

# ***Ilot Charles de Gaulle***

## ***Castelnau le Lez (34)***

*Développement par acidification du forage  
de reconnaissance « Prado1 »*

*Rapport de fin de travaux*

*Juin 2017*

*A89171 /A*



Parc du Millénaire  
1095 Rue Henri BECQUEREL  
34 000 MONTPELLIER



**Région Rhône Alpes Méditerranée**



Parc d'Activité de l'Aéroport  
180 impasse John Locke  
34470 PEROLS  
Tél. : + 33 (0)4.67.15.91.10.  
Fax. : + 33 (0)4.67.15.91.11.

## SOMMAIRE

<b>1. Contexte et objectifs .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Situation géographique .....</b>	<b>4</b>
2.1. Rappel des caractéristiques de l'ouvrage .....	5
2.2. Intervenants et déroulement des travaux : .....	6
<b>3. Développement du forage par acidification.....</b>	<b>7</b>
3.1. Inspection vidéo du forage et installation de l'obturateur.....	7
3.2. Test préalable d'étanchéité et d'injection à l'eau claire .....	10
3.3. 1 <sup>ère</sup> passe d'injection d'acide et test de production .....	10
3.4. 2 <sup>ème</sup> passe d'injection d'acide et test de production .....	14
3.5. 3 <sup>ème</sup> passe d'injection d'acide et test de production .....	16
3.6. Contrôle de la qualité des eaux rejetées .....	18
3.7. Retrait de l'obturateur et sa colonne d'injection .....	18
3.8. Synthèse des tests de production intermédiaires .....	18
3.9. Pompages d'essai.....	20
3.10. Analyse de l'incidence sur les captages voisins .....	25
<b>4. Conclusions .....</b>	<b>27</b>

### Liste des figures

Figure 1 – Localisation géographique du forage Prado 1.....	4
Figure 2 - Coupe technique et géologique du forage Prado 1 .....	5
Figure 3 – Photographies des parois du forage entre 225 et 255,8 m .....	8
Figure 4 - Position de l'obturateur dans le forage.....	9
Figure 5 – dispositif de gonflage de l'obturateur.....	10
Figure 6 –Produits et conditionnement utilisés sur site .....	11
Figure 7 – Dispositifs mis en œuvre .....	12
Figure 8 – Test de production n°1 (le 11/05/2017) .....	13
Figure 9 – Test de production n°2 (le 12/05/2017) .....	15
Figure 10 – Test de production n°3 (le 13/05/2017) .....	17
Figure 11 – Vues du point de rejet des eaux d'exhaure .....	18
Figure 12 - Dispositif de pompage .....	20
Figure 13 - Evolutions du niveau d'eau et du débit lors du pompage .....	22
Figure 14 – Evolution du niveau d'eau observé sur le forage AEP Crouzette lors du pompage d'essai réalisé sur forage Prado 1 .....	26

### Liste des tableaux

Tableau 1 – caractéristiques du mélange réalisé lors de la première injection .....	10
Tableau 2 – Caractéristiques du mélange réalisé lors de la deuxième injection.....	14
Tableau 3 – Caractéristiques du mélange réalisé lors de la troisième injection.....	16
Tableau 4 – Synthèse des résultats des tests de production.....	19
Tableau 5 – résultats de la première partie du pompage (paliers).....	23
Tableau 6 – résultats de la deuxième partie du pompage.....	23
Tableau 7 – Productivité du forage avant et après son développement.....	24

### Liste des annexes

Annexe A – Examen vidéo
Annexe B – FDS des produits utilisés
Annexe C – Rapport B.O.P.S

## 1. Contexte et objectifs

Dans le cadre de la construction d'un nouvel ilot sur la commune de Castelnau le Lez, il est envisagé d'assurer les besoins de chauffage et de rafraîchissement des locaux à l'aide d'une pompe à chaleur alimentée par eau de nappe au moyen d'un dispositif de forages captage-rejet.

Un forage de reconnaissance nommé « Prado1 » a été réalisé entre août et octobre 2016 dans le secteur de l'ilot Charles de Gaulle sur la commune de Castelnau le Lez. Cet ouvrage, réalisé par la société Hydroforage a atteint la profondeur finale de 330 mètres. Il a recoupé la formation aquifère des calcaires du Jurassique supérieur à partir de 219 mètres. Deux fractures productrices ont été traversées à 319 et 325 mètres.

Les résultats des pompages d'essais réalisés en octobre 2016 ont montré, d'une part, que la productivité de l'ouvrage était limitée à environ 20 m<sup>3</sup>/h, d'autre part, que les deux fractures productrices recoupées par le forage sont vraisemblablement mal connectées aux drains karstiques principaux du jurassique supérieur.

Afin d'améliorer la productivité de cet ouvrage, ENGIE Cofely a souhaité engager la réalisation de travaux d'acidification dont l'objectif est de tenter d'améliorer la connexion entre les différentes fractures relevées lors des opérations de foration et les drains karstiques.

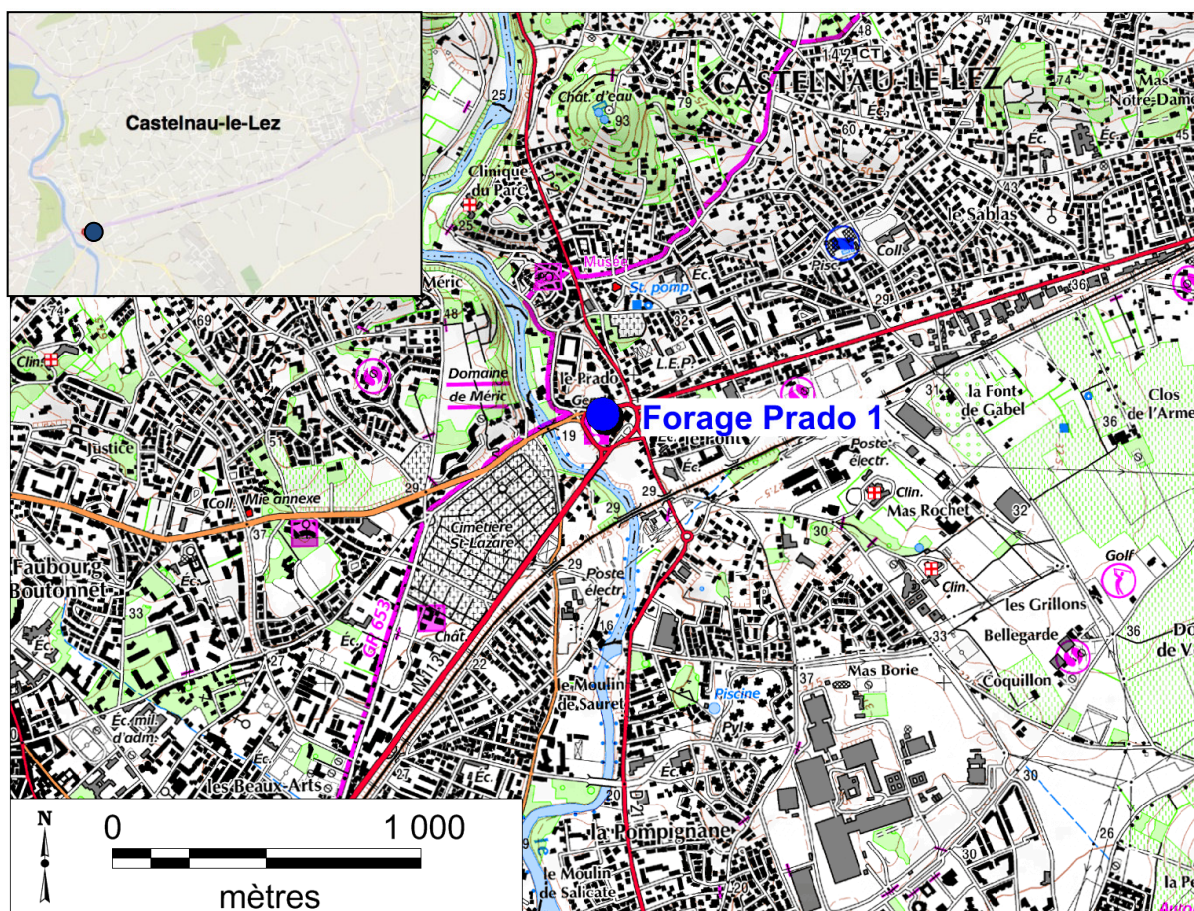
**Ces travaux ont été réalisés du 9 au 18 mai 2017. Le présent rapport intègre l'ensemble des résultats des interventions.**



## 2. Situation géographique

Le forage Prado 1 est localisé au sud de l'agglomération de Castelnau le Lez, à une altitude moyenne d'environ 23 m NGF (cf. Figure 1). Le Lez s'écoule du nord vers le sud à 200 m à l'ouest du projet.

Le forage est implanté sur la commune de Castelnau le Lez, sur la parcelle cadastrée n°224 section BA.

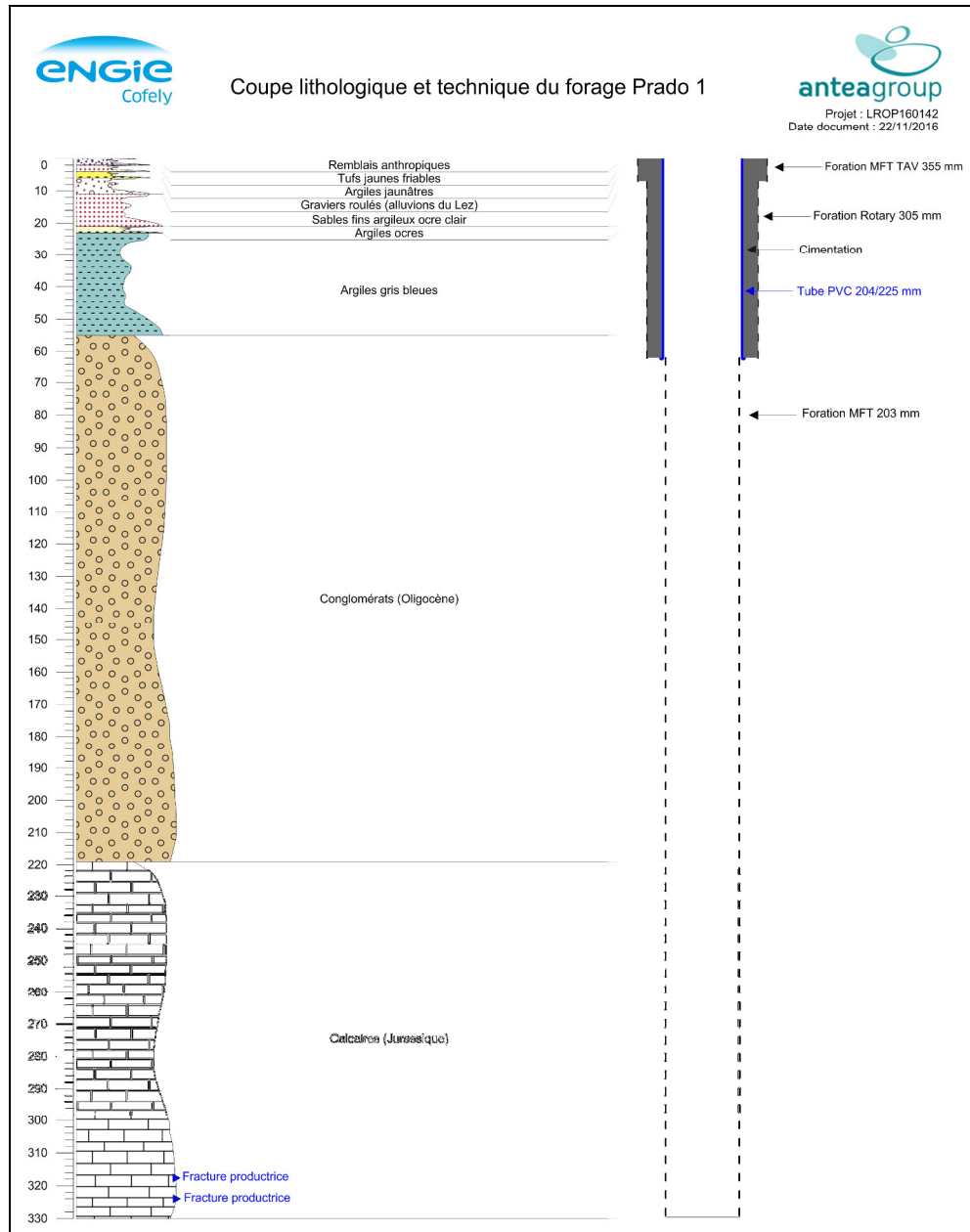


**Figure 1 – Localisation géographique du forage Prado 1**

## 2.1. Rappel des caractéristiques de l'ouvrage

Le forage Prado 1 a été réalisé par la société Hydroforage du 22 août 2016, date de l'installation du chantier, au 11 octobre 2016 date de démobilisation des installations de pompage. L'ouvrage est vertical et atteint la profondeur de 330 mètres.

La coupe technique et géologique est reportée sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**



**Figure 2 - Coupe technique et géologique du forage Prado 1**

## 2.2. Intervenants et déroulement des travaux :

Les interventions ont été réalisées par les entreprises suivantes :

- HYDROFORAGE (mise en place des équipements d'obturation et pompage d'essai),
- FOROC (inspection vidéo préalable),
- B.O.P.S. (fourniture des produits, injection et neutralisation).

L'ensemble des travaux a été encadré et contrôlé en continu par une équipe d'hydrogéologues d'Antea Group. Le déroulement des différentes phases est reporté ci-après. L

- **du mardi 9 au mercredi 10 mai 2017 :**

- inspection vidéo du forage pour choix de la zone d'installation de l'obturateur ;
- descente de l'obturateur à 266, 260 puis 254 m de profondeur et tests d'étanchéité.

- **jeudi 11 mai 2017 :**

- 1<sup>ère</sup> passe d'injection du mélange d'acide d'un volume de 2,2 m<sup>3</sup> ;
- injection d'une chasse d'eau d'un volume de 1,5 m<sup>3</sup> ;
- attente pour attaque chimique pendant 2,5 heures ;
- test de production et extraction pour neutralisation de l'acide avant rejet.

- **vendredi 12 mai 2017 :**

- 2<sup>ème</sup> passe d'injection du mélange d'acide d'un volume de 4,0 m<sup>3</sup> ;
- injection d'une chasse d'eau d'un volume de 1,8 m<sup>3</sup> ;
- attente pour attaque chimique pendant 2,5 heures ;
- test de production et extraction pour neutralisation de l'acide avant rejet.

- **samedi 13 mai 2017 :**

- 3<sup>ème</sup> passe d'injection du mélange d'acide d'un volume de 6,08 m<sup>3</sup> ;
- injection d'une chasse d'eau d'un volume de 1,0 m<sup>3</sup> ;
- attente pour attaque chimique pendant environ 4 heures entre la fin d'injection de la première passe et la fin de la deuxième ;
- test de production et extraction pour neutralisation de l'acide avant rejet.

- **du lundi 15 au vendredi 19 mai 2017 :**

- retrait de l'obturateur et sa colonne d'injection ;
- installation des dispositifs de pompage et mesures ;
- pompage d'essai pendant 24 heures ;
- retrait des dispositifs de pompage et mesures ;
- rangement et mise en sécurité du forage.



### 3. Développement du forage par acidification

Les paragraphes ci-après décrivent les travaux réalisés.

#### 3.1. Inspection vidéo du forage et installation de l'obturateur

L'objectif de cette inspection vidéo préalable était de choisir une zone saine le plus bas possible (proche de 250 à 270 m de profondeur) au sein des calcaires afin d'assurer, par la suite, une étanchéité hydraulique la plus parfaite possible entre les parois du forage et l'obturateur lors des phases d'acidification sous pression.

Cette inspection a été réalisée le 10 mai 2017 par l'entreprise FOROC.

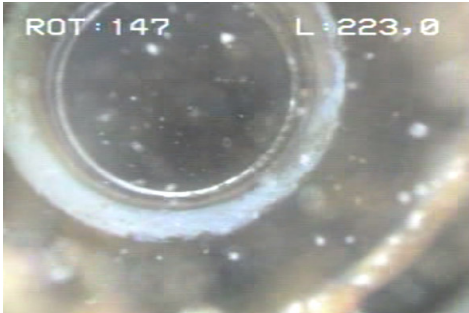
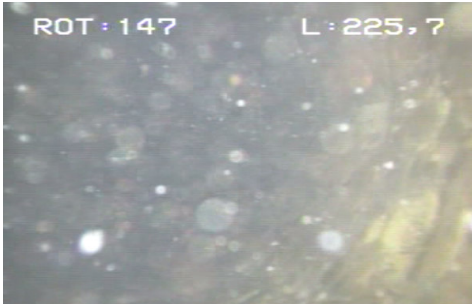

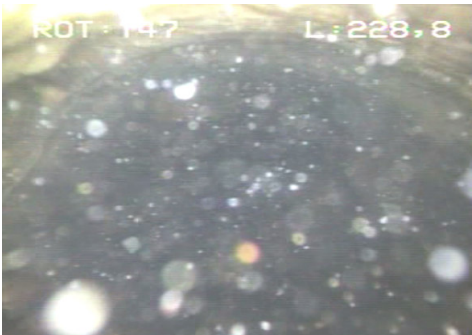
En cours d'inspection, plusieurs épaulements (réduisant le diamètre intérieur du forage) ont été observés sur les parois du forage notamment à 193,4 m, puis 221,5 m. Ces épaulements ayant empêché la descente correcte de la caméra, l'inspection vidéo a été réalisée en plusieurs étapes afin d'assurer la descente « en sécurité » du matériel en faisant passer cette caméra à l'intérieur du tubage et le packer à sa base.

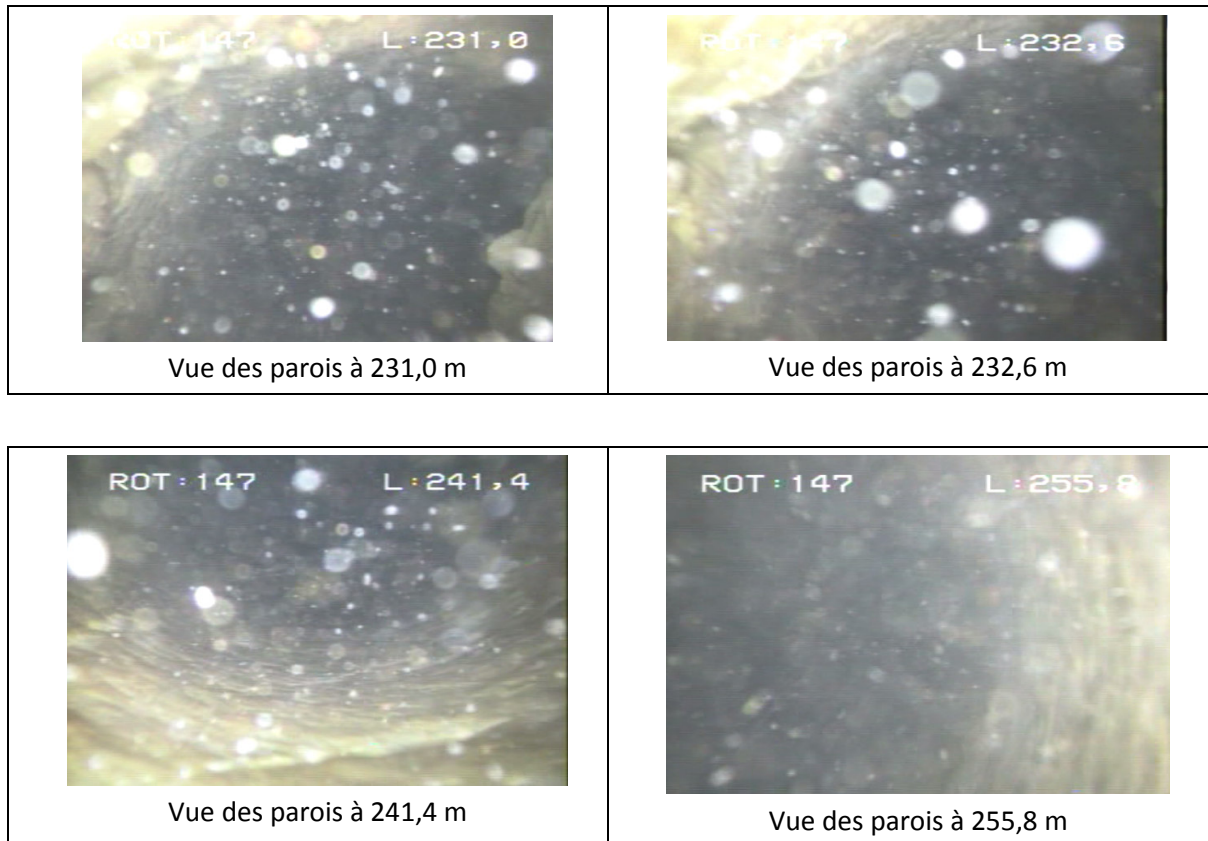


Ainsi, plusieurs phases d'inspection successives ont été nécessaires afin d'arriver à investiguer la zone entre 250 et 265,5 m. Des injections d'eau claire ont été mises en œuvre (débits d'injection de l'ordre de 6 m<sup>3</sup>/h) afin de clarifier au maximum la colonne d'eau avant la descente de la caméra.

Les fichiers numériques de l'inspection vidéo sont reportées en annexe A.

Des extraits photographiques sont reportés ci-après :

	
Vue de l'intérieur du packer	Vue des parois à 225,7 m
	
Vue des parois à 226,6 m	Vue des parois à 228,8 m



**Figure 3 – Photographies des parois du forage entre 225 et 255,8 m**

Les principales observations sont les suivantes :

- de 225 à 240 m : la visibilité des parois est satisfaisante permettant d'apprécier la présence de nombreuses petites irrégularités et petites cavités rendant difficile l'obtention d'une étanchéité hydraulique satisfaisante sur cet horizon ;
- de 240 à 255 m : les irrégularités des parois sont sensiblement plus faibles et les petites cavités moins nombreuses ;
- de 255 à 265,5 m : la turbidité de la colonne d'eau est importante ne permettant pas de visualiser correctement l'état des parois du forage. L'inspection a été arrêtée à 265,5 m en raison de cette turbidité trop élevée.

A l'issue de cette inspection, il est décidé de mettre en place l'obturateur d'abord à 266 m, puis 260 puis 254 m afin de disposer, à la suite de différents essais, de la meilleure étanchéité hydraulique possible.



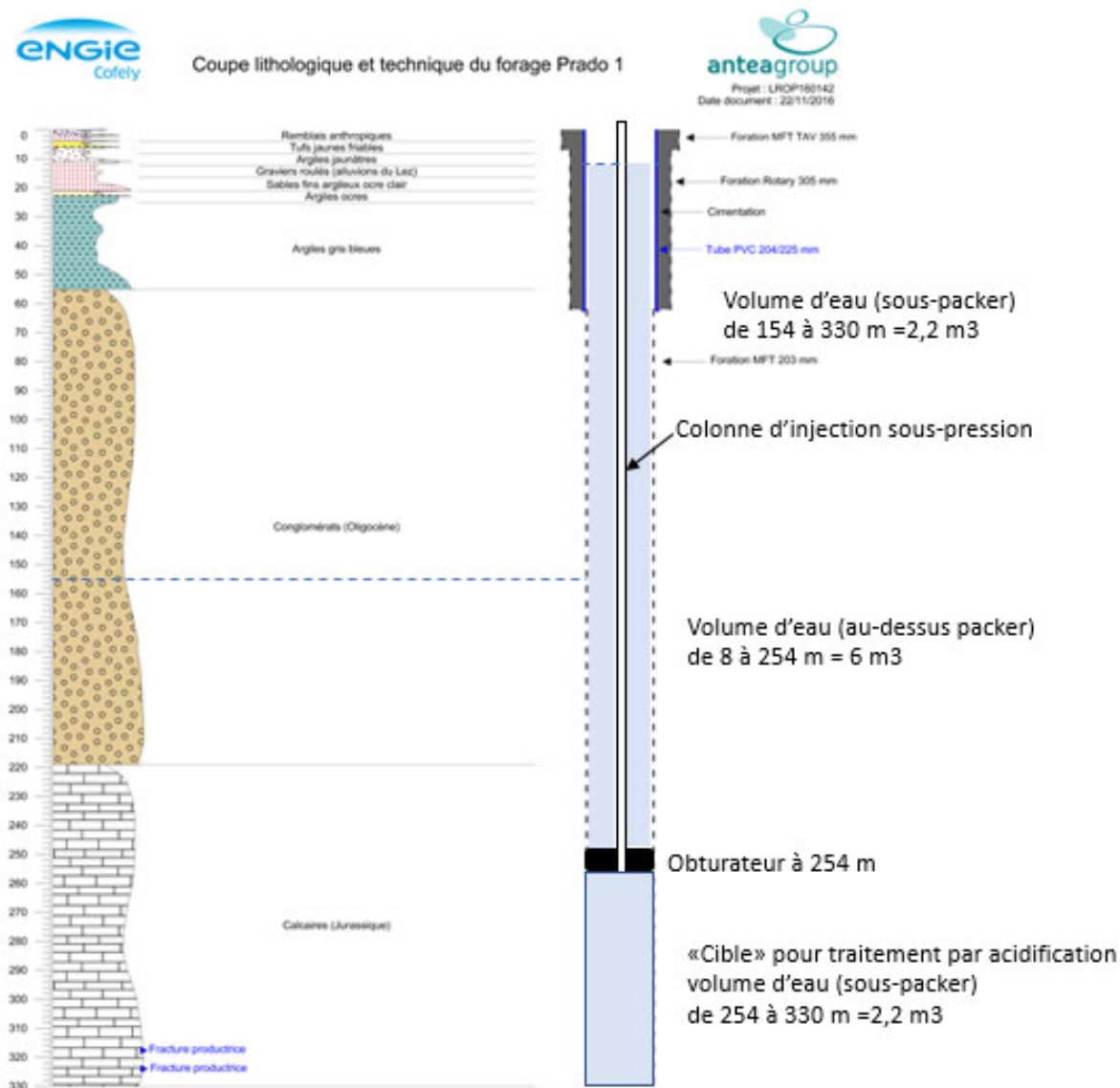


Figure 4 - Position de l'oburateur dans le forage

### 3.2. Test préalable d'étanchéité et d'injection à l'eau claire

L'obturateur placé dans l'ouvrage est gonflé à l'azote à une pression de 35-40 bars (soit 10 à 15 bars de pression relative). Un test d'étanchéité est ensuite réalisé par injection d'eau claire et un suivi de l'évolution du niveau d'eau dans l'espace annulaire au-dessus de l'obturateur.

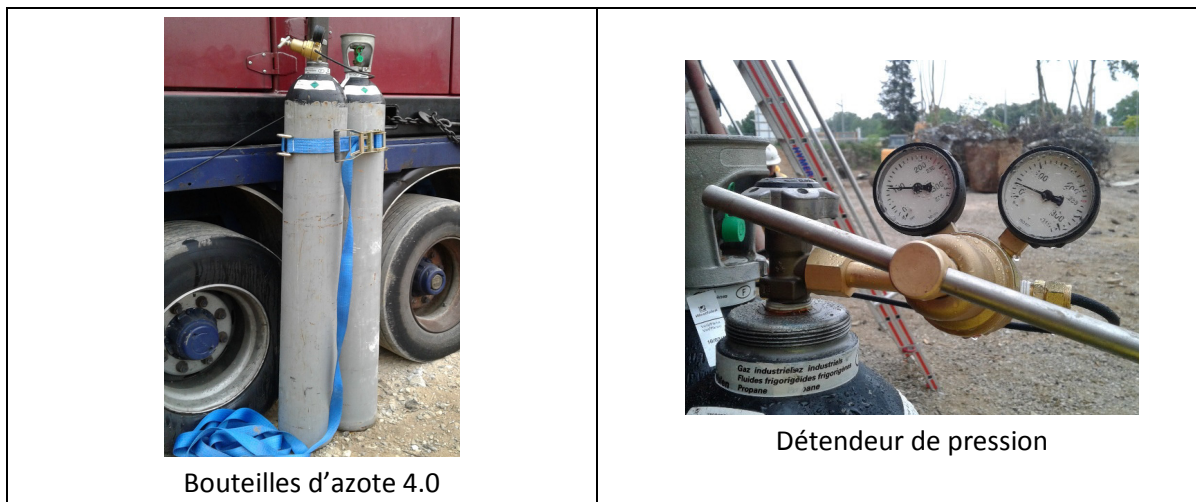


Figure 5 – dispositif de gonflage de l'obturateur

A l'issue des tests d'étanchéité réalisés aux différentes profondeurs 266, 260 puis 254 m, il est apparu que la meilleure étanchéité hydraulique est obtenue avec la position à 254 m. Cependant, même à cette position, l'étanchéité entre les parois et l'obturateur gonflé reste relativement médiocre induisant des fuites et par conséquent des remontées d'eau en surface à gérer. Afin de limiter au maximum ces volumes d'eau arrivant en surface, les pressions d'injections ont été adaptées en continu tout au long de l'opération.

### 3.3. 1<sup>ère</sup> passe d'injection d'acide et test de production

La première passe d'injection pour l'acidification est réalisée le 11 mai 2017. Un volume de 2 m<sup>3</sup> de solution acide (composée d'un mélange d'acide chlorhydrique, d'acide citrique et d'eau) est d'abord préparé en surface selon les caractéristiques suivantes :

PRODUIT		Ordre de mixage	FONCTION	S. G.	Conc. % by Vol.		QUANTITE pour 1 m³		QUANTITE JOB 2,0 m3	
H2O		1	Base eau	1,000	57,83	%	578,3	Lt	1 156,6	Lt
CFE		2	contrôle du fer	1,000	0,80	%	8,0	kg	16,0	kg
			-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-
H33	33%	3	Agent d'attaque - HCl 33%	1,168	41,83	%	418,3	Lt	836,6	Lt
FINAL BLEND			Mixture of abv Components	1,075						

Tableau 1 – caractéristiques du mélange réalisé lors de la première injection

L'injection est réalisée sous pression en une seule passe à l'intérieur des tiges ( $\phi_{int}$  100 mm) et à un débit moyen de 100 l/min.

Un volume d'eau claire d'1,6 m<sup>3</sup> est ensuite injecté à un débit de 40 à 80 l/min pour réaliser un effet de « chasse » afin de faire pénétrer la solution acide dans les calcaires et ses fractures. Il est à noter que ce volume a été limité en raison d'une mauvaise étanchéité du packer induisant une remontée d'eaux acides à neutraliser en surface ne permettant pas d'injecter sous-pression un volume supérieur.

Les produits utilisés sont reportés sur les photographies ci-après :



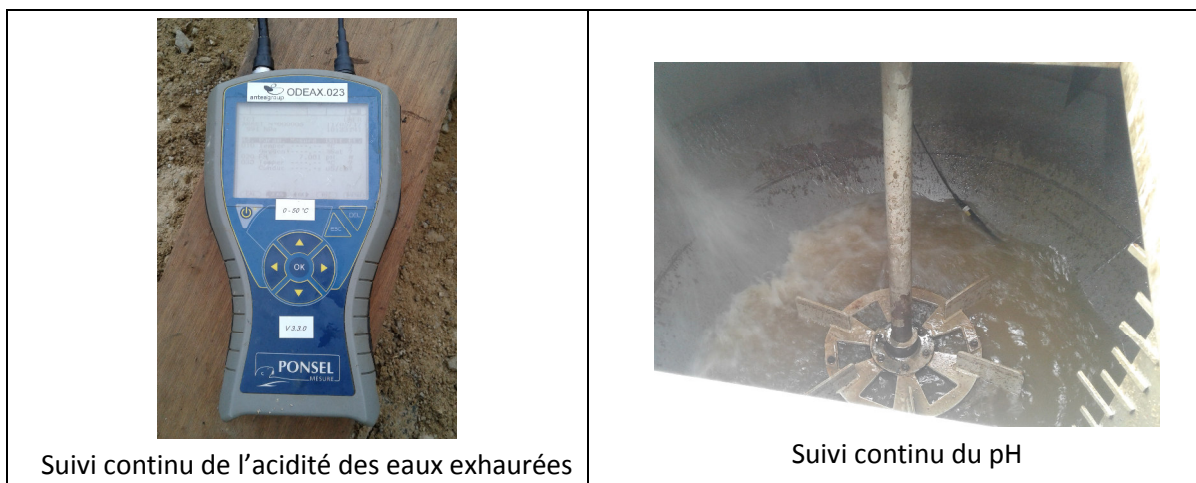
**Figure 6 –Produits et conditionnement utilisés sur site**

Les caractéristiques et fiches de données sécurité sont reportées en annexe B.

Le temps de contact de l'acide dans le forage est maintenu pendant 2,5 heures. A l'issue, un pompage par soufflage (air-lift double colonne) est mis en œuvre dans le but :

- d'extraire la totalité du volume d'acide injecté et le neutraliser avant rejet. Un suivi continu du pH des eaux exhaurées est réalisé à partir d'un appareil portable. En fonction du Ph observé, une injection d'hydroxyde de sodium est employée pour tamponner et atteindre un Ph neutre (entre 6 et 8) avant rejet au réseau.
- d'apprécier la productivité de l'ouvrage à l'issue de ce premier traitement par un suivi de l'évolution du niveau d'eau et du débit.

Différentes photographies des dispositifs mis en œuvre sont reportées ci-après :



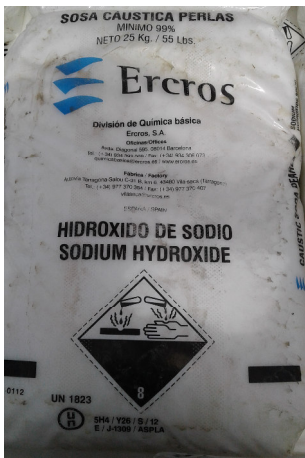

 <p>SOSA CAUSTICA PERLAS MINIMO 99% NETO 25 Kg. / 55 Lbs.</p> <p><b>Ercros</b></p> <p>División de Química básica Ercros S.A. Química Básica</p> <p>HIDROXIDO DE SODIO SODIUM HYDROXIDE</p> <p>UN 1823</p>	 <p>Estimation du débit par jaugeages</p>
--	---

Figure 7 – Dispositifs mis en œuvre

L'évolution du niveau d'eau, du débit et du Ph sont reportés sur la figure 8 ci-après :



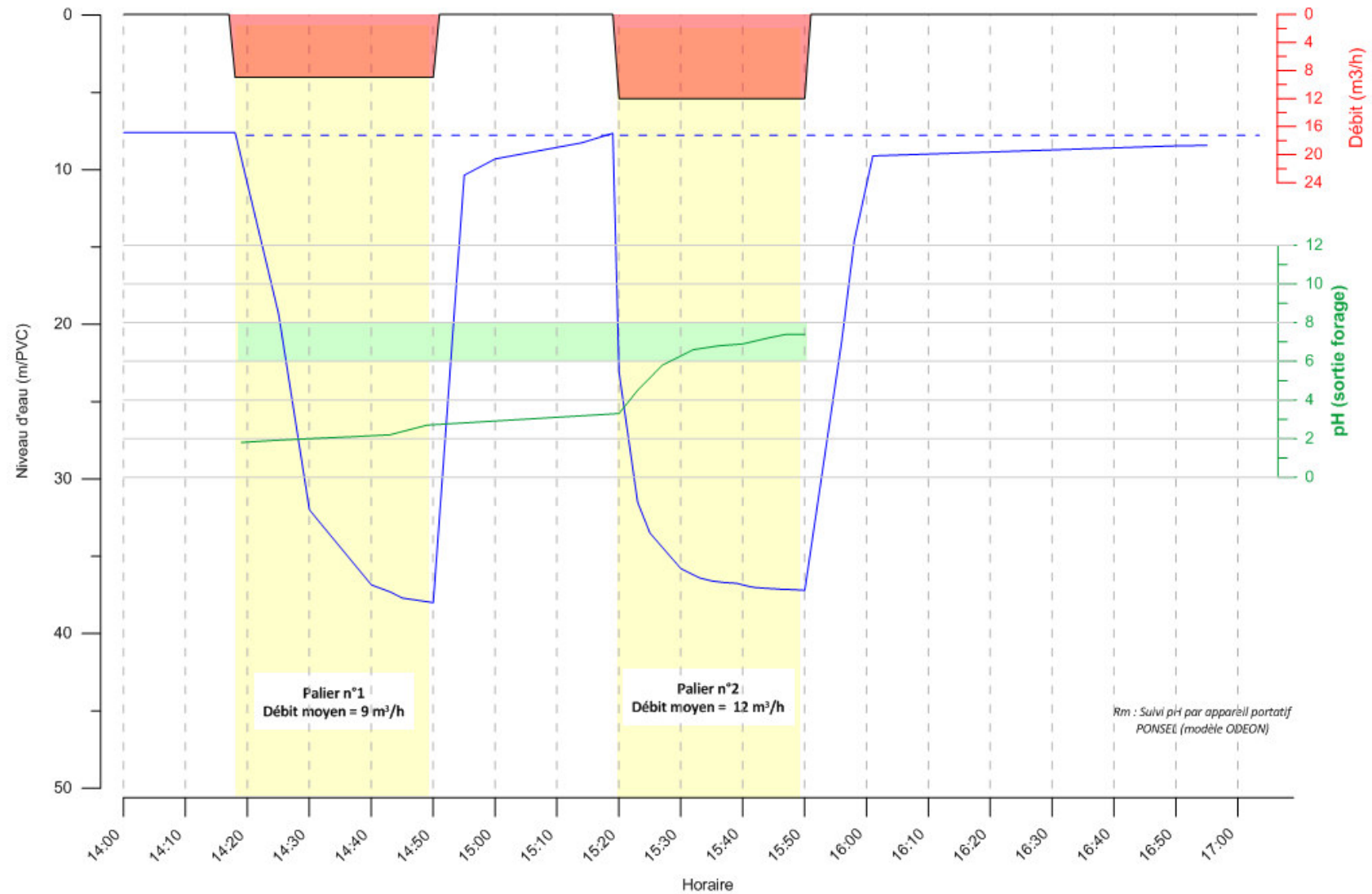


Figure 8 – Test de production n°1 (le 11/05/2017)

### 3.4. 2<sup>ème</sup> passe d'injection d'acide et test de production

La deuxième passe d'injection pour l'acidification est réalisée le 12 mai 2017. Un volume de 4,0 m<sup>3</sup> de solution acide (composée d'acides chlorhydrique à 15 % et citrique) est d'abord préparé en surface selon les caractéristiques suivantes :

PRODUIT	Ordre de mixage	FONCTION	S. G.	Conc. %by Vol.	QUANTITE pour 1 m <sup>3</sup>	QUANTITE 4,0 m3	JOB
H2O	1	Base eau	1,000	57,83 %	578,3 Lt	2 313,2 Lt	
CFE	2	contrôle du fer	1,000	0,80 %	8,0 kg	32,0 kg	
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
H33	33%	3	Agent d'attaque - HCl 33%	1,168	41,83 %	418,3 Lt	1 673,3 Lt
FINAL BLEND		Mixture of abv Components	1,075				

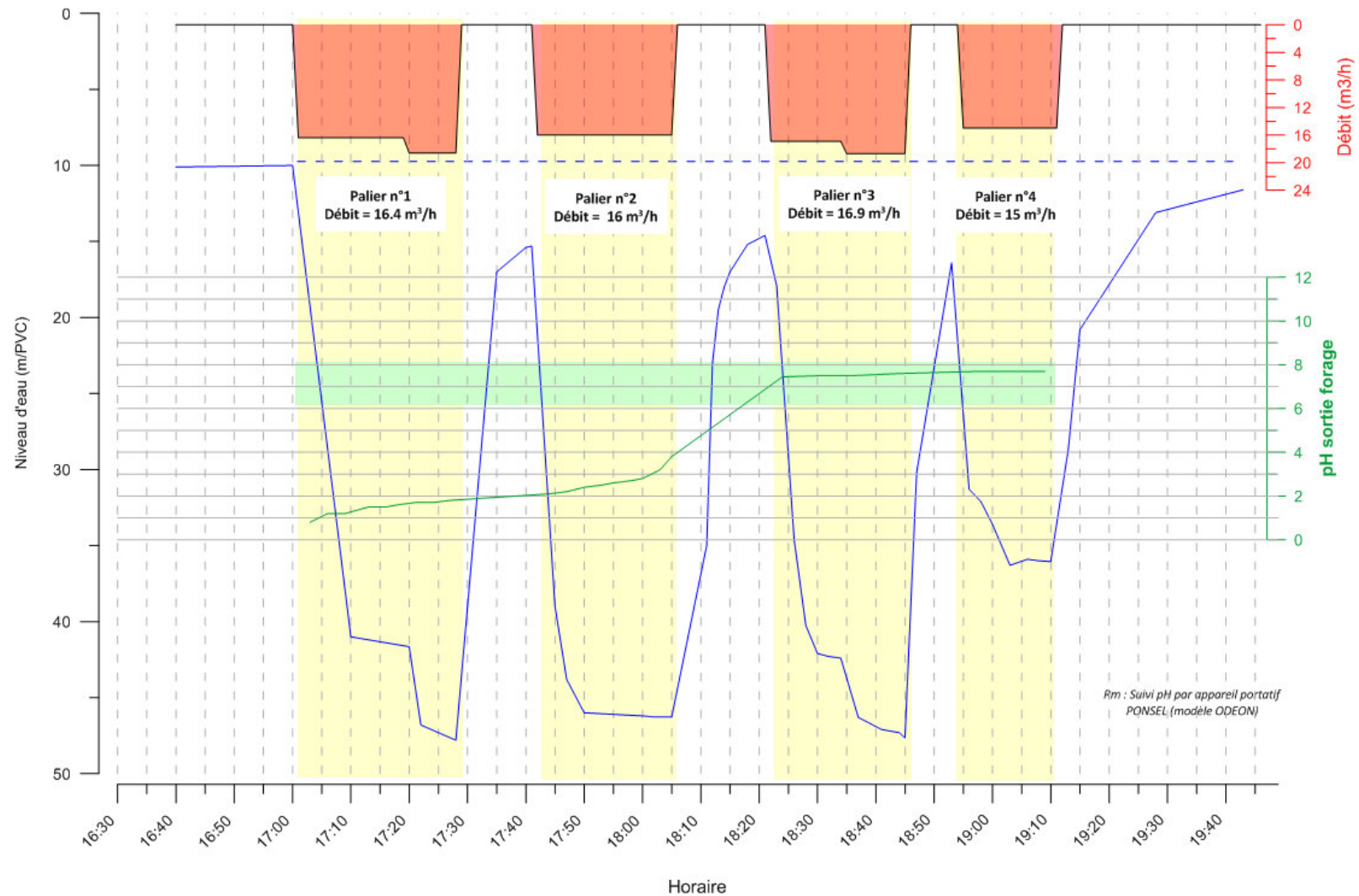
**Tableau 2 – Caractéristiques du mélange réalisé lors de la deuxième injection**

L'injection est réalisée sous pression en une seule passe à l'intérieur des tiges ( $\varnothing_{int}$  100 mm) et à un débit moyen de 50 l/min.

Un volume d'eau claire d'1,8 m<sup>3</sup> est ensuite injecté à un débit de 50 l/min pour réaliser un effet de « chasse » afin de faire pénétrer la solution acide dans les calcaires et ses fractures. Il est à noter que ce volume a été limité en raison d'une mauvaise étanchéité du packer induisant une remontée d'eaux acides à neutraliser en surface ne permettant pas d'injecter sous-pression un volume supérieur.

Le temps de contact de l'acide dans le forage est maintenu pendant 2,5 heures. A l'issue, un nouveau pompage par soufflage (air-lift double colonne) est mis en œuvre.

L'évolution du niveau d'eau, du débit et du Ph sont reportés sur la figure 2 ci-après :



### 3.5. 3<sup>ème</sup> passe d'injection d'acide et test de production

#### 3.5.1.1. Injection et test de production

La troisième passe d'injection pour l'acidification est réalisée le 13 mai 2017. Un volume de 6,0 m<sup>3</sup> de solution acide (composée d'acides chlorhydrique à 15 % et citrique) est d'abord préparé en surface selon les caractéristiques suivantes :

PRODUIT	Ordre de mixage	FONCTION	S. G.	Conc. %by Vol.	QUANTITE pour 1 m <sup>3</sup>	QUANTITE 6,0 m <sup>3</sup>	JOB
H2O	1	Base eau	1,000	57,83 %	578,3 Lt	3 469,9 Lt	
CFE	2	contrôle du fer	1,000	0,80 %	8,0 Kg	48,0 Kg	
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
H33	33%	Agent d'attaque - HCl 33%	1,168	41,83 %	418,3 Lt	2 509,9 Lt	
FINAL BLEND		Mixture of abv Components	1,075				

**Tableau 3 – Caractéristiques du mélange réalisé lors de la troisième injection**

L'injection est réalisée sous pression en deux passes successives à un débit de 40, 60 puis 80 l/min lors de la première phase puis à un débit de 40 à 60 l/min lors de la deuxième phase.

Un volume d'eau claire d'1 m<sup>3</sup> est ensuite injecté à un débit de 80 l/min pour réaliser un effet de « chasse » afin de faire pénétrer la solution acide dans les calcaires et ses fractures. Il est à noter que ce volume a été limité à 1 m<sup>3</sup> en raison d'une mauvaise étanchéité du packer induisant une remontée d'eaux acides à neutraliser en surface ne permettant pas d'injecter sous-pression un volume supérieur.

Le temps de contact de l'acide dans le forage est maintenu pendant 4 à 1 heures intégrant la durée entre la fin de la 1<sup>ère</sup> injection puis de la 2<sup>ème</sup> injection et le début du soufflage. A l'issue, un nouveau pompage par soufflage (air-lift double colonne) est mis en œuvre.

L'évolution du niveau d'eau, du débit et du pH sont reportés sur la figure 3 ci-après :



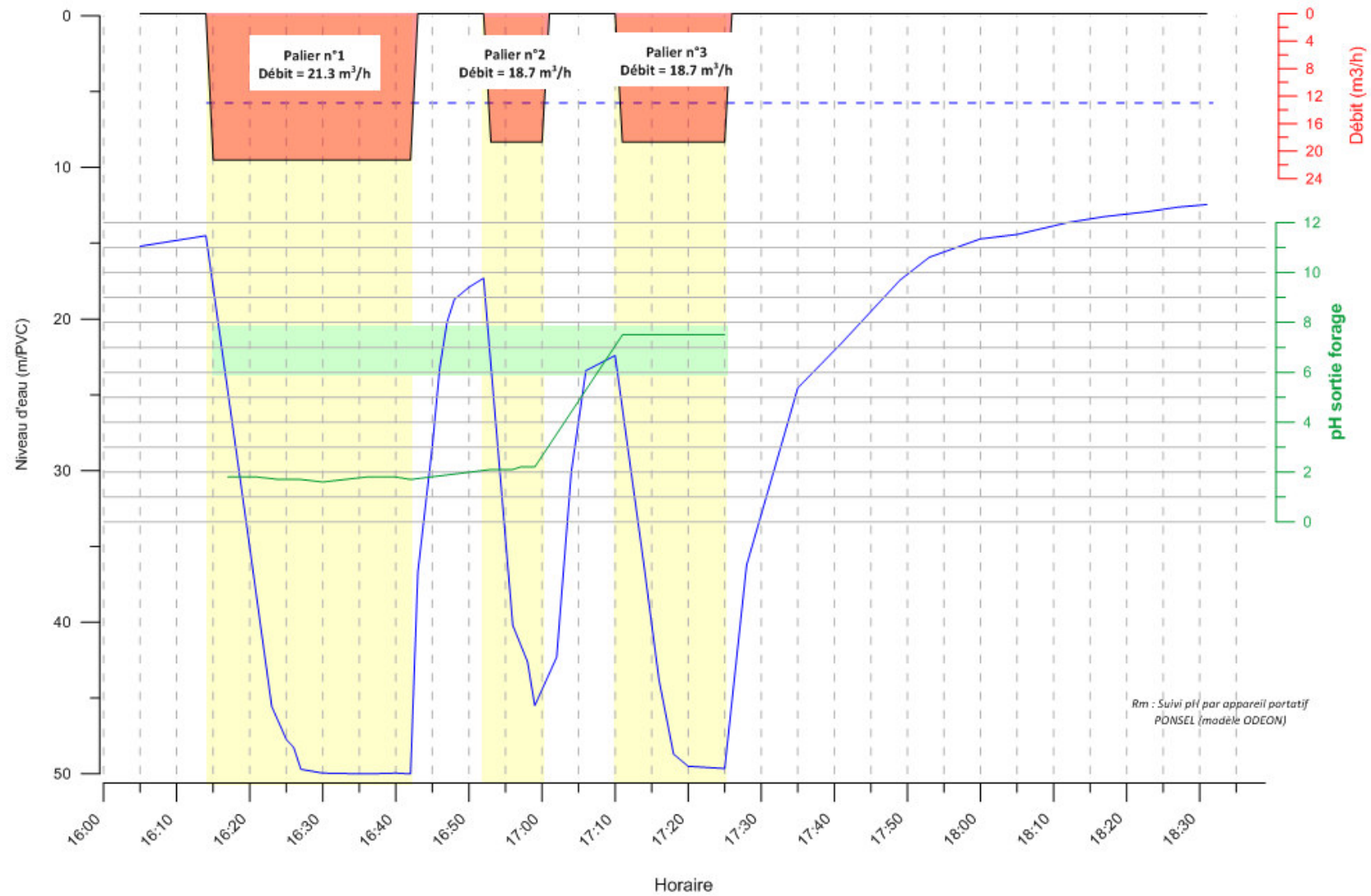


Figure 10 – Test de production n°3 (le 13/05/2017)

### 3.6. Contrôle de la qualité des eaux rejetées

Durant toute l'opération, un suivi continu de la qualité des eaux a été réalisé par Antea Group. Un suivi du paramètre pH a été mis en œuvre afin d'adapter le traitement de neutralisation. Dès lors que le pH était inférieur à 6, une adjonction d'hydroxyde de sodium dans les eaux d'exhaure a été réalisée afin de rétablir la neutralité des eaux avant leur rejet dans le regard utilisé à l'extérieur du site (entre les valeurs 6 et 9).

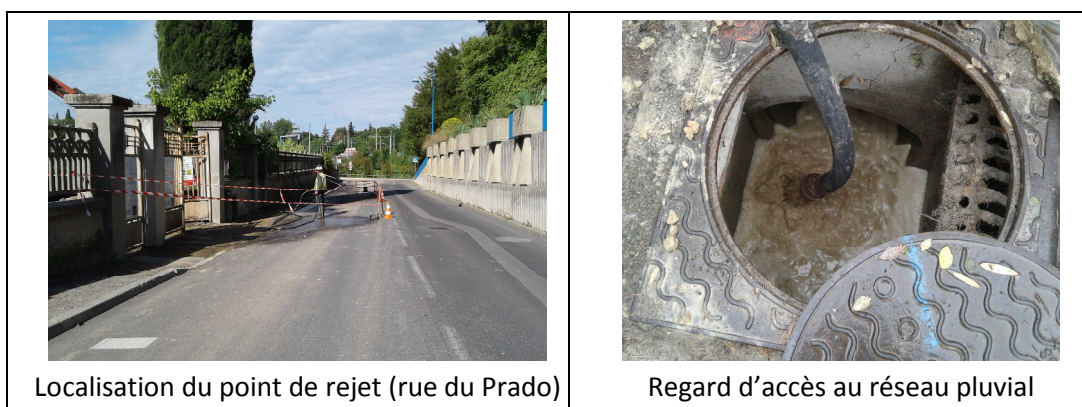


Figure 11 – Vues du point de rejet des eaux d'exhaure

### 3.7. Retrait de l'obturateur et sa colonne d'injection

A l'issue de l'opération, l'obturateur et sa colonne d'injection sont extraits en totalité du forage pour permettre le pompage d'essai.

### 3.8. Synthèse des tests de production intermédiaires

Une synthèse des principaux résultats de chaque test de production intermédiaire est reportée dans le tableau 4 ci-après :

Acidification (3 passes d'injection)				Pompage par air-lift							
Date	Volumes réels acides injecté (m3)	Volume chasse d'eau injecté (m3)	Volume total injecté (m3)	Phase air-lift (pompage)	Durée (min)	Débit (m3/h)	Volume extrait (m3)	Niveau d'eau en fin de paliers (m/repère)	Rabattement (m)	Stabilisation (oui/non)	Estimation Débit spécifique (m3/h/m)
11/05/2017	2.2	1.6	3.7	1	30	9	10.5	38	30.8	non	0.3
				2	35	12		37.1	29.9	oui	0.4
12/05/2017	4	1.8	5.8	1	28	16.4	25	46.8	39.6	non	0.4
				2	22	16		46.3	39.1	oui	0.4
				3	11	16.9		42.3	35.1	non	0.5
				4	5	18.7		47.6	40.4	non	0.5
				5	16	15		36.1	28.9	oui	0.5
13/05/2017	6.1	1	7.1	1	27	21.3	18	50	42.8	oui	0.5
				2	8	18.7		45.5	38.3	non	0.5
				3	14	18.7		49.6	42.4	oui	0.4

**Tableau 4 – Synthèse des résultats des tests de production**

Au regard de ces résultats, les principaux points à retenir sont les suivants :

- par rapport à la productivité connue à l'issue des pompages d'essai d'octobre 2016 (rabattement de l'ordre de 95 m après 44 heures de pompage à 20 m<sup>3</sup>/h), il apparait qu'à l'issue de cette opération de développement, le forage indique un rabattement de l'ordre de 30 à 40 m pour un débit compris entre 15 et 20 m<sup>3</sup>/h. Il est à noter que les durées de pompages lors de ces essais sont courtes et que les rabattements associés ne sont pas toujours stabilisés ;
- aucune amélioration significative de productivité n'est observée à la suite des différentes passes d'injection (couples débits-rabattements sensiblement identiques) ;
- néanmoins, ces résultats semblent indiquer, dès la première injection, une amélioration de la productivité de l'ouvrage par rapport aux précédents essais et confirment l'intérêt de réaliser un nouveau test de productivité par pompage sur une durée de 24 heures pour confirmer ces premiers résultats.

Le paragraphe ci-après décrit le pompage d'essai mis en œuvre.

### 3.9. Pompages d'essai

Le pompage d'essai final a été mis en œuvre du 17 au 18 mai 2017 sur le forage Prado 1. L'objectif est d'apprécier la productivité du forage et un éventuel gain de production après l'opération de développement.

#### 3.9.1. Dispositifs mis en œuvre

L'équipement de pompage comprenait les éléments suivants :

- une pompe immergée placée à 120 mètres de profondeur fournissant un débit de 50 m<sup>3</sup>/h à 120 m de HMT,
- une canalisation d'exhaure souple diamètre 250 mm d'une longueur d'environ 30 mètres permettant de réaliser le rejet dans le regard pluvial en bordure de chaussée sur la rue du Prado,
- un capteur-enregistreur autonome permettant un suivi continu du niveau d'eau,
- une sonde piézométrique manuelle permettant un contrôle de niveau d'eau,
- un appareil multiparamètre portable permettant un suivi sur les paramètres température et conductivité électrique (à 25°C),
- un débitmètre électromagnétique et centrale d'acquisition permettant un suivi continu et enregistrement du débit de pompage.



**Figure 12 - Dispositif de pompage**

Concernant l'ouvrage le plus proche (captage AEP de Crouzette situé à environ 380 m au Nord Est), les dispositifs de mesures existants sont les suivants :

- le forage d'exploitation géré par le Syndicat Mixte de Garrigue – Campagne (SMGC) est équipé par :
  - un compteur volumétrique permettant d'apprécier les volumes d'eau prélevés quotidiennement et le niveau d'eau dans l'ouvrage ;
  - un capteur-enregistreur autonome de pression.



Ces dispositifs de mesures sont suivis par l'exploitant VEOLIA Eau.

- le piézomètre (code BSS 09908X0351) situé à proximité directe du forage exploité est équipé d'un capteur-enregistreur autonome de niveau d'eau.

Le suivi et la maintenance est assurée par les hydrogéologues du Conseil Départemental de l'Hérault (CD34).

### 3.9.2. Pompages d'essai

#### 3.9.2.1. Déroulement

Le pompage d'essai a été réalisé dans le but de confirmer et quantifier les éventuels gains de productivité par comparaison aux résultats du pompage d'octobre 2016.

Ce pompage a été réalisé sur une durée de 24 heures selon deux phases successives :

- 1<sup>ère</sup> phase avec réalisation de trois paliers non-enchainés de débits croissants à 20, 30 puis 40 m<sup>3</sup>/h avec des durées de pompage respectives de 45, 56 et 17 minutes. Chaque palier a été suivi d'une phase de remontée du niveau d'eau.
- 2<sup>ème</sup> phase : pompage continu à des débits compris entre 25 et 28,5 m<sup>3</sup>/h sur une durée de 19,5 heures.

Après l'arrêt du pompage, le suivi de la remontée a été réalisé sur une durée de 18 heures.

#### 3.9.2.2. Résultats

L'évolution du débit de pompage, du niveau d'eau et des paramètres conductivité électrique et température sont reportés dans la figure suivante :

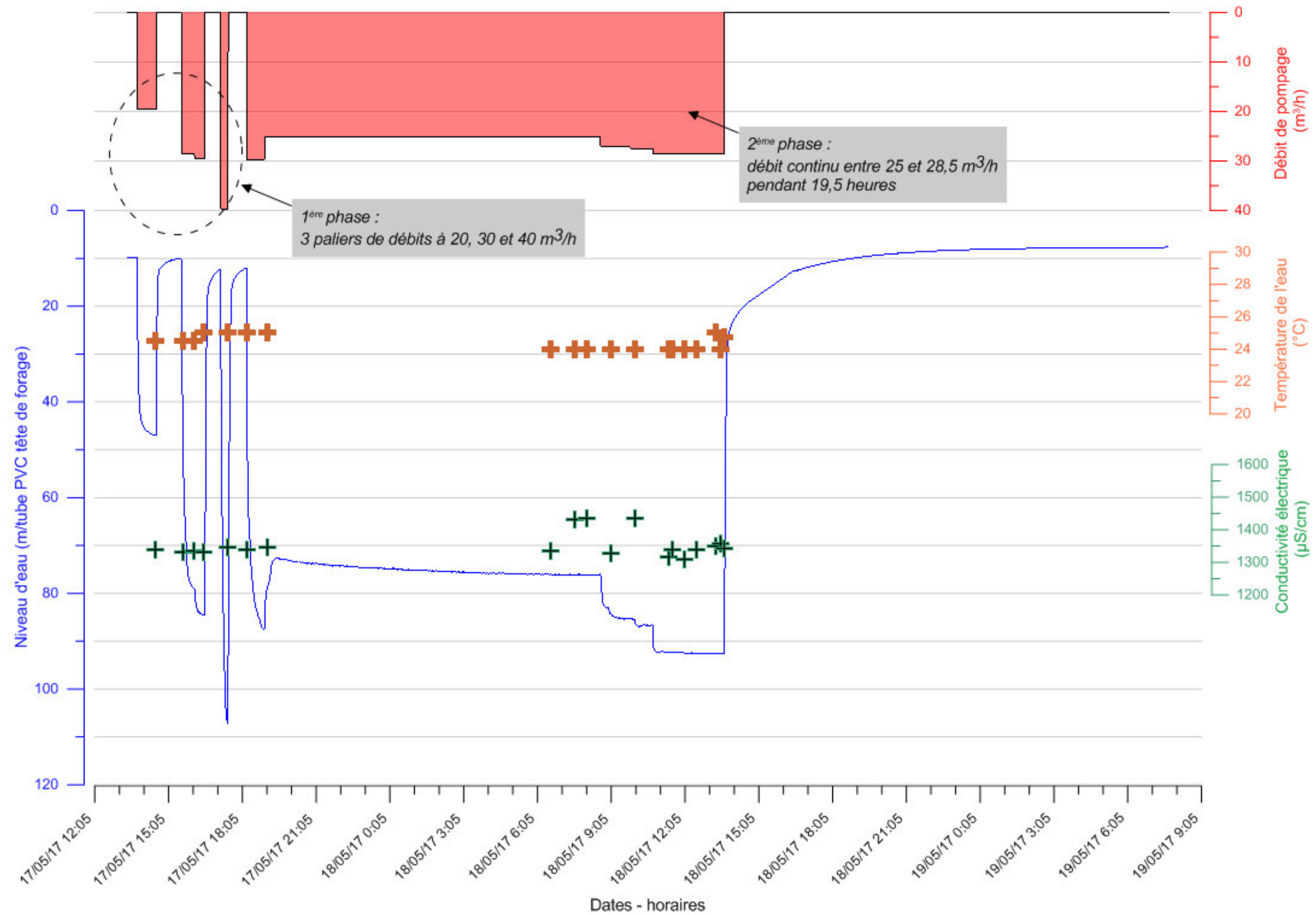


Figure 13 - Evolutions du niveau d'eau et du débit lors du pompage

Les principaux résultats à retenir sont les suivants :

- concernant la première phase par paliers, les résultats sont reportés dans le tableau ci-après :

Palier	Durée (min)	Débit moyen (m3/h)	Niveau d'eau en fin de paliers (m/repère)	Rabattement (m)	Stabilisation (oui/non)
1	45	19.6	47.00	37.12	non
2	30	28.5	79.00	69.12	non
	26	29.6	84.60	74.72	non
3	17	39.7	107.33	100.13	non

**Tableau 5 – résultats de la première partie du pompage (paliers)**

- concernant la deuxième phase, les observations sont les suivantes :

Phase	Durée (heures)	Débit moyen (m3/h)	Niveau d'eau en fin de paliers (m/repère)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m3/h/m)	Stabilisation (oui/non)
1	0.75	29.7	87.5	77.6	0.38	non
2	13	25.1	76.2	66.3	0.38	oui
3	2	27.5	86.7	76.8	0.36	oui
4	3	28.5	92.5	85.3	0.33	oui

**Tableau 6 – résultats de la deuxième partie du pompage**

On peut retenir que les rabattements sont stabilisés aux débits testés entre 25,1 et 28,5 m<sup>3</sup>/h avec des rabattements compris entre 66,3 et 85,3 m. Le débit spécifique moyen est de 0,36 m<sup>3</sup>/h/m.

Tout au long du pompage, la température de l'eau est stable comprise entre 24 et 25°C. La conductivité électrique (à 25°C) de l'eau est globalement stable avec une valeur moyenne de 1340 µS/cm.

### 3.9.2.3. Comparaison de la productivité avant et après développement

Le tableau ci-après reporte les principaux résultats permettant de comparer la productivité du forage avant et après son développement par acidification.

	Dates	Durée (heures)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Niveau d'eau en fin de paliers (m/repère)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /h/m)	Stabilisation (oui/non)
Avant développement	du 29/09 au 01/10/16	44	20	103.1	94.7	0.21	<b>non</b>
Après développement	du 17 au 18/05/17	24	28.5	92.5	85	0.34	<b>oui</b>

**Tableau 7 – Productivité du forage avant et après son développement**

Pour mémoire (en 2016), le rabattement était stabilisé à 94,7 m pour un débit de 20 m<sup>3</sup>/h. Après développement, le rabattement est stabilisé à 85 m pour un débit de 28,5 m<sup>3</sup>/h. Ces résultats mettent en évidence une évolution du débit spécifique passant de 0,21 à 0,33 m<sup>3</sup>/h/m.



### 3.10. Analyse de l'incidence sur les captages voisins

L'influence éventuelle du pompage sur le forage Prado 1 est observé via les dispositifs décrits au chapitre 3.9.1 sur le forage exploité et son piézomètre associé. Ces ouvrages se situent à 380 mètres du forage Prado 1. Ces ouvrages interceptent comme le forage Prado 1, le même aquifère des calcaires du Jurassique supérieur.

#### 3.10.1. Données disponibles

Les données actuellement mises à disposition à Antea Group sur le captage AEP de Crouzette sont les suivantes :

- les **données de niveau d'eau et volume journalier du forage d'exploitation** géré par l'exploitant VEOLIA et le (SMGC) sont les suivantes :
  - chronique piézométrique sur 20 jours (du 1 au 21 mai 2017) au pas de temps de 5 minutes ;
  - volume journalier prélevé en m<sup>3</sup>/jour sur cette même période.
- les **données de niveau d'eau sur le piézomètre** ont été transmises selon un pas de temps horaire sur les 3 mois antérieurs aux travaux de développement et pompage réalisés. La chronique transmise s'étend sur la période du 15 février au 15 mai 2017. Il est à noter que les données à partir du 15 mai 2017 ne sont pas disponibles en raison d'un problème d'alimentation électrique du dispositif d'acquisition-transmission géré par le CD34 ne permettant pas d'observer l'incidence piézométrique directement sur cet ouvrage.

#### 3.10.2. Présentation des résultats

La figure ci-après reporte les résultats disponibles sur le forage d'exploitation (données VEOLIA). Les fluctuations de nappe sur les 3 mois antérieurs fournies par le CD34 ne sont pas présentées sur cette figure.

#### 3.10.3. Interprétation

Il ressort de ces données, que le pompage sur le forage Prado 1 n'influence pas le forage « Crouzette ». Les variations de niveau d'eau observées sur cet ouvrage sont liées au pompage sur ce captage d'alimentation en eau potable du Syndicat Garrigue Campagne (pompage sur le forage « Crouzette »).

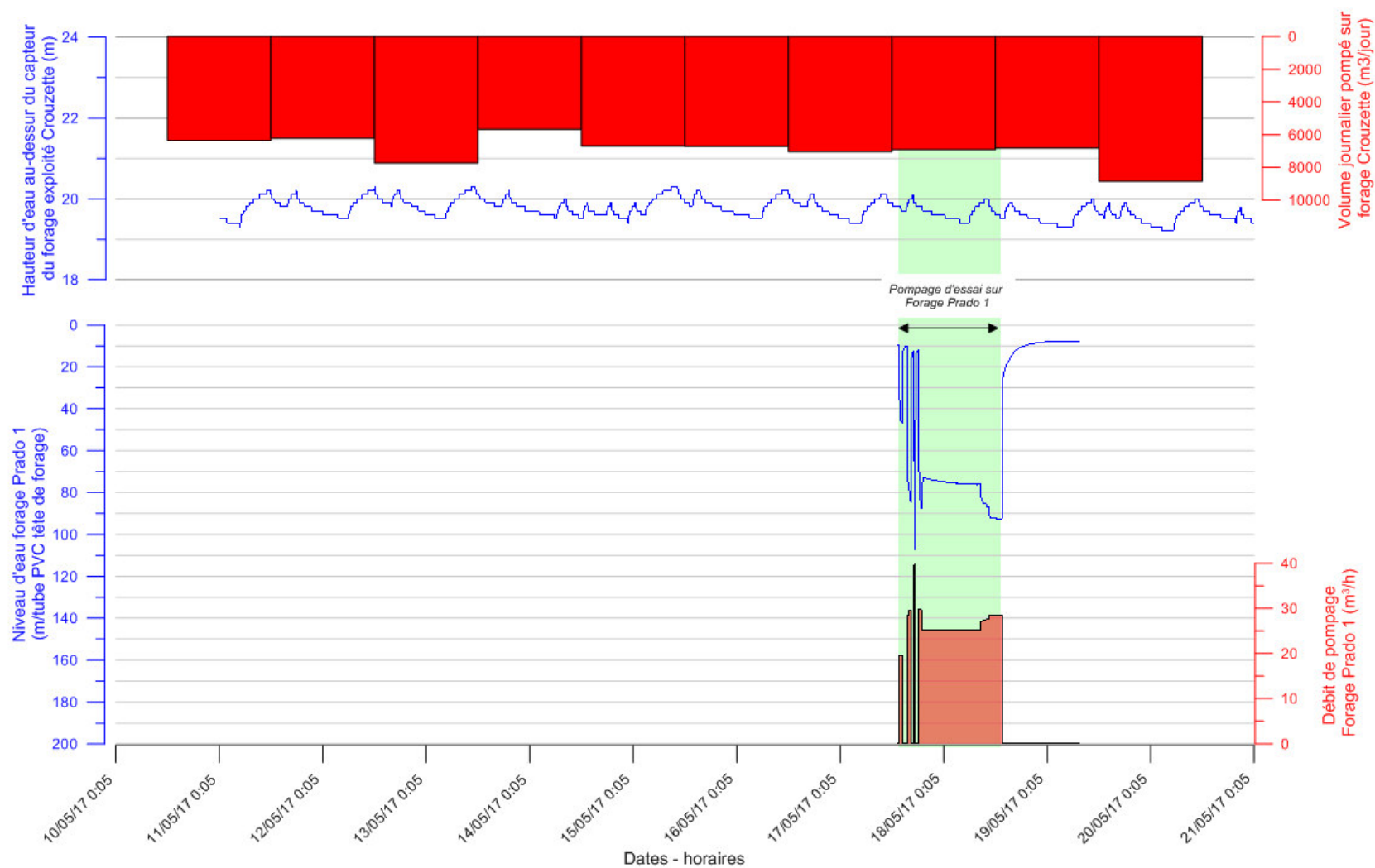


Figure 14 – Evolution du niveau d'eau observé sur le forage AEP Crouzette lors du pompage d'essai réalisé sur forage Prado 1

## 4. Conclusions

L'opération de développement par acidification a été réalisée du 09 au 13 mai 2017. Tout au long de l'opération, une attention particulière a été apportée au suivi de la qualité des eaux rejetées au réseau pluvial. Le contrôle continu du pH des eaux arrivant en surface a permis d'adapter le traitement de neutralisation afin d'assurer que la totalité des eaux rejetées soit à un pH compris entre 6 et 8.

A l'issue de cette première phase, un pompage d'essai a été mis en œuvre du 17 au 18 mai 2017 dans le but d'apprécier une amélioration de la productivité de l'ouvrage après développement en comparant par rapport aux résultats des pompages réalisés en octobre 2016.

Les différentes phases du pompage d'essai ont été réalisées selon la même configuration d'équipement qu'en 2016 utilisant la même pompe immergée (capacité 50 m<sup>3</sup>/h à 120 m de HMT) placée à 120 m de profondeur. Ces pompages ont permis de tester l'ouvrage à des débits de 20 à 40 m<sup>3</sup>/h pendant 24 heures.

Sur l'aspect quantitatif, les résultats indiquent un gain obtenu par cette opération de l'ordre de 40 à 50 % de productivité. Il apparaît donc que l'acidification a permis d'améliorer la connexion entre les deux fractures productrices (recoupées par le forage) connectées aux drains karstiques principaux du jurassique supérieur. Concernant l'aspect qualitatif, la température de l'eau exhaurée est stable par rapport aux précédents essais restant comprise entre 24 et 25 °C. La conductivité électrique de l'eau reste également stable à 1430 µS/cm (pour 1450 µS/cm en 2016).

Lors de ces essais de pompage, les niveaux de l'eau des ouvrages situés à proximité (à 380 m au nord-est) non pas été influencés.

Il apparaît donc à ce stade qu'un débit d'exploitation de l'ordre de 30 m<sup>3</sup>/h puisse être envisagé sur l'ouvrage de prélèvement « Prado 1 » du projet de doublet géothermique.

### **Observations sur l'utilisation du rapport**

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

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par ANTEA ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Annexe A – Examen vidéo



## Annexe B – FDS des produits utilisés

Annexe C – Rapport B.O.P.S

### Rapport

---

Titre : Ilot Charles de Gaulle - Castelnau le Lez (34) – Développement par acidification du forage de reconnaissance « Prado1 » – Rapport de fin de travaux

Numéro et indice de version :

**A89171/A**

Date d'envoi : juin 2017

Nombre d'annexes dans le texte : 0

Nombre de pages :

Nombre d'annexes en volume séparé : 3

Diffusion (nombre et destinataires) :

1 PDF

1 ex. Agence

1 ex. Auteur

### Client

---

Coordonnées complètes :

ENGIE

Parc EUREKA

201 rue Euclide - CS 49531 - MONTPELLIER

Nom et fonction des interlocuteurs : M. RAYNAUD – chargé d'affaires

### Antea Group

---

Unité réalisatrice : Implantation de Montpellier Equipe « REAU »

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

*Interlocuteur commercial : Vincent DURAND*

*Responsable de projet : Vincent DURAND*

*Auteur : Maxime VERNHES*

*Secrétariat : Virginie GAUTHIER*

### Qualité

---

Contrôlé par : Vincent DURAND

Date : Juin 2017 – Version A



N° du projet : LROP 16 0142

Références et date de la commande :

**Mots clés : Rapport de fin de travaux, Forage, Pompage, Analyse eau, Géothermie**