

Etude hydrogéologique

Construction d'un équipement aquatique

Rue des Courtils

AGGLOMERATION DU CHOLETAIS
LYS-HAUT-LAYON (49)

RAPPORT N18-49162A



Agence de Nantes - siège social
École centrale | CS 82118 | 44321 NANTES CEDEX 3
+33 (0)2 40 14 33 71 | nantes@calligee.fr



Agence de Toulouse
Le Prologue 2 | 71 rue Ampère | 31670 LABÈGE
+33 (0)5 62 24 36 97 | toulouse@calligee.fr

SCOP SA CALLIGÉE à capital variable - RCS Nantes B 381 052 471 - SIRET 381 052 471 00020 - APE 7490 B - TVA Intracommunautaire : FR 09 381 052 471

CLIENT

Agglomération du Choletais
Hôtel d'Agglomération
Rue Saint Bonaventure
B.P. 62111
49321 Cholet Cedex

Tel : 02 44 09 25 00

Mail : contactagglo@choletagglomeration.fr


Interlocuteur : M. ARNAULT Christophe

REFERENCES

N° affaire : N18-49162A
Rubrique : Gesteau
Agence : Nantes

Nombre de pages : 41
Nombre de figures hors texte : 0
Nombre d'annexes : 2

VERSIONS ET VISAS

N° version	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Intitulé des révisions	Date d'application
V0	Yann CLOAREC				Version initiale	12 août 2019

Sommaire

1 INTRODUCTION	5
1.1 - Objet de la demande	5
1.2 - Moyens mis en œuvre dans le cadre de la mission	5
2 CONTEXTE NATUREL	7
2.1 - Contexte Géologique & pédologique	7
2.2 - Contexte hydrogéologique	9
2.2.1 - Cadre général	9
2.2.2 - Contexte du projet	10
2.2.3 - Mesures piézométriques locales	10
3 NIVEAU DE LA NAPPE AU DROIT DU SITE	26
3.1 - Modalités de définition du niveau de plus hautes eaux de la nappe au droit du site	26
3.1.1 - Sélection des piézomètres de référence	26
3.1.2 - Analyse des chroniques piézométriques	28
3.1.3 - Niveaux représentatifs de hautes eaux de la nappe estimés au droit du site	30
3.1.4 - Paramètres pouvant interférer sur le niveau piézométrique local	31
3.1.5 - Incidence du projet sur le niveau local de la nappe	32
3.1.6 - Evaluation de la hauteur de nappe recoupée par le projet	33
4 EVALUATION DU DEBIT D'EXHAURE DES EAUX SOUTERRAINES	34
4.1 - Méthodologie	34
4.2 - Résultats	35
5 GESTION DES EAUX DE NAPPE	36
5.1 - Phase chantier	36
5.2 - Phase exploitation	38
6 CONCLUSION	40

ANNEXES

Table des illustrations

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des mesures réalisées sur des puits voisins le 16/05/2019.....	12
Tableau 2 : Synthèse des mesures piézométriques du 24/01/19 au 23/07/19	19
Tableau 3 : Synthèse des mesures de perméabilité réalisées sur site.....	20
Tableau 4 : Synthèse des mesures & résultats des slug-tests.....	24
Tableau 5 : Caractéristiques des piézomètres de référence ADES.....	27
Tableau 6 : Analyse comparative de l'amplitude des variations sur les piézomètres.....	31
Tableau 7 : Evaluation des hauteurs de nappe recoupées par le déblai du projet	33
Tableau 8 : Evaluation du débit d'épuisement du déblai de l'opération.....	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Extrait de la carte géologique de Vihiers	8
Figure 2 : Modèle conceptuel des aquifères de socle en domaine granitique	9
Figure 3 : Localisation des ouvrages de la base de données Infoterre du BRGM	11
Figure 4 : Localisation des puits mesurés le 16/05/2019 & esquisse piézométrique.....	13
Figure 5 : Précipitations mensuelles à Beaucouzé entre 2017 et 2019.....	14
Figure 6 : Evolution de la cote piézométrique sur site sur la période 2017-2019	16
Figure 7 : Evolution de la cote piézométrique sur site en 2019.....	16
Figure 8 : Evolution de la profondeur de nappe sur site sur la période 2017-2019.....	17
Figure 9 : Evolution de la profondeur de nappe sur site en 2019	17
Figure 10 : Cote piézométrique 2019 sur site et précipitations à Beaucouzé.....	18
Figure 11 : Déroulement des « slug test » sur SP2.....	21
Figure 12 : Déroulement des « slug test » sur SP3.....	22
Figure 13 : Déroulement des « slug test » sur S113.....	22
Figure 14 : Courbe d'interprétation des « slug test » sur SP2	23
Figure 15 : Courbe d'interprétation des « slug test » sur SP3	23
Figure 16 : Courbe d'interprétation du « slug test » sur S113	24
Figure 17 : Chroniques piézométriques 2006-2019 – Cotes	28
Figure 18 : Chroniques piézométriques 2017-2019 – Cotes	29
Figure 19 : Cotes piézométriques mensuelles moyennes à Chemillé	29
Figure 20 : Cotes piézométriques mensuelles moyennes à Cholet	30
Figure 21 : Cotes piézométriques mensuelles moyennes à Sèvremoine	30
Figure 22 : Schématisation de l'impact du déblai sur le niveau d'équilibre de la nappe.....	32
Figure 23 : Schématisation de l'impact de la construction sur le niveau d'équilibre de la nappe.....	32
Figure 24 : Schématisation du dispositif d'épuisement de fouille	37
Figure 25 : Illustration d'un dispositif d'épuisement de nappe en fond de fouille (clichés Calligée)	37
Figure 26 : Localisation des regards EP N°29 et N°8 - Extrait du plan de recollement des réseaux.....	39

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : plans d'implantation des sondages GEOTECHNIQUE OUEST & Coupes des piézomètres Géotechnique Ouest sp2, sp3 & s113
Annexe 2 : Principe du slug-test



1 Introduction

1.1 - OBJET DE LA DEMANDE

Dans le cadre du projet de reconstruction d'un équipement aquatique sur la commune de Lys-Haut-Layon (Vihiers), l'agglomération du Choletais a missionné CALLIGÉE pour la réalisation d'une étude hydrogéologique visant à :

- Préciser la cote de plus hautes eaux de la nappe attendue au droit du projet,
- Evaluer le débit d'eau souterraine intercepté par le déblai de la construction.

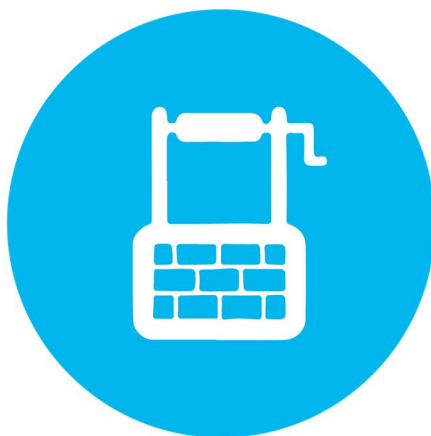
1.2 - MOYENS MIS EN ŒUVRE DANS LE CADRE DE LA MISSION

L'étude est basée sur l'exploitation des données bibliographiques suivantes :

- Mission géotechnique G2 AVP, GEOTECHNIQUE OUEST, dossier Pca2018-06-7 du 14 septembre 2018 ;
- Chroniques piézométriques de la base de données ADES sur les eaux souterraines (<http://www.ades.eaufrance.fr/>) ;
- Données géologiques et hydrogéologiques de la base de données Infoterre du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr/>) ;
- Plan topographique & Plan de recollement des réseaux EU-EP-AEP BOUCHET TP 2013 ;
- Plan des niveaux & Coupes du projet Atelier PO&PO architectes de février 2019.

Les investigations spécifiquement mises en œuvre par CALLIGÉE sur site dans le cadre de la mission ont été les suivantes :

- Suivi piézométrique en continu du 24 janvier au 23 juillet 2019 par l'intermédiaire de capteurs de pression installés dans les trois piézomètres SP2, SP3 et S113 qui équipent le site (+2 tournées de contrôle) ;
- Inventaire et mesure ponctuelle des puits domestiques existant dans le voisinage réalisé le 16 mai 2019 ;
- Mesure de la perméabilité de la zone saturée du proche sous-sol par l'intermédiaire de slug-tests réalisés dans les piézomètres SP2 (2 tests), SP3 (2 tests) et S113 (1 test).



2 Contexte naturel

2.1 - CONTEXTE GEOLOGIQUE & PEDOLOGIQUE

- ✓ Carte géologique BRGM de la zone d'étude : carte 1 / 50 000 n°511 Vihiers (cf. Figure 1).

Selon cette carte, le projet est implanté sur des formations du socle armoricain constituées par des Micaschistes pélitiques et micaschistes quartzeux.

La base de données Infoterre du BRGM fournit quelques coupes géologiques de forages réalisés à proximité du projet :

- Environ 100 m au SE du projet :
 - 0 – 2 m : argile
 - 2 - 95 m : schiste gris
- Environ 200 m à l'O-NO du projet :
 - 0 – 2 m : argile
 - 2 - 21 m : schiste gris
- Environ 220 m au NE du projet :
 - 0 – 4 m : « cosse » massif fracturé avec de nombreuses traces » d'après description du foreur, correspondant a priori au socle altéré / fissuré
 - 4 – 100 m : « pierre bleue » d'après description du foreur, correspondant a priori au schiste du socle
- Environ 250 m au N du projet :
 - 0 – 2 m : argile
 - 2 - 21 m : schiste gris

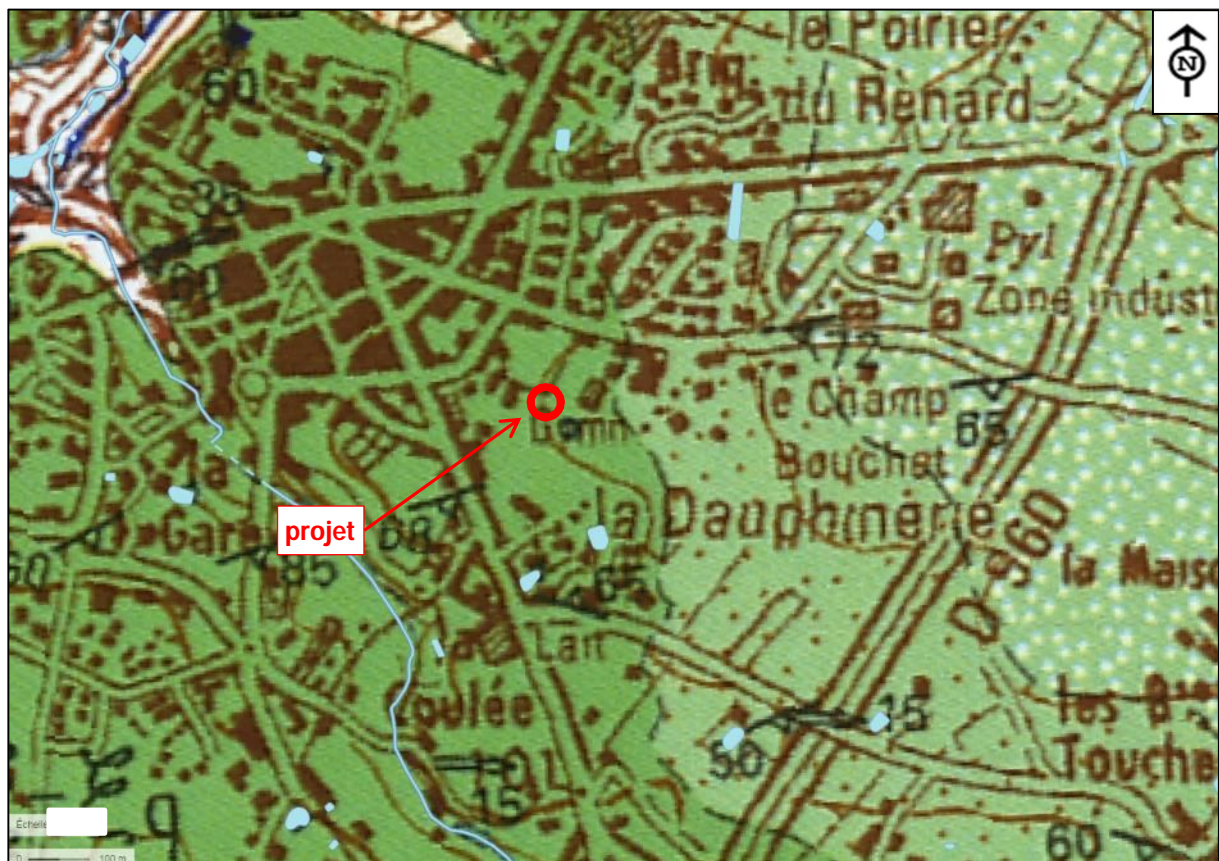


Figure 1 : Extrait de la carte géologique de Vihiers

Les investigations géotechniques menées par GEOTECHNIQUE OUEST en juillet 2017 et août 2018 sur le projet (cf. plans d'implantation des sondages en annexe 1) ont mis en évidence un contexte géologique relativement homogène à l'échelle du site, avec de haut en bas :

- 0,1 à 1,2 m de sol de couverture (limon humifère à graves de micaschiste et/ou remblai)
- au-delà schiste très altéré (faciès argileux à graves) à altéré (a priori faciès plutôt limono-graveleux) plus ou moins épais (reconnu jusque 8 m de profondeur sur SP2 et SP3 notamment),
- schistes décrits comme fragmentés à partir de 2,8 à 4 m de profondeur sur les sondages SP109 à SP112.

D'après la description des sondages, l'épaisseur de micaschiste très altéré à altéré pourrait être assez variable. L'appréciation du faciès et degré d'altération peut toutefois aussi dépendre du mode de sondage (pénétromètre, sondage destructif) et de l'opérateur. Notamment, le schiste fragmenté est décrit uniquement sur 4 sondages de la 2^{ème} campagne de reconnaissance.

Notons qu'aucun sondage ne décrit un micaschiste sain suffisamment consistant pour entraîner un refus.

On retiendra que localement, le micaschiste très altéré à altéré reposant sur le micaschiste fragmenté (plus ou moins fissuré) est épais.

2.2 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

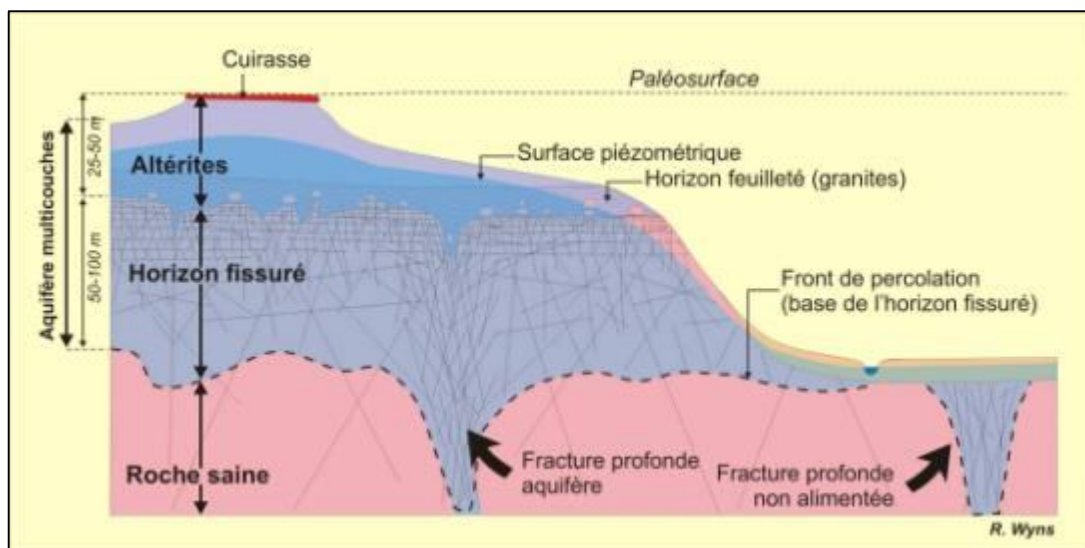
2.2.1 - CADRE GENERAL

Dans le contexte de socle de la zone d'étude, le réservoir aquifère est de type fissuré.

Les notices de cartes géologiques (BRGM) le définissent ainsi :

« Au cours des temps géologiques, les roches indurées du socle breton ont subi de nombreuses contraintes, en extension, en compression, etc., générant tout un faisceau de fractures multidimensionnelles. Ce sont ces fractures, plus ou moins ouvertes et étendues, relayées par un réseau de fissures à différentes échelles, et le plus souvent accompagnées de niveaux altérés, qui constituent le réservoir type des aquifères armoricains de socle. ».

D'après les dernières études (Wyns et al., 2004, 2015 ; Dewandel et al., 2006 ; Lachassagne et al. 2011, 2014, 2015.), il est admis que l'essentiel de la réserve en eau souterraine dans ce type de roches est situé dans la partie profonde d'anciens profils d'altération, au niveau de l'horizon fissuré. Cet horizon fissuré, situé sous les altérites meubles, se développe dans la roche dure. Il est caractérisé par un réseau très dense de fractures interconnectées, dont la fréquence décroît du haut vers le bas. Ces fractures résultent du gonflement de certains minéraux, principalement la biotite (mica noir) au stade précoce de l'altération.



(Wyns, 1998 ; source BRGM/RP-56457-FR, SILURES Bretagne)

Figure 2 : Modèle conceptuel des aquifères de socle en domaine granitique

Les propriétés hydrogéologiques de cet horizon fissuré sont déterminées par la densité des fractures pour la porosité, et par leur interconnexion pour la perméabilité. La densité de fractures est maximale au sommet de l'horizon fissuré et décroît vers le bas.

Le degré de fissuration de l'horizon fissuré, et donc ses qualités aquifères, dépendent d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels on peut citer :

- Sa richesse en minéraux gonflants (en particulier la biotite, ainsi que le pyroxène et l'olivine pour les roches basiques et ultrabasiques) ;
- La taille du grain de la roche (plus les cristaux de biotite sont gros, plus la roche se fissure facilement) ;

- L'orientation des minéraux gonflants (très favorable lorsque la foliation, donc les feuillets de micas, est verticale, favorable lorsque l'orientation des micas est aléatoire comme dans un granite, peu favorable lorsque la foliation est horizontale).

Par ailleurs, l'aquifère étant un réservoir, son niveau de remplissage peut être plus ou moins important selon les secteurs : si une vallée profonde entaille l'horizon fissuré, celui-ci sera partiellement ou totalement dénoyé. Le contexte géomorphologique influence donc le potentiel de production d'eau.

Plus en profondeur, les structures drainantes verticales potentielles correspondront aux failles profondes et filons, avec des caractéristiques hydrodynamiques plus ou moins favorables selon le degré d'altération et la nature du remplissage le long de ces structures (matériau plus ou moins argileux).

2.2.2 - CONTEXTE DU PROJET

Les sondages géotechniques ont permis de reconnaître une épaisseur souvent conséquente d'altérite du micaschiste. Cette altération présente a priori plutôt un faciès limoneux.

Le schiste est décrit comme fragmenté sur certains sondages, pouvant correspondre à l'horizon fissuré du modèle conceptuel de l'aquifère de socle.

A sud-ouest du projet, le vallon très encaissé du ruisseau (-25-30 m/site du projet) joue probablement un rôle temporaire d'écrêtement de la nappe. D'après la carte IGN, l'écoulement y est toutefois a priori temporaire. En outre, la carte géologique n'indique pas la présence d'alluvions susceptibles de contenir une nappe d'accompagnement dudit ruisseau. Nous l'avons effectivement constaté sur site, le micaschiste affleurant dans le lit du ruisseau.

Localement, le drain principal de la nappe sera donc plutôt constitué par la vallée du Lys, elle-même particulièrement encaissée (altitude environ 65 m au NO du projet). Ce cours d'eau présentant par ailleurs un écoulement permanent.

Le site du projet étant plutôt implanté sur le plateau, l'effet de drainage et d'écrêtement de la nappe par les vallées peut y être estompé.

2.2.3 - MESURES PIEZOMETRIQUES LOCALES

2.2.3.1 - Points d'eau voisins

La base de données Infoterre du BRGM renseigne sur les points d'eau déclarés existant autour du projet (cf. Figure 3). Dans un rayon d'environ 300 m, elle indique :

- un forage de 28 m de profondeur à usage domestique (jardin) à environ 250 m au Nord du site (05113X0557). Son débit d'exploitation serait de 1-2 m³/h ;
- environ 200 m à l'O-NO du projet, le forage 05113X0533 réalisé à des fins domestiques et rebouché car « sec » ;
- sinon, des forages destinés à la géothermie (sondes géothermiques en forage de profondeur > 95 m). Le forage géothermique 05113X0540 (130 m de profondeur) indique un débit au soufflage de 2,7 m³/h.

Les informations concernant le débit des ouvrages tendent à indiquer une faible productivité de l'aquifère.

La base de données ne fournit pas d'information piézométrique.

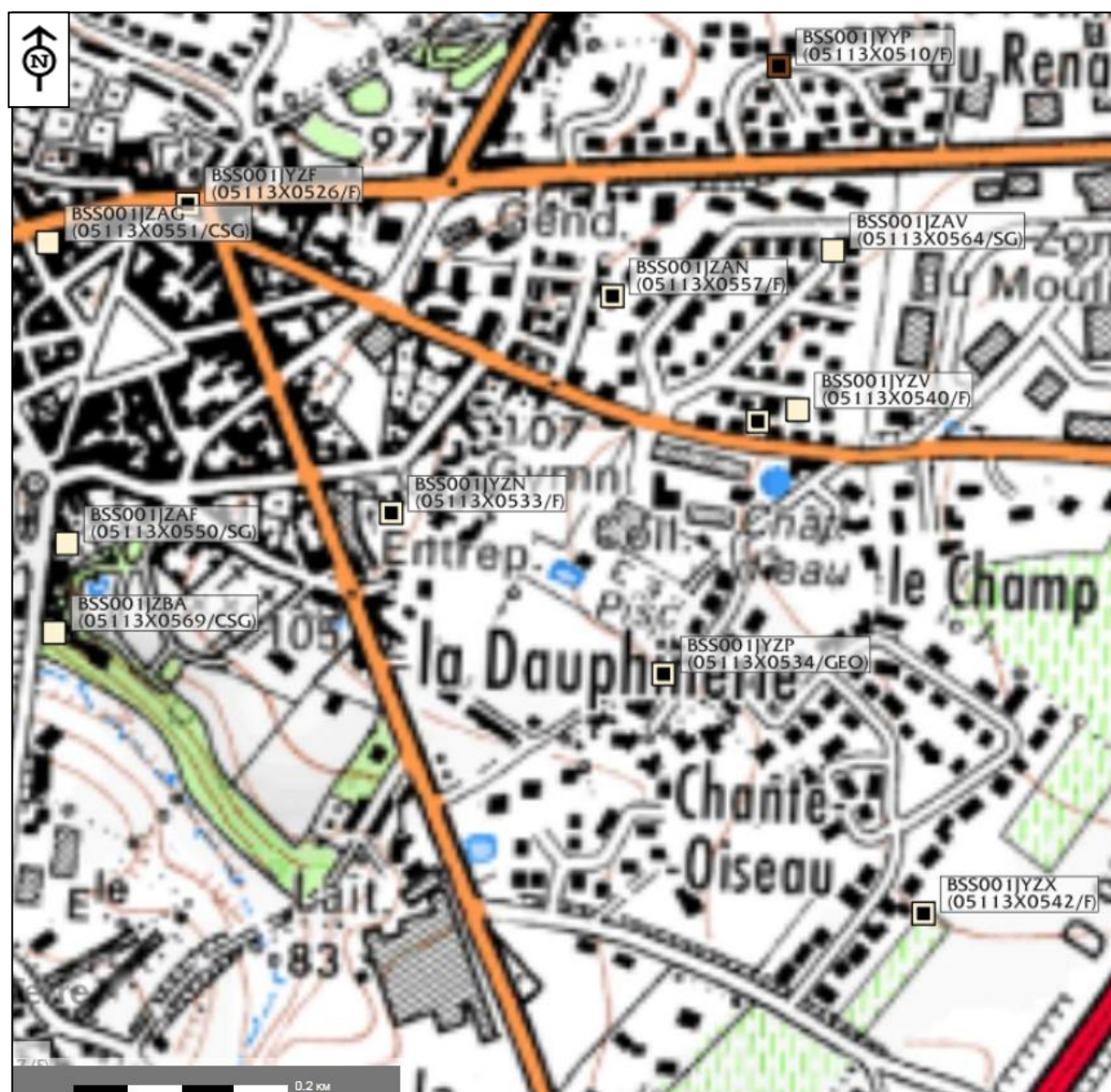


Figure 3 : Localisation des ouvrages de la base de données Infoterre du BRGM

Le 16/05/2019, nous avons réalisé un inventaire (non exhaustif) de puits et une mesure du niveau de la nappe sur 5 puits voisins du projet accessibles. Ces mesures ponctuelles alentour sont comparées à celles réalisées le même jour sur les trois piézomètres du site.

Les points de mesure sont localisés sur la Figure 4, les résultats synthétisés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Synthèse des mesures réalisées sur des puits voisins le 16/05/2019

Identifiant Calligée	Cote sol Géoportail (m)	Profondeur /sol (m)	Niveau statique /sol (m)	Cote alti nappe (m NGF)	Distance au projet (m)	Remarque
P1	102	6.6	0.96	101.04	200 (ONO)	reçoit les EP
P2	104.5	3.62	1.41	103.09	200 (O)	tari rapidement
P3	99	9.4	2.62	96.38	280 (SO)	puits "citerne" diamètre 3 m
P4	104.7	7.85	1.8	102.9	200 (SO)	reçoit les EP
P5	117	5.47	2	115	230 (NE)	peu utilisé
SP2	112.4	7.02	1.51	110.89	-	
SP3	111.9	7.34	1.93	109.97	-	
S113	111.5	14.65	1.54	109.96	-	

Les puits P1 et P2 correspondent à des puits inscrits sur le cadastre. D'autres puits inscrits sur le cadastre n'ont pas pu être visités.

Les niveaux de nappe mesurés sur les puits voisins sont cohérents avec ceux mesurés dans les piézomètres du projet. Cette cohérence des mesures tend à indiquer l'existence d'une nappe phréatique assez étendue, développée sur le plateau dans l'aquifère relativement homogène constitué par l'horizon d'altération des micaschistes. Les puits inventoriés présentent visiblement une productivité restreinte (puits « citerne », « tari rapidement »), témoignant a priori de propriétés aquifères médiocres.

L'esquisse piézométrique du 16/05/19 (cf. Figure 4) tend à illustrer que l'écoulement de la nappe est plutôt conforme à la topographie.

On notera que sur le puits P3 implanté en sommet de flanc de vallée, le niveau plus profond tend à confirmer l'effet de rabattement dû au vallon encaissé. D'après le gradient hydraulique, cet effet semble s'estomper rapidement à mesure que l'on progresse vers l'intérieur du plateau. Sur le plateau, le gradient hydraulique est évalué à 3% ; descendant vers le ruisseau, il augmente à environ 7%.

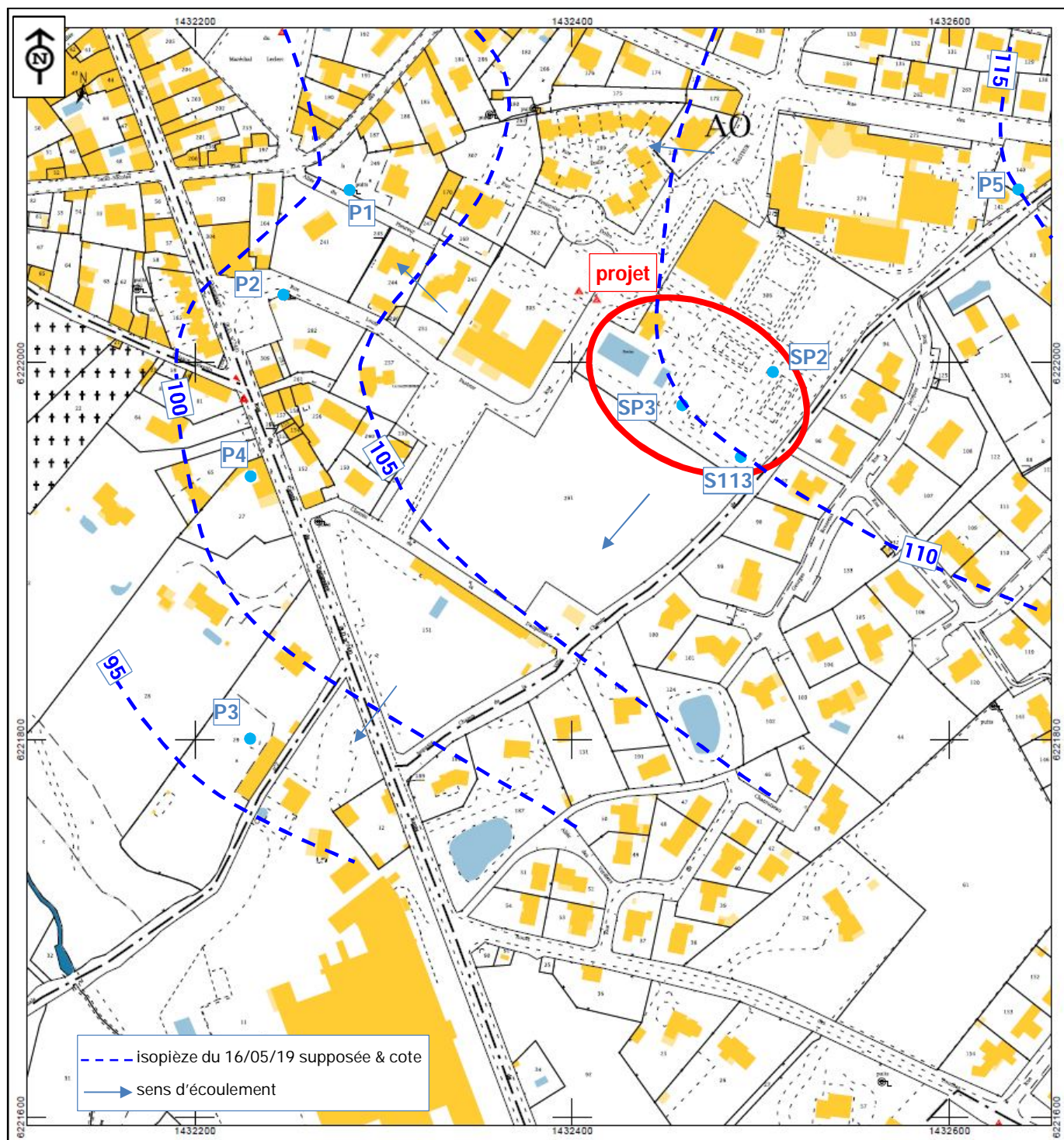


Figure 4 : Localisation des puits mesurés le 16/05/2019 & esquisse piézométrique

(source fond cartographique : cadastre.gouv.fr)

2.2.3.2 - Piézomètres du projet

Sur site, trois piézomètres ont été installés par GEOTECHNIQUE OUEST (cf. implantation et coupes en annexe 1). Ils présentent les caractéristiques résumées dans le Tableau 2.

SP2 et SP3 installés en juillet 2017 ont fait l'objet d'un suivi manuel à pas de temps mensuel entre le 31/07/2017 et le 14/02/2018 par GEOTECHNIQUE OUEST.

S113 a été installé en août 2018.

Dans le cadre de la présente mission, SP2, SP3 et S113 ont fait l'objet d'un suivi piézométrique en continu du 24 janvier au 23 juillet 2019 par l'intermédiaire de capteurs de pression. Le pas de temps d'enregistrement des données a été fixé à 30 minutes. Deux visites de contrôle des installations ont été réalisées le 22/03 et le 24/05. La 1^{ère} visite a permis de constater une saturation du capteur sur S113 durant la première période de suivi ; le défaut a alors été corrigé.

D'après les données de précipitations cumulées sur un cycle hydrologique à Beaucouzé (cf. Figure 9) :

- les mesures de juillet 2017 à février 2018 s'inscrivent dans une période présentant un léger déficit hydrique par rapport à la normale (-32 mm), suivant un mois de juin 2017 nettement excédentaire (+34 mm) ;
- les mesures de janvier à juillet 2019 s'inscrivent dans une période présentant un fort déficit hydrique par rapport à la normale (-113 mm), suivant des mois de novembre et décembre 2018 (période de recharge de la nappe) nettement excédentaires (+67 mm).

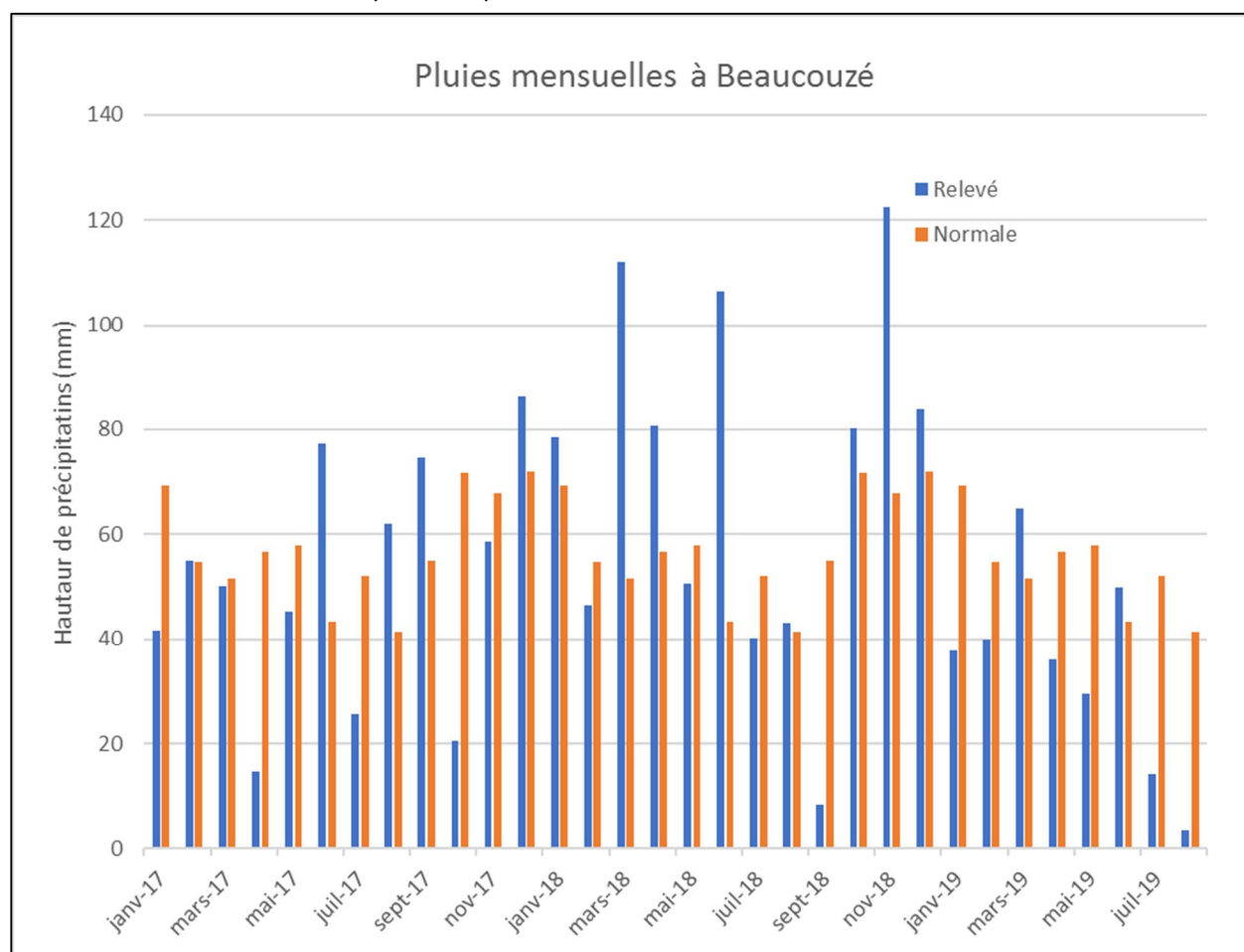


Figure 5 : Précipitations mensuelles à Beaucouzé entre 2017 et 2019

Les figures Figure 6 à Figure 9 illustrent les résultats du suivi. Les cotes et niveaux caractéristiques de la période du 24 janvier au 23 juillet 2019 sont résumés dans le Tableau 2.

Les niveaux piézométriques des trois piézomètres évoluent de manière tout à fait comparable, validant leur bon fonctionnement. Les cotes piézométriques sur SP3 et S113 sont équivalentes. La cote sur SP2 est supérieure d'environ 1 m. Sur la période du 24 janvier au 23 juillet 2019, on mesure sur site :

- en période de hautes eaux 2019, durant près d'un mois (de manière discontinue), un niveau de nappe situé entre 0,9 et 1 m/sol ;
- en période de basses eaux, fin juillet 2019, un niveau de nappe situé entre 2,3 et 2,8 m/sol.
- une amplitude de variation sur SP3 supérieure à celle calculée sur SP2, malgré une position altimétrique plus basse ; possiblement du fait d'un terrain environnant moins perméable.

Le 10 février 2019, les chroniques montrent un abaissement soudain du niveau de la nappe d'environ 40 cm. Compte tenu notamment de l'allure du retour à l'équilibre, cet événement est attribué à un pompage voisin. L'événement pourrait se reproduire le 07 mars dans une moindre mesure. On ne l'observe plus par la suite.

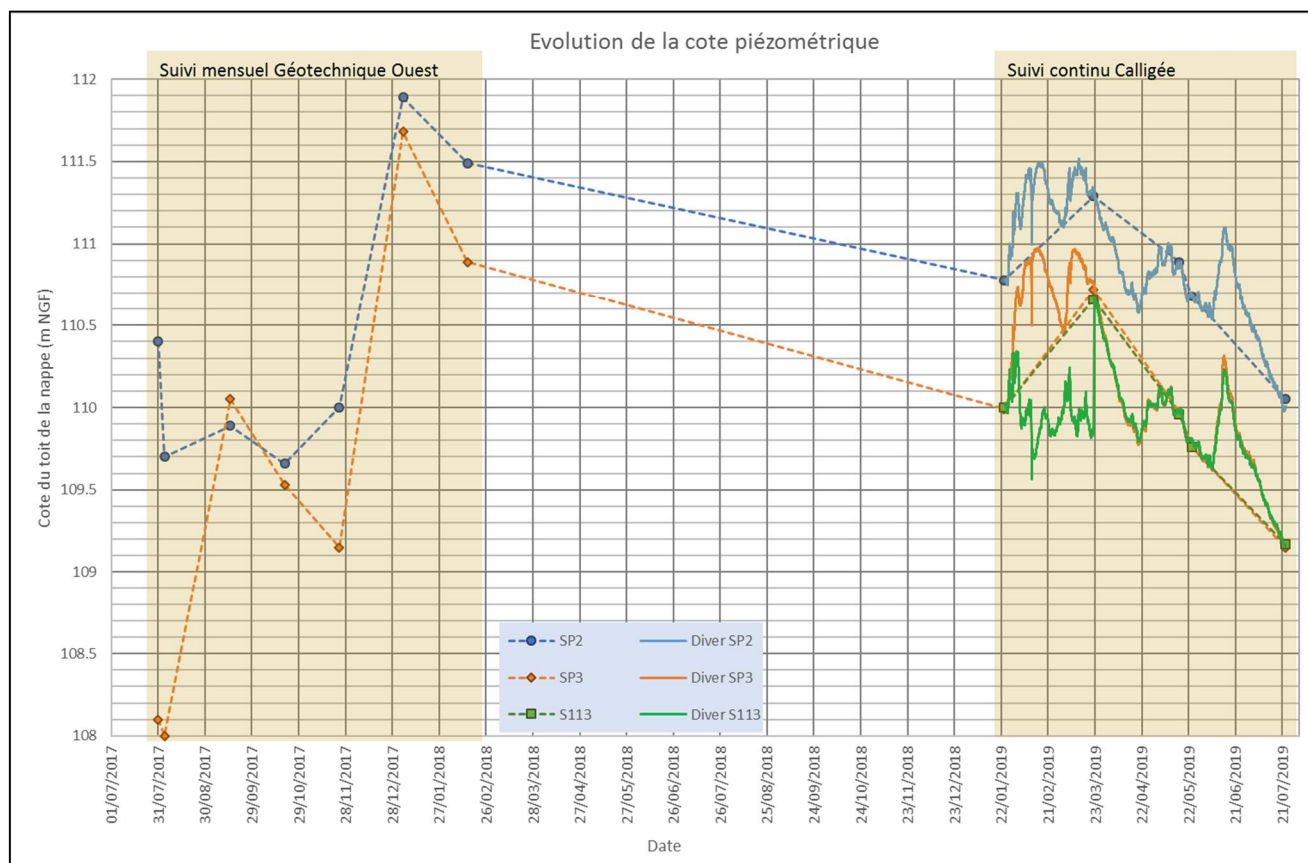


Figure 6 : Evolution de la cote piézométrique sur site sur la période 2017-2019

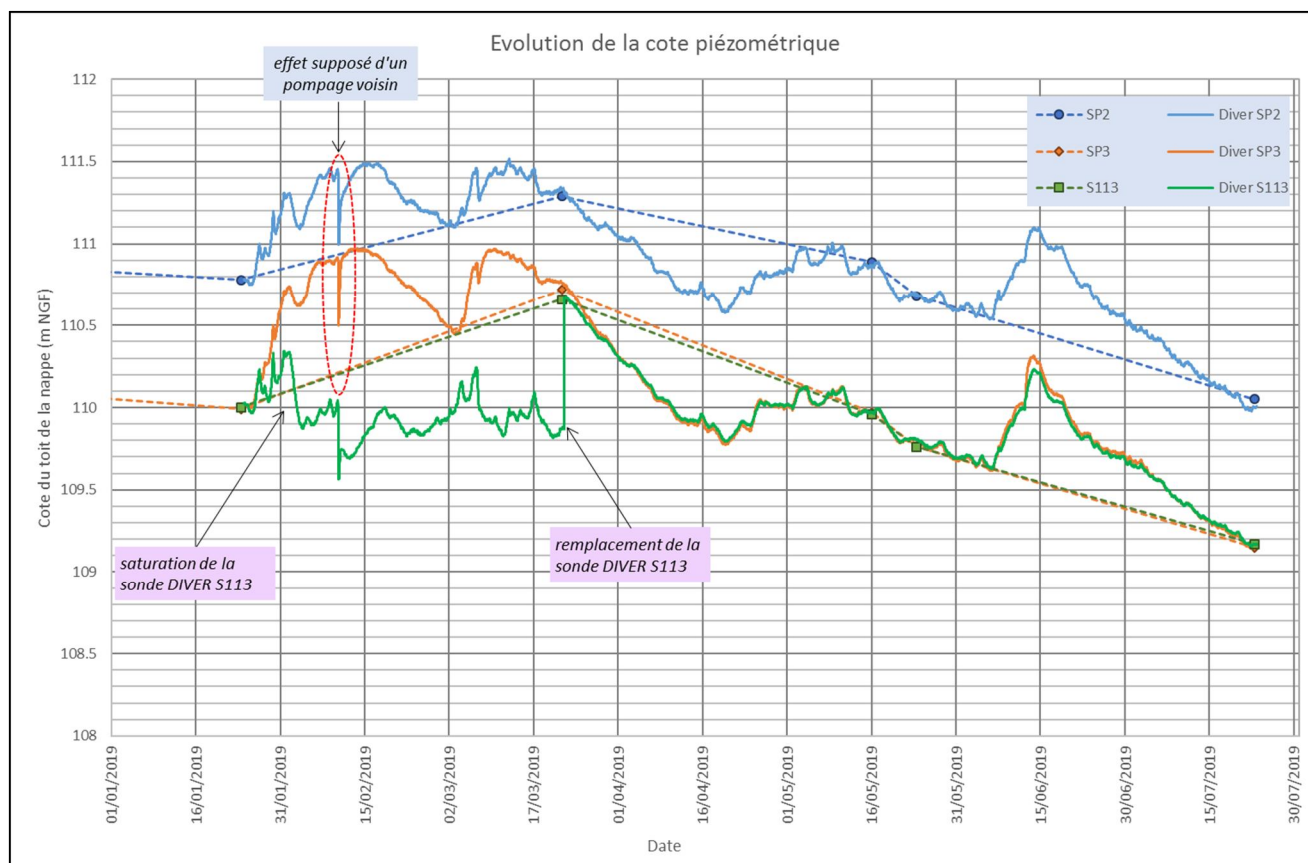


Figure 7 : Evolution de la cote piézométrique sur site en 2019

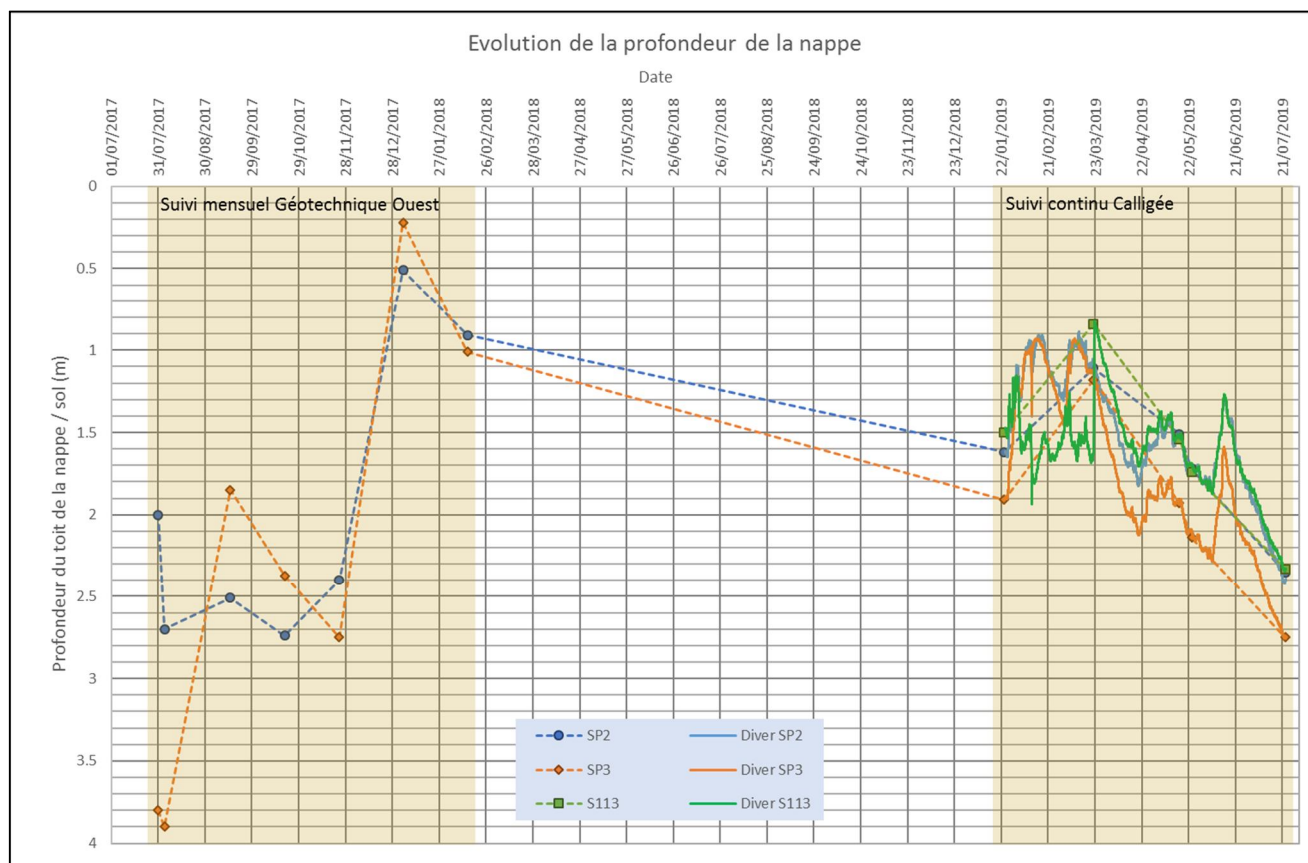


Figure 8 : Evolution de la profondeur de nappe sur site sur la période 2017-2019

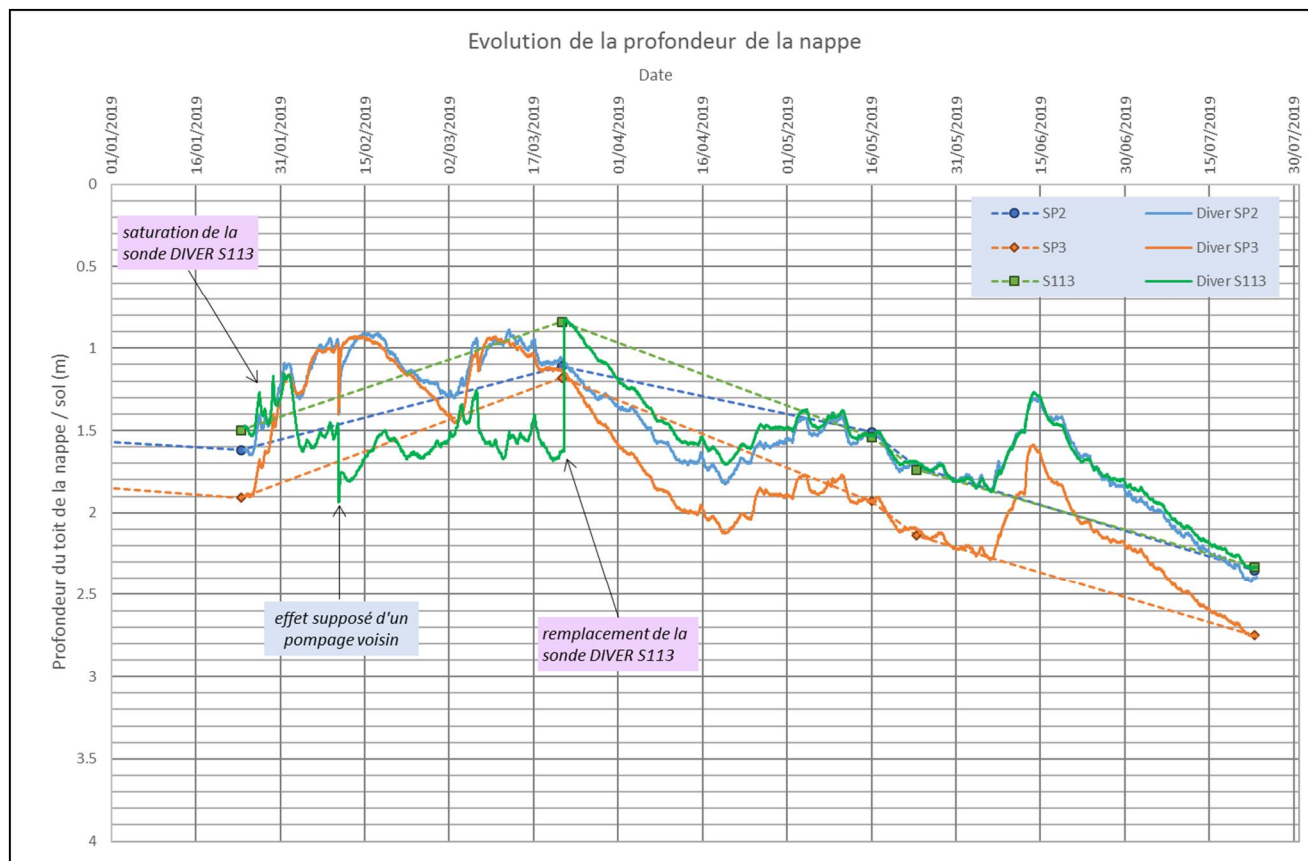


Figure 9 : Evolution de la profondeur de nappe sur site en 2019

L'analyse du suivi piézométrique 2019 avec les précipitations à Angers-Beaucouzé permet d'illustrer la réaction du niveau de la nappe en fonction des différents épisodes pluvieux

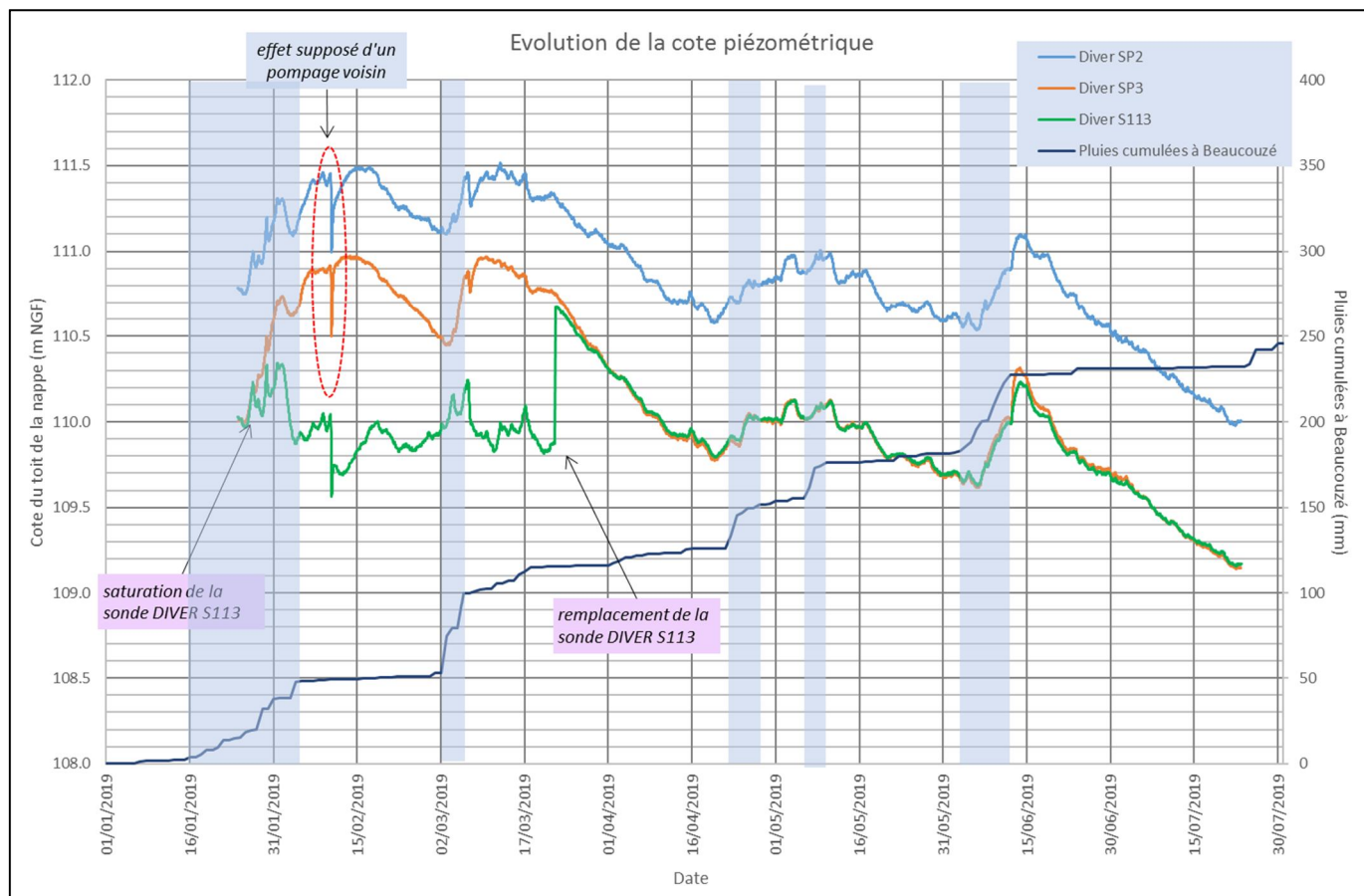


Figure 10 : Cote piézométrique 2019 sur site et précipitations à Beaucouzé

Tableau 2 : Synthèse des mesures piézométriques du 24/01/19 au 23/07/19

Identifiant	Cote sol (m NGF)	Profondeur forée (m/sol)	Profondeur mesurée le 24/01/19 (m/sol)	Equipement	Cote NGF(m) enregistrée du 24/01/2019 au 23/07/2019*				Niveau / sol (m) enregistré du 24/01/2019 au 23/07/2019*				Amplitude (m) calculée du 24/01/2019 au 23/07/2019*
					Mini	Maxi	Moyenne	Médiane	Mini	Maxi	Moyen	Médiane	
SP2	112.4	8	7.02 (fond vaseux)	8 m de tube 36/40 mm posé à 7,5 m/TN crépiné entre 7,5 et 4,5 m/TN	109.98	111.52	110.89	110.87	0.88	2.42	1.51	1.53	1.54
SP3	111.9	8	7.34	8,4 m de tube 36/40 mm posé à 7,8 m/TN crépiné entre 7,8 et 4,8 m/TN tête d'ouvrage détériorée par la suite	109.14	110.97	110.15	110.02	0.93	2.76	1.75	1.88	1.83
S113	111.5	16	14.65	15,1 m de tube 36/40 mm posé à 14,7 m/TN crépiné entre 14,7 et 10,7 m/TN	109.16	110.68	109.87	109.90	0.82	2.34	1.63	1.60	1.52
					* du 22/03/19 au 23/07/2019 pour S113								

2.2.3.3 - Perméabilité des micaschistes sur le site de l'opération

Afin d'apprécier la perméabilité du sol et proche sous-sol au niveau de l'opération, notamment dans le but d'évaluer un débit d'épuisement de fouille ou encore d'étudier sa capacité à infiltrer les eaux pluviales ou eaux d'exhaure de nappe, plusieurs mesures de perméabilité ont été réalisées.

Les points et conditions de mesure ainsi que les résultats sont présentés dans le Tableau 3. La localisation des sondages est figurée en annexe 1.

Tableau 3 : Synthèse des mesures de perméabilité réalisées sur site

Identifiant du sondage	Cote sol (m NGF)	Opérateur	Type d'essai	Profondeur d'essai	Nature des terrains testés	Date de la mesure	Valeur de perméabilité calculée
P5	112.2	Géotechnique Ouest	Charge constante dans la zone non saturée type Porchet	1,1 m	schistes très altérés	31/07/17	$4,5.10^{-7}$ m/s
P102	111.5			0,3 à 1,5 m	schistes d'altération variable, compacts à partir de 75 cm	27/08/18	$1,4.10^{-6}$ m/s
SP2	112.4	Calligée	Charge variable sur la zone saturée type slug-test	0 à 7 m	schistes très altérés à altérés	23/07/19	$1,1.10^{-7}$ m/s
SP3	111.9			0 à 7,3 m	schistes très altérés à altérés	23/07/19	6,2 à $8,5.10^{-8}$ m/s
S113	111.5			10,7 à 14,7 m	schistes d'altération variable	23/07/19	$1,5.10^{-8}$ m/s

Les mesures de perméabilité du proche sous-sol réalisées sur site par Calligée ont appliqué la méthode du « slug test » (ou choc hydraulique - cf. principe du test en annexe). Le niveau d'eau a été suivi en continu par l'intermédiaire d'un capteur de pression de type mini-diver et par des mesures manuelles régulières.

Compte tenu du niveau statique de la nappe et des caractéristiques techniques des ouvrages, les essais ont consisté à déverser dans les piézomètres 2 à 3 l d'eau puis à suivre le retour à l'équilibre.

Sur SP2, le relèvement lors de l'injection d'eau atteint le sommet du tube acier (test 1) ou le terrain naturel (test 2). Le retour au quasi équilibre est observé au bout de 2,5 heures environ. Deux tests ont pu être réalisés.

Sur SP3, le relèvement lors de l'injection d'eau se situe à environ 50 cm sous le terrain naturel. Le retour au quasi équilibre est observé au bout de 4 heures environ. Deux tests ont pu être réalisés.

Sur S113, le relèvement lors de l'injection d'eau se situe à environ 1,70 m sous le terrain naturel seulement. Pour autant, le rabattement résiduel au bout de 4H45 de mesure reste de 18 cm. Un seul test a été réalisé.

Malgré des volumes d'eau injectés (2 l, hormis test 1 sur SP2) et des niveaux statiques équivalents, le niveau de relèvement de la nappe diffère, tendant à montrer que l'espace annulaire des sondages est plus ou moins large. Cette différence est possiblement liée au mode de foration.

L'interprétation est réalisée en appliquant la méthode de méthode de Bouwer et Rice, considérant un recouvrement complet de l'aquifère.

La réalisation des essais est illustrée sur les figures Figure 11 à Figure 13. Les courbes utilisées pour l'interprétation sont illustrées sur les figures Figure 14 à Figure 16. Les conditions d'essai et l'interprétation sont résumées dans le Tableau 4.

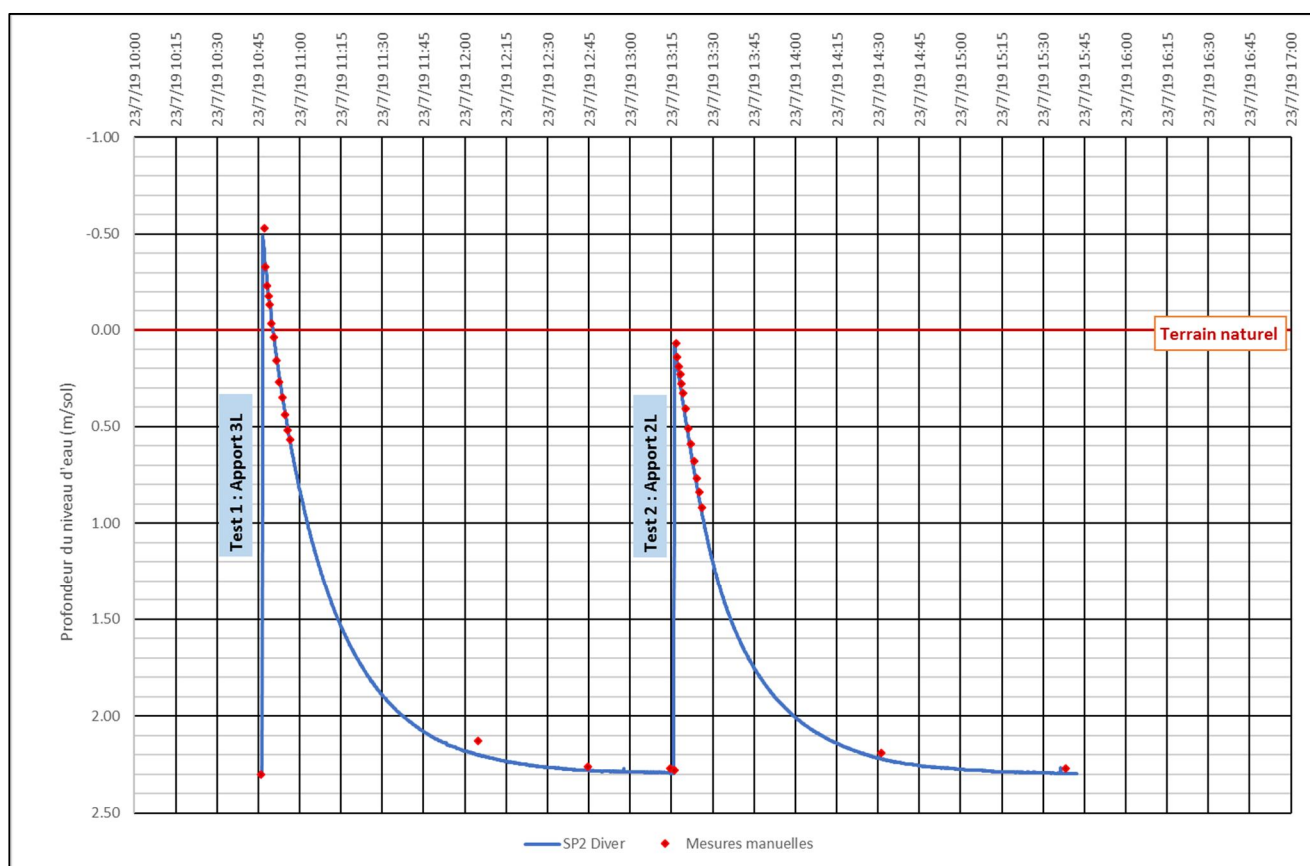


Figure 11 : Déroulement des « slug test » sur SP2

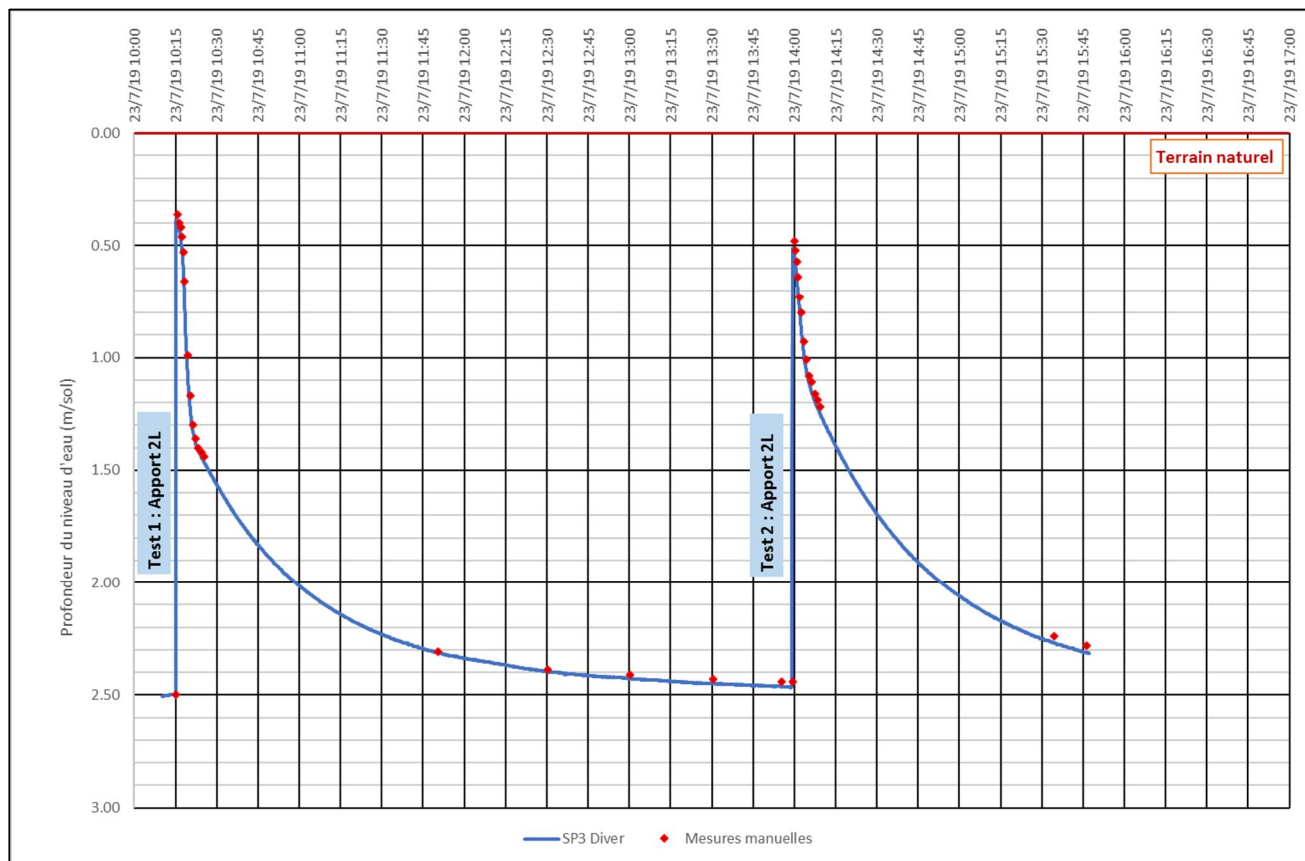


Figure 12 : Déroulement des « slug test » sur SP3

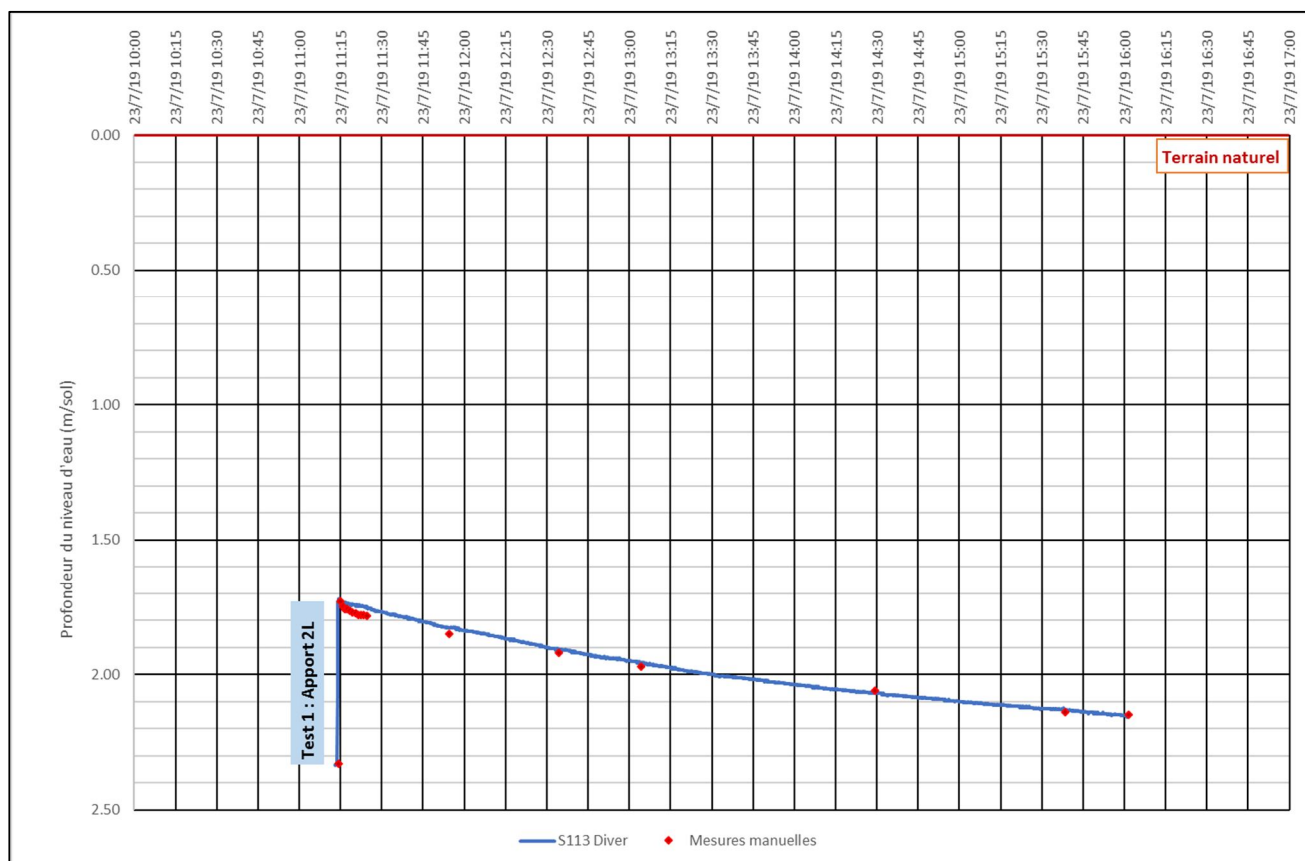


Figure 13 : Déroulement des « slug test » sur S113

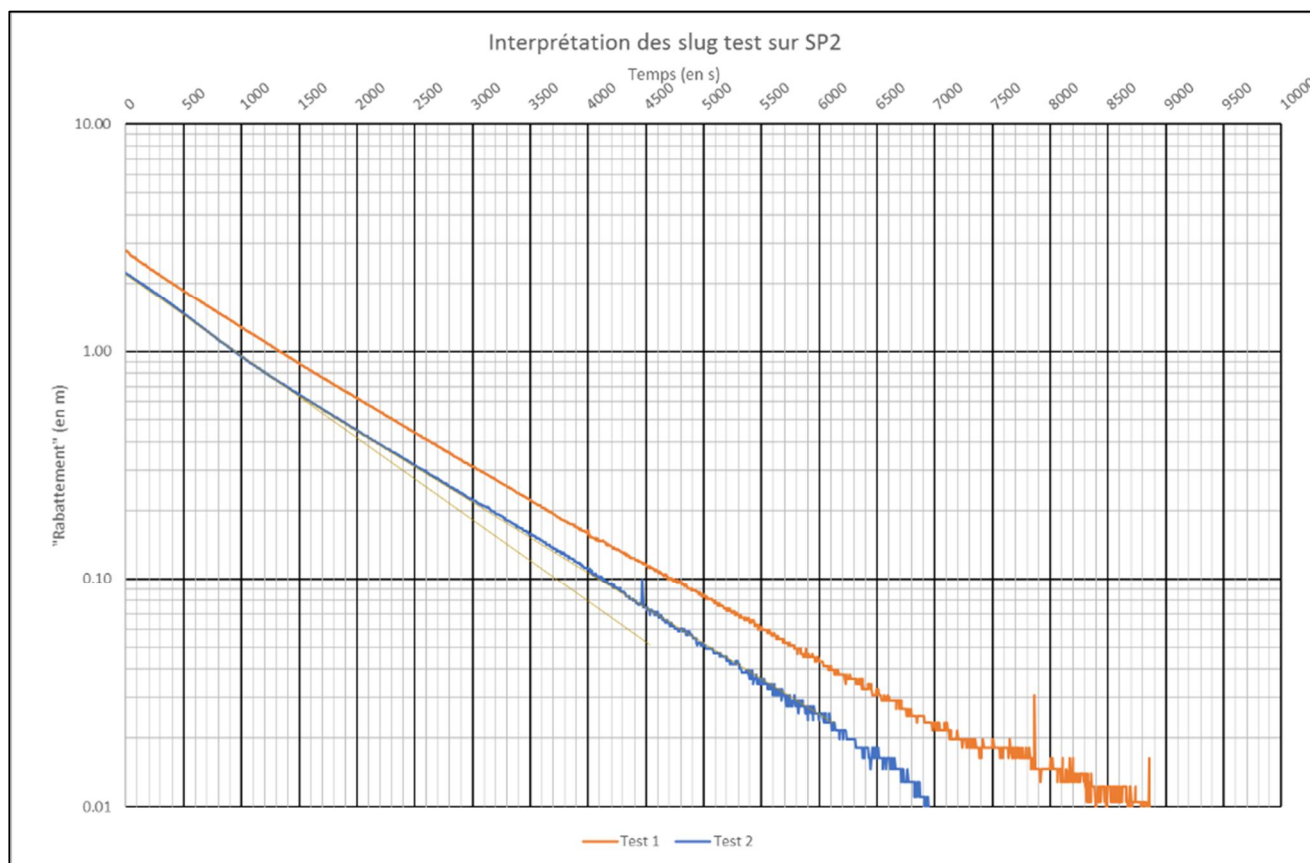


Figure 14 : Courbe d'interprétation des « slug test » sur SP2

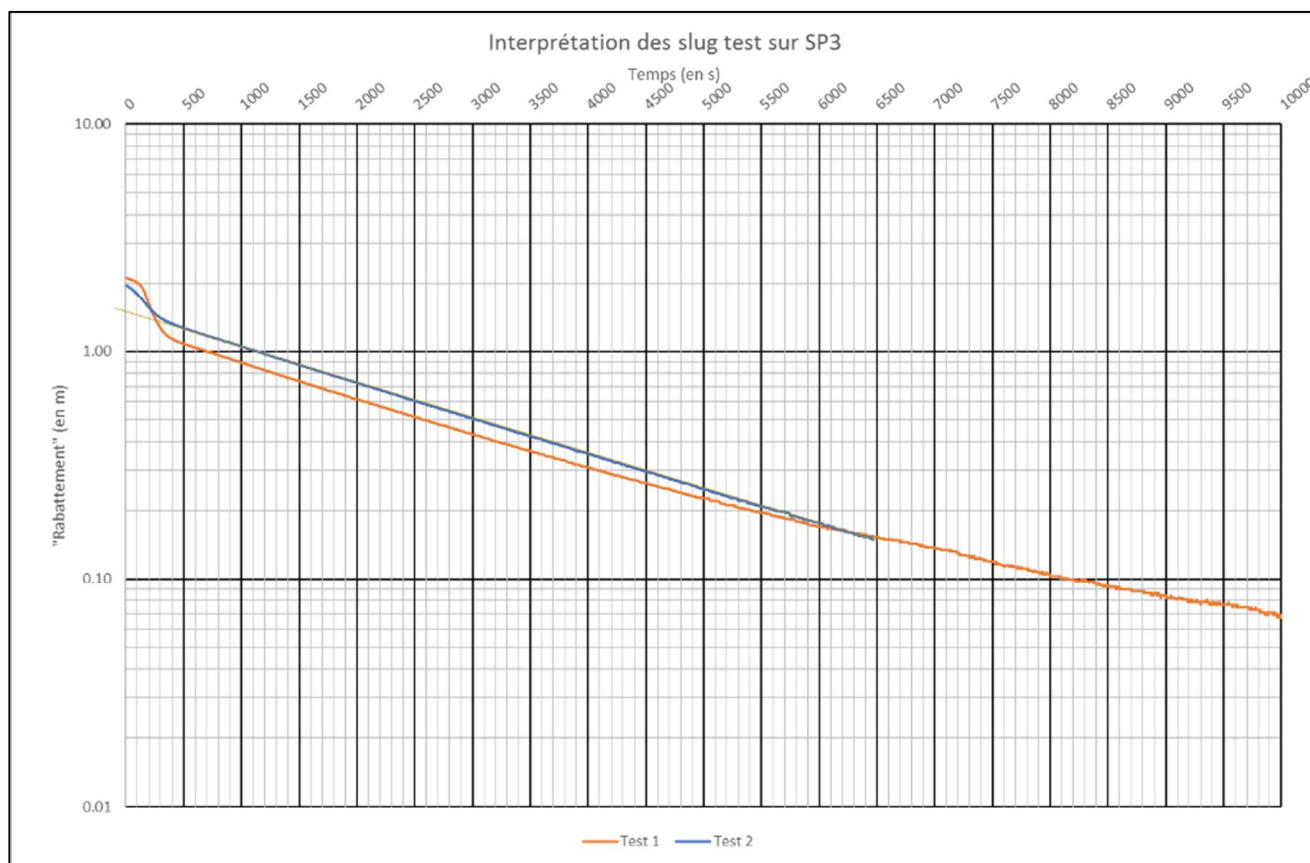


Figure 15 : Courbe d'interprétation des « slug test » sur SP3

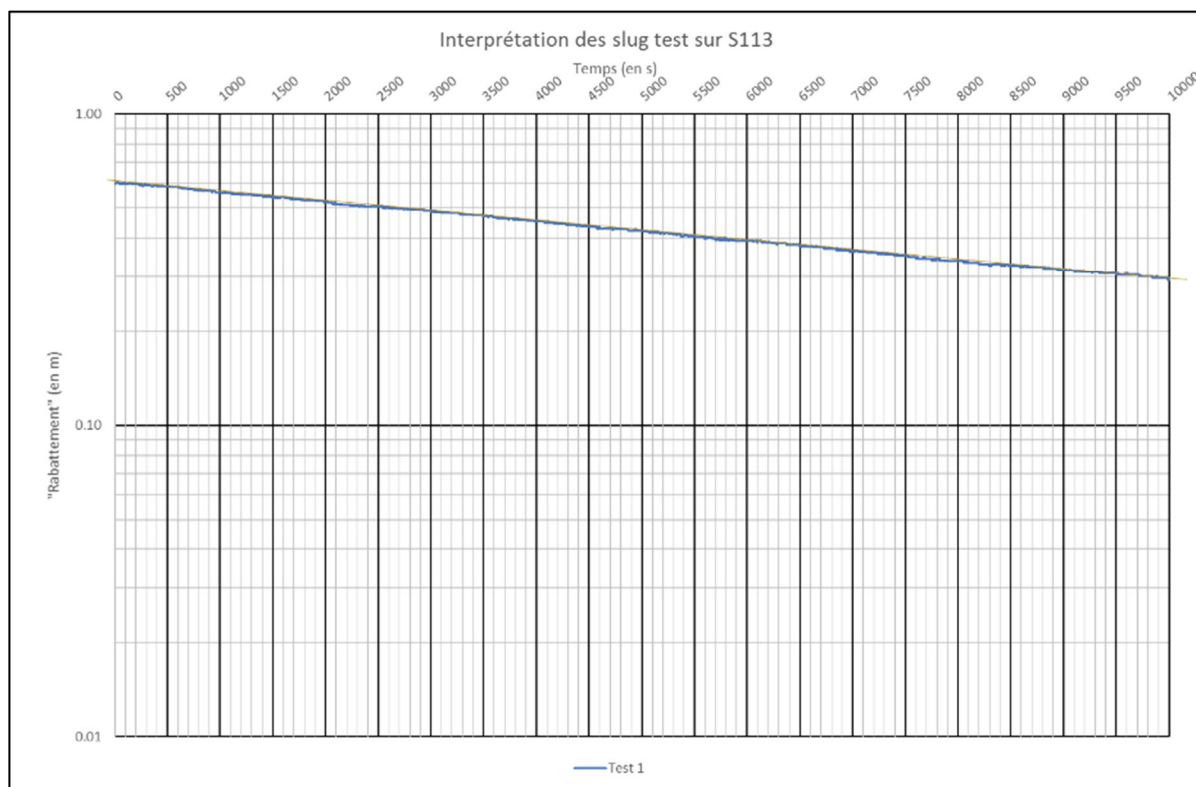


Figure 16 : Courbe d'interprétation du « slug test » sur S113

Tableau 4 : Synthèse des mesures & résultats des slug-tests

Description de l'ouvrage & conditions de mise en œuvre						
Piézomètre		SP2		SP3		S113
Profondeur équipée juillet 2017 & août 2018	(m/sol)	8	8	8	8	16
Profondeur mesurée 2019	(m/sol)	7	7	7.4	7.4	14.62
Profondeur cépines 2019	(m/sol)	2 - 7	2 - 7	2 - 7.4	2 - 7.4	10.8 - 14.62
Test		T1	T2	T1	T2	T1
Volume d'eau versé	(l)	2	2	2	2	2
Paramètres du calcul						
H0	niveau statique initial (m/sol)	2.3	2.3	2.5	2.46	2.33
h0	niveau d'eau après impulsion (temps 0 de l'essai) (m/sol)	-0.38	0.07	0.38	0.51	1.72
Rc	rayon du tubage (m)	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
Rw	rayon du puits (tubage + massif filtrant) (m)	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
L	hauteur de crépine libre (m)	5	5	5.4	5.4	3.82
b	épaisseur saturée de l'aquifère (m)	4.7	4.7	4.9	4.94	12.29
d	distance entre le toit de la nappe (NS) et le fond du piézomètre (m)	4.7	4.7	4.9	4.94	12.29
Plage de calcul						
Tdébut (s)	(s)	0	0	400	400	500
Tfin (s)	(s)	2 500	1 500	4 500	6 465	10 000
Ndébut (m/sol)	(m/sol)	-0.49	0.07	1.15	1.36	1.72
Nfin (m/sol)	(m/sol)	1.86	1.65	2.17	2.32	2.04
Résultats						
$(1/t) \cdot \ln(Y(t)/Y(0))$		7.96E-04	8.48E-04	6.57E-04	4.81E-04	7.72E-05
L/Rw		147	147	153	154	119
C		5.5	5.5	5.9	5.9	4.9
K	Perméabilité K (m/s)	1.06E-07	1.13E-07	8.45E-08	6.15E-08	1.45E-08
T	Transmissivité T (m²/s)	5.00E-07	5.33E-07	4.14E-07	3.01E-07	1.78E-07
Re	rayon d'influence de l'essai (m)	1.5	1.5	1.6	1.6	2.7

Des différentes mesures de perméabilité réalisées sur le site de l'opération, on retiendra :

- une valeur maximale de l'ordre $1 \text{ à } 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ mesurée à faible profondeur (0,3 à 1,5 m), caractérisant un terrain peu perméable ;
- une perméabilité relativement homogène ($0,9 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$) calculée sur les sondages SP2 et SP3 recoupant 7 à 8 m de micaschistes, caractérisant un terrain peu perméable ;
- une perméabilité ayant tendance à diminuer en fonction de la profondeur testée ($1 \text{ à } 2 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ minimum calculé sur S113), indiquant des micaschistes peu fissurés.



3 Niveau de la nappe au droit du site

3.1 - MODALITES DE DEFINITION DU NIVEAU DE PLUS HAUTES EAUX DE LA NAPPE AU DROIT DU SITE

Un suivi piézométrique significatif a été réalisé sur le site de l'opération :

- deux piézomètres SP2 et SP3 suivis manuellement à fréquence mensuelle entre le 31/07/2017 et le 14/02/2018 ;
- trois piézomètres SP2, SP3 et S113 suivis en continu du 24 janvier au 23 juillet 2019.

Il a permis de caractériser les niveaux de nappes sur deux périodes données.

Afin de situer ces périodes de mesure dans un cycle pluriannuel et d'évaluer un niveau de nappe haute maximum atteignable sur site, nous réalisons une analyse comparative des données piézométriques acquises à celles de piézomètres de référence suivis en continu depuis plusieurs années.

3.1.1 - SELECTION DES PIEZOMETRES DE REFERENCE

Nous exploitons les données mises à disposition par ADES, Portail National d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines. Ce portail recense les chroniques de piézomètres de référence, enregistrées pour certaines depuis plus de 20 ans. Sur les chroniques les plus anciennes, une analyse statistique des données permet d'apprécier l'occurrence des niveaux mesurés. L'analyse comparative des chroniques de référence avec les mesures réalisées sur le projet permet d'extrapoler des valeurs piézométriques caractéristiques de ce dernier.

Trois piézomètres implantés en domaine de socle sont disponibles à l'ouest de la zone d'étude (cf. **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Les chroniques les plus récentes débutent en 2006. Aussi, aucune analyse statistique n'est réalisée.

Tableau 5 : Caractéristiques des piézomètres de référence ADES

Piézomètre	Commune	Altitude	Distance au site	Profondeur de l'ouvrage	Aquifère	Amplitude annuelle maxi hautes eaux basses eaux	Dénivelé & distance par rapport à l'exutoire supposé (cours d'eau pérenne)
04838X0175/PZ	Chemillé	78 m	18 km NO	64 m	Socle Métamorphique - Milieu fracturé	1,8 m	13 m 0,15 km
05103X0321/PZ	Cholet	121 m	27 km OSO	37 m	Socle Métamorphique - Milieu fracturé	≈ 4 m	52 m 1,6 km
05101X0129/PZ	Sèvremoine	103 m	35 km O	37 m	Socle Métamorphique - Milieu fracturé	1,85 m	10 m 0,7 km

Le piézomètre de Cholet est influencé par des pompages réguliers. Et la chronique semble subir des décalages altimétriques sur la période 2006-2010. La chronique apparaît moins facilement exploitable. Elle fournit néanmoins une information sur l'amplitude des variations pour un point d'eau situé nettement au-dessus (+ 52 m) de l'exutoire supposé de la nappe (cours d'eau pérenne). Les deux autres piézomètres présentent un dénivelé moindre (+ 10 et 13 m) par rapport l'exutoire supposé de la nappe (cours d'eau pérenne). Sur le plan géomorphologique, les piézomètres de l'opération illustrent un contexte plus proche de celui de Cholet (+46 m). Classiquement, on s'attend à une amplitude des variations piézométriques croissante à mesure de l'éloignement (en altimétrie et/ou distance) à l'exutoire. Dans le cas présent, la géomorphologie (vallées +/- encaissées) peut toutefois influencer le phénomène.

3.1.2 - ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

La Figure 17 et la Figure 18 présentent les chroniques des piézomètres de référence, ainsi que les mesures faites dans les piézomètres du site.

Sur ces chroniques, les niveaux de nappe les plus hauts sont enregistrés en :

- mars 2014 sur le piézomètre de Chemillé (cote 75,25 m NGF).
- printemps 2009 sur le piézomètre de Cholet (cote ≈ 120 m NGF) ; appréciation incertaine.
- février 2013 sur le piézomètre de Sèvremoine (cote 100,49 m NGF).

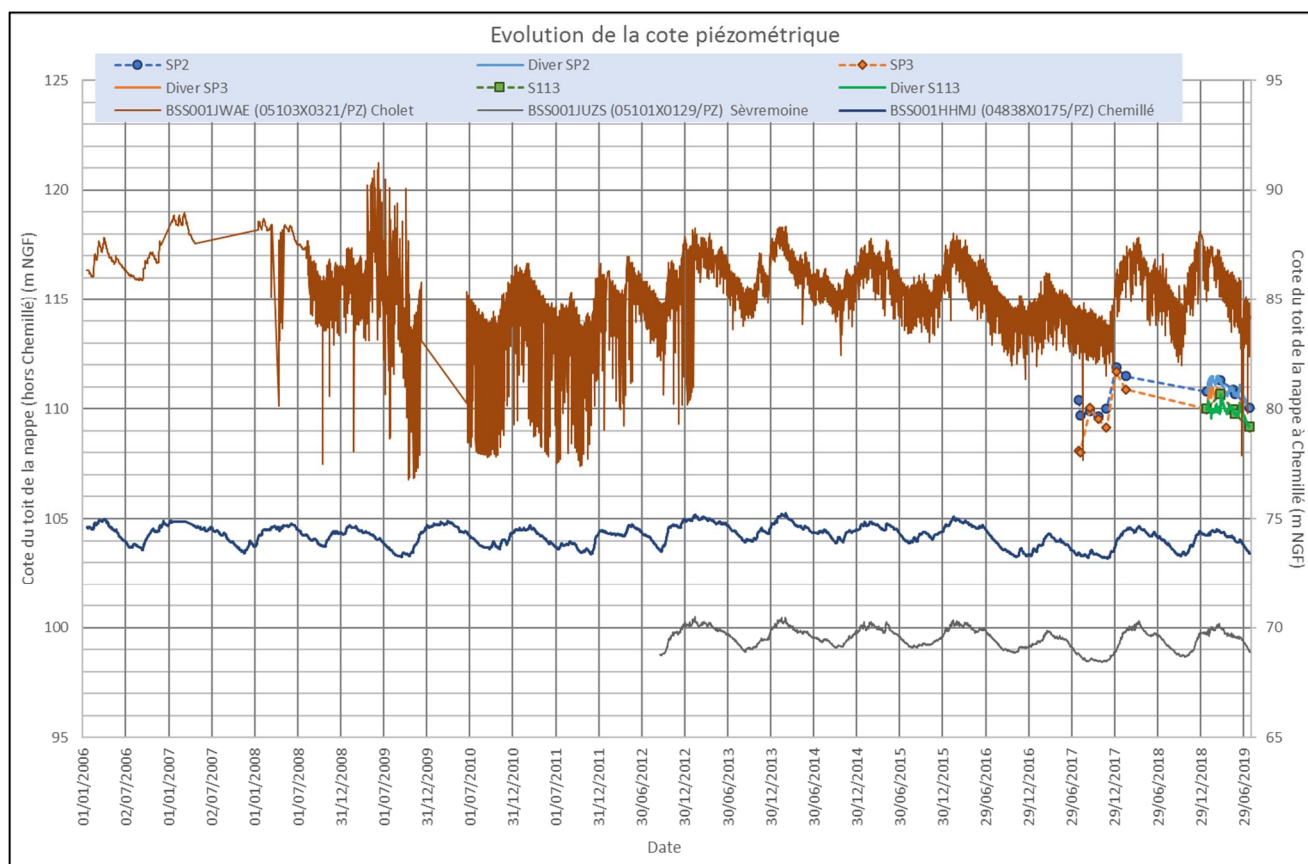


Figure 17 : Chroniques piézométriques 2006-2019 – Cotes

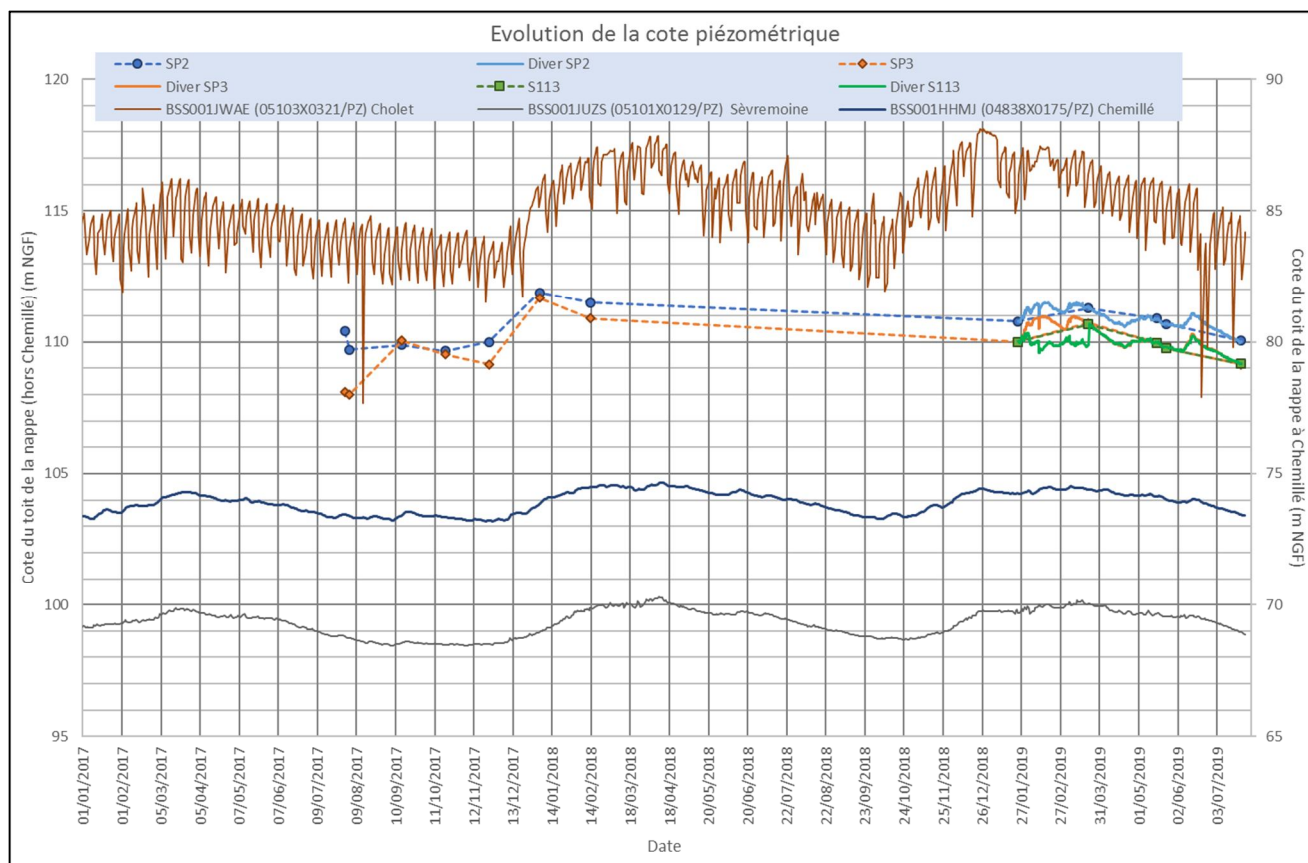


Figure 18 : Chroniques piézométriques 2017-2019 – Cotes

Les valeurs mensuelles moyennes calculées sur les piézomètres de référence permettent également de placer les phases de mesure sur site dans leur contexte hydrologique (cf. Figure 19 à Figure 21 - source ADES).

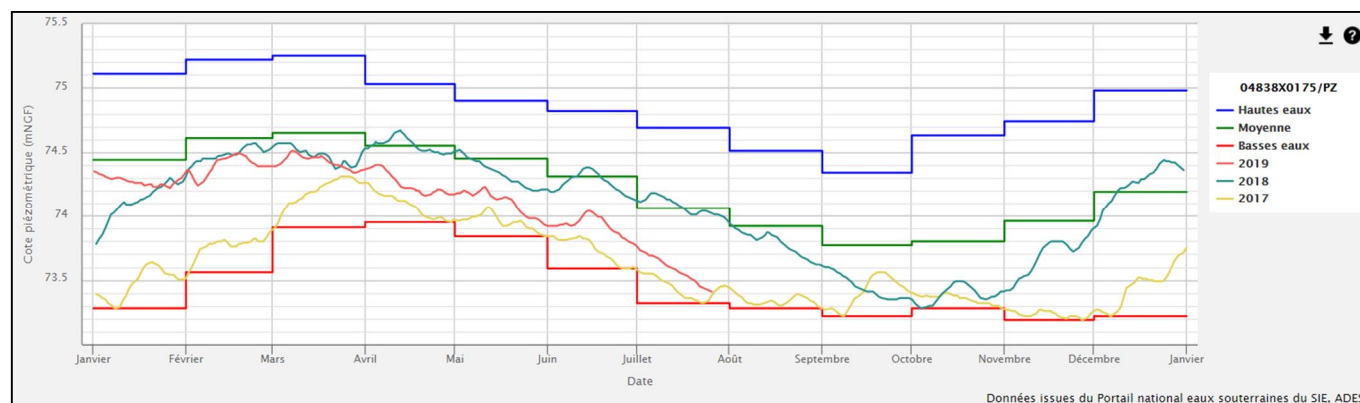


Figure 19 : Cotes piézométriques mensuelles moyennes à Chemillé

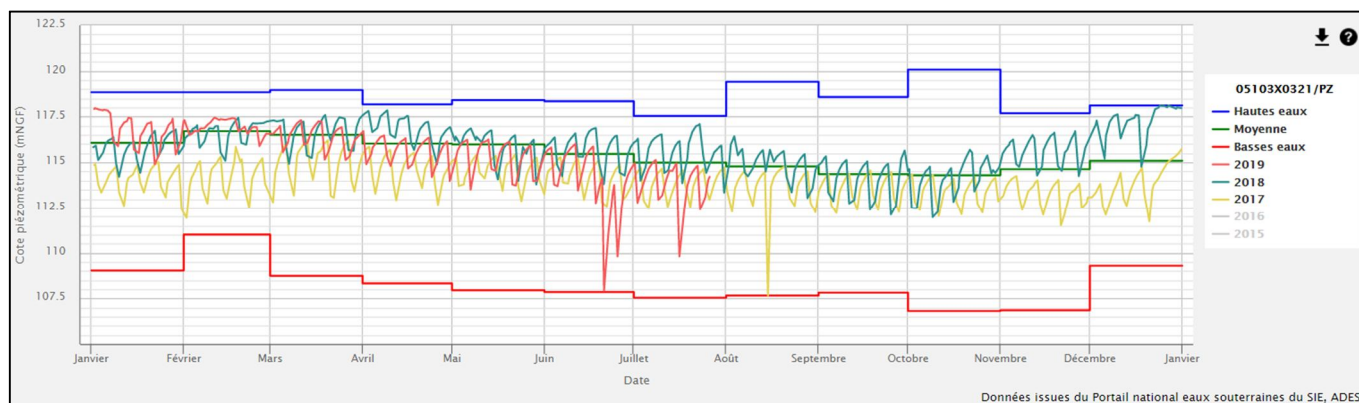


Figure 20 : Cotes piézométriques mensuelles moyennes à Cholet

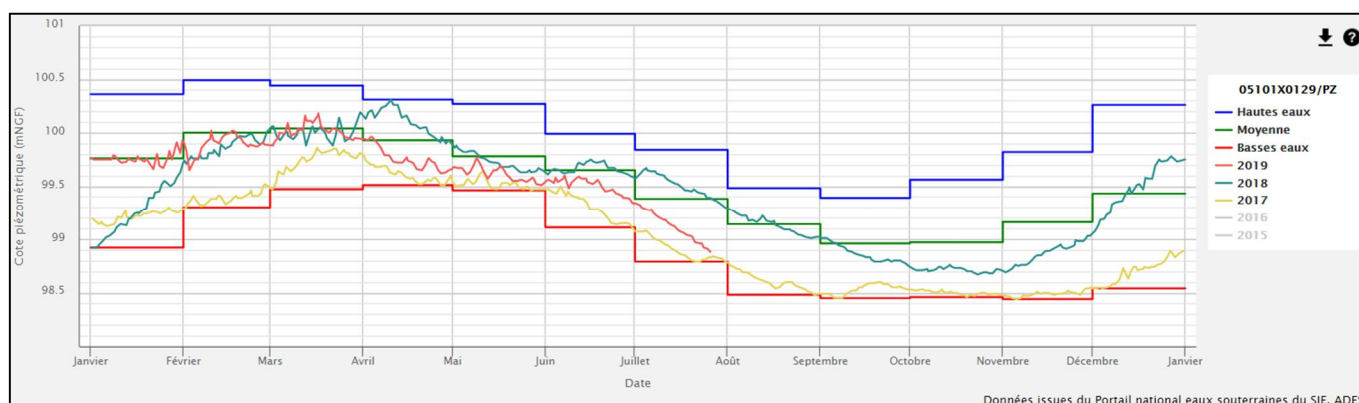


Figure 21 : Cotes piézométriques mensuelles moyennes à Sèvremoine

D'après ces données :

- la période de suivi juillet 2017 – février 2018 sur site a correspondu à une période représentative de basses eaux, hormis la mesure de février 2018 ;
- la période de suivi fin janvier 2019 – juillet 2019 sur site a correspondu à une période représentative de moyennes à basses eaux.

3.1.3 - NIVEAUX REPRESENTATIFS DE HAUTES EAUX DE LA NAPPE ESTIMES AU DROIT DU SITE

Afin d'extrapoler les mesures sur site à celles des années particulièrement humides des piézomètres de référence, en contexte géologique comparable, partant du concept que le contexte géomorphologique influence l'amplitude des variations piézométriques, nous réalisons une analyse comparative de l'amplitude des variations sur une période donnée.

L'analyse est synthétisée dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Analyse comparative de l'amplitude des variations sur les piézomètres

Période de suivi sur site		Date	Piézomètre & cote					
			SP2	SP3	Moyenne	Chemillé	Cholet	Sèvremoine
du 31/07/2017 au 04/02/2018	Basses Eaux	20/10/2017	109.66	109.53	109.59	73.27	113.40	98.49
		24/11/2017	110.00	109.15				
	Hautes Eaux	04/01/2018	111.89	111.68	111.79	73.90	115.50	98.98
	Amplitude		2.23	2.53	2.20	0.63	2.10	0.49
du 24/01/2019 au 23/07/2019	Basses Eaux	22-juil	109.98	109.14	109.56	73.45	114.20	98.96
	Hautes Eaux	12-mars SP2 15-18 fev SP3	111.52	110.97	111.24	74.50	117.40	100.16
	Amplitude		1.54	1.83	1.68	1.05	3.20	1.20

Corrélativement au contexte géomorphologique, l'amplitude des variations piézométriques sur site est supérieure à celles calculées sur les piézomètres de Chemillé et Sèvremoine, et inférieure à celle calculée à Cholet.

On a vu que les niveaux de hautes eaux mesurés sur site en février et mars 2019 sont représentatifs d'une année moyenne (environ 0,9 à 1 m/sol). En référence au piézomètre de Chemillé, le niveau de hautes eaux d'une année humide se situe 70 à 80 cm plus haut. Compte tenu d'une amplitude de variation plus importante mesurée sur site, cela signifie qu'**en année humide, le niveau de nappe haute attendu est sub-affleurant (≈ 0 m/sol).**

Les mesures de basses eaux de fin juillet 2019 sur site apparaissent représentatives d'une année sèche. En référence au piézomètre de Chemillé, en période de basses eaux d'une année normale, le niveau de la nappe se situerait sur site une quarantaine de cm plus haut que la mesure du 22 juillet 2019, soit environ entre 2 et 2,3 m/sol.

3.1.4 - PARAMETRES POUVANT INTERFERER SUR LE NIVEAU PIEZOMETRIQUE LOCAL

Compte-tenu de l'altitude et de la distance à l'exutoire naturel de la nappe, le projet est situé dans un secteur où les fluctuations de la nappe ne sont pas soumises à l'influence d'un cours d'eau.

Les puits et forages d'eau inventoriés alentour du projet possèdent un usage domestique restreint. Les débits prélevés sont a priori faibles. Les forages profonds inventoriés alentour sont destinés à la géothermie sur sondes sèches. Il n'y a pas d'influence sur le niveau de nappe. En outre, les valeurs de débit indiquées sur les ouvrages voisins montrent une faible productivité, d'où a priori une aire d'influence restreinte.

Malgré tout, la chronique janvier-juillet 2019 sur l'opération semble montrer deux épisodes de pompage voisin influençant momentanément le niveau de la nappe sur site (40 cm maxi). Les événements ne sont observés que ponctuellement.

Aussi, les niveaux enregistrés sur site apparaissent globalement bien représentatifs d'un niveau globalement non influencé de la nappe, et leur exploitabilité peut être validée.

3.1.5 - INCIDENCE DU PROJET SUR LE NIVEAU LOCAL DE LA NAPPE

En phase travaux, une fois le déblai entièrement ouvert, le niveau de la nappe aura tendance à s'y équilibrer sur le mode d'un plan d'eau. Ainsi, la hauteur recoupée estimée aura tendance à diminuer en amont topographique (effet de drainage de la nappe) tandis qu'elle aura tendance à augmenter en aval topographique (effet de limite d'alimentation de la nappe). On peut admettre que le plan d'eau s'équilibrera globalement à la cote estimée en partie médiane du déblai.

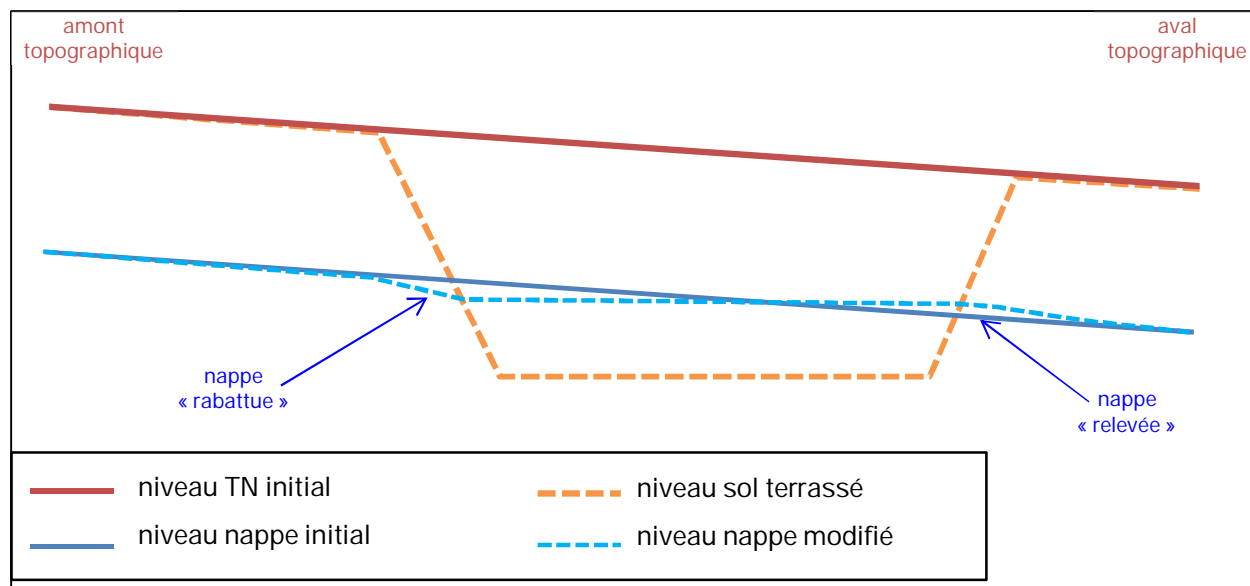


Figure 22 : Schématisation de l'impact du déblai sur le niveau d'équilibre de la nappe

En phase « exploitation », le sous-sol constituera un obstacle hydraulique à l'écoulement de la nappe. En absence de dispositif de drainage, le schéma des écoulements souterrains s'inversera : le niveau de la nappe sera « relevé » en amont topographique de l'obstacle et sera « abaissé » en aval topographique (effet de barrière hydraulique). On peut admettre que le plan d'eau restera globalement équilibré à la cote estimée en partie médiane du déblai.

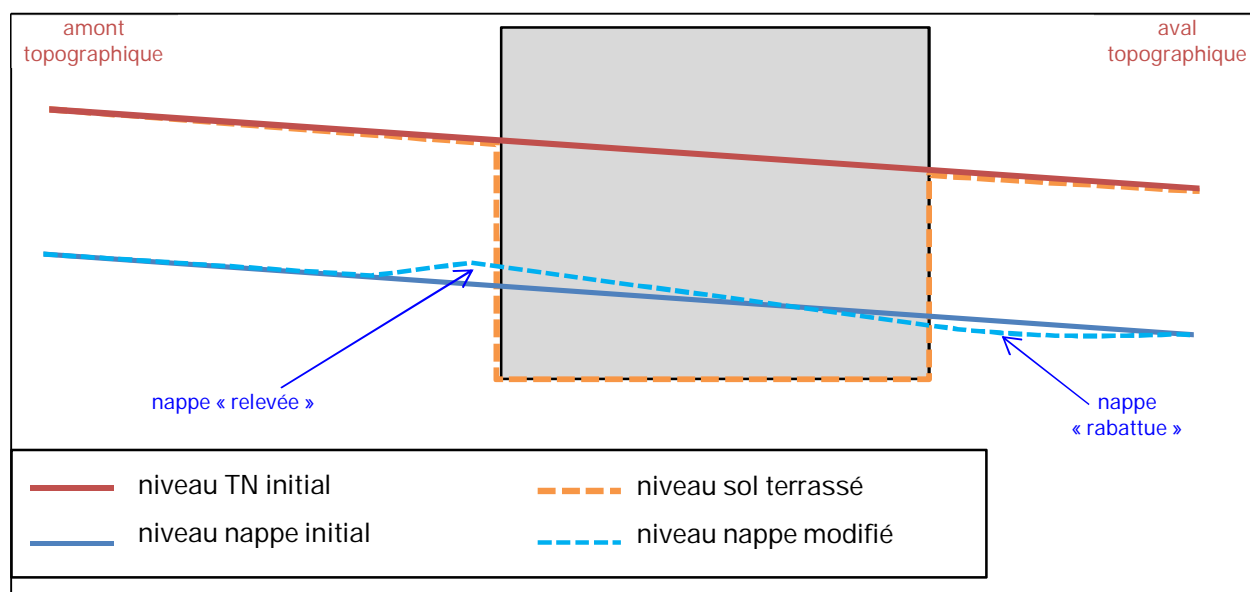


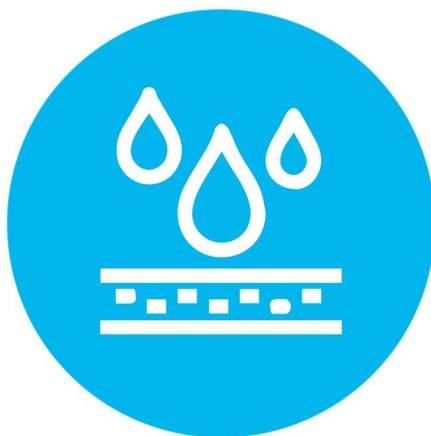
Figure 23 : Schématisation de l'impact de la construction sur le niveau d'équilibre de la nappe

3.1.6 - EVALUATION DE LA HAUTEUR DE NAPPE RECOUPEE PAR LE PROJET

D'après les cotes projet au niveau R-1 correspondant aux locaux techniques (source Atelier PO&PO architectes, coupes février 2019), les hauteurs attendues de nappe recoupées par le déblai de l'opération sont les suivantes.

Tableau 7 : Evaluation des hauteurs de nappe recoupées par le déblai du projet

Cote plancher (m NGF)	Cote arrase terrassement (m NGF)	Cote d'assise minimale des fondations (m NGF)	Cote médiane de la nappe au centre du bâtiment & hauteur médiane estimée de nappe recoupée par le déblai à l'arase terrassement		
			en basses eaux d'année normale	en hautes eaux d'année normale	en hautes eaux d'année humide (excédent hydrique)
108,30	≈107,60	≈107,20	110 m NGF 2,40 m	111,20 m NGF 3,60 m	112,15 m NGF 4,55 m



4 EVALUATION DU DEBIT D'EXHAURE DES EAUX SOUTERRAINES

4.1 - METHODOLOGIE

L'ordre de grandeur du débit d'exhaure est estimé par la résolution de l'équation de Schneebeli :

$$Q=2,5.K.H.\sqrt{S}$$

Avec Q = débit d'exhaure (en m³/h)

K = Perméabilité (en m/s)

H = Rabattement souhaité (en m)

S = Surface mouillée au contact de la nappe (en m²).

L'estimation du débit d'épuisement de la fouille est faite pour différentes hypothèses :

- les cotes piézométriques estimées en hautes eaux d'année normale et en hautes eaux d'année humide (excédent hydrique), d'où les hauteurs de nappe à rabattre correspondantes ;
- une perméabilité des micaschistes comprise entre 2.10⁻⁶ m/s (hypothèse de perméabilité maximale d'après mesures in-situ) et 1.10⁻⁷ m/s (hypothèse de perméabilité moyenne haute calculée sur SP2 et SP3) ;
- la surface de fouille du bâtiment (surface construite en déblai). On considère une construction équivalente de base rectangulaire de 60 m X 30 m. Admettant

une pente talus de 1H/1V et un fond de fouille moyen à 4,6 m/terrain naturel, la surface de fouille au sol est d'environ 2 700 m² (≈69 m x 39 m). Pour l'application de la méthode de Schneebeli, on calcule la surface d'un puits équivalent dont le rayon est fonction du niveau statique considéré.

On pose par ailleurs les hypothèses suivantes :

- le terrain est susceptible de former des talus ou des parois de fouilles stables malgré l'afflux d'eau ;
- la granulométrie des parois ne produira pas un entrainement de fines trop important ;
- compte tenu des contraintes techniques de mise en œuvre du dispositif de rabattement, le niveau à rabattre en phase chantier est considéré à moins 0,5 m par rapport au niveau de la plateforme (arase terrassement).

4.2 - RESULTATS

Compte-tenu des paramètres exposés ci-dessus, les débits d'épuisement de fouille estimés pour le projet sont les suivants.

Tableau 8 : Evaluation du débit d'épuisement du déblai de l'opération

Cote arase terrassement	Période hydrologique	Hauteur de nappe recoupée par le déblai	Rayon équivalent de la fouille (m)	Surface mouillée de la fouille (surface au miroir + parois)	Perméabilité	Débit d'épuisement (m ³ /h)
107,60 m NGF	Hautes eaux d'année humide	4,55 m	34 m	1 071 m ²	1.10 ⁻⁷ m/s	0,1 m ³ /h
					2.10 ⁻⁶ m/s	3 m ³ /h
	Hautes eaux d'année normale	3,60 m	32 m	835 m ²	1.10 ⁻⁷ m/s	0,1 m ³ /h
					2.10 ⁻⁶ m/s	2,1 m ³ /h

Ainsi, selon les conditions hydrométriques de recharge de la nappe, en période de hautes eaux, le débit d'épuisement de la fouille à l'arase terrassement est évalué à moins de 5 m³/h.

Compte tenu d'une cote d'assise minimale des fondations envisagée à 107,20 m NGF, un débit supplémentaire pourrait être nécessaire pour assécher les fouilles spécifiques correspondantes. Compte tenu de la dimension prévisible des tranchées correspondantes et du débit évalué pour la fouille complète, le débit supplémentaire attendu restera limité.



5 Gestion des eaux de nappe

Compte tenu du recoupement de la nappe des altérites des micaschistes par le déblai / sous-sol du projet quelles que soient les conditions hydrologiques, le maître d'ouvrage doit prévoir des solutions de gestion de ces eaux.

Deux phases du projet requérant des moyens et solutions distincts sont identifiées :

- la phase chantier,
- la phase « exploitation ».

5.1 - PHASE CHANTIER

Dans la mesure du possible, un merlon périphérique cernera la fouille afin de l'isoler des éventuels ruissellements de surface.

Compte tenu du faible débit attendu, l'épuisement pourra se faire par pompage direct en fond de fouille.

Une rigole périphérique interceptera l'eau de nappe en pied de talus et la dirigera vers un ou plusieurs points de pompage.

L'eau interceptée en fond de fouille sera probablement turbide. Pour limiter l'entraînement de fines par le pompage d'épuisement, on préconise de placer la pompe dans un puits de pompage comblé de graviers (granulométrie 10-20 mm) qui constitueront un massif filtrant ; la pompe étant placée dans un tube crépiné (cf. Figure 24 & Figure 25).

La rigole périphérique peut également être comblée de graviers (granulométrie 10-20 mm) afin d'opérer une première filtration directement dans le fond de fouille.

Selon les conditions hydrologiques et la quantité d'eau arrivant, temporairement, des rigoles traversant le fond de fouille pourront compléter le dispositif.

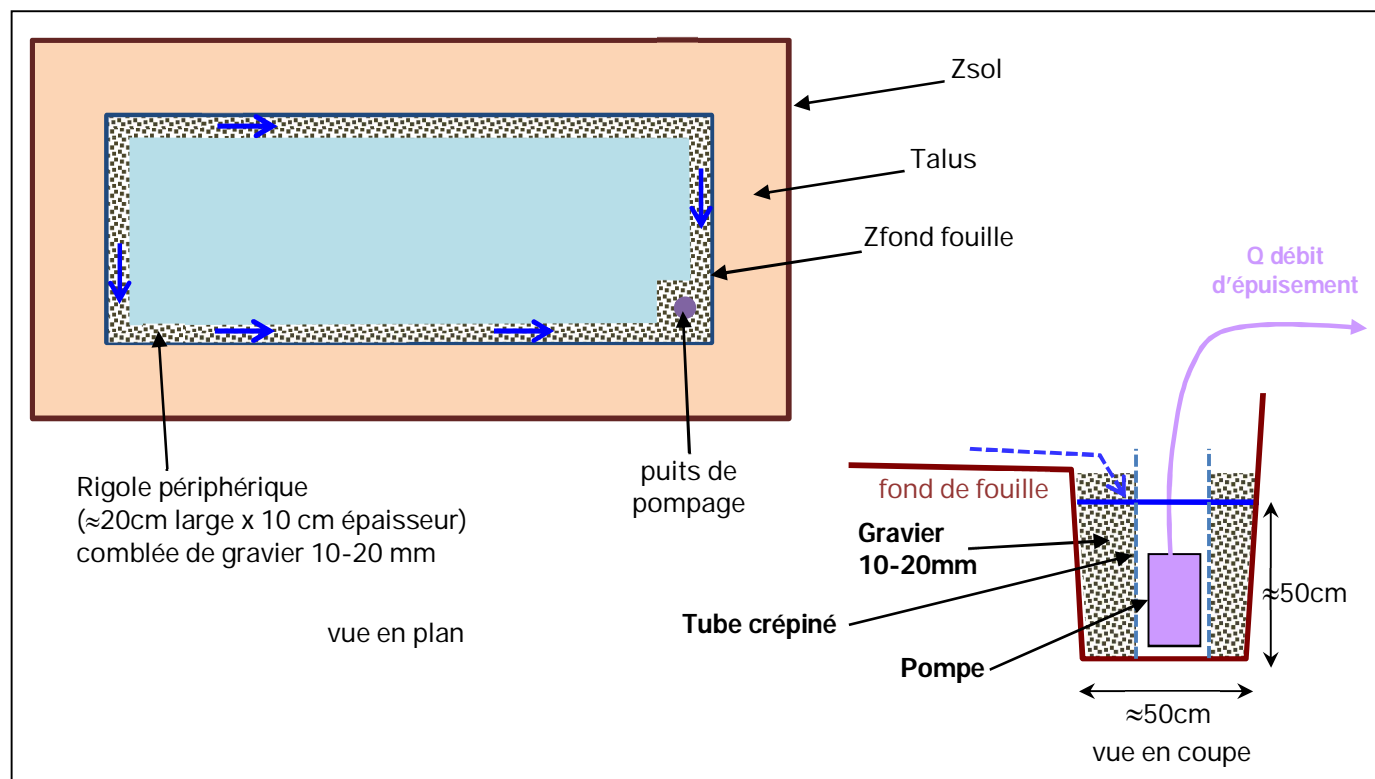


Figure 24 : Schématisation du dispositif d'épuisement de fouille



Figure 25 : Illustration d'un dispositif d'épuisement de nappe en fond de fouille (clichés Calligée)

Dans la mesure où la parcelle voisine AO291 située en aval topographique reste en espace vert le temps du chantier, on préconise un rejet par épandage sur cette parcelle. La végétation permettra une filtration de l'eau pompée. Des merlons permettront de canaliser l'écoulement sur la parcelle. L'eau finira par s'infiltrer ou ruissellera jusqu'au drain EP existant dans le chemin de Pic Bœuf (cf. Figure 26).

5.2 - PHASE EXPLOITATION

Afin de protéger le sous-sol du risque d'infiltration d'eau de la nappe, deux options s'offrent au maître d'ouvrage :

- cuvelage étanche sur la hauteur de sous-sol en contact avec la nappe ;
- dispositif de drainage de la nappe sous le niveau plancher du sous-sol.

Dans le cas présent de nappe potentiellement sub-affleurante en hautes eaux, le cuvelage étanche devrait remonter jusqu'au terrain naturel.

Pour un dispositif de drainage de nappe, le débit d'exhaure mis en jeu restant faible, le dispositif drainant aurait pour rôle principal d'évacuer efficacement l'eau interceptée. L'efficacité du dispositif est de fait surtout fonction du soin apporté au nivellement et au réglage de l'arase terrassement, d'un point amont jusqu'à un exutoire.

Le niveau plancher du sous-sol le plus profond est prévu à la cote 108,30 m NGF. Un horizon de 60 cm d'épaisseur (correspondant a priori à l'ensemble dalle + couche forme) est figuré sur les coupes Atelier PO&PO architectes. La cote d'arase terrassement a ainsi été évaluée à 107,60 m.

Admettant une couche de forme tenant également lieu de tapis drainant (caillou de granulométrie minimum 20-40 mm, lavé, insensible à l'eau, de porosité efficace 20%), compte tenu du cheminement hydraulique le plus long au niveau R-1 de la construction, avec une pente de drain de 0,5%, une cote de 107,20 m NGF semble envisageable en partie aval (façade Est) d'un dispositif de drainage qui équiperait la construction (cf. Figure 26).

De ce point, l'eau interceptée par le dispositif drainant doit être évacuée en surface (au réseau d'eau pluviale et/ou par ré-infiltration au moins partielle en aval du site) soit par pompage, soit gravitairement si la configuration topographique environnante le permet.

Pour une exploitation plus simple et durable des installations, un fonctionnement gravitaire doit être privilégié. On s'affranchit ainsi de la consommation électrique et des aléas de fonctionnement liés à la mise en œuvre de pompes.

D'après le plan de recollement des réseaux Eau Pluviale du secteur, deux points de rejet gravitaire d'un dispositif drainant pourraient être étudiés :

- regard EP N°29 situé dans le chemin de Pic Bœuf environ 160 m en aval du projet (cote fil d'eau 105,91 m NGF) ; appliquant une pente minimum de 0,5% au collecteur exutoire, un raccordement à la cote 106,40 m NGF semble envisageable.
- regard EP N°8 situé à environ 200 m de l'exutoire supposé de drainage du projet et correspondant à l'ouvrage de régulation du bassin enterré existant au sud-ouest de celui-ci (cote fil d'eau 104,50 m NGF) ; appliquant une pente minimum de 0,5% au collecteur exutoire, un raccordement à la cote 106,20 m NGF semble envisageable.

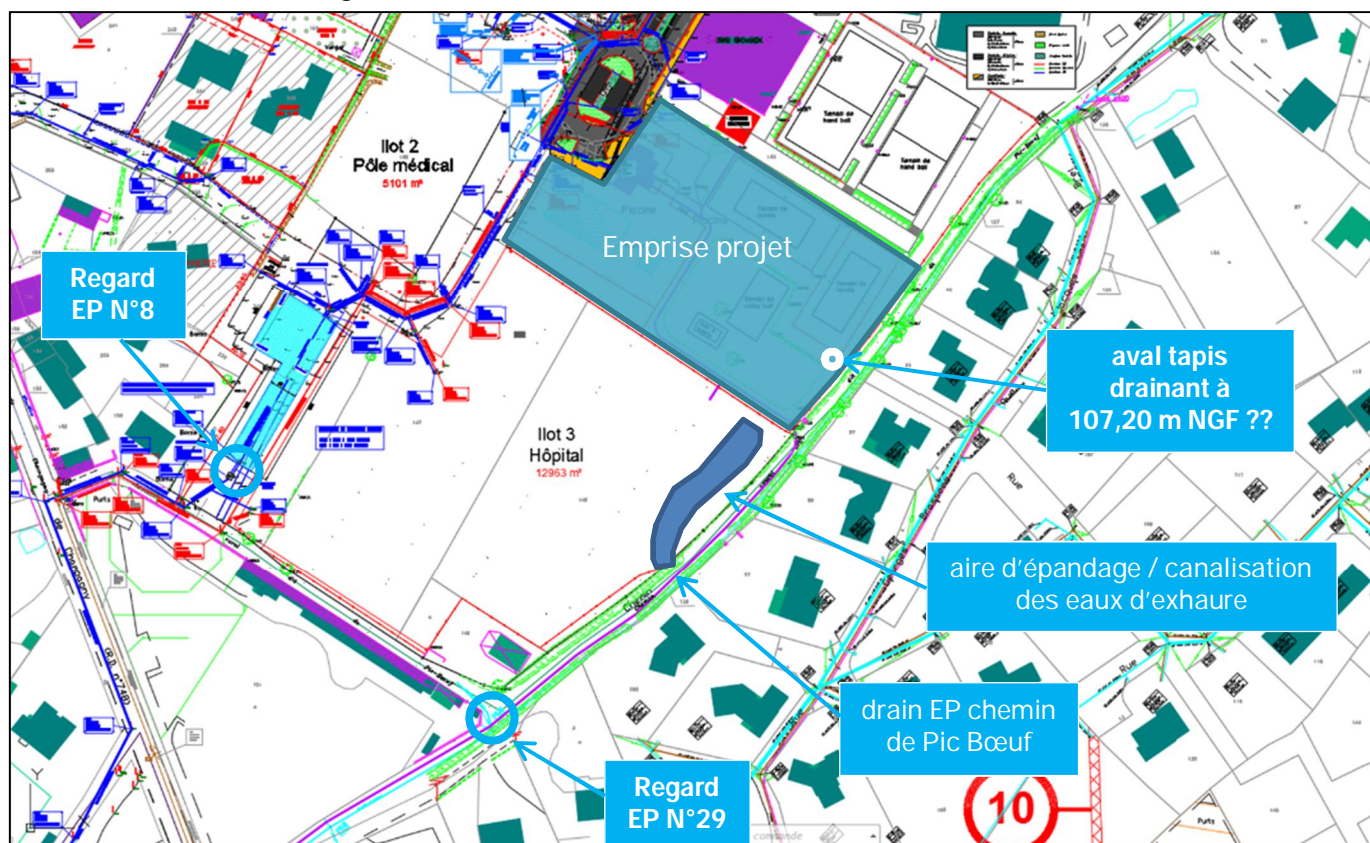


Figure 26 : Localisation des regards EP N°29 et N°8 - Extrait du plan de recollement des réseaux

Un raccordement au regard EP N°29 est à première vue davantage réalisable. Du fait que l'aval du tapis drainant se situerait a priori plutôt en façade Est de la construction, le raccordement pourrait se faire plus ou moins en ligne droite via le chemin de Pic Bœuf ou en longeant la bordure Est de la parcelle AO291.

Un raccordement au regard EP N°8 nécessiterait une traversée de la parcelle AO291. Néanmoins, la cote fil d'eau étant nettement plus profonde, le chemin hydraulique peut être allongé et tenir compte des contraintes dues à la traversée de la parcelle.

Une analyse spécifique de dimensionnement d'un tapis drainant et de faisabilité du raccordement au réseau d'eau pluviale (a priori plutôt au regard EP N°29) restent nécessaires. Notamment, les cotes d'arase terrassement doivent être précisées, le cas échéant en reconsidérant l'épaisseur de dalle du R-1 de la structure.



6 Conclusion

Dans le cadre du projet de construction d'un nouvel équipement aquatique sur la commune de Lys-Haut-Layon (Vihiers), l'agglomération du Choletais a missionné CALLIGÉE pour la réalisation d'une étude hydrogéologique.

Celle-ci permet de conclure que le projet doit tenir compte de la présence d'une nappe phréatique contenue dans l'horizon superficiel d'altération des micaschistes.

Sur site, entre 2017 et 2018, le niveau de hautes eaux de la nappe a été mesuré entre 0,5 et 1 m / par rapport au terrain actuel. En année humide, le niveau attendu est sub-affleurant.

A l'arase terrassement, la hauteur de nappe interceptée par la fouille nécessaire à l'opération atteindrait ainsi 3,60 m en année médiane à 4,55 m en année humide.

Toutefois, les mesures réalisées sur site indiquent une perméabilité médiocre des micaschistes altérés peu profonds ; de l'ordre de $1 \cdot 10^{-7}$ à $2 \cdot 10^{-6}$ m/s. De fait, le débit d'exhaure d'eau de nappe évalué en période de hautes eaux reste limité, inférieur à 5 m³/h.

En phase exploitation, la partie enterrée de la construction doit être protégée soit par un cuvelage étanche, soit par un dispositif drainant.

En cas de dispositif drainant de type tapis drainant, une analyse complémentaire s'avère nécessaire afin de statuer sur la faisabilité d'un dispositif avec rejet gravitaire vers le réseau d'eau pluviale. En cas d'impossibilité de rejet gravitaire, un pompage de relevage devrait être prévu.

En outre, le cadre réglementaire de ce type d'installation et rejet doit être précisé par l'Agglomération du Choletais (règlement d'urbanisme, zonage pluvial).

OBSERVATIONS IMPORTANTES

CONDITIONS DE VALIDITE DE L'ETUDE

1 - Le présent rapport et ses annexes (planches, plans hors-texte, etc.) constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou d'une reproduction partielle ne sauraient engager la société CALLIGEE.

2 - La société CALLIGEE ne peut être rendue responsable des modifications apportées au présent rapport sans son consentement écrit.

3 - Les conclusions de l'étude sont établies à partir d'informations disponibles fournies et collectées et de mesures et échantillonnages limités dans l'espace et le temps, qui ne permettent pas de présager d'hétérogénéités naturelles ou artificielles des milieux et de variations temporelles des conditions physiques (météorologie, période hydrologique, occupation des sols, activités anthropiques, etc.).

Les méthodes de reconnaissance et de caractérisation du sol et sous-sol et des eaux souterraines et superficielles sont ponctuelles et ne sauraient être représentatives d'une zone plus étendue. Sauf mention contraire, les incertitudes associées aux méthodes, échantillonnage et analyses ne sont pas prises en compte dans le rapport. Les méthodes de reconnaissance géophysique étant quant à elles de nature indirecte et non destructive, les résultats qui en découlent résultent d'interprétations sur la base de jugement professionnel et scientifique.

4 - Les résultats de l'étude sont valables uniquement dans le cadre de la demande et des hypothèses formulées par le client. Ils ont été établis en fonction des caractéristiques de son projet prévalant au moment où l'étude a été réalisée.

5 - Si, en l'absence de fourniture de l'ensemble des données demandées dans son offre, et à défaut de disposer de données précises spécifiques à la zone étudiée, la société CALLIGEE a été amenée dans le présent rapport à faire des hypothèses sur le projet, il appartient au client ou à son maître d'œuvre de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à CALLIGEE d'avoir établi son étude sur la base desdites hypothèses.

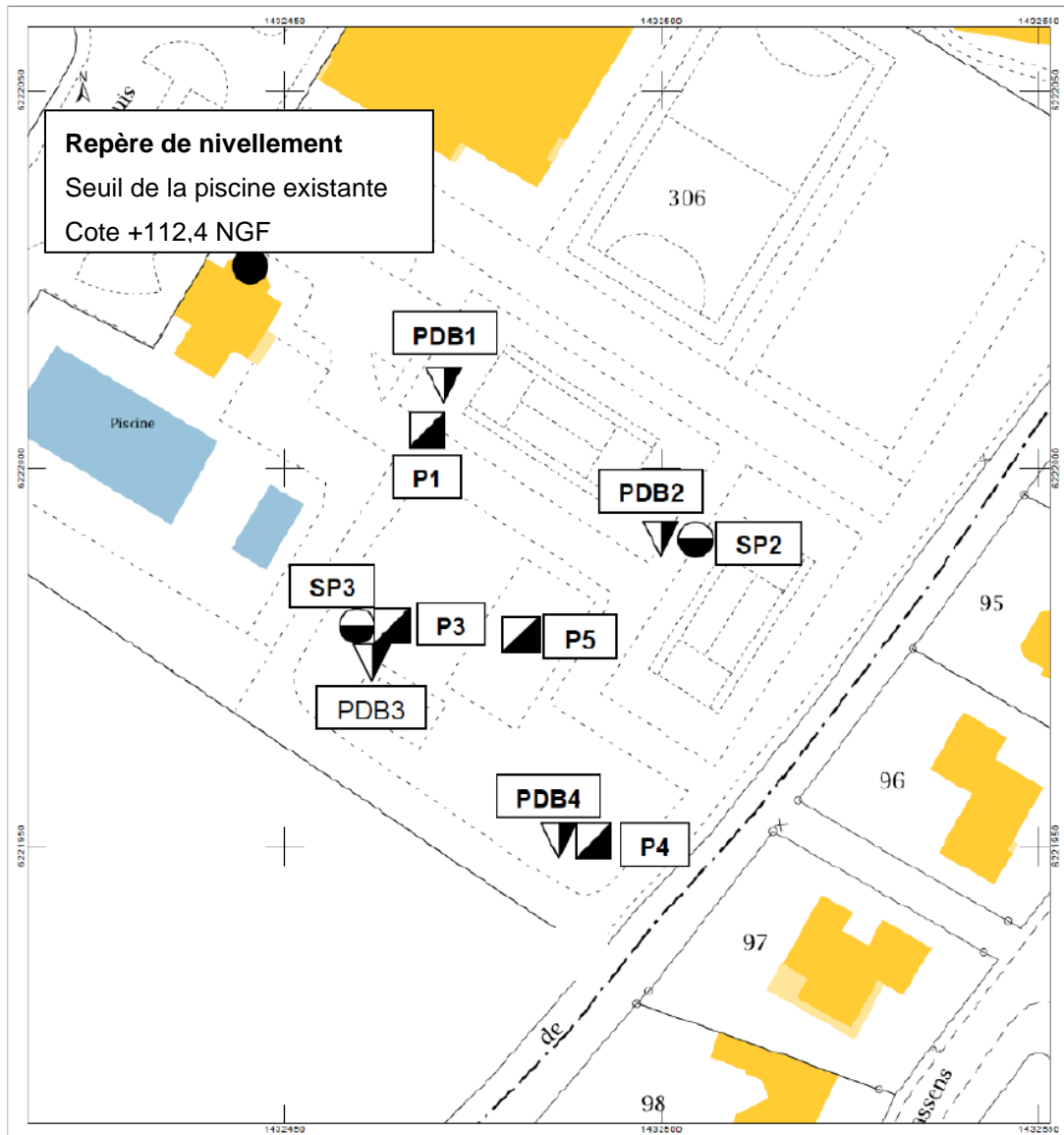
6 - Toute modification ultérieure du projet concernant la conception, l'implantation, et/ou le niveau, la taille des ouvrages ne pourra pas être prise en compte dans le rapport. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caduque certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.

7 - Les conclusions de l'étude sont valables à la date de rédaction du présent rapport suivant la réglementation en vigueur à cette même date. Toute évolution réglementaire postérieure à la réalisation de l'étude devra être prise en compte par le client.

8 - L'utilisation des résultats de CALLIGEE pour chiffrer un coût autre qu'estimatif de travaux ou d'infrastructures ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de CALLIGEE.

ANNEXES

ANNEXE 1 : PLANS D'IMPLANTATION DES SONDAGES GEOTECHNIQUE OUEST & COUPES DES PIEZOMETRES GEOTECHNIQUE OUEST SP2, SP3 & S113



AGGLOMERATION DU CHOLETAIS

LYS HAUT LAYON (49)

Rue des courtils

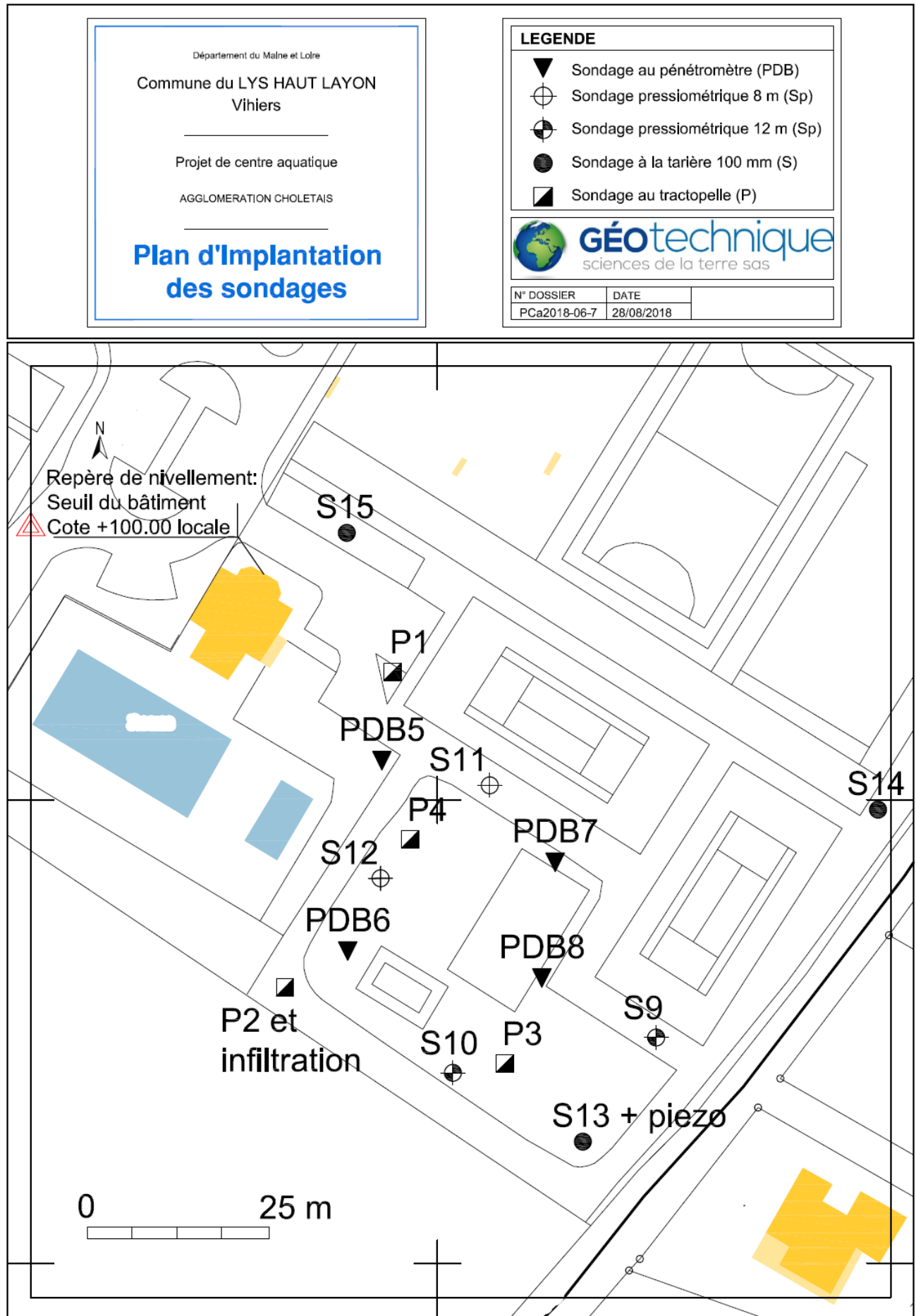
Construction d'une nouvelle piscine**N° AFFAIRE : 2017-05-107****Implantation des sondages**

Sondage pressiométrique (SP)

Sondage au pénétromètre dynamique
de type B (PDB)Sondage de reconnaissance à la pelle
(P)

Juillet 2017

**GÉotechnique**
sciences de la terre sas



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD - Effectué conformément à la norme NF P 94-110



Etude : LYS HAUT LAYON (49)

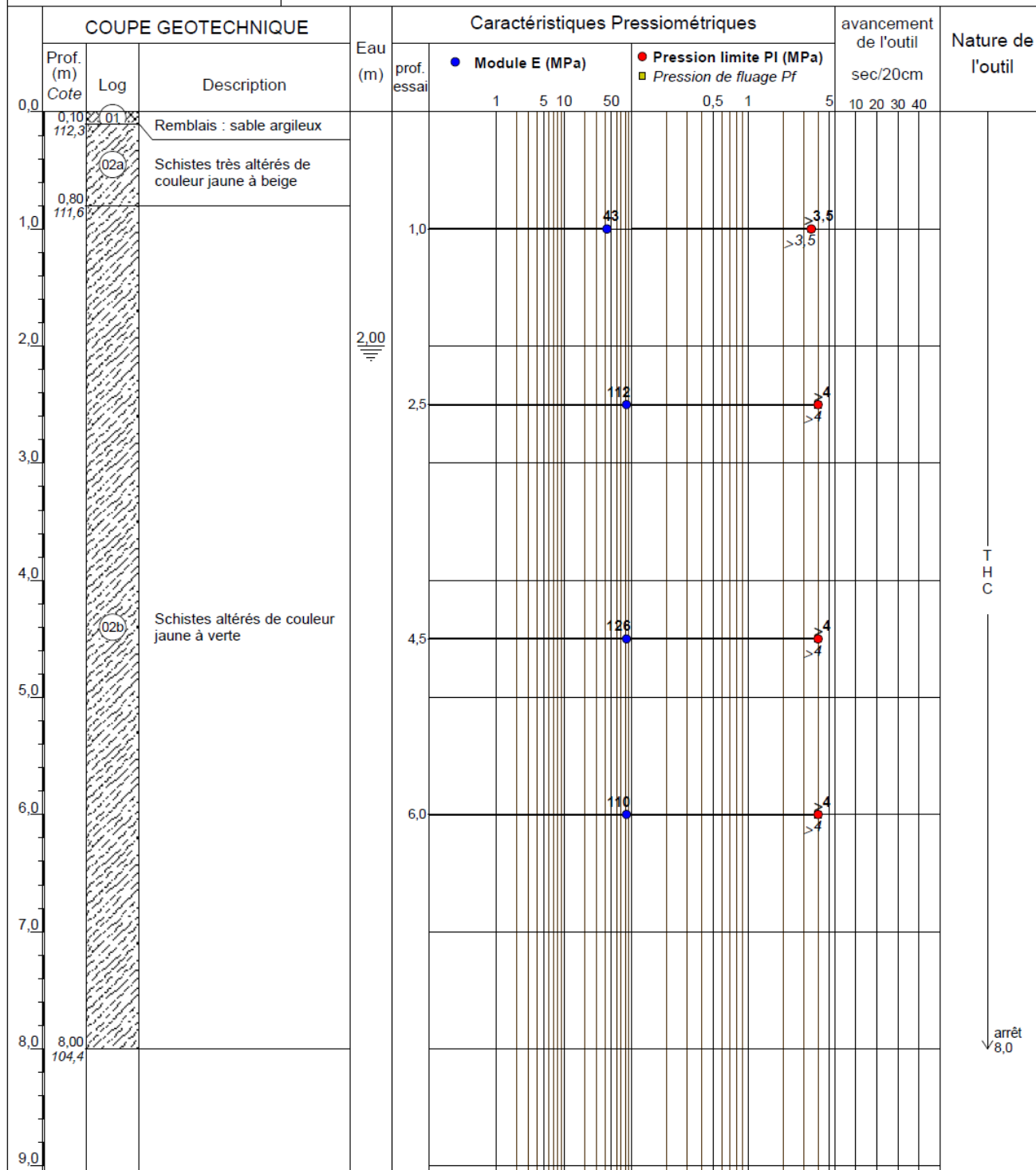
Rue des Courtils

N° 2017-05-107

Sondage : PDB2/SP2

Cote : +112,4

Date : 31/07/2017



Niveau d'eau non stabilisé : 2,00m (cote : 110,4)

Sonde équipée d'un tube crépiné (diamètre 36/40mm) :

- longueur totale du tube de 8m,
- tube PVC crépiné de 3m,
- hauteur hors-sol : 0.46m

MATÉRIEL ET OUTILS UTILISÉS

▽ Arrêt volontaire

X REFUS

THC : Tarière Hélicoïdale Continue D. 63 mm

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD - Effectué conformément à la norme NF P 94-110



Etude : LYS HAUT LAYON (49)

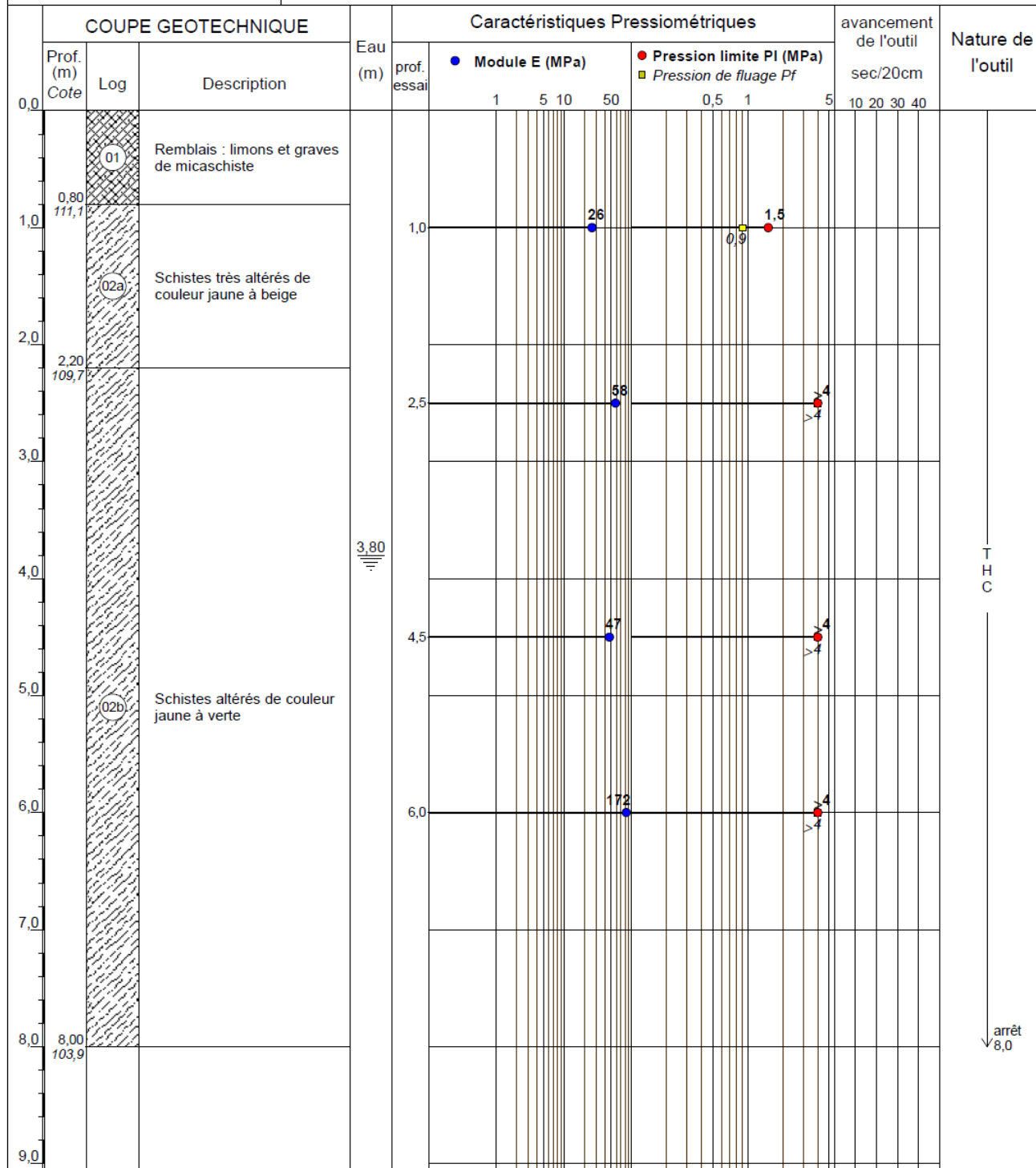
Sondage : PDB3/SP3

Rue des Courtils

Cote : +111.9

N° 2017-05-107

Date : 31/07/2017



Niveau d'eau non stabilisé : 3,80m (cote : 108,1)

Sonde équipée d'un tube crépiné (diamètre 36/40mm) :

- longueur totale du tube de 8,40m,
- tube PVC crépiné de 3,00m,
- hauteur hors-sol : 0,60m

MATÉRIEL ET OUTILS UTILISÉS

√ Arrêt volontaire

X REFUS

THC : Tarière Hélicoïdale Continue D. 63 mm

KOOP1.2-03/04/01-OD-Coulais-n°2 __ Z:\ARCHIVES\ARCHIVES GENESYS\AFFAIRES\AFFAIRES 2017\05 MAI 2017\2017-05-107\DEPOUILLEMENT\coupe PDB3 SP3.koo



GÉOTECHNIQUE
sciences de la terre sas

VIHIERS - LYS HAUT LAYON (49)

Rue des Courtils

Contrat Pca2018-06-7

Date début : 27/08/2018

Cote NGF : +111.5

Profondeur : 0,00 - 16,00 m

Machine : EMCI E4.50

Angle :

1/78

Forage : S113

EXGTE 83.20.7/GTE

Prof.	Cote NGF	Faciès	Lithologie	Em (MPa)	Pf (MPa)	PI (MPa)	Outil	Niveau d'eau	Equipement
0,10 m	111,40 m			0 25 50	0 3 6	0 3 6			
0			Sols de couverture : Terre végétale				Sondage réalisé à la tarière Ø 63 mm Refus de forage à 4,0 m de profondeur		
1	111			1	1	1			
2	110			2	2	2			
3	109			3	3	3			
4	108			4	4	4			
5	107			5	5	5			
6	106			6	6	6			
7	105			7	7	7			
8	104	02	Schistes d'altération variable de couleur marron beige à gris	8	8	8	Sondage destructif avec enregistrement des paramètres de forages		
9	103			9	9	9			
10	102			10	10	10			
11	101			11	11	11			
12	100			12	12	12			
13	99			13	13	13			
14	98			14	14	14			
15	97			15	15	15			
16,00 m	95,50 m			16	16	16			

Sondage réalisé sous boue de forage

Tube PVC plein Ø 36/40 mm dépassant de 0,4 m du sol avec capot métallique

Tube crépiné Ø 36/40 mm

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

ANNEXE 2 : PRINCIPE DU SLUG-TEST

Le principe du « slug test » (ou choc hydraulique) est de créer une impulsion instantanée à la surface de l'eau et de mesurer le retour à l'équilibre de la nappe. Ce type d'essai est généralement réalisé lorsque la perméabilité de l'aquifère est trop faible pour obtenir des résultats représentatifs par essais de pompage.

La mise en œuvre consiste à injecter dans le piézomètre, de manière la plus instantanée possible, un volume d'eau connu, puis à mesurer l'allure du retour à l'équilibre.

La méthode d'interprétation des slug-tests, adaptée aux aquifères libres et aux piézomètres recoupant partiellement ou entièrement l'aquifère est celle de Bouwer et Rice. L'équation permettant de déterminer la conductivité hydraulique K est :

$$K = ((R_c^2 \cdot \ln(R_e/R_w)) / (2 \cdot L)) \cdot ((1/t) \cdot \ln(Y(0)/Y(t)))$$

avec $Y(0)/Y(t) = (h_0 - H_0) / (H_t - H_0)$

et,

Symbole	Définition	Unité
H ₀	niveau statique initial	m
h ₀	niveau d'eau après impulsion (temps 0 de l'essai)	m
H _t	niveau dynamique	m
R _c	rayon du tubage	m
R _w	rayon du puits (tubage + massif filtrant)	m
L	hauteur de crépine libre	m
R _e	rayon d'influence de l'essai	m
b	puissance de l'aquifère	m
A	coefficient à déterminer graphiquement par abaque	-
B	coefficient à déterminer graphiquement par abaque	-
C	coefficient à déterminer graphiquement par abaque	-
d	distance entre la surface de l'aquifère et le fond du piézomètre	m
t	temps	s

Deux cas de figure peuvent être rencontrés :

- ✓ Cas d'un puits recoupant partiellement l'aquifère :

$$\ln(R_e/R_w) = [(1.1/\ln(d/R_w)) + ((A+B \cdot \ln((b-d)/R_w))/(L/R_w))]^{-1}$$

- ✓ Cas d'un puits recoupant entièrement l'aquifère :

$$\ln(R_e/R_w) = [(1.1/\ln(d/R_w)) + (C/(L/R_w))]^{-1}$$



calligée
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

-  géologie & géophysique
-  hydrogéologie
-  eaux superficielles & eaux usées
-  sites et sols pollués
-  géomatique & cartographie