

SUPPRESSION DU PASSAGE A NIVEAU N°4 (PN4) SAINT-GREGOIRE (35)



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE
VOLET C2 – ANNEXES DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Suppression du PN4

Avenue de la Libération

SAINT GREGOIRE (35)

DOSSIER OVA2.I5004-26

Notice hydrogéologique



DIRECTION REGIONALE GRAND OUEST

Agence de NANTES

ZAC des Hauts de Couëron 3


23 rue Jan Palach

44220 COUERON

Téléphone : 02 40 92 18 71

Télécopie : 02 40 92 06 10

Email : cebtp.nantes@groupe-cebtp.com

<p style="text-align: center;"><i>Rennes Métropole</i></p> <p style="text-align: center;">SUPPRESSION DU PN4</p> <p style="text-align: center;">AV DE LA LIBERATION</p> <p style="text-align: center;">SAINT GREGOIRE (35)</p> <p style="text-align: center;">RAPPORT – Notice hydrogéologique préliminaire</p>					
Dossier : OVA2.I5004-26		f.moret@groupeginger.com		Marché n°1820258	
Indice	Date	Rédacteur	Visa	Contenu	Observations
1	13/10/21	Frédéric MORET		24 pages 2 annexes de 9 pages	-
2	18/02/22	Frédéric MORET		39 pages 3 annexes de 21 pages	Mise à jour Essais de perméabilité, suivi piézométrique, phasage travaux
3	09/01/23	Frédéric MORET		37 pages 3 annexes de 21 pages	Mise à jour projet définitif et suivi piézométrique complémentaire
4	02/02/23	Frédéric MORET		39 pages 3 annexes de 21 pages	Révision détails phasages
5	27/03/23	Frédéric MORET		39 pages 3 annexes de 21 pages	Révision niveau de fond de fouille Aire de préfabrication

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

SOMMAIRE

1	PLANS DE SITUATION	6
1.1	CARTE IGN.....	6
1.2	VUE AERIENNE.....	6
2	CONTEXTE DE L'ETUDE	7
2.1	DONNEES GENERALES.....	7
2.1.1	Généralités	7
2.1.2	Documents communiqués	7
2.2	DESCRIPTION DU PROJET ET DU SITE	8
3	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	11
3.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	11
3.2	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....	12
3.2.1	Les formations anté-secondaires du socle.....	12
3.2.2	Risques d'inondations modélisées par le BRGM	15
3.2.1	PPRI	15
3.2.2	Essais de perméabilité.....	17
3.2.3	Piézométrie.....	18
4	NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX CONNUS	25
4.1	NIVEAU D'ETIAGE	25
4.2	FLUCTUATIONS SAISONNIERES DE LA NAPPE.....	26
4.3	AMORTISSEMENT D'UNE L'ONDE DE CRUE.....	27
4.4	INFLUENCE DES POMPAGES VOISINS.....	27
4.5	ESTIMATION DES NIVEAUX DE PLUS HAUTES EAUX	27
5	RABATTEMENT DE NAPPE	30
5.1	QUANTITE D'EAU A EXTRAIRE.....	30
5.2	ESTIMATION DES DEBITS D'EXHAURE PAR PROFIL	34
5.3	ESTIMATION DES DEBITS D'EXHAURE SELON PHASAGE DE TRAVAUX.....	35
5.3.1	Phase 1 : Terrassement Aire de Préfabrication	35
5.3.2	Phase 2 : Terrassement Aire de Préfabrication	36
5.3.3	Phase 3 OCP.....	37

5.3.4	<i>Phase 3 : Terrassement et construction Nord Sud et bassin enterrée</i>	38
5.3.5	<i>Récapitulatif des débits à prendre en compte selon le phasage et les périodes de réalisation</i>	39

FIGURES

Figure 1	: Extrait de la carte géologique de Rennes au 1/50000ème, BRGM	12
Figure 2	: Modèle conceptuel des altérations supergènes en domaine granitique, Wyns, 1998.....	13
Figure 3	: Extrait des risques de remontées de nappe, BRGM.....	15
Figure 4	: Extrait de plan de zonage du PPRI du bassin de la Vilaine en région rennaise, Ile et Illet, Préfecture d'Ille et Vilaine	16
Figure 5	: Pluviométrie au 15 à Saint Grégoire et relevés piézométriques, du 15/01/21 au 05/01/23.....	19
Figure 6	: Pluviométrie journalière à Saint Grégoire et relevés piézométriques sur SC2 du 01/12/21 au 01/02/22.....	19
Figure 7	: Carte piézométrique au 20/12/2021	23
Figure 8	: Carte piézométrique au 17/02/2022, niveaux hauts observés.....	23
Figure 9	: Carte piézométrique au 23/08/2022, niveaux bas observés.....	24
Figure 10	: Carte piézométrique des niveaux NPHE estimés.....	28
Figure 11	: Plan de masse et projet et situation des profils 6 à 10 interceptant les niveaux d'eau NPHE	31
Figure 12	: Profil 6 – Simplification géométrique.....	31
Figure 13	: Profil 7 – Simplification géométrique.....	32
Figure 14	: Profil 8 – Simplification géométrique.....	32
Figure 15	: Profil 9 – Simplification géométrique.....	33
Figure 16	: Profil 10 – Simplification géométrique.....	33
Figure 17	: Phase 1 – Terrassement Aire de Préfabrication	35
Figure 18	: Phase 2 – Terrassement Aire de Préfabrication	36
Figure 19	: Phase 3 OCP – Terrassement Aire de Préfabrication et OCP.....	37
Figure 20	: Phase 2 – Terrassement Aire de Préfabrication, partie Sud et bassin enterrée	38

TABLEAUX

Tableau 1	: Perméabilités mesurées sur le site d'étude	17
Tableau 2	: Niveaux d'eaux EF et EB.....	28
Tableau 3	: Débit d'exhaure par profil et niveau de terrassement.....	34
Tableau 4	: Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 1.....	35
Tableau 5	: Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 2.....	36
Tableau 6	: Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 3 OCP	37
Tableau 7	: Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 3.....	38
Tableau 8	: Synthèse des débits d'exhaure estimés en fonction des périodes des travaux	39

ANNEXES

Annexe 1 : Implantation des sondages

Annexe 2 : Coupes géologiques des ouvrages piézométriques

Annexe 3 : PV Essais de perméabilité

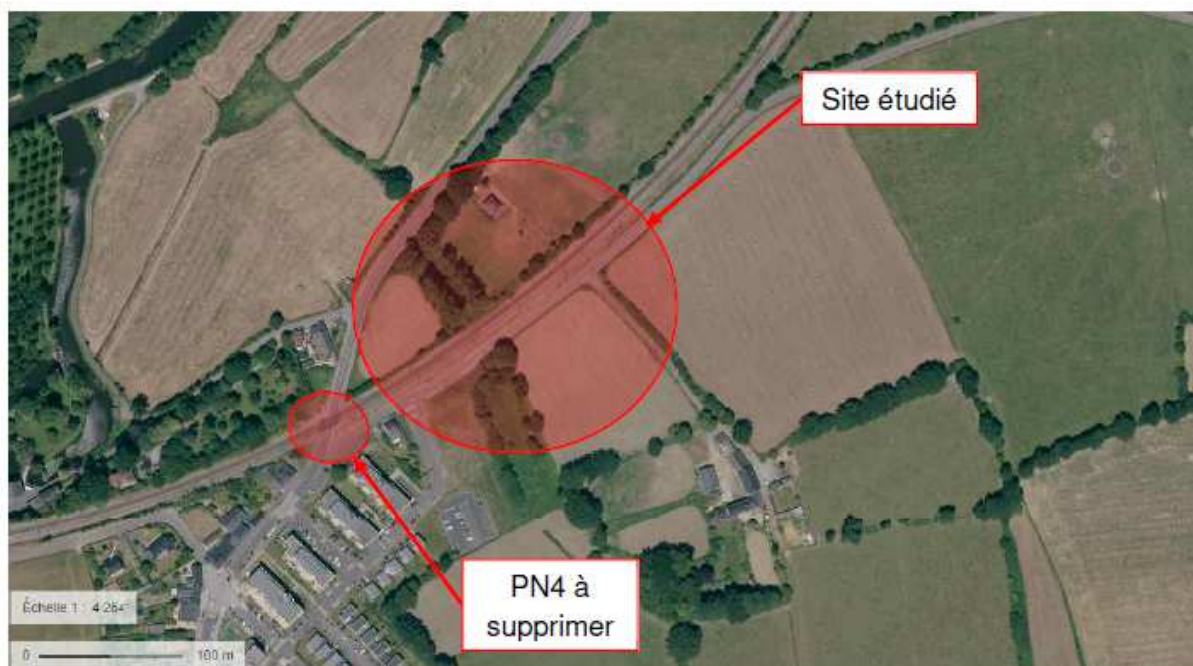
1 PLANS DE SITUATION

1.1 Carte IGN



Source : site Géoportail

1.2 Vue aérienne



Source : site Géoportail

2 CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 Données générales

2.1.1 Généralités

Nom de l'opération :	Suppression du PN4
Localisation / adresse :	Avenue de la Libération
Commune :	SAINT GREGOIRE (35)
Demandeur et Client de la mission :	Rennes Métropole et SNCF

2.1.2 Documents communiqués

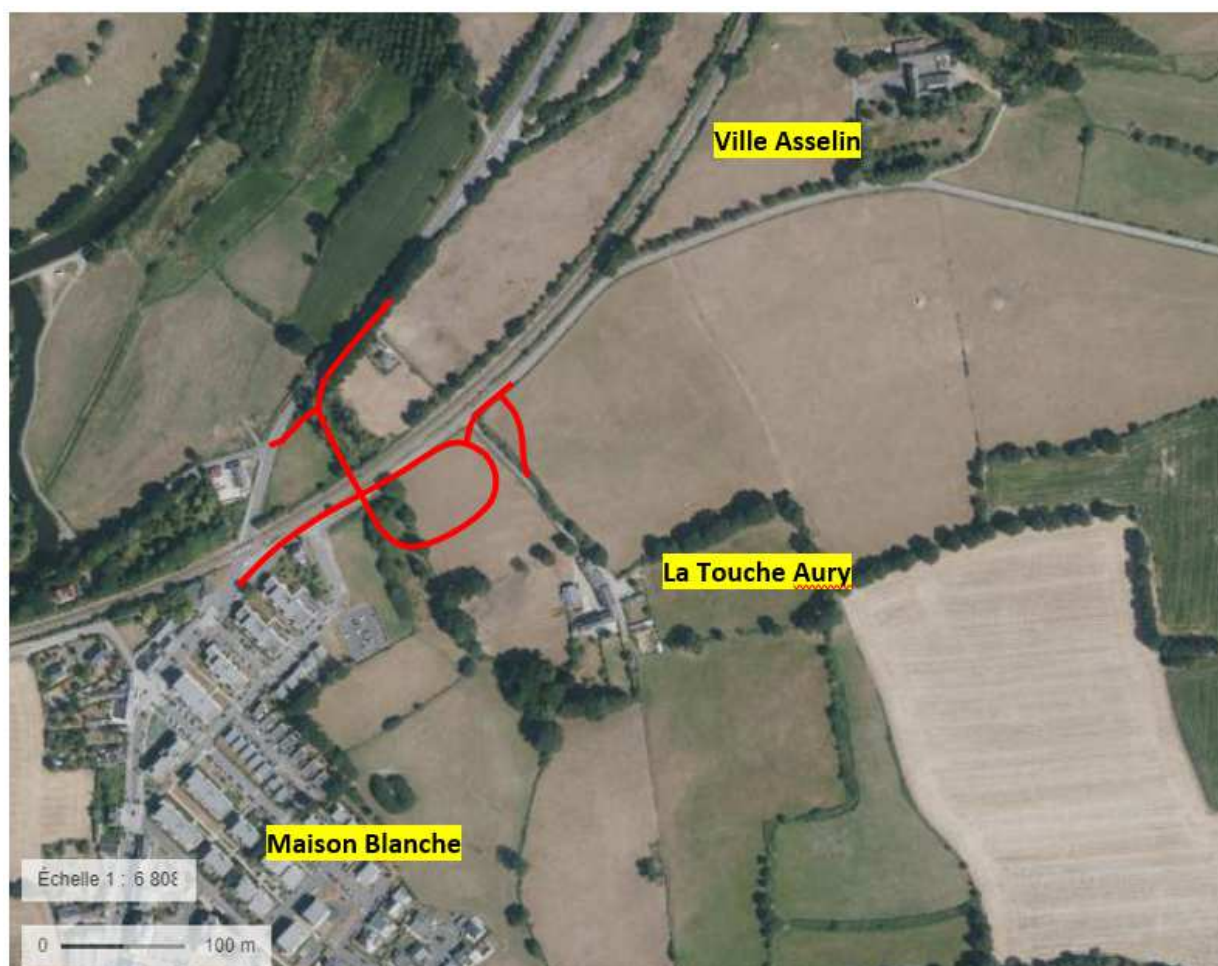
Les documents qui nous ont été communiqués et utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

Document	Echelle	Origine	Date
Notice descriptive du projet	-	Rennes Métropole Et et SNCF Réseau	Non daté
Plan de situation	-		Non daté
Plan d'implantation prévisionnelle des sondages	-		Non daté
Profil en long	-		Non daté
Profil en travers	-		Non daté
PN4_OASNCF_Ebauche provisoire_A-S1-Cuvelage.pdf	1/100		03/09/2021
PN4_OASNCF_Ebauche provisoire_A-S2-Rabattement de nappe.pdf	1/100		03/09/2021
Vue en plan	-		Non daté
Plan de masse et profils transversaux VRN21005 AVP VB CP ZO 01 B04.3 VRD A	-		Non daté
Notice géotechnique (dossier n°OVA2.I5004-26)		Ginger CEBTP	13/09/2021
Etude géotechnique G2AVP (dossier n°OVA2.I5004-41VB)		Ginger CEBTP	02/03/2022

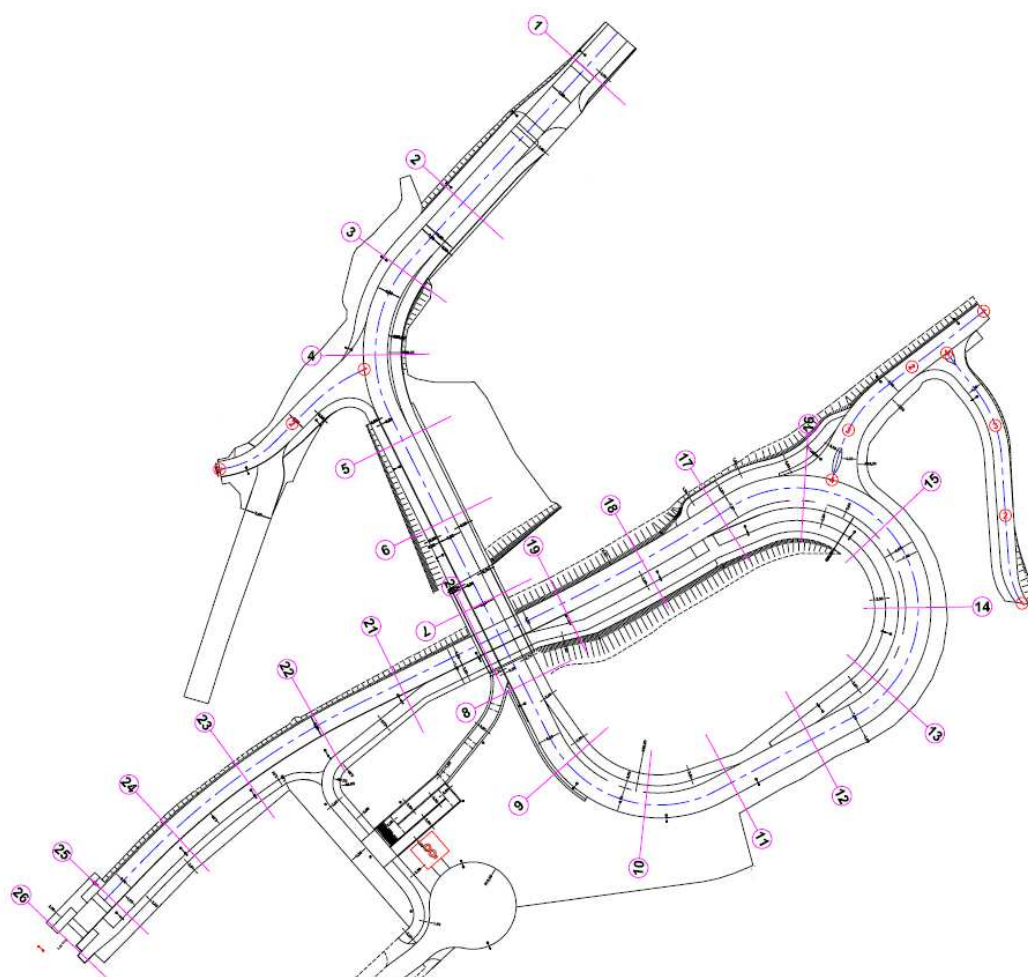
2.2 Description du projet et du site

Dans le cadre de la suppression du passage à niveau n°4 (PN4), il est prévu son remplacement par la création d'un franchissement type Pont-Route (Pro) + Pont-Rail (Pra), qui intégrera des voies cyclable et piétonne.

Dans le scénario étudié, l'ouvrage définitif est implanté à proximité du PN4, entre Maison Blanche et La Touche Aury. Une campagne d'investigations géotechniques a été réalisée pour l'étude de l'implantation du Pont-Route + Pont-Rail et pour l'étude des voiries d'accès. Les rapports de ces investigations correspondent aux dossiers de référence OVA2.I5004-26VB daté du 13/09/21, et OVA2.I5004-41VB daté du 02/03/2022.



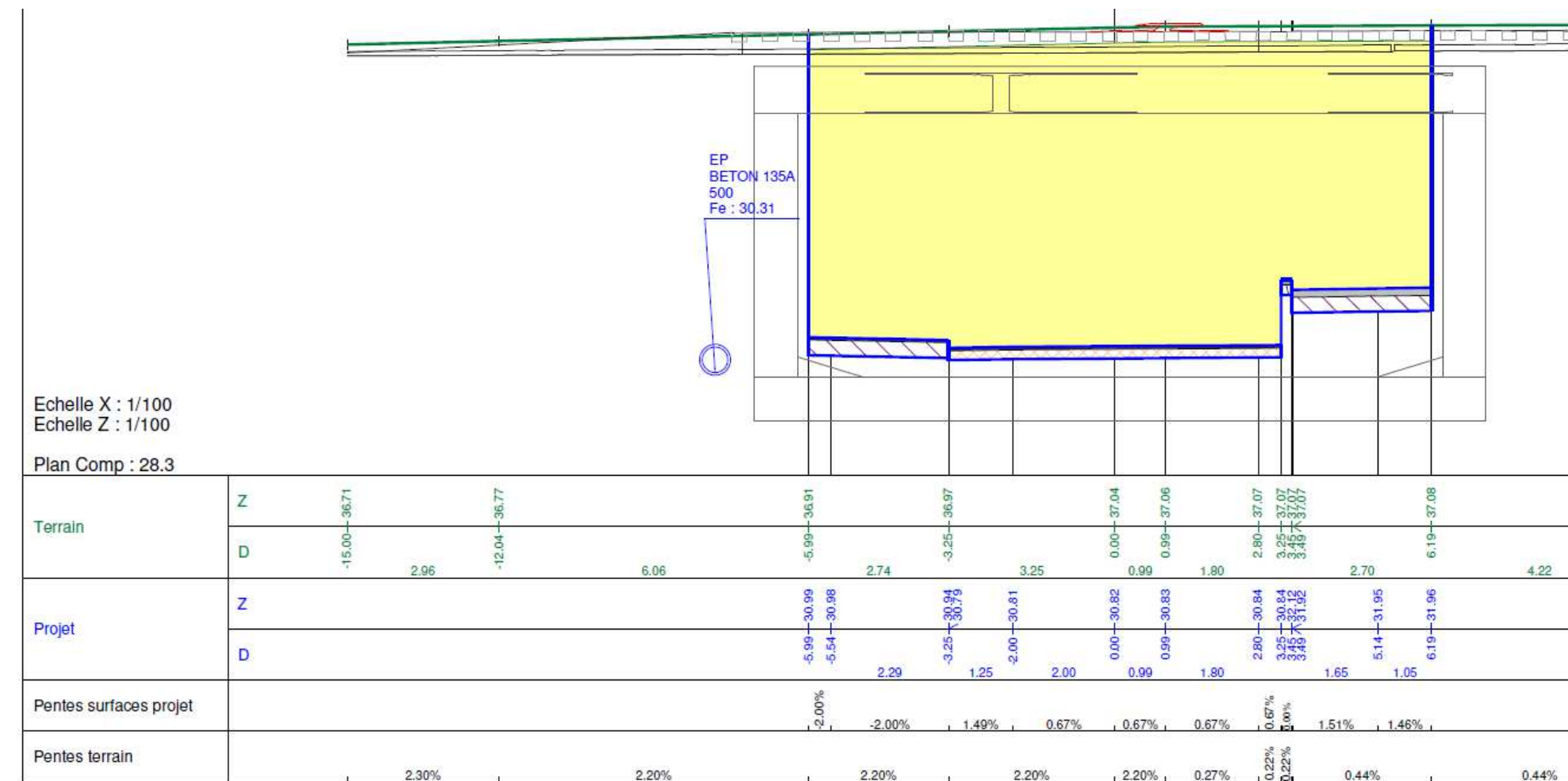
Les figures pages suivantes présentent le plan de masse de l'ouvrage et la coupe transversale 7 présentant les terrassements les plus importants.



Le TN actuel, notamment aux droits des sondages SC1 et SP1 se trouvent aux cotes respectives de 33.6 m NGF et 34.2 m NGF. Le niveau de terrassement atteint au plus bas 30.79 m NGF et la hauteur de terrassement maximale atteint 6.23 m. L'aire de préfabrication atteindra pour sa part la cote de 29.15 m NGF.

Le site d'étude est localisé à environ 100 m au Nord-Est du PN 4, sur la commune de Saint-Grégoire (35). Au niveau du franchissement envisagé, la voie ferrée est en remblais par rapport au terrain environnant.

L'altitude du site est d'environ 33.6 à 35.5 m NGF au droit des sondages réalisés, avec un terrain plus bas en partie Nord du site.



Profil 7

3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1 Contexte géologique

Le territoire de Saint Grégoire se situe dans le domaine structural centre-armoricain dans lequel sont impliquées des formations briovériennes, à caractère turbiditique, traversées par de nombreuses intrusions hypovolcaniques.

Après le long hiatus sédimentaire du Mésozoïque, le socle armoricain subit une intense altération, en particulier entre la fin du Crétacé et l'Éocène ; elle se matérialise par des altérites (argiles, sables, vestiges de cuirasses) et par une altération intense et profonde des lithofaciès du Briovérien, en particulier au Nord et à l'Ouest de Rennes.

Les différentes formations géologiques affleurantes aux alentours du site étudié sont présentées sur la Figure page suivante. Au droit du site d'étude, les alternances silto-gréseuses jaunes verdâtres tendres (bS) du Briovérien au Cambrien sont présentes sur la partie Ouest de la zone d'étude, puissantes d'au moins 80 m. Elles sont recouvertes par des alluvions rouges (moyenne terrasse), fréquemment épaisse entre 2 et 5 m, et couvre les interfluves entre Rennes et La Chapelle-des-Fougeretz.

Les niveaux des alternances silot-gréseuses sont composés d'alternances centimétriques organisées en séquences de Bouma, de wackes tendres jaunes verdâtres (arénites) à matrice quartzo-chloriteuse importante (60 %) et éléments quartzo-feldspathiques, de siltites et d'argilites à lamines parallèles. Ces faciès contiennent d'abondantes figures sédimentaires caractéristiques de turbidites distales.

Les investigations géotechniques réalisées au droit du site d'étude (dossier n°OVA2.I5004-26 du 13/09/2021 et OVA2.I5004-41VB daté du 02/03/2022) précisent les stratigraphies suivantes, notamment aux droits des deux sondages carottés réalisés de part et d'autre de la voie SNCF :

- Présence de remblais sur environ 3 m au droit de SC1, précédant des schistes décomposés ;
- Une profondeur de schistes décomposés supérieur en SC2, à 4.4 m de profondeur,

Le plan d'implantation est rappelé en Annexe 1.

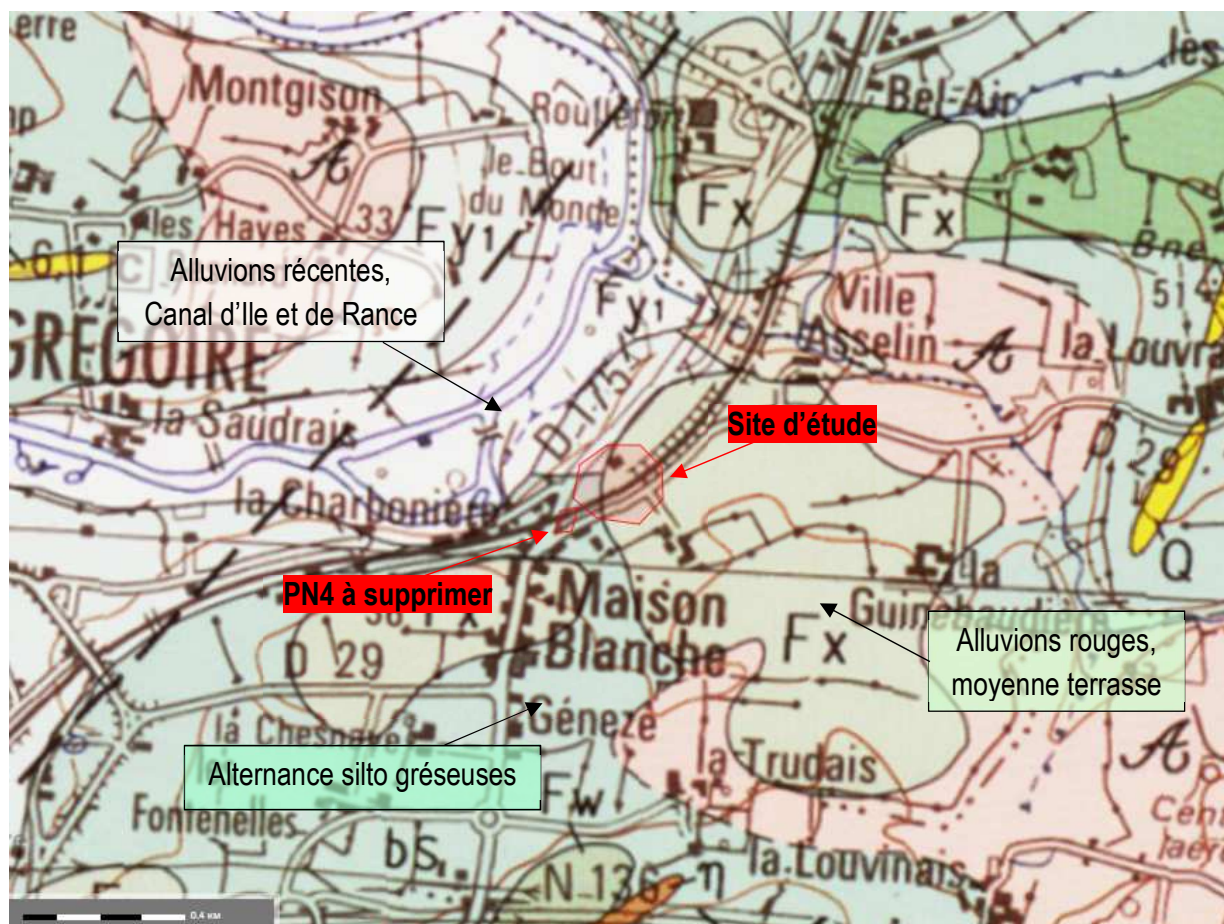


Figure 1 : Extrait de la carte géologique de Rennes au 1/50000ème, BRGM

3.2 Contexte hydrogéologique

D'après le contexte géologique présenté précédemment, nous pouvons distinguer 3 types d'aquifères dans le secteur d'étude :

- les alluvions récentes des vallées de l'Ille et de la Vilaine,
- les formations tertiaires,
- les formations anté-secondaires du socle, intéressant uniquement le site d'étude

3.2.1 Les formations anté-secondaires du socle

On trouve, de manière globale dans la genèse du massif armoricain, des roches massives en profondeur, toujours anisotropes, mais déformées et fissurées inégalement, avec un ample réseau de fentes, simples diaclases orthogonales de décompression. Celles-ci sont précédées en sub-surface de leur altération en arène sableuse ou argilo-limoneuse.

C'est dans ce contexte de socle, que le rôle de réservoir (fonction capacitive) est assuré principalement par l'altération des roches en place, développée depuis la surface, sur parfois plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, tandis que l'eau circule surtout par le réseau de fissures (fractures, joints, diaclases) existant plus bas dans la roche « saine ». L'exploitation de cette ressource ne se fera ainsi que par la recherche locale des venues d'eau préférentielles (localement sur quelques décimètres) issues des roches saines.

Ainsi, le substratum rocheux sain ne présente des perméabilités élevées que très localement, au droit des fractures d'origine tectoniques ; alors que les schistes altérés de surface, du fait de la présence quasi-généralisée d'argiles, sont caractérisés par des perméabilités relativement faibles, mais des capacités d'emmagasinement significatives de 1% (pour des roches très pauvres en quartz par exemple) à plus de 15%.

La fissuration et l'altération ont des fonctions spécifiques séparées non négligeables : l'emmagasinement d'eau dans des fissures où peut se développer une altération importante et les capacités conductrices des altérites, notamment lorsqu'il s'agit d'arènes. De manière générale, les aquifères de type socle sont caractérisés par une forte hétérogénéité spatiale de la ressource.

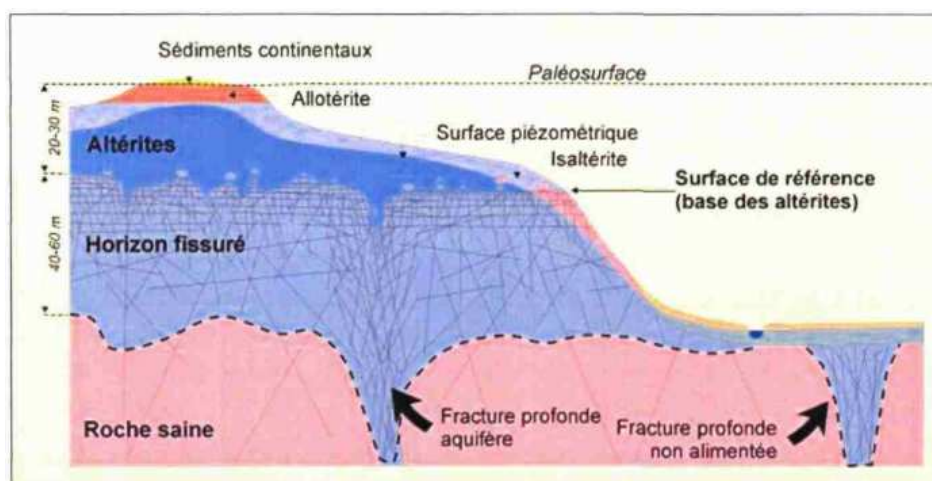


Figure 2 : Modèle conceptuel des altérations supergènes en domaine granitique, Wyns, 1998

Le réservoir type des aquifères armoricains de socle a toujours une extension limitée, autour d'un ou plusieurs axes de fracturation principaux. Sa recharge en eau est assurée annuellement par l'infiltration, à la surface du sol qui le surplombe directement, d'un pourcentage de l'eau de pluie ; pourcentage très variable d'un secteur à l'autre, évoluant de 0,2 à 15 % de la pluie, en fonction de la pente, de l'occupation du sol, de la nature des terrains...

Son aire d'alimentation est de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines d'hectares, et peut être indépendante du bassin versant topographique.

L'eau de pluie, qui s'infiltré, participe tout d'abord à la recharge de la réserve utile en eau du sous-sol (évaluée à 100 mm). Lorsque ce stock est pourvu, l'eau peut alors s'écouler selon la verticale, à travers le

milieu non saturé du sous-sol selon une vitesse de 1,75 à 2,5 m/an, vers le milieu saturé en profondeur (la nappe souterraine), participant ainsi à sa recharge. L'eau suit alors un trajet à dominante horizontale, à une vitesse de 0,05 à 0,5 m/jour vers l'exutoire le plus proche (source, rivière, captage, forage...).

La vitesse de déplacement de l'eau dans la nappe varie en fonction de sa pente, de la perméabilité des terrains traversés, de la taille des fissures et du nombre d'obstacles rencontrés par le filet d'eau. Globalement, les vitesses sont relativement lentes, et le temps nécessaire au renouvellement du volume d'eau contenu dans un aquifère donné, reste long (de l'ordre de 10 à 30 ans), selon la quantité d'eau de pluie qui s'infiltré et rejoint la nappe. Il s'agit, bien entendu, de « valeurs moyennes » ; dans la réalité, l'eau infiltrée dans le sous-sol, tout près de l'exutoire, peut s'y retrouver relativement vite.

Traditionnellement, les dispositifs de captage traversent les niveaux d'altération des formations du socle et sont constitués par des puits de quelques mètres de profondeur :

- soit recoupant sur quelques mètres le toit de la nappe : les débits sont alors faibles (de l'ordre de quelques m³/jour) et l'exploitation de l'eau repose sur l'effet capacitif de l'ouvrage ;
- soit coiffant des émergences de sources : de nombreuses adductions d'eau potable en Bretagne sont établies à partir de ce type d'ouvrage, et les débits journaliers sont de l'ordre de 100 à 600 m³.

Dans le secteur, deux captages de ce type restent en exploitation pour l'adduction d'eau potable :

Commune	Lieu-dit	Type d'ouvrage	Prof (m)	Diamètre (m)	Géologie	Débit (m ³ /an)
Betton	Vau-Rezé	Puits	8	3	Schistes briovériens + colluvions	120 000
Liffré	Ruan ou Bas Champ	Puits + Drains	6.6	4	Schistes briovériens	42 000 à 100 000

Par ailleurs, la profondeur moyenne des forages est de 63 m et la moyenne des débits instantanés est de 6 m³/h.

Remarque importante : Les dernières pelles réalisées (PMN à PMQ, Cf. G2PRO) à proximité du ruisseau laissent apparaître différentes venues d'eau : des venues issues des premiers faciès limono sableux, assimilés aux alluvions du ruisseau, et des venues plus profondes assimilées à la nappe contenue dans les altérations du socle. Ainsi, ces dernières ne semblent pas accompagner hydrauliquement la nappe alluvionnaire de ce ruisseau.

3.2.2 Risques d'inondations modélisées par le BRGM

Au droit du site d'étude, le risque de remontée de nappe est représenté par la nappe de socle.

Les résultats modélisés par le BRGM (disponibles sur <http://www.inondationsnappes.fr/>) sont présentés sur la figure suivante et met en évidence au droit du site une zone sujette potentiellement aux inondations de cave

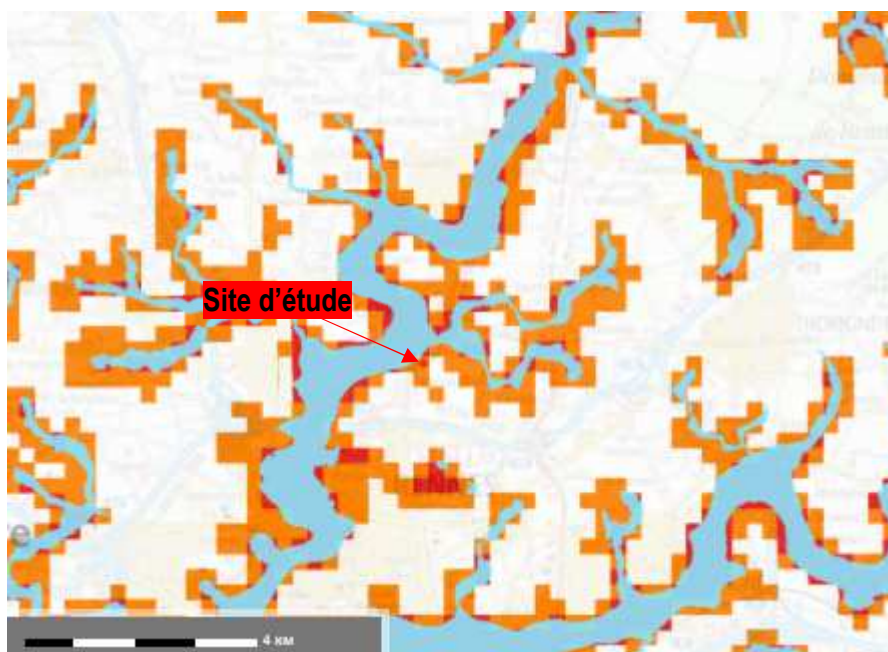


Figure 3 : Extrait des risques de remontées de nappe, BRGM

3.2.1 PPRI

D'après le Plan de Prévention des Risques d'Inondation du bassin de la Vilaine en région rennaise, Ille et Illet, la zone d'étude se situe hors zonage d'aléas pour une crue centennale (Cf Figure suivante).



Figure 4 : Extrait de plan de zonage du PPRI du bassin de la Vilaine en région rennaise, Ile et Illet, Préfecture d'Ile et Vilaine

3.2.2 Essais de perméabilité

Différents essais de perméabilités ont été réalisés dans le cadre des études géotechniques. L'Annexe 3 présente les PV de ces essais.

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des résultats retenus :

Sondage	Nature du sol	Profondeur de l'essai	Perméabilité K (m/s)	Positionnement
SC1	Remblais limono graveleux, sablo limono argileux et limoneux légèrement sableux	1.5 à 2.5 m	$1,7 \cdot 10^{-5}$	Sud de l'ouvrage
	Limon argileux à limon finement sableux	3.5 à 4.8 m	$6,2 \cdot 10^{-6}$	
	Schistes décomposés en limon et nombreux cailloux de quartz	6 à 7.5 m	$7,1 \cdot 10^{-5}$	
	Schistes décomposés et éléments de schistes altérés	7.5 à 9 m	$2,7 \cdot 10^{-6}$	
PML	Limon sableux	0.4 à 1.4 m	$1,0 \cdot 10^{-6}$	
SC2	Schistes décomposés beige bris	5.8 à 7.8 m	$2,2 \cdot 10^{-5}$	Nord de l'ouvrage
	Schistes altérés	7.3 à 9.6 m	$9,9 \cdot 10^{-7}$	
SP2	Schistes décomposés	3.3 à 4.3 m	$5,4 \cdot 10^{-5}$	
PMK	Schistes décomposés	0.6 à 1.4 m	$1,1 \cdot 10^{-6}$	
PMM	Schistes décomposés	0.6 à 1.6 m	$7,3 \cdot 10^{-7}$	Est de l'ouvrage

Tableau 1 : Perméabilités mesurées sur le site d'étude

Nous rappelons qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité sur une surface très limitée par rapport au terrain étudié, et des variations latérales ne sont donc pas exclues.

3.2.3 Piézométrie

Trois piézomètres ont été installés sur le site d'étude en janvier 2021, aux droits des 2 ouvrages carottés, nommés PZ1 et SC2, et d'un sondage pressiométrique nommé SP2. Ils sont respectivement profonds de 4.6, 7.8 et 4.3 m de profondeur et captant les horizons suivants :

- PZ1 : Limon très légèrement graveleux à limon argileux et limon finement sableux, de 3.6 à 4.6 m ;
- SC2 : Schistes altérés, à forte altération limoneuse en profondeur, de 6 à 8 m ;
- SP2 : Schistes très décomposés à décomposés en limon, de 3.3 à 4.3 m/sol.

Six piézomètres complémentaires ont été installés en octobre 2021, nommés SP10+PZ profonds de 8.6 m, et PZ11 à PZ15 profonds de 6 m. Ils captent les horizons suivants :

- SP10+PZ : Schistes gréseux décomposés, de 2.4 à 5.3 m ; suivis de grès schisteux peu décomposés jusqu'à 8.6 m ;
- PZ11 : Schistes décomposés de 3 à 4.6 m, puis schistes peu décomposé à très altérés jusqu'à 6 m de profondeur ;
- PZ12 : Schistes décomposés à altérés de 3 à 6 m ;
- PZ13 : Schistes décomposés de 3 à 6 m ;
- PZ14 : Siltites brunes de 3 à 4.8 m, puis schistes altérés jusqu'à 6 m de profondeur ;
- PZ15 : Schistes plus ou moins décomposés à très altérés de 3 à 6 m de profondeur.

L'Annexe 1 présente l'implantation des sondages, et l'Annexe 2 leurs coupes géologiques.

Un suivi piézométrique mensuel a été réalisé depuis le 28/01/2021, complété par un suivi continu sur SC2 du 01/12/21 au 01/02/22, à raison de 2 mesures par jour. A compter du 01/02/22, un suivi manuel est réalisé sur l'ensemble des ouvrages piézométriques jusqu'au 05/01/23. Les figures suivantes présentent les données piézométriques disponibles, ainsi que les pluviométries à Saint Grégoire, au 15 de chaque mois avec les relevés piézométriques mensuels et bi-mensuels, et journalières avec les relevés piézométriques quotidiens.

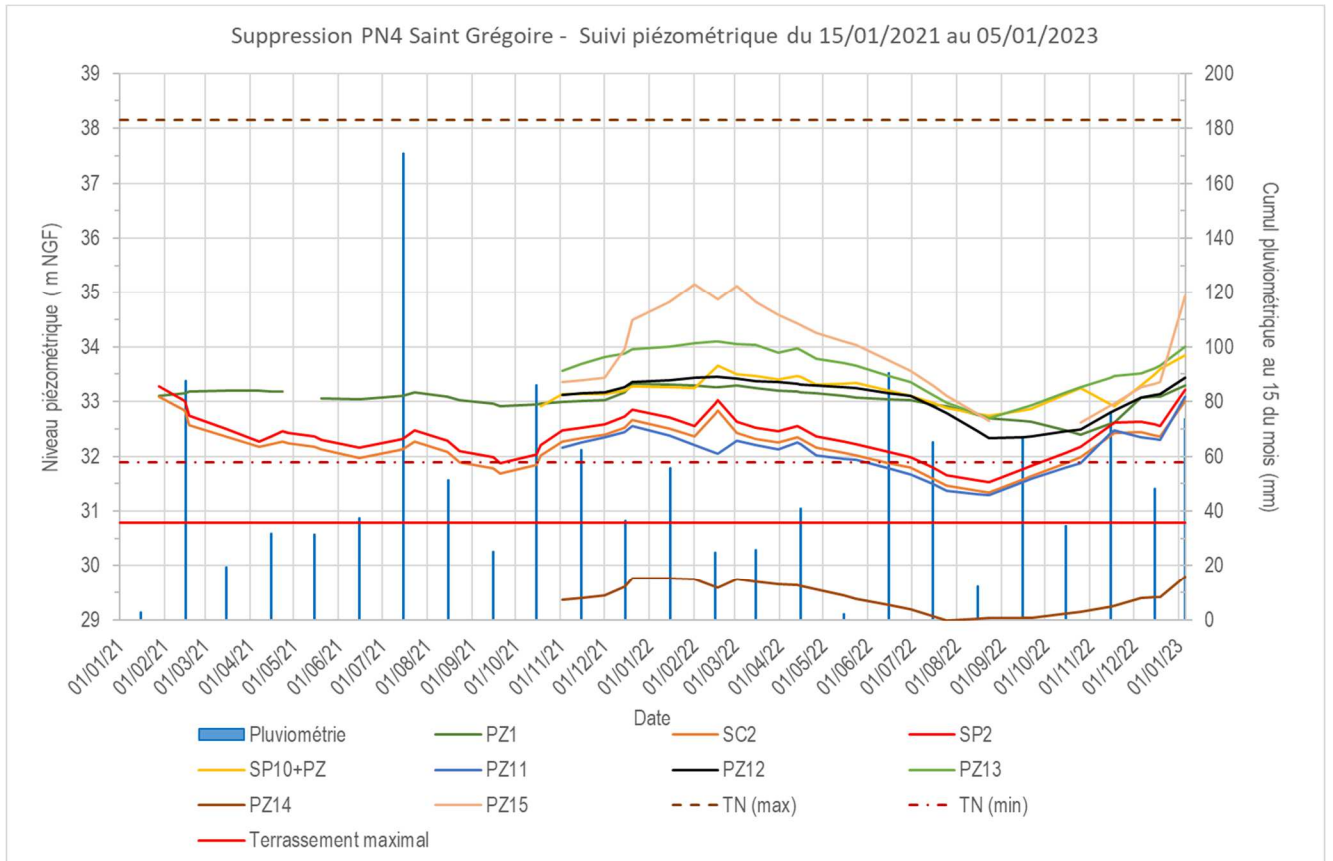


Figure 5 : Pluviométrie au 15 à Saint Grégoire et relevés piézométriques, du 15/01/21 au 05/01/23

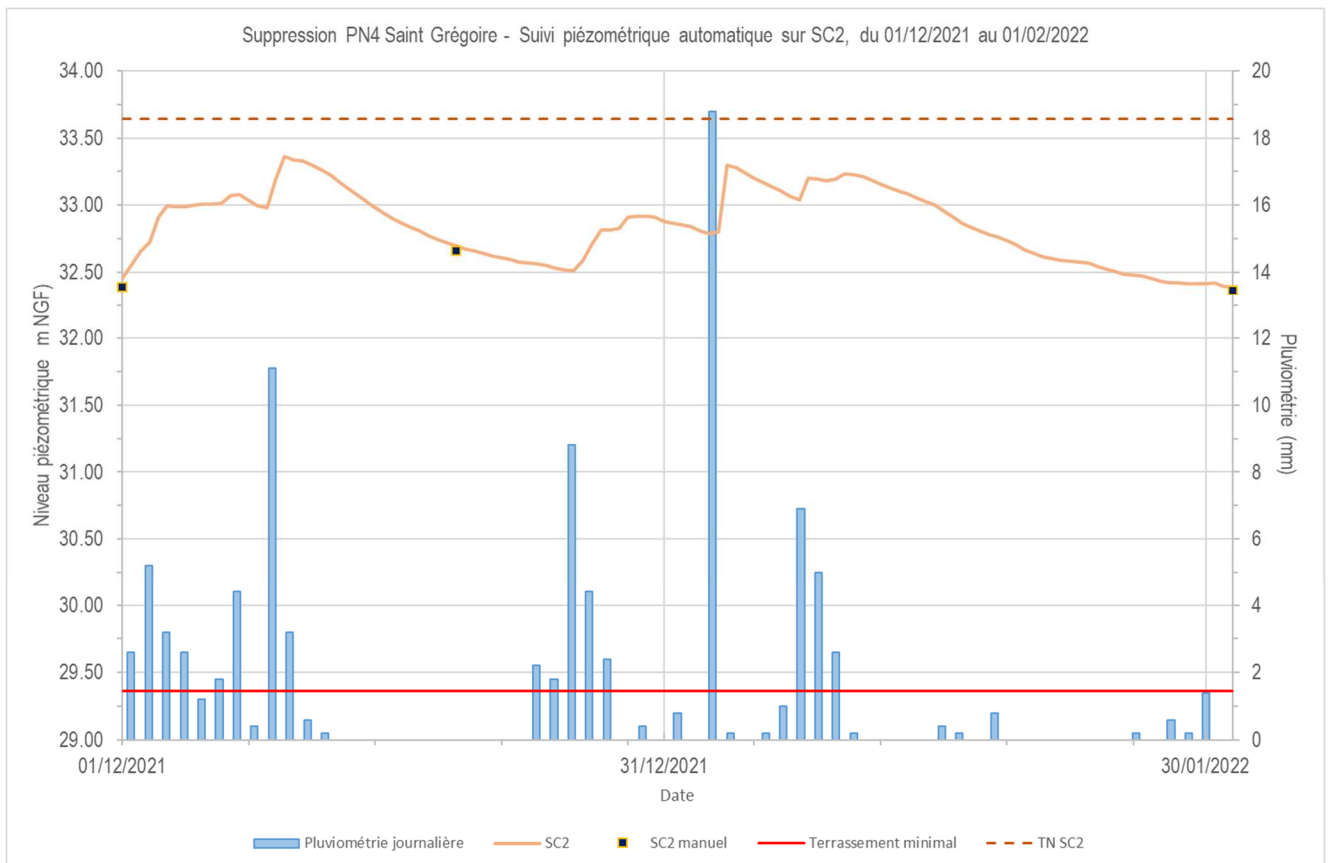


Figure 6 : Pluviométrie journalière à Saint Grégoire et relevés piézométriques sur SC2 du 01/12/21 au 01/02/22

L'étude du suivi piézométrique corrélée à la pluviométrie observée met en évidence sur la période de suivi quelques éléments particuliers :

- Des niveaux relativement stables tout au long du suivi aux droits des ouvrages suivants :
 - PZ1 (Sud de l'ouvrage), autour de 33.04 m NGF ;
 - SP10+PZ (Sud de l'ouvrage), autour de 33.23 m NGF ;
 - PZ12 (Sud de l'ouvrage), autour de 33.07 m NGF ;
 - PZ14 (Nord de l'ouvrage) autour de 29.41 m NGF.

L'influence de la pluviométrie directe est peu marquée (faibles amplitudes).

Au nord de l'ouvrage et en aval hydraulique (SC2, SP2+PZ et PZ11), les piézomètres présentent un comportement globalement similaire, mais avec une influence de la pluviométrie plus marquée. Les niveaux se situent en moyenne autour de 32.21 m NGF ;

- Des amplitudes plus marquées aux droits des piézomètres SC2 et SP2 et PZ11 (Nord de l'ouvrage), atteignant jusqu'entre 1.75 m et 1.80 m pour des niveaux compris entre 33.28 et 31.29 m NGF. Les comportements de ces trois ouvrages apparaissent similaires, confirmant la continuité hydraulique entre deux horizons aquifères en profondeur : schistes altéré à forte altération limoneuse en profondeur et schistes très décomposés à décomposé en limon au-dessus ;
- La plus forte amplitude est observée au droit de PZ15 (2.53 m) situé plus à l'Est de l'ouvrage, à la faveur de schistes plus ou moins décomposés à très altérés vraisemblablement moins perméables. Les niveaux piézométriques fluctuent entre 32.62 m NGF et 35.15 m NGF ;
- Les niveaux bas interceptent les terrassements projetés à 30.79 m NGF, et impliquent un terrassement maximal de 6.23 m ;
- Les précipitations annuelles sur le cycle 2020 atteignent 757 mm, contre 694 mm en moyenne. A contrario, les cinq premiers mois de 2021 présentent une situation largement déficitaire par rapport à la normale, à hauteur de -32% pour un cumul limité à 198.9 mm. Suivent deux mois de juin et juillet particulièrement humides (respectivement 133.7 mm et 77.9 mm), représentant une hausse de +122.5 % par rapport aux normales mensuelles, puis des mois d'août et de septembre également en-deçà des normales mensuelles (-37.5%). Les mois de juin et juillet permettent de contribuer en grande partie à un cycle 2021 se rapprochant des normales annuelles malgré un début d'année très sec. Le mois d'octobre complète cela à hauteur de +46% (109.1 mm) alors que les deux derniers mois sont secs (-51% et -22 % par rapport aux normales mensuelles). L'année 2021 constitue ainsi une année très légèrement sèche (-4%) à hauteur de 667.4 mm, à l'aide de 3 mois extrêmement humides. Enfin, 2022 représente une année extrêmement sèche, pour un

cumul pluviométrique de 579.5 mm (-16% par rapport aux normales) où chaque mois est en déficit, exception faite des mois de juin, août et novembre ;

- Etant donné le pas de temps important des relevés (relevés mensuels ou bi-mensuel), les corrélations entre les niveaux piézométriques et la pluviométrie observée à Saint Grégoire sont limitées à des comportements mensuels entre deux relevés, pour lesquels 4 comportements principaux en ressortent :
 - Baisse quasi constante de la piézométrie de février à mi-juin 2021, correspondant à un premier semestre extrêmement sec, permettant d'observer des niveaux bas compris 31.97 et 32.16 m NGF ;
 - Hausse du niveau piézométrique, entre mi-juin 2021 et fin juillet 2021, faisant suite à plusieurs épisodes pluvieux intenses entre les 17 et 28 juin ainsi que début juillet, jusqu'à -1.13 m/sol ;
 - Baisse constante de la piézométrie de fin juillet à fin septembre, correspondant à un été et fin d'été extrêmement sec, permettant d'observer des niveaux d'étiage compris 31.68 et 32.92 m NGF.
 - Hausse généralisée des niveaux piézométriques jusqu'à mi-février 2022, permettant d'observer les niveaux les plus hauts rencontrés au cours du suivi, principalement courant février 2022, en hausse depuis le mois humide d'octobre 2021 ;
 - Baisse généralisée jusqu'à juillet 2022, soutenue par trois mois secs (mars à mai 2022, déficit de -36 % par rapport aux normales) et malgré un mois de juin plus humide (+89.2 mm, +91% par rapport aux normales) ;
 - Hausse généralisée des niveaux piézométriques jusqu'à janvier 2023, pendant 4 mois dont la pluviométrie se situe proche des normales (-4 %).

Quelques différences de comportements sur l'intégralité du suivi sont observables dans le détail :

- PZ15, ouvrage situé le plus en amont hydraulique, accuse une amplitude bien plus importante que les autres ouvrages, à hauteur de + 2.53 m ;
- PZ1, SP10+PZ, PZ12 à PZ14, situés au sud du site d'étude, présentent une amplitude homogène, autour de 0.98 m, avec néanmoins un décalage de 2 mois de la mise en charge de la nappe au droit de PZ1 ;
- SC2, SP2 et PZ11, situés au Nord de l'ouvrage, et PZ13 situé au Sud, affichent pour leur part des amplitudes intermédiaires autour de 1.75 m au Nord et 1.41 m au Sud.

Ces différences sont nettement liées à leur situation géographique, à la faveur des différentes stratigraphies interceptées, et expliquant les variations entre les cartes piézométriques présentés ci-après, représentatifs des relevés effectués les 02/11/21, 20/12/21 et 01/02/22.

D'autre part, le suivi automatique entrepris au droit de SC2, met clairement en évidence sa réactivité à la pluviométrie directe, aussi bien en mise en charge, qu'en décharge. Cette corrélation n'était pas clairement

mise en évidence par les relevés mensuels. Les fortes hausses observées sont comprises entre +0.38 m et +0.48 m, faisant respectivement suite à des pluviométries journalières de 11 et 18 mm. A contrario, en période sèche, les baisses observées sont de l'ordre de -5.5 cm/jour. Celles-ci semblent s'amorcer dès que la pluviométrie journalière est inférieure à 5 mm/jour.

Enfin, les écoulements souterrains sont globalement orientés dans l'axe NNO avec des gradients hydrauliques sensiblement identiques sur le site, autour de 3.5 %, avec quelques nuances en périodes de Hautes Eaux, où l'on retrouve l'axe d'écoulement préférentiel NNO au Nord de l'Ouvrage, accompagnés et précédés par des écoulements ONO au Sud de l'ouvrage en amont hydraulique. Cette tendance est largement imposée en particulier par les niveaux observés au droit de PZ15.

Remarque : la présence de remblais superficiels au droit du piézomètre PZ1 expliquerait vraisemblablement la relative stabilité du suivi piézométrique, dans la mesure où le mur des remblais se situe à 32.1 m NGF, permettant d'envisager un amortissement conséquent des niveaux d'eau à la faveur de perméabilité plus importantes au sein des remblais superficiels.

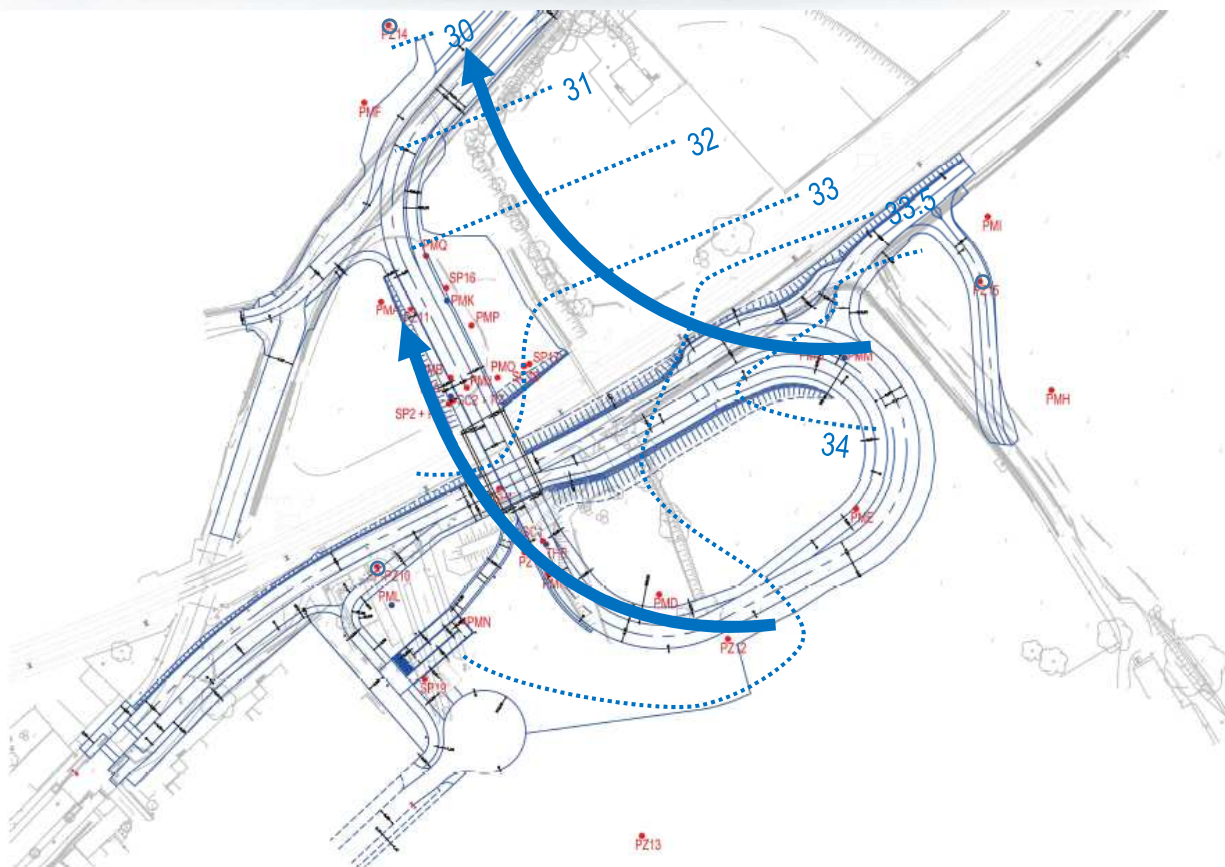


Figure 7 : Carte piézométrique au 20/12/2021

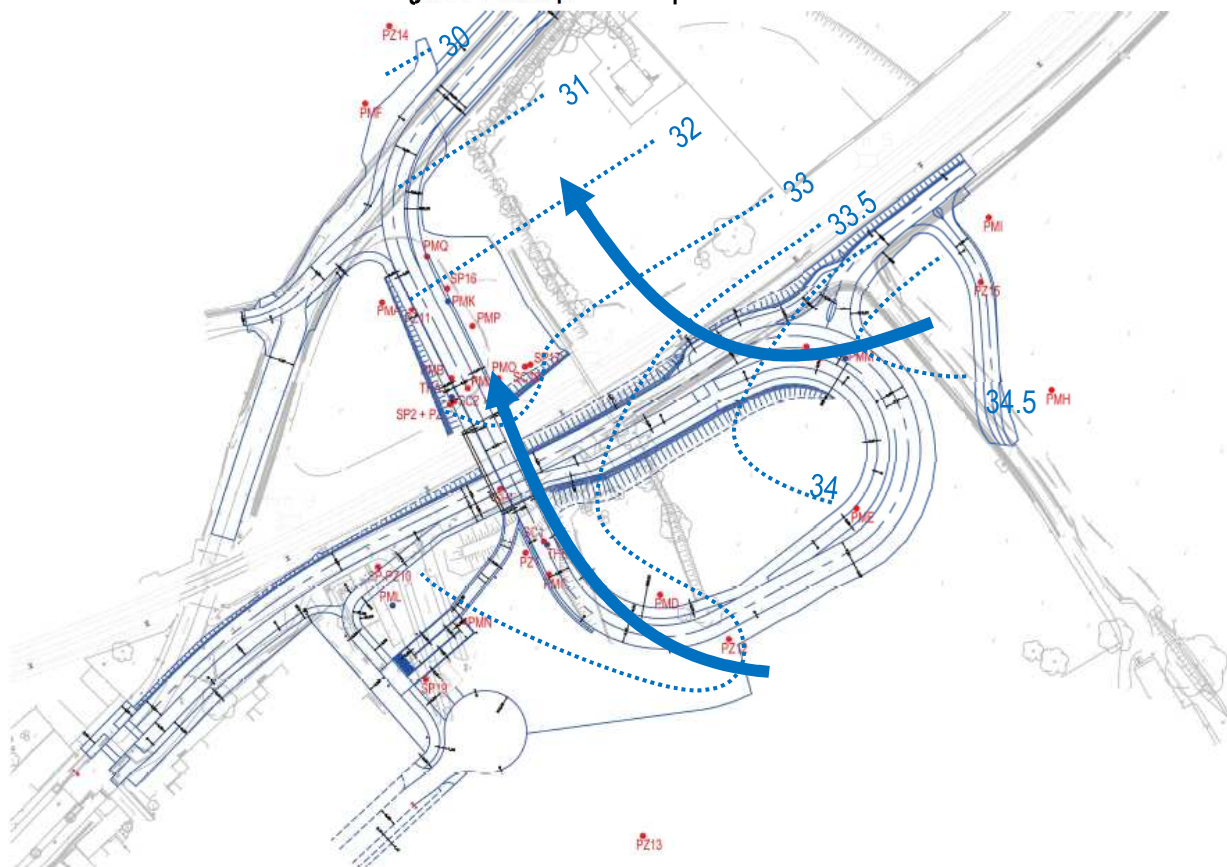


Figure 8 : Carte piézométrique au 17/02/2022, niveaux hauts observés

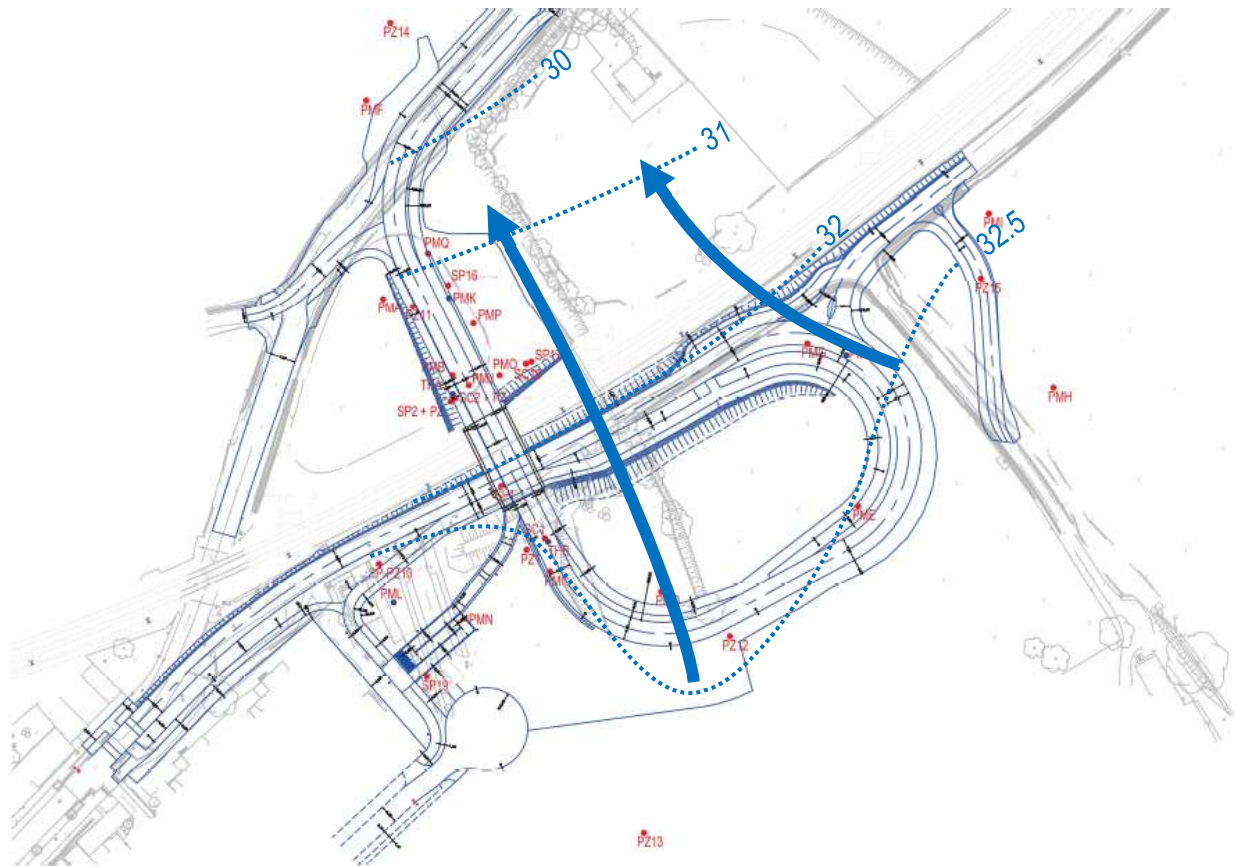


Figure 9 : Carte piézométrique au 23/08/2022, niveaux bas observés

4 NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX CONNUS

D'une manière générale, le niveau des nappes connaît des fluctuations, notamment des remontées qui peuvent dépendre de trois facteurs :

- du battement saisonnier et interannuel de la nappe (B). Ce paramètre est directement lié à l'intensité de la recharge de la nappe par les précipitations ;
- de l'incidence des pompages existants à proximité ou à distance du site (industriels, parkings souterrains, épuisement de fouilles dans le cas de travaux, etc...) qui créent un rabattement artificiel du niveau piézométrique. En cas d'arrêt durable de ces prélèvements, un relèvement (R) du niveau piézométrique se produirait ;
- de la transmission d'ondes de crue dans l'aquifère à partir de rivière en crue, amortie dans le terrain aquifère (A), selon la distance à la berge.

Le niveau maximum (noté N_{max}) de la nappe des alluvions prévisible à terme est ainsi donné tel que :

$$N_{max} = N_{\text{étiage}} + B + A + R$$

Avec :

B : battement saisonnier de la nappe, dû à la recharge par infiltration des eaux de pluies ;

A : amplitude d'une onde de crue ;

R : remontée de la nappe induite par l'arrêt des pompages environnants.

4.1 Niveau d'étiage

Le niveau d'étiage retenu est celui observé au cours du suivi, et plus particulièrement de la période de basses eaux 2022 représentative d'une année sèche, à hauteur de -16% par rapport aux normales.

- | | |
|--|--------------------------|
| ▪ Nétiage SC2 : + 31.34 m NGF ; | |
| ▪ Nétiage SP2 : + 31.53 m NGF ; | |
| ▪ Nétiage PZ11 : + 31.29 m NGF | Nord de l'Ouvrage |
| ▪ Nétiage PZ14 : + 28.99 m NGF ; | |
| | |
| ▪ Nétiage PZ1 : + 32.40 m NGF ; | |
| ▪ Nétiage SP10+PZ : + 32.74 m NGF ; | |
| ▪ Nétiage PZ12 : + 32.33 m NGF ; | Sud de l'Ouvrage |
| ▪ Nétiage PZ13 : + 32.69 m NGF ; | |
| ▪ Nétiage PZ15 : + 32.62 m NGF. | |

4.2 Fluctuations saisonnières de la nappe

Le climat de la région est de type océanique tempéré, caractérisé par un hiver doux et humide, et un été relativement sec. Les précipitations de Saint Grégoire sont significatives, avec des précipitations même pendant le mois le plus sec (Cfb par Köppen et Geiger). Les précipitations annuelles sont en moyenne de 694 mm, contre 757 mm en 2020, et relevé à -32% par rapport aux normales à fin mai, puis +12 % à fin juillet.

Les battements saisonniers de la nappe sont dus à des épisodes pluvieux importants, se traduisant par l'infiltration dans le sol de la pluie efficace. Cette pluie efficace réalimente les nappes et entraîne des variations périodiques de la piézométrie.

Le suivi piézométrique disponible sur le site d'étude a été réalisé sur un cycle hydrologique complet en 2022, représentative d'une année sèche. Les fluctuations saisonnières ont été estimées selon les réponses mensuelles observées au cours de ce suivi, en prévision d'année très humide. Les relations entre réponse (remontée de nappe) et hauteur pluviométrique (lame d'eau) ne préjugent néanmoins pas d'horizons supérieurs (remblais sableux/limon graveleux) plus perméables, et permettant potentiellement d'amortir des remontées plus importantes que celles observées au cours du suivi. Il s'agit donc d'une hypothèse a priori majorante.

Nous retiendrons ainsi une fluctuation saisonnière moyenne de :

- **B_{SC2} : 2.10 m ;**
 - **B_{SP2} : 2.10 m ;**
 - **B_{PZ11} : 1.95 m ;**
 - **B_{PZ14} : 1.20 m ;**
- Nord de l'Ouvrage**
- **B_{PZ1} : 1.45 m ;**
 - **B_{SP10+PZ} : 1.45 m ;**
 - **B_{PZ12} : 1.75 m ;**
 - **B_{PZ13} : 0.60 m ;**
 - **B_{PZ15} : 3.95 m.**
- Sud de l'Ouvrage**

4.3 Amortissement d'une l'onde de crue

Sans objet.

4.4 Influence des pompages voisins

Les pompages d'eau effectués aux alentours ou à distance du site, et pouvant influencer la nappe sont généralement :

- Des pompages pour un usage industriel ou collectif ;
- Des pompages géothermiques ;
- Des pompages de drainage au niveau des sous-sols.

D'après les informations recueillis auprès du BRGM, aucun pompage existant n'a d'influence au droit du site d'étude, soit de par leur éloignement, soit par leur débit d'exploitation limité. Ces ouvrages sont généralement profonds, 60 à 70 m, pour des débits d'exploitation très faibles (< 2 ou 3 m³/h). On note néanmoins la présence d'un puits, à usage domestique pour une profondeur limitée à 6 m et un niveau statique renseigné à 3.72 m/sol

On retiendra ainsi **R = 0.00 m**.

4.5 Estimation des niveaux de plus hautes eaux

L'estimation des NPHE s'établit ainsi à $N_{max} = N_{\text{étiage}} + B + A + R$, soit :

- NPHE_{SC2} : Subaffleurant ;
- NPHE_{SP2} : Subaffleurant ;
- NPHE_{PZ11} : + 33.25 m NGF; Nord de l'Ouvrage
- NPHE_{PZ14} : + 30.19 m NGF;
- NPHE_{PZ1} : + 33.83 m NGF ;
- NPHE_{SP10+PZ} : + 34.17 m NGF ;
- NPHE_{PZ12} : + 34.07 m NGF ; Sud de l'Ouvrage
- NPHE_{PZ13} : Subaffleurant ;
- NPHE_{PZ15} : 36.55 m NGF.

La carte page suivante représente ces niveaux NPHE.

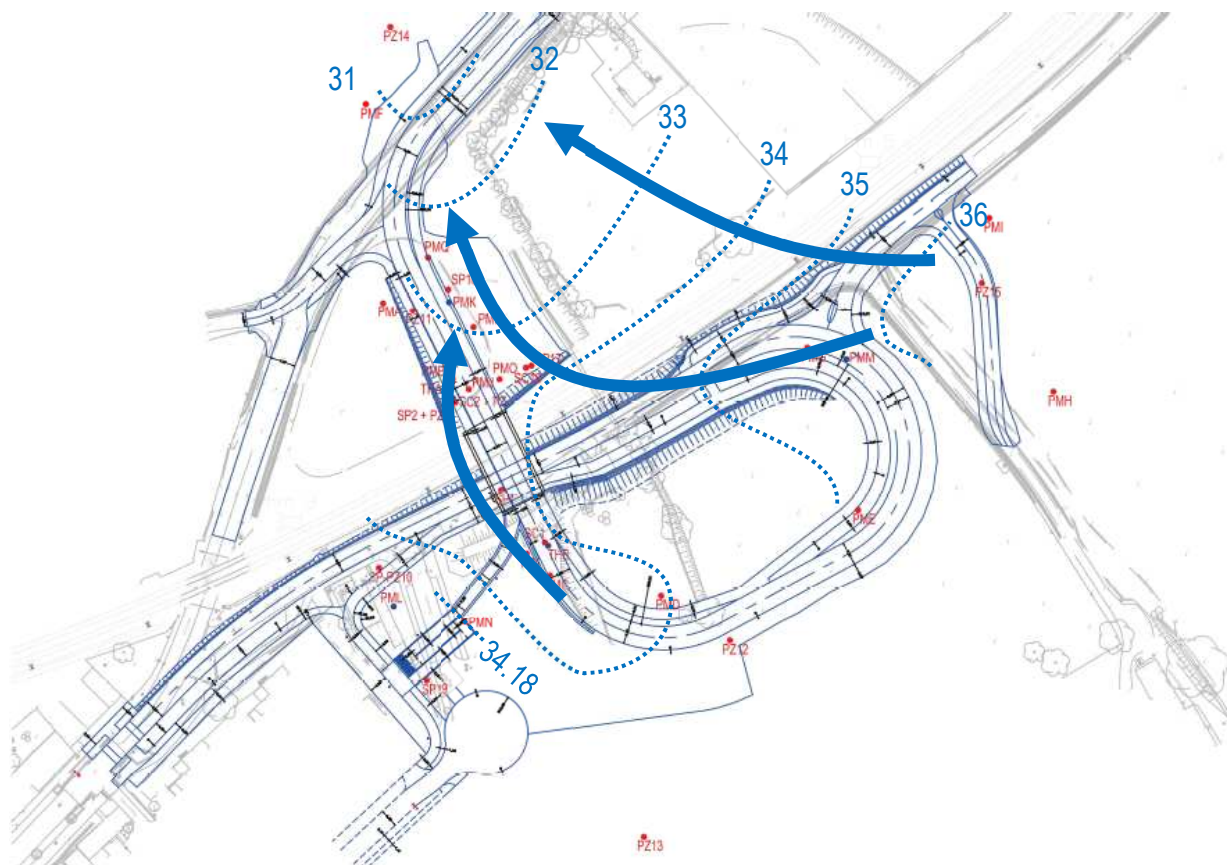


Figure 10 : Carte piézométrique des niveaux NPHE estimés

Par ailleurs, sur la base du suivi disponible, les niveaux EF et EB sont estimés et présentés dans le tableau suivant :

	Ouvrage	EF (m NGF)	EB (m NGF)
Nord Ouvrage	SC2	32.65	32.46
	SP2	32.85	32.46
	PZ11	32.47	32.16
	PZ14	29.75	29.41
Sud Ouvrage	PZ1	33.29	33.08
	SP10+PZ	33.6	33.26
	PZ12	33.43	33.17
	PZ13	34.05	33.66
	PZ15	34.93	33.81

Tableau 2 : Niveaux d'eaux EF et EB

Les niveaux NPHE précédemment déterminés interceptent les infrastructures et sont à prendre en compte pour s'affranchir des pressions hydrostatiques verticales et de poussées latérales pour l'infrastructure.

La démarche retenue dans le présent rapport répond à un cheminement logique d'additivité des remontées de nappe en fonction d'un certain nombre d'évènements possibles : arrêt de pompages dans les environs du site ou à distance, transmission dans les terrains d'une onde de crue, battements saisonnier et interannuels de la nappe. Certains de ces évènements sont connus de façon relativement précise (transmission d'une onde de crue et battement lié à l'influence de pompage). Les autres évènements résultent d'hypothèses et d'interprétations (battement saisonnier et réponse aux évènements pluvieux notamment).

5 RABATTEMENT DE NAPPE

5.1 Quantité d'eau à extraire

La quantité d'eau que l'on doit extraire, correspond à la quantité d'eau arrivant du réservoir aquifère constitué par les formations alluvionnaires de tête suivi par les alternances de schistes gréseux décomposés à fortement décomposés en tête en limon, plus ou moins sableux

Rappelons par ailleurs, qu'il n'est pas crédible de donner du débit, des expressions mathématiques exactes pour toutes les formes de fouilles. Par ailleurs, une formule rigoureuse serait illusoire car le facteur essentiel reste la perméabilité qui n'est ni homogène ni connue de manière déterministe (il s'agit plutôt d'une approche empirique).

Nous nous sommes donc attachés à calculer l'ordre de grandeur du débit à drainer.

Enfin, l'erreur résultant de l'incertitude quant aux hypothèses prises en compte sur la perméabilité (que l'on sait réduite par la réalisation des essais de pompage in-situ), sera plus grande que celle résultant de la simplification faite sur le plan théorique. Elle est également majorante, considérant par construction une limite d'alimentation continue de l'aquifère.

Nous nous intéressons dans un premier temps à calculer le rayon du puits équivalent, r_p , à la fouille de périmètre P . D'après Schneebelli (Hydraulique souterraine, 1978, chez Eyrolles), et diverses simplifications mathématiques afférentes, nous avons :

$$r_p = \frac{P}{2\pi\chi}$$

où r_p , rayon du puits équivalent à la fouille ;

P , Périmètre de la fouille,

χ , fonction du rapport largeur/longueur de la fouille

En considérant alors, le cas d'un puits pénétrant partiellement dans une nappe en charge très épaisse par rapport à la longueur des crépines (hypothèse majorante), le débit Q sera donné, en fonction du rabattement h° souhaité, par la formule suivante :

$$Q = 2.\pi.K.c.\frac{h^\circ}{\ln\left(\frac{2c}{r_p}\right)}$$

Où K , perméabilité de l'aquifère ;

c , longueur du puits ;

h° , rabattement visé ;

r_p , rayon du puits équivalent.

Les figures suivantes présentent les simplifications géométriques prises en compte pour les 5 profils interceptant les niveaux d'eau NPHE (profils 6 à 10).

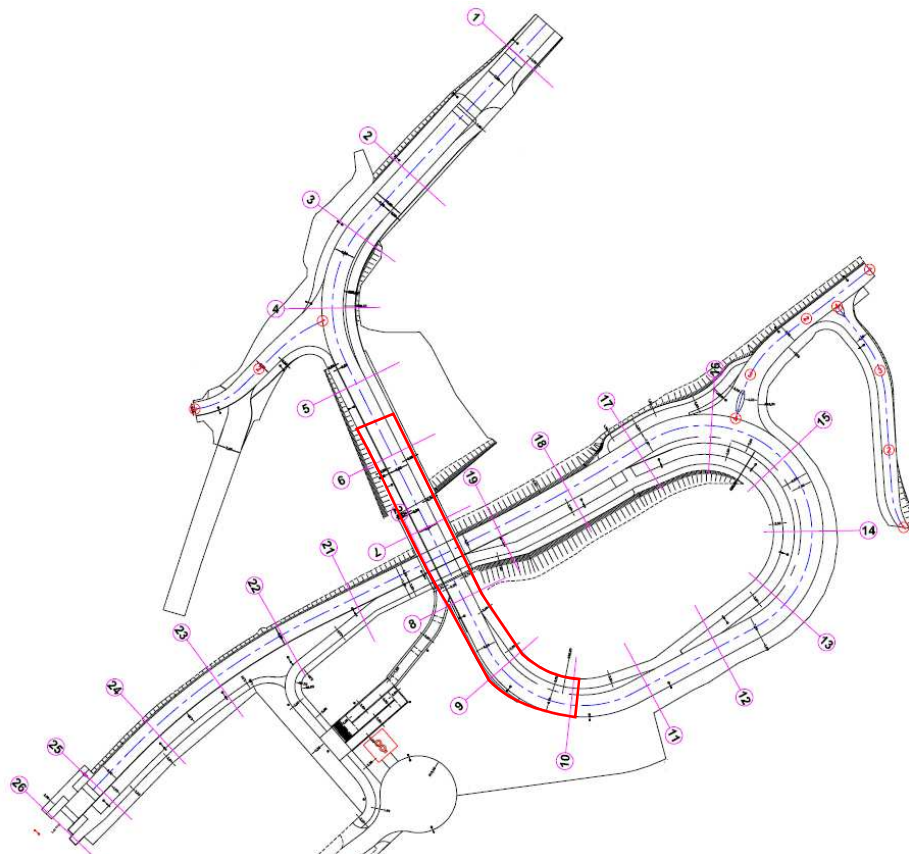


Figure 11 : Plan de masse et projet et situation des profils 6 à 10 interceptant les niveaux d'eau NPHE

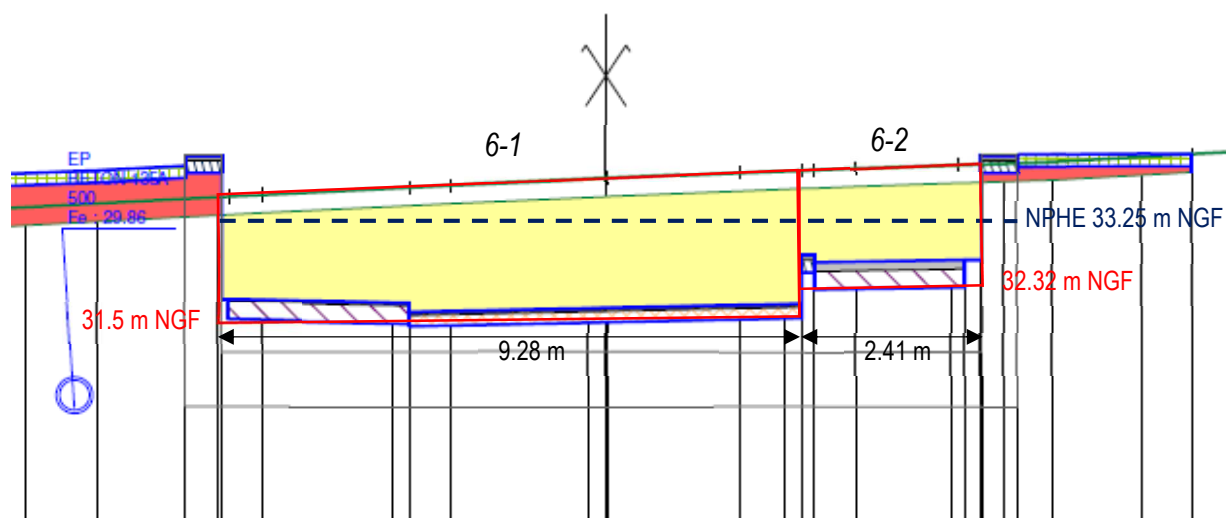


Figure 12 : Profil 6 – Simplification géométrique

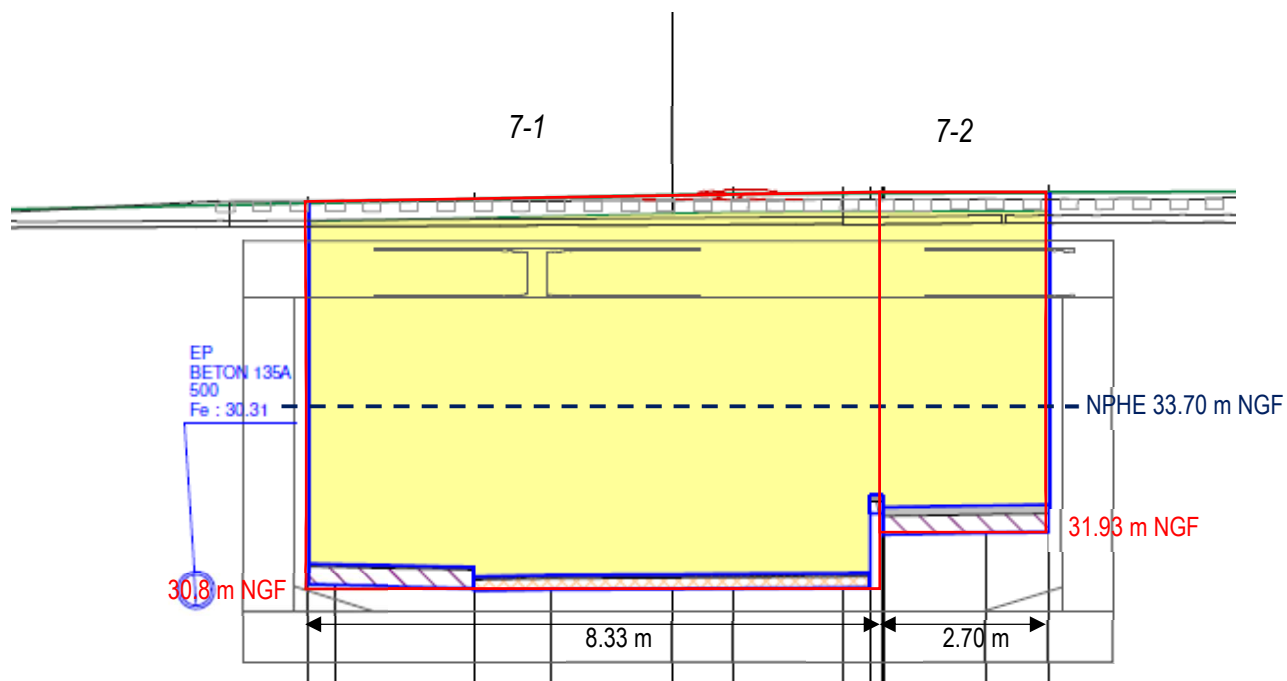


Figure 13 : Profil 7 – Simplification géométrique

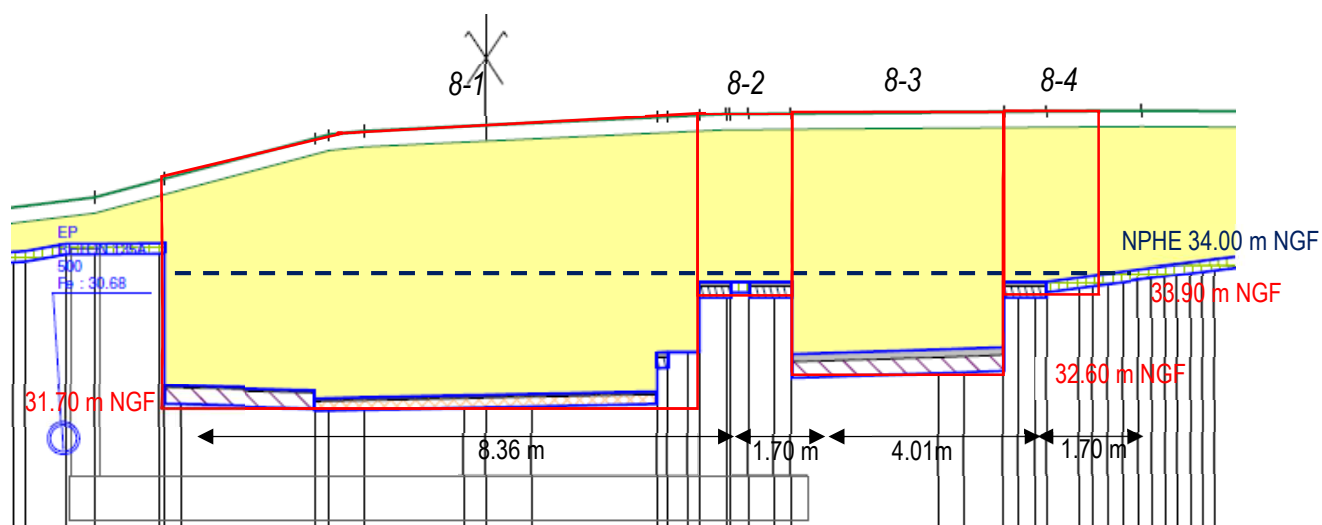


Figure 14 : Profil 8 – Simplification géométrique

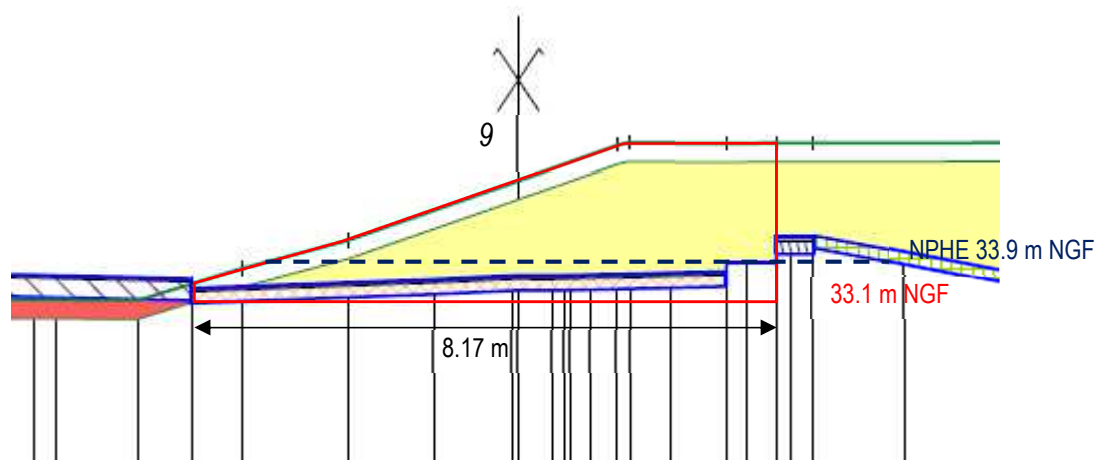


Figure 15 : Profil 9 – Simplification géométrique

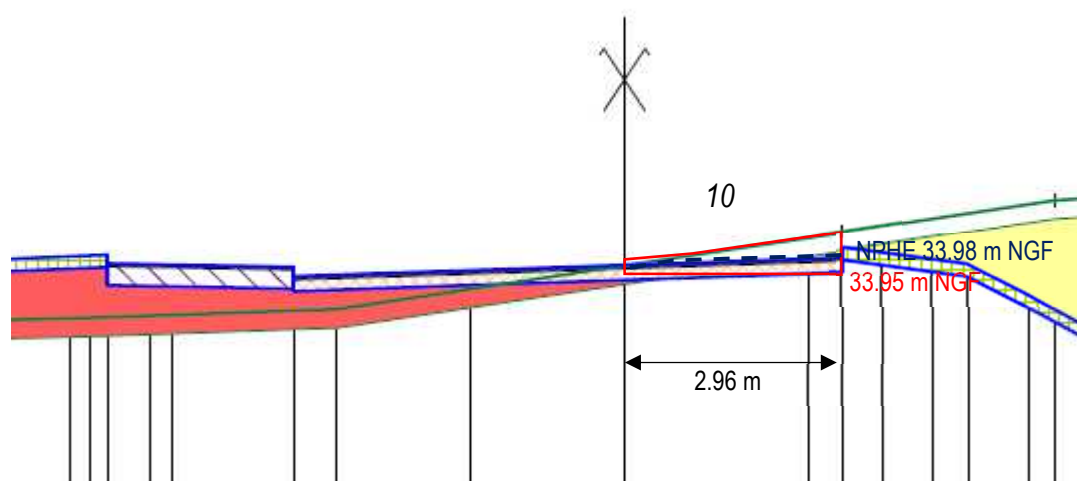


Figure 16 : Profil 10 – Simplification géométrique

5.2 Estimation des débits d'exhaure par profil

Pour les perméabilités moyennes prises en compte, au prorata des terrains interceptés par le projet et les niveaux d'eaux retenus, les ordres de grandeurs des débits d'eau à drainer sont indiqués dans le tableau page suivante. Ceux-ci correspondent aux débits par tronçon indépendant les uns des autres, hors phase de préfabrication pour laquelle les terrassements atteignent 29.15 m NGF côté Nord et sous voies SNCF.

Il s'agit de débits correspondants aux hypothèses suivantes :

- Des tronçons de 25 ml (12.5 ml de part et d'autre de chaque profil) ;
- Des rabattements (hauteur h à rabattre) :
 - Induits par un niveau d'eau NPHE ;
 - Limités en période plus favorable (étiage), aux niveaux EB et EF identifiés.

Profil	Altitude de terrassement (en m NGF)	L (en m)	I (en m)	h NPHE moyen (en m)	h EF moyen (en m)	h EB moyen (en m)	Débit d'exhaure prévisible					
							Niveau d'eau NPHE		Niveau d'eau EF		Niveau d'eau EB	
							Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)
6-1	31.5	25	9.28	1.75	1.35	1.06	< 21.5	3.56E-05	< 15.5	3.37E-05	< 12.0	3.30E-05
6-2	32.32	25	2.41	0.93	0.53	0.24	< 8.5	3.56E-05	< 4.5	3.37E-05	< 2.0	3.30E-05
7-1	30.8	25	8.33	2.9	2.11	1.85	< 27	2.81E-05	< 18.5	2.66E-05	< 16.0	2.60E-05
7-2	31.93	25	2.7	1.77	0.98	0.72	< 12.5	2.81E-05	< 6.5	2.66E-05	< 5.0	2.60E-05
8-1	31.7	25	8.36	2.3	1.51	1.29	< 13.0	1.71E-05	< 8.0	1.62E-05	< 7.0	1.59E-05
8-2	33.9	25	1.7	0.1	0	0	< 0.5	1.71E-05	0	1.62E-05	0	1.59E-05
8-3	32.6	25	4.01	1.4	0.61	0.39	< 6.5	1.71E-05	< 3.0	1.62E-05	< 2.0	1.59E-05
8-4	33.9	25	1.7	0.1	0	0	< 0.5	1.71E-05	0	1.62E-05	0	1.59E-05
9	33.1	25	8.17	0.8	0.24	0.01	< 4.5	1.68E-05	< 1.5	1.75E-05	< 0.1	1.75E-05
10	33.95	25	2.96	0.03	0	0	< 0.5	1.68E-05	0	1.75E-05	0	1.75E-05

Tableau 3 : Débit d'exhaure par profil et niveau de terrassement

5.3 Estimation des débits d'exhaure selon phasage de travaux

Selon les simplifications géométriques et les perméabilités retenues, **les ordres de grandeur des débits d'eau à drainer, en première approche aux vues des données disponibles, sont synthétisés dans les tableaux suivants.** Il s'agit des débits liés aux fouilles nues, sans soutènements ou autres éléments constructifs de protection des eaux souterraines permettant des réduire ces débits ou de s'en affranchir.

5.3.1 Phase 1 : Terrassement Aire de Préfabrication

Période : Juillet-Décembre 2024

La figure suivante présente les simplifications géométriques prises en compte pour la phase 1.

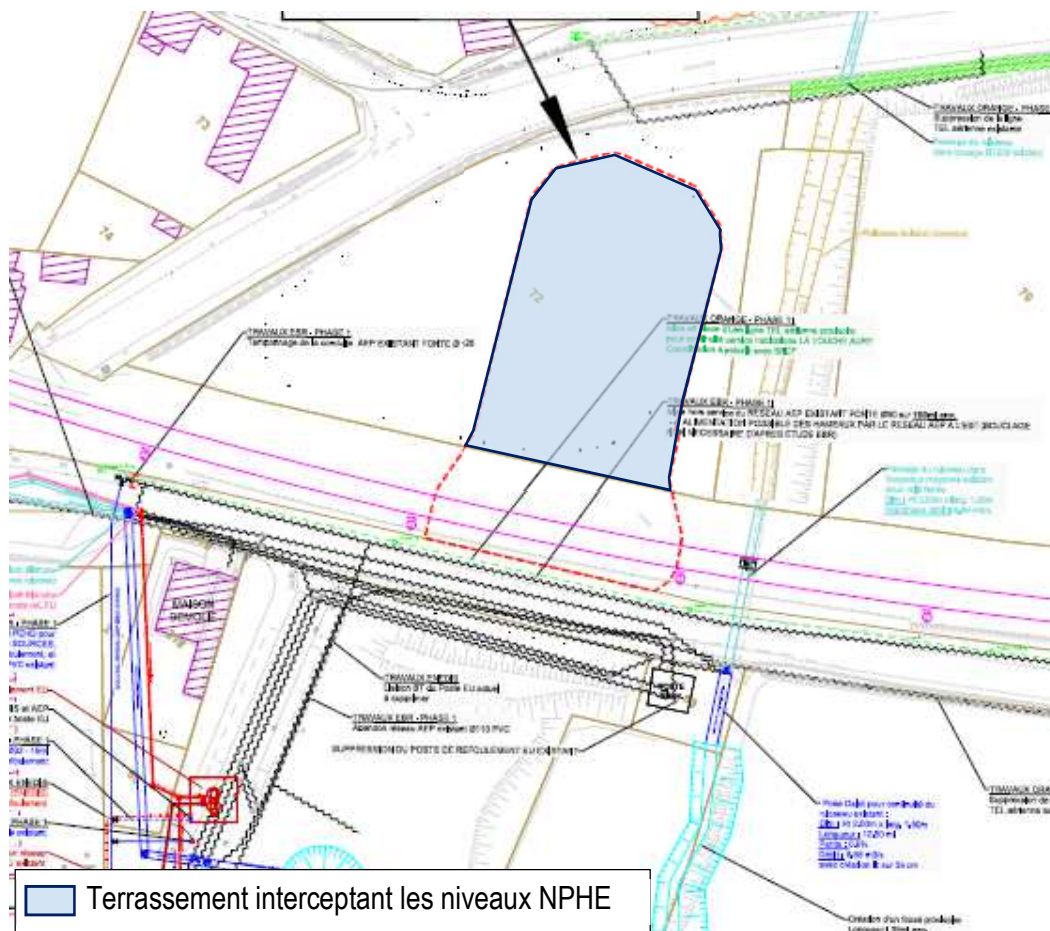


Figure 17 : Phase 1 – Terrassement Aire de Préfabrication

Terrassement	Altitude de terrassement (en m NGF)	L (en m)	I (en m)	h NPHE moyen (en m)	h EF moyen (en m)	h EB moyen (en m)	Débit d'exhaure prévisible					
							Niveau d'eau NPHE		Niveau d'eau EF		Niveau d'eau EB	
							Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)
4	29.15	12.5	21	2.85	2.38	2.06	34.8	3.56E-05	27.5	3.37E-05	25.3	3.30E-05
5	29.15	25	21	3.85	3.32	3.01	65.4	3.56E-05	53.4	3.37E-05	47.4	3.30E-05
6	29.15	19.5	21	4.1	3.7	3.41	61.3	3.56E-05	52.4	3.37E-05	47.3	3.30E-05
7	29.15	3	25.8	4.55	3.76	3.5	33.0	2.81E-05	25.8	2.66E-05	23.5	2.60E-05
TOTAL							194.5		159.1		143.5	

Tableau 4 : Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 1

5.3.2 Phase 2 : Terrassement Aire de Préfabrication

Période : Janvier-Avril 2025

La figure suivante présente les simplifications géométriques prises en compte pour la phase 2.

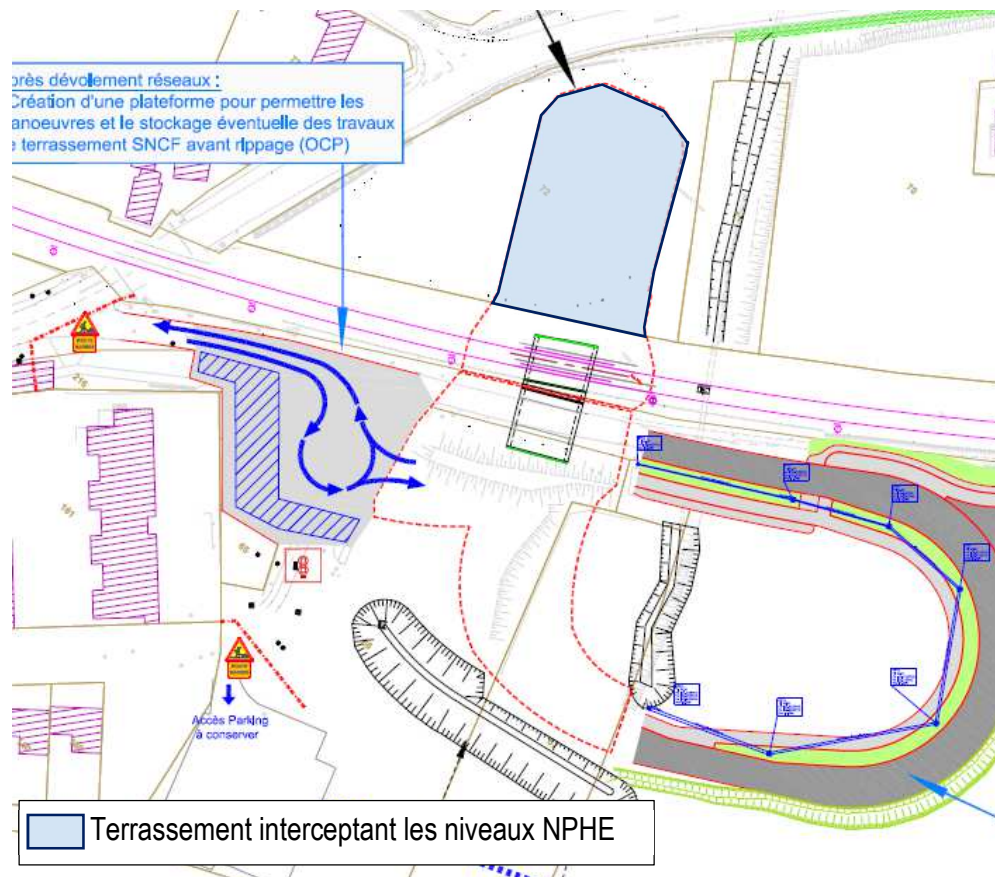


Figure 18 : Phase 2 – Terrassement Aire de Préfabrication

Terrassement	Altitude de terrassement (en m NGF)	L (en m)	l (en m)	h NPHE moyen (en m)	h EF moyen (en m)	h EB moyen (en m)	Débit d'exhaure prévisible					
							Niveau d'eau NPHE		Niveau d'eau EF		Niveau d'eau EB	
							Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)
4	29.15	12.5	21	2.85	2.38	2.06	34.8	3.56E-05	27.5	3.37E-05	25.3	3.30E-05
5	29.15	25	21	3.85	3.32	3.01	65.4	3.56E-05	53.4	3.37E-05	47.4	3.30E-05
6	29.15	19.5	21	4.1	3.7	3.41	61.3	3.56E-05	52.4	3.37E-05	47.3	3.30E-05
7	29.15	3	25.8	4.55	3.76	3.5	33.0	2.81E-05	25.8	2.66E-05	23.5	2.60E-05
TOTAL							194.5		159.1		143.5	

Tableau 5 : Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 2

5.3.3 Phase 3 OCP

Période : Mai 2025

La figure suivante présente les simplifications géométriques prises en compte pour la phase OCP.

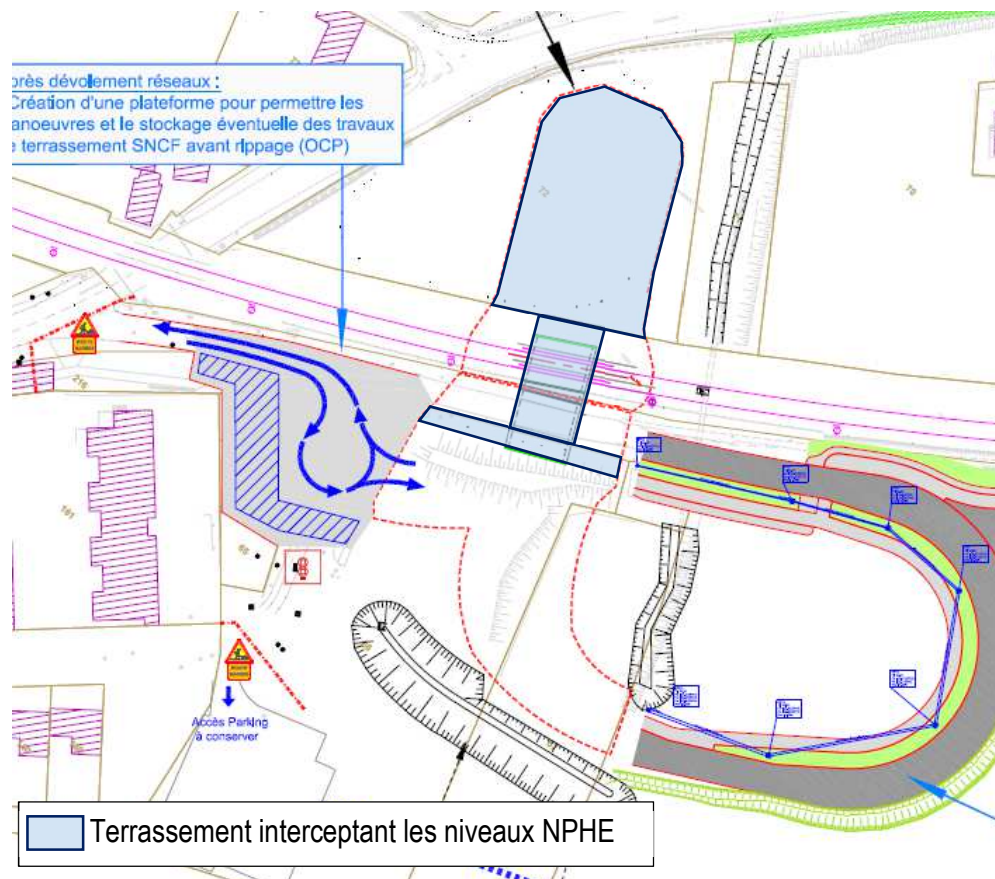


Figure 19 : Phase 3 OCP – Terrassement Aire de Préfabrication et OCP

Terrassement	Altitude de terrassement (en m NGF)	L (en m)	l (en m)	h NPHE moyen (en m)	h EF moyen (en m)	h EB moyen (en m)	Débit d'exhaure prévisible					
							Niveau d'eau NPHE		Niveau d'eau EF		Niveau d'eau EB	
							Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)
4	29.15	12.5	21	2.85	2.38	2.06	34.8	3.56E-05	27.5	3.37E-05	25.3	3.30E-05
5	29.15	25	21	3.85	3.32	3.01	65.4	3.56E-05	53.4	3.37E-05	47.4	3.30E-05
6	29.15	19.5	21	4.1	3.7	3.41	61.3	3.56E-05	52.4	3.37E-05	47.3	3.30E-05
7	29.15	3	25.8	4.55	3.76	3.5	33.0	2.81E-05	25.8	2.66E-05	23.5	2.60E-05
OCP	29.15	17.7	10.5	4.85	4.06	3.84	39.4	2.81E-05	31.2	2.66E-05	28.8	2.60E-05
8-1	31.7	16.3	5	2.3	1.51	1.29	4.9	1.71E-05	2.0	1.62E-05	1.3	1.59E-05
TOTAL								238.8		192.3		173.6

Tableau 6 : Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 3 OCP

5.3.4 Phase 3 : Terrassement et construction Nord Sud et bassin enterrée

Périodes :

- Rampe Sud : Fin Juin à Octobre 2025 ;
- Rampe Nord : Fin Juin à Décembre 2025.

La figure suivante présente les simplifications géométriques prises en compte pour la phase OCP.

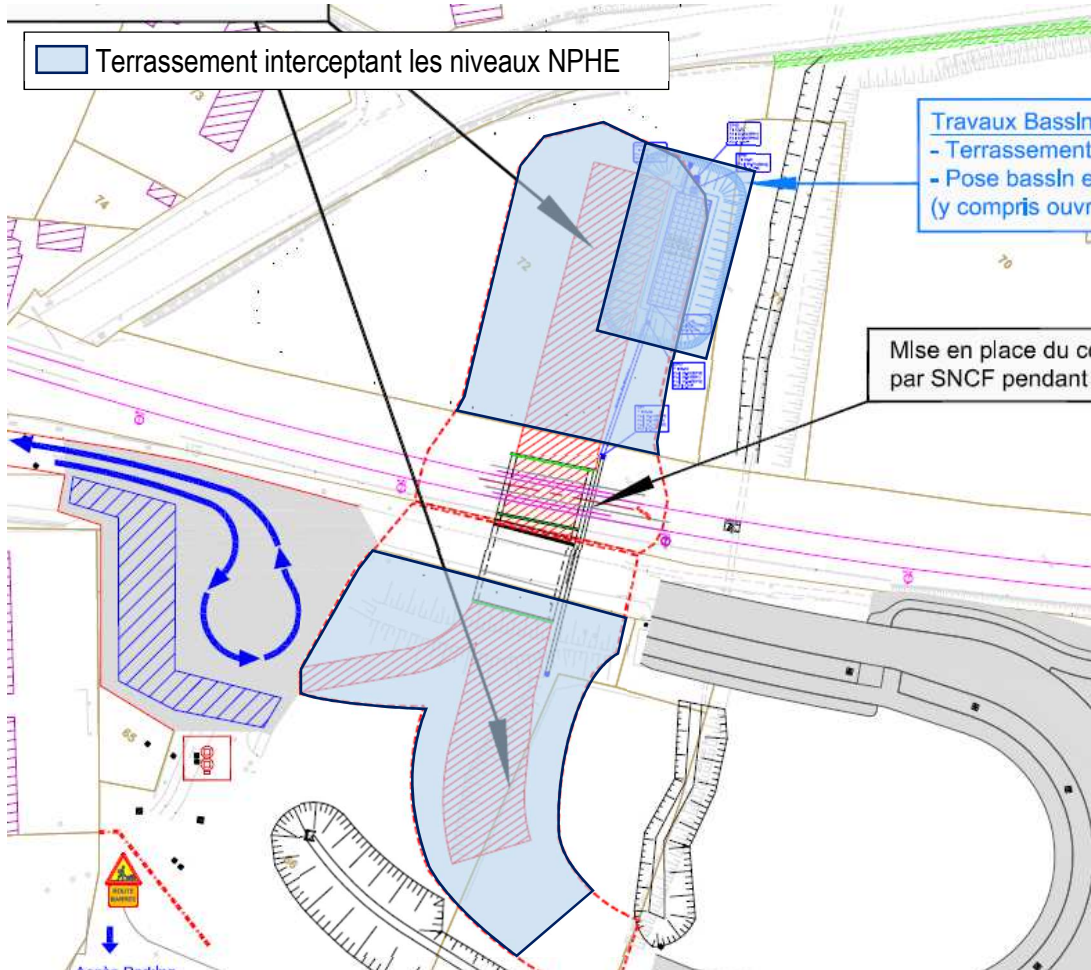


Figure 20 : Phase 2 – Terrassement Aire de Préfabrication, partie Sud et bassin enterrée

Terrassement	Altitude de terrassement (en m NGF)	L (en m)	I (en m)	h NPHE moyen (en m)	h EF moyen (en m)	h EB moyen (en m)	Débit d'exhaure prévisible					
							Niveau d'eau NPHE		Niveau d'eau EF		Niveau d'eau EB	
							Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)	Qmax (m3/h)	Perméabilité moyenne (m/s)
Bassin moitié Nord	30.15	10	12	2.1	1.23	1.2	11.4	3.56E-05	6.3	3.37E-05	6.0	3.30E-05
Bassin moitié Sud	28.51	10	12	4.49	3.64	3.6	24.3	3.56E-05	18.7	3.37E-05	18.1	3.30E-05
4	29.15	12.5	21	2.85	2.38	2.06	34.8	3.56E-05	27.5	3.37E-05	25.3	3.30E-05
5	29.15	25	21	3.85	3.32	3.01	65.4	3.56E-05	53.4	3.37E-05	47.4	3.30E-05
6	29.15	19.5	21	4.1	3.7	3.41	61.3	3.56E-05	52.4	3.37E-05	47.3	3.30E-05
7	29.15	3	25.8	4.55	3.76	3.5	33.0	2.81E-05	25.8	2.66E-05	23.5	2.60E-05
8-1	31.7	16.3	15	2.3	1.51	1.29	7.4	1.71E-05	3.1	1.62E-05	1.9	1.59E-05
8-2 (PMR)	32.6	16.3	13.5	1.4	0.61	0.39	12.8	1.71E-05	7.9	1.62E-05	6.6	1.59E-05
9	33.1	18	16.3	0.8	0.24	0.01	4.8	1.68E-05	1.5	1.75E-05	0.1	1.75E-05
10	33.95	12.2	8.5	0.03	0	0	0.1	1.68E-05	0.0	1.75E-05	0.0	1.75E-05
TOTAL							255.3		196.5		176.1	

Tableau 7 : Estimation des débits d'exhaure mis en jeu – Phase 3

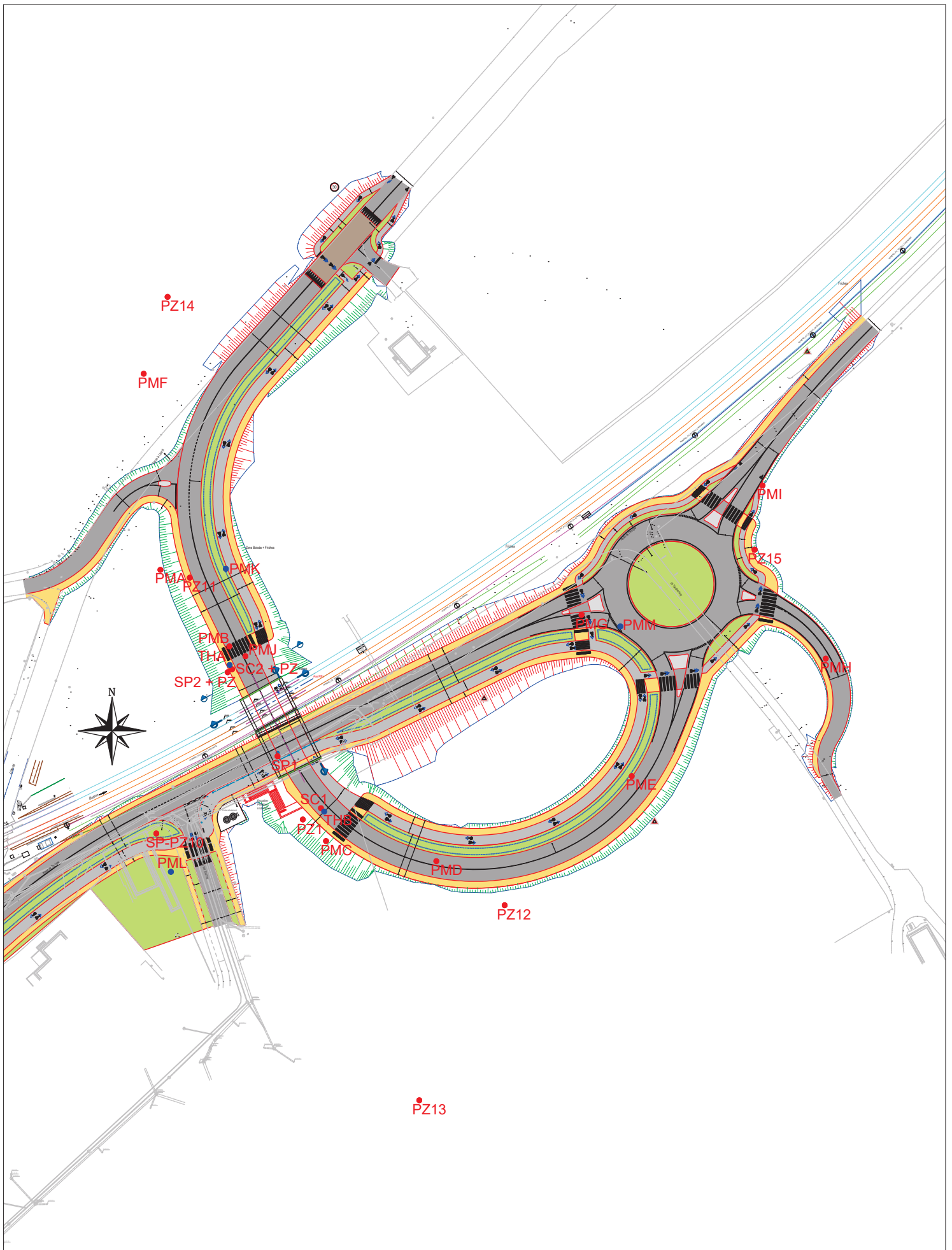
5.3.5 Récapitulatif des débits à prendre en compte selon le phasage et les périodes de réalisation

Le tableau suivant synthétise l'estimation des débits à considérer pour chaque période de travaux.

Phase	Travaux	Période	Nombre de mois	Débit moyen m3/h
1	Terrassement Aire de Préfabrication	Juillet-Décembre 2024	6	151
2	Terrassement Aire de Préfabrication	Janvier-Avril 2025	4	159
3 et OCP	Terrassement Aire de préfabrication et talus SNCF Sud, OCP	mai-25	1	174
3a	Terrassement et construction Nord Sud et bassin enterrée	Fin Juin à octobre 2025	4.5	186
3b	Terrassement et construction Nord et bassin enterrée	Novembre à décembre 2025	2	175

Tableau 8 : Synthèse des débits d'exhaure estimés en fonction des périodes des travaux

ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES SONDAGES



Légende:

- Sondages géotechniques et hydrogéologiques
- TH Sondages à la tarière
- PM Puits à la pelle mécanique
- PZ Piézomètres
- SC Sondages carottés
- SP Sondages destructifs avec essais préssiométriques

Saint Grégoire (35) - Avenue de la Libération Suppression du PN4	
Dossier : OVA2.I5004-41	
Echelle : 1/1000 (format A3)	Date : Février 2021

GINGER
CFBTP

Ginger CEBTP
Agence de Vannes
ZA de Tréhuinec
56890 PLESCOP

ANNEXE 2 : COUPES GEOLOGIQUES DES OUVRAGES PIEZOMETRIQUES

Dossier : OVA2.I5004-26

Chantier : SAINT-GREGOIRE (35) - Supression du PN4

Client : Rennes Métropole

X : 1353947.0

Echelle : 1/60

Y : 7227238.4

Date de forage : 09/01/2021

Machine : M378

Altitude : 35.3 m NGF

Profondeur du forage : 20.20 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Mode de stockage	Tubage	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Profondeur (m)	Récup. (%)		RQD (%)	Densité de discontinuité	Degré d'altération	
								0	100				
35.0	0	LS 114 mm	Gainé n°1			0.4 m	0.35						
	1					1.3 m	1.5 m	1.50	80				
34						Gainé n°2	2.0 m	2.00	85				
33.8	2						2.6 m	3.2 m	3.20	100			
33.3						Gainé n°3	3.9 m	3.90	100				
33	3						4.2 m	4.20	100				
32.1						Gainé n°4	5.2 m	5.20	100				
32	4						5.6 m	5.60	90				
31.4						Gainé n°5	6.8 m	6.75	75				
31.1	5	7.1 m	7.20	75					7.05 m				
31		Gainé n°6	7.2 m	8.40	85								
30.1	6		7.8 m	8.80	85				AM 6				
30		Gainé n°7	8.8 m	9.40	100								
29.7	7		9.4 m	9.60	100				7.55 m				
29		Gainé n°8	9.6 m	10.00	100								
28.6	8		10.7 m	10.70	100				AM 5/6				
28.3		Caisse n°9	10.0 m	10.00	100								
28.1	9		10.7 m	10.70	100				AM 5				
28		T6 116 mm / Cour	10.8 m	10.80	100								
27.9	10		10.8 m	10.80	100								
26.7			10.8 m	10.80	100								
26.5			10.8 m	10.80	100								
26			10.8 m	10.80	100								
25.7			10.8 m	10.80	100								
25.3			10.8 m	10.80	100								
25			10.8 m	10.80	100								
24.6			10.8 m	10.80	100								

Observations : Arrêt volontaire à 20.2 m/TA.

Schiste décomposé / altéré gris (limon compact friable)

Dossier : OVA2.I5004-26

Chantier : SAINT-GREGOIRE (35) - Supression du PN4

Client : Rennes Métropole

X : 1353947.0

Echelle : 1/60°

Y : 7227238.4

Date de forage : 09/01/2021

Machine : M378

Altitude : 35.3 m NGF

Profondeur du forage : 20.20 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Mode de stockage	Tubage	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Profondeur (m)	Récup. (%)		RQD (%)	Densité de discontinuité	Degré d'altération
								0	100			
11	24	T6 116 mm / Couronne à plaquettes	Gaine n°10 1.5 m			Schiste décomposé / altéré gris (limon compact friable)	0					AM 5
12	23		Gaines n°11 et n°12				0					
13	22		13.7 m				0					
14	21	Gaine n°13				Schiste altéré gris (roche très altérée en limons compacts +/- friables)	0					AM 4
15	20.3	15.0 m			15.00					15.0 m		
16	20	T6 116 mm / Couronne à prismes	Gaine n°14			Schiste altéré gris (roche altérée friable + limons)	0					AM 4
17	18.2		Gaine n°15 1.1 m				17.10					
18	18		Gaine n°16				0					
19	17	18.6 m				Schiste altéré gris (roche altérée friable + limons)	0				AM 4	
20	15.1	Gaine n°17			20.20					20.2 m		
21	15	20.2 m										

Observations : Arrêt volontaire à 20.2 m/TA.

Dossier : **OVA2.I5004-26**

Chantier : **SAINT-GREGOIRE (35) - Supression du PN4**

Client : **Rennes Métropole**

X : **1353921.0**

Echelle : **1/60**

Y : **7227279.1**

Date de forage : **14/01/2021**

Machine : **M378**

Altitude : **33.6 m NGF**

Profondeur du forage : **20.40 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Mode de stockage	Tubage	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Profondeur (m)	Récup. (%)		RQD (%)	Densité de discontinuité	Degré d'altération
								0	100			
33	0	LS 114 mm	Gaine n°1	1.5 m		Haut : limon peu sableux marron Bas : limon marron	0					
32.1	1.5											
31.6	2	LS 114 mm	Gaine n°2	2.8 m		2.0 m Limon peu sableux marron beige	2.00	100				2.0 m
31	2.8											
30.8	3	LS 114 mm	Gaine n°3	4.1 m		2.8 m Limon peu sableux ferme et friable beige gris	2.80	100				AM 5/6
30	4.1											
29.5	4	LS 114 mm	Gaine n°4	4.4 m		Haut : limon marron beige humide Bas : limon peu sableux marron beige	4.10	100				
29.2	4.4											
29	5	LS 114 mm	Gaine n°5	5.6 m		4.4 m Limon peu sableux marron beige humide	4.40	100				4.4 m
28.0	5.6											
28	6	T6 116 mm / Couronne à prismes	Gaine n°6	7.1 m		Schiste gréseux décomposé à très altéré (limon sableux et roche très altérée friable)	5.60	100				AM 4
27	7.1											
26.5	7	T6 116 mm / Couronne à prismes	Gaine n°7	7.4 m		Haut : idem Bas : schiste altéré beige gris (limon + eau à cailloux non friable)	7.10	100				
26.2	7.4											
26	8	T6 116 mm / Couronne à prismes	Gaine n°8	9.3 m		Idem	7.40	0				
25	9.3											
24.3	9	T6 116 mm / Couronne à prismes	Gaine n°7	9.7 m		Schiste altéré beige gris (roche +/- friable à forte altération limoneuse)	9.30	100				AM 3/4
24	9.7											
23	10	T6 116 mm / Couronne à prismes	Gaine n°8	10.8 m		Schiste altéré beige gris (roche peu friable + altération limoneuse)	9.70	100				
22.8	10.8											
						Schiste altéré beige gris (roche peu friable + forte altération limoneuse)	10.80	100				

EXGTE 3.22

Observations : **Arrêt volontaire à 20.4 m/TA.**

Dossier : **OVA2.I5004-26**

Chantier : **SAINT-GREGOIRE (35) - Supression du PN4**

Client : **Rennes Métropole**

X : **1353921.0**

Echelle : **1/60°**

Y : **7227279.1**

Date de forage : **14/01/2021**

Machine : **M378**

Altitude : **33.6 m NGF**

Profondeur du forage : **20.40 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Mode de stockage	Tubage	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Profondeur (m)	Récup. (%)		RQD (%)		Densité de discontinuité	Degré d'altération
								0	100	0	100		
11													
22			Gaine n°9			Haut : schiste altéré gris (roche +/- friable + forte altération limoneuse) Bas : Idem		100					
21.4	12		12.25 m			12.3 m	12.25						
21			Gaine n°10			Schiste gréseux altéré gris (roche friable + altération limono-sableuse)		100					
20.5	13		13.7 m			13.2 m	13.15						
20			Gaine n°11			Schiste peu gréseux altéré gris (roche +/- friable + forte altération limoneuse)		100					AM 3/4
19	14		15.2 m			13.7 m	13.70						
18.4	15		15.2 m			Haut : idem moins friable Bas : Schiste gréseux altéré gris (roche peu friable + altération limoneuse)	15.20						
18			Gaine n°12			Idem		100					
17.7	16		16.35 m			15.9 m	15.90						
17.3			Gaine n°13			Schiste gréseux altéré gris (roche altéré +/- friable + altération sablo-limoneuse)		100			16.35 m	16.35 m	
17	17		17.95 m			16.4 m	16.35						
16			Gaine n°14			Haut : schiste fracturé gris (roche non friable + moyenne altération limoneuse) Bas : Idem		100			ID 5	AM 3	
15.7	18		19.45 m			18.0 m	17.95				17.95 m	17.95 m	
15			Gaine n°15			Schiste fracturé gris (roche +/- fracturé + faible altération limoneuse)		100			ID 4	AM 1/2	
14	19		20.4 m			19.45 m	19.45				19.45 m	19.45 m	
13.2	20		20.4 m			20.4 m	20.40				ID 4	20.4 m	20.4 m
13													
21													

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

EXGTE 3.22

Observations : Arrêt volontaire à 20.4 m/TA.

Dossier : OVA2.I5004.41

Chantier : SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4

Client : Rennes Métropole

X : 1353898.8

Echelle : 1/120

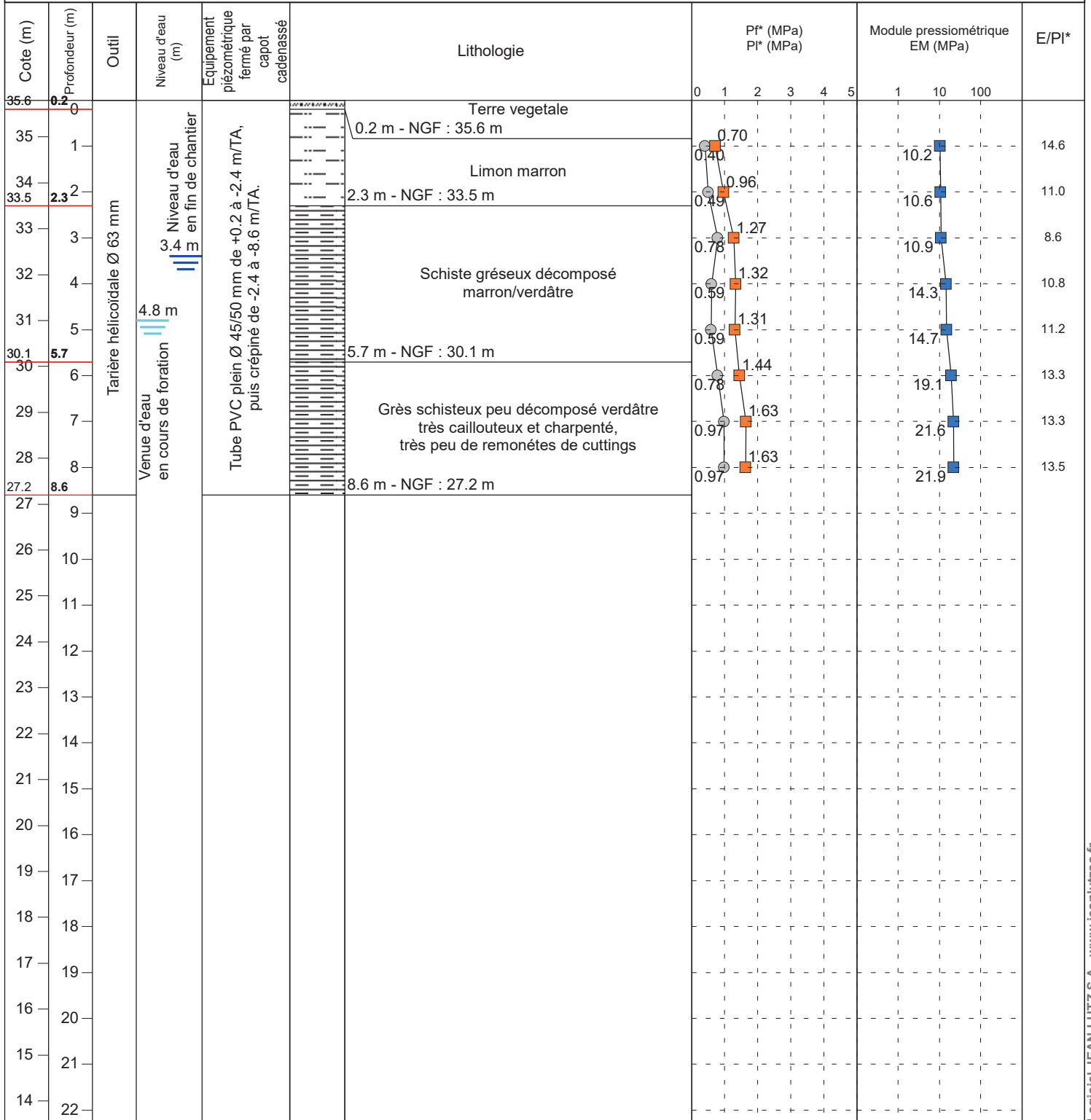
Y : 7227231.0

Machine : M244

Altitude : 35.8 m NGF

Date de forage : 06/10/2021

Profondeur du forage : 8.60 m



Observations : Refus à 8.6 m/TA.

EXGTE 3.23.1

Dossier : OVA2.I5004-41

Chantier : SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4

Client : Rennes Métropole

X : 1353908.6

Echelle : 1/120

Y : 7227305.9

Date de forage : 21/10/2021

Machine : M244

Altitude : 33.9 m NGF

Profondeur du forage : 6.00 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement piézométrique fermé par capot cadenassé	Niveau d'eau (m)	Lithologie
33.7	0.0				
33.0	0.9				Terre vegetale
32.6	1.3				Limons marrons légèrement graveleux
32.0	2.0				
31.0	3.0				Schiste décomposé verdâtre
30.0	4.0				
29.4	4.5				
29.0	5.0	Tarrière hélicoïdale Ø 63 mm	Tube PVC Ø 45/50 mm, plein de +0.2 à -3.0 m/TA, puis crépiné de -3 à -6 m/TA.	Venue d'eau en cours de foration 4.6 m	Schiste peu décomposé à très altéré verdâtre
28.9	6.0			Niveau d'eau en fin de chantier 2.6 m	
27.0	7.0				
26.0	8.0				
25.0	9.0				
24.0	10.0				
23.0	11.0				
22.0	12.0				
21.0	13.0				
20.0	14.0				
19.0	15.0				
18.0	16.0				
17.0	17.0				
16.0	18.0				
15.0	19.0				
14.0	20.0				
13.0	21.0				
12.0	22.0				

Observations : Arrêt volontaire à 6.0 m/TA.

EXGTE 3.23.1

Dossier : OVA2.I5004-41

Chantier : SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4

Client : Rennes Métropole

X : 1354000.8

Echelle : 1/120

Y : 7227210.0

Date de forage : 21/10/2021

Machine : M244

Altitude : 35.0 m NGF

Profondeur du forage : 6.00 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement piézométrique fermé par capot cadenassé	Niveau d'eau (m)	Lithologie		
34.8	0.2				Terre végétale		
34.4	0.6				0.2 m - NGF : 34.8 m		
34	1				Limon graveleux		
33.4	1.6				0.6 m - NGF : 34.4 m		
33	2				Siltite brune		
32.2	2.8				1.6 m - NGF : 33.4 m		
32	3				Siltite jaunâtre		
					2.8 m - NGF : 32.2 m		
31	4	Tarière hélicoïdale Ø 63 mm	Tube PVC Ø 45/50 mm plein de +0.2 à -3 m/TA, puis crépiné de -3 à -6 m/TA.	Niveau d'eau en fin de chantier 1.3 m	Schiste décomposé à altéré jaunâtre		
30	5						
29.0	6.0					2.4 m	6.0 m - NGF : 29.0 m
28	7						
27	8						
26	9						
25	10						
24	11						
23	12						
22	13						
21	14						
20	15						
19	16						
18	17						
17	18						
16	19						
15	20						
14	21						
13	22						

Observations : Arrêt volontaire à 6.0 m/TA.

EXGTE 3.23.1

Dossier : **OVA2.I5004-41**

Chantier : **SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4**

Client : **Rennes Métropole**

X : **1353975.8**

Echelle : **1/120**

Y : **7227152.9**

Date de forage : **21/10/2021**

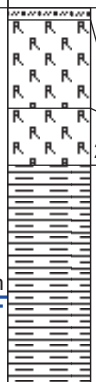
Machine : **M244**

Altitude : **36.4 m NGF**

Profondeur du forage : **6.00 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement piézométrique fermé par capot cadenassé	Niveau d'eau (m)	Lithologie
36.2	0.2				Terre végétale d'apport
36	0.4				
35.8	0.6				Remblais schisteux jaunâtre
35.3	1.1				
34.8	1.6				Remblais brun limono-graveleux de schiste
34.9	1.5				
33.9	2.5				Schiste décomposé jaunâtre
33	3.4				
32	4.4				
31	5.4				
30.4	6.0				
30	6.4				
29	7.4				
28	8.4				
27	9.4				
26	10.4				
25	11.4				
24	12.4				
23	13.4				
22	14.4				
21	15.4				
20	16.4				
19	17.4				
18	18.4				
17	19.4				
16	20.4				
15	21.4				
15	22.4				

Niveau d'eau en cours de foration
 Niveau d'eau en fin de chantier
 Venue d'eau en cours de foration
 Niveau chantier



Observations : **Arrêt volontaire à 6.0 m/TA.**

EXGTE 3.23.1

Dossier : **OVA2.I5004-41**

Chantier : **SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4**

Client : **Rennes Métropole**

X : **1353902.1**

Echelle : **1/120**

Y : **7227388.1**

Date de forage : **22/10/2021**

Machine : **M244**

Altitude : **31.9 m NGF**

Profondeur du forage : **6.00 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement piézométrique fermé par capot cadenassé	Niveau d'eau (m)	Lithologie
31.7	0.2				Terre végétale
31	1				
30.1	1.8				0.2 m - NGF : 31.7 m
30	2	Tarière hélicoïdale Ø 63 mm	Tube PVC Ø 45/50 mm plein de +0.2 à -3 m/TA, puis crépiné de -3 à -6 m/TA.	Niveau d'eau en fin de chantier	1.8 m - NGF : 30.1 m
29	3				Siltite brune
28	4				
27.1	4.8				3.7 m
27	5				4.8 m - NGF : 27.1 m
26	6.0				5.6 m
26	6.0				6.0 m - NGF : 25.9 m
25	7				
24	8				
23	9				
22	10				
21	11				
20	12				
19	13				
18	14				
17	15				
16	16				
15	17				
14	18				
13	19				
12	20				
11	21				
10	22				

Observations : **Arrêt volontaire à 6.0 m/TA.**

EXGTE 3.23.1

Dossier : OVA2.I5004-41

Chantier : SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4

Client : Rennes Métropole

X : 1354074.0

Echelle : 1/120

Y : 7227314.1

Date de forage : 22/10/2021

Machine : M244

Altitude : 38.2 m NGF

Profondeur du forage : 6.00 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement piézométrique fermé par capot cadenassé	Niveau d'eau (m)	Lithologie
38.0	0.0				
37.6	0.6				Terre vegetale
37	1	Tarière hélicoïdale Ø 63 mm	Tube PVC Ø 45/50 mm plein de +0.2 à -3 m/TA, puis crépiné de -3 à -6 m/TA.	Niveau d'eau en cours de foration 5.4 m	0.2 m - NGF : 38.0 m
					Limon marron
36	2				0.6 m - NGF : 37.6 m
35.5	2.7				2.7 m - NGF : 35.5 m
35	3				
34	4			Niveau d'eau en fin de chantier 4.7 m	Schiste +/- décomposé à très altéré jaunâtre
33	5				
32.2	6.0				6.0 m - NGF : 32.2 m
32					
31	7				
30	8				
29	9				
28	10				
27	11				
26	12				
25	13				
24	14				
23	15				
22	16				
21	17				
20	18				
19	19				
18	20				
17	21				
16	22				

Observations : Arrêt volontaire à 6.0 m/TA.

EXGTE 3.23.1

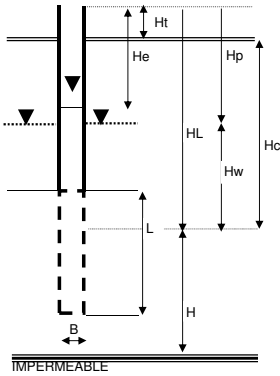
ANNEXE 3 : PV ESSAIS DE PERMEABILITE

ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC
NF EN ISO 22282-2
Dossier N°: OVA2.15004-26

LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression du PN4
SONDAGE: SC1 ESSAI DE 1.5 A 2.5 m
DATE: 05/01/2021 PROFONDEUR DE LA NAPPE: 5.7 m

MESURES			
TEMPS	Débit	H (t)	Temps (s)
minutes	(m3/s)	m	m
0		0.15	0
1	7.6E-05	0.9	60
2	9.2E-05	1.45	120
3	8.5E-05	2	180
4	8.7E-05	2.6	240
5	1.4E-04	2.6	300
6	4.0E-05	2.6	360

CAVITE	Profondeur/ haut du tube	de	2.5 m
		à	3.5 m



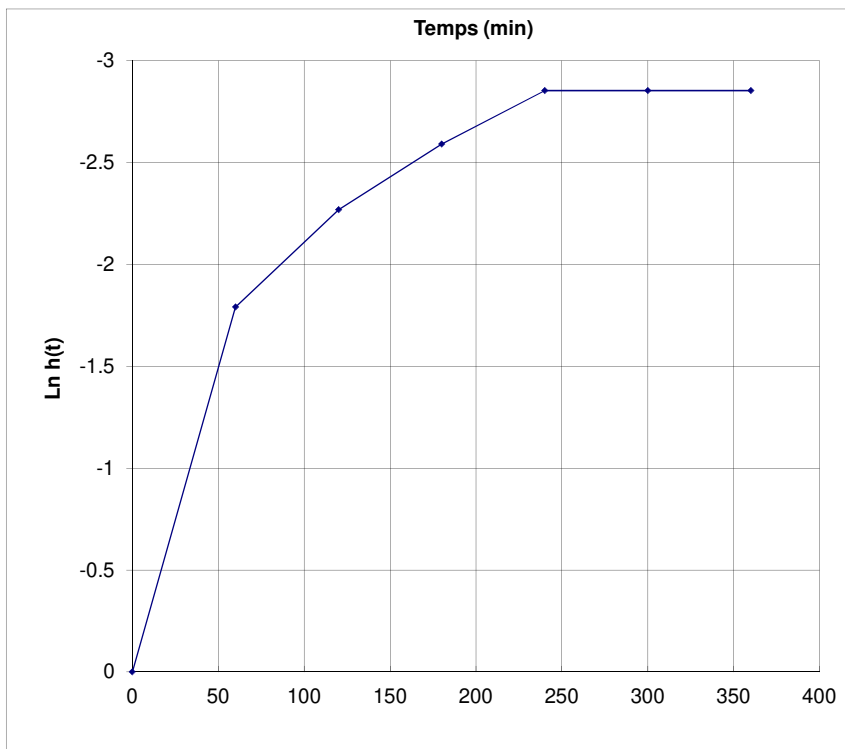
Cote du tubage /TN Ht: 1 m
Hauteur de tubage dans le sol HT: 1.5 m
Longueur de la cavité L: 1 m

Diametre de la cavité B: 0.089 m

Profondeur de la cavité/TN Hc: 2 m
Profondeur de la cavité/haut du tubage HL: 3 m
Profondeur de la nappe/haut du tubage Hp: 6.7 m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité Hw: -3.7 m
Coefficient de forme de la cavité L/B C: 11.24
Diametre intérieure du tubage D: 0.089 m
Section intérieure du tubage S: 2.86E-01 m2
Distance du centre de la cavité/sol imper H: 10 m

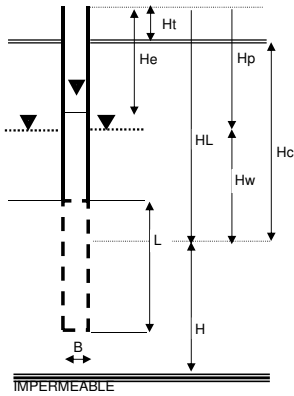
FACTEUR DE FORME F: 2.02
CHARGE HYDRAULIQUE STABILISE h: 2.60 m

PERMEABILITE MESUREE KL: 1.7E-05 m/s



ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG NF EN ISO 22282-2 Dossier N°: OVA2.I5004-26	LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression du PN4	ESSAI DE 1.5	A	2.5	m
	SONDAGE: SC1	PROFONDEUR DE LA NAPPE: 5.7			m
	DATE : 05/01/2021				

CAVITE	Profondeur/	de	2.5	m
	haut du tube	a	3.5	m

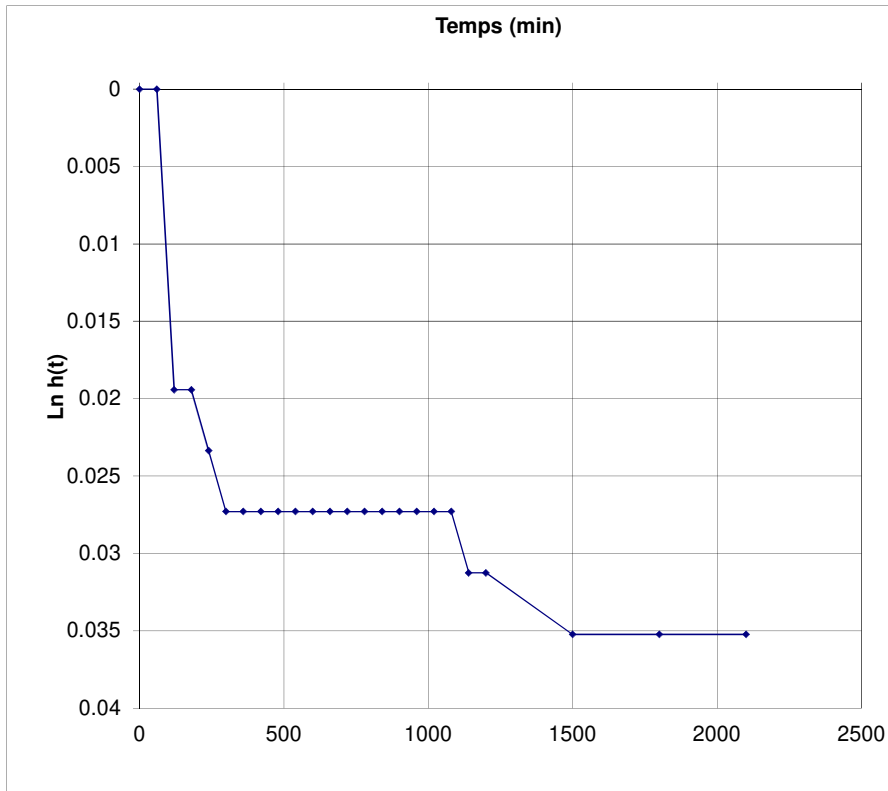


Cote du tubage /TN	Ht:	1	m
Hauteur de tubage dans le sol	HT:	4.3	m
Longueur de la cavité	L:	1	m
Diametre de la cavité	B:	0.089	m
Profondeur de la cavité/TN	Hc:	3	m
Profondeur de la cavité/haut du tubage	HL:	3.65	m
Profondeur de la nappe/haut du tubage	Hp:	6.7	m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité	Hw:	-3.05	m
Coefficient de forme de la cavité L/B	C:	11.24	
Diametre interieur du tubage	D:	0.089	m
Section interieure du tubage	S:	2.86E-01	m ²
Distance du centre de la cavité/sol imper	H:	10	m

FACTEUR DE FORME	F	2.02
CHARGE HYDRAULIQUE	H(0)	2.6

PERMEABILITE MESUREE	KL	1.7E-05
----------------------	----	---------

MESURES		
TEMPS	H (t)	Temps (s)
minutes	m	m
0	2.6	0
1	2.6	60
2	2.55	120
3	2.55	180
4	2.54	240
5	2.53	300
6	2.53	360
7	2.53	420
8	2.53	480
9	2.53	540
10	2.53	600
11	2.53	660
12	2.53	720
13	2.53	780
14	2.53	840
15	2.53	900
16	2.53	960
17	2.53	1020
18	2.53	1080
19	2.52	1140
20	2.52	1200
25	2.51	1500
30	2.51	1800
35	2.51	2100

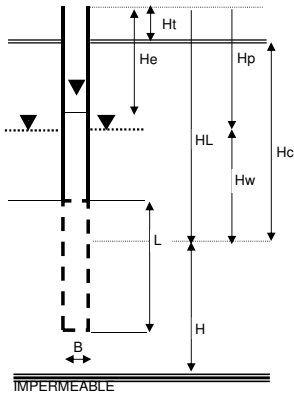


ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG
NF EN ISO 22282-2
Dossier N°: OVA2.I5004-26

LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4
SONDAGE: SC1 ESSAI DE 6.5 A 7.5 m
DATE : 05/01/2021 PROFONDEUR DE LA NAPPE: 5.7 m

MESURES		
TEMPS	H (t)	Temps (s)
minutes	m	m
0	0.5	0
1	0.5	60
2	0.55	120
3	0.65	180
4	0.7	240
5	0.75	300
6	0.78	360
7	0.85	420
8	0.9	480
9	0.97	540
10	1	600
11	1.05	660
12	1.17	720
13	1.2	780
14	1.25	840
15	1.3	900
16	1.35	960
17	1.4	1020
18	1.45	1080
19	1.5	1140
20	1.55	1200
21	1.6	1260
22	1.65	1320
23	1.7	1380
24	1.72	1440
25	1.78	1500
26	1.86	1560
27	1.82	1620
28	1.95	1680
29	2	1740

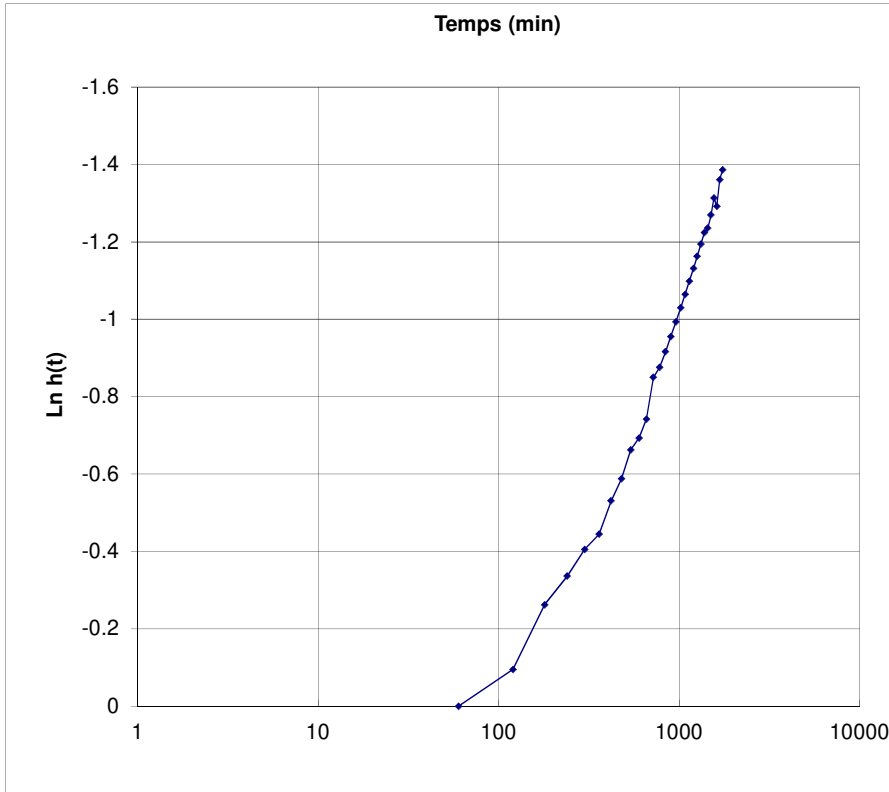
CAVITE	Profondeur/		de	6.9	m
	haut du tube				



Cote du tubage /TN Ht: 0.4 m
Hauteur de tubage dans le sol HT: 6.5 m
Longueur de la cavité L: 1 m
Diametre de la cavité B: 0.084 m
Profondeur de la cavité/TN Hc: 7 m
Profondeur de la cavité/haut du tubage HL: 7.4 m
Profondeur de la nappe/haut du tubage Hp: 6.1 m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité Hw: 1.3 m
Coefficient de forme de la cavité L/B C: 11.90
Diametre interieur du tubage D: 0.084 m
Section interieure du tubage S: 2.69E-01 m2
Distance du centre de la cavité/sol imper H: 15 m

FACTEUR DE FORME F 1.98
CHARGE HYDRAULIQUE H(0) 0.5 m

PERMEABILITE MESUREE KL 7.1E-05 m/s

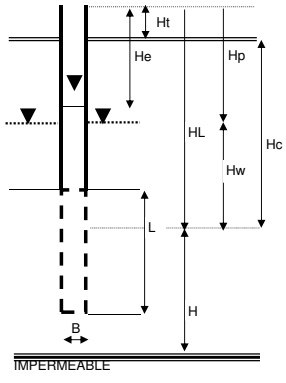


ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC
NF EN ISO 22282-2
Dossier N°: OVA2.15004-26

LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4
SONDAGE: SC2 ESSAI DE 5.8 A 7.8 m
DATE: 27/04/2021 PROFONDEUR DE LA NAPPE: 1.41 m

MESURES			
TEMPS	Débit	H (t)	Temps (s)
minutes	(m3/s)	m	m
0		6.39	0
1		6.13	60
2		6.1	120
3		6.095	180
4		6.08	240
5		6.06	300
10	3.03E-05	6.06	600
15	2.35E-05	6.06	900

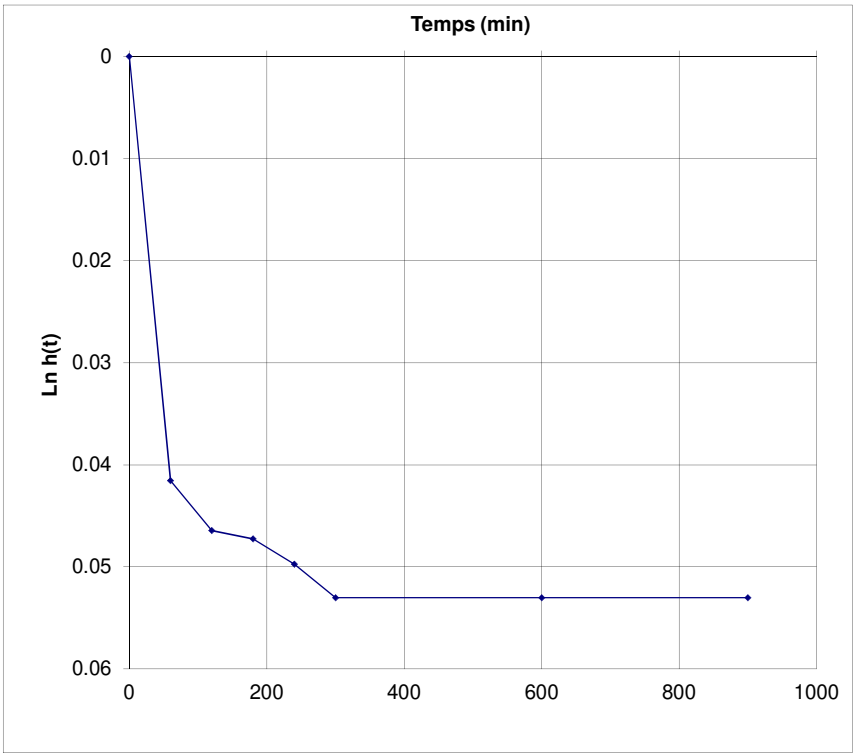
CAVITE	Profondeur/ haut du tube	de	a	
		6.14	8.14	m



Cote du tubage /TN Ht: 0.34 m
Hauteur de tubage dans le sol HT: 5.8 m
Longueur de la cavité L: 2 m
Diametre de la cavité B: 0.089 m
Profondeur de la cavité/TN Hc: 6.8 m
Profondeur de la cavité/haut du tubage HL: 7.14 m
Profondeur de la nappe/haut du tubage Hp: 1.75 m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité Hw: 5.39 m
Coefficient de forme de la cavité L/B C: 22.47
Diametre intérieur du tubage D: 0.089 m
Section intérieure du tubage S: 5.65E-01 m²
Distance du centre de la cavité/sol imper H: 10 m

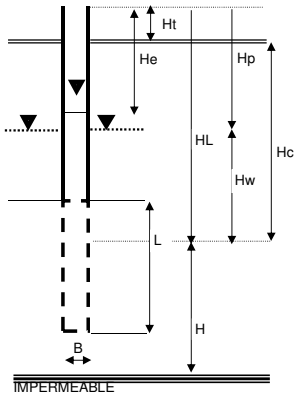
FACTEUR DE FORME F 3.30
CHARGE HYDRAULIQUE STABILISEE h 0.33 m

PERMEABILITE MESUREE KL 2.2E-05 m/s



ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG NF EN ISO 22282-2 Dossier N°: OVA2.I5004-26	LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression PN4	MESURES	
	SONDAGE: SP2	ESSAI DE 3.3	A 4.3 m
DATE : 15/06/2021	PROFONDEUR DE LA NAPPE: 1.59 m	TEMPS	H (t)

CAVITE	Profondeur/	de	3.68	m
	haut du tube	a	4.68	m

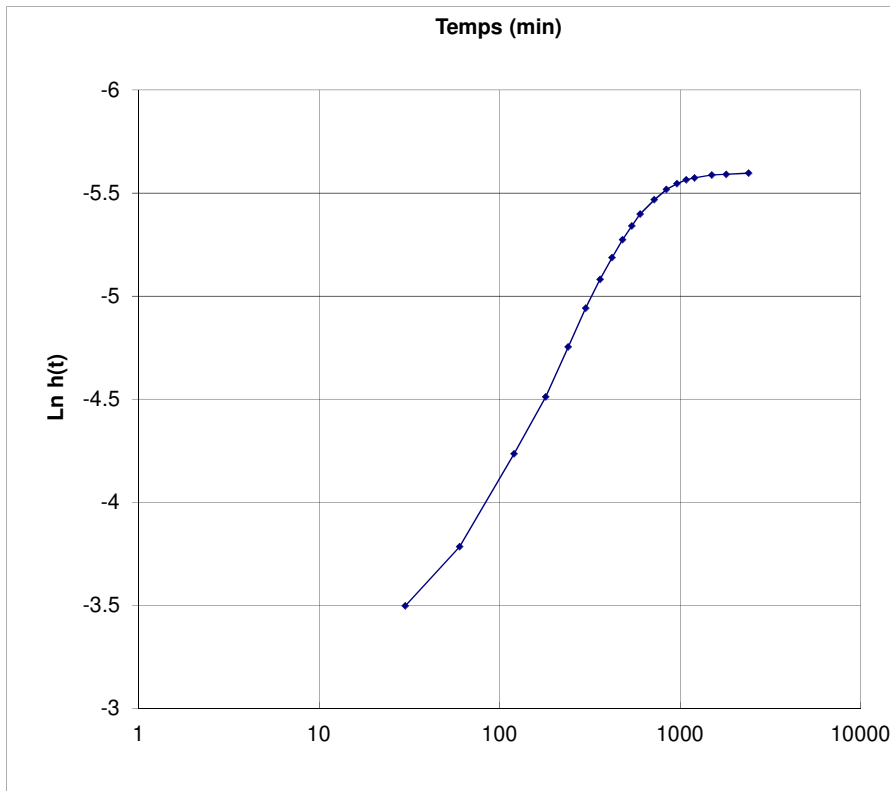


Cote du tubage /TN	Ht:	0.38 m
Hauteur de tubage dans le sol	HT:	3.3 m
Longueur de la cavité	L:	1 m
Diametre de la cavité	B:	0.064 m
Profondeur de la cavité/TN	Hc:	3.8 m
Profondeur de la cavité/haut du tubage	HL:	4.18 m
Profondeur de la nappe/haut du tubage	Hp:	1.97 m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité	Hw:	2.21 m
Coefficient de forme de la cavité L/B	C:	15.63
Diametre interieur du tubage	D:	0.064 m
Section interieure du tubage	S:	2.04E-01 m ²
Distance du centre de la cavité/sol imper	H:	15 m

FACTEUR DE FORME	F	1.83
CHARGE HYDRAULIQUE	H(0)	0.01 m

PERMEABILITE MESUREE	KL	5.4E-05 m/s
----------------------	----	-------------

TEMPS	H (t)	Temps (s)
minutes	m	m
0	0.01	0
0.5	0.33	30
1	0.44	60
2	0.69	120
3	0.91	180
4	1.16	240
5	1.4	300
6	1.61	360
7	1.79	420
8	1.95	480
9	2.085	540
10	2.21	600
12	2.37	720
14	2.49	840
16	2.56	960
18	2.61	1080
20	2.635	1200
25	2.67	1500
30	2.68	1800
40	2.695	2400

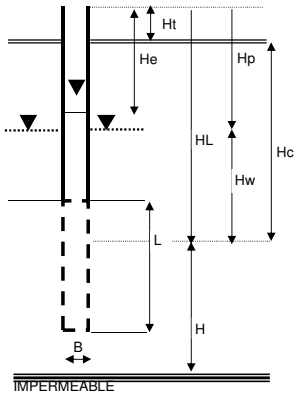


ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC
NF EN ISO 22282-2
Dossier N°: OVA2.I5004-26

LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression du PN4
SONDAGE: THB/SC1
DATE: 21/10/2021
ESSAI DE 3.5 A 4.8 m
PROFONDEUR DE LA NAPPE: 3.9 m

MESURES		
TEMPS	H (t)	Temps (s)
minutes	m	m
0	5.1	0
1	4.8	60
2	4.45	120
3	4	180
4	3.4	240
5	3.3	300
6	3.2	360
7	3.1	420
8	3	480
9	2.85	540
10	2.7	600
11	2.45	660
12	2.2	720
13	2.05	780
14	1.9	840
15	1.82	900
16	1.8	960
17	1.78	1020
18	1.75	1080
19	1.75	1140
20	1.74	1200
25	1.72	1500
30	1.7	1800
35	1.66	2100
40	1.62	2400
45	1.6	2700
50	1.6	3000
55	1.6	3300
60	1.58	3600

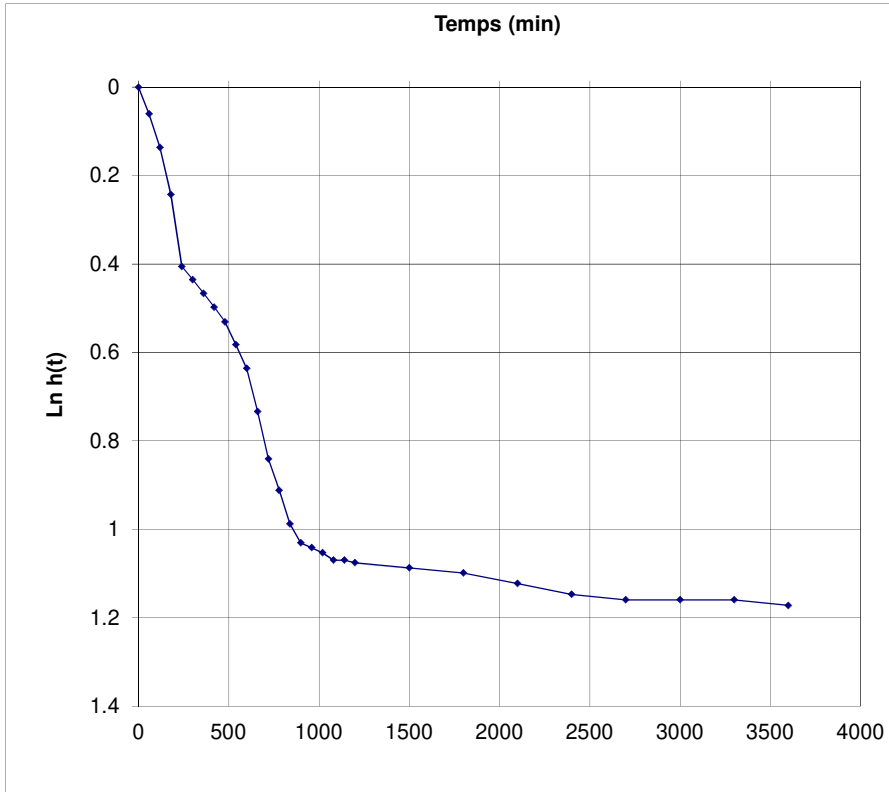
CAVITE	Profondeur/ haut du tube	de	
		4	m
	a	5.3	m



Cote du tubage /TN Ht: 0.5 m
Hauteur de tubage dans le sol HT: 3.5 m
Longueur de la cavité L: 1.3 m
Diametre de la cavité B: 0.063 m
Profondeur de la cavité/TN Hc: 4.15 m
Profondeur de la cavité/haut du tubage HL: 4.65 m
Profondeur de la nappe/haut du tubage Hp: 4.4 m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité Hw: 0.25 m
Coefficient de forme de la cavité L/B C: 20.63
Diametre intérieur du tubage D: 0.063 m
Section intérieure du tubage S: 2.60E-01 m²
Distance du centre de la cavité/sol imper H: 10 m

FACTEUR DE FORME F 2.20
CHARGE HYDRAULIQUE H(0) 5.1 m

PERMEABILITE MESUREE KL 6.2E-06 m/s

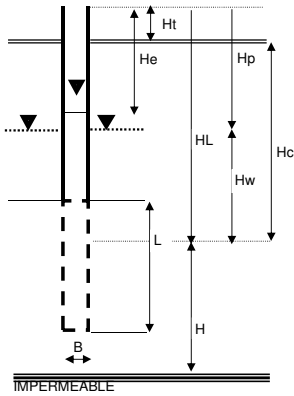


ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC
NF EN ISO 22282-2
Dossier N°: OVA2.I5004-26

LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression du PN4
SONDAGE: THB/SC1
DATE: 21/10/2021
ESSAI DE 7.5 A 9 m
PROFONDEUR DE LA NAPPE: 2.9 m

MESURES		
TEMPS	H (t)	Temps (s)
minutes	m	m
0	9.5	0
1	9.08	60
2	8.98	120
3	8.92	180
4	8.74	240
5	8.64	300
6	8.54	360
7	8.46	420
8	8.34	480
9	8.34	540
10	8.3	600
11	8.26	660
12	8.2	720
13	8.12	780
14	8.12	840
15	8.06	900
16	8	960
17	7.94	1020
18	7.9	1080
19	7.84	1140
20	7.8	1200
25	7.7	1500
30	7.56	1800
35	7.38	2100
40	7.32	2400
45	7.26	2700
50	7.23	3000
55	7.18	3300
60	7.14	3600

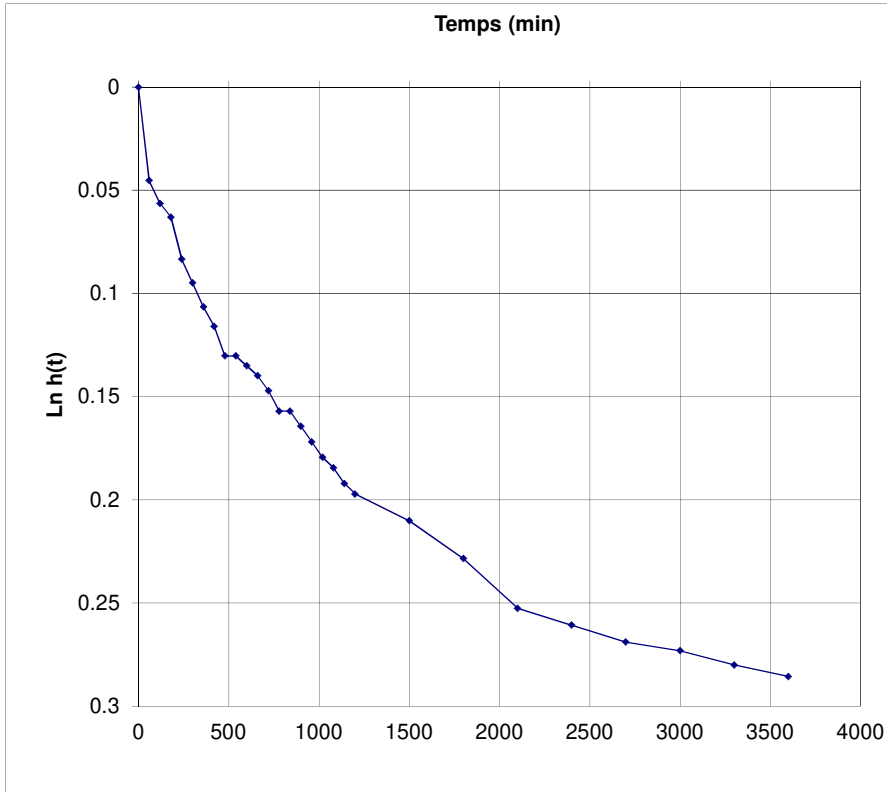
CAVITE	Profondeur/ haut du tube	de	
		8	m
	a	9.5	m



Cote du tubage /TN Ht: 0.5 m
Hauteur de tubage dans le sol HT: 7.5 m
Longueur de la cavité L: 1.5 m
Diametre de la cavité B: 0.063 m
Profondeur de la cavité/TN Hc: 8.25 m
Profondeur de la cavité/haut du tubage HL: 8.75 m
Profondeur de la nappe/haut du tubage Hp: 3.4 m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité Hw: 5.35 m
Coefficient de forme de la cavité L/B C: 23.81
Diametre interieur du tubage D: 0.063 m
Section interieure du tubage S: 3.00E-01 m²
Distance du centre de la cavité/sol imper H: 10 m

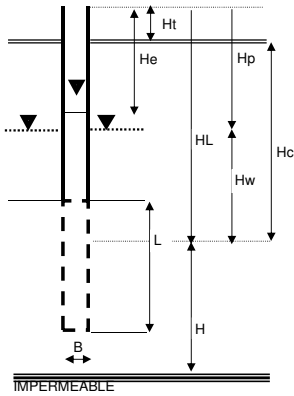
FACTEUR DE FORME F 2.44
CHARGE HYDRAULIQUE H(0) 9.5 m

PERMEABILITE MESUREE KL 2.7E-06 m/s



ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC NF EN ISO 22282-2 Dossier N°: OVA2.I5004-26	LIEU: SAINT-GREGOIRE (35) - Suppression du PN4	ESSAI DE 7.3	A	9.6	m
	SONDAGE: THA/SC2	DATE : 21/10/2021	PROFONDEUR DE LA NAPPE:	2.3	m

CAVITE	Profondeur/	de	7.8	m
	haut du tube	a	10.1	m

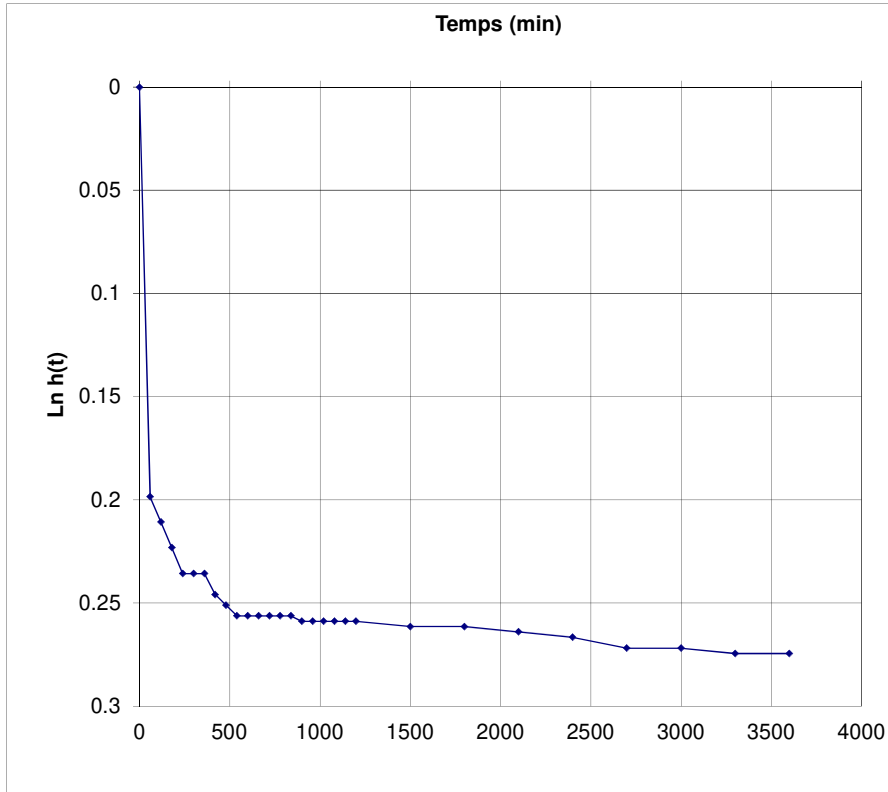


Cote du tubage /TN	Ht:	0.5	m
Hauteur de tubage dans le sol	HT:	7.3	m
Longueur de la cavité	L:	2.3	m
Diametre de la cavité	B:	0.063	m
Profondeur de la cavité/TN	Hc:	8.45	m
Profondeur de la cavité/haut du tubage	HL:	8.95	m
Profondeur de la nappe/haut du tubage	Hp:	2.8	m
Hauteur de la nappe/centre de la cavité	Hw:	6.15	m
Coefficient de forme de la cavité L/B	C:	36.51	
Diametre intérieur du tubage	D:	0.063	m
Section intérieure du tubage	S:	4.58E-01	m ²
Distance du centre de la cavité/sol imper	H:	10	m

FACTEUR DE FORME	F	3.37
CHARGE HYDRAULIQUE	H(0)	10 m

PERMEABILITE MESUREE	KL	9.9E-07 m/s
----------------------	----	-------------

MESURES		
TEMPS	H (t)	Temps (s)
minutes	m	m
0	10	0
1	8.2	60
2	8.1	120
3	8	180
4	7.9	240
5	7.9	300
6	7.9	360
7	7.82	420
8	7.78	480
9	7.74	540
10	7.74	600
11	7.74	660
12	7.74	720
13	7.74	780
14	7.74	840
15	7.72	900
16	7.72	960
17	7.72	1020
18	7.72	1080
19	7.72	1140
20	7.72	1200
25	7.7	1500
30	7.7	1800
35	7.68	2100
40	7.66	2400
45	7.62	2700
50	7.62	3000
55	7.6	3300
60	7.6	3600



K (m/s)* : Perméabilité à partir de l'origine des mesures
K (m/s) :** Perméabilité entre deux points de mesures

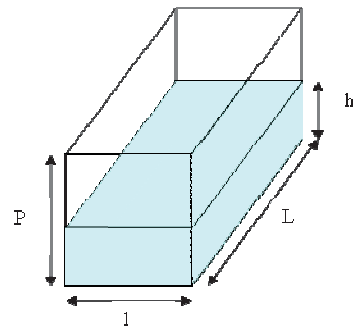
Dossier : OVA2.I5004-41	Client : Rennes Métropole
Date de l'essai : 01/12/2021	Technicien : LVA
Commune : SAINT-GREGOIRE (35)	Dépouillement : LVA

P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
1.3	0.5	1.8	0.20	PMK

X : 1353919.2
 Y : 7227308.5
 Z : 33.3

Mise en saturation préalable : 1 heure 40 minutes

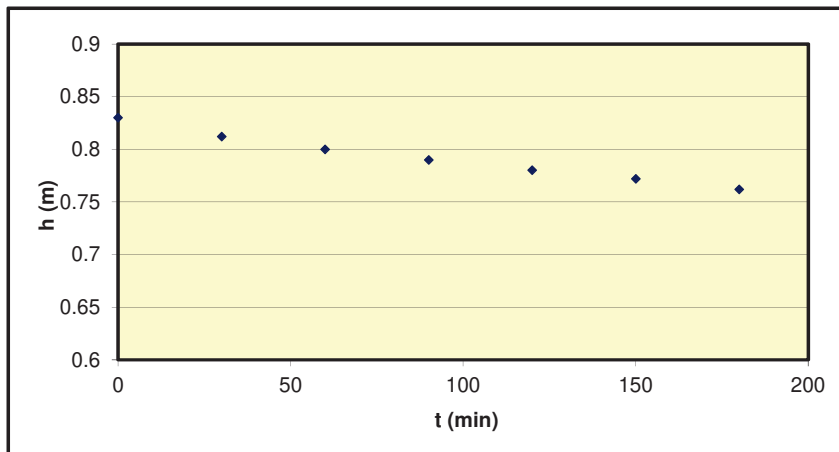
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	0.83	-	-	Nature du materiau	Profondeur/TN (m)
30	0.812	1.9E-06	1.9E-06	Terre végétale	0.4
60	0.8	1.6E-06	1.3E-06	Limon brun	1.0
90	0.79	1.4E-06	1.1E-06	Schiste décomposé	1.4
120	0.78	1.4E-06	1.1E-06		
150	0.772	1.3E-06	8.9E-07		
180	0.762	1.2E-06	1.1E-06		



$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h+C}{H+C} \quad \text{avec} \quad C = \frac{L \times l}{2 \times (L+l)}$$

- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K (m/s)
1.1E-06



Date du rapport: 06/12/2021

Nom du chargé d'affaires : Isold ROUDOT
--

Visa du chargé d'affaires :

K (m/s)* : Perméabilité à partir de l'origine des mesures
K (m/s) :** Perméabilité entre deux points de mesures

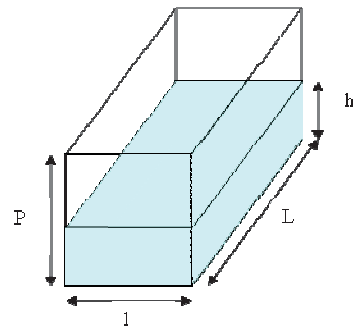
Dossier :	OVA2.I5004-41	Client :	Rennes Métropole
Date de l'essai :	01/12/2021	Technicien :	LVA
Commune :	SAINT-GREGOIRE (35)	Dépouillement :	LVA

P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
1.5	0.5	1.9	0.20	PML

X : 1353903.1
 Y : 7227219.8
 Z : 35.5

Mise en saturation préalable : 1 heure 40 minutes

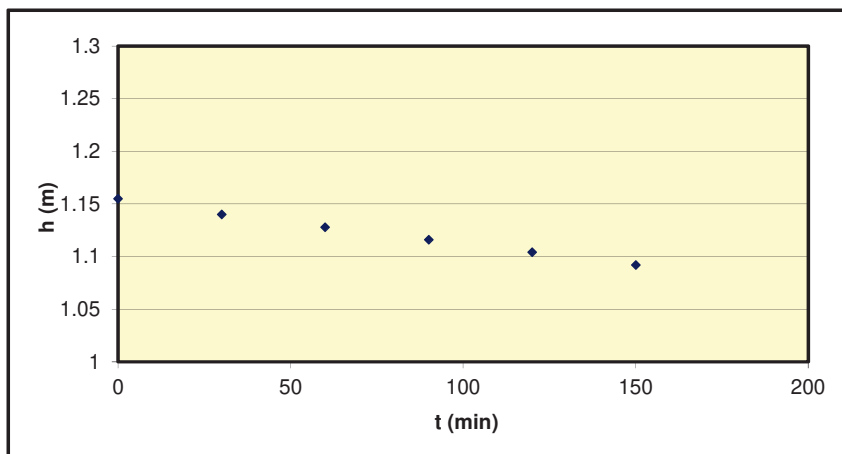
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	1.155	-	-	Nature du materiau	Profondeur/TN (m)
30	1.14	1.2E-06	1.2E-06	Terre végétale	0.3
60	1.128	1.1E-06	9.9E-07	Limon beige	1.4
90	1.116	1.1E-06	1.0E-06	Limon sableux	1.5
120	1.104	1.1E-06	1.0E-06		
150	1.092	1.0E-06	1.0E-06		



$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h+C}{H+C} \quad \text{avec } C = \frac{L \times l}{2 \times (L+l)}$$

- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K (m/s)
1.0E-06



Date du rapport: 06/12/2021

Nom du chargé d'affaires :
Isold ROUDOT

Visa du chargé d'affaires :

K (m/s)* : Perméabilité à partir de l'origine des mesures
K (m/s) :** Perméabilité entre deux points de mesures

Dossier : OVA2.I5004-41	Client : Rennes Métropole
Date de l'essai : 01/12/2021	Technicien : LVA
Commune : SAINT-GREGOIRE (35)	Dépouillement : LVA

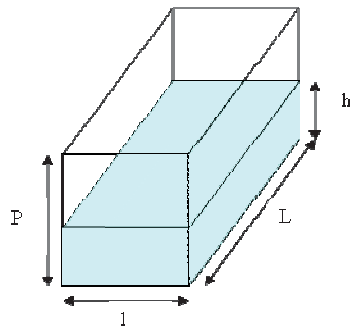
P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
1.5	0.5	2.0	0.20	PMM

X : 1354034.7
 Y : 7227291.6
 Z : 35.9

Mise en saturation préalable : 1 heure 40 minutes

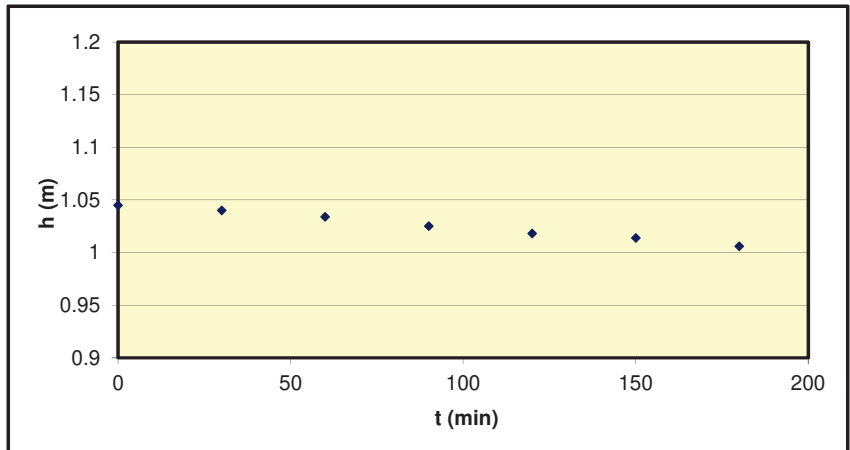
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	1.045	-	-	Nature du materiau	Profondeur/TN (m)
30	1.04	4.5E-07	4.5E-07	Terre végétale	0.4
60	1.034	4.9E-07	5.4E-07	Grave sablo-limoneuse	1.2
90	1.025	6.0E-07	8.1E-07	Schiste décomposé	1.6
120	1.018	6.1E-07	6.4E-07		
150	1.014	5.6E-07	3.7E-07		
180	1.006	5.9E-07	7.3E-07		

$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h+C}{H+C} \quad \text{avec } C = \frac{L \times l}{2 \times (L + l)}$$



- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K (m/s)
7.3E-07



Date du rapport: 06/12/2021

Nom du chargé d'affaires :
Isold ROUDOT

Visa du chargé d'affaires :



GINGER
CEBTP

LE RESEAU



La Réunion



Guyane



Martinique



Guadeloupe



Nouvelle
Calédonie



Polynésie



Maghreb

CONTACT

Agence de Nantes

23 rue Jan Palach
44220 COUERON

Tél. : +33 (0)2 40 92 18 71

Fax. : +33 (0)2 40 92 06 10

Email : cebtp.nantes@groupe-cebtp.com

www.groupe-cebtp.com