREPRISE

Les intérêts de retard calculés au taux appliqué par la BCE majoré de dix points courent à partir de la date de règlement indiquée sur la facture ou de l'échéance d'un effet impayé et ce, même en l'absence de protêt ou de mise en demeure par exploit d'huissier ou par lettre recommandée. Aucun escompte ne sera accordé en cas de règlement anticipé.

CONDITIONS GENERALES DE VENTE AU VERSO

chausson

MATÉRIAUX

Agence: MONT DE MARSAN ST-AV

Tél : 05 58 06 09 09

Fax : 05 58 46 56 03

Adresse de livraison ou chantier

SARL FORAQUITAIN JURQUET
LE PETIT BROUTA
195 AVENUE DE L'ÉGLISE
40120 POUYDESSEAUX
Tél: 05 58 93 90 68

Adresse de facturation

SARL FORAQUITAIN JURQUET
LE PETIT BROUTA
195 AVENUE DE L'ÉGLISE
40120 POUYDESSEAUX

BON DE LIVRAISON

N° 20740265

Enlèvement par vos soins

Page 1

Préparateur

20740265 7:55

Pour tout enlèvement le client s'oblige à vérifier que le poids de son véhicule chargé ne dépasse pas le PTAC indiqué sur sa carte grise

CODE	DESIGNATION	QUANTITE	Un	PRIX H-T	MONTANT	T	OBSERVATIONS
367112-01	ULTRACEM 52,5N CF NF EAN:3452114047353 Ref: 2005410	35KG	84	U			84 U 2940KG H3 06 JJ 0 05
horaires agence du lundi au jeudi : 7h30/12h 13h30/18h vendredi 7h30/12h 13h30/17h samedi 8h/12h							

Total Hors Taxes
T.V.A

Signature du client

MR DAUVET

Poids total : 2940 KG

Total T.T.C.

Les intérêts de retard calculés au taux appliqué par la BCE majoré de dix points courent à partir de la date de règlement indiquée sur la facture ou de l'échéance d'un effet impayé et ce, même en l'absence de protêt ou de mise en demeure par exploit d'huissier ou par lettre recommandée.
Aucun escompte ne sera accordé en cas de règlement anticipé.

CONDITIONS GENERALES DE VENTE AU VERSO

10. Analyse granulométrique

Des analyses granulométriques ont été réalisées pour le forage F1, par tamisage, sur des échantillons prélevés entre 47 et 53 m/sol et entre 62 et 68 m/sol.

Tableau 3 : Caractéristiques granulométriques des terrains au forage F1

	47 – 53 m/sol	62 – 68 m/sol
Fraction majoritaire (mm)	0,125 – 0,250 mm	0,125 – 0,500 mm
Fraction majoritaire (%)	60,5 %	77 %
Teneur en eau	33,9 %	27,9 %

Les procès-verbaux d'essais sont présentés ci-après.



PROCES VERBAL D'ESSAIS

Demandeur :

FORAQUITAINE**195 Avenue de l'Eglise
40120 POUYDESSEAUX**

Provenance :

Lycée Estève - MONT DE MARSAN

Référence granulat :

Profondeur :

47 à 53 m

Prélevé le :

Réception de l'échantillon :

24/11/2021

Conservation en laboratoire :

en sac plastique

Commande :

N/Réf. : **JPC/2102M01A2-032**

Opérateur :

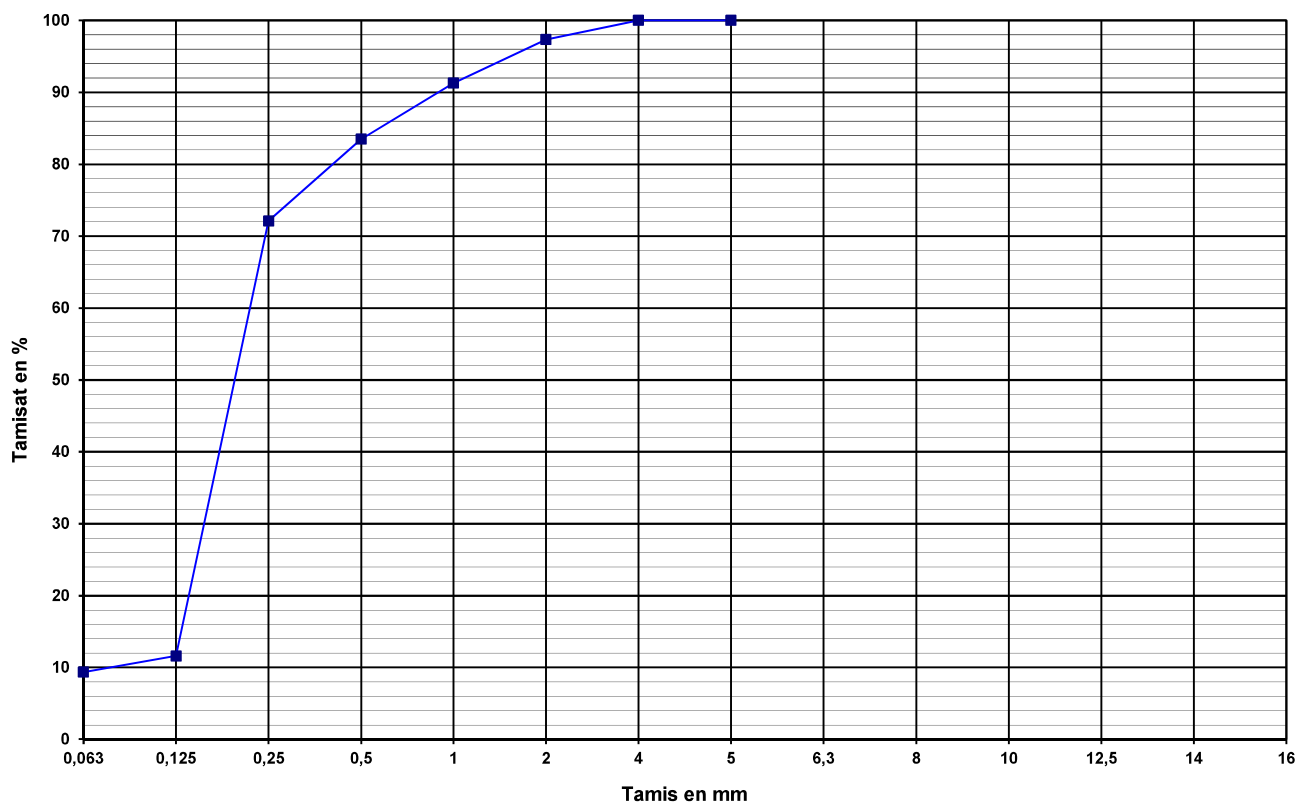
CB

Date des essais :

02/12/2021

Analyse Granulométrique par Tamisage - NF EN 933-1/A1 de Février 2006

Tamis en mm	16	14	12,5	10	8	6,3	5	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	f
Tamisé en %							100,0	100,0	97,3	91,3	83,5	72,1	11,6	9,4	9,6



Autres essais réalisés :

Teneur en eau selon NF EN 1097-5 (W) :

33,9 %

Teneur en fines NF EN 933-1/A1 (f) :

9,6 %

Canéjan , le :

03/12/2021**C. W-BONNET**

Technicienne de laboratoire



Demandeur :

FORAQUITAINE

**195 Avenue de l'Eglise
40120 POUYDESSEAUX**

Provenance :

La gravette - MARMANDE

Référence granulat :

Profondeur :

62 à 68 m

Prélevé le :

Réception de l'échantillon :

24/11/2021

Conservation en laboratoire :

en sac plastique

Commande :

N/Réf. : **JPC/2102M01A2-032**

Opérateur :

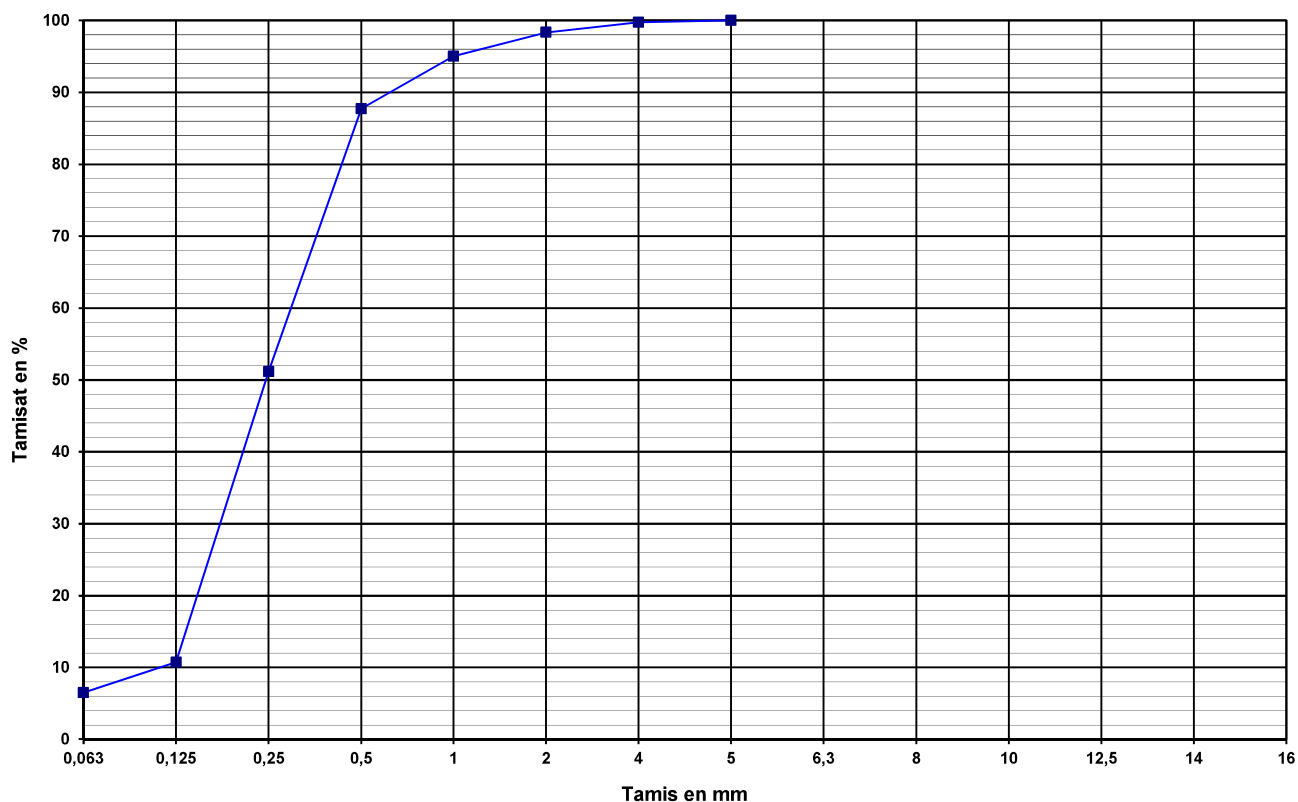
CB

Date des essais :

02/12/2021

Analyse Granulométrique par Tamisage - NF EN 933-1/A1 de Février 2006

Tamis en mm	16	14	12,5	10	8	6,3	5	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	f
Tamisé en %							100,0	99,7	98,3	95,0	87,7	51,2	10,7	6,5	6,5



Autres essais réalisés :

Teneur en eau selon NF EN 1097-5 (W) :

27,9 %

Teneur en fines NF EN 933-1/A1 (f) :

6,5 %

Canéjan , le : **03/12/2021**

C. W-BONNET

Technicienne de laboratoire

11. Nettoyage et développement

A l'issue de la phase d'équipement des forages, un traitement à l'hexamétaphosphate a été réalisé afin d'éliminer la boue utilisée lors de la phase de foration.

11.1. Forage de production F1

Le Tableau 4 répertorie les différentes étapes de développement du forage F1 :

Tableau 4 : Phases de développement du forage F1

Date	Nature du développement	Temps	Débit	Niveau statique /rep	Niveau dynamique /rep
15/11	Air lift	4h	-	-	-
16/11	Air lift	8h	-	-	-
17/11	Air lift	4h	-	-	-
18/11	Air lift	-	7 m ³ /h	15,60 m	16,60 m
	Soufflage	8h	Jusqu'à 90 m ³ /h		
	➔ Injection de 100 kg d'hexamétaphosphate dans 1 m ³ d'eau, 2 m ³ de chasse				
19/11	Soufflage	8h30	58 m ³ /h	-	-
22/11	Air lift	-	4m ³ /h	15,80 m	16,35 m
	Soufflage	8h30	60 m ³ /h	-	-
23/11	Air lift	-	4,9 m ³ /h	15,60 m	16,00 m
	Air lift	-	68 m ³ /h	-	-
	➔ Injection de 25 kg d'hexamétaphosphate dans 1 m ³ d'eau, 2 m ³ de chasse, 8h				
24/11	Air lift	-	4,5 m ³ /h	15,70 m	16,15 m
	Pompage	8h30 avec arrêts	92 m ³ /h	-	-
25/11	Air lift	-	4,5 à 6 m ³ /h	15,70 m	16,10 m

	Air lift	8h30	85 m ³ /h		
26/11	-	-	5,8 m ³ /h	15,70 m	16,20 m
29/11	-	-	4,3 m ³ /h	15,60 m	16,00 m
	Pompage	8h30 avec arrêts	45-98 m ³ /h	-	-
30/11	Air lift	8h	5,3 m ³ /h	15,20 m	15,75 m
02 et 03/12	➔ Pompage par palier (voir partie 10.)				
06 et 07/12	➔ Pompage longue durée (voir partie 11.)				

11.2. Forage de réinjection F2

Le Tableau 5 répertorie les différentes étapes de développement du forage F1 :

Tableau 5 : Phases de développement du forage F2

Date	Nature du développement	Temps	Débit	Niveau statique /rep	Niveau dynamique /rep
20/01	Air lift	-	10 m ³ /h	5,20 m (en boue)	16,50 m
	Soufflage	7h	70 m ³ /h		
21/01	Air lift		10 m ³ /h	14,22 m	15,40 m
	Soufflage	7h	80 m ³ /h	-	-
24/01	Air lift	-	7,5 m ³ /h	14,10 m	15,00 m
	➔ Injection de 50 kg d'hexamétaphosphate dans 1 m ³ d'eau, 2 m ³ de chasse				
25/01	Air lift	-	7 m ³ /h	14,35 m	15,50 m
26/01	Air lift	-	8,2 m ³ /h	14,50 m	15,40 m
	➔ Injection de 25 kg d'hexamétaphosphate dans 1 m ³ d'eau, 2 m ³ de chasse				
27/01	Air lift	-	6 m ³ /h	14,45 m	15,60 m

28/01	Air lift	-	6,35 m ³ /h	14,50 m	15,70 m
31/01	Air lift	-	7,2 m ³ /h	14,25 m	15,50 m
01/02	Air lift	-	4 m ³ /h	14,50 m	15,80 m
02/02	Air lift	-	7,4 m ³ /h	14,50 m	15,90 m
04, 07, 08/02	Pompage par palier (voir partie 10.)				
08, 09, 10/02	Pompage longue durée (voir partie 11.)				

12. Pompage par paliers – Données et interprétation

Les essais par palier de débit croissant ont pour objectif de caractériser les ouvrages d'un point de vue hydraulique, soit :

- De distinguer les différentes pertes de charges qui concernent les équipements des forages exploités et de préciser les effets pariétaux (effet Skin) qui sont relatifs à la formation aquifère en périphérie de l'ouvrage ;
- De déterminer le débit critique de l'ouvrage. Ce débit critique est atteint lorsque la part du rabattement liée aux pertes de charges quadratiques est supérieure à la part du rabattement liée aux pertes de charges linéaires (Cf norme Afnor NF X10-999 août 2014) ;
- D'évaluer le débit spécifique relatif de l'ouvrage qui est le rapport débit pompé / hauteur de rabattement.

Le rabattement observé (Δ) lors du pompage dans un puits à un débit (Q) s'écrit :

$$\Delta = BQ + CQ^2$$

Le terme BQ représente la perte de charge linéaire, proportionnelle au débit, générée par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du forage.

Le terme CQ^2 représente les pertes de charges quadratiques, résultant de l'écoulement turbulent au passage des crépines et dans le tubage.

12.1. Pompage par palier dans le forage F1

Quatre paliers croissants d'une heure (20,5, 31,3, 41,4 et 49,7 m³/h) non enchainés ont été réalisés le 02 et le 03/12/2021 (1h de pompage, 1h de remontée). Les résultats obtenus et le graphique d'interprétation sont donnés ci-après.

Les éléments suivants ont pu être mis en évidence :

- La productivité de l'ouvrage est satisfaisante avec des débits spécifiques de l'ordre de 6 m³/h/m pour des débits jusqu'à 50 m³/h ;
- Les pertes de charge quadratiques sont faibles ;
- Le débit critique n'est pas atteint à 50 m³/h.



HYDRO ASSISTANCE INGENIERIE

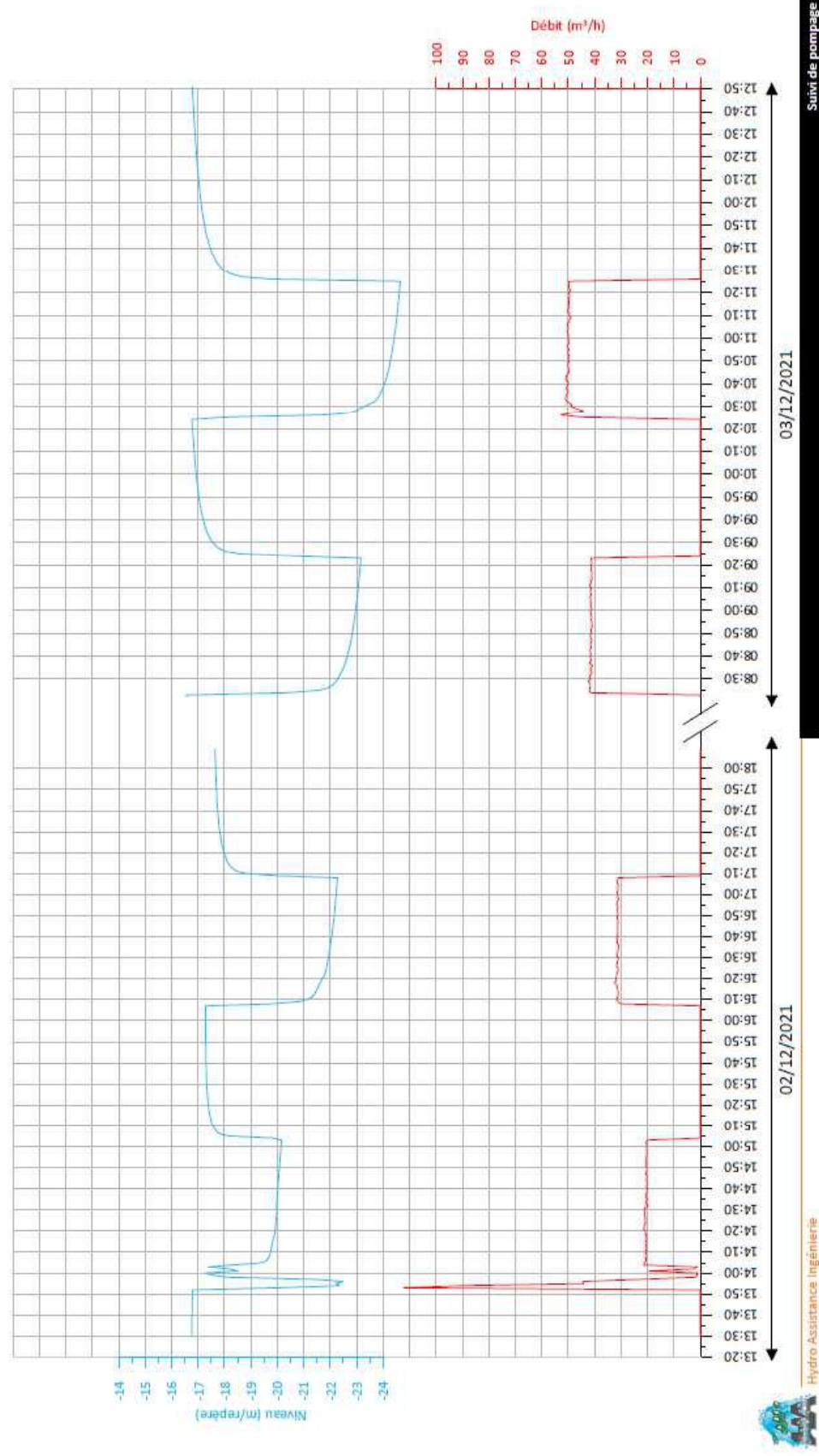
Suivi du test de pompage du 02 au 03 décembre 2021

Commune : Mont de Marsan (40)

Forage : "Géothermie F1"

Repère des mesures = sommet du tube guide-sonde = + 1.33 m/sol

Niveau statique = - 16.27 m/repère



ESTIMATION DES PERTES DE CHARGE

INFORMATIONS GENERALES

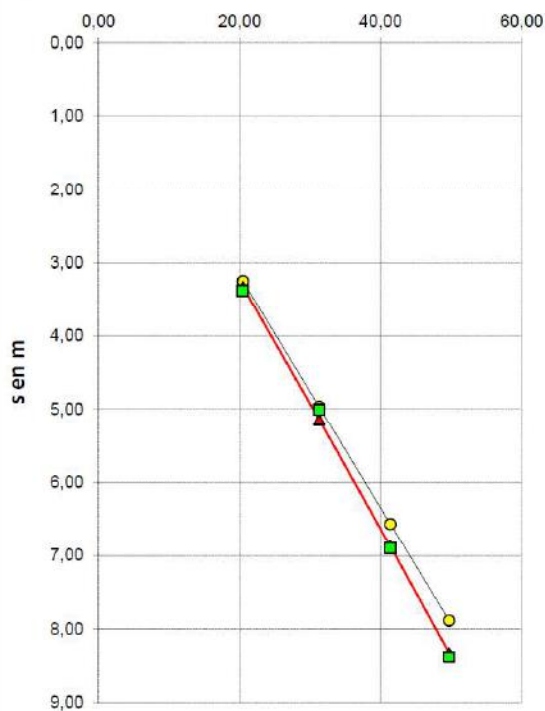
Intitulé de l'affaire : Réalisation d'un doublet géothermique - Lycée Estève

Client : SATEL

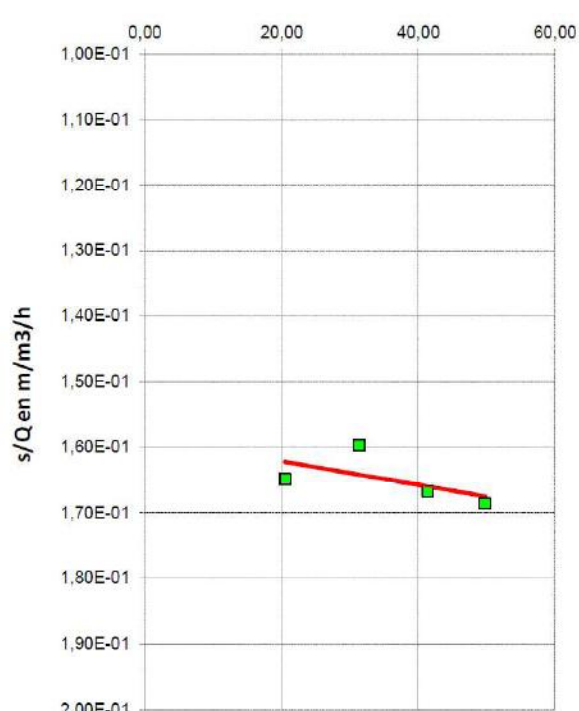
N° de l'affaire : AQUP190379

Nom du forage : F1

Date du pompage : 02/12/2021



Débit en m³/h





Débit en m³/h

INTERPRETATION

	C s²/m⁵	B s/m²	C h²/m⁵	B h/m²
Coefficients de perte de charge	2 302	571	1,78E-04	1,59E-01

 Rabattement

 $s = BQ + CQ^2$
 $s = BQ$

DONNEES DE L'ESSAI

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4
Q (m³/h)	20,50	31,30	41,40	49,70
Q (m³/s)	5,69E-03	8,69E-03	1,15E-02	1,38E-02
s/Q observé en m/m³/h	1,65E-01	1,60E-01	1,67E-01	1,69E-01
s/Q calculé en m/m³/h	1,62E-01	1,64E-01	1,66E-01	1,67E-01
Q/s observé en m³/h/m	6,07	6,26	6,00	5,93
Q/s calculé en m³/h/m	6,16	6,09	6,02	5,97
Temps de pompage (s)	3600	3600	3600	3600
Temps de remontée (s)	0	0	0	0
P.D.C. Quadratique CQ (m²)	0,07	0,17	0,30	0,44
P.D.C. Linéaire BQ (m)	3,25	4,97	6,57	7,88
Rabattement calculé (m)	3,33	5,14	6,87	8,32
Rabattement observé (m)	3,38	5,00	6,90	8,38
Ecart (Rcal-Robs) en m	-0,05	0,14	-0,03	-0,06

REMARQUES :

NS = 16,75 m/repère

Antea Group - Agence Grand Ouest

Figure 5 : Interprétation du pompage palier réalisé sur le forage F1

20,80/40/50

14^h30 - 16^h30

Estève

ESSAIS DE POMPAGES

LIEU M¹ Hansson DEBIT 20³

cote pompe = 36,28 m

DATE 02/12/21

HEURE REPERE/SOL = +1,33 m

DESCENTE ↘

REMONTÉE ↗

TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS	TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS
0	16,75		0	20,13	
1	19,20		1	18,10	
2	19,49		2	17,78	
3	19,60		3	17,65	
4	19,65		4	17,58	
5	19,65		5	17,53	
6	19,69		6	17,50	
7	19,71		7	17,47	
8	19,73		8	17,45	
9	19,75		9	17,43	
10	19,77		10	17,41	
12	19,80		12	17,39	
14	19,85		14	17,37	
16	19,87		16	17,35	
18	19,89		18	17,34	
20	19,91		20	17,32	
25	19,95		25	17,30	
30	19,95		30	17,28	
45	20,04		45	17,26	
1h	20,13		1h	17,25	
1h30			1h30		
2h			2h		

ESSAIS DE POMPAGES

16^h30 - 18^h30

Estève
LIEU M. Noussan

DEBIT 30³/31³

DATE 02/12/21

HEURE REPERE/SOL = +1,33 m

DESCENTE ↴

REMONTÉE ↴

TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS	TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS
0	17,25		0	22,25	
1	20,87		1	19,12	
2	21,12		2	18,44	
3	21,26		3 ³⁰	18,28	
4	21,33		4	18,24	
5	21,38		5	18,15	
6	21,44		6	18,10	
7	21,48		7	18,06	
8	21,52		8	18,02	
9	21,55		9	17,98	
10	21,58		10	17,96	
12	21,68		12	17,91	
14	21,75		14	17,87	
16	21,80		16	17,83	
18	21,84		18	17,82	
20	21,87		20	17,79	
25	21,94		25	17,74	
30	22		30	17,71	
45	22,14		45	17,64	
1h	22,25		1h	17,61	
1h30			1h30		
2h			2h		

F1

8h30 → 10h30

ESSAIS DE POMPAGES

LIEU Estève
PT NausenDEBIT 40-41³

DATE 08/12/21

HEURE REPERE/SOL +1,33

DESCENTE ↓

REMONTÉE ↓

TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS	TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS
0	16,48		0	23,14	
1	21,08		1	19,00	
2	21,55		2	18,15	
3	21,90		3	17,83	
4	22,04		4	17,68	
5	22,03		5	17,58	
6	22,19		6	17,48	
7	22,27		7	17,47	
8	22,33		8	17,40	
9	22,37		9	17,37	
10	22,40		10	17,33	
12	22,48		12	17,25	
14	22,55		14	17,20	
16	22,61		16	17,17	
18	22,64		18	17,10	
20	22,69		20	17,10	
25	22,77		25	17,00	
30	22,84		30	16,95	
45	23,04		45	16,85	
1h	23,14		1h	16,73	
1h30			1h30		
2h			2h		

F₁

ESSAIS DE POMPAGES

10^h30 - 12^h30LIEU Estive
RT NansenDEBIT 50³(variations en débit mètre 48 → 54³)

DATE 03/12/21

HEURE REPERE/SOL +1,33

DESCENTE ↓

REMONTÉE ↓

TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS	TEMPS	NIVEAU	OBSERVATIONS
0	16,73		0	24,65	
1			1	19,30	
2			2	18,59	
3			3	18,24	
4			4	18,05	
5			5	17,90	
6			6	17,85	
7	23,62		7	17,75	
8	23,70		8	17,75	
9	23,76		9	17,65	
10	23,82		10	17,57	
12	23,83		12	17,49	
14	23,98		14	17,45	
16	24,05		16	17,40	
18	24,10		18	17,33	
20	24,15		20	17,34	
25	24,27		25	17,30	
30	24,37		30	17,15	
45	24,62		45	17,12	
1h	24,65		1h	17,05	
1h30			1h30		
2h			2h		


12.2. Pompage par palier dans le forage F2

Quatre paliers croissants de 2h (23,8, 31,8, 41,1 et 48,4 m³/h) non enchainés ont été réalisés entre le 04 et le 08/02/2022 (2h de pompage, 2h de remontée).

Les résultats obtenus et le graphique d'interprétation sont donnés ci-après.

Les éléments suivants ont pu être mis en évidence :

- La productivité de l'ouvrage est bonne avec des débits spécifiques supérieurs à 4 m³/h/m pour des débits jusqu'à 50 m³/h ;
- Les pertes de charge quadratiques sont faibles ;
- Le débit critique n'est pas atteint à 50 m³/h.



HYDRO ASSISTANCE INGENIERIE

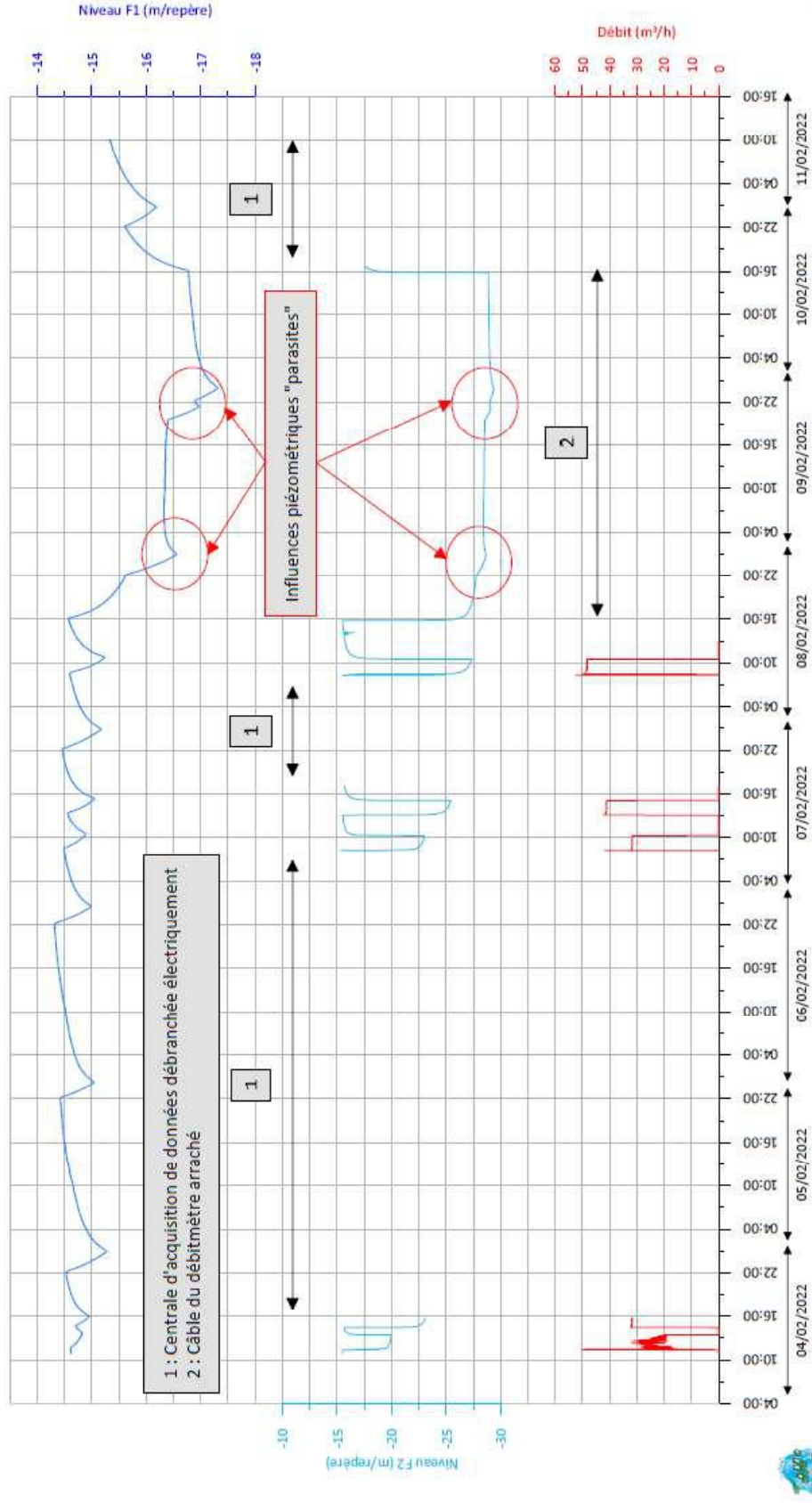
Suivi du test de pompage des 04, 07 et 08 février 2022 (paliers) et du 08 au 10 février 2022 (longue durée)

Commune : Mont de Marsan (40)

Forage : "Géothermie F2"

Repère des mesures = + 1.27 m/sol

Niveau statique = - 15.40 m/repère



ESTIMATION DES PERTES DE CHARGE

INFORMATIONS GENERALES

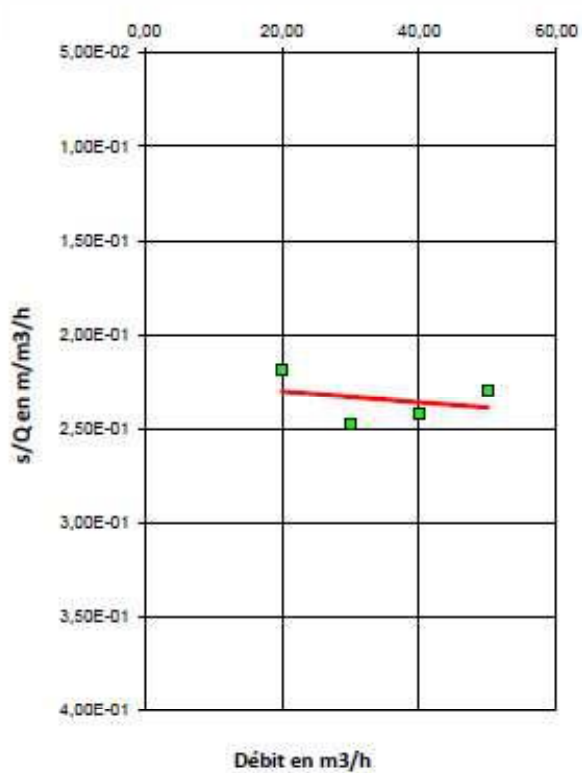
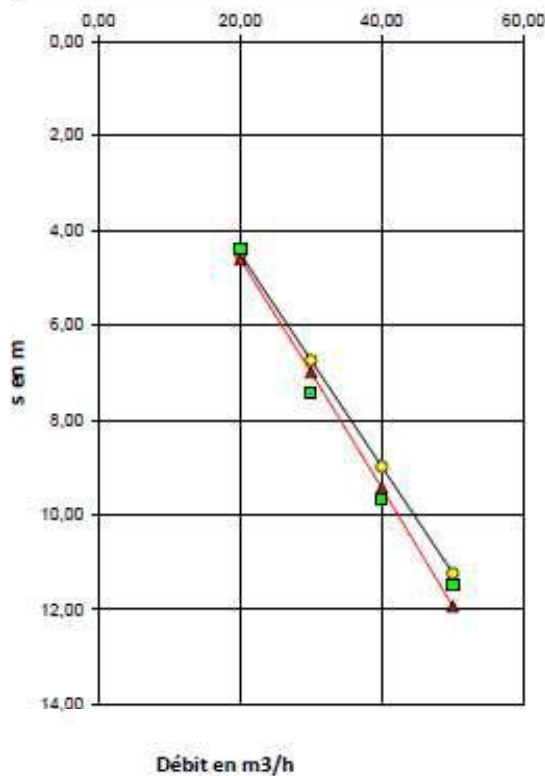
Intitulé de l'affaire : Réalisation d'un doublet géothermique - Lycée Estève

Client : SATEL

Norm du forage : F2

N° de l'affaire : AQUP190379

Date du pompage : 08/02/2022



INTERPRETATION

	C s2/m5	B s/m2	C h2/m5	B h/m2
Coefficients de perte de charge	3 627	809	2,80E-04	2,25E-01

Rabattement

 $s = BQ + CQ^2$
 $s = BQ$

DONNEES DE L'ESSAI

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4
Q (m³/h)	20,00	30,00	40,00	50,00
Q (m³/s)	5,56E-03	8,33E-03	1,11E-02	1,39E-02
s/Q observé en m/m³/h	2,19E-01	2,48E-01	2,42E-01	2,30E-01
s/Q calculé en m/m³/h	2,30E-01	2,33E-01	2,36E-01	2,39E-01
Q/s observé en m³/h/m	4,58	4,04	4,14	4,35
Q/s calculé en m³/h/m	4,34	4,29	4,24	4,19
Temps de pompage (s)	3600	3600	3600	3600
Temps de remontée (s)	0	0	0	0
P.D.C. Quadratique CQ (m²)	0,11	0,25	0,45	0,70
P.D.C. Linéaire BQ (m)	4,49	6,74	8,99	11,23
Rabattement calculé (m)	4,60	6,99	9,43	11,93
Rabattement observé (m)	4,37	7,43	9,67	11,49
Ecart (Rcal-Robs) en m	0,23	-0,44	-0,24	0,44

REMARQUES :

NS = 15,5 m/repère
repère = + 1,27 m/sol

FORAQUITAINE
F2
ESSAIS DE POMPAGES PAR PALIERS

LIEU: Estève
DATE: 04/02/22
HEURE: 14h35
REPERE: +1,27
NS: 45,52

DESCENTE				REMONTÉE			
PROF	TEMPS	NIVEAU	Q	PROF	TEMPS	NIVEAU	Q
0	00:00	45,52		0	00:00	45,52	
1	00:30	45,50		1	00:30	45,50	
2	01:00	45,48		2	01:00	45,48	
3	01:30	45,46		3	01:30	45,46	
4	02:00	45,44		4	02:00	45,44	
5	02:30	45,42		5	02:30	45,42	
6	03:00	45,40		6	03:00	45,40	
7	03:30	45,38		7	03:30	45,38	
8	04:00	45,36		8	04:00	45,36	
9	04:30	45,34		9	04:30	45,34	
10	05:00	45,32		10	05:00	45,32	
11	05:30	45,30		11	05:30	45,30	
12	06:00	45,28		12	06:00	45,28	
13	06:30	45,26		13	06:30	45,26	
14	07:00	45,24		14	07:00	45,24	
15	07:30	45,22		15	07:30	45,22	
16	08:00	45,20		16	08:00	45,20	
17	08:30	45,18		17	08:30	45,18	
18	09:00	45,16		18	09:00	45,16	
19	09:30	45,14		19	09:30	45,14	
20	10:00	45,12		20	10:00	45,12	
21	10:30	45,10		21	10:30	45,10	
22	11:00	45,08		22	11:00	45,08	
23	11:30	45,06		23	11:30	45,06	
24	12:00	45,04		24	12:00	45,04	
25	12:30	45,02		25	12:30	45,02	
26	13:00	45,00		26	13:00	45,00	
27	13:30	44,98		27	13:30	44,98	
28	14:00	44,96		28	14:00	44,96	
29	14:30	44,94		29	14:30	44,94	
30	15:00	44,92		30	15:00	44,92	
31	15:30	44,90		31	15:30	44,90	
32	16:00	44,88		32	16:00	44,88	
33	16:30	44,86		33	16:30	44,86	
34	17:00	44,84		34	17:00	44,84	
35	17:30	44,82		35	17:30	44,82	
36	18:00	44,80		36	18:00	44,80	
37	18:30	44,78		37	18:30	44,78	
38	19:00	44,76		38	19:00	44,76	
39	19:30	44,74		39	19:30	44,74	
40	20:00	44,72		40	20:00	44,72	
41	20:30	44,70		41	20:30	44,70	
42	21:00	44,68		42	21:00	44,68	
43	21:30	44,66		43	21:30	44,66	
44	22:00	44,64		44	22:00	44,64	
45	22:30	44,62		45	22:30	44,62	
46	23:00	44,60		46	23:00	44,60	
47	23:30	44,58		47	23:30	44,58	
48	24:00	44,56		48	24:00	44,56	
49	24:30	44,54		49	24:30	44,54	
50	25:00	44,52		50	25:00	44,52	

POMPAGES

DATE: 02/02/22
LIEU: Estève F2
HEURE: 8h41
REPERE: +1,27

☒ PALIERS ☐ LONGUE DUREE ☐ DEBIT: 3,10 l/s

DESCENTE		REMONTÉE	
PROF	TEMPS	PROF	TEMPS
0	00:00	0	00:00
1	00:30	1	00:30
2	01:00	2	01:00
3	01:30	3	01:30
4	02:00	4	02:00
5	02:30	5	02:30
6	03:00	6	03:00
7	03:30	7	03:30
8	04:00	8	04:00
9	04:30	9	04:30
10	05:00	10	05:00
11	05:30	11	05:30
12	06:00	12	06:00
13	06:30	13	06:30
14	07:00	14	07:00
15	07:30	15	07:30
16	08:00	16	08:00
17	08:30	17	08:30
18	09:00	18	09:00
19	09:30	19	09:30
20	10:00	20	10:00
21	10:30	21	10:30
22	11:00	22	11:00
23	11:30	23	11:30
24	12:00	24	12:00
25	12:30	25	12:30
26	13:00	26	13:00
27	13:30	27	13:30
28	14:00	28	14:00
29	14:30	29	14:30
30	15:00	30	15:00
31	15:30	31	15:30
32	16:00	32	16:00
33	16:30	33	16:30
34	17:00	34	17:00
35	17:30	35	17:30
36	18:00	36	18:00
37	18:30	37	18:30
38	19:00	38	19:00
39	19:30	39	19:30
40	20:00	40	20:00
41	20:30	41	20:30
42	21:00	42	21:00
43	21:30	43	21:30
44	22:00	44	22:00
45	22:30	45	22:30
46	23:00	46	23:00
47	23:30	47	23:30
48	24:00	48	24:00
49	24:30	49	24:30
50	25:00	50	25:00

POMPAGES

DATE: 04-02-22
LIEU: Estève F2
HEURE: 13h45
REPERE: +1,27

☒ PALIERS ☐ LONGUE DUREE ☐ DEBIT: 4,07 l/s

DESCENTE		REMONTÉE	
PROF	TEMPS	PROF	TEMPS
0	00:00	0	00:00
1	00:30	1	00:30
2	01:00	2	01:00
3	01:30	3	01:30
4	02:00	4	02:00
5	02:30	5	02:30
6	03:00	6	03:00
7	03:30	7	03:30
8	04:00	8	04:00
9	04:30	9	04:30
10	05:00	10	05:00
11	05:30	11	05:30
12	06:00	12	06:00
13	06:30	13	06:30
14	07:00	14	07:00
15	07:30	15	07:30
16	08:00	16	08:00
17	08:30	17	08:30
18	09:00	18	09:00
19	09:30	19	09:30
20	10:00	20	10:00
21	10:30	21	10:30
22	11:00	22	11:00
23	11:30	23	11:30
24	12:00	24	12:00
25	12:30	25	12:30
26	13:00	26	13:00
27	13:30	27	13:30
28	14:00	28	14:00
29	14:30	29	14:30
30	15:00	30	15:00
31	15:30	31	15:30
32	16:00	32	16:00
33	16:30	33	16:30
34	17:00	34	17:00
35	17:30	35	17:30
36	18:00	36	18:00
37	18:30	37	18:30
38	19:00	38	19:00
39	19:30	39	19:30
40	20:00	40	20:00
41	20:30	41	20:30
42	21:00	42	21:00
43	21:30	43	21:30
44	22:00	44	22:00
45	22:30	45	22:30
46	23:00	46	23:00
47	23:30	47	23:30
48	24:00	48	24:00
49	24:30	49	24:30
50	25:00	50	25:00

POMPAGES

DATE: 3/02/22
LIEU: Estève F2
HEURE: 9h50
REPERE: +1,27

☒ PALIERS ☐ LONGUE DUREE ☐ DEBIT: 4,50 l/s

DESCENTE		REMONTÉE	
PROF	TEMPS	PROF	TEMPS
0	00:00	0	00:00
1	00:30	1	00:30
2	01:00	2	01:00
3	01:30	3	01:30
4	02:00	4	02:00
5	02:30	5	02:30
6	03:00	6	03:00
7	03:30	7	03:30
8	04:00	8	04:00
9	04:30	9	04:30
10	05:00	10	05:00
11	05:30	11	05:30
12	06:00	12	06:00
13	06:30	13	06:30
14	07:00	14	07:00
15	07:30	15	07:30
16	08:00	16	08:00
17	08:30	17	08:30
18	09:00	18	09:00
19	09:30	19	09:30
20	10:00	20	10:00
21	10:30	21	10:30
22	11:00	22	11:00
23	11:30	23	11:30
24	12:00	24	12:00
25	12:30	25	12:30
26	13:00	26	13:00
27	13:30	27	13:30
28	14:00	28	14:00
29	14:30	29	14:30
30	15:00	30	15:00
31	15:30	31	15:30
32	16:00	32	16:00
33	16:30	33	16:30
34	17:00	34	17:00
35	17:30	35	17:30
36	18:00	36	18:00
37	18:30	37	18:30
38	19:00	38	19:00
39	19:30	39	19:30
40	20:00	40	20:00
41	20:30	41	20:30
42	21:00	42	21:00
43	21:30	43	21:30
44	22:00	44	22:00
45	22:30	45	22:30
46	23:00	46	23:00
47	23:30	47	23:30
48	24:00	48	24:00
49	24:30	49	24:30
50	25:00	50	25:00

13. Pompage longue durée – Données et interprétation

Cet essai a pour objectif d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité et emmagasinement) de l'aquifère capté. On rappelle que :

- La transmissivité (T) caractérise l'aptitude de l'aquifère à faire transiter l'eau. C'est le produit de la perméabilité par l'épaisseur productive de l'aquifère. Elle s'exprime en m^2/s ;
- Le coefficient d'emmagasinement (S) représente la capacité de l'aquifère à libérer l'eau qu'il stock, sans dimension.

13.1. Pompage par palier dans le forage F1

Un pompage de longue durée de 21 h a été réalisé du 06 au 07 décembre 2021, à un débit moyen de $50 \text{ m}^3/\text{h}$. Le niveau dynamique après 21h de pompage a été mesuré à 25,94 m soit 10,11 m de rabattement (Figure 6 et Figure 7). Ces paramètres ont été suivis avec un enregistreur.

L'interprétation des mesures a été faite à l'aide du logiciel OUAIP développé par le BRGM. Le pompage de longue durée a été interprété à l'aide de la solution de Theis pour un aquifère captif. Les résultats sont les suivants :

- Débit spécifique après 21 h de pompage à $50 \text{ m}^3/\text{h}$: $4,93 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$;
- Transmissivité (T) : $1,80.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Coefficient d'emmagasinement (S) : 1.10^{-3} ;
- Perméabilité (K) : $7,6.10^{-5} \text{ m/s}$ (épaisseur productrice de 23,7 m).

A noter qu'Hydro Assistance a interprété une transmissivité de $7,8.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, soit légèrement plus faible que celle déterminée ci-dessous.

La valeur de transmissivité est cohérente avec la nature des terrains rencontrés et les résultats du forage de production.

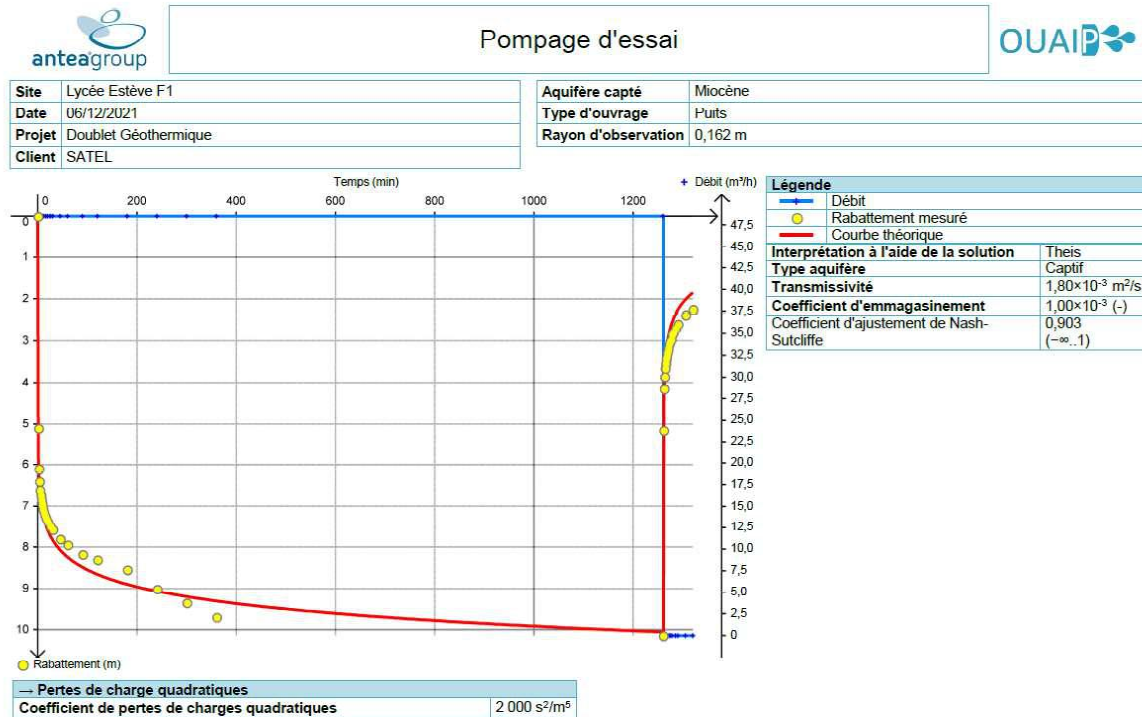


Figure 6 : Interprétation de l'essai de pompage longue durée (forage F1)

FORAQUITAINE									
ESSAIS DE POMPAGES CONTINUS									
LIEU: Ecole M ^{re} Marsan 45 / 50°									
DATE: 06/12/21									
HEURE: 14h									
REPERESOL: +133									
NS: 15,80									
DESCENTE					Q: m ³ /h				
HEURE	TEMPS	NIVEAU	Q	OBSERVATIONS	HEURE	TEMPS	NIVEAU	Q	OBSERVATIONS
0	15,80				8h				
1mn	20,30				10				
2	21,40				12				
3	22,20				15				
4	22,41				18				
5	22,63				21	25,36	97,60		
6	22,53				24				
7	22,64				27				
8	22,73				30				
9	22,79				33				
10	22,87				36				
12	22,94				39				
14	22,97				42				
16	23,08				45				
18	23,14				48				
20	23,18				51				
25	23,24				54				
30	23,31				57				
45	23,60				60				
1h	23,74				63				
1h30	23,97				66				
1h45	24,10				69				
1h55	24,34				72				
1h58	24,81				75				
1h59	25,15				78				
1h59	25,50				81				
1h59									

FORAQUITAINE									
ESSAIS DE POMPAGES CONTINUS									
LIEU: Ecole									
DATE: 07/12/21									
HEURE: 8h									
REPERESOL: +133									
NS:									
REMONTÉE					Q:				
HEURE	TEMPS	NIVEAU	Q	OBSERVATIONS	HEURE	TEMPS	NIVEAU	Q	OBSERVATIONS
8h00	0	25,50			8h				
1mn	20,35				9				
2	19,95				10				
3	19,65				12				
4	19,45				15				
5	19,33				18				
6	19,22				21				
7	19,12				24				
8	19,08				27				
9	19,05				30				
10	18,97				33				
12	18,87				36				
14	18,80				39				
16	18,72				42				
18	18,65				45				
20	18,60				48				
25	18,50				51				
30	18,40				54				
45	18,15				57				
1h	18,05				60				
1h30					63				
2h					66				
3					69				
4					72				
5					75				
6					78				
7					81				

Figure 7 : Feuilles de l'essai de pompage longue durée réalisé sur le forage F1

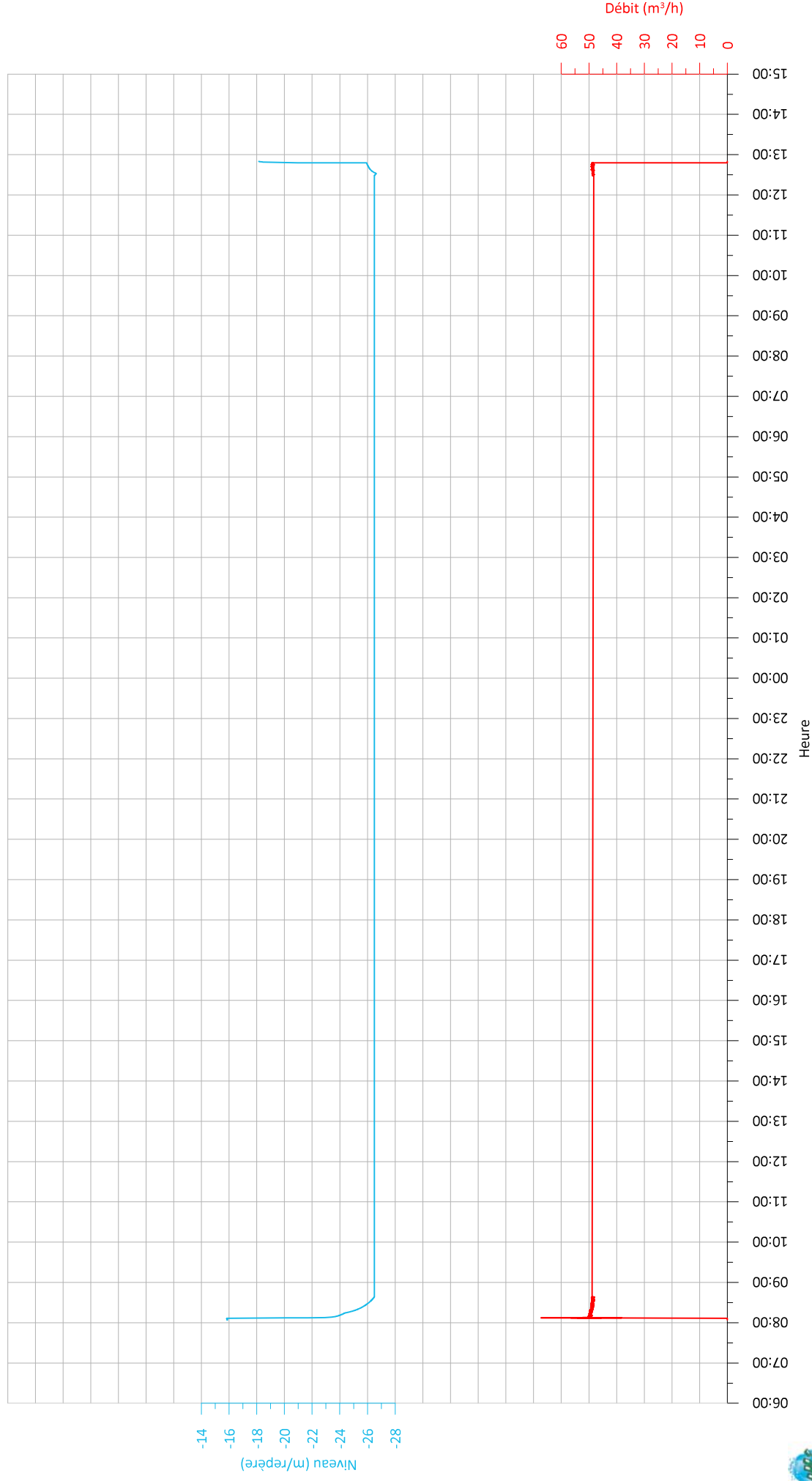


Commune : Mont de Marsan (40)

Repère des mesures = sommet du tube guide-sonde = + 1.33 m/sol

Forage : "Géothermie F1"

Niveau statique = - 15.83 m/repère



13.2. Pompage par palier dans le forage F2

Un pompage de longue durée de 48h a été réalisé du 08 au 01 février 2022, à un débit d'environ 50 m³/h. Le niveau dynamique après 48 h de pompage a été mesuré à 28,89 m soit 13,37 m de rabattement (Figure 8 et Figure 9). Ces paramètres ont été suivis avec un enregistreur, malheureusement la prise reliant le débitmètre à la centrale d'acquisition a été débranchée par conséquent les valeurs de débit non pas pu être enregistrées.

L'interprétation des mesures a été faite à l'aide du logiciel OUAIP développé par le BRGM. Le pompage de longue durée a été interprété à l'aide de la solution de Theis pour un aquifère captif. Les résultats sont les suivants :

- Débit spécifique après 48 h de pompage à 50 m³/h : 3,74 m³/h/m ;
- Transmissivité (T) : **1,60.10⁻³ m²/s** ;
- Coefficient d'emmagasinement (S) : **1.10⁻⁴** ;
- Perméabilité (K) : **6,75.10⁻⁵ m/s** (épaisseur productrice de 23,7 m).

A noter qu'Hydro Assistance a interprété une transmissivité de **1,8.10⁻³ m²/s**, soit légèrement plus faible que celle déterminée ci-dessous.

La valeur de transmissivité est cohérente avec la nature des terrains rencontrés et les résultats du forage de production.

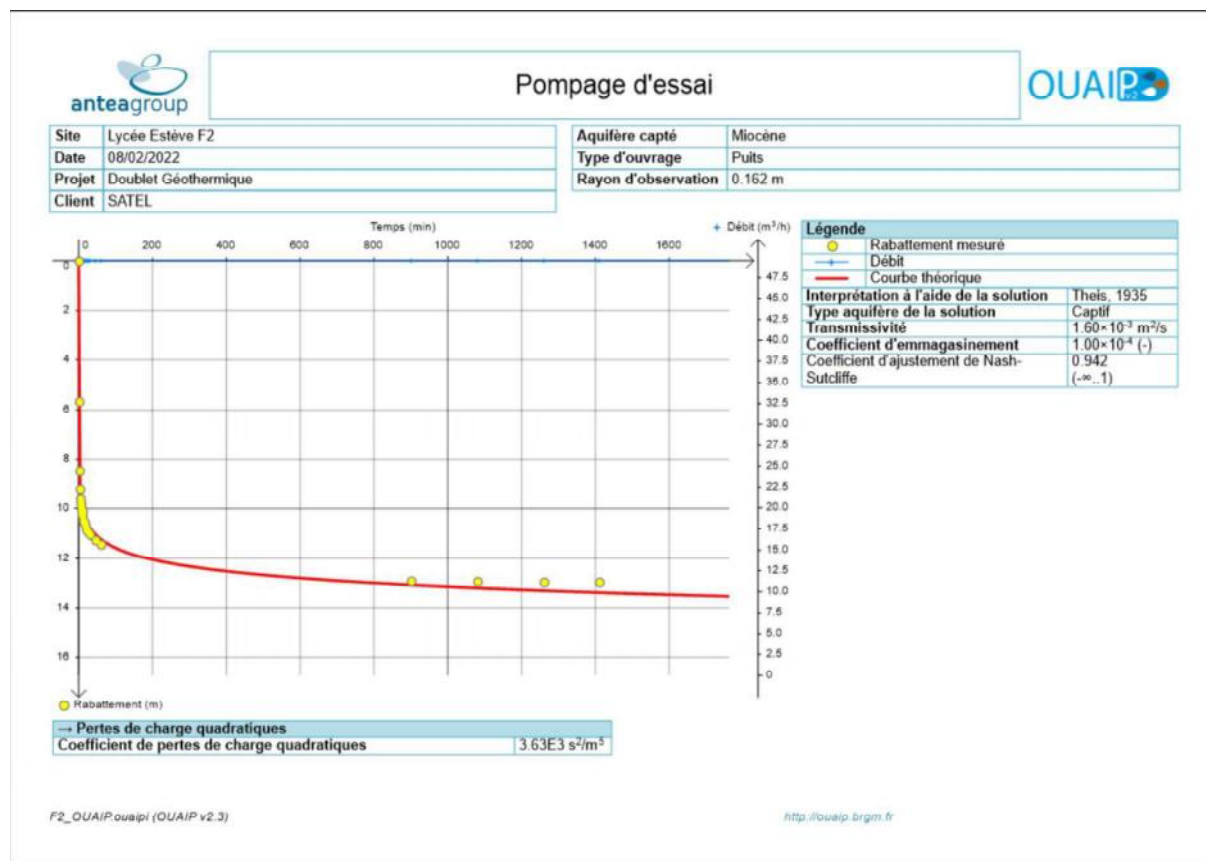


Figure 8 : Interprétation de l'essai de pompage longue durée (forage F2)

FORAQUITAIN									
ESSAIS DE POMPAGES CONTINUS									
LIEU: Estève F2 DATE: 8/02/22 HEURE: 15h57 REPERE/SOL: + 127 NS: 15,55m									
DESCENTE								Q: 46/50 ³ m ³ /h	
HEURE	TEMPS	NIVEAU	Q	OBSERVATIONS	HEURE	TEMPS	NIVEAU	Q	OBSERVATIONS
	0	15,55				8h			
	1mn	21,20				9			
	2	24,00				10			
	3	24,77				12			
	4	25,10			8h00	15h	27,45		
	5	25,28			11h00	18	28,47		
	6	25,45			14h	21	28,50		
	7	25,60				23h30	28,50		
	8	25,76				27			
	9	25,80				30			
	10	25,85				33			
	12	26,07				36			
	14	26,09				39			
	16	26,09				42			
	18	26,25				45			
	20	26,35				48			
	25	26,44				51			
	30	26,58				54			
	45	26,80				57			
	1h	26,97				60			
	1h30					63			
	2h					66			
	3					69			
	4					72			

Figure 9 : Feuille de l'essai de pompage longue durée réalisé sur le forage F2

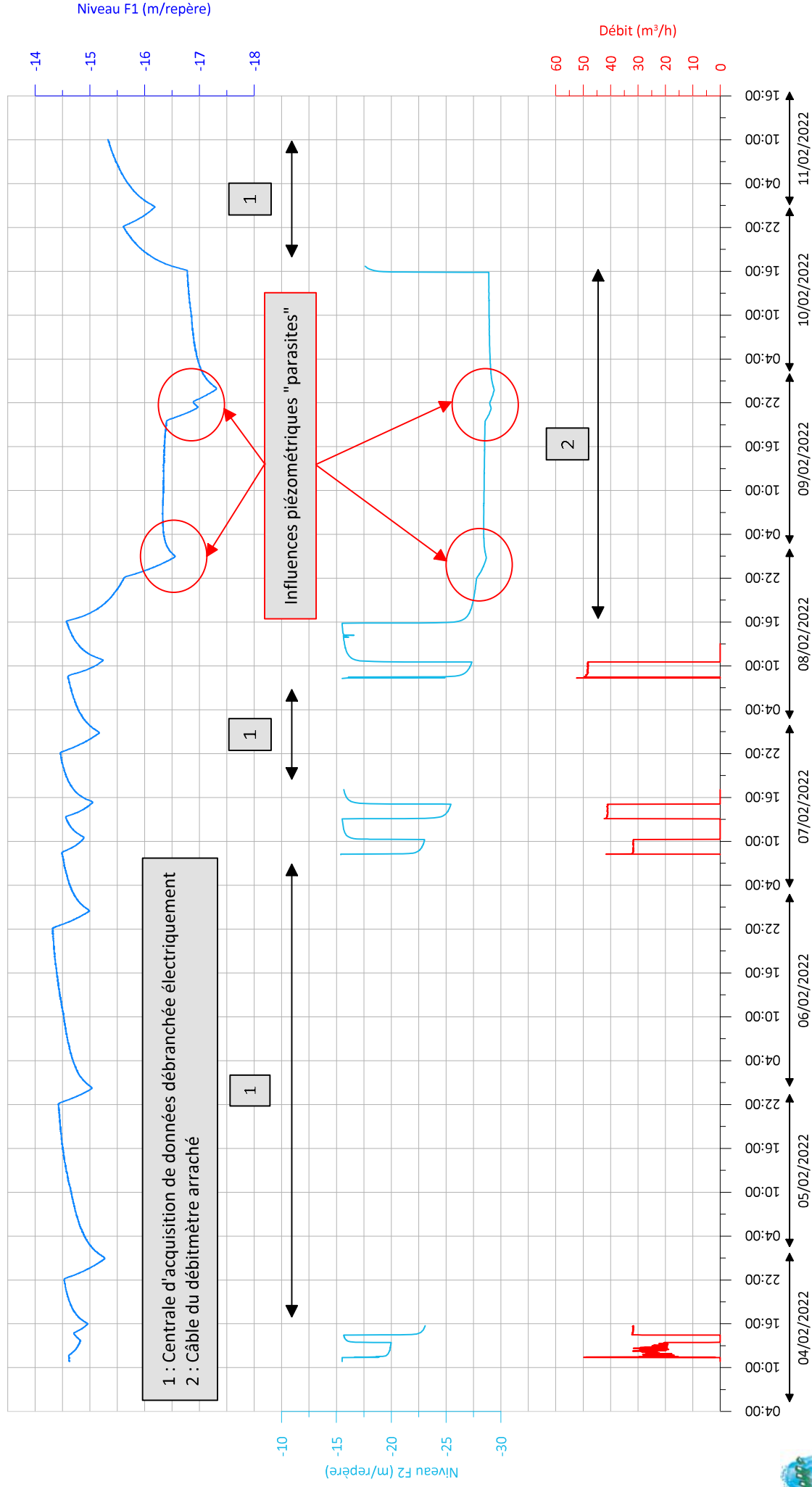


Commune : Mont de Marsan (40)

Repère des mesures = + 1.27 m/sol

Forage : "Géothermie F2"

Niveau statique = - 15.40 m/repère



14. Test de réinjection

Un test de réinjection a été réalisé entre le 14 et le 15 février 2022 avec un débit de réinjection moyen de 45,5 m³/h pendant 24 h. Les courbes du suivi des niveaux piézométriques sont présentés dans la page suivante.

Les niveaux piézométriques de départ étaient de :

- Sur F1 : 14,78 m/repère ;
- Sur F2 : 15,41 m/repère.

En fin de pompage les niveaux piézométriques étaient :

- Sur F1 : 22,64 m/repère (soit 21,17 m/sol) ;
- Sur F2 : 3,47 m/rep (soit 2,72 m/sol).

Lors du test, il a été constaté une augmentation puis une stabilisation rapide du niveau piézométrique dans le forage F2. En moins d'une heure le niveau était déjà à 3 m/rep sur F2, et à évolué très progressivement jusqu'à la fin de l'essai.

Le niveau piézométrique dans l'ouvrage de réinjection après 24h de pompage a augmenté de 11,31 m. **Cela correspond à débit spécifique de réinjection dans F2 de 4,02 m³/h/m.**

Cette valeur est cohérente par rapport à son débit spécifique de production calculé suite à l'essai longue durée (3,74 m³/h/m lors du pompage à 50 m³/h pendant 48 h).

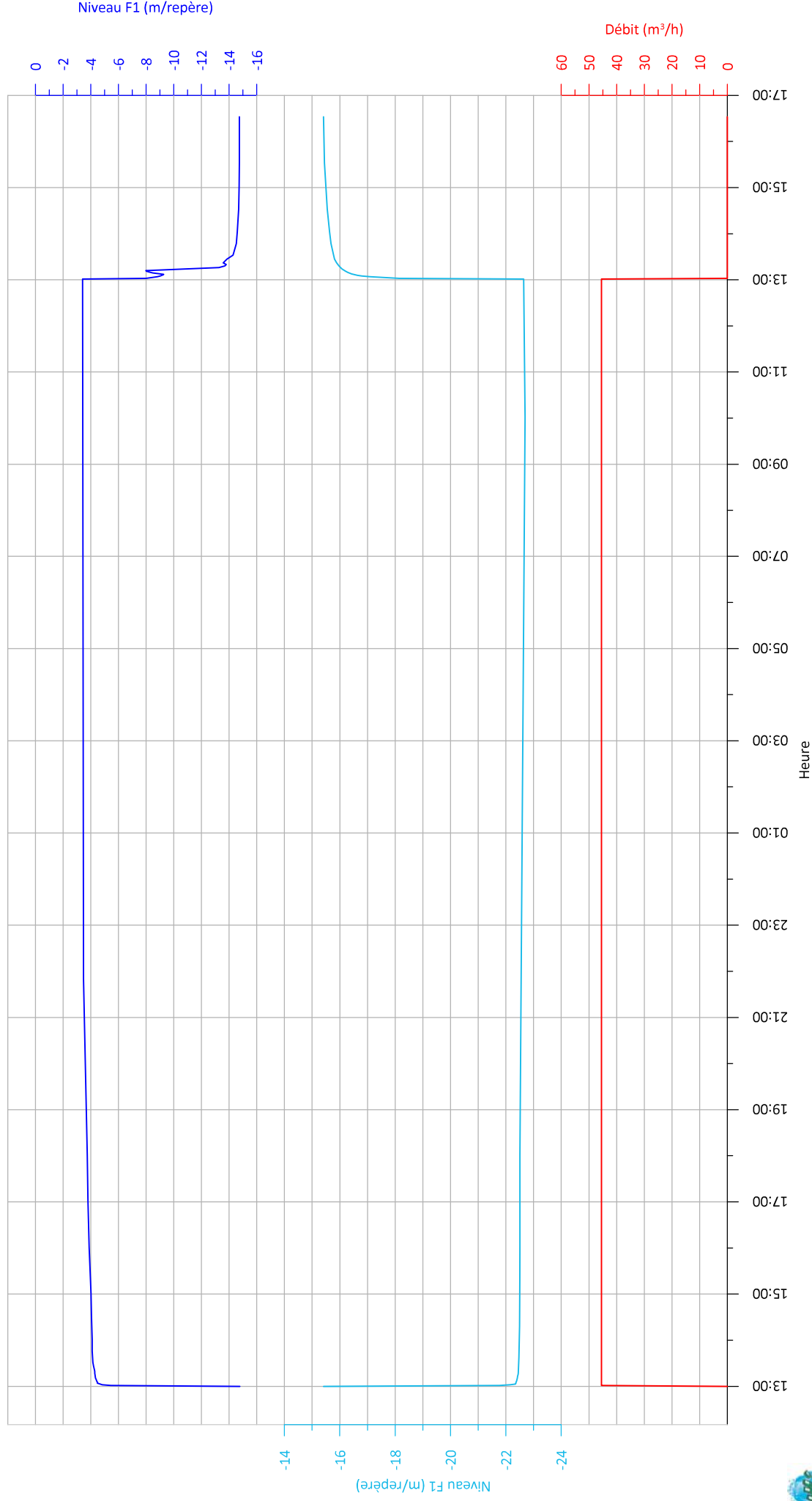


Commune : Mont de Marsan (40)

Repère des mesures = +1.47 m/sol (F1) / +0.75 m/sol (F2)

Forage : "Géothermie F1"

Niveaux statiques = -15.41 m/repère (F1) / -14.78 m/repère (F2)



15. Analyse chimique

Des analyses chimiques ont été réalisées au droit du forage producteur et du forage injecteur F2.

Les points importants de ces analyses sont les suivants (Tableau 6) :

Tableau 6 : Caractéristiques importantes des eaux des forages F1 et F2

	F1 (production)	F2 (injection)
Température de l'eau	15,6 °C	15,6 °C
Conductivité à 25 °C	261 µS/cm	288 µS/cm
C° en fluorures	0,13 mg/l	0,14 mg/l
C° en fer	72 µg/l	96 µg/l
C° en manganèse	25 µg/l	28 µg/l
Carbone organique total	0,68 mg/l	0,41 mg/l
Matière en Suspension	< 2 mg/l	< 2 mg/l
Turbidité	< 0,5 NFU	0,94 NFU
Oxygène dissous	23,0 % (2,3 mg/l)	27,0 % (2,8 mg/l)
Balance ionique	6,2 % (analyse de qualité moyenne)	0,2 % (très bonne qualité d'analyse)

Les faciès des eaux de forage sont carbonatés-calciques comme le montrent les diagrammes de Piper ci-dessous (Figure 10, Figure 11).

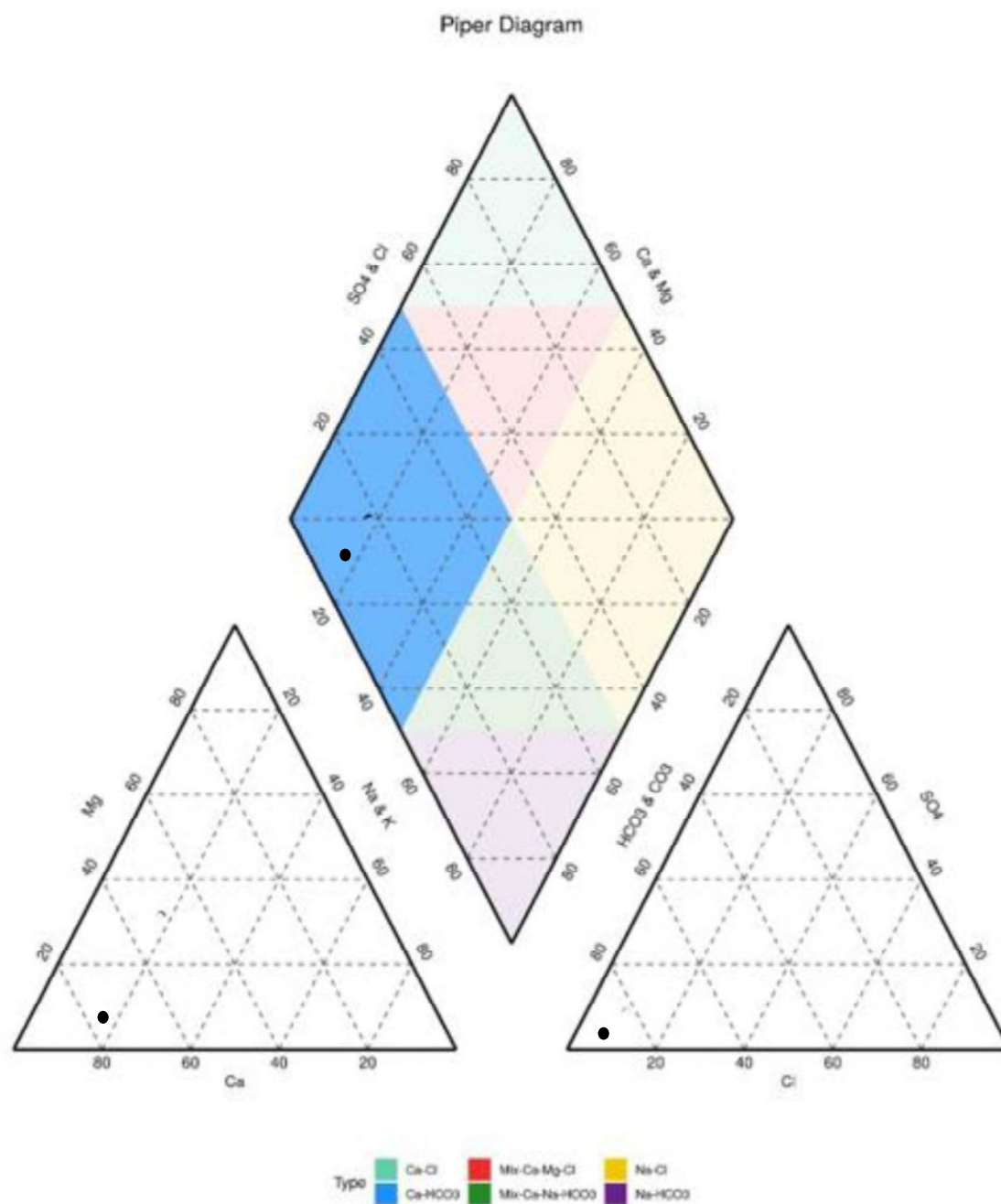


Figure 10 : Diagramme de Piper pour le forage F1

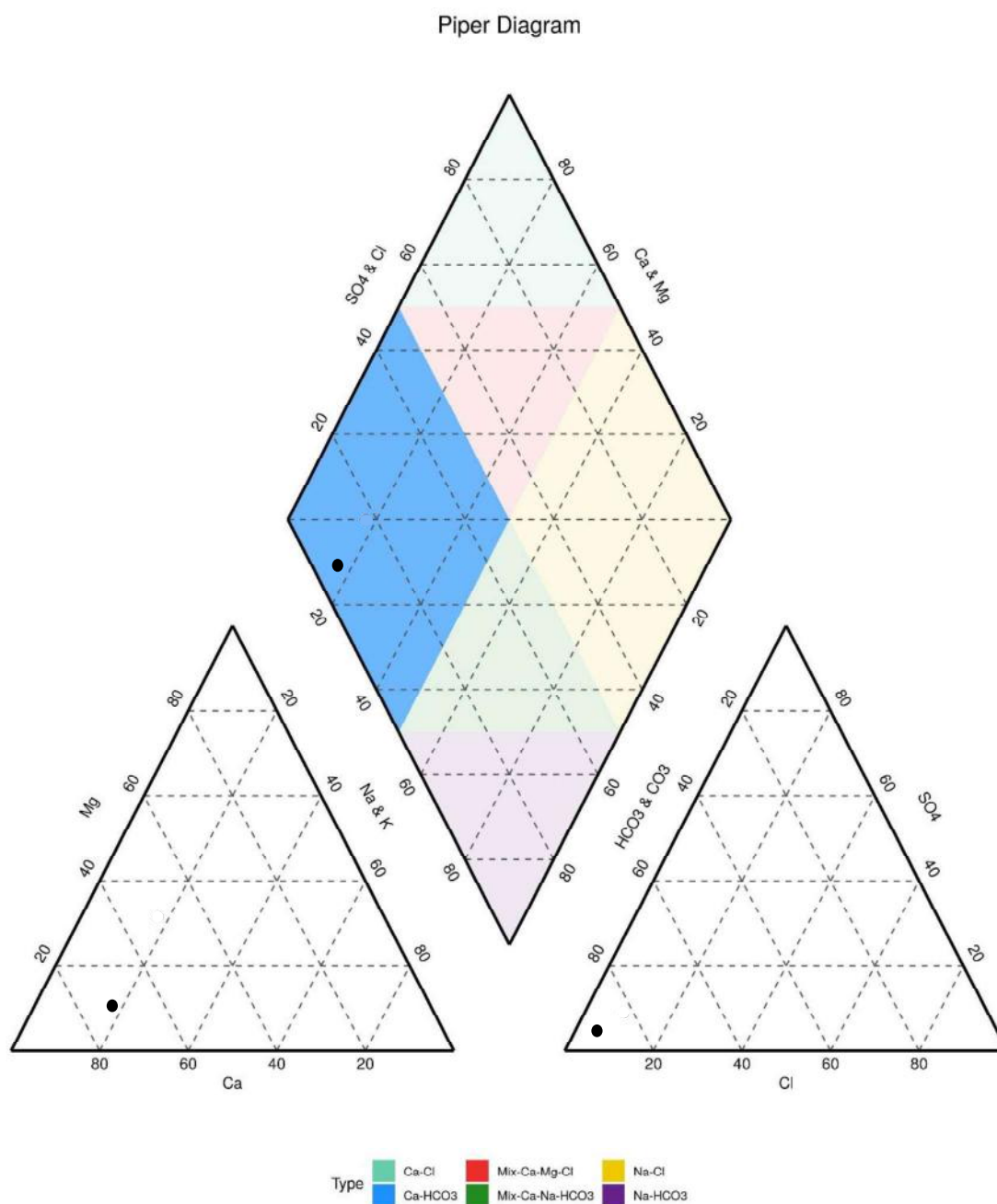


Figure 11 : Diagramme de Piper pour le forage F2

On note que l'analyse des prélèvements réalisés après pompage permettent d'évaluer les caractéristiques de qualité des eaux de la nappe et ainsi d'établir une première estimation des risques de corrosion et de colmatage du puits. Cependant, ces risques sont non seulement dépendants des propriétés chimiques de l'eau circulant au sein de l'ouvrage mais également des conditions d'exploitation. C'est pourquoi, ils peuvent être amenés à évoluer au cours du temps.

15.1. Analyses réalisées au droit de F1

Une analyse chimique a été réalisée après 24 h de pompage le 17/02/2022. Les résultats d'analyses sont présentés ci-après.