



Rapport

Groupe SIAT - Site de Le Bez (81)

Étude hydrogéologique complémentaire : diagnostics des forages



Rapport n°A126433/Version B – Février 2024

Projet suivi par Clémentine BOSSA – 06 85 19 87 37 – clementine.bossa@anteagroup.fr

Fiche Signalétique

Groupe SIAT - Site de Le Bez (81)

Étude hydrogéologique complémentaire : diagnostics des forages

CLIENT

Raison sociale	SIAT
Coordonnées	118, route de l'Agout 81260 LE BEZ
Contact	Nicolas MARTY Fonction : Animateur HSQE Tél : 06.76.34.84.86 Mail : nicolas.marty@groupesiat.fr





SITE

Raison sociale	SIAT
Coordonnées	118, route de l'Agout 81260 LE BEZ
Famille d'activité	Sciage et rabotage du bois, hors imprégnation (1610A)
Domaine	Eau

DOCUMENT

Destinataires	Nicolas MARTY Mail: nicolas.marty@groupesiat.fr
Date de remise	Novembre 2023

N° Rapport/ N° Projet	A126433/MPYP230304
Révision	B

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Camille ROSSI	Ingénieur d'études	Février 2024	
Relecture	Stéphane HILLAIRET	Chef de projet	Février 2024	
Vérification	Clémentine BOSSA	Responsable d'activité Eau Ressources Géothermies	Février 2024	
Relecture qualité	Odile Moncourtois	Assistante	Février 2024	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	21/11/2023	45	0	Version A
B	09/02/2024	47	0	Ajout d'une conclusion non technique à la demande du Groupe SIAT du 08/02/2024

Sommaire

1. Introduction.....	6
1.1. Objet de l'étude.....	6
1.2. Déroulé de la mission	6
2. Localisation du site d'étude	7
3. Description des forages identifiés sur site	8
3.1. Localisation des forages	8
3.2. Caractéristiques du forage F1	8
3.3. Caractéristiques du forage F2	10
4. Diagnostics des forages	11
4.1. Généralités	11
4.2. Mise en place, repère des mesures.....	11
4.3. Passage caméra F1	12
4.3.1. Avant pompage	12
4.3.2. Après pompage	16
4.3.3. Synthèse du diagnostic du forage F1	20
4.4. Passage caméra F2	20
4.4.1. Avant pompage	20
4.4.2. Après pompage	24
4.4.3. Synthèse du diagnostic du forage F2	28
5. Pompage d'essais sur F1 et F2	29
5.1. Essai de puits - Pompage par paliers	29
5.1.1. Caractéristiques techniques.....	29
5.1.2. Méthode	29
5.1.3. Résultats.....	30
5.1.4. Interprétation – Courbe caractéristique	32
5.1.5. Détermination du débit critique théorique	32
5.1.6. Conclusions et recommandations.....	35
5.2. Essai de nappe - Pompages longue durée sur F1 et F2	36
5.2.1. Méthode	36
5.2.2. Déroulement des essais	36
5.2.3. Essai par pompage de longue durée sur F1	36
5.2.4. Essai par pompage de longue durée sur F2	39
5.3. Synthèse des paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des essais par pompage	41
6. Conclusion et perspectives	42
7. Conclusion non technique	45

Table des illustrations

Table des figures

Figure 1 : Localisation de l'emprise du projet sur fond IGN	7
Figure 2 : Localisation des forages sur le site SIAT sur fond orthophotographique et cadastral	8
Figure 3 : Vue de la tête du forage F1 de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez (photographie Antea Group 25/09/2023)	9
Figure 4 : Schéma de la tête du forage F1 sur la scierie du Groupe SIAT à Le Bez	9
Figure 5 : Vue de la tête du forage F2 de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez (photographie Antea Group 25/09/2023)	10
Figure 6 : Schéma de la tête du forage F2 sur la scierie du Groupe SIAT à Le Bez	10
Figure 7 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F1 du 02/10/2023, au-dessus du niveau statique avant pompage	13
Figure 8 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F1 du 02/10/2023, sous le niveau statique avant pompage	16
Figure 9 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F1 du 09/10/2023, sous le niveau statique après pompage	19
Figure 10 : Coupe schématique du forage F1 déduite de l'inspection vidéo du 09/10/2023	19
Figure 11 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F2 du 25/09/2023, au-dessus du niveau statique avant pompage	22
Figure 12 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F2 du 25/09/2023, avant pompage et sous le niveau statique	24
Figure 13 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F2 du 02/10/2023, après pompage et sous le niveau statique	27
Figure 14 : Coupe schématique du forage F2 déduite de l'inspection vidéo 02/10/2023	27
Figure 15 : Eléments retrouvés dans les eaux d'exhaures au cours des essais par paliers sur F2 (photographie Antea Group du 26/09/2023)	30
Figure 16 : Essais par paliers – Evolution du niveau piézométrique sur F1 le 03/10/2023	31
Figure 17 : Essais par paliers – Evolution du niveau piézométrique sur F2 le 26/09/2023	31
Figure 18 : Pertes de charges calculées sur F1	32
Figure 19 : Interprétation des essais par paliers sur F1	33
Figure 20 : Interprétation des essais par paliers sur F2	34
Figure 21 : Pertes de charges sur F2	35
Figure 22 : Suivi du niveau d'eau dans le forage F1 au cours de l'essai longue durée (03 au 06/10/2023)	37
Figure 23 : Interprétation de l'essai de nappe sur F1 à l'aide du logiciel OUAIP	38
Figure 24 : Evolution du niveau d'eau sur F2 durant l'essai de nappe	39
Figure 25 : Interprétation de l'essai de nappe sur F2 à l'aide du logiciel OUAIP	40
Figure 26 : Schéma d'un exemple de réhabilitation des forages F1 et F2 présents sur le site du groupe SIAT à Le Bez (source : Antea Group)	44

Table des tableaux

Tableau 1 : Etapes du déroulement de la présente étude	6
Tableau 2 : Fiche signalétique du forage F1	8
Tableau 3 : Fiche signalétique du forage F2	10
Tableau 4 : Caractéristiques des inspections vidéo sur les forages de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez	11
Tableau 5 : Caractéristique des points d'eau contrôlés	29
Tableau 6 : Résultats des essais par paliers d'une heure sur F1 et F2	30
Tableau 7 : Pertes de charge sur les forages F1 et F2	32
Tableau 8 : Caractéristiques hydrodynamiques calculées de l'aquifère intercepté par F1	38
Tableau 9 : Caractéristiques hydrodynamiques calculées de l'aquifère intercepté par F2	40
Tableau 10 : Synthèse des paramètres hydrodynamiques calculés lors des essais par pompage sur les forages F1 et F2	41

1. Introduction

1.1. Objet de l'étude

Le Groupe SIAT a repris l'activité de la scierie sur la commune de Le Bez (récépissé de déclaration de changement d'exploitant en date du 15/07/2021), autorisée par l'arrêté d'exploitation du 26/10/1997, et y projette une extension.

Dans un premier temps, le Groupe SIAT a sollicité Antea Group pour la réalisation d'une étude hydrogéologique générale et succincte du secteur dans l'objectif d'intégrer ces éléments à une étude plus globale et réglementaire (rapport Antea Group n°A121520A de février 2023).

Par la suite, dans le cadre du projet d'extension et de ses besoins d'eau de process, le groupe SIAT envisage de prélever de l'eau dans deux forages existants sur le site. Antea Group a donc été missionné afin d'effectuer un diagnostic des ouvrages, dans l'objectif de vérifier leur état et leur productivité, et d'adapter leur débit potentiel d'exploitation aux besoins du site, le cas échéant.

Le présent rapport fait état des caractéristiques des ouvrages, des données et interprétations des essais par pompages réalisés, et apporte des préconisations quant à l'exploitation de ces ouvrages.

1.2. Déroulé de la mission

Les principales étapes du déroulement de la présente étude sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Etapes du déroulement de la présente étude

Date	Mission	Acteur
25/09/2023	Relève de la pompe en place sur F2, à l'aide d'un camion grue Passage caméra sur F2 Mise en place du matériel de pompage provisoire sur F2, à l'aide d'un camion grue	HYDRAU ELECT, S. HILLAIRET et C. ROSSI (Antea Group)
26/09/2023	Réalisation des essais par paliers et lancement de l'essai longue durée de 48h sur F2	HYDRAU ELECT, S. HILLAIRET et C. ROSSI (Antea Group)
28/09/2023	Arrêt du pompage sur F2	Groupe SIAT
02/10/2023	Repli du matériel provisoire sur F2, à l'aide d'un camion grue Passage caméra après pompage sur F2 Remplacement de la pompe d'exploitation sur F2 Relève de la pompe en place sur F1 à l'aide d'une grue spécifique Passage caméra sur F1 Mise en place du matériel de pompage provisoire sur F1 à l'aide d'une grue spécifique	HYDRAU ELECT, C. ROSSI (Antea Group)
03/10/2023	Réalisation des essais par paliers et lancement de l'essai longue durée de 48h sur F1	HYDRAU ELECT, C. ROSSI (Antea Group)
04/10/2023	Modification du débit de l'essai de nappe sur F1	C. ROSSI (Antea Group)
06/10/2023	Arrêt du pompage sur F1 Relance de l'exploitation de F2	Groupe SIAT (M. MARTY)
09/10/2023	Repli du matériel de pompage provisoire sur F1 à l'aide d'une grue spécifique Passage caméra après pompage sur F1 Remplacement de la pompe d'exploitation sur F1 à l'aide d'une grue spécifique Relance de l'exploitation de F1	HYDRAU ELECT, C. ROSSI et A. POEYDOMENGE (Antea Group)

2. Localisation du site d'étude

Le projet se situe sur la commune de Le Bez (cf. Figure 1), en limite avec la commune de Brassac, dans le département du Tarn (81).

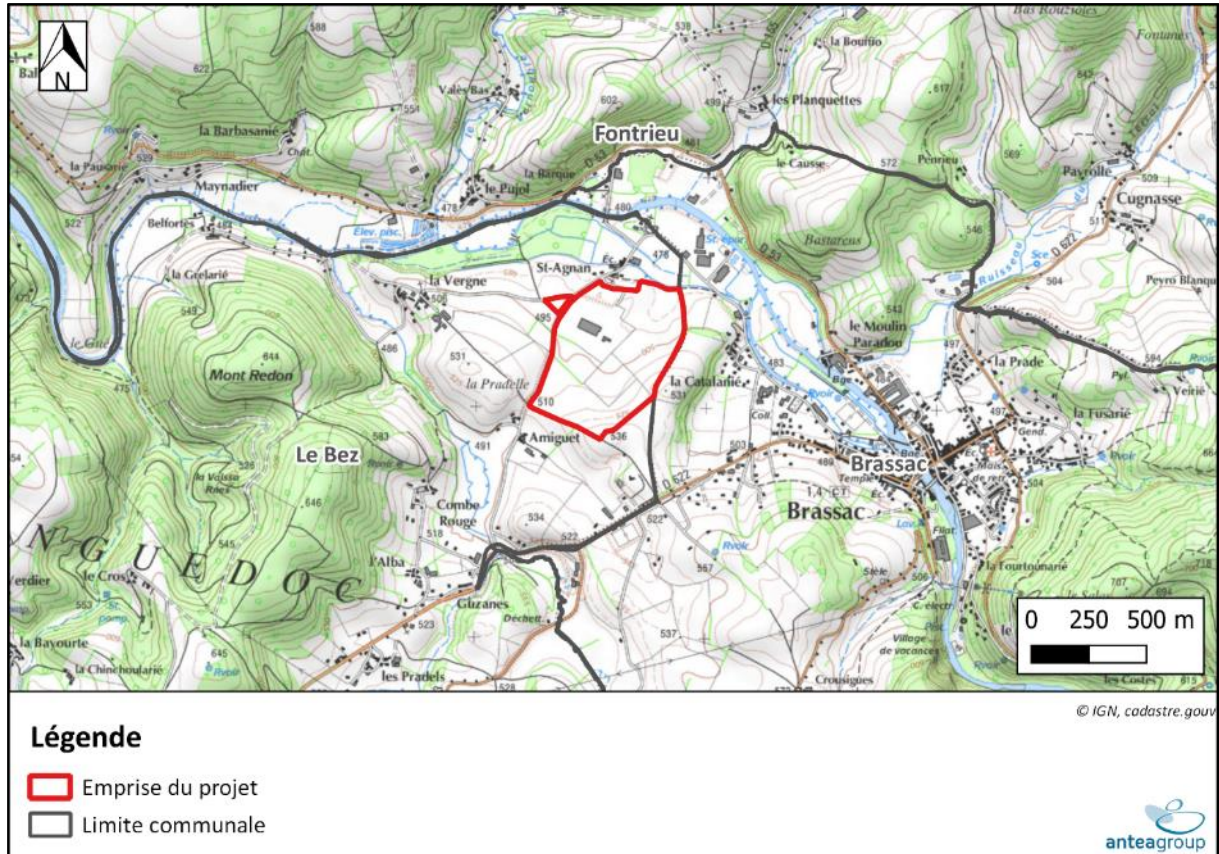


Figure 1 : Localisation de l'emprise du projet sur fond IGN

3. Description des forages identifiés sur site

3.1. Localisation des forages

Les forages sont localisés dans l'emprise de la scierie du Groupe SIAT (81), sur la parcelle cadastrale OC n°1385, de la commune de Le Bez.

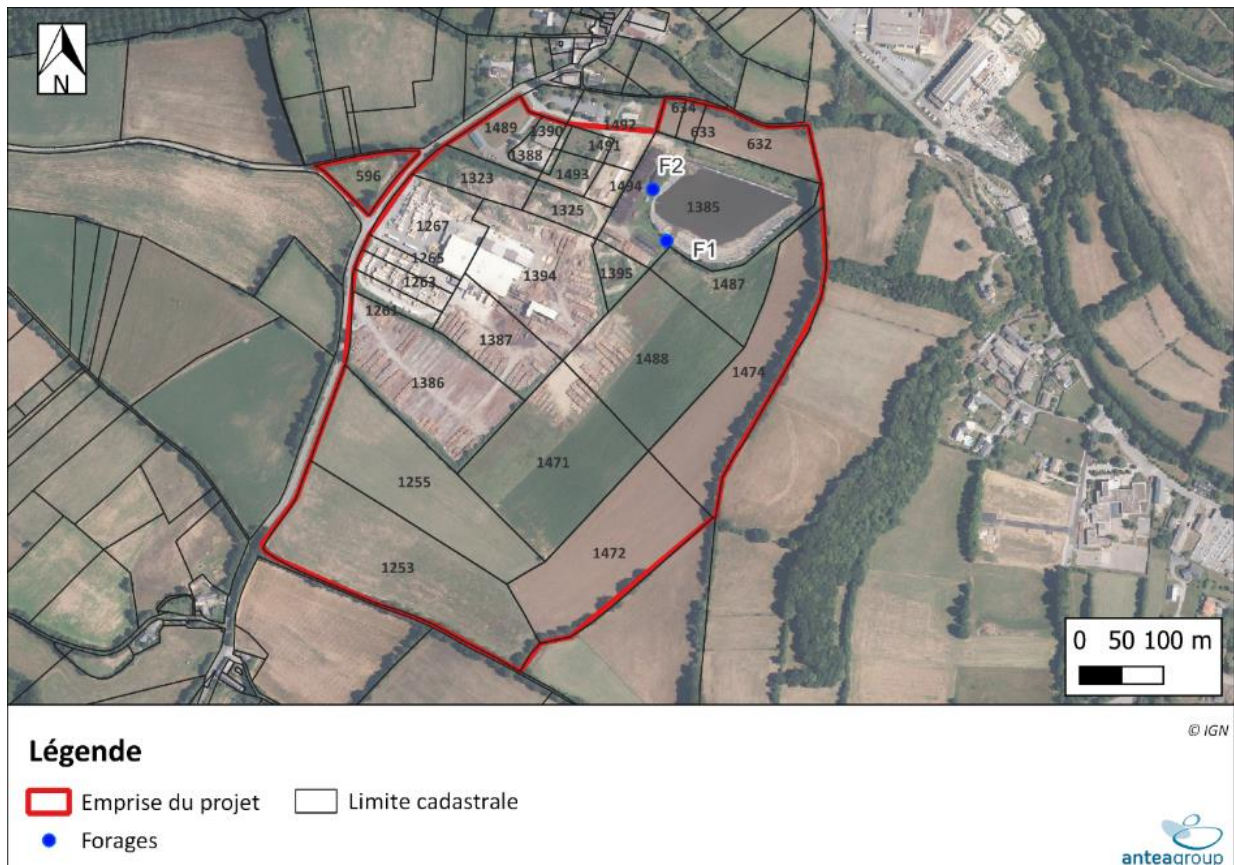


Figure 2 : Localisation des forages sur le site SIAT sur fond orthophotographique et cadastral

3.2. Caractéristiques du forage F1

Les principales caractéristiques du forage F1 sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Fiche signalétique du forage F1

N° BSS (ancien n°)	BSS002GHVR (09868X0101/FBR3)
Date de réalisation	09/09/2010
Profondeur	21,10 m/TN
Aquifère capté	Socle du bassin versant de l'Agout de sa source au confluent du Gijou
Niveau piézométrique	6,53 mètres/bride acier le 02/10/2023
Coupe technique	Non disponible



Figure 3 : Vue de la tête du forage F1 de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez (photographie Antea Group 25/09/2023)

D'après une conversation téléphonique avec M. MERCADIER de SUD FORAGES, ayant réalisé ce forage en septembre 2010, l'ouvrage aurait été équipé en \varnothing 168,3 mm sur 25 m de profondeur. Aucune information sur un prétubage ne nous a été communiquée.

Le forage F1, dont la profondeur a été mesurée à 21,10 m/TN, présenterait alors un dépôt en fond de forage, d'environ 3,50 m.

Sur site, un prétubage en \varnothing 200 mm a été observé, probablement mis en place afin d'isoler les venues d'eau superficielles. La profondeur de l'espace annulaire entre les tubages acier 170 et 220 mm a été mesurée à 8,10 mètres/repère (bride du tubage acier 220 mm), témoignant de l'absence d'une cimentation jusqu'à cette profondeur.

La figure suivante schématise la tête du forage F1.

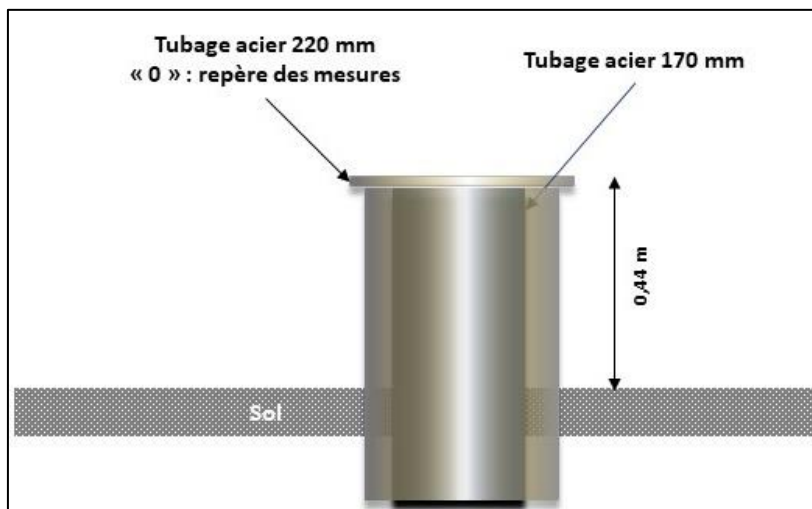


Figure 4 : Schéma de la tête du forage F1 sur la scierie du Groupe SIAT à Le Bez

3.3. Caractéristiques du forage F2

Les principales caractéristiques du forage F2 sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Fiche signalétique du forage F2

N° BSS (ancien n°)	BSS002GHVQ (09868X0100/FBR2)
Date de réalisation	19/07/2010
Profondeur	30 m
Aquifère capté	Socle du bassin versant de l'Agout de sa source au confluent du Gijou
Niveau piézométrique	12,43 mètres/bride acier le 25/09/2023
Coupe technique	Non disponible



Figure 5 : Vue de la tête du forage F2 de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez (photographie Antea Group 25/09/2023)

D'après une conversation téléphonique avec M. MERCADIER de SUD FORAGES, ayant réalisé ce forage en juillet 2010, l'ouvrage aurait été équipé en \varnothing 139,7 mm sur 31 m de profondeur. Un prétubage en \varnothing 219 mm aurait été mis en place jusqu'à 18 m de profondeur, pour isoler les venues d'eau superficielles.

La profondeur mesurée de 31 m du forage F2 est cohérente avec ces informations. Sur site, un prétubage en \varnothing 200 mm a pu en effet être observé. La profondeur de l'espace annulaire entre les tubages acier 140 et 200 mm a été mesurée à 17,95 mètres/repère (bride du tubage acier 200 mm), correspondant aux informations communiquées par SUD FORAGES. L'espace annulaire n'est pas cimenté.

La figure suivante schématise la tête du forage F2.

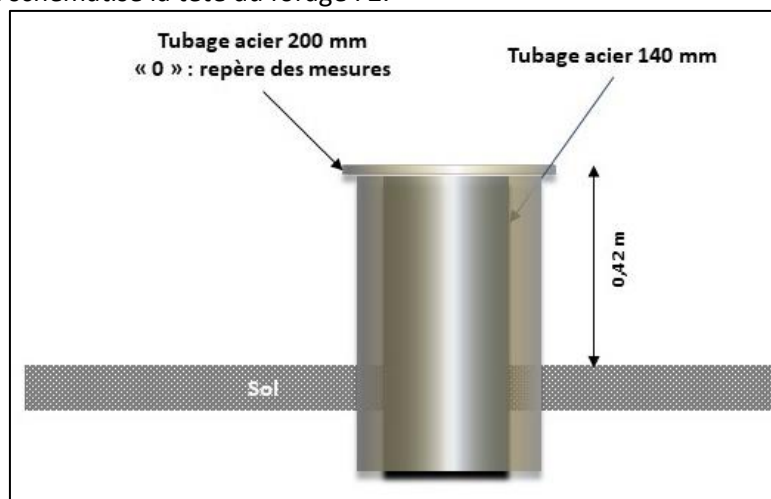


Figure 6 : Schéma de la tête du forage F2 sur la scierie du Groupe SIAT à Le Bez

4. Diagnostics des forages

4.1. Généralités

Des inspections par caméra vidéo ont été réalisées par l'entreprise HYDRAU ELECT (caméra Camfor HD de 63 mm de diamètre, avec double vision, axiale et radiale et équipée d'un double éclairage à leds réglables). Un ingénieur d'Antea Group a assisté aux inspections avec l'objectif de préciser les points essentiels à ausculter afin d'établir une coupe technique détaillée du forage.

Les équipements de pompage des forages F1 et F2 ont préalablement été déposés par l'entreprise HYDRAU ELECT.

Pour chaque ouvrage, une inspection vidéo a été réalisée avant et après les essais par pompage, les images avant pompage n'étant pas suffisamment claires pour établir une coupe fiable.

Les parties suivantes présentent les diagnostics des forages F1 et F2 de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez et s'appuient sur des captures d'images réalisées à partir des vidéos des forages.

4.2. Mise en place, repère des mesures

Un camion avec une grue a été positionné à proximité du forage pour la dépose de la pompe du forage F2, le forage F1 a nécessité quant à lui l'amenée d'une grue spécifique en raison de la difficulté d'accès à la tête de l'ouvrage. Le diagnostic pour F2 a été réalisé avec un atelier vidéo installé dans un fourgon tandis que pour F1 l'atelier vidéo était situé à proximité immédiate du forage.

Les détails de la mise en place et des repères de mesures sur les forages F1 et F2 sont reportés dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Caractéristiques des inspections vidéo sur les forages de la scierie du Groupe SIAT à Le Bez

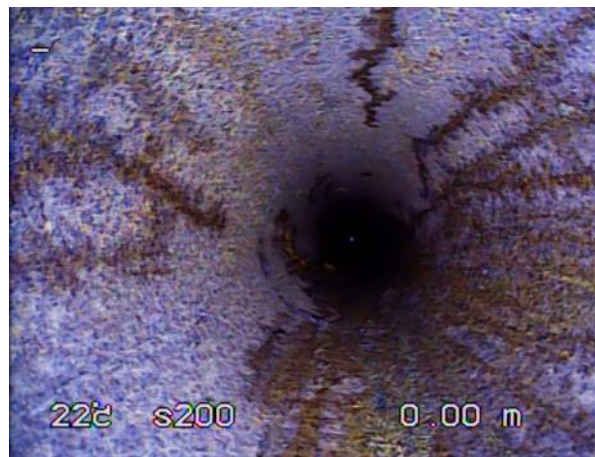
	F1		F2	
	Avant pompage	Après pompage	Avant pompage	Après pompage
Date du passage caméra	02/10/2023	09/10/2023	25/09/2023	02/10/2023
Durée	45 min	23 min	40 min	30 min
Repère « 0 »	-43 cm par rapport au sommet de la bride acier 220 mm		Sommet de la bride du tubage acier 200 mm	
Décalage entre la caméra axiale et la caméra radiale	10 cm			

4.3. Passage caméra F1

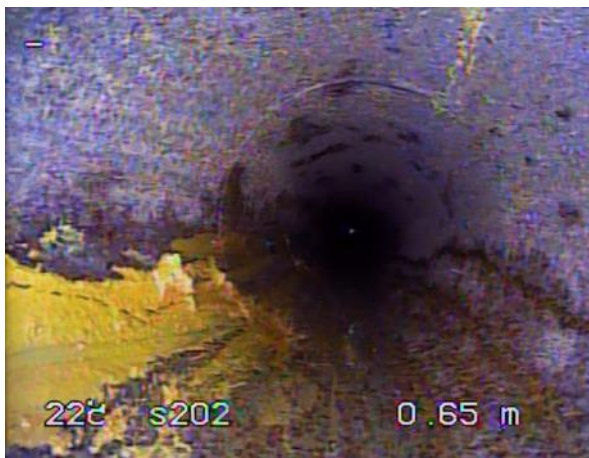
4.3.1. Avant pompage

4.3.1.1. Inspection au-dessus du niveau statique

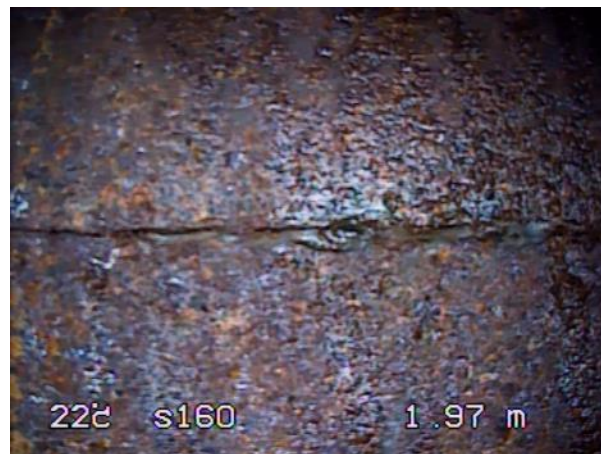
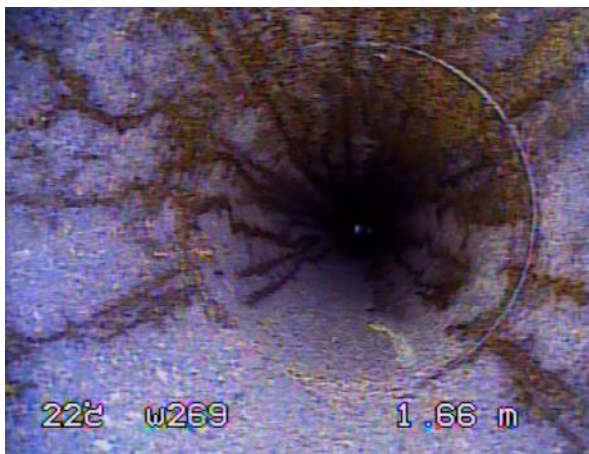
Le niveau statique a été mesuré avec la sonde piézométrique à 6,53 mètres/bride le 02/10/2023.



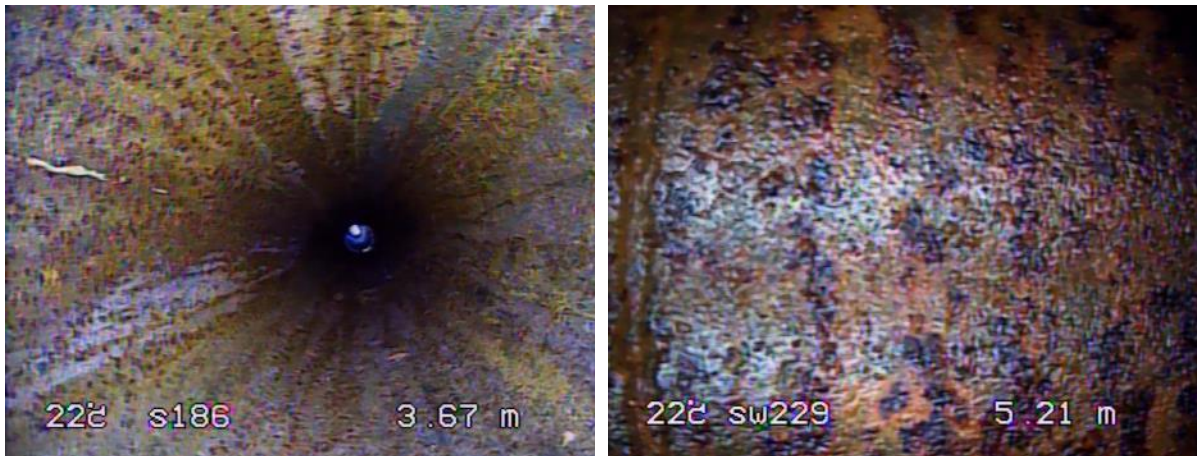
Vue axiale du tubage acier Ø 170 mm



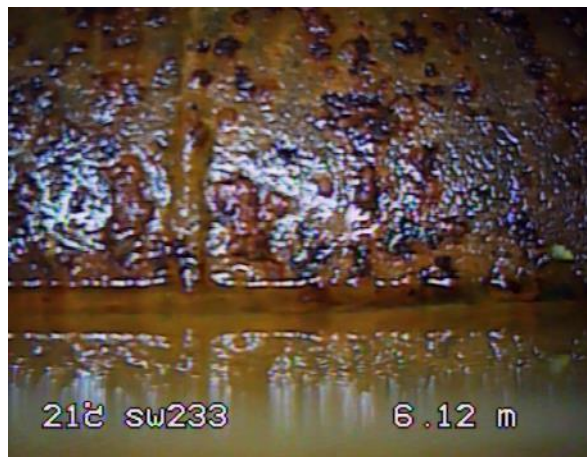
Vue axiale des dépôts jaunâtres (bactéries du fer ?) présents sur les jonctions horizontale et verticale soudées du tubage acier oxydé Ø 170 mm à 1 m/repère



Vue axiale (à gauche) et vue rapprochée (à droite) de la jonction horizontale soudée à 1,97 m/repère du tubage acier oxydé Ø 170 mm



Vue axiale (à gauche) et rapprochée (à droite) de la corrosion généralisée (rouille) du tubage acier à 3,67 m/repère et 5,21 m/repère



Niveau statique visualisé à 6,12 m/repère (mesuré à 6,10 mètres/repère avant l'inspection)

Figure 7 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F1 du 02/10/2023, au-dessus du niveau statique avant pompage

4.3.1.2. Inspection sous le niveau statique

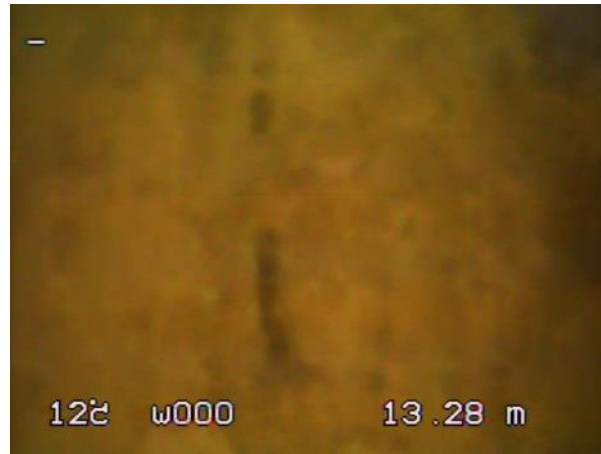
L'eau est chargée de particules en suspension générées par l'enlèvement de la pompe auxquelles s'ajoute un gel (floc) de teinte rouille qui a pu se développer en présence de bactéries du fer.

Sous le niveau statique, la vue axiale est perturbée par les particules en suspension, l'inspection est réalisée alors en vue horizontale.

Après le raccord visualisé vers 6,41 m/repère, les premières crépines (fente verticales) sont observées à partir de 13 m/repère environ. Un dépôt généralisé recouvre totalement le tubage ainsi que les fentes des crépines qui ne sont quasiment plus visibles.



Aperçu de la jonction horizontale soudée avec la présence de dépôts très importants à 6,81 m/repère



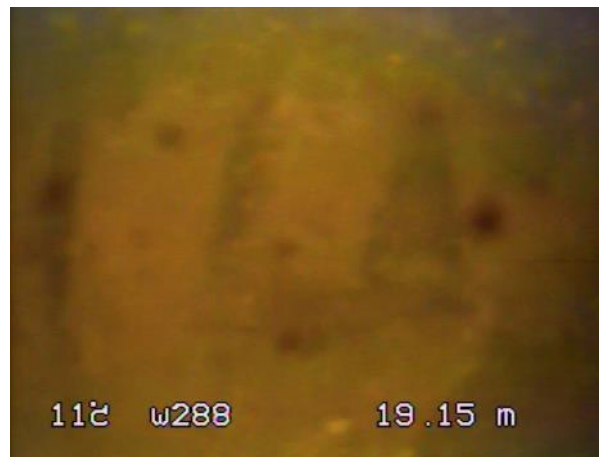
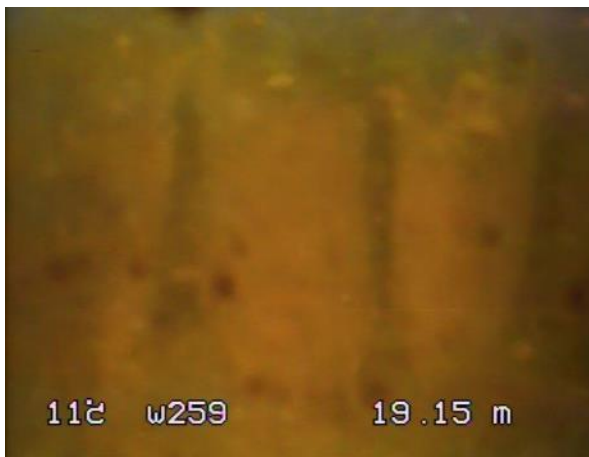
Suspicion de crépine verticale (>90% bouchées) avec dépôts très importants à 13,28 m/repère



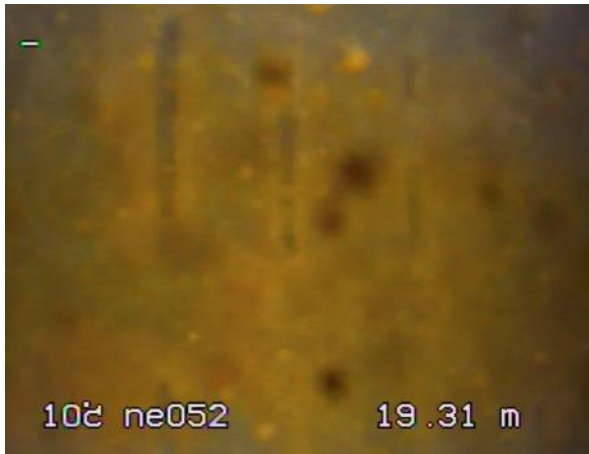
Trace de frottement lors de l'enlèvement de la pompe d'exploitation à 17,61 m/repère



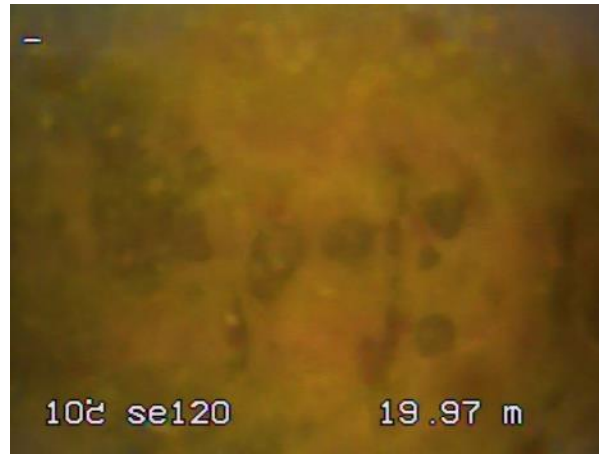
Vue rapprochée de crépines verticales (>90% bouchées) avec la présence de dépôts très importants à 19,02 m/repère



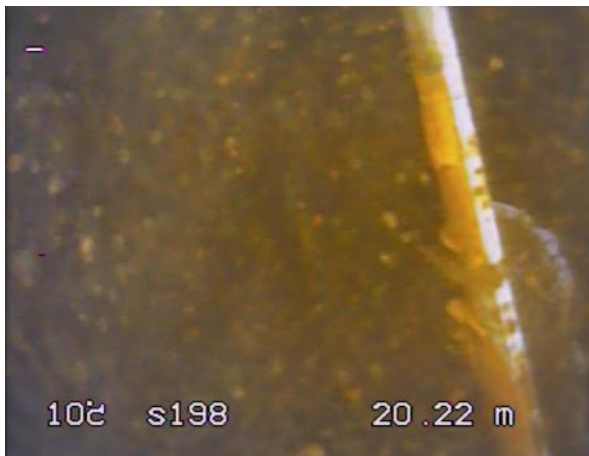
Vues rapprochées des crépines verticales (>90% bouchées) avec dépôts très importants à 19,15 m/repère



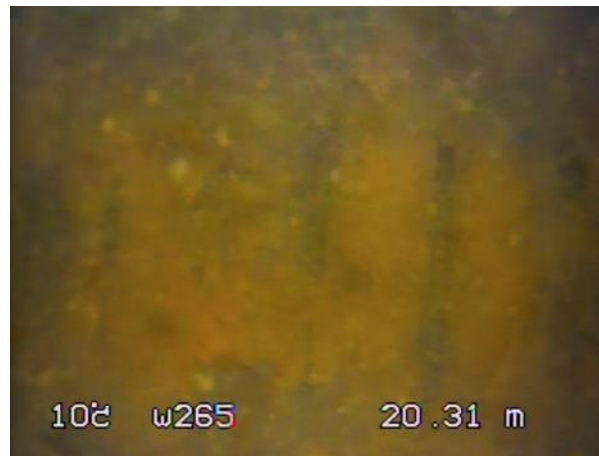
Vue rapprochée des crépines verticales (>90% bouchées) avec dépôts très importants à 19,31 m/repère



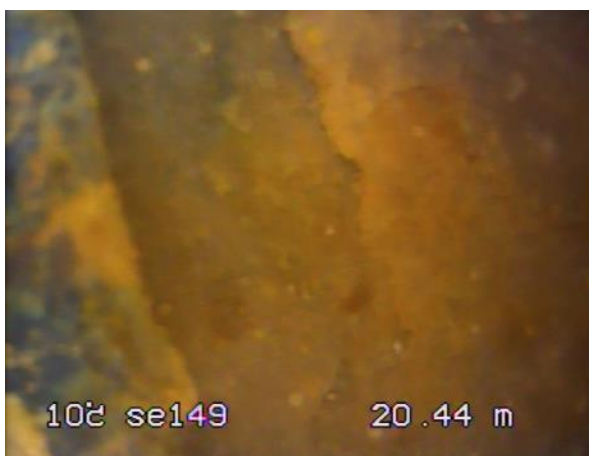
Signe d'altération du tubage acier, dépôt très important, Section crépée à fentes verticales (>90% bouchées) à 19,97 m/repère



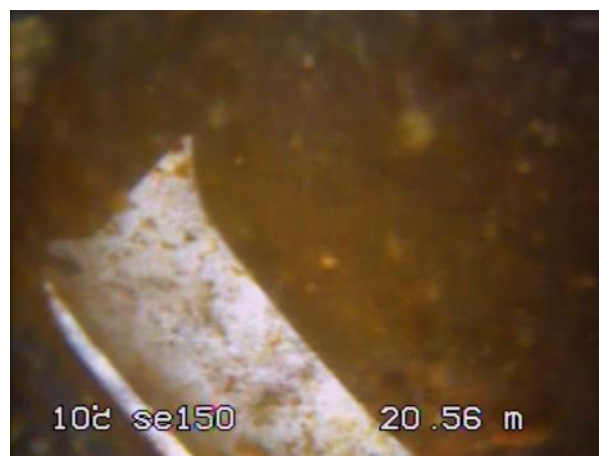
Vue axiale rapprochée d'un morceau de plastique (?) à 20,22 ms/repère



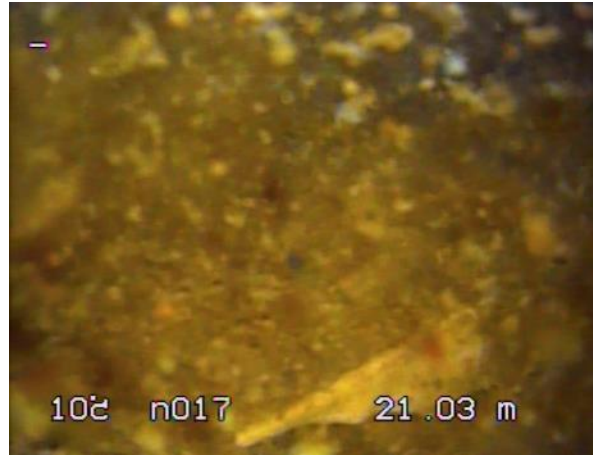
Vue rapprochée de la section crépée à fentes verticales (>90% bouchées) avec la présence de dépôts très importants à 20,31 m/repère



Vue rapprochée du morceau de plastique au premier plan et altération du tubage avec des dépôts très importants à 20,44 m/repère



Vue rapprochée du morceau de plastique (?) à 20,56 m/repère



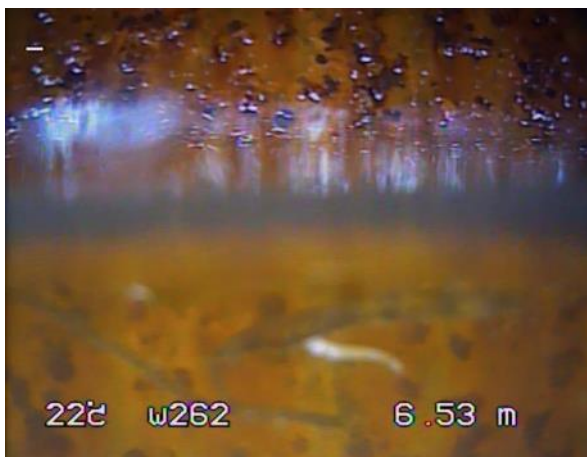
Fond de l'ouvrage en vue latérale mesuré à 21,03 m/repère

Figure 8 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F1 du 02/10/2023, sous le niveau statique avant pompage

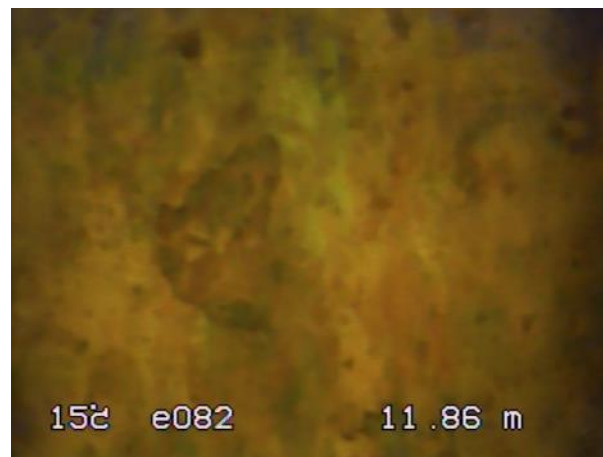
4.3.2. Après pompage

Si l'inspection vidéo après les essais par pompage a révélé une eau toujours chargée de particules en suspension, elle a cependant permis de mieux visualiser la section crépinée ainsi que le fond de l'ouvrage.

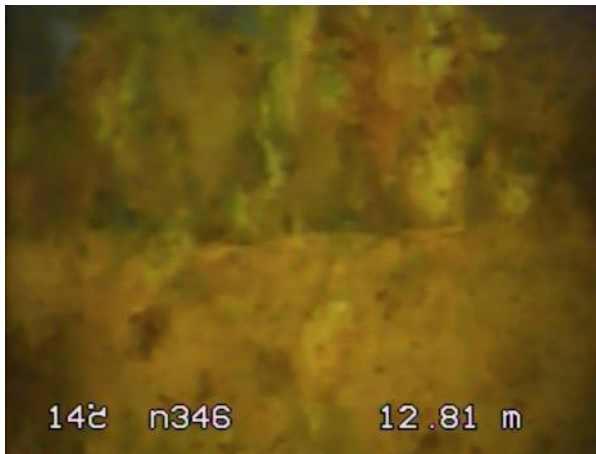
Les images suivantes ne concernent par conséquent que la partie immergée de l'ouvrage. Le niveau statique a été mesuré avec la sonde piézométrique à 6,57 m/repère le 09/10/2023.



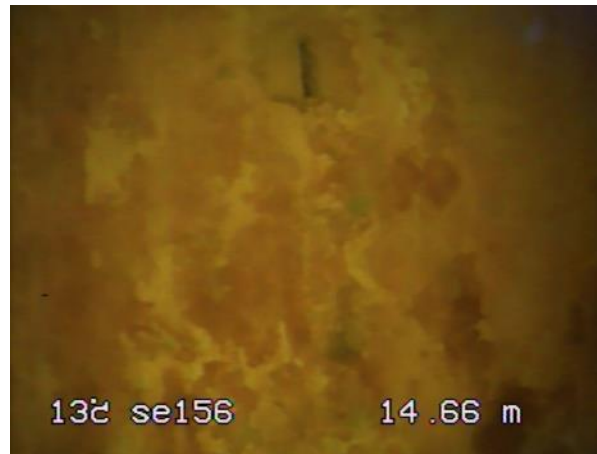
Niveau statique mesuré à 6,53 m/repère (mesuré à 6,57 m/repère avant l'inspection)



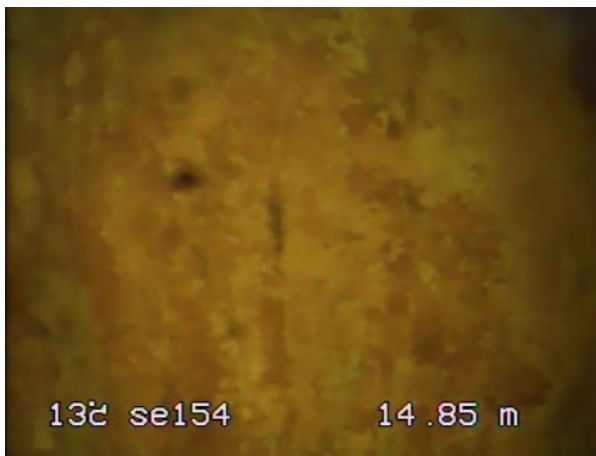
Importants dépôts et altération du tubage acier à 11,86 m/repère



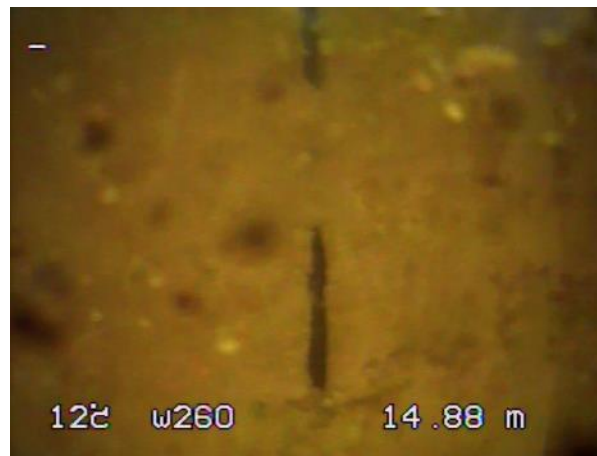
Jonction horizontale soudée avec dépôts très importants



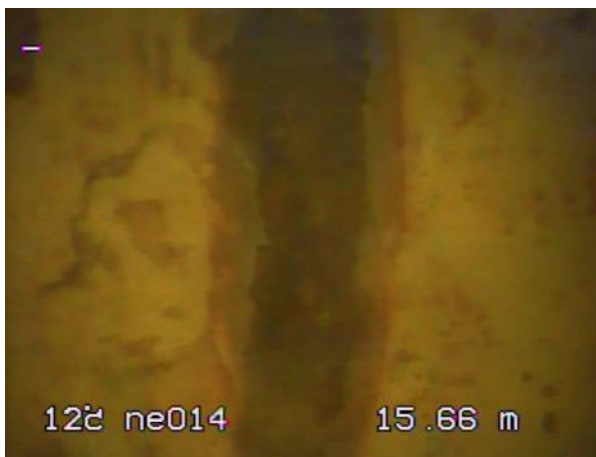
Suspicion de crépine à fentes verticales (>90% bouchées)
avec dépôts très importants



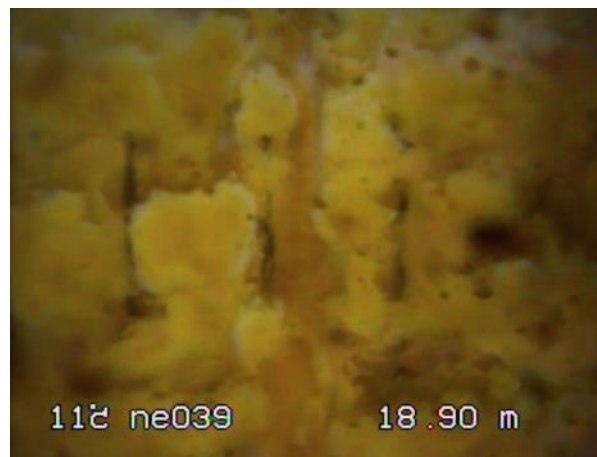
Suspicion de crépine à fentes verticales (>90% bouchées)
avec dépôts très importants



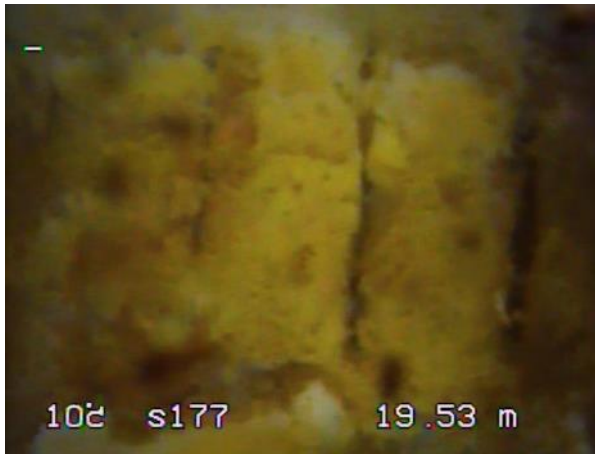
Crépines à fentes verticales (>90% bouchées) avec dépôts
très importants



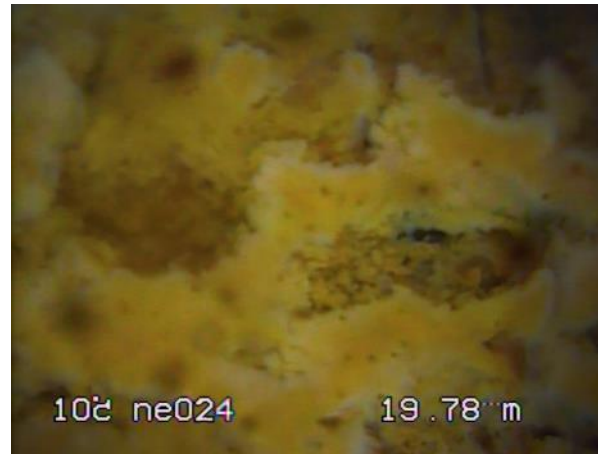
Trace de frottement lors de l'enlèvement de la pompe
d'exploitation



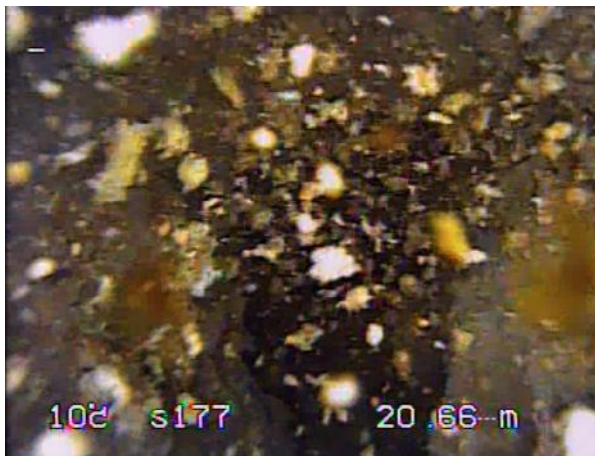
Crépines à fentes verticales (>90% bouchées) avec dépôts
très importants



Crépines à fentes verticales (>90% bouchées) avec dépôts très importants



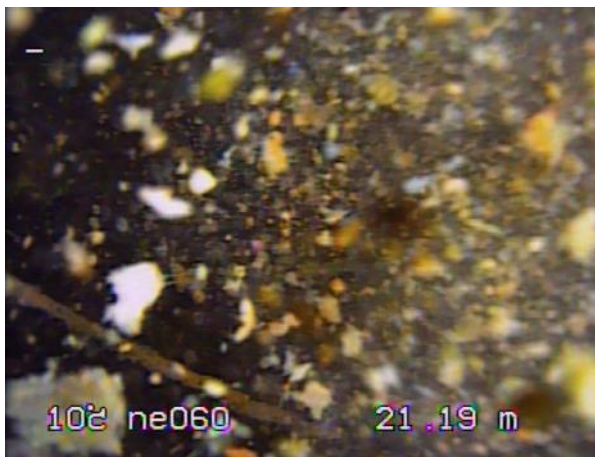
Suspicion de crépines à fentes verticales (>90% bouchées) avec dépôts très importants



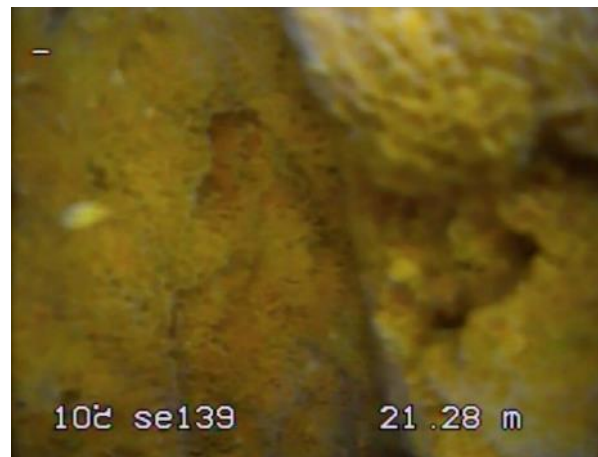
Diminution du diamètre de l'ouvrage avec d'importantes matières en suspensions – Suspicion de forage en trou nu en l'absence de tubage acier (vue radiale)



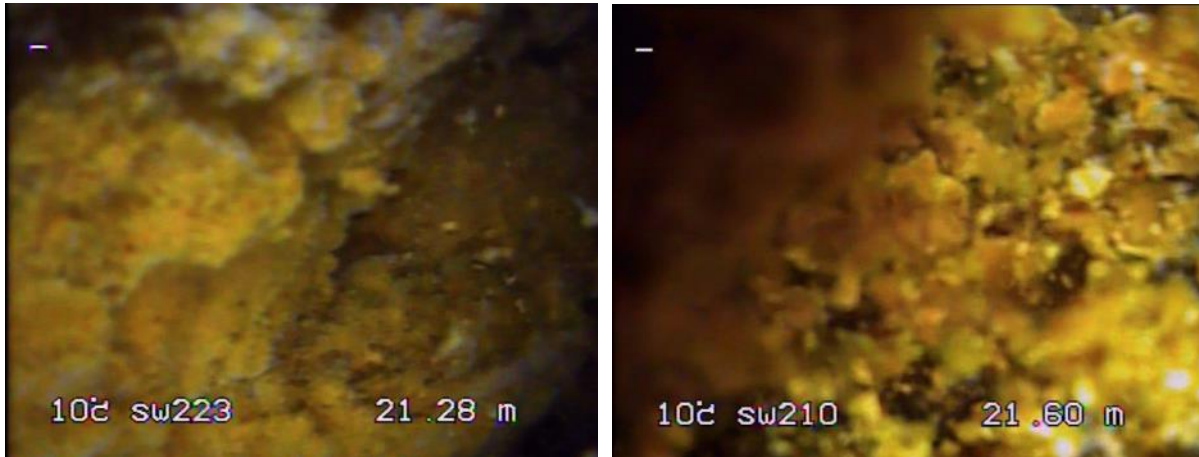
Blocage caméra à cause de la diminution du diamètre de l'ouvrage



Vue radiale - Morceau de ferraille



Vue du trou nu de l'ouvrage en vue latérale avec d'importantes dépôts



Vue du trou nu de l'ouvrage avec d'importants dépôts

Fond du forage comblé par du dépôt (caméra posée à 21,76 mètres/repère)

Figure 9 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F1 du 09/10/2023, sous le niveau statique après pompage

La coupe schématique du forage F1 a donc pu être établie à la suite de l'inspection vidéo et se présente ainsi :

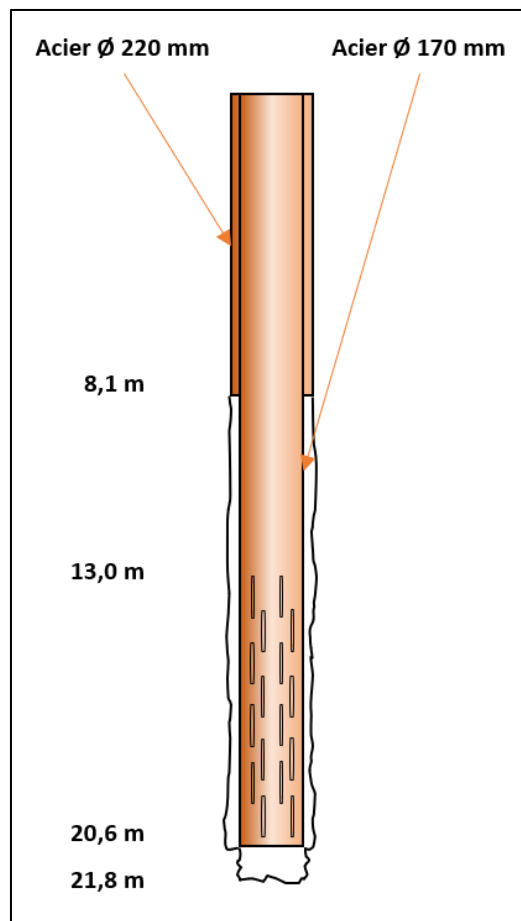


Figure 10 : Coupe schématique du forage F1 déduite de l'inspection vidéo du 09/10/2023

4.3.3. Synthèse du diagnostic du forage F1

En résumé les deux inspections vidéo sur le forage F1 ont permis de visualiser :

- Le tubage acier plein de \varnothing 170 mm de 0 à environ 13 mètres, très oxydé, avec :
 - Des jonctions soudées en bon état ;
 - Des dépôts généralisés aux alentours de 3 m jusqu'au niveau statique. Au-delà, des dépôts très importants sont observés jusqu'au fond de l'ouvrage ;
- Un niveau statique à environ 6,50 m/repère le 09/10/2023 ;
- La section crépinée de \varnothing 170 mm, qui semble débiter à environ 13 mètres/repère, est obstruée par les dépôts de teinte rouille. La section crépinée est composée de tubages avec des fentes verticales. Certaines fentes semblent endommagées par la corrosion du tubage acier. On n'observe pas de massif filtrant entre le terrain et la section crépinée ;
- A partir d'environ 20,66 mètres/repère, une réduction difficilement observable est présente. Il semblerait que le forage soit en trou nu jusqu'au fond, soit sur environ 1,10 m au minimum ;
- Le fond du forage se situe à environ 21,76 mètres/repère. D'après les informations de SUD FORAGES ayant réalisé l'ouvrage en 2010, un dépôt d'une épaisseur de 3,5 m est envisageable.

Conclusion : le forage est en très mauvais état et nécessite à minima un nettoyage afin de mieux apprécier son état général avec une nouvelle inspection vidéo après nettoyage.

4.4. Passage caméra F2

4.4.1. Avant pompage

4.4.1.1. Inspection au-dessus du niveau statique

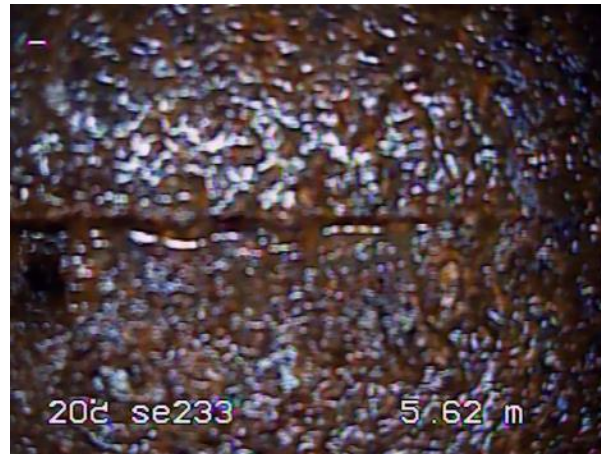
Le niveau statique a été mesuré avec la sonde piézométrique à 12,43 m/repère le 25/09/2023.



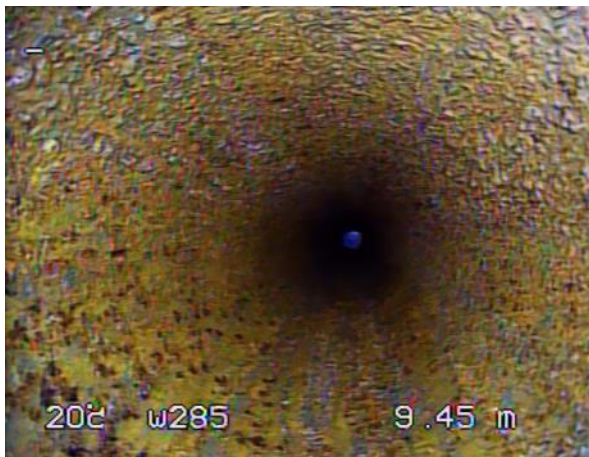
Vue du tubage acier \varnothing 140 mm oxydé avec la présence de légers dépôts



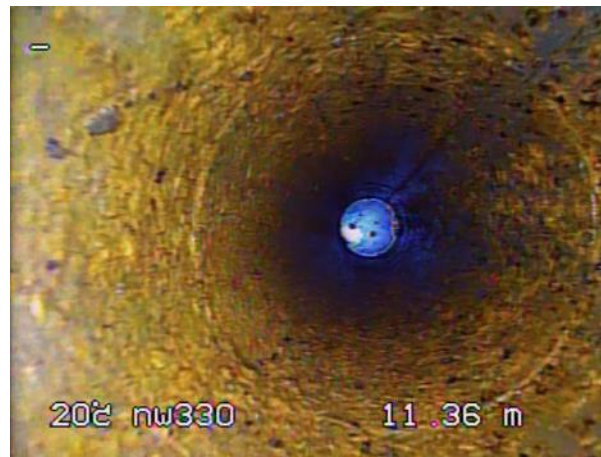
Vue rapprochée des dépôts présents sur le tubage acier oxydé à 2,76 m/repère



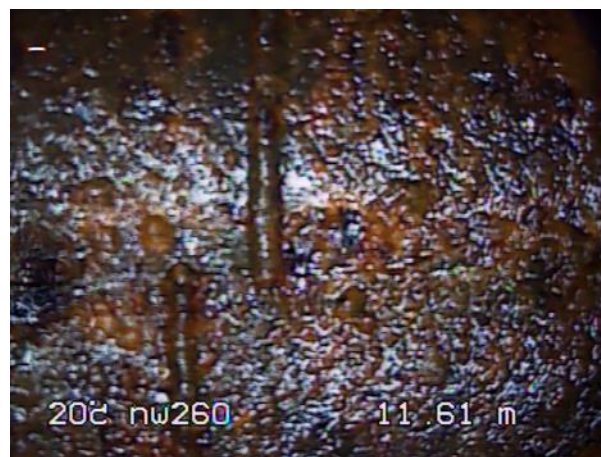
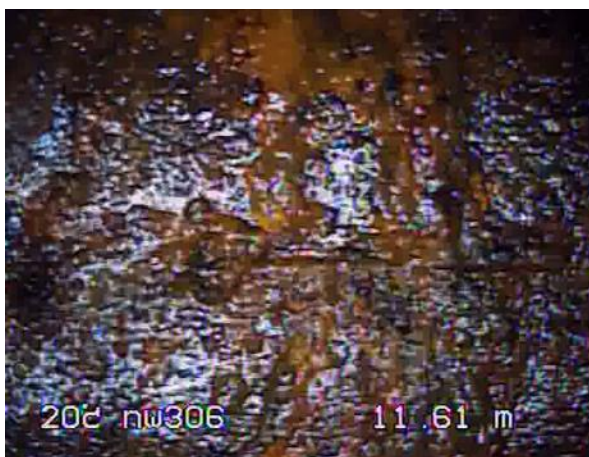
Jonction soudée du tubage acier Ø 140 mm, très oxydé, avec la présence de légers dépôts localisés sur la moitié du tubage



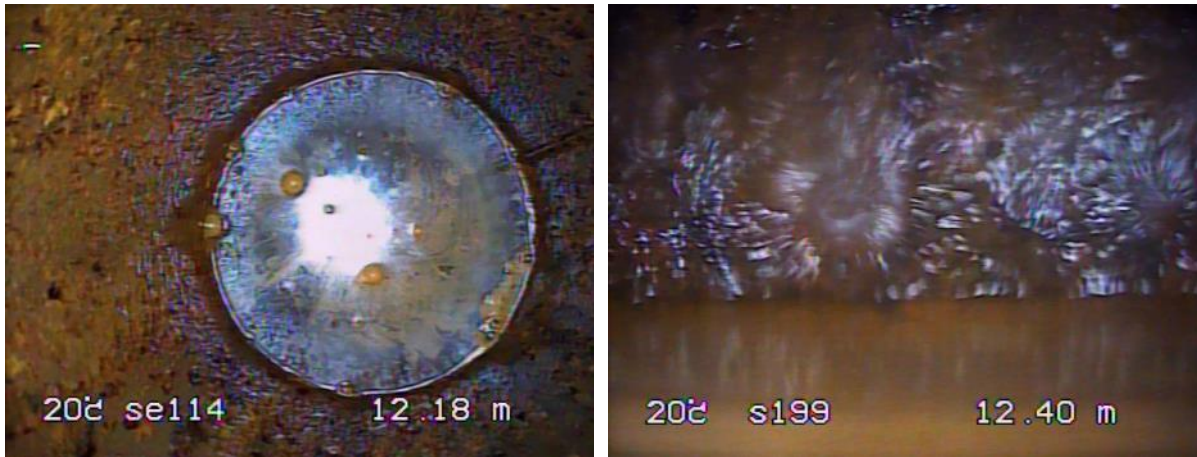
Dépôts généralisés à partir de 9,45 m/repère



Dépôts généralisés – Jonction soudée à 11,61 m/repère



Vue rapprochée de la jonction horizontale soudée et jonction verticale (à droite) à 11,61 m/repère



Niveau statique visualisé à 12,40 m/repère (mesuré à 12,43 m/repère avant l'inspection)

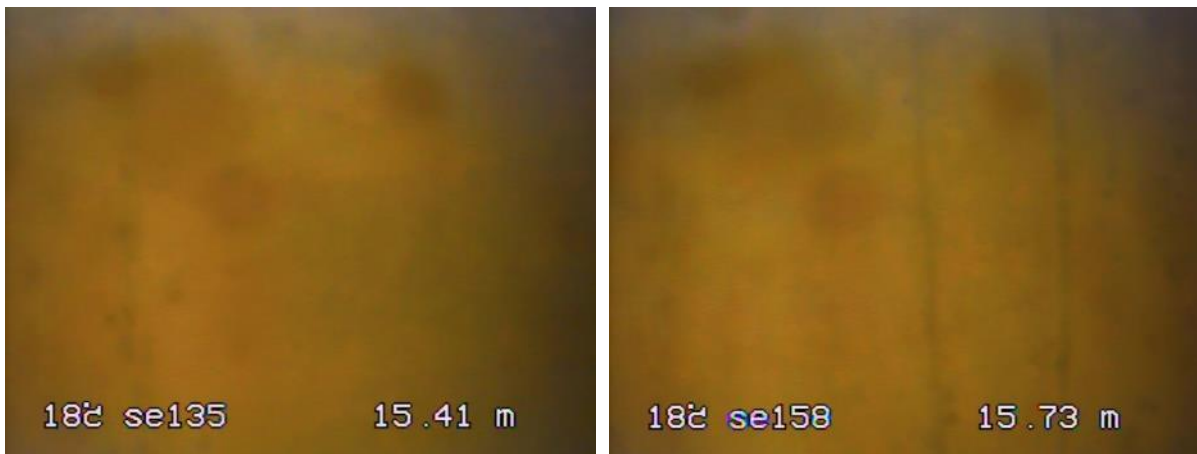
Figure 11 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F2 du 25/09/2023, au-dessus du niveau statique avant pompage

4.4.1.1. Inspection sous le niveau statique

Comme sur F1, l'eau est très chargée en particules en suspension en relation avec l'enlèvement de la pompe et semble présenter un gel (floc) de teinte rouille qui a pu se développer en présence de bactéries du fer.

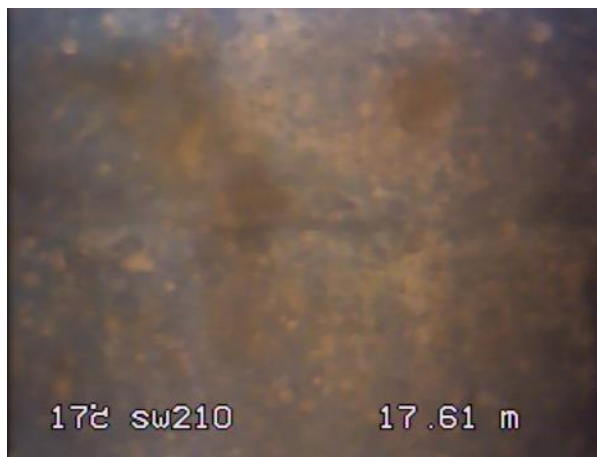
Sous le niveau statique la vue axiale est perturbée par les particules en suspension, l'inspection est réalisée alors en vue horizontale et permet une observation correcte.

Le dépôt étant trop important sur la quasi-totalité de l'ouvrage, cumulé à la présence de particules dans l'eau, aucune crépine n'a pu être formellement identifiée au cours de cette inspection vidéo.



Dépôts généralisés

Dépôts généralisés et trace de frottement de la pompe



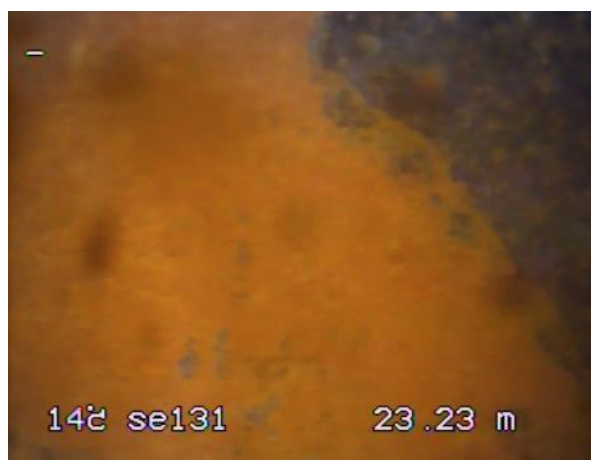
Dépôts moins important – Jonction soudée



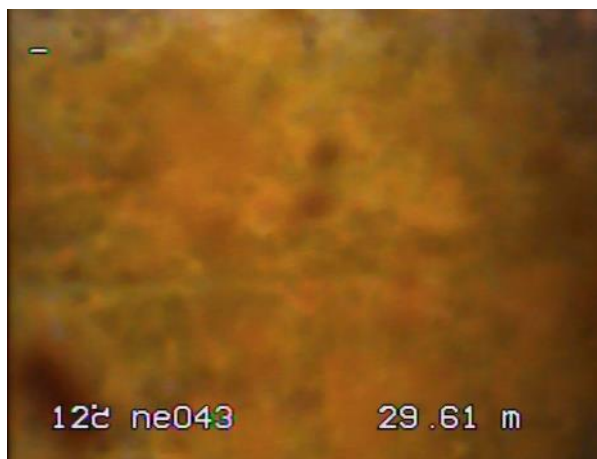
Dépôts généralisés



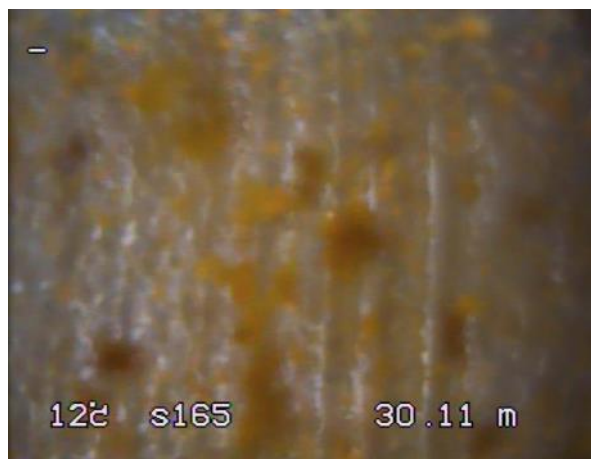
Dépôts moins important – Tubage acier visible



Dépôts généralisés à partir de 23 mètres/repère



Jonction soudée – Dépôts importants



Vue du tubage acier Ø 140 mm

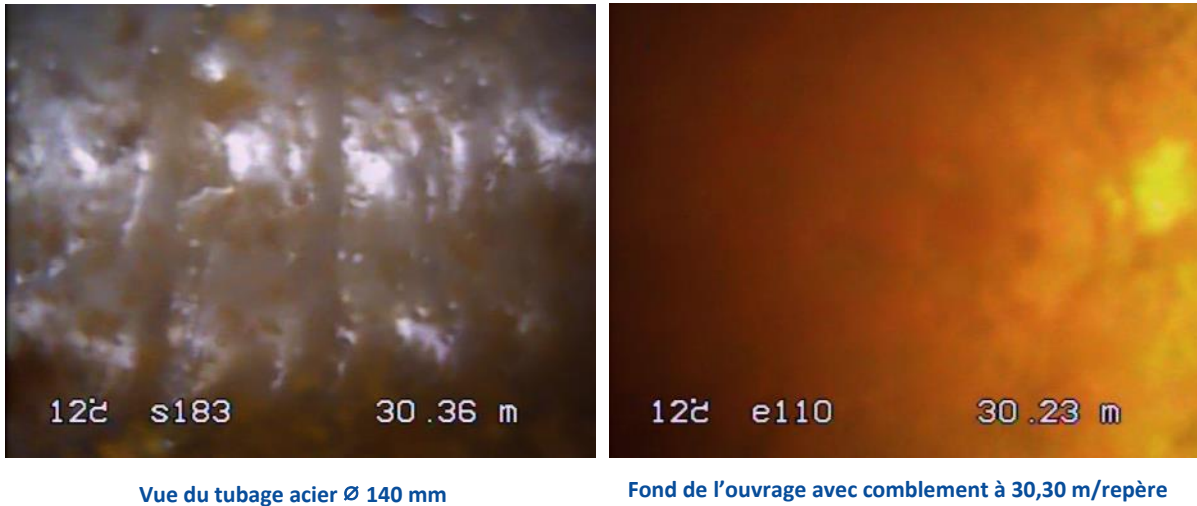
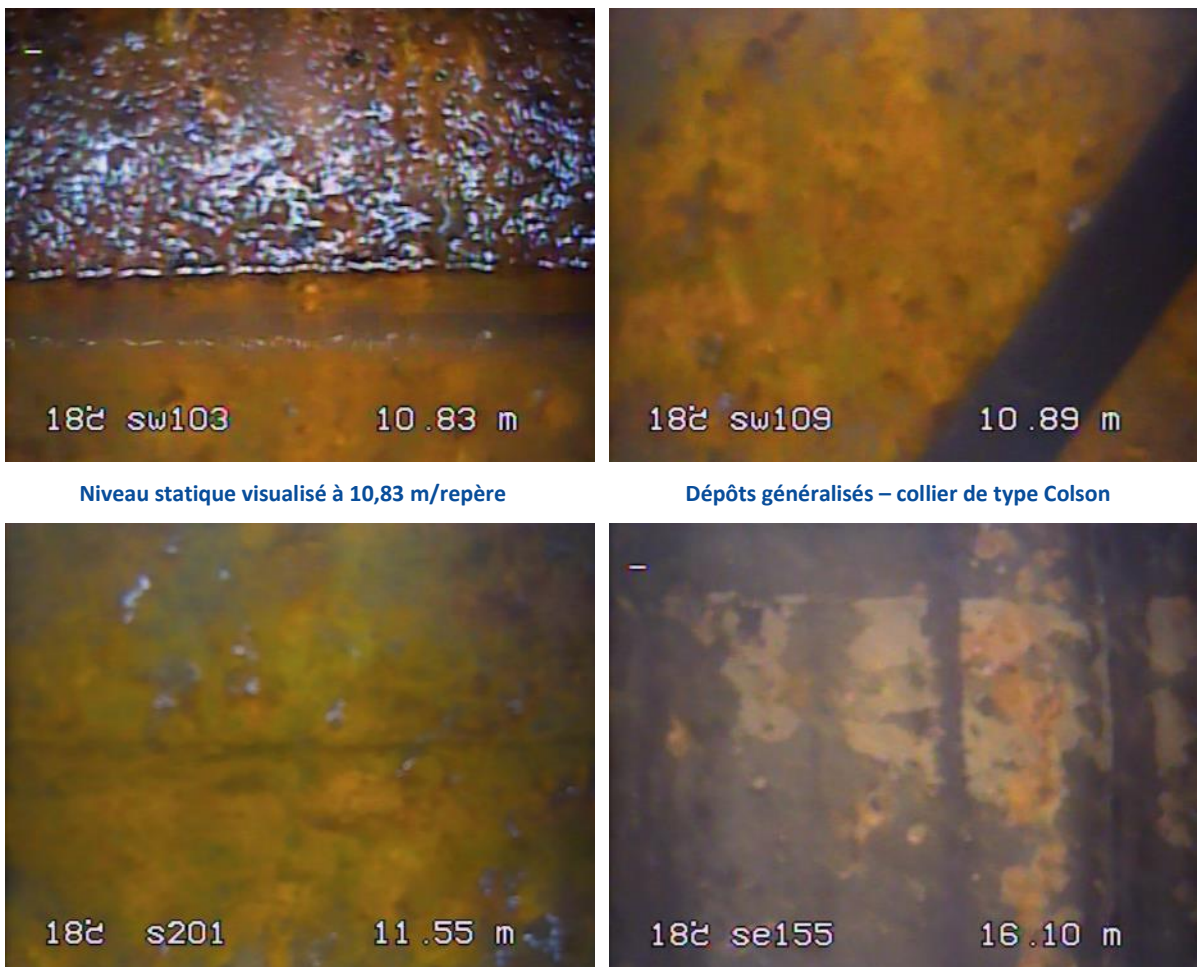


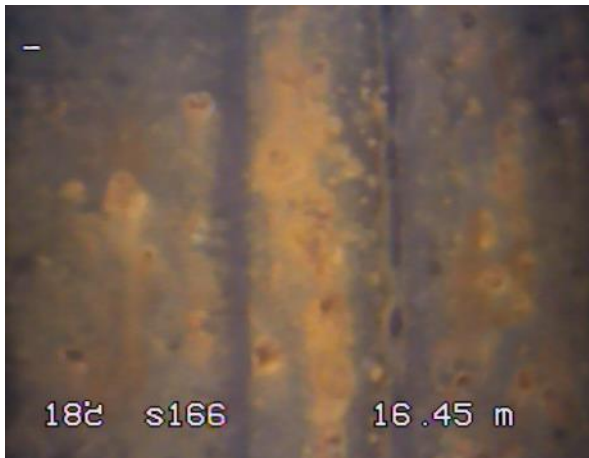
Figure 12 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F2 du 25/09/2023, avant pompage et sous le niveau statique

4.4.2. Après pompage

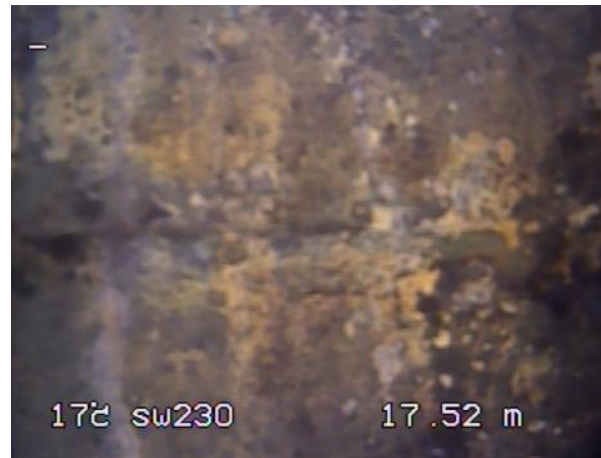
Si l'inspection vidéo du 02/10/2023, après les essais par pompage, a révélé une eau toujours chargée de particules en suspension, elle a permis de visualiser les crépines ainsi que l'état général de l'ouvrage.



Vue rapprochée de la jonction soudée – dépôts importants



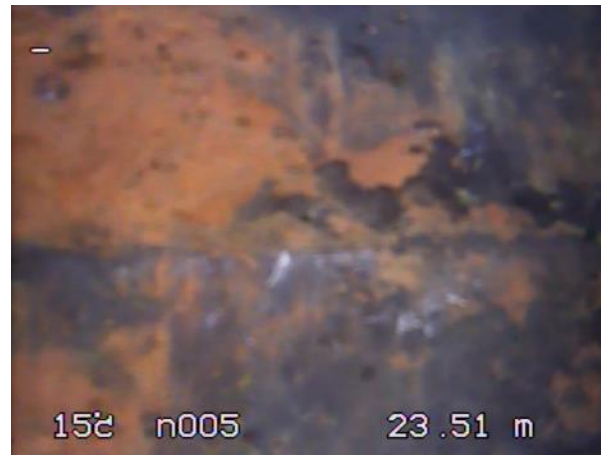
Fentes verticales visibles à 16,10 m/repère avec de légers dépôts



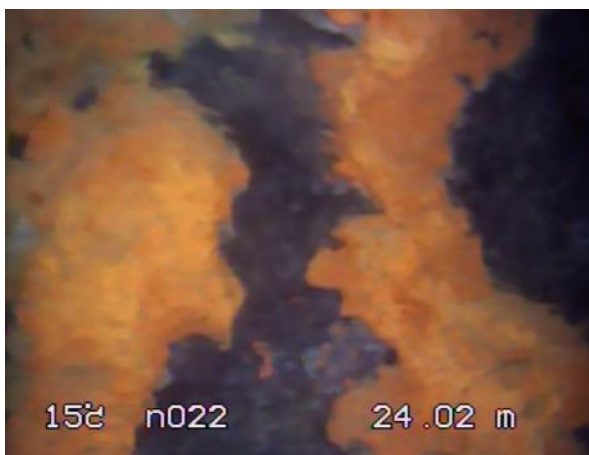
Fentes verticales visibles à 16,45 m/repère avec des dépôts



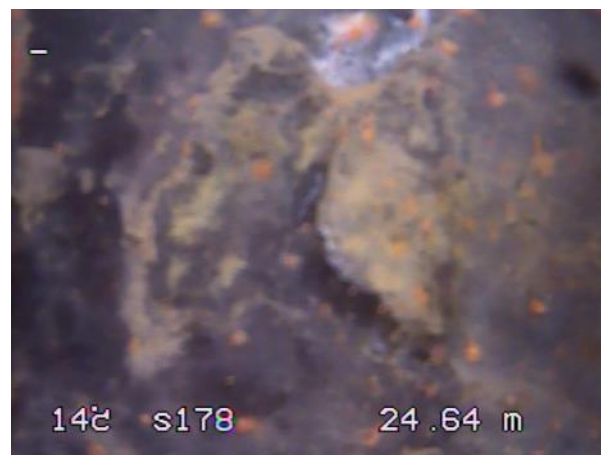
Vue rapprochée de la jonction soudée – dépôts faibles



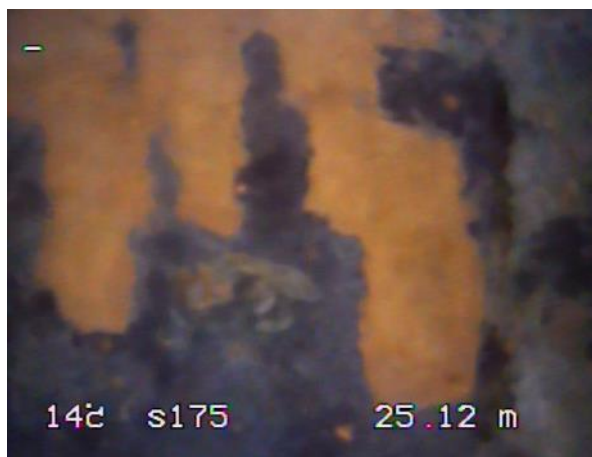
Vue rapprochée du tubage acier altéré et des dépôts à gauche de l'image



Vue rapprochée de la jonction soudée – dépôts



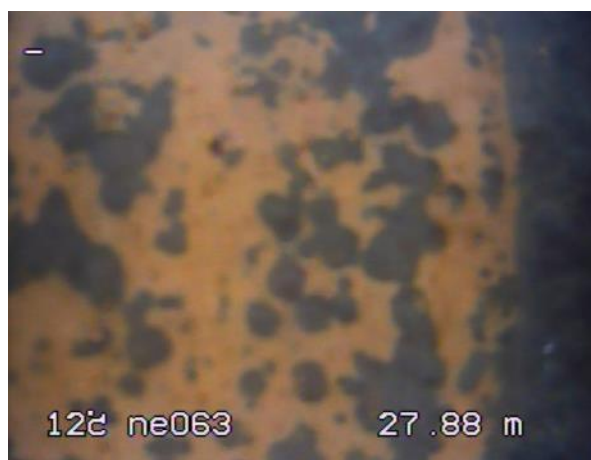
Vues rapprochées du tubage acier altéré



Suspicion de crépines altérées



Vue rapprochée de l'altération du tubage acier



Vues rapprochées de l'altération du tubage acier – dépôts importants de couleur rouille et noirâtre



Crépine obstruée par des éléments grossiers



Jonction verticale et horizontale soudée avec de légers dépôts de couleur rouille et noirâtre

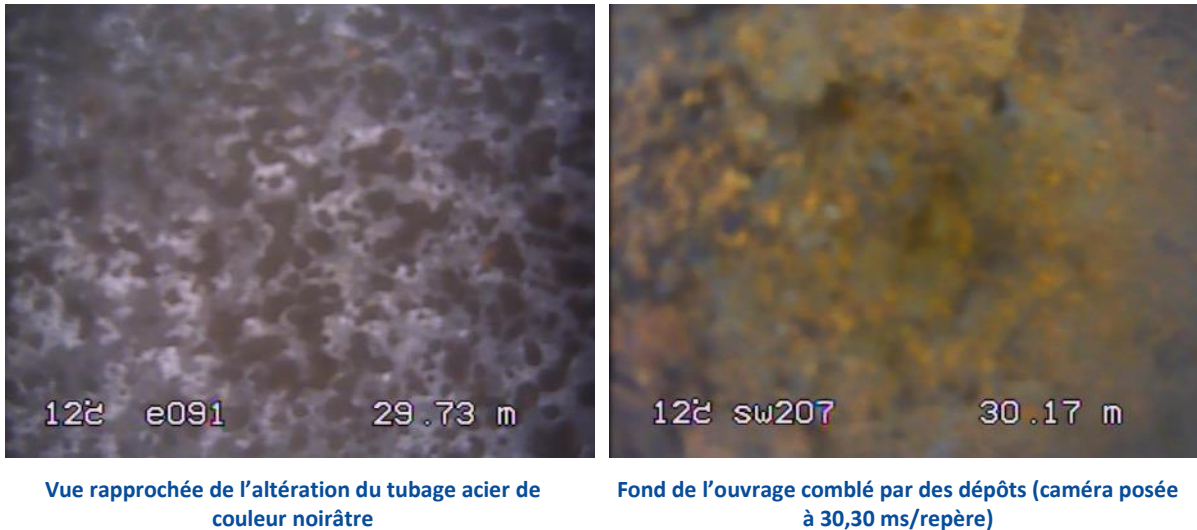


Figure 13 : Captures d'images de l'inspection vidéo sur F2 du 02/10/2023, après pompage et sous le niveau statique

La coupe schématique du forage F2 a donc pu être établie à la suite de l'inspection vidéo du 02/10/2023 et se présente ainsi :

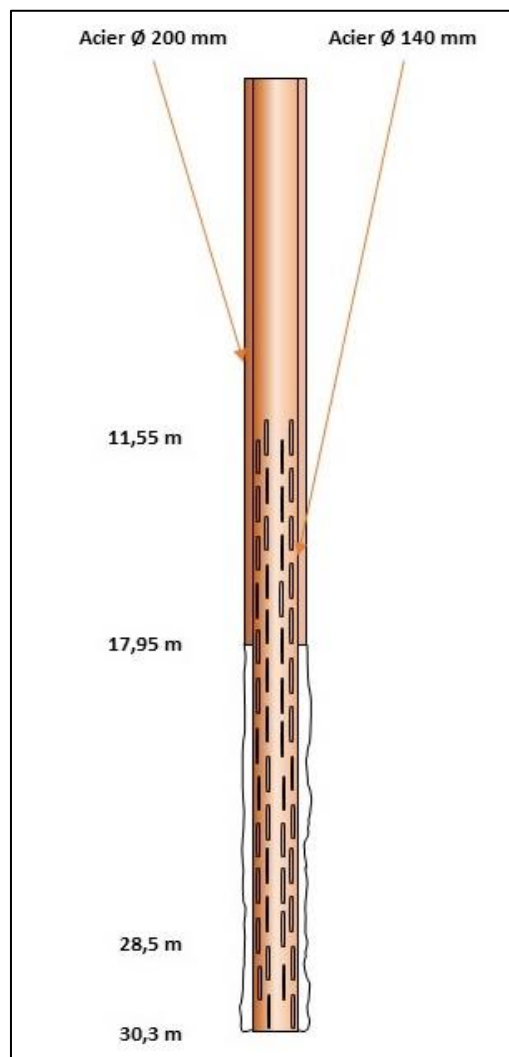


Figure 14 : Coupe schématique du forage F2 déduite de l'inspection vidéo 02/10/2023

4.4.3. Synthèse du diagnostic du forage F2

En résumé, les deux inspections vidéo sur le forage F2 ont permis de visualiser :

- Le tubage acier plein de \varnothing 140 mm de 0 à environ 15 mètres, très oxydé, avec :
 - Des jonctions soudées en bon état ;
 - Des dépôts généralisés aux alentours de 9,45 m jusqu'au niveau statique. Au-delà, des dépôts très importants sont observés jusqu'au fond de l'ouvrage ;
- Un niveau statique proche de 10,40 m/repères le 02/10/2023 ;
- La section crépinée, qui semble débuter à environ 11,55 m/repère, est difficilement observable. Composée d'un tubage avec des fentes verticales, elle semble endommagée par la corrosion du tubage acier et partiellement à quasi totalement obstruée par les dépôts. On n'observe pas de massif filtrant entre le terrain et la section crépinée ;
- La corrosion de l'acier semble importante sur les 5 derniers mètres de l'ouvrage, soit à partir de 25 m/repères ;
- Le fond du forage est observé à 30,30 m/repère, en cohérence avec la profondeur indiquée par SUD FORAGES ayant réalisé le forage en 2010.

Conclusion : le forage est en très mauvais état et nécessite à minima un nettoyage afin de mieux apprécier son état général avec une nouvelle inspection vidéo après nettoyage.

5. Pompage d'essais sur F1 et F2

5.1. Essai de puits - Pompage par paliers

5.1.1. Caractéristiques techniques

Les essais ont été réalisés avec une pompe de test fournie et installée par l'entreprise HYDRAU ELECT, en condition de basses eaux.

Les caractéristiques techniques principales sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Caractéristique des points d'eau contrôlés

Points d'eau contrôlés	F1	F2
Profondeur du forage (issue des inspections réalisées)	21,76 m	30,30 m
Niveau statique initial	6,80 m/repère	11,66 m/repère
Référence	Sommet tube guide sonde soit +0,12 m/bride	Sommet tube guide sonde soit +0,12 m/bride
Distance entre les deux ouvrages	~ 63 m	
Profondeur d'immersion de la pompe	15 m/bride	24 m/bride
Alimentation électrique	Réseau	
Mesure du débit	Débitmètre électromagnétique KROHNE	
Mesure du niveaux	Acquisition automatique au pas de temps de 2 minutes	
Point de rejet des eaux d'exhaure	Bassin étanche de gestion des eaux de la scierie	

5.1.2. Méthode

Le pompage par paliers de débits croissants a 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 (effets Skin) qui sont relatifs à la formation aquifère en périphérie de l'ouvrage ;
- de déterminer le débit critique des ouvrages. Ce débit critique théorique 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 somme de deux termes de :

- la réponse de l'aquifère à la sollicitation, fonction de la transmissivité des terrains et du coefficient d'emménagement ;
- l'effet Skin correspondant à un développement du puits proche (effet skin négatif) ou à son colmatage (effet skin positif).

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

5.1.3. Résultats

Les forages d'exploitation F1 et F2 ont fait l'objet d'un pompage par paliers respectivement les 03/10/2023 et 26/09/2023 (Cf. Tableau 6).

A noter, malgré leur proximité et une altitude proche, une nette différence de niveau statique sur les deux ouvrages (6,80 et 11,66 m/repères), témoignant d'une possible compartimentation des formations schisteuses.

Pour F1, des paliers d'une durée de 1 heure à des débits d'environ 10, 15 et 20 m³/h ont été réalisés, avec des remontées intermédiaires de 1 heure, de même que pour F2, avec des paliers d'environ 5, 10 et 7 m³/h.

Les eaux d'exhaures de F1 sont rapidement devenues claires contrairement aux eaux d'exhaures du forage F2 qui étaient très turbides. A partir de 10 m³/h, elles présentaient des éléments de 2 à 3 mm (Cf. Figure 15).



Figure 15 : Eléments retrouvés dans les eaux d'exhaures au cours des essais par paliers sur F2 (photographie Antea Group du 26/09/2023)

Les valeurs de rabattement à l'issue de chaque palier (à durées égales), ainsi que les débits correspondants sont reportés dans le tableau ci-après.

Tableau 6 : Résultats des essais par paliers d'une heure sur F1 et F2

Ouvrage		F1			F2		
Paliers		1	2	3	1	2	3
Débit	Q (m ³ /h)	10,0	15,4	20,5	5,0	7,0	10,0
Rabattement	S (m)	0,88	1,53	2,22	0,93	1,38	2,20
Rabattement spécifique	s/Q (m/m ³ /h)	0,0884	0,0995	0,1084	0,186	0,1969	0,2199
Débit spécifique	Q/s (m ³ /h/m)	11,36	10,06	9,23	5,37	5,07	4,55

Les évolutions de débit et du niveau piézométrique sur F1 puis sur F2 sont représentées ci-après.

Les trois paliers réalisés pour F1 ne montrent pas de tendance à la stabilisation. Les rabattements restent modérés et la hauteur d'eau au-dessus des pompes conséquentes.

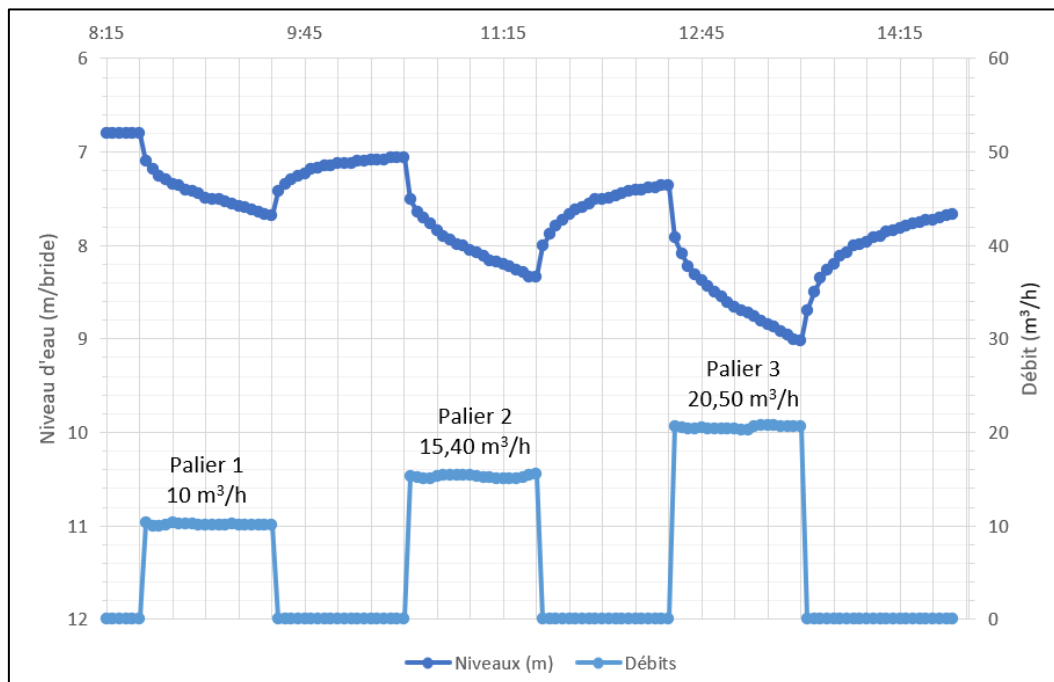


Figure 16 : Essais par paliers – Evolution du niveau piézométrique sur F1 le 03/10/2023

Sur F2, les paliers n'ont pas été réalisés de façon croissante. En effet, les deux premiers paliers à 5 et 10 m³/h ont présenté des niveaux stabilisés. Le troisième palier a alors été lancé à un débit à 15 m³/h, mais a rapidement été perturbé. L'eau d'exhaure très chargée a provoqué un dysfonctionnement de la pompe et de fortes fluctuations du débit. Le dernier palier a ainsi été réduit de 15 à 7 m³/h.

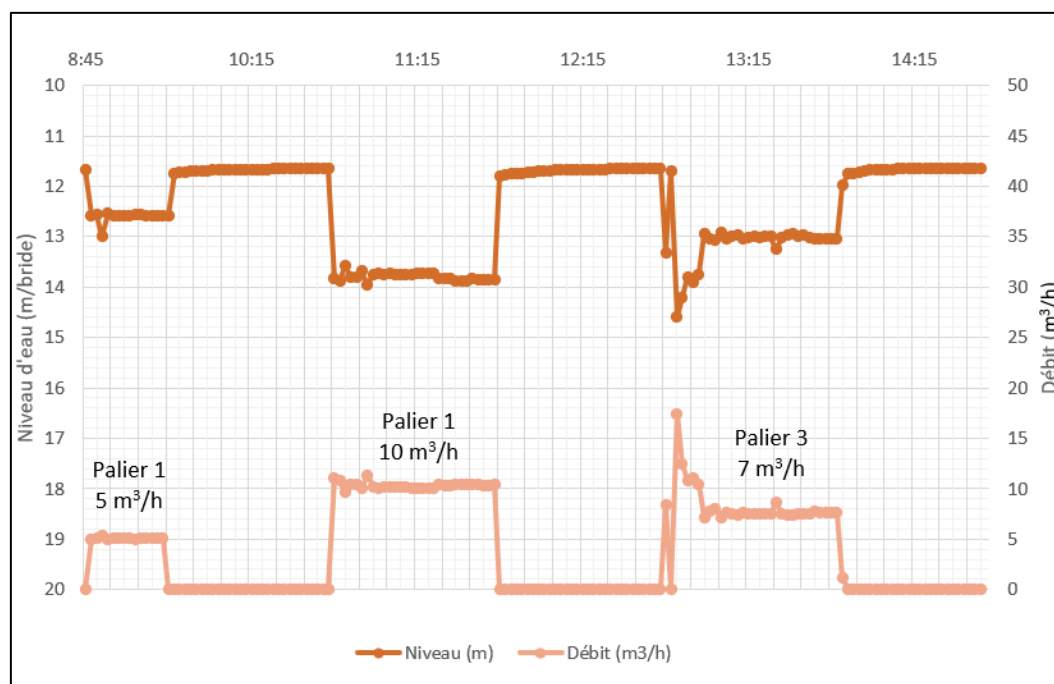


Figure 17 : Essais par paliers – Evolution du niveau piézométrique sur F2 le 26/09/2023

5.1.4. Interprétation – Courbe caractéristique

L'interprétation des essais est présentée sur les graphiques ci-après. L'ajustement est de bonne qualité. Les pertes de charge calculées sont les suivantes :

Tableau 7 : Pertes de charge sur les forages F1 et F2

	F1	F2
B (pertes de charges linéaires liées à l'aquifère capté)	248 s/m ²	543 s/m ²
C (pertes de charges quadratiques liées à l'équipement du forage)	25 068 s ² /m ⁵	88 966 s ² /m ⁵

Ces résultats amènent les commentaires suivants :

- Les termes B sont élevés, signalant un réservoir moyennement productif. Les deux forages présentent des valeurs qui diffèrent, ce qui s'explique compte tenu de leur conception différente malgré la faible distance les séparant.
- Les termes C sont élevés à forts, signalant une mauvaise liaison aquifère/forage, les crépines (fente, ouverture et slot inconnus) étant peu performantes et moyennement adaptées à la nature du réservoir notamment à cause de leur colmatage.

5.1.5. Détermination du débit critique théorique

Le débit critique est le débit maximal pouvant parvenir d'un aquifère à un puits de pompage en écoulement laminaire, sans dépassement de la vitesse critique. En pratique, c'est le débit pompé au-delà duquel il y a un risque de détérioration de l'ouvrage et des pompes car l'écoulement devient turbulent. La norme NF 10-999 considère que la définition du débit critique repose sur l'égalité des pertes de charges linéaires et quadratiques, ce qui reste discutable, notamment en l'absence de données sur le pourcentage des crépines et répartition des venues d'eau (micromoulinet).

L'application de cette règle pour F1 est présentée par le graphique ci-dessous : le débit critique théorique serait de 38 m³/h.

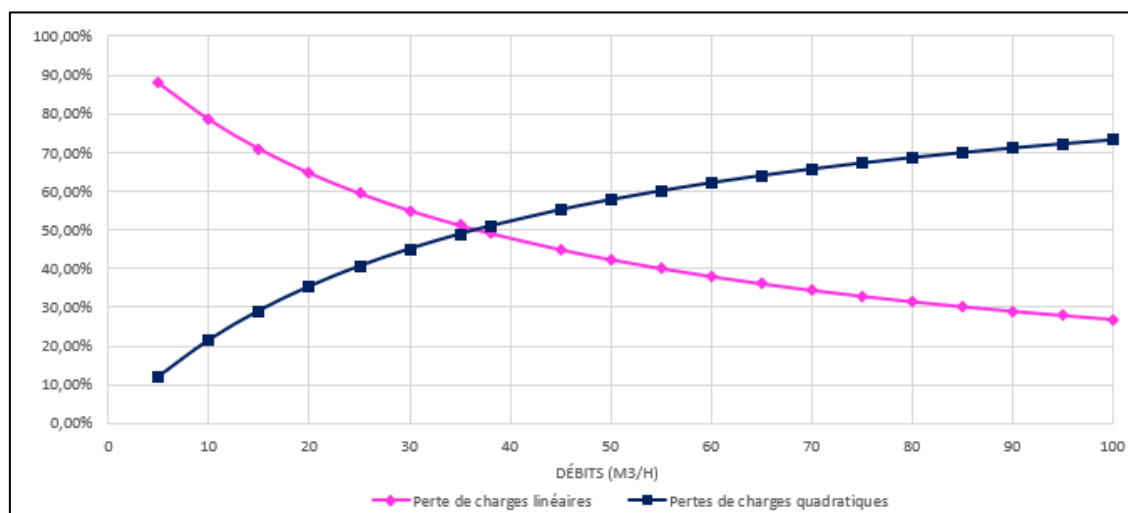


Figure 18 : Pertes de charges calculées sur F1

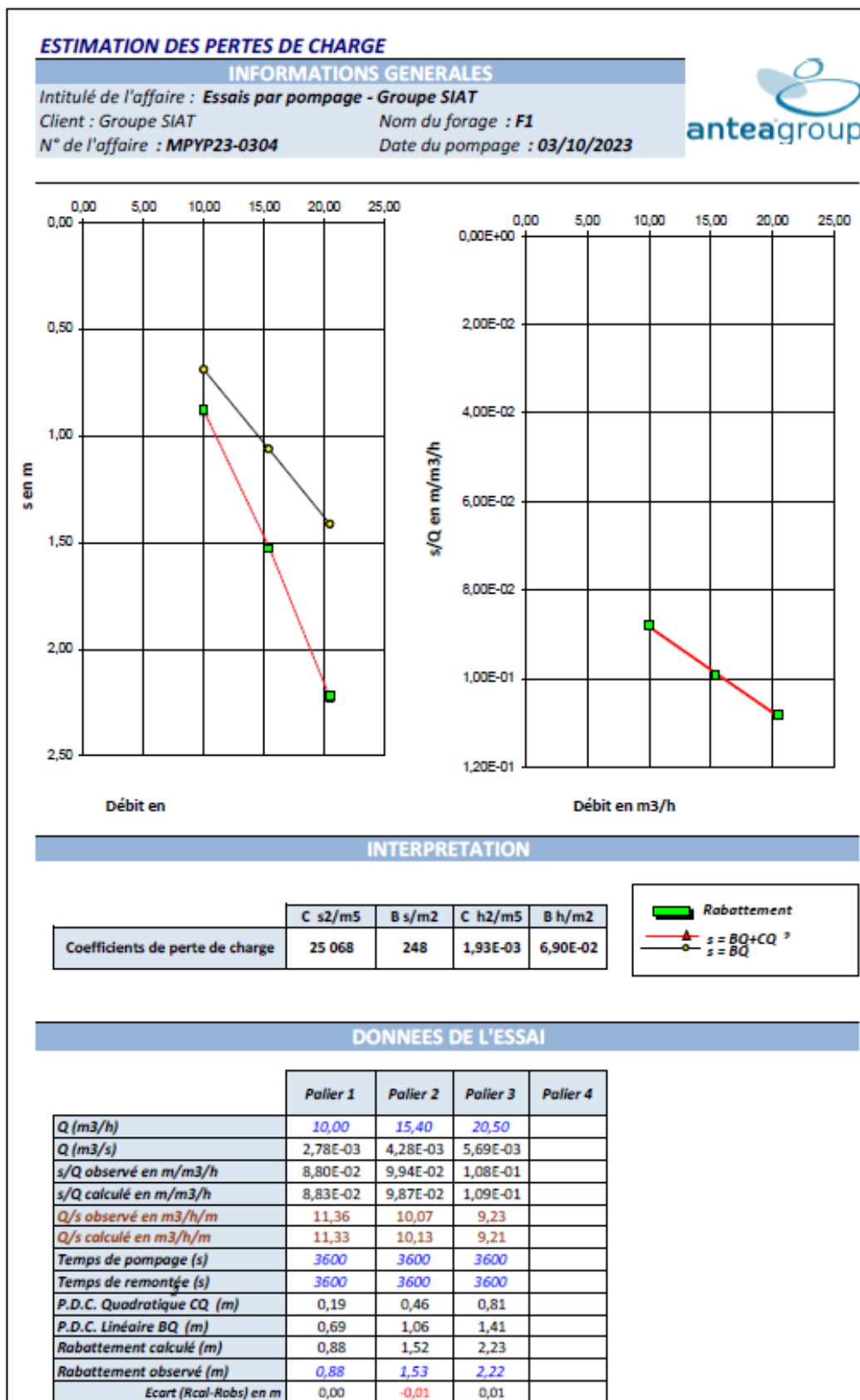


Figure 19 : Interprétation des essais par paliers sur F1

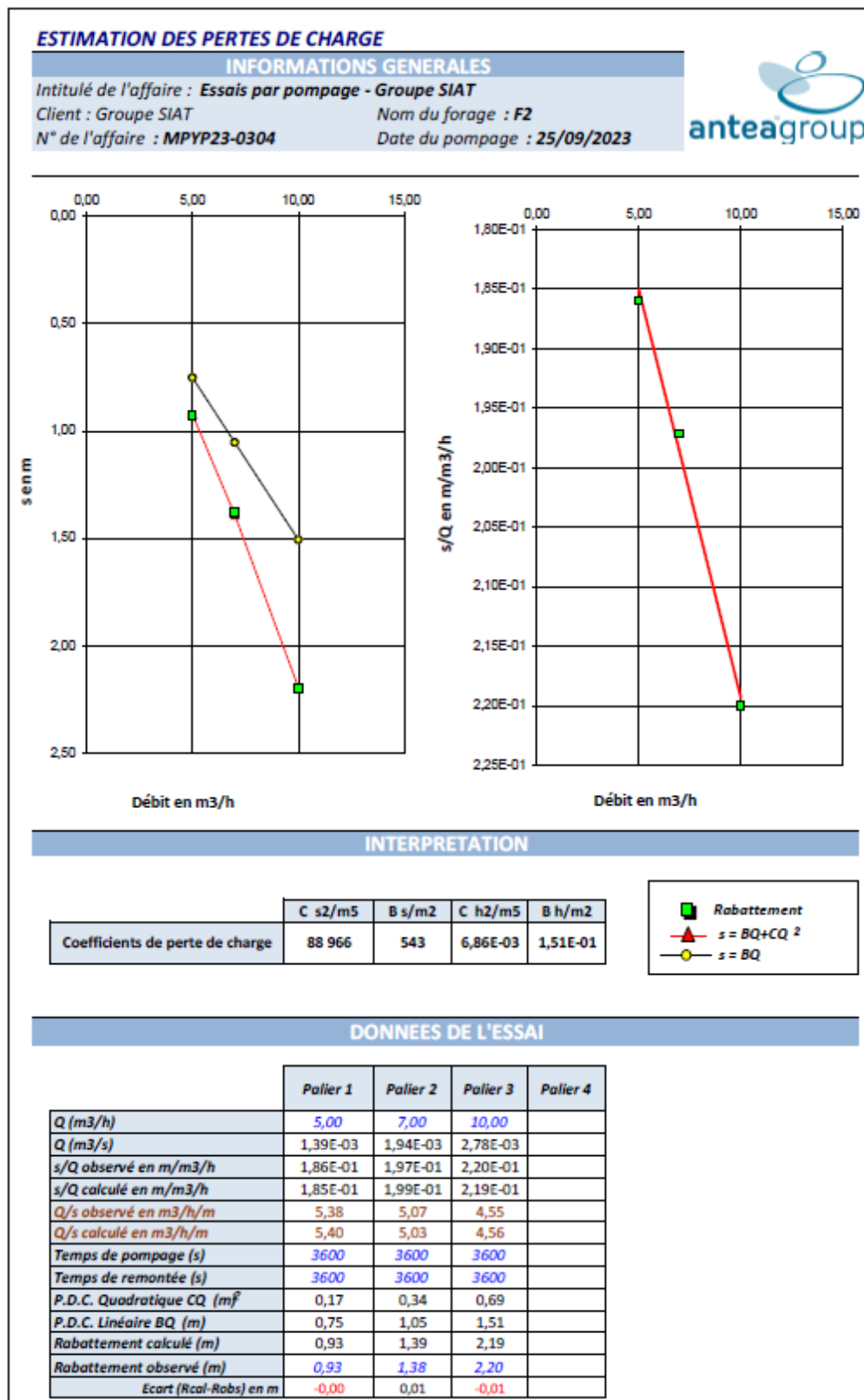


Figure 20 : Interprétation des essais par paliers sur F2

L'application de cette règle pour F2 est présentée au graphique ci-dessous : le débit critique théorique serait de l'ordre de 22 m³/h.

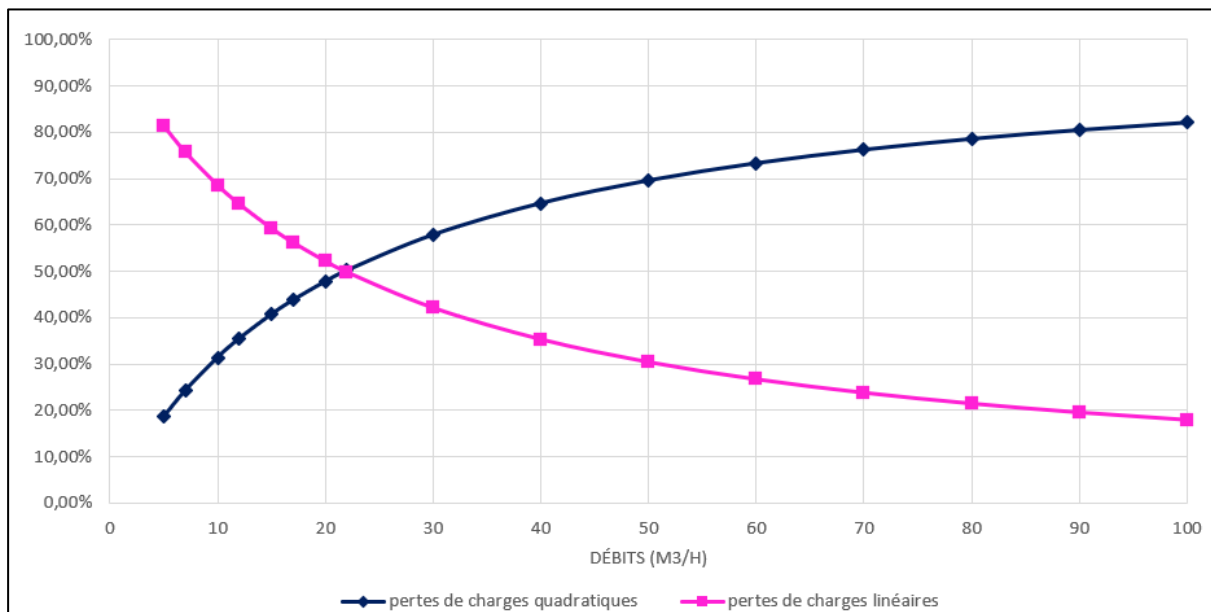


Figure 21 : Pertes de charges sur F2

Pour les débits critiques théoriques obtenus, les débits spécifiques sont très corrects pour le type de formation exploitée sur les deux ouvrages (9,23 m³/h/m pour F1 et 4,55 m³/h/m pour F2). Pour le forage F1, ces données sont conformes à ce que l'on peut attendre de ce type de réservoir et d'un ouvrage assez bien conçu malgré d'importants dépôts. Toutefois, les données de F2 montrent que l'ouvrage n'est pas en bon état.

5.1.6. Conclusions et recommandations

Sur la base de la recommandation théorique d'égalité des pertes de charges, il est préconisé de ne pas exploiter un ouvrage au-delà du débit impliquant 50 % du rabattement lié aux pertes de charges quadratiques, soit dans le cas présent, 38 m³/h pour F1 et 22 m³/h pour F2.

Néanmoins, les valeurs obtenues pour les pertes de charges quadratiques liées à l'équipement des ouvrages étant significativement élevées, révèlent le mauvais état des deux ouvrages et plus particulièrement celui de F2.

Ainsi, au vu de l'état général des deux ouvrages et des valeurs obtenues des pertes de charges quadratiques, il est recommandé de ne pas exploiter les ouvrages au-delà de 20 m³/h pour F1 et 10 m³/h pour F2.

5.2. Essai de nappe - Pompages longue durée sur F1 et F2

5.2.1. Méthode

L'objectif de cet essai est d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité et coefficient d'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 stocke. Il est sans dimension.

Ce type d'essai permet en outre de mettre en évidence la présence de limites d'alimentation ou de limites étanches qui conditionnent l'évolution des niveaux à long terme lors de l'exploitation.

L'interprétation des données a été réalisée à l'aide du **logiciel OUAIP** développé par le BRGM en adoptant le **modèle de THEIS** en première approche. Ce dernier est basé sur les hypothèses d'un milieu poreux, homogène, isotrope et d'extension infinie.

En seconde approche, la **méthode de Hantush** a aussi été appliquée. Elle permet des simulations en nappe semi-captive alimentée par une nappe sus-jacente à travers une éponte semi-perméable, adaptée à l'aquifère testé. En début de pompage, la courbe est similaire à celle de Theis, puis l'influence de la drainance se manifeste par une tendance à la stabilisation de la courbe de descente, de la même manière qu'un effet de limite alimentée (une drainance correspondant à une réalimentation du réservoir).

Ces méthodes d'interprétation sont appliquées à des milieux poreux, homogènes et isotropes, ce qui n'est pas le cas des formations schisteuses rencontrées au droit du site. Cependant, elles permettent d'approcher les caractéristiques des formations exploitées sur le site.

5.2.2. Déroulement des essais

Les essais de nappe ont été réalisés sur les forages F1 et F2 respectivement du 03 au 06/10/2023 et du 26 au 28/09/2023, par l'entreprise HYDRAU ELECT, sous le pilotage d'Antea Group.

Les essais se sont déroulés en condition de basses eaux avec les pompes de tests fournies par HYDRAU ELECT.

5.2.3. Essai par pompage de longue durée sur F1

5.2.3.1. Observations

L'essai de nappe sur le forage F1 a débuté le 03/10/2023 à 14h42. Il a consisté à pomper dans le forage à un débit moyen de $10,4 m^3/h$. Au vu de la rapide stabilisation et du faible rabattement obtenu, le débit a été augmenté à $17,0 m^3/h$. L'essai a alors été rallongé de 24h afin de pomper à ce débit pendant 48h environ, durée et débit qui se sont avérés suffisants pour obtenir les résultats attendus.

Au cours du pompage, le niveau de la nappe a été contrôlé sur le forage par des mesures automatiques et manuelles de manière ponctuelle (Cf. Figure 22). Après l'arrêt du pompage, la remontée du niveau d'eau dans le forage a également été mesurée sur environ 3 jours.

Au démarrage du pompage à 10,4 m³/h sur F1, le niveau d'eau baisse nette de l'ordre de 0,39 m en 10 minutes (soit 22 % du rabattement total au débit de 10,4 m³/h), puis s'amortit très rapidement. Il a donc été choisi par la suite d'augmenter le débit à 17,0 m³/h. Le même phénomène se répète avec une diminution rapide en début puis le niveau s'amortit pour ensuite se stabiliser jusqu'à la fin du pompage. A ce débit, le niveau baisse de 0,35 m en 10 minutes soit 9 % du rabattement total. Après l'arrêt de pompage, la remontée du niveau est assez lente : 0,82 m en 10 minutes, soit 22 % du rabattement total. Le niveau remonte ensuite davantage progressivement pour atteindre le niveau initial 15 heures après l'arrêt du pompage.

Il est à noter que le niveau est plus haut de 0,75 m après le pompage. En effet, l'essai de nappe débute avec un niveau à 7,66 m/repère et se termine à 6,91 m/repère. Cette évolution montre la présence probable d'une alimentation importante par les colluvions sus-jacente, formation aquifère alimentée par les arrosages permanents sur le site. Les prélèvements sur le forage F2 ont dû être relancés le 06/10/2023, pour assurer l'activité du site.

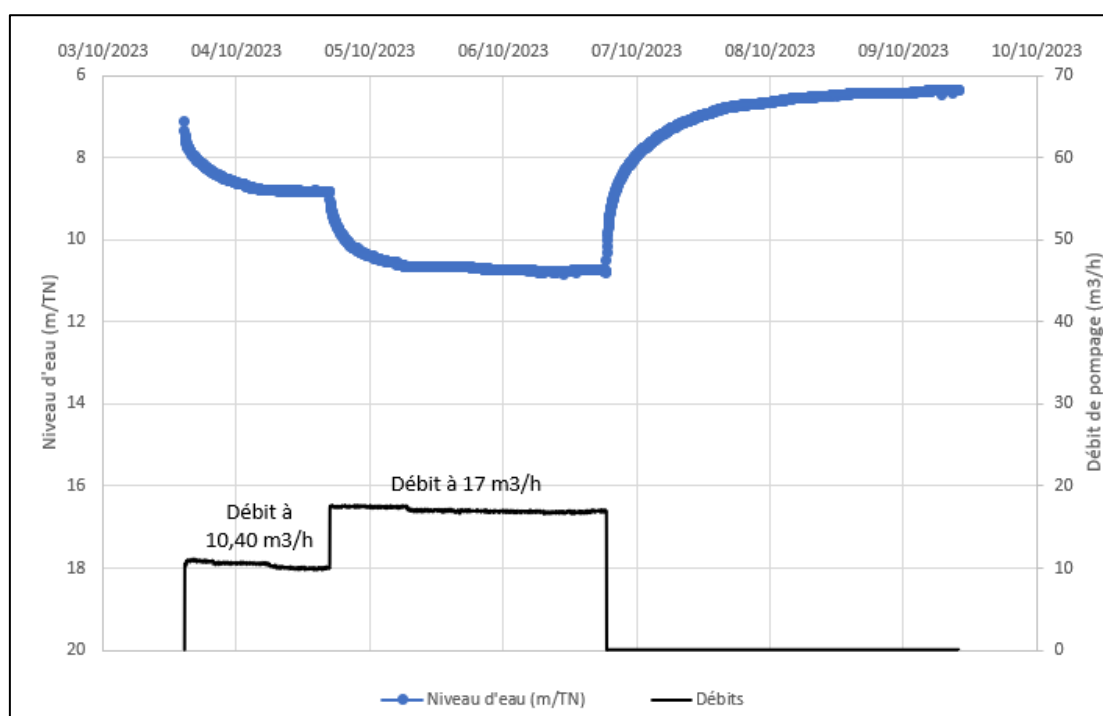


Figure 22 : Suivi du niveau d'eau dans le forage F1 au cours de l'essai longue durée (03 au 06/10/2023)

5.2.3.2. Interprétations

Le pompage à 17,0 m³/h pendant 48 h, a engendré un rabattement dans le forage de 3,74 m, représentant 26 % de la hauteur d'eau dans l'ouvrage. Ces premières informations démontrent une bonne productivité de la nappe captée, durant la période de réalisation des essais par pompage.

Les résultats de l'essai permettent d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère capté : la transmissivité (T) caractérise l'aptitude de l'aquifère à faire transiter l'eau. C'est le produit de la perméabilité (K) par l'épaisseur productive de l'aquifère (e). Elle s'exprime en m²/s.

Les valeurs de ces paramètres ont été calculées à l'aide de la méthode de Theis et Hantush :

Tableau 8 : Caractéristiques hydrodynamiques calculées de l'aquifère intercepté par F1

Modèle	F1	
	Theis	Hantush
Epaisseur de nappe captée	14 m	
Transmissivité (T)	$5,9.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$4,4.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Perméabilité (K)	$4,2.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	$3,1.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Emmagasinement	2.10^{-2}	$1,1.10^{-2}$
Pertes de charges quadratiques	$3,2.10^4 \text{ s}^2/\text{m}^5$	$6.10^4 \text{ s}^2/\text{m}^5$
Skin effect	-0,53	- 0,73

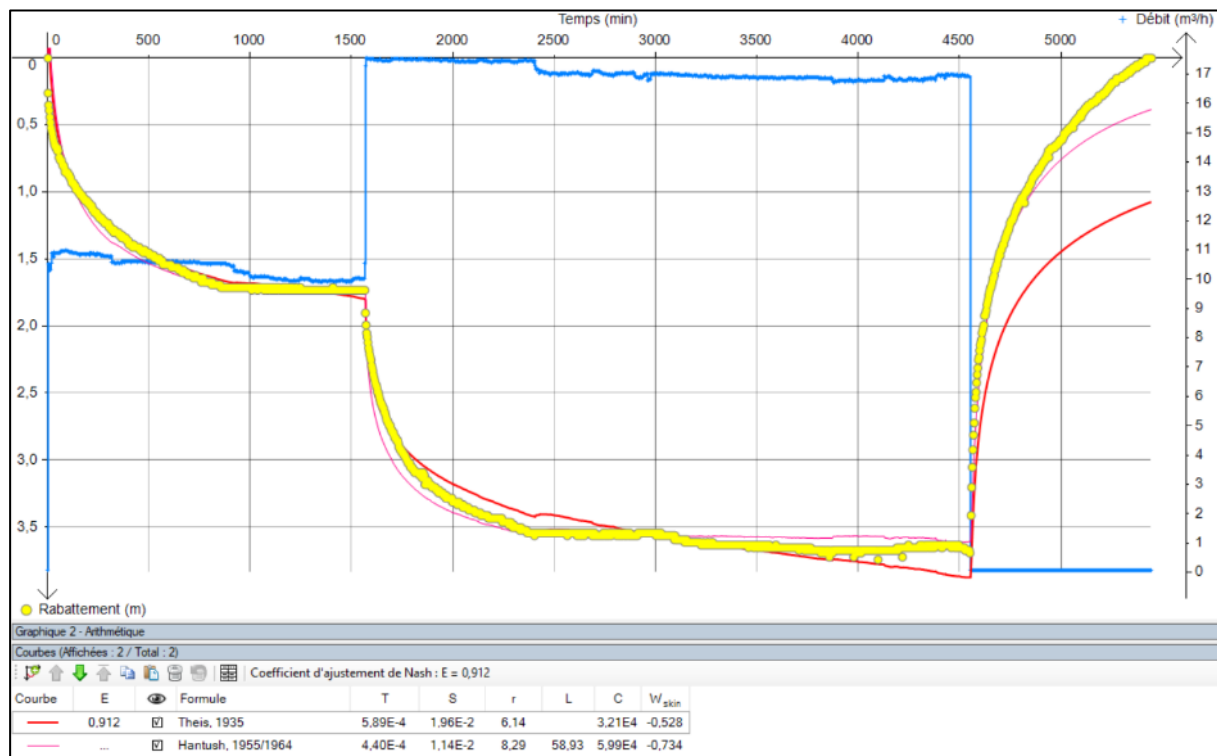


Figure 23 : Interprétation de l'essai de nappe sur F1 à l'aide du logiciel OUAIP

La valeur de transmissivité déterminée, de l'ordre de $4.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, est cohérente avec la géologie en place. Cette valeur est représentative d'un aquifère assez transmissif.

Le calage avec le modèle Theis ne permet pas de représenter la fin de la courbe de remontée, ni la courbe de descente. Au vu de la présence de la nappe à la base des colluvions justifiant une limite alimentée, un second calage a été réalisé avec le modèle de Hantush (drainance) en considérant les colluvions, en retenant une perméabilité de terrains « semi-perméable ». L'ajustement est alors de meilleure qualité et la courbe de remontée est mieux simulée. Il y aurait donc un phénomène de drainance depuis le niveau supérieur des colluvions vers le niveau schisteux exploité par F1.

On notera par ailleurs que :

- Le coefficient d'emmagasinement de 0,01 présente une valeur correspondant à une nappe libre ;
- L'effet skin ici de -0,73 et -0,53 indique une réduction faible du rabattement et un début de développement du puits.

Ainsi, la nappe captée au droit du forage F1 présente des valeurs de perméabilité et de transmissivité relativement bonnes, pour les formations interceptées, en cohérence avec le débit de pompage mis en œuvre.

5.2.4. Essai par pompage de longue durée sur F2

5.2.4.1. Observations

L'essai de nappe sur le forage F2 a débuté à 14h39 le 26/09/2023. Il a consisté à pomper dans le forage à un débit moyen de 10,6 m³/h pendant 48 h.

Au cours du pompage, le niveau de la nappe a été contrôlé sur le forage par des mesures automatiques et manuelles de manière ponctuelle (Cf. Figure 24). Après l'arrêt du pompage, la remontée du niveau d'eau dans le forage a également été mesurée sur environ 4 jours.

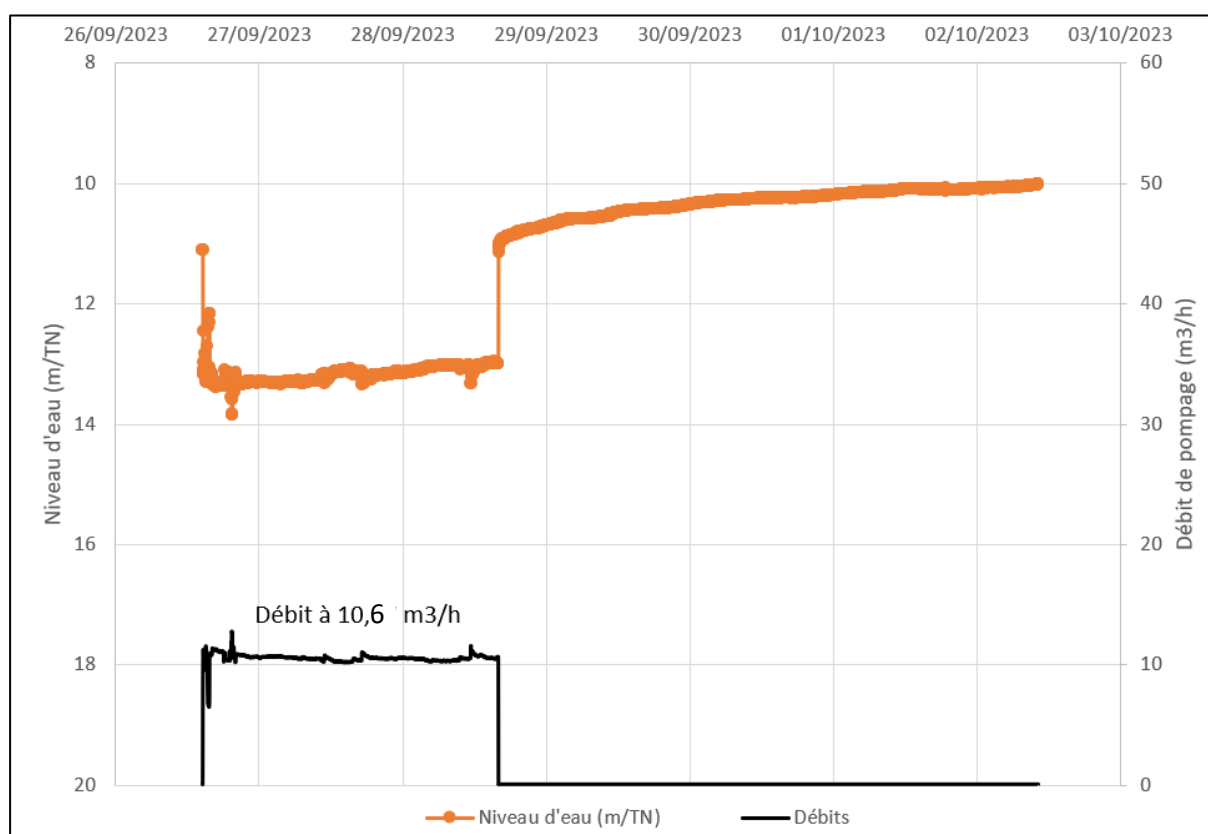


Figure 24 : Evolution du niveau d'eau sur F2 durant l'essai de nappe

Au démarrage du pompage à 10,6 m³/h sur F2, le niveau d'eau baisse très rapidement de l'ordre de 2 m en 10 minutes (soit 73 % du rabattement total), puis s'amortit ensuite pour légèrement augmenter progressivement jusqu'à la fin du pompage. Cette augmentation apparait liée à la baisse progressive du débit, mais aussi pour une part à la recharge de la nappe.

La remontée du niveau d'eau dans le forage F2 est relativement rapide (récupération des pertes de charges) : 1,88 m en 2 minutes, soit 68 % du rabattement total. 4 minutes après l'arrêt du pompage seulement, le niveau a retrouvé le niveau initial.

Comme pour F1, il est à noter que le niveau est 1,10 m plus haut après le pompage. En effet, l'essai de nappe débute avec un niveau à 11,1 m/TN et se termine à 10,0 m/TN. Cette évolution montre la présence probable d'une alimentation importante par les colluvions sus-jacents, formation aquifère alimentée par les arrosages permanents sur le site.

5.2.4.2. Interprétations

Le pompage à 10,6 m³/h pendant 48 h, a engendré un rabattement maximal dans le forage de 2,74 m, représentant 15 % de la hauteur d'eau dans l'ouvrage. Ces premières informations démontrent une bonne productivité de la nappe captée, durant la période de réalisation des essais par pompage.

Les résultats de l'essai permettent d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère capté : la transmissivité (T) caractérise l'aptitude de l'aquifère à faire transiter l'eau. C'est le produit de la perméabilité (K) par l'épaisseur productive de l'aquifère (e). Elle s'exprime en m²/s.

Les valeurs de ces paramètres ont été calculées à l'aide de la méthode de Theis et Hantush :

Tableau 9 : Caractéristiques hydrodynamiques calculées de l'aquifère intercepté par F2

Modèle	F2	
	Theis	Hantush
Epaisseur de nappe captée	18,9 m	
Transmissivité (T)	9.10 ⁻³ m ² /s	8.10 ⁻³ m ² /s
Perméabilité (K)	4,8.10 ⁻⁴ m ² /s	4,2.10 ⁻⁴ m ² /s
Emmagasinement	1,0.10 ⁻²	2.10 ⁻²
Pertes de charges quadratiques	1.10 ⁵ s ² /m ⁵	7,7.10 ⁴ s ² /m ⁵
Skin effect	18,7	21,9

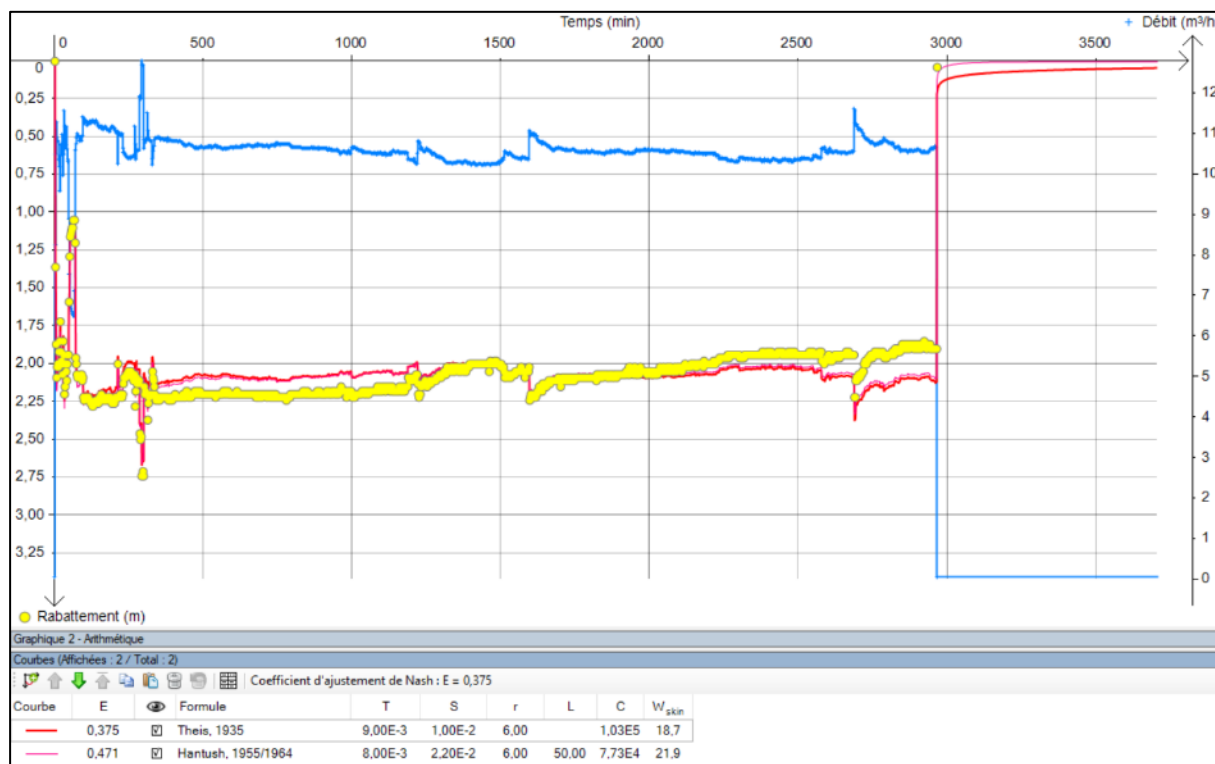


Figure 25 : Interprétation de l'essai de nappe sur F2 à l'aide du logiciel OUAIP

La valeur de transmissivité déterminée de l'ordre de $8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, est cohérente avec la géologie en place. Cette valeur est représentative d'un aquifère assez transmissif. La transmissivité calculée apparaît légèrement plus élevée que sur F1.

Les valeurs entre les deux modèles sont du même ordre de valeur sauf pour les pertes de charges quadratiques avec $7,73.10^4 \text{ s}^2/\text{m}^5$ avec le modèle de Hantush et $1,03.10^5 \text{ s}^2/\text{m}^5$ avec le modèle de Theis. Toutefois, le modèle de Hantush semble être le mieux adapté à cet essai de nappe. En effet, le calage avec le modèle Theis ne permet pas de représenter la fin de la courbe de remontée. Au vu de la présence de la nappe à la base des colluvions justifiant une limite alimentée, un second calage a été réalisé avec le modèle de Hantush (drainance) en considérant les colluvions et en retenant une perméabilité de terrains « semi-perméable ». L'ajustement est alors de meilleure qualité et la courbe de remontée est mieux simulée. Il y aurait donc un phénomène de drainance depuis le niveau supérieur des colluvions vers le niveau schisteux, comme dans le cas de F1.

On notera par ailleurs que :

- Le coefficient d'emmagasinement, de 0,01 à 0,02, présente une valeur de nappe libre.
- L'effet skin ici de 18,7 et de 21,9 indique un colmatage important de l'ouvrage.

Ainsi, la nappe captée au droit du forage F2 présente des valeurs de perméabilité et de transmissivité relativement bonnes pour les formations interceptées. Toutefois, l'ouvrage a limité le débit des essais par pompage à $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Au vu des résultats obtenus, dans le cas du forage F2, l'ouvrage est limitant en termes d'exploitation.

5.3. Synthèse des paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des essais par pompage

Les paramètres interprétés des opérations réalisées sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Synthèse des paramètres hydrodynamiques calculés lors des essais par pompage sur les forages F1 et F2

Ouvrage	F1	F2
Débit critique retenu	$20 \text{ m}^3/\text{h}$	$10 \text{ m}^3/\text{h}$
Pompage longue durée réalisé	$17 \text{ m}^3/\text{h}$ sur 48 h	$10,6 \text{ m}^3/\text{h}$ sur 48 h
Rabatement maximum mesuré	3,74 m	2,74 m
Transmissivité	$4,40.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Coefficient d'emmagasinement	1.10^{-2}	2.10^{-2}

A noter des valeurs ponctuelles de conductivité et température similaires sur les deux ouvrages, de l'ordre de $330 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $14,9^\circ\text{C}$.

6. Conclusion et perspectives

Le Groupe SIAT exploite, dans le cadre de son activité, deux forages présents sur son site à Le Bez (81). Afin d'exploiter au mieux les ouvrages en fonction de ses nouveaux besoins d'eau de process, le Groupe SIAT a souhaité effectuer un diagnostic de ces ouvrages.

Des inspections vidéo ont été réalisées sur les forages F1 et F2 et ont permis de mieux connaître l'équipement des ouvrages :

- Le forage F1 est tubé en acier plein de diamètre 170 mm jusqu'à environ 13 mètres, puis en acier crépiné avec des fentes verticales jusqu'à 20,66 m. Il semblerait que le reste de l'ouvrage soit en trou nu jusqu'au fond à 21,76 m.
- Le forage F2 est tubé en acier plein de diamètre 140 mm jusqu'à environ 15 m, puis en acier crépiné de fentes verticales jusqu'au fond de l'ouvrage à 30,20 m.

Il n'est pas possible de savoir si les tubages acier 220 et 200 mm sont cimentés à l'extrados.

L'oxydation généralisée des tubages acier et la présence de dépôts, de couleur ocre/rouille et noirâtre, importants et majoritairement généralisés ont été observées. Par conséquent, les crépines sont obstruées en majeure partie, rendant notamment la délimitation des parties pleines et crépinées imprécise. On n'observe pas de massif filtrant entre le terrain et la section crépinée.

Les raccords observés sont tous en bon état. Toutefois, certaines parties du tubage apparaissent obstruées voire très corrodées notamment sur le forage F2.

Les deux forages F1 et F2 sont ainsi en très mauvais état et nécessitent à minima un nettoyage afin de mieux apprécier leur état général avec une nouvelle inspection vidéo après nettoyage.

Concernant les pompes d'exploitation en place, elles étaient complètement recouvertes de dépôts et de concrétions noirâtres. En complément, il convient de noter que le câble d'alimentation de la pompe en place sur F2 est endommagé en plusieurs endroits et devra être changé.

Concernant l'équipement de pompage des forages, Antea Group recommande donc :

- De changer le câble d'alimentation de la pompe sur F2 ainsi que la boîte de jonction ;
- De changer la colonne d'exhaure actuellement en polyéthylène à bande bleue de diamètre 2 pouces, par une colonne en tuyau souple, ou rigide en PVC vissé, voire une colonne en inox à raccords rapides ;
- de mettre en place une sécurité fonctionnelle de niveau d'eau bas, soit par sonde de niveau, soit par électrode, avec jonction jusqu'à l'armoire de commandes ;
- De conserver les tubes guide-sonde ajoutés sur chaque forage à la suite des diagnostics.

Les tests de pompages menés sur les deux forages ont conclu à un mauvais fonctionnement des ouvrages qui possèdent des pertes de charges élevées en relation avec un colmatage important des crépines, notamment pour F2. Toutefois, dans ces conditions, **il paraît possible d'exploiter au débit maximal de 20 m³/h pour F1 et 10 m³/h pour F2.**

A noter qu'une surexploitation des ouvrages en leur état actuel mènerait à une accélération de la dégradation de la productivité des forages. Un nettoyage à très court terme est à mener, et conduira potentiellement à une réhabilitation des ouvrages.

Par ailleurs, il convient de préciser qu'une différence de niveau statique notable, de l'ordre de 4,90 m environ, a été observée entre les deux forages, témoignant d'une possible compartimentation des formations schisteuses, susceptible de générer des variations dans la productivité de l'horizon intercepté et capté par les forages.

Concernant les forages, compte tenu de leur état, Antea Group recommande :

- A minima un nettoyage par brossage avec une brosse nylon voire acier ;
- Un curage du fond du forage pour évacuer les dépôts puis un éclaircissement par air-lift afin d'obtenir une eau claire ;
- A l'issue de ce nettoyage, la réalisation d'une inspection vidéo des forages afin de contrôler l'état des tubages et des crépines.

En fonction de l'état constaté des forages, deux options se présentent :

- Si l'aspect général après nettoyage apparaît correct, les forages sont conservés tels quels et remis en exploitation ;
- Si les forages apparaissent en mauvais état, une réhabilitation peut être engagée avec :
 - o Tentative d'arrachage des colonnes acier 170 et 140 mm qui ne sont pas cimentées (espace annulaire libre jusqu'à respectivement 8,10 et 17,95 m sur F1 et F2) ;
 - o Recalibrage du forage avec des outils passant respectivement dans les tubages 220 et 200 mm ;
 - o Inspection vidéo pour observer l'état de la partie tubée et la nature du forage en trou nu ;
 - o Pose d'une colonne PVC 115/125 mm avec section crépinée (fentes de 1 mm) de 12 à 20 m pour F1 et de 18 à 30 m pour F2 (cf. Figure 26). Voir en fonction de la vidéo la nécessité de la mise en place d'un massif de graviers (siliceux roulé calibré 2/4 ou 2,5/5 mm voire plus) et d'une cimentation en tête.

Dans les deux scénarios, il est ensuite conseillé :

- La réalisation de tests de pompages pour évaluer la productivité des ouvrages après nettoyage ou réhabilitation ;
- La reprise de la tête des forages avec dalle étanche ;
- La reprise de la bride des forages.

Par ailleurs, pour permettre toute intervention ultérieure sur les forages, même pour un simple changement de pompe, l'accès aux têtes des ouvrages devra être laissé dégagé pour un poids lourd, et cela jusqu'à la dalle de la tête.

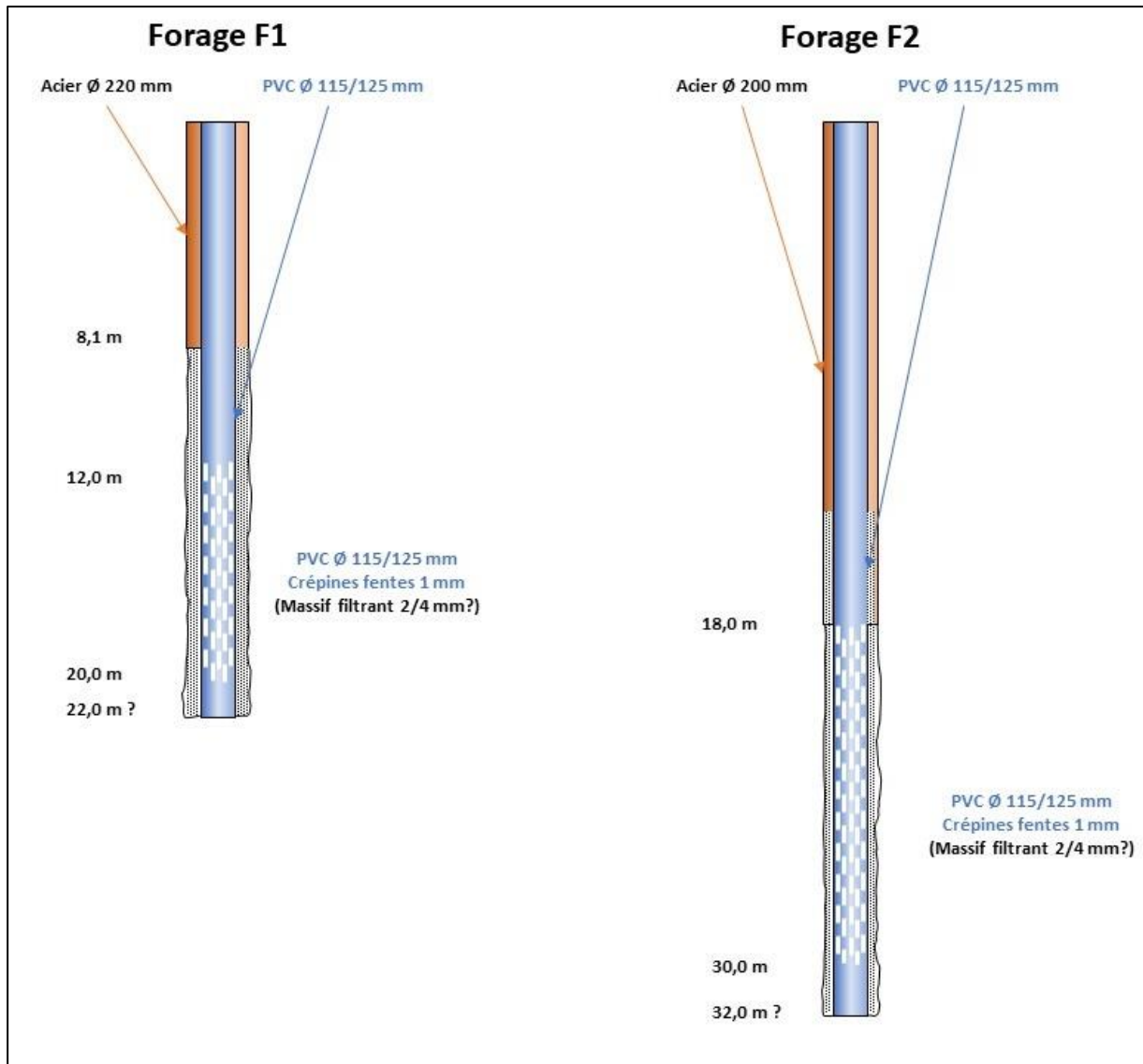


Figure 26 : Schéma d'un exemple de réhabilitation des forages F1 et F2 présents sur le site du groupe SIAT à Le Bez
(source : Antea Group)

Suite aux diagnostics réalisés, des tubes guides-sondes ont été mis en place sur F1 et F2 afin de pouvoir mesurer facilement le niveau d'eau dans les ouvrages à l'aide d'une sonde manuelle.
Par ailleurs, Antea Group a installé des capteurs piézométriques le 30/10/2023 pour une durée de 6 mois, afin de suivre l'évolution des niveaux d'eau sur cette période sur ces deux forages d'exploitation.

Préalablement aux travaux de nettoyage, voire de réhabilitation, puis des tests de pompage qui pourraient être menés, un dossier de déclaration relatif à la nomenclature EAU, devra être établi à l'attention de la DDT81 :

- d'une part pour déclaration des ouvrages (rubrique 1.1.1.0) ;
- d'autre part, pour régulariser les prélèvements dans le milieu souterrain (rubrique 1.1.2.0).

7. Conclusion non technique

Le Groupe SIAT avait initialement missionné Antea Group pour réaliser une étude hydrogéologique du site (Cf. Rapport n°A121520A de février 2023). Il avait ainsi été déterminé que la scierie se trouve au droit de **formations colluviales**, dont la puissance est d'une vingtaine de mètres, sus-jacente à des **formations de socle hétérogènes**.

Trois piézomètres de contrôle ont ensuite été réalisés courant septembre 2023 (Cf. Rapport n°A125724A de novembre 2023). Ces ouvrages, ainsi que les deux forages d'exploitation du site captent la nappe contenue dans les schistes fissurés sous-jacents.

Les campagnes piézométriques réalisées en octobre et récemment en janvier 2024 confirment un sens d'écoulement de la nappe souterraine (contenue dans les schistes fissurés) vers le nord, en direction de la vallée de l'Agout.

La scierie se trouve topographiquement plus élevée que la vallée de l'Agout, et par conséquent déconnectée de la nappe alluviale du cours d'eau.

Ainsi, l'exploitation des eaux souterraines au droit de la scierie, n'est pas de nature à impacter les captages d'alimentation en eau potable en nappe alluviale à proximité de l'Agout.

Par ailleurs, les diagnostics menés à l'automne 2023 sur ces deux forages ont permis de proposer des conditions de prélèvements de 20 m³/h sur F1 et 10 m³/h sur F2, soit un total de 30 m³/h pour les deux ouvrages. Ce prélèvement apparaît compatible avec l'état structurel des ouvrages et la disponibilité de la ressource au droit du site, eu égard à l'historique de l'exploitation.

Afin de s'assurer de la disponibilité de la ressource toute l'année, le Groupe SIAT a confié le suivi du niveau d'eau dans ses deux forages à Antea Group d'octobre 2023 à avril 2024.

Il est conseillé de prolonger cette surveillance jusqu'en octobre 2024, afin de contrôler l'impact de l'exploitation au droit du site en période d'étiage.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



Références :



www.lne.fr



Portées
communiquées
sur demande