



LA VALETTE-DU-VAR (83)

SPLM

160 avenue Anatole France

**Réalisation d'un ensemble immobilier et
aménagements**

SOLA-D24-0035

RAPPORT D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
SOLA-D24-0035	29/03/2024	R	0	Version initiale	L. CLENET / MCV	HBN

Forages - Pénétrètres - Essais in situ - Laboratoire - Conseil en Mécanique des Sols

Société par Actions Simplifiée au capital de 72 000 € - SIRET 444 061 766 00010 immatriculée au RCS d'Aix-en-Provence - Code APE 7112 B
N° TVA Intracommunautaire : FR17 444 061 766 - CCP PARIS 7 566 60

Siège social et adresse de facturation :

460, avenue Jean Perrin
13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Tél : 04 42 39 74 85 - Fax : 04 42 39 73 91
e-mail : aix@sol-essais.fr

Agence Côte d'Azur :

Les Algorithmes - Thalès B - 2000 rte des Lucioles
06410 BIOT SOPHIA ANTIPOLIS
Tél : 04 26 03 07 00 - Fax : 04 93 33 21 36
e-mail : nice@sol-essais.fr



FICHE SIGNALÉTIQUE

DONNEUR D'ORDRE	
Donneur d'ordre	SPLM (Société Publique Locale Méditerranée) Immeuble Médiéval – Entrée B Place du Général de Gaulle 83160 LA VALETTE-DU-VAR
DESCRIPTION DE LA MISSION	
Mission confiée à SOL-ESSAIS	Etude hydrogéologique
Localisation du projet	LA VALETTE-DU-VAR- Avenue Anatole France
CONTACTS SOL-ESSAIS	
Votre agence SOL-ESSAIS	Agence d'Aix-en-Provence 460, avenue Jean Perrin 13851 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 Tél : 04 42 39 74 85 E-mail : aix@sol-essais.fr
Responsable de projet	Hassan BENALLAL
DONNEES CONTRACTUELLES	
Référence et date devis	MAPA 2024-013 du 09/02/2024
Référence et date commande	Notification du marché le 26/02/2024

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	4
1.1. Présentation de la mission	4
1.2. Objectifs de l'étude	4
1.3. Documents de référence	4
2. DESCRIPTION DU PROJET	5
2.1. Situation géographique.....	5
2.2. Caractéristiques techniques	6
3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	8
3.1. Contexte géologique.....	8
3.1.1. Cadre global.....	8
3.1.2. Données locales disponibles	8
3.2. Contexte hydrologique.....	11
3.3. Contexte hydrogéologique.....	12
3.3.1. Masses d'eau souterraines	12
3.3.2. Données piézométriques disponibles	12
3.3.3. Usages de la ressource	15
3.3.4. Dynamique des eaux souterraines	16
3.3.5. Caractéristiques hydrodynamiques	19
4. ESTIMATION DES NIVEAUX D'EAU EXCEPTIONNELS	21
4.1. Méthodologie	21
4.2. Niveaux de référence	22
4.3. Bilan hydrologique	22
4.4. Reconstitution des variations piézométriques exceptionnelles	25
4.5. Influences annexes.....	26
4.5.1. Influence des prélèvements.....	26
4.5.2. Influence d'une crue	27
4.6. Niveaux exceptionnels calculés.....	27
5. ESTIMATION DES DEBITS D'EXHAURE EN PHASE CHANTIER	29
5.1. Approche analytique.....	29
5.2. Analyse de sensibilité	30
5.3. Résultats.....	30
6. CONCLUSION.....	32
6.1. Synthèse.....	32
6.2. Préconisations	34
6.3. Contexte réglementaire	34
7. ANNEXES	36

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Présentation de la mission

La société SOL-ESSAIS est mandataire du marché n° MAPA 2024-013 relatif à l'exécution des missions d'ingénierie géotechniques d'un ensemble immobilier situé au 160 Avenue Anatole France à La Valette-du-Var (83). Le maître d'ouvrage est représenté par la Société Publique Locale Méditerranée (SPLM).

Le présent marché comprend les missions G2 phase AVP et PRO en tranche ferme, et la mission G4 en tranche optionnelle.

Les missions sont réalisées conformément aux dispositions réglementaires en vigueur et notamment la norme AFNOR n° NF P 94-500 du 30 novembre 2013.

Il est rappelé la phase PRO doit être complétée par une phase DCE/ACT de cette mission de conception puis par une mission d'étude d'exécution de type G3 (étude et suivi géotechnique d'exécution) à la charge des entreprises et une mission de type G4 (Supervision des études et du suivi géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages.

L'OS n°1 actant la date de notification du marché et procédant à l'élément de mission « G2 AVP » a été reçu le 26/02/2024.

1.2. Objectifs de l'étude

Le présent document a pour but :

- de définir le contexte hydrogéologique du site ;
- d'estimer les niveaux de nappe caractéristiques (NPHE) ;
- d'estimer le débit d'exhaure attendu en phase chantier.

Ces estimations sont basées sur les données géologiques, piézométriques et pluviométriques existantes, ainsi que sur les investigations incluses dans le présent marché.

Ce document est intégré à la mission G2 phase AVP et fera l'objet d'éventuelles mises à jour en fonction de l'avancement des études.

1.3. Documents de référence

Au démarrage de l'étude, nous avons été destinataires des documents suivants :

- rapport d'étude géotechnique préalable G1 (19/07/2019, ERG GEOTECHNIQUE) ;
- carnet de plan phase APS (janvier 2024).

L'étude s'appuie également sur les données publiques usuelles (BRGM, ARS, AE, IGN...).

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1. Situation géographique

Le terrain, objet de l'étude, est situé sur le territoire de la commune de La Valette-du-Var (83160), à l'Ouest du centre historique. Les parcelles cadastrales concernées sont les suivantes : section BD, parcelles n°3, 8, 9 et 169.

L'assiette foncière du projet atteint une surface totale d'environ 12 540 m².

Le projet s'inscrit dans un contexte urbain dense situé à proximité du centre-ville historique de La Valette-du-Var. Le terrain est accessible depuis l'avenue Anatole France au Sud ou le chemin de Terre Rouge au Nord, et est déjà desservi par les réseaux publics (électricité, assainissement, eau potable et téléphonie).

Le site présente une altimétrie comprise entre + 60,8 et + 70,9 m NGF avec une pente globale vers le Sud-Est. La pente moyenne y est de 7 %.

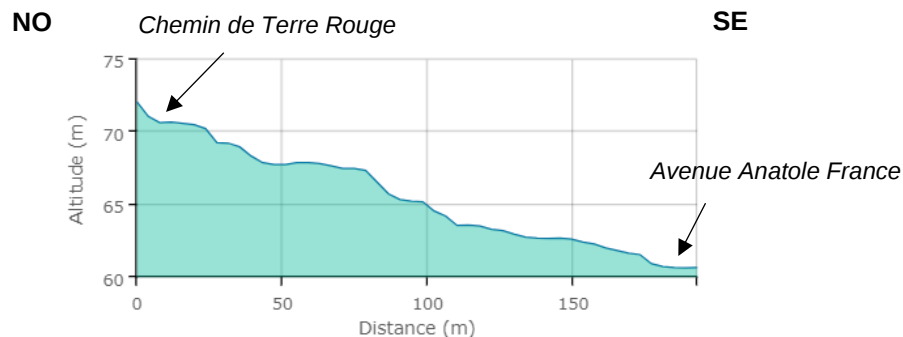


Figure 1 : Profil topographique du site (source : Géoportail)

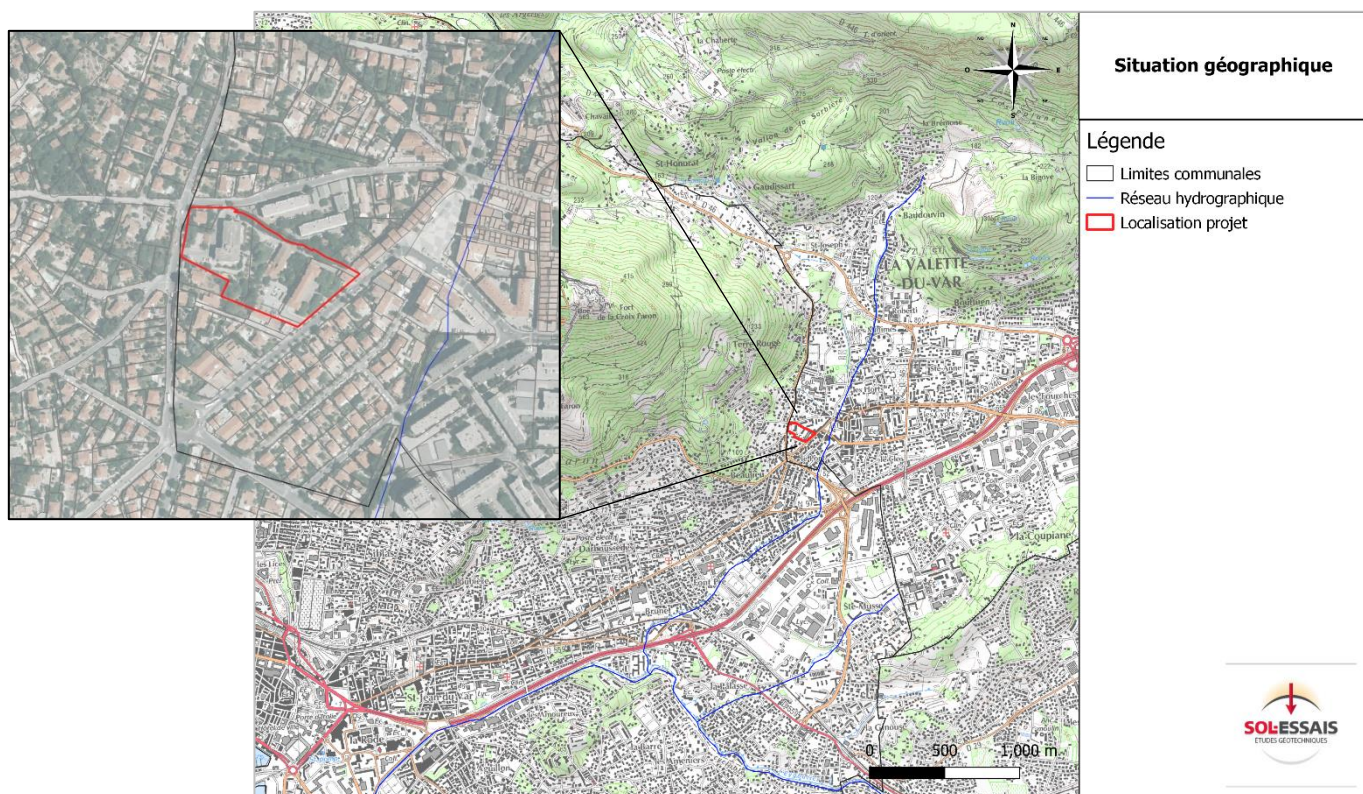


Figure 2 : Situation géographique

2.2. Caractéristiques techniques

Les principaux éléments du programme portent sur :

- le désamiantage des bâtiments existants ;
- la dépollution éventuelle ;
- la réalisation de 280 logements maximum neufs et en réhabilitation en R+4 répartis en :
 - 30 % de logements locatifs sociaux
 - environ 60 logements destinés aux seniors en résidence autonomie
- conservation de tout ou partie des bâtiments existants et démolition des parties non conservées ;
- conservation des platanes présents dans la cour de l'école ;
- la réalisation des stationnements conformément au PLU ;
- la réalisation des aménagements paysagers des espaces communs aux logements ;
- la réalisation des VRD, des aménagements paysagers, des espaces verts et l'aménagement des abords, notamment la création d'une liaison entre l'allée Julie Agniel, l'avenue François Fabié et le Chemin des Terres Rouges.

Le projet comportera à termes 2 ensembles immobiliers en R+4 communicants (bâtiments C-D et E-G), un bâtiment en R+2 (bâtiment H), ainsi qu'un ensemble immobilier en R+4 en communication avec la résidence seniors (bâtiments A-B).

Deux niveaux de sous-sols sont intégrés au projet. A l'échelle de la parcelle, les sous-sols seront individualisés entre l'Ouest et l'Est du site (sous-sols des bâtiments C-D-E-F-G à l'Ouest et sous-sols des bâtiments A-B-H et de la résidence seniors à l'Est).



Figure 3 : Plan masse projet phase APS

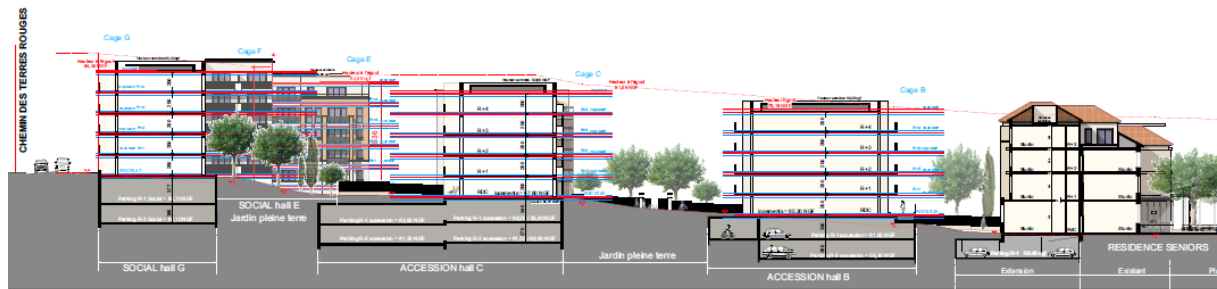


Figure 4 : Coupe technique O-E (Coupe 2)

De façon synthétique, on retiendra les éléments techniques suivants pour la suite de l'étude :

- cote du RDC bâtiments A-B : de + 64,5 à + 65,2 m NGF ;
- cote du RDC bâtiments C-D : de + 67 à + 67,6 m NGF ;
- cote du RDC bâtiments E-G : de + 68,9 à + 70,47 m NGF ;
- cote du niveau bas fini du R-1 bâtiments A-B-H : de + 59,4 à + 61,9 m NGF ;
- cote du niveau bas fini du R-1 bâtiments C-D-E-F-G : de + 63,9 à + 66,7 m NGF ;
- cote du niveau bas fini du R-2 bâtiments A-B-H : + 59,3 m NGF ;
- cote du niveau bas fini du R-2 bâtiments C-D-E-F-G : de + 60,8 à 64,1 m NGF ;
- **cote du fond de fouille bâtiments A-B-H : + 58,5 m NGF ;**
- **cote du fond de fouille bâtiments C-D-E-F-G : + 60 m NGF.**

3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

3.1. Contexte géologique

3.1.1. Cadre global

Selon la carte géologique du BRGM au 1/50 000^e, le projet se situe au droit d'épandages de cailloutis de piedmont datés du Würm (**Py**).

Ces dépôts correspondent à des éboulis à blocs et à cailloutis cryoclastiques qui s'étendent sur les versants méridionaux du Mont Faron. Ils viennent en recouvrement des terrasses alluviales récentes associées au cours d'eau de l'Eygoutier et de ses affluents. La composition des blocs et cailloutis dépendra directement de la nature des versants (grès, conglomérats, calcaires...).

Structurellement parlant, la zone d'étude est associée au secteur septentrional et Nord-occidental de la « Provence calcaire ». La dépression permienne formée par le creusement des cours d'eau ceinture le Mont Faron par le Sud. Ce dernier est constitué des formations triasiques à jurassiques et domine la vallée de La Valette-du-Var en culminant à 542 m d'altitude.

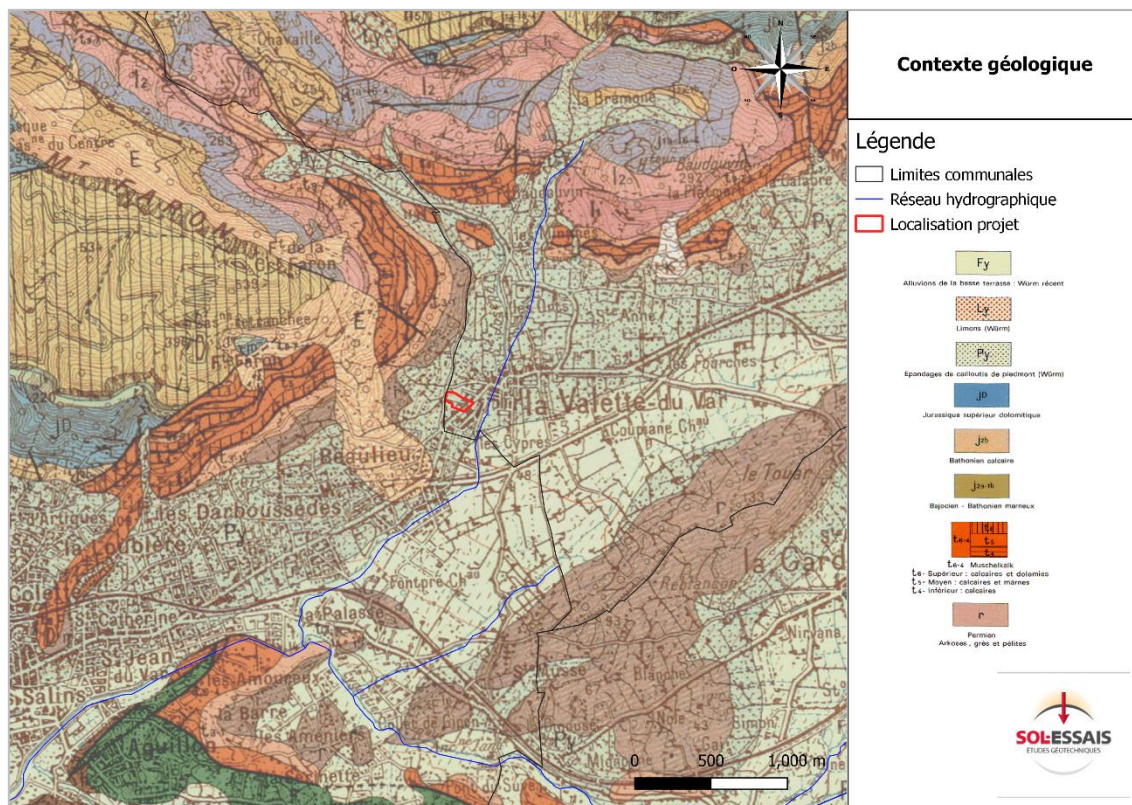


Figure 5 : Contexte géologique

3.1.2. Données locales disponibles

Les données locales correspondent aux investigations géotechniques réalisées en phases G1 et G2-AVP, avec :

- **ERG GEOTECHNIQUE (avril 2019) :**
 - **1 sondage carotté SC1** descendu à 10 m de profondeur ;

SOL-ESSAIS

- **1 sondage de reconnaissance géologique destructif SP1** descendu jusqu'à une cote d'arrêt volontaire à 12 m avec la réalisation de 8 essais pressiométriques et l'enregistrement des paramètres de foration ;
 - la pose de deux piézomètres dans les sondages cités précédemment ;
 - **5 essais de pénétration dynamique PD1 à PD5** descendus jusqu'aux refus obtenus entre 1,0 et 1,6 m de profondeur.
- **SOL-ESSAIS (février 2024) :**
 - **7 forages destructifs FP1 à FP7** avec enregistrement continu des paramètres, descendus à 12 m de profondeur pour exécution d'essais pressiométriques, destinés à apprécier les qualités de compacité et d'homogénéité des terrains recoupés ;
 - **1 forage carotté F1** descendu jusqu' 10 m permettant d'identifier la nature des terrains traversés et de prélever des échantillons intacts de sol pour analyse en laboratoire ;
 - les sondages FP3 et F1 ont été équipés en piézomètre et seront suivis pendant une durée d'un an ;
 - **une série d'essais de laboratoire** portant sur les échantillons issus du sondage carotté comportant, outre les essais d'identification classiques, les diverses analyses permettant la classification GTR SETRA, et un essai triaxial ;
 - **8 essais d'infiltration de type Porchet** afin de définir la perméabilité intrinsèque des sols superficiels jusqu'à une profondeur maximale de 80 cm.

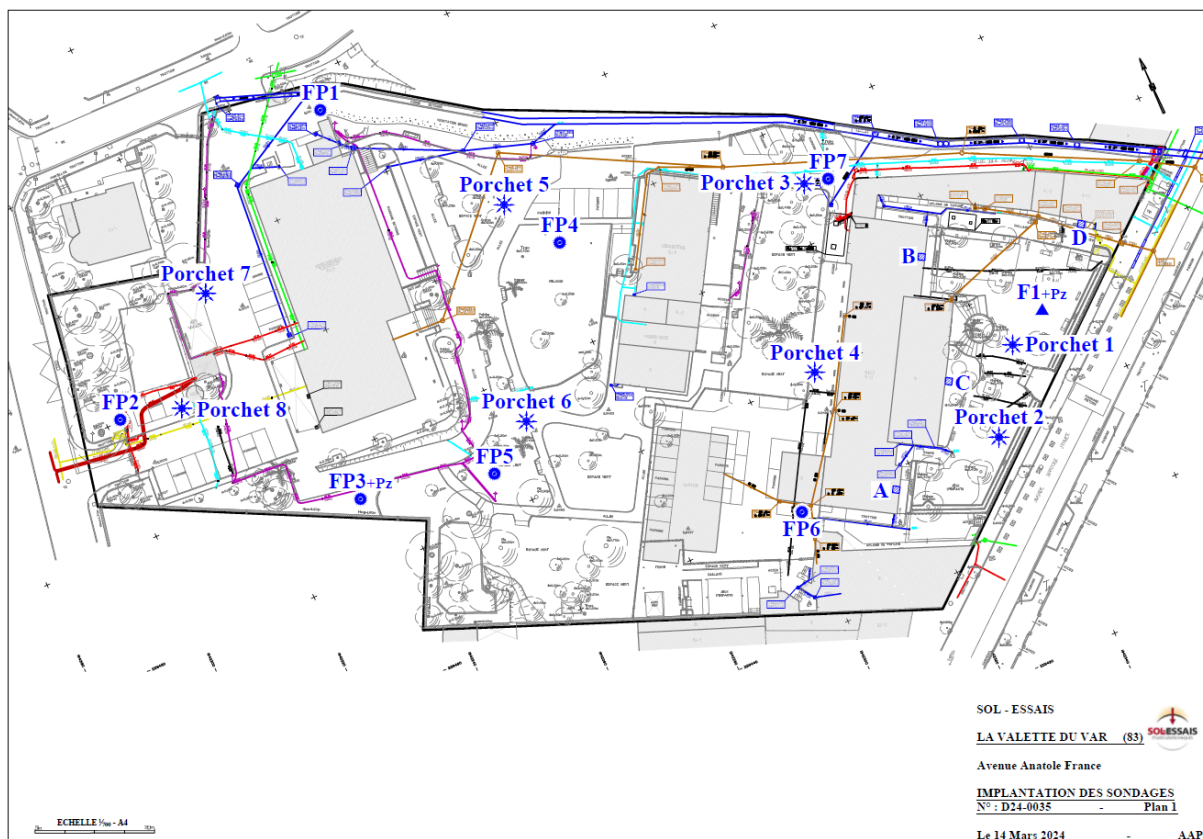


Figure 6 : Localisation des sondages géotechniques (ERG GEOTECHNIQUE et SOL-ESSAIS)

SOL-ESSAIS

Nous ne disposons que des deux sondages carottés (SC1 et F1) pour caractériser précisément la lithologie au droit du site. Ils rendent compte des résultats suivants :

- de 0 à 8 m : argiles rouges à graves (calcite, calcaire, pélite, quartz) ;
- de 8 à 10 m : pélites rouges à lits gréseux semi-induré à la base (Permien).

Les sondages pressiométriques réalisés sur le site ont permis de mettre en évidence les formations suivantes (cf. §3.3 de l'étude géotechnique G2 AVP) :

- jusqu'à 1,30 à 10,00 m par rapport au terrain naturel (cote comprise entre 59,76 et 64,25 m NGF) : argiles rouges à graves (calcite, calcaire, pélite, quartz) ;
- jusqu'à la profondeur d'arrêt des sondages à environ 12,00 m par rapport au terrain naturel (cote comprise entre 49,72 et 57,06 m NGF) : pélites rouges à lits gréseux semi-induré à la base (Permien).

Les sondages BSS à proximité rendent compte de résultats similaires à la différence que le substratum des colluvions serait représenté par les marnes du Keuper à partir de 6 à 7 m de profondeur (sondage n°BSS002LUGW situé à 450 m à l'Est du projet).

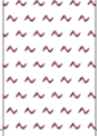
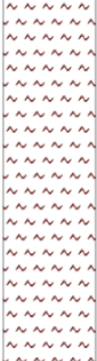
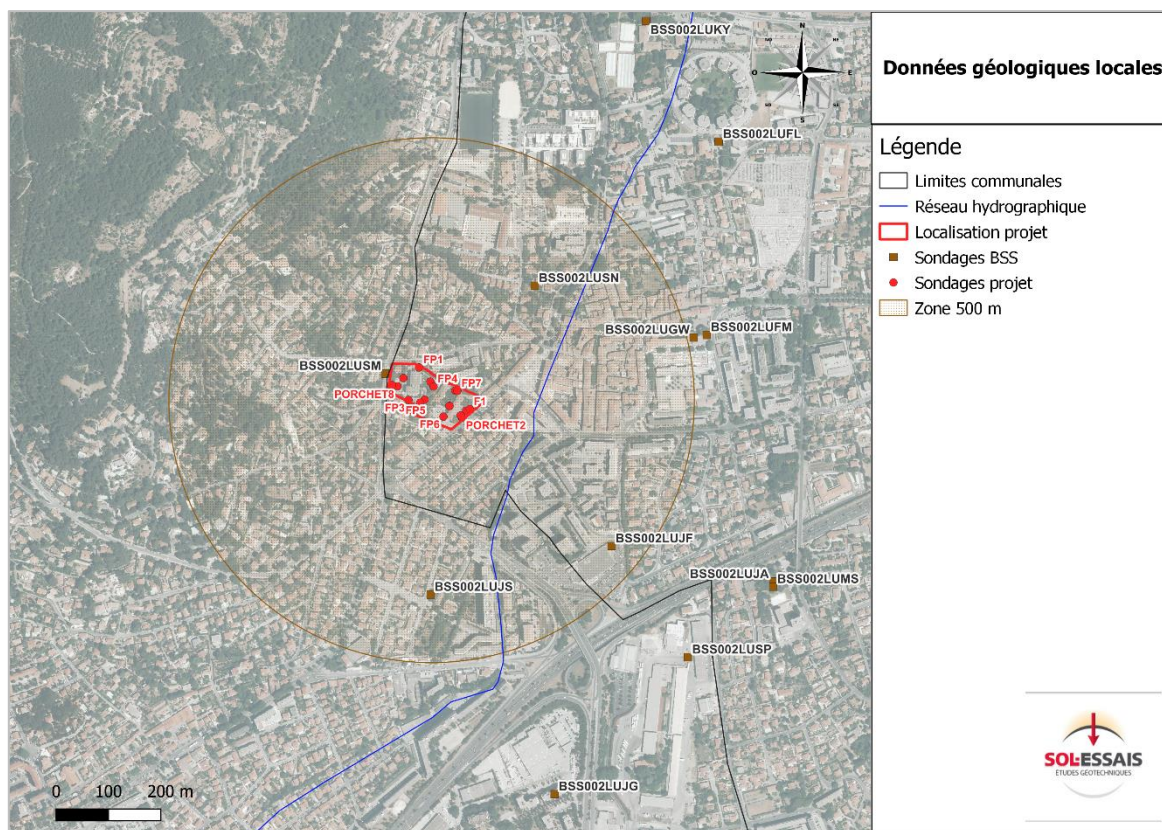
Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
3.30	Eboulis		Eboulis calcaire marneux. Éboulis de piedmont.	Würm	56.70
6.40			Marne graveleuse marron.		53.60
15.00	Argiles et marnes du Keuper		Marne rouge bariolée de vert. Keuper ?	Keuper	45.00

Figure 7 : Coupe géologique du sondage BSS002LUGW situé à 450 m

Selon la carte géologique, **il peut être supposé que l'épaisseur des formations argileuses tende à diminuer en direction du Sud-Est** pour laisser place progressivement à l'affleurement des alluvions (sables, limons, graviers et galets).



De façon synthétique, à l'échelle du projet, nous proposons de retenir la coupe lithologique suivante :

- **horizon 1** (0 – 8 m) : argile à graves ;
- **horizon 2** (8 – 12 m) : pélite et grès.

3.2. Contexte hydrologique

Le site fait partie intégrante de la zone hydrographique des Côtiers de l'Eygoutier inclus au Gapeau (code du bassin versant topographique : n°Y453). Il comprend les cours d'eau de l'Eygoutier et de ses affluents, notamment le ruisseau des Paluds situé à 105 m du site. La surface de cette zone hydrographique est d'environ 140,3 km².

A proximité immédiate du site, aucun cours d'eau majeur n'est recensé.

La commune de La Valette-du-Var n'est pas concernée par un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI). Toutefois, elle est intégrée au Plan d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) des Petits côtiers Toulonnais qui regroupe 17 communes autour de l'agglomération de Toulon. Ce programme, financé et porté par la Métropole Toulon Provence Méditerranée (TPM), mobilise l'ensemble des acteurs du territoire afin de limiter les dommages liés aux inondations (ruissellement, submersion, débordement des cours d'eau).

Enfin, aucune station hydrologique n'est présente à proximité et ne permet de qualifier les débits caractéristiques des cours d'eau du secteur.

Selon les photographies aériennes, le ruisseau des Paluds est souterrain et potentiellement canalisé entre l'avenue Docteur Tremolières et l'avenue de Sainte-Cécile. Dans ce secteur, il est supposé que le cours d'eau n'ait aucun lien hydraulique avec la nappe.

3.3. Contexte hydrogéologique

3.3.1. Masses d'eau souterraines

Le projet est situé à l'interface de deux masses d'eau souterraines :

- n°FRDG514 : « Formations variées de la région de Toulon » ;
- n°FRDG168 : « Calcaires du bassin du Beausset et du massif des Calanques ».

Les principaux aquifères de la région sont représentés par les calcaires du Crétacé et du Jurassique supérieur du bassin du Beausset et des massifs qui dominent Toulon. De multiples sources karstiques drainant ces grands ensembles aquifères émergent au contact des formations imperméables, notamment des argiles et marnes du Trias. On citera également les aquifères locaux des calcaires et dolomies liasiques (Rhétien) et les calcaires et dolomies du Muschelkalk.

Dans son ensemble, cette masse d'eau est considérée comme étant un domaine hydrogéologique, c'est-à-dire dépourvue d'aquifère majeur reconnu. La majeure partie des formations sont peu perméables et présentent donc des capacités aquifères médiocres, en particulier les terrains métamorphiques, les pélites permienues, et les argiles et marnes du Trias supérieur.

La dépression permienne et le Mont des Oiseaux : à l'Est de Toulon, la plaine de l'Eygoutier recèle deux masses d'eau d'intérêt local : la nappe alluviale de l'Eygoutier et les calcaires et dolomies du Muschelkalk de la bordure Sud de la plaine de l'Eygoutier. Les formations permienues affleurent en effet en bordure de la plaine, et constituent souvent le substratum des alluvions.

La seconde masse d'eau regroupe les formations calcaires du Jurassique qui présentent une morphologie karstique très développée. La recharge est principalement liée à l'infiltration des eaux de pluie. Les écoulements sont globalement orientés vers la mer qui constitue l'exutoire majeur des ressources en eau souterraines côtières.

Le projet est localisé en aval de l'unité du Mont Faron et du Coudon (environ 20 km²) qui correspond à une unité individualisée drainée par les sources de Saint-Antoine et de la Baume des Dardennes (débits respectifs de 165 l/s et 12,5 l/s). En-dehors de ces sources, il pourrait exister d'autres sources-marines profondes qui n'auraient pas été encore identifiées.

La masse d'eau est limitée par les séries du Trias, majoritairement marneuses. Toutefois, des échanges entre les deux masses d'eau peuvent survenir par le biais des formations carbonatées du Muschelkalk.

Du fait de sa localisation, **le projet est uniquement concerné par la masse d'eau n°FRDG514. On supposera que les colluvions sont le siège d'écoulements de versant en relation hydraulique avec la nappe alluviale en aval.**

3.3.2. Données piézométriques disponibles

Le sondage carotté F1 a été équipé d'un tubage PVC Ø 52/60 le 04/03/2024. Les crépines du piézomètre sont positionnées entre 1 à 9 m de profondeur. L'ouvrage capte les argiles rouges à graves.

SOL-ESSAIS

Le sondage carotté FP3 a été équipé d'un tubage PVC Ø 52/60 le 11/03/2024. Les crépines du piézomètre sont positionnées entre 2 à 12 m de profondeur. En l'absence d'une coupe géologique détaillée, il est supposé que l'ouvrage capte les argiles à graves (passages indurés entre 7,50 et 9,80 m et entre 11,00 et 12,71 m).

Le suivi piézométrique réalisé dans le cadre de la présente mission débute le 27/03/2024 et intègre :

- un suivi en continu à l'aide d'un capteur de pression (pas de temps journalier) au droit du piézomètre F1 ;
- un suivi ponctuel (trimestriel) au droit du piézomètre FP3.

Dans le cadre de l'étude géotechnique G1 (PGC), deux piézomètres ont été installés au droit des sondages SC1 et SP1. Ces ouvrages ont fait l'objet de divers suivis :

- avril à juin 2019 : mesures ponctuelles mensuelles ;
- mai et juillet 2023 : mesures ponctuelles ;
- octobre à novembre 2023 : mesures en continu.

Les données disponibles sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Relevé n°	Date	Sondage	Profondeur (m)	Cote Z (NGF)
0 (chantier)	17-avril-19	SC1	2.3	62.8
		SP1	5.0	56.6
1	10-mai-19	SC1	7.9	57.2
		SP1	6.3	55.3
2	07-juin-19	SC1	8.2	56.9
		SP1	6.4	55.2

Côté relative tête pz	Date du relevé	Niveau d'eau/tête	Niveau statique relatif
61,6 mNGF	31/05/23	6,3	55,3 mNGF
	26/07/23	6,85	54,75 mNGF

SP1

Côté relative tête pz	Date du relevé	Niveau d'eau/tête	Niveau statique relatif
65,84 mNGF	31/05/23	8,7	57,14 mNGF
	26/07/23	8,9	56,94 mNGF

SC1

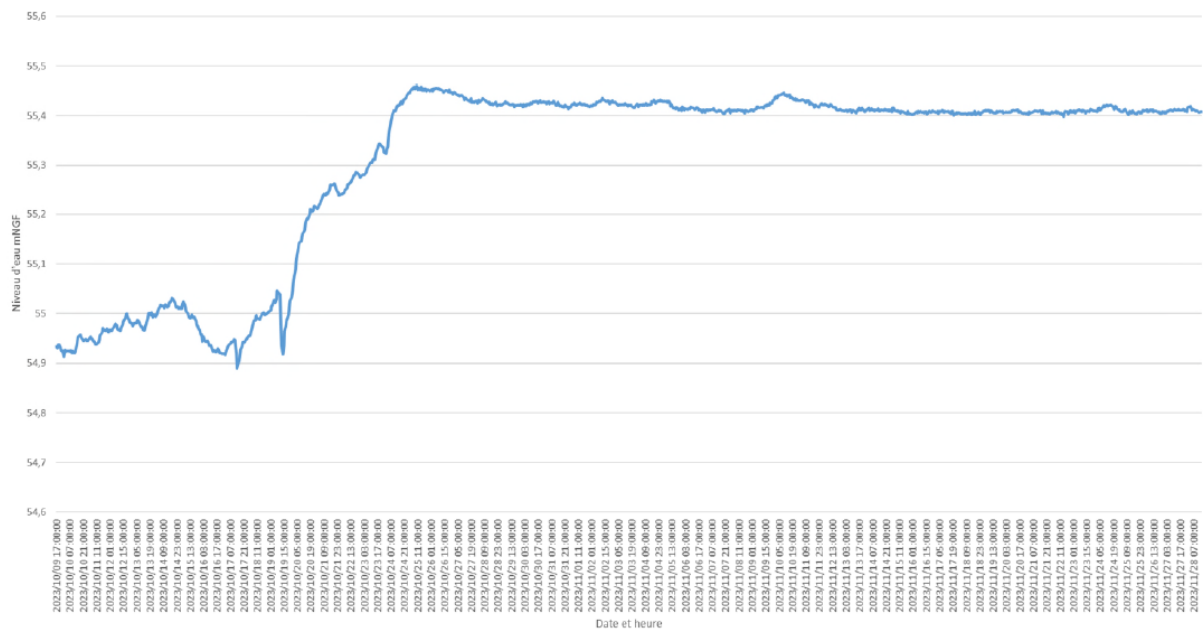


Figure 9 : Suivi piézométrique en continu de l'ouvrage SP1

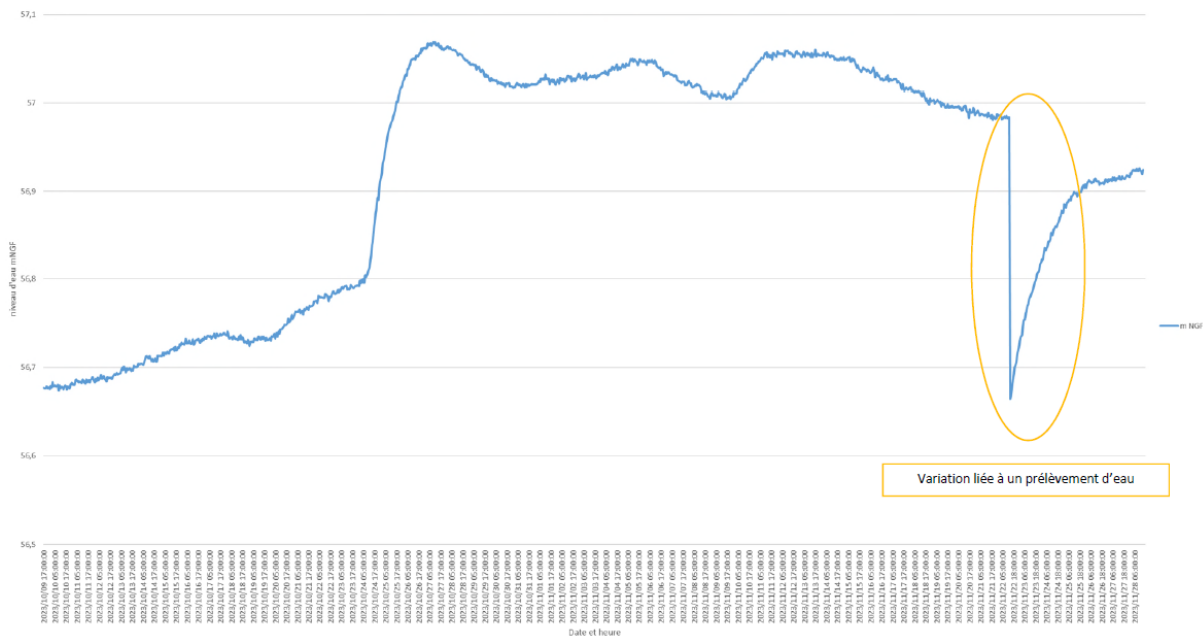


Figure 10 : Suivi piézométrique en continu de l'ouvrage SC1

La base de données ADES (portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines) référence les ouvrages intégrés aux réseaux patrimoniaux de surveillance des eaux souterraines. Aucun ouvrage n'est référencé à proximité.

3.3.3. Usages de la ressource

Dans un rayon de 500 m autour du site, 4 ouvrages sont référencés comme point d'eau dans la BSS. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous.

ID BSS	X	Y	Z	Profondeur	Type	Ne (m/TN)	Cote piézométrique estimée (m NGF)
BSS002LUSM	942385	6231018	70	95	Forage	21	49
BSS002LUJS	942472	6230595	48	31	Forage	5	43
BSS002LUSN	942671	6231186	68	30	Forage	6	62
BSS002LUJF	942818	6230688	53.5	8.5	Puits	3.28	50.97

Tableau 1 : Points d'eau référencés dans un rayon de 500 m autour du site

Les forages correspondent à des ouvrages profonds avec un niveau d'eau non représentatif des circulations d'eau superficielles auxquelles peut être confronté le projet.

L'ouvrage BSS002LUJF correspond quant à lui à un puits peu profond exploité probablement dans un cadre privé (particulier). Le niveau d'eau recensé est situé à environ + 51 m NGF, soit à 2,5 m/TN.

La banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) est l'outil national dédié aux prélèvements sur la ressource en eau, pour la France métropolitaine.

Aucun prélèvement d'eau souterraine n'est déclaré sur le territoire de la commune de La Valette-du-Var entre 2008 et 2022.

La Métropole Toulon Provence Méditerranée est compétente en matière d'eau potable depuis le 1^{er} janvier 2018. La production et la distribution d'eau potable sont assurées par le biais de délégations de service public sur la commune de La Valette-du-Var. L'usine de potabilisation située sur la commune permet la désinfection des eaux superficielles des retenues et de la SCP.

Aucun captage d'eau potable n'est présent à proximité du site. Le site n'est ainsi concerné par aucun périmètre de protection de captage.

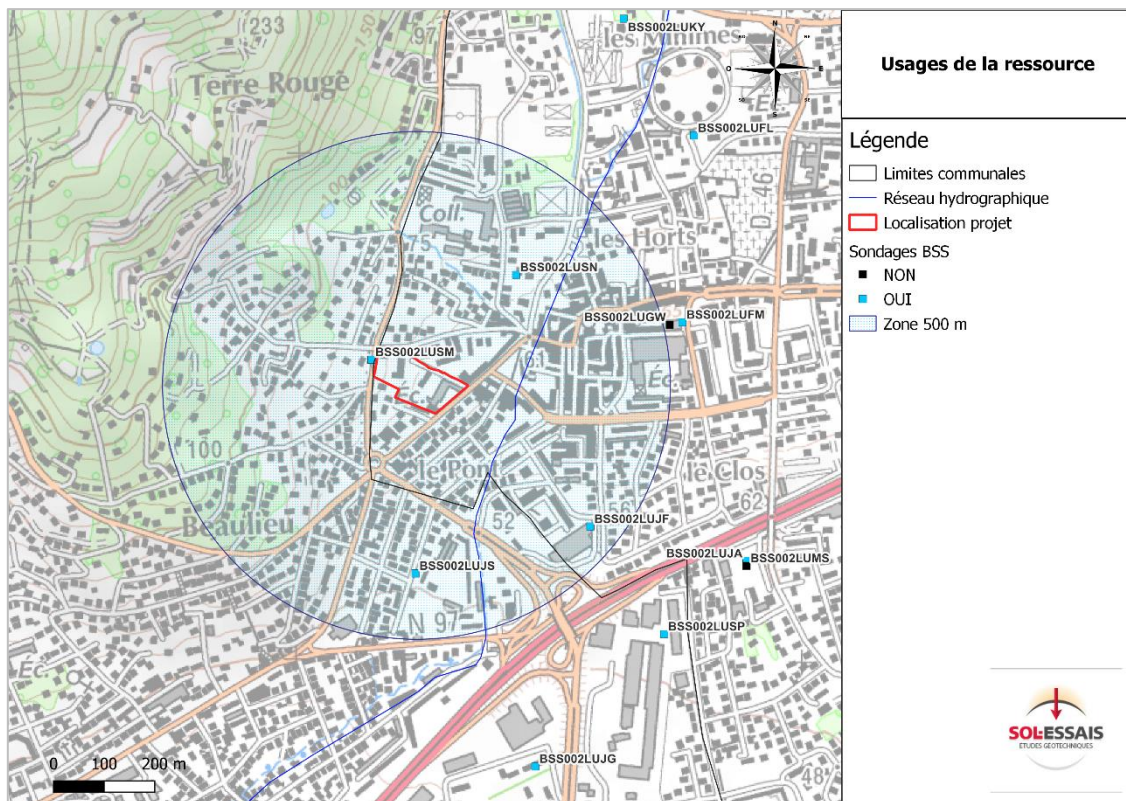


Figure 11 : Usages de la ressource en eau souterraine à proximité du site

3.3.4. Dynamique des eaux souterraines

Le suivi piézométrique des ouvrages SC1 et SP1 (ERG) permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- Les mesures ponctuelles réalisées entre 2019 et 2023 rendent compte :
 - En amont (SC1) :
 - d'un niveau piézométrique compris entre les cotes de + 56,94 à + 57,2 m NGF ;
 - d'un niveau piézométrique moyen qui s'établit à + 57,05 m NGF.
 - En aval (SP1) :
 - d'un niveau piézométrique compris entre les cotes de + 54,75 à + 55,3 m NGF ;
 - d'un niveau piézométrique moyen qui s'établit à + 55,14 m NGF.
- Les mesures complémentaires acquises à l'aide des capteurs de pression montrent un comportement similaire entre les deux ouvrages :
 - SC1 :
 - niveau piézométrique compris entre + 56,68 et + 57,06 m NGF, équivalent à un battement piézométrique de 38 cm entre le 09/10/2023 et le 28/11/2023 ;
 - forte réactivité aux événements pluvieux des 23 et 24 octobre (cumul pluviométrique de 54,6 mm en deux jours, soit près de 10 % du cumul annuel), avec une rehausse du niveau d'eau de 28 cm en moins de 3 jours.
 - SP1 :
 - niveau piézométrique compris entre + 54,93 et + 55,46 m NGF, équivalent à un battement piézométrique de 53 cm entre le 09/10/2023 et le 28/11/2023 ;
 - une réactivité moins marquée face aux événements pluvieux des 23 et 24 octobre, avec une rehausse du niveau d'eau de 25 cm en 2 jours. A noter que le piézomètre se met en charge avant l'évènement pluvieux (montée du niveau d'eau de 27 cm entre le 19 et le 23 octobre).

SOL-ESSAIS

Ces dernières années, le contexte climatologique est défavorable à la recharge des ressources en eau souterraine à cause d'un déficit hydrique marqué. La station météorologique de Toulon témoigne de ce constat avec des cumuls pluviométriques annuels particulièrement faibles en 2020 (365 mm), 2022 (341,8 mm) et 2023 (387,6), soit entre 57% et 65 % du cumul annuel moyen (594,1 mm).

La période de recharge des nappes superficielles s'étend préférentiellement entre les mois d'octobre et décembre, au cours desquels les précipitations sont nombreuses. **La période d'étiage sera comprise entre les mois de juin et août.**

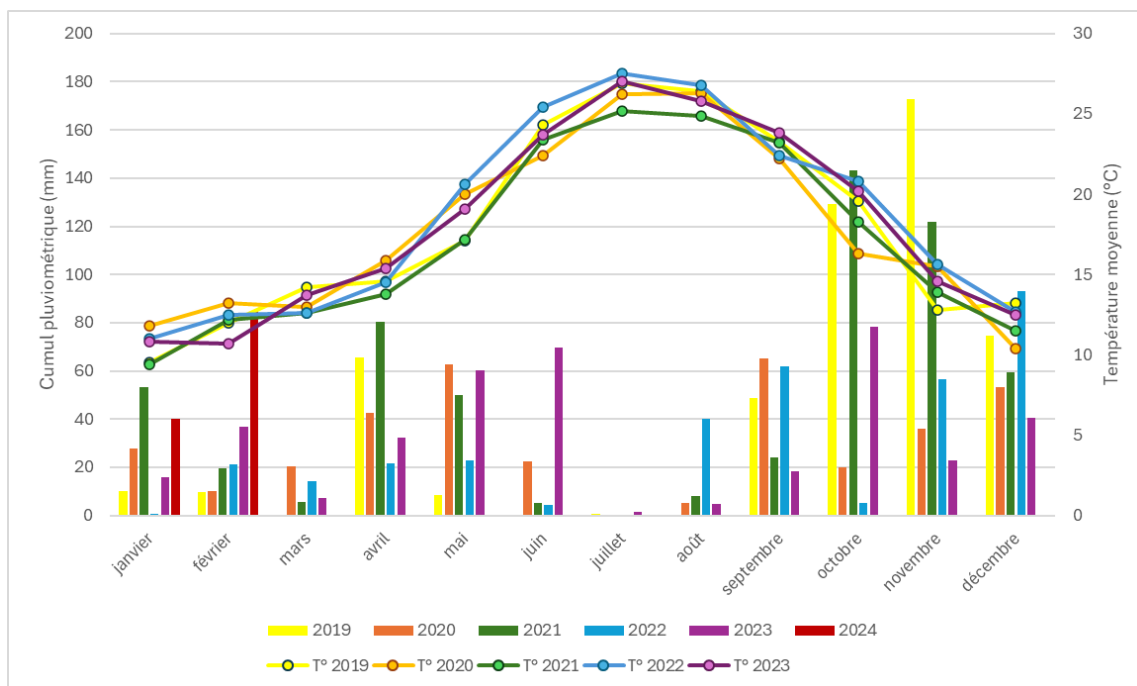


Figure 12 : Contexte climatologique entre 2019 et 2024

Une mesure manuelle du niveau piézométrique sur l'ensemble des ouvrages a été réalisée en date du 27/03/2024 :

Sondages	X	Y	Z	Ne (m NGF)
F1	942546.87	6230950.09	64.164	57.07
FP3	942429.72	6230967.55	67.427	57.16
SC1	942482.1	6230991.4	65.1	57.6
SP1	942529.2	6230938	61.6	55.29
PUITS	942494.7	6230969.5		55.99

Le piézomètre F1 présente une cote piézométrique élevée malgré sa position théorique en aval hydraulique du site. Un différentiel de presque 2 m est observé entre les ouvrages SP1 et F1 situés pourtant à environ 20 m l'un de l'autre. La poursuite du suivi piézométrique permettra de vérifier la pérennité de cette observation.

En l'état, la mesure associée à l'ouvrage F1 crée un axe de drainage d'axe Nord-Ouest/Sud-Est où convergent les écoulements.

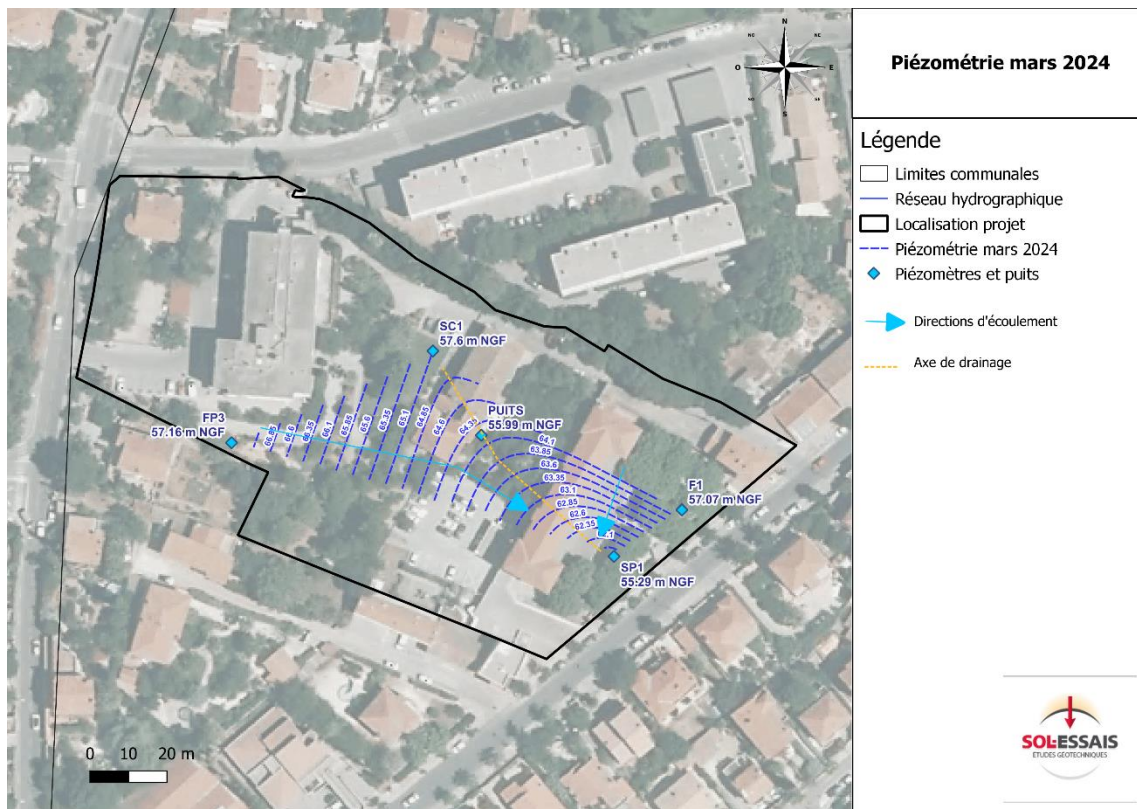


Figure 13 : Carte piézométrique mars 2024

Selon les données piézométriques récoltées, on considérera un gradient hydraulique compris entre 2 et 3,5 % ce qui est cohérent avec le caractère superficiel de la ressource.

Compte-tenu des données piézométriques récoltées et du contexte géologique, on considérera que le site n'est pas concerné par une nappe phréatique à proprement parlé. On parlera plutôt d'écoulements de versant en relation hydraulique avec la nappe alluviale en aval. A cause de son caractère superficiel, cette ressource sera sensible aux évènements pluviométriques qui constituent son principal mode de recharge en l'absence d'une communication avec les aquifères adjacents. La puissance de cette ressource superficielle sera limitée par la perméabilité des matériaux de couverture et la faible hauteur d'eau (de 2 à 3 m).

Les circulations d'eau pourront être hétérogènes en fonction du degré de perméabilité des formations encaissantes. D'une manière globale, elles seront dirigées vers le Sud-Est en direction de la vallée alluviale.

En profondeur, l'infiltration sera limitée par les grès et pélites du Permien, en l'absence de fracturation ou d'altération de ces derniers, qui constituent le substratum du secteur.

De façon synthétique, pour la suite du rapport, les hypothèses prises en compte sont les suivantes :

- niveau piézométrique moyen en amont du projet : + 59,5 m NGF ;
- niveau piézométrique moyen en aval du projet : + 55,1 m NGF ;
- **niveau piézométrique d'étiage en amont du projet : + 58,8 m NGF ;**
- **niveau piézométrique d'étiage en aval du projet : + 54,6 m NGF ;**
- gradient hydraulique moyen de la nappe : 2,5 % ;
- **battement saisonnier : 1,2 m.**

3.3.5. Caractéristiques hydrodynamiques

Des essais d'infiltration de type Porchet ont été pratiqués sur site afin de caractériser la perméabilité intrinsèque des sols superficiels jusqu'à une profondeur maximale de 80 cm. Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous.

Sondage	Porchet 1	Porchet 2	Porchet 3	Porchet 4
Profondeur (m/TN)	0,65 à 0,80	0,65 à 0,80	0 à 0,80	0,65 à 0,80
Perméabilité (m/s)	3.10^{-6}	$2,2.10^{-4}$	$1,1.10^{-6}$	$1,2.10^{-5}$
Perméabilité (mm/h)	10,9	782,1	4	41,4

Sondage	Porchet 5	Porchet 6	Porchet 7	Porchet 8
Profondeur (m/TN)	0,65 à 0,80	0,65 à 0,80	0 à 0,80	0,65 à 0,80
Perméabilité (m/s)	$6,9.10^{-6}$	$3,5.10^{-6}$	$1,7.10^{-7}$	$5,2.10^{-8}$
Perméabilité (mm/h)	24,8	12,5	0,6	0,2

Les plus fortes perméabilités sont retrouvées au Sud-Est du projet (essais P2 et P4), tandis que les plus faibles sont concentrées au Nord-Ouest (essais P7 et P8). Sur le reste de la parcelle, la capacité d'infiltration des sols superficiels est moyenne (entre 10^{-5} et 10^{-6} m/s.).

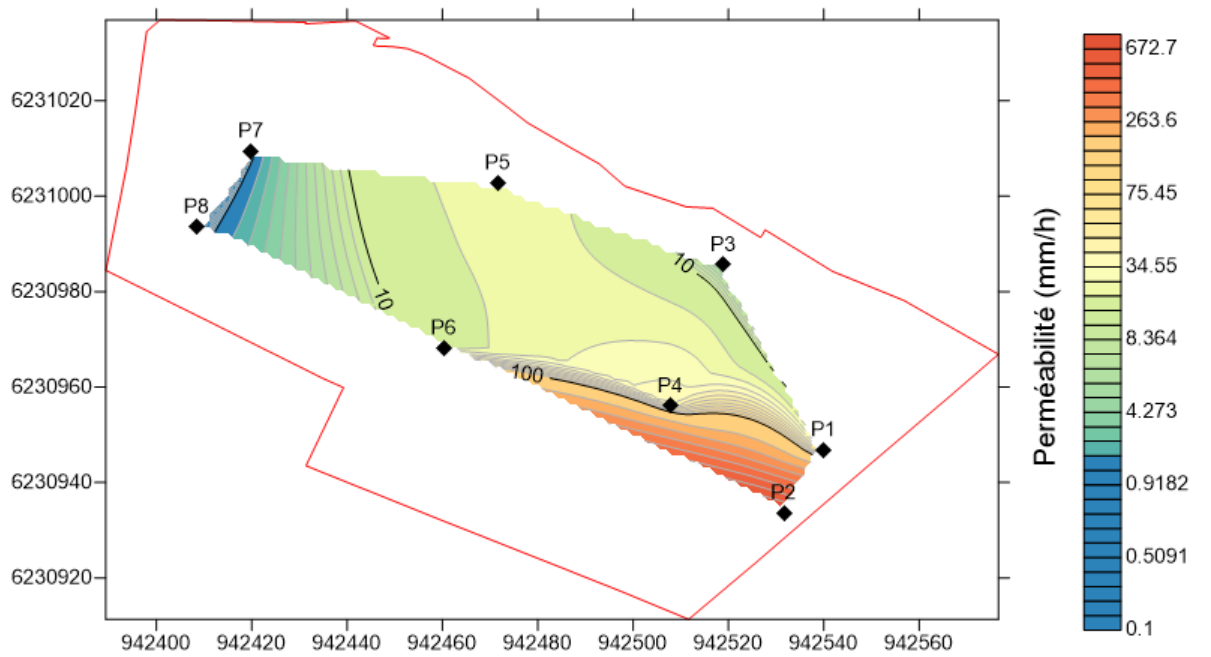


Figure 14 : Distribution spatiale des perméabilités restituées par les essais Porchet

SOL-ESSAIS

Au droit du site, aucun essai de perméabilité profond n'a été réalisé. Selon les données bibliographiques usuelles, on peut estimer la perméabilité des argiles graveleuses entre 10^{-5} et 10^{-6} m/s, tandis que les passes plastiques ou compactes présenteront une perméabilité plus faible de l'ordre de 10^{-7} m/s.

Enfin, des essais de vidange ont été pratiqués sur les piézomètres FP3 et F1 avec suivi de la remontée. Ce type d'essai permet d'estimer la perméabilité en grand des terrains captés par l'ouvrage et sa réalimentation par l'aquifère.

Les résultats diffèrent sensiblement entre les deux ouvrages avec :

- **F1 : perméabilité estimée à 9.10^{-8} m/s** compatible avec le caractère argileux des terrains. Le niveau statique n'est pas retrouvé après l'arrêt du pompage (remontée de seulement 10 à 15 cm en 75 minutes), ce qui témoigne d'une très faible réalimentation de l'ouvrage ;
- **FP3 : perméabilité estimée à $2,5.10^{-6}$ m/s** qui correspondrait plutôt à des terrains argilo-limoneux. Une remontée de 35 cm est observée en 30 minutes après l'arrêt du pompage, ce qui témoigne d'une faible réalimentation de l'ouvrage.

4. ESTIMATION DES NIVEAUX D'EAU EXCEPTIONNELS

4.1. Méthodologie

La prise en compte des niveaux selon l'Eurocode 7 a été définie dans une note informative diffusée par la Commission de Normalisation Justification des Ouvrages Géotechniques (CNJOG) en date du 24/02/2014.

Elle s'appuie sur les principes de l'Eurocode 0 et de son Annexe Nationale. Selon cette dernière, les différents niveaux d'eau sont définis par les notations suivantes :

- EH qui représente la valeur caractéristique du niveau d'eau et correspond en général à une période de retour de 50 ans. Cette période de retour doit être adaptée selon la durée de vie de l'ouvrage [...] et selon le caractère permanent ou transitoire de la situation considérée.
- EF et EB qui sont déduits du niveau EH.
- EE qui correspond au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles.

La norme NF DTU 14.1 définit également des niveaux d'eau à prendre en compte dans le cadre des travaux de cuvelage, et rejoint cette description avec les distinctions suivantes :

- le niveau quasi-permanent (EB – « Basses Eaux ») qui peut être défini comme correspondant à un niveau susceptible d'être dépassé pendant la moitié du temps de référence ;
- le niveau caractéristique (EH – « Hautes Eaux ») qui correspond en principe au niveau de période de retour 50 ans ;
- le niveau accidentel (EE) qui correspond au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles.

D'un point de vue hydrogéologique, nous proposons de retranscrire les niveaux caractéristiques de la façon suivante :

- EB : niveau susceptible d'être dépassé pendant 50 % du temps de référence de l'ouvrage (T = 2 ans) ;
- EF : niveau de référence pour la phase transitoire de chantier (T = 5 ans) ;
- EH : niveau de référence pour une période de retour de 50 ans équivalente à la durée de vie de l'ouvrage ;
- EE : niveau des plus hautes eaux connues ou prévisibles associé à une période de retour de 100 ans.

Dans le cas des nappes superficielles, les variations du niveau de la nappe peuvent être imputables :

- au battement naturel de la nappe lié au contexte hydrologique (recharge directe assurée par la pluie) ;
- aux modifications des prélèvements à proximité (augmentation ou diminution du débit d'exploitation d'un captage) ;
- à la transmission des ondes de crues d'un cours d'eau vers la nappe ;
- aux effets de marées lorsque le site est situé à proximité de la mer.

SOL-ESSAIS

De façon synthétique, le niveau estimé correspondra à l'équation suivante :

$$N_c = N_e + B_e + I_p + I_c$$

N_c : niveau caractéristique calculé

N_e : niveau d'étiage selon les données piézométriques disponibles

B_e : battement lié à la recharge pluviométrique pour le niveau caractéristique ciblé

I_a : incidence liée à l'arrêt des pompes à proximité

I_c : incidence liée à l'onde de crue du cours d'eau à proximité

I_m : incidence liée aux effets de marée

Nous rappelons ici que seul un suivi continu du niveau d'eau pendant un cycle hydrologique complet (comprenant les périodes de référence des basses et hautes eaux) permet d'apprécier les variations piézométriques réelles. En effet, les ressources superficielles étant très sensibles à la pluviométrie, une mesure mensuelle ne permet pas de définir la réactivité du niveau d'eau face à un événement pluviométrique donné (battement).

D'autre part, une analyse statistique des données piézométriques n'est valable que lorsque la chronique de mesure couvre une période théorique de 50 ans.

Les hypothèses prises en compte découlent des données hydrogéologiques disponibles (cf. chapitre 3.3).

4.2. Niveaux de référence

Les données piézométriques disponibles ont été présentées en détail dans les chapitres 3.3.2 et 3.3.4.

Les niveaux d'étiage pris en compte sont les suivants :

- niveau piézométrique d'étiage **en amont du projet** : + 58,8 m NGF ;
- niveau piézométrique d'étiage **médian (SC1)** : + 56,5 m NGF ;
- niveau piézométrique d'étiage **en aval du projet** : + 54,6 m NGF.

4.3. Bilan hydrologique

La station météorologique de Saint-Mandrier-Sur-Mer située à 7 km permet de disposer d'une chronique de mesure continue entre 1983 et 2019. Le cumul moyen annuel y est équivalent à 612,1 mm/an alors que le maximum a été atteint en 2002 avec un cumul total de 1024,1 mm.

La figure ci-après présente les fonctions statistiques associées aux données pluviométriques de la station.

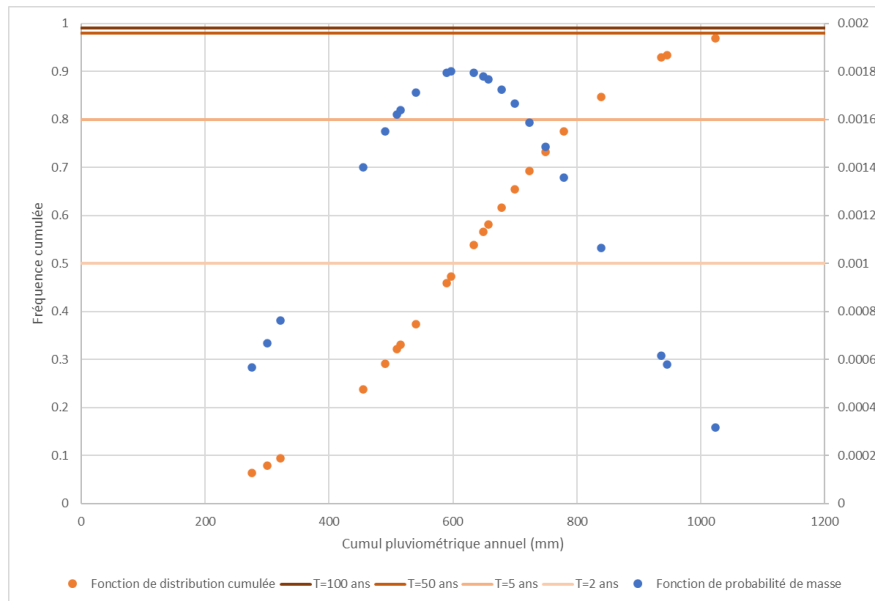


Figure 15 : Analyse statistique des données pluviométriques de la station Météo France de Saint-Mandrier-sur-Mer

En statistique, la loi normale est une loi de probabilité utilisée pour modéliser un phénomène issu d'événements aléatoires. Dans notre cas, la variable aléatoire est le cumul pluviométrique annuel.

On cherchera à modéliser un cumul pluviométrique annuel de temps de retour T en se basant sur l'espérance et l'écart-type associés aux données de la station météorologique de Saint-Mandrier-sur-Mer.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des calculs.

T	100	50	5	2
Probabilité de non-dépassement	99%	98%	80%	50%
Cumul pluviométrique annuel calculé (mm)	1126,6	1066,3	789,25	612,1

Tableau 2 : Cumuls pluviométriques annuels calculés pour chaque temps de retour T

Sur cette base, la recharge pluviométrique est calculée selon la démarche suivante :

- **Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR).** Cela correspond à la part de la pluie brute (Pb) retournée vers l'atmosphère avant infiltration. Ceci du fait du phénomène d'évaporation (fonction de la température ambiante) et du phénomène de transpiration du couvert végétal. Pour ce calcul, nous considérons une réserve utile constante et employons la formule de Turc :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

P : cumul pluviométrique annuel (mm)
 L = 300 + 25.t + 0,05.t³
 t : température moyenne à Saint-Mandrier-sur-Mer (°C)

- **Calcul de la lame ruisselée (Lr).** Cela correspond à la part de la pluie brute qui participe au ruissellement en surface. Elle dépend directement de l'occupation des sols : un coefficient de ruissellement est appliqué en fonction du degré d'imperméabilisation du sol (le coefficient global est pondéré selon les coefficients associés aux différents zonages).

- **Calcul de la pluie efficace (Peff).** C'est la part de la pluie brute qui participe finalement à la recharge des terrains superficiels après déduction de l'évapotranspiration et du ruissellement :

$$P_{eff} = P_b - ETR - L_r$$

La base de données géographiques CORINE Land Cover est produite sur 39 États européens, dans le cadre du programme européen de surveillance des terres de Copernicus, piloté par l'Agence Européenne pour l'Environnement.

Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une photographie complète de l'occupation des sols, à des fréquences régulières.

Le secteur étudié s'inscrit dans un contexte urbain discontinu au sein d'un secteur pavillonnaire avec des commerces de proximité. Le centre-ville historique est situé à moins de 200 m à l'Est.

Le tableau ci-dessous synthétise l'occupation des sols à l'échelle de l'aquifère (formations quaternaires limitées à l'Ouest par la présence du Permien) et les coefficients de ruissellement associés :

Code CLC	Couleur	Désignation	Coefficient de ruissellement	Surface sur le bassin versant (m²)
111		Tissu urbain continu	90%	0
112		Tissu urbain discontinu	70%	239200
121		Zones industrielles et commerciales	80%	0
122		Réseaux routiers et ferroviaires	80%	0
123		Zones portuaires	50%	0
141		Espaces verts urbains	15%	0
142		Equipements sportifs et de loisirs	25%	0
211 à 244		Surfaces agricoles	10%	0
311 à 324		Surfaces végétalisées	5%	4394
surface totale (m²)				243594
coefficient global				69%

Tableau 3 : Synthèse de l'occupation du sol à l'échelle de la zone aquifère sollicitée

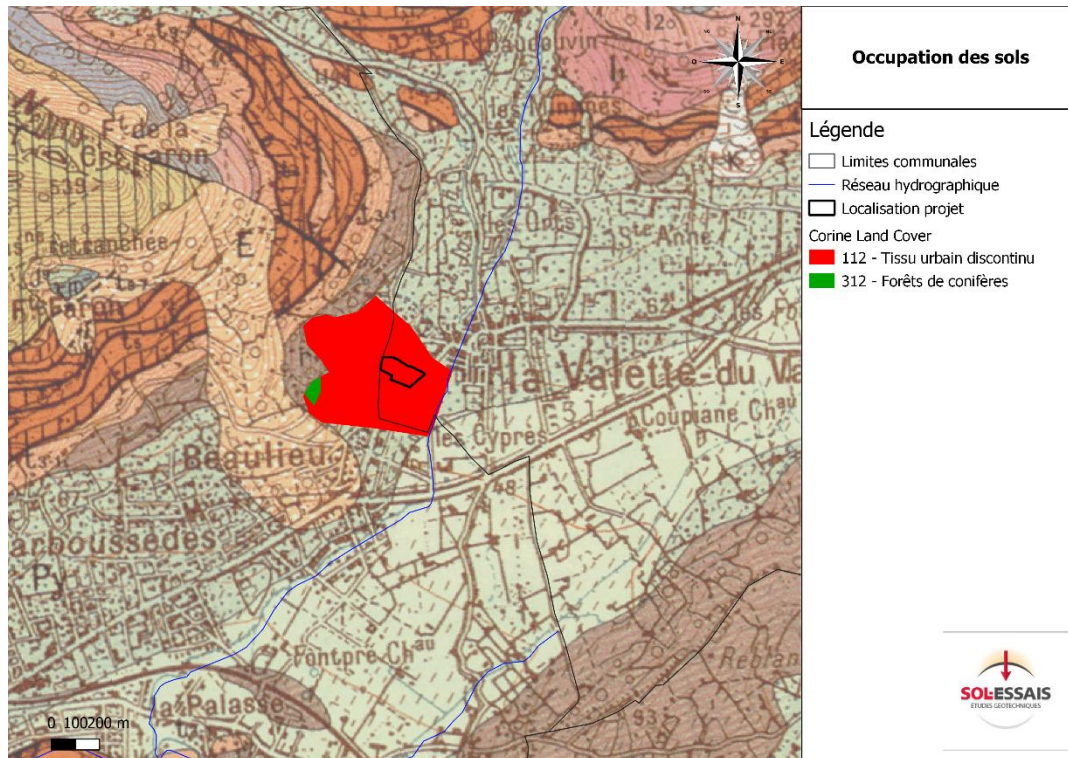


Figure 16 : Cartographie de l'occupation des sols à proximité du projet

Les résultats des calculs sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Niveaux	T	Cumul annuel calculé (mm)	Température moyenne (°C)	L	ETR (mm)	Lame ruisselée (mm)	Recharge (mm)
EB	2	612.11	15.62	690.88	471.56	96.74	43.81
EF	5	798.25	15.62	690.88	533.95	181.91	82.39
EH	50	1066.34	15.62	690.88	588.59	328.83	148.93
EE	100	1126.63	15.62	690.88	597.18	364.41	165.04

Tableau 4 : Recharge calculée pour des événements pluvieux caractéristiques

La recharge pluviométrique calculée est comprise entre 43 et 166 mm/an en fonction de la période de retour de l'évènement pluvieux.

4.4. Reconstitution des variations piézométriques exceptionnelles

Les variations piézométriques induites par la pluie peuvent être déduites à partir de la recharge calculée et de la porosité cinématique des terrains. Cette dernière correspond au ratio entre le volume de vide disponible pour l'écoulement et le volume total. Une porosité cinématique élevée correspondra ainsi à un horizon pouvant mobiliser et restituer une importante quantité d'eau.

SOL-ESSAIS

La lithologie du site a été décrite dans le chapitre 3.1.2. En se basant sur la coupe lithologique du forage F1, il est proposé de retenir la stratigraphie suivante :

- **horizon 1** (0 – 8 m) : argile à graves ;
- **horizon 2** (8 – 9 m) : frange altérée du substratum.

La porosité cinématique de ces formations est déduite des valeurs de référence présentée dans le rapport du BRGM « *Formulaire d'hydrogéologie – Définitions, équations de base et grandeurs usuelles* ».

Les variations induites par les différents événements pluviométriques sont spécifiées dans le tableau ci-après.

Niveaux			Variation piézométrique calculée pour une pluie de référence EB (m)	Variation piézométrique calculée pour une pluie de référence EF (m)	Variation piézométrique calculée pour une pluie de référence EH (m)	Variation piézométrique calculée pour une pluie de référence EE (m)
Lithologie	Porosité cin.	Epaisseur aquifère (m)	1.13	2.12	3.83	4.24
Galets	30%	0				
Graviers et galets	25%	0				
Sables et galets	20%	0				
Gravier + sable	15%	0				
Galets + argile	8%	0				
Gravier + limon	15%	0				
Sable gros	20%	0				
Sable moyen	15%	0				
Sable fin	10%	0				
Sable très fin	5%	0				
Sable gros + silt	5%	0				
Silt / Limons	2%	0				
Argiles	0%	0				
Argiles sableuses	1%	0				
Argiles à graves	2.5%	8				
Grès fissuré	15%	1				
épaisseur aquifère (m)		9				
porosité globale		3.9%				

Tableau 5 : Variations piézométriques calculées pour une pluie de temps de retour T

Les valeurs calculées sont comprises entre 1,13 et 4,24 m. Les données piézométriques acquises au droit du site sont insuffisantes pour qualifier le battement saisonnier de la nappe et pouvoir le comparer avec le résultat des calculs.

A noter que les valeurs calculées concernent le battement saisonnier lié uniquement à la recharge pluviométrique.

4.5. Influences annexes

4.5.1. Influence des prélèvements

Comme spécifié au chapitre 3.3.3, aucun ouvrage majeur n'a été recensé à proximité immédiate du site. Les forages recensés captent une ressource profonde déconnectée des circulations d'eau superficielles.

Dans ces conditions, **l'impact de l'arrêt des captages n'aura aucun impact sur le niveau piézométrique au droit du projet.**

4.5.2. Influence d'une crue

La propagation d'une onde de crue d'un cours d'eau vers la nappe dépend principalement de deux paramètres :

- la diffusivité de l'aquifère qui dépend des caractéristiques hydrodynamiques intrinsèques des couches géologiques (transmissivité et coefficient d'emmagasinement) ;
- la distance entre le cours d'eau et le point d'observation (piézomètre du site).

Pour simplifier le calcul, nous considérons un aquifère homogène et isotrope du cours d'eau jusqu'au site étudié.

L'expression de l'amplitude de la nappe prévisible au piézomètre est la suivante :

$$A = A_0 \cdot e^{-x \sqrt{\frac{\pi \cdot S}{t \cdot T}}}$$

A : Amplitude de la fluctuation dans le piézomètre (m)

A₀ : amplitude de la fluctuation du cours d'eau (m)

x : distance entre le cours d'eau et le piézomètre (m)

S : coefficient d'emmagasinement (-)

T : transmissivité (m²/s)

t : durée de la période de crue (s)

Le ruisseau des Paluds est situé à 105 m au Sud-Est du site. Aucune station hydrologique n'est présente sur son linéaire et ne permet de qualifier ses débits caractéristiques.

Selon les photographies aériennes, le ruisseau des Paluds est souterrain et potentiellement canalisé entre l'avenue Docteur Tremolières et l'avenue de Sainte-Cécile. Dans ce secteur, il est supposé que le cours d'eau n'ait aucun lien hydraulique avec la nappe.

Compte-tenu de la nature des formations encaissantes (faible perméabilité) et de l'urbanisation du secteur, **l'impact d'une crue du ruisseau des Paluds aura un impact négligeable sur le niveau piézométrique au droit du site.**

4.6. Niveaux exceptionnels calculés

D'après l'analyse réalisée, les niveaux d'eau exceptionnels calculés à l'échelle du projet peuvent être résumés de la manière suivante :

Niveaux caractéristiques	EB	EF	EH	EE
Période de retour (ans)	2	5	50	100
Niveau d'étiage de référence (m NGF)	58,8			
Battement lié à la recharge (m)	+ 1,13	+ 2,12	+ 3,83	+ 4,24
Influence des prélèvements (m)	0			
Influence d'une crue (m)	0			
Influence des marées (m)	0			
Niveaux caractéristiques retenus (m NGF)	59,93	60,92	62,64	63,04

Tableau 6 : Synthèse des niveaux d'eau exceptionnels retenus en amont

Niveaux caractéristiques	EB	EF	EH	EE
Période de retour (ans)	2	5	50	100
Niveau d'étiage de référence (m NGF)	56,5			
Battement lié à la recharge (m)	+ 1,13	+ 2,12	+ 3,83	+ 4,24
Influence des prélèvements (m)	0			
Influence d'une crue (m)	0			
Influence des marées (m)	0			
Niveaux caractéristiques retenus (m NGF)	57,63	58,62	60,33	60,74

Tableau 7 : Synthèse des niveaux d'eau exceptionnels retenus au droit du piézomètre SC1

Niveaux caractéristiques	EB	EF	EH	EE
Période de retour (ans)	2	5	50	100
Niveau d'étiage de référence (m NGF)	54,6			
Battement lié à la recharge (m)	+ 1,13	+ 2,12	+ 3,83	+ 4,24
Influence des prélèvements (m)	0			
Influence d'une crue (m)	0			
Influence des marées (m)	0			
Niveaux caractéristiques retenus (m NGF)	55,73	56,72	58,43	58,84

Tableau 8 : Synthèse des niveaux d'eau exceptionnels retenus en aval

A l'échelle du site, les niveaux calculés sont compris entre + 55,73 et + 63,04 m NGF. Les données piézométriques sont insuffisantes pour pouvoir étendre cette analyse plus précisément au droit de chaque bâtiment (incertitudes trop élevées concernant les directions d'écoulement et le gradient hydraulique de la nappe).

5. ESTIMATION DES DEBITS D'EXHAURE EN PHASE CHANTIER

5.1. Approche analytique

Les hypothèses suivantes sont prises en compte pour les calculs :

- perméabilité du fond de fouille : entre 1.10^{-5} et 1.10^{-6} m/s ;
- niveau d'eau amont (basses eaux) : + 58,8 m NGF ;
- niveau d'eau amont (phase chantier : temps de retour 5 ans) : + 60,92 m NGF ;
- niveau d'eau médian (basses eaux) : + 56,5 m NGF ;
- niveau d'eau médian (phase chantier : temps de retour 5 ans) : + 58,62 m NGF ;
- niveau d'eau aval (basses eaux) : + 54,6 m NGF ;
- niveau d'eau aval (phase chantier : temps de retour 5 ans) : + 56,72 m NGF ;

La surface des fouilles correspondra à l'emprise des parkings R-2. De façon sécuritaire, le fond de fouille retenu sera déduit de la cote la plus basse du niveau bas fini.

Sous-sol	TN (m NGF)	Niveau bas fini (m NGF)	FF retenu (m NGF)	Surface (m ²)
R-2 CDEFG	+ 65,6 à + 70,8	+ 60,8	+ 60	4 080
R-2 ABH	+ 62,8 à +65,2	+ 59,3	+ 58,5	1 675
R-1 ABH	+ 62,8 à +65,2	+ 61,9	+ 61,1	2 175
R-1 Résidence séniors	+ 62,8 à +65,2	+ 59,4	+ 58,6	790

Tableau 9 : Caractéristiques techniques des sous-sols

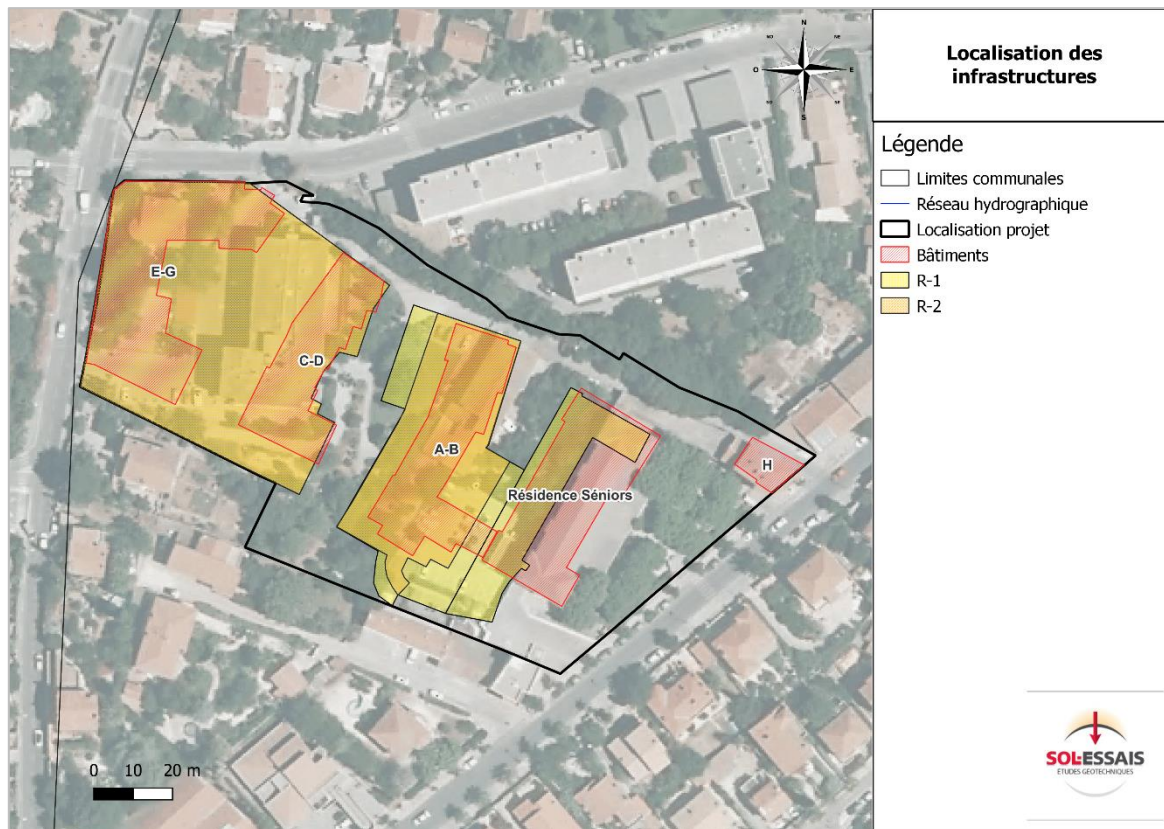


Figure 17 : Emprise au sol des infrastructures

SOL-ESSAIS

La méthodologie proposée consiste à estimer les débits de drainage à l'aide d'une formule analytique. On retiendra la formule de Schneebeli pour quantifier les débits d'exhaure. Celle-ci intègre la morphologie de la fouille et les venues d'eau ascendantes depuis le fond de fouille :

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

Avec,

Q : débit total d'exhaure (m³/s),

K : perméabilité de la couche sollicitée (m/s),

s : hauteur de rabattement (m),

S : surface mouillée de la fouille (m²).

Pour cette approche, on considérera un milieu isotrope (perméabilités horizontales et verticales homogènes).

5.2. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité portera sur deux paramètres qui ont un impact direct et important sur le résultat des calculs :

- perméabilité ;
- niveau de la nappe : étiage, EB, EF.

5.3. Résultats

Le tableau ci-dessous montre le résultat des calculs, et l'impact de la perméabilité sur les résultats.

		Débits d'exhaure		
Sous-sol	Perméabilité	Etiage	EB	EF
R-2 CDEFG	1.00E-06	-	-	0.82
	1.00E-05	-	-	8.16
R-2 ABH	1.00E-06	-	-	-
	1.00E-05	-	-	-
R-1 ABH	1.00E-06	-	-	-
	1.00E-05	-	-	-
R-1 Résidence	1.00E-06	-	-	-
	1.00E-05	-	-	-

Tableau 10 : Résultats des calculs du débit d'exhaure en phase chantier

Dans la majorité des cas, les fonds de fouille seront situés à une cote supérieure aux cotes piézométriques calculées. Seul un évènement de temps de retour EF nécessiterait un pompage en phase travaux (assainissement de la fouille associée au R-2 des bâtiments CDEFG). Dans cette configuration, le débit d'exhaure calculé est compris entre 0,8 et 8,2 m³/h à l'échelle de la fouille.

A noter que la nappe est sub-affleurante par rapport au fond de fouille du R-2 des bâtiments A-B-H pour un évènement de temps de retour EF (niveau d'eau situé entre 10 et 15 cm sous le fond de fouille).

SOL-ESSAIS

Les travaux se dérouleront préférentiellement en période d'été (juin à août) afin de limiter les venues d'eau en fond de fouille. Cela permettrait de s'affranchir de tout pompage en phase chantier. Les mesures réalisées en juillet 2023 au droit des piézomètres SP1 et SC1 montrent des niveaux d'eau inférieurs aux fonds de fouille (environ 2 à 3 m).

Afin de préciser les calculs, il est préconisé de réaliser des essais d'eau aux profondeurs des fouilles afin de définir la perméabilité du sous-sol.

6. CONCLUSION

6.1. Synthèse

Selon la carte géologique du BRGM au 1/50 000^e, le projet se situe au droit d'épandages de cailloutis de piedmont datés du Würm (Py).

Ces dépôts correspondent à des éboulis à blocs et à cailloutis cryoclastiques qui s'étendent sur les versants méridionaux du Mont Faron. Ils viennent en recouvrement des terrasses alluviales récentes associées au cours d'eau de l'Eygoutier et de ses affluents. La composition des blocs et cailloutis dépendra directement de la nature des versants (grès, conglomérats, calcaires...).

Les données locales correspondent aux investigations géotechniques réalisées en phases G1 et G2-AVP. Nous ne disposons que des deux sondages carottés (SC1 et F1) pour caractériser précisément la lithologie au droit du site. Ils rendent compte des résultats suivants :

- de 0 à 8 m : argiles rouges à graves (calcite, calcaire, pélite, quartz) :
- de 8 à 10 m : pélites rouges à lits gréseux semi-induré à la base (Permien).

Selon la carte géologique, **il peut être supposé que l'épaisseur des formations argileuses tende à diminuer en direction du Sud-Est** pour laisser place progressivement à l'affleurement des alluvions (sables, limons, graviers et galets).

Le projet est uniquement concerné par la masse d'eau n°FRDG514. Les principaux aquifères de la région sont représentés par les calcaires du Crétacé et du Jurassique supérieur du bassin du Beausset et des massifs qui dominent Toulon. De multiples sources karstiques drainant ces grands ensembles aquifères émergent au contact des formations imperméables, notamment des argiles et marnes du Trias. On citera également les aquifères locaux des calcaires et dolomies liasiques (Rhétien) et les calcaires et dolomies du Muschelkalk.

Dans son ensemble, **cette masse d'eau est considérée comme étant un domaine hydrogéologique, c'est-à-dire dépourvue d'aquifère majeur reconnu.** La majeure partie des formations sont peu perméables et présentent donc des capacités aquifères médiocres, en particulier les terrains métamorphiques, les pélites permienues, et les argiles et marnes du Trias supérieur.

La nappe alluviale de l'Eygoutier constitue un aquifère d'intérêt local. Les formations permienues affleurent en effet en bordure de la plaine, et constituent souvent le substratum des alluvions.

On supposera que les colluvions sont le siège d'écoulements de versant en relation hydraulique avec la nappe alluviale en aval.

Compte-tenu des données piézométriques récoltées (en 2019 et 2023 par ERG, et suivi piézométrique actuel par SOL-ESSAIS) et du contexte géologique, **on considérera que le site n'est pas concerné par une nappe phréatique à proprement parlé.** On parlera plutôt d'écoulements de versant en relation hydraulique avec la nappe alluviale en aval. A cause de son caractère superficiel, cette ressource sera sensible aux événements pluviométriques qui constituent son principal mode de recharge en l'absence d'une communication avec les aquifères adjacents. La puissance de cette ressource superficielle sera limitée par la perméabilité des matériaux de couverture et la faible hauteur d'eau (de 2 à 3 m).

Les circulations d'eau pourront être hétérogènes en fonction du degré de perméabilité des formations encaissantes. D'une manière globale, elles seront dirigées vers le Sud-Est en direction de la vallée alluviale.

En profondeur, l'infiltration sera limitée par les grès et pélites du Permien, en l'absence de fracturation ou d'altération de ces derniers, qui constituent le substratum du secteur.

SOL-ESSAIS

De façon synthétique, les hypothèses prises en compte sont les suivantes :

- niveau piézométrique moyen en amont du projet : + 59,5 m NGF ;
- niveau piézométrique moyen en aval du projet : + 55,1 m NGF ;
- **niveau piézométrique d'étiage en amont du projet : + 58,8 m NGF ;**
- **niveau piézométrique d'étiage en aval du projet : + 54,6 m NGF ;**
- gradient hydraulique de la nappe : 2,5 % ;
- battement saisonnier : 1,2 m.

Les essais d'eau de type Porchet réalisés rendent compte de fortes perméabilités au Sud-Est ($2,2 \cdot 10^{-4}$ à $1,2 \cdot 10^{-5}$ m/s), qui contrastent avec le reste des mesures (valeurs médianes de l'ordre de 10^{-6} m/s, et valeurs faibles au Nord-Ouest du projet entre 10^{-7} et 10^{-8} m/s).

Au droit du site, aucun essai de perméabilité profond n'a été réalisé. Selon les données bibliographiques usuelles, on peut estimer la perméabilité des argiles graveleuses entre 10^{-5} et 10^{-6} m/s, tandis que les passes plastiques ou compactes présenteront une perméabilité plus faible de l'ordre de 10^{-7} m/s.

Les essais de vidange des piézomètres FP3 et F1 montrent une faible réalimentation des ouvrages avec des perméabilités respectives de $2,5 \cdot 10^{-6}$ (entre 10 et 12,35 m de profondeur) et $9 \cdot 10^{-8}$ m/s (entre 4,4 et 8,85 m de profondeur).

Les niveaux d'eau exceptionnels calculés au droit du projet peuvent être résumés de la manière suivante :

Temps de retour de l'évènement pluviométrique (ans)	2	5	50	100
Cote altimétrique du TN (m NGF)	Entre 60,8 et 70,9			
Cote altimétrique du niveau bas fini R-2 CDEFG (m NGF)	60,8			
Cote altimétrique du niveau bas fini R-2 ABH (m NGF)	59,3			
Cote altimétrique du niveau bas fini R-1 résidence (m NGF)	59,4			
Variations piézométriques totales calculées (m)	+ 1,13	+ 2,12	+ 3,83	+ 4,24
Niveaux caractéristiques retenus amont (m NGF)	59,93	60,92	62,64	63,04
Niveaux caractéristiques retenus médian (m NGF)	57,63	58,62	60,33	60,74
Niveaux caractéristiques retenus aval (m NGF)	55,73	56,72	58,43	58,84
Hauteur d'eau au-dessus du niveau bas fini R-2 CDEFG (m NGF)	-	0,12	1,84	2,24
Hauteur d'eau au-dessus du niveau bas fini R-2 ABH (m NGF)	-	-	1,03	1,44
Hauteur d'eau au-dessus du niveau bas fini R-1 résidence (m NGF)	-	-	-	-

6.2. Préconisations

En phase chantier, les fonds de fouille seront situés à une cote supérieure aux cotes piézométriques calculés. Seul un évènement de temps de retour EF nécessiterait un pompage en phase travaux (assainissement de la fouille associée au R-2 des bâtiments CDEFG). Dans cette configuration, le débit d'exhaure calculé est compris entre 0,8 et 8,2 m³/h à l'échelle de la fouille.

A noter que la nappe est sub-affleurante par rapport au fond de fouille du R-2 des bâtiments A-B-H pour un évènement de temps de retour EF (niveau d'eau situé entre 10 et 15 cm sous le fond de fouille).

Afin de préciser les calculs, il est préconisé de réaliser des essais d'eau aux profondeurs des fouilles afin de définir la perméabilité du sous-sol.

En phase définitive, les infrastructures devront être dimensionnées en conséquence afin d'assurer la transparence hydraulique du projet et limiter les infiltrations dans l'ouvrage. Deux solutions peuvent être adaptées au regard du contexte hydrogéologique :

- **Protection active :**

Création d'un dispositif de drainage périphérique et sous-jacent au dallage (couche drainante de 0,5 m d'épaisseur constituée de matériaux perméables de granulométrie 10-20 mm ou équivalent). L'eau sera collectée par des drains de type routier disposés en épi au sein du matelas drainant qui permettront d'acheminer l'eau vers un point en aval ou vers une cuve de rétention. Dans cette configuration, des regards en sous-sol seront réalisés afin de visiter et nettoyer les drains. Le drainage des eaux souterraines ne sera actif qu'en période exceptionnelle (à partir du niveau EF pour les bâtiments C-D-E-F-G et du niveau EH pour les bâtiments A-B-H).

Les pompes devront être dimensionnées en conséquence (débit maximum prévisionnel de 8 m³/h). Même si le drainage est dans ces conditions temporaires, cela induit d'obtenir l'autorisation de rejet vers le réseau. Dans le cas contraire, un rejet sur site vers les zones d'infiltration (type noues paysagères ou jardin de pluie) situées en aval hydraulique (bordure Sud et Est du projet) est envisageable étant donné les perméabilités restituées par les essais Porchet.

- **Protection passive :**

Cuvelage du niveau de sous-sol en R-2 de l'ensemble du projet au sens du DTU 14.1 afin de s'affranchir de toute infiltration d'eau dans les niveaux enterrés. La structure devra alors être dimensionnée pour la reprise des sous-pressions hydrostatiques en connaissance des niveaux exceptionnels décrits préalablement.

6.3. Contexte réglementaire

Dans le cas d'un épuisement de fouille en phase chantier, les pompages sont soumis à déclaration au titre de la Loi sur l'Eau et en application des articles L.214-1 à L.214-3 du Code de l'Environnement.

Le délai d'instruction d'un tel dossier est d'environ 2 mois avant le démarrage des travaux (hors délais supplémentaires liés à d'éventuelles demandes de compléments de la part des services de l'Etat).

Titre Ier : Prélèvements		
1.1.1.0	Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau	(D)
1.1.2.0	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant :	
	1° Supérieur ou égal à 200 000 m³/an	(A)
	2° Supérieur à 10 000 m³/an mais inférieur à 200 000 m³/an	(D)

Les modalités de rejet devront également être précisées avant démarrage des travaux.

Le rejet vers les eaux douces superficielles doit faire l'objet d'une déclaration ou d'une autorisation au même titre que les prélèvements.

Dans le cas d'un rejet vers le réseau pluvial, l'accord du gestionnaire du réseau sera nécessaire et intégré dans le Dossier Loi sur l'Eau. Des analyses d'eau souterraine seront demandées préalablement afin de respecter les seuils de rejet imposés par le gestionnaire.

Aix-en-Provence, le 29 mars 2024

Léo CLENET

7. ANNEXES

Annexe 1 – Résultats des investigations géotechniques

Prof.	Alt. (m)	Description	Prof. (m)	Description de l'échantillon	Observations de forage
0	61	Remblais limons-argileux marron foncé à quelques graves	0.4		Piézomètre Ø50/60mm sur 10m, crépiné sur 9m à partir de 1m avec boîtier
1	60	Blocs calcaires	0.8		
		Argile rouge à quelques graves	1.1		
2	59	Argile rouge foncé à nombreuses graves hétérogènes (calcaires, pélites) (Dmax < 90mm)			E.I. de 2m à 3m
3	58				Eau à 5m50 et fond à 10m le 26/02 Tubage Ø140 sur 3m
4	57				
5	56				E.I. de 5m à 6m
6	55				
7	54				
8	53				
9	52	Argile rouge à quelques graves (passages plastiques localement)	9		
10	51		10		
11	50				
12	49				
13	48				
14	47				
15	46				
16					



Dossier

D24-0035 - LA VALETTE DU VAR - Avenue Anatole France

Forage

FP3 + Piézo

Date de début

11/03/2024

Date de fin

11/03/2024

Durée de foration

13 min 49 s

Machine

SOC07

Outil de forage

Tricône

Diamètre de l'outil

66 mm

Opérateur

COLLANGE

Paramètres de forage

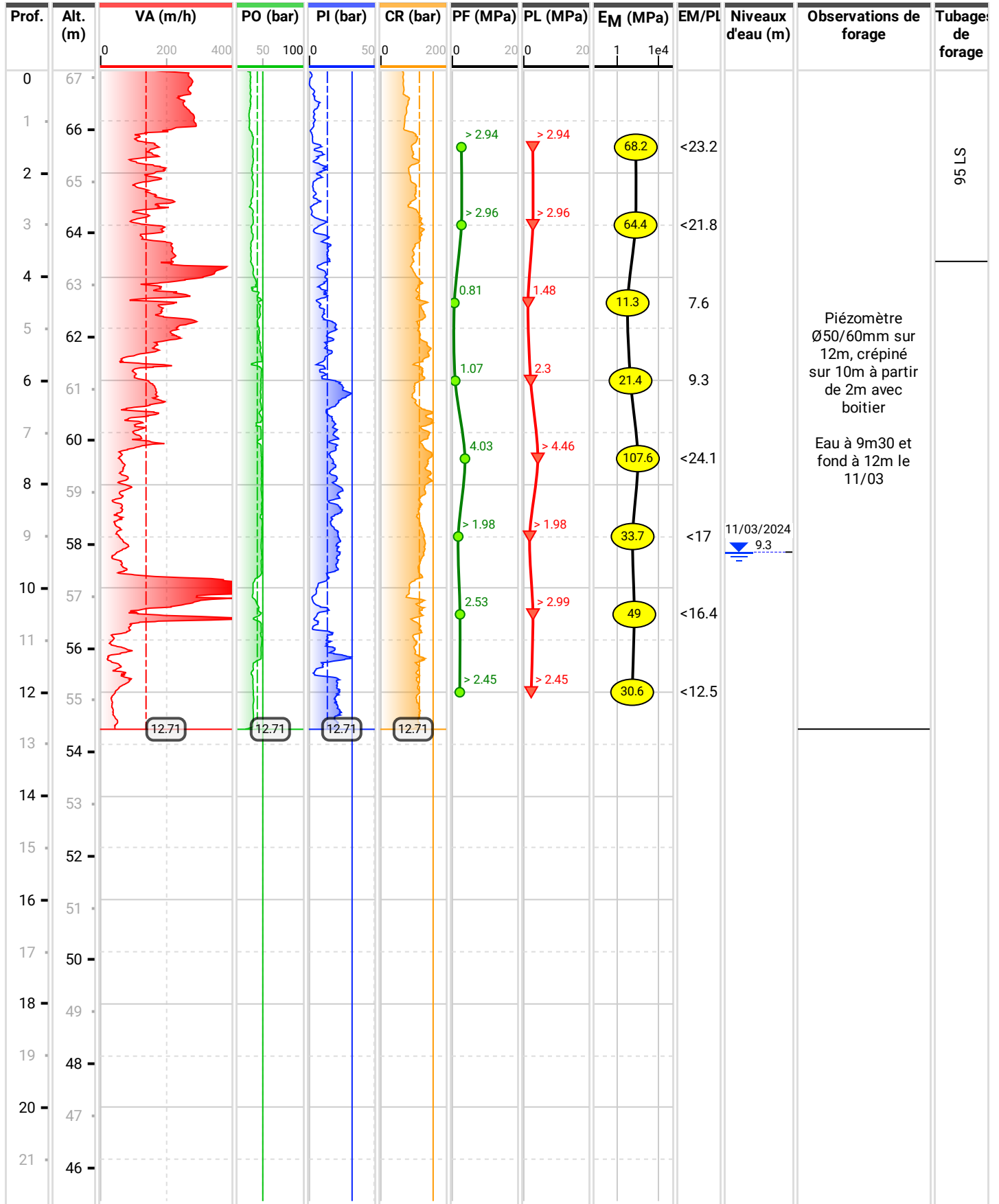
Cote début X

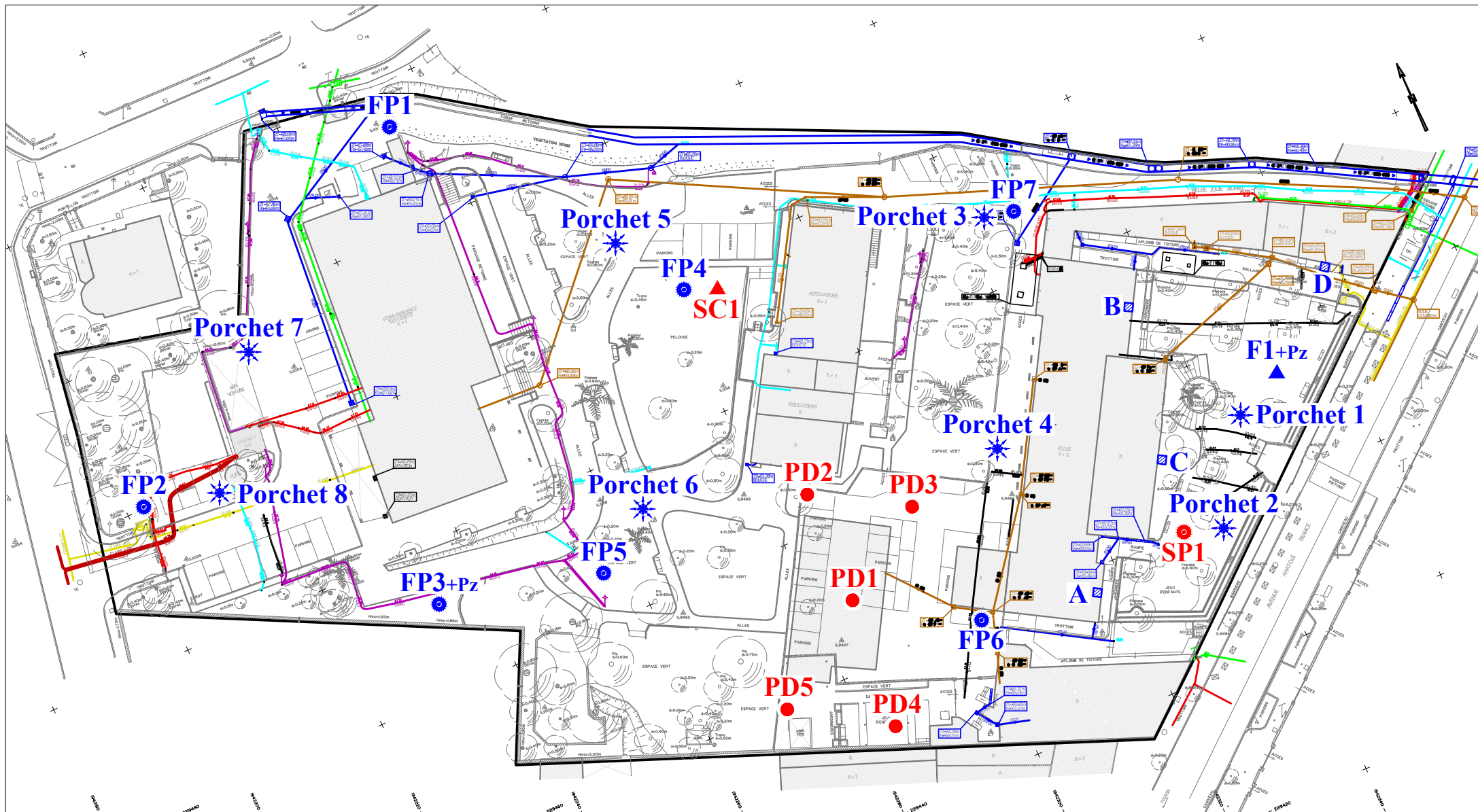
0 m Y

Cote fin Altitude NGF

12.71 m 67.157 m

AAP le 20/03/2024





ECHELLE 1/100 - A4
0m 20m

Légende :
Sondages Sol-Essais
Sondages ERG

SOL - ESSAIS

LA VALETTE DU VAR (83) 

Avenue Anatole France

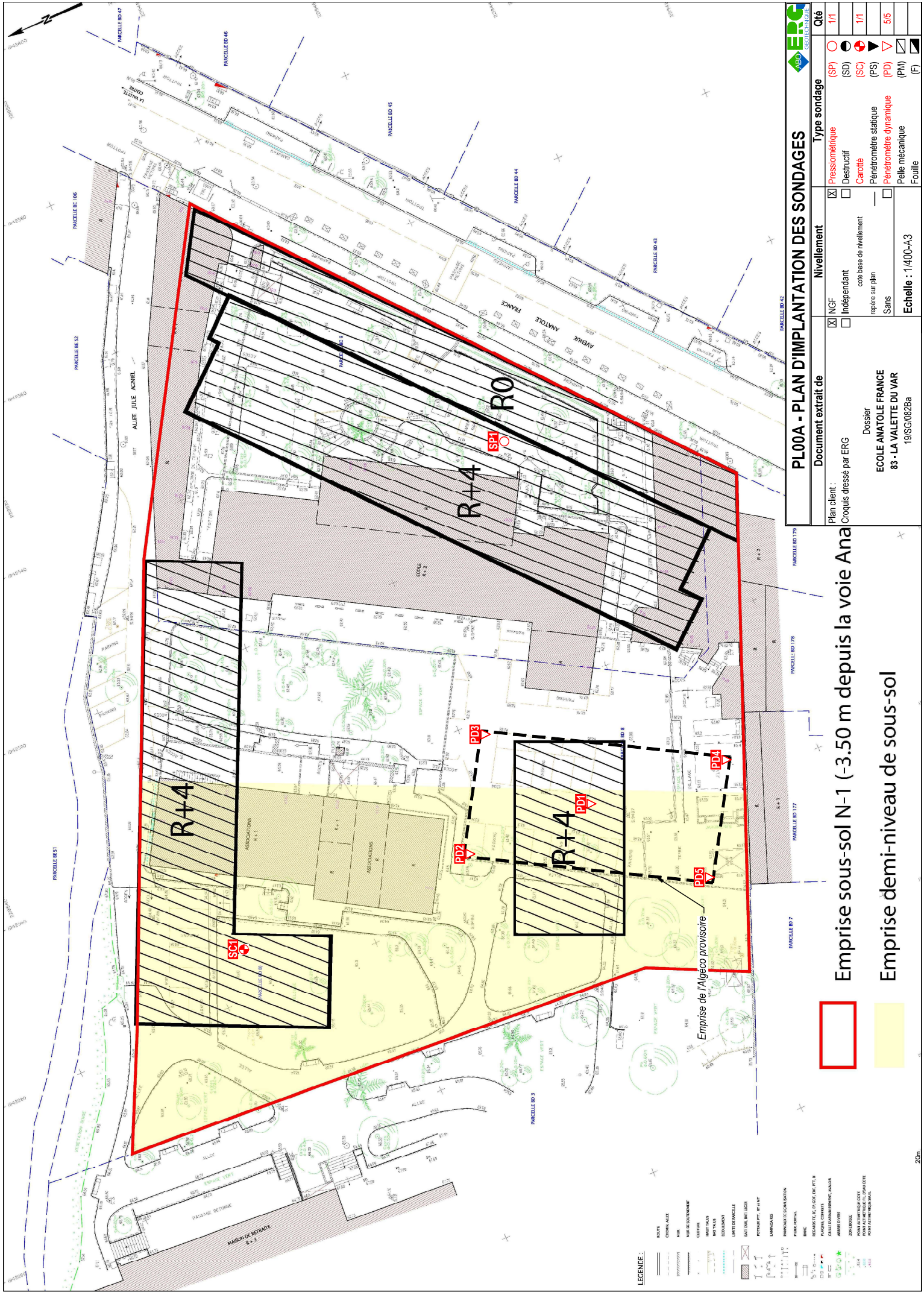
IMPLANTATION DES SONDAGES

N° : D24-0035 - Plan 1

Le 14 Mars 2024

-

AAP



PL00A - PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES			ERC
Document extrait de	Nivellement	Type sondage	Qté
Plan client : Croquis dressé par ERG	☒ NGF ☐ Indépendant	☒ Pression statique ☐ Destructif	1/1
Dossier ECOLE ANATOLE FRANCE 83 - LA VALETTE DU VAR 19/SG/082Ba	cote base de nivellement repère sur plan Sans	☒ Carotté ☐ Pénétrement statique ☐ Pénétrement dynamique ☐ Pelle mécanique	1/1 5/5
	Echelle : 1/400-A3	Fouille	

Emprise sous-sol N-1 (-3.50 m depuis la voie Anatole France)

Emprise demi-niveau de sous-sol



[illegible]

PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC1

sondage



OBJET	ECOLE ANATOLE France	OPERATEUR	P-J. FRANCHE
LIEU	83 – LA VALETTE DU VAR	APPAREIL	CANON IXUS 185
CLIENT	SEMEXVAL	PELLICULE	Numérique
N° DOSSIER	19/SG/082Ba	Nb ISO	/

(Profondeurs exprimées en mètres)



FIN DU SONDAGE

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

X :

Date du : 15/04/2019

Y :

Au : 15/04/2019

Z : 61.60 m

Fin : 12.00 m

Inc/Vert(°) :

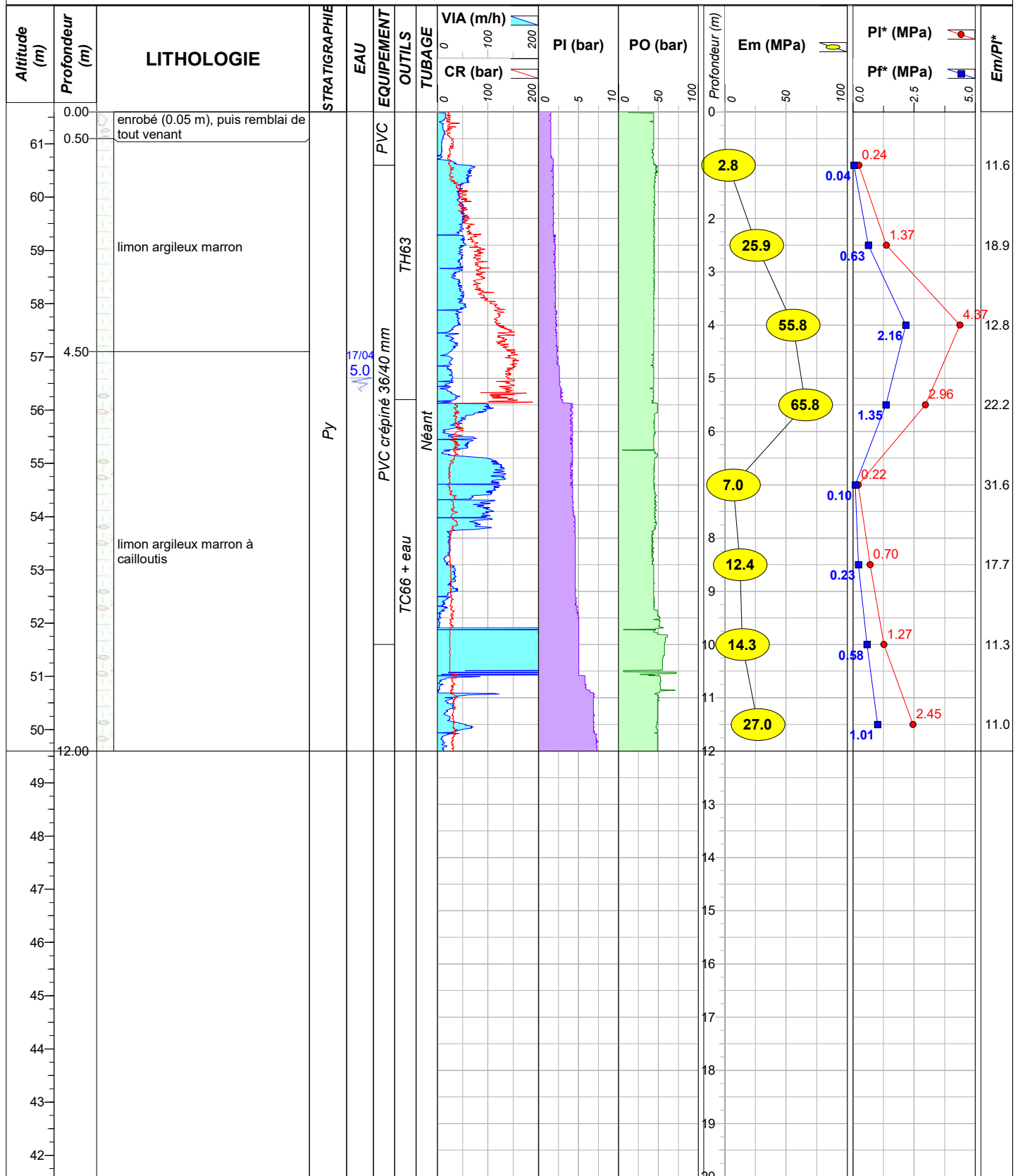
Azimut :

Echelle : 1 / 100

Machine : SOCOMAFOR 35 n°8

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1



LA VALETTE DU VAR

Avenue Anatole France

Mesure de perméabilité

(Charge variable)

F1 de 4,40 à 8,85 m

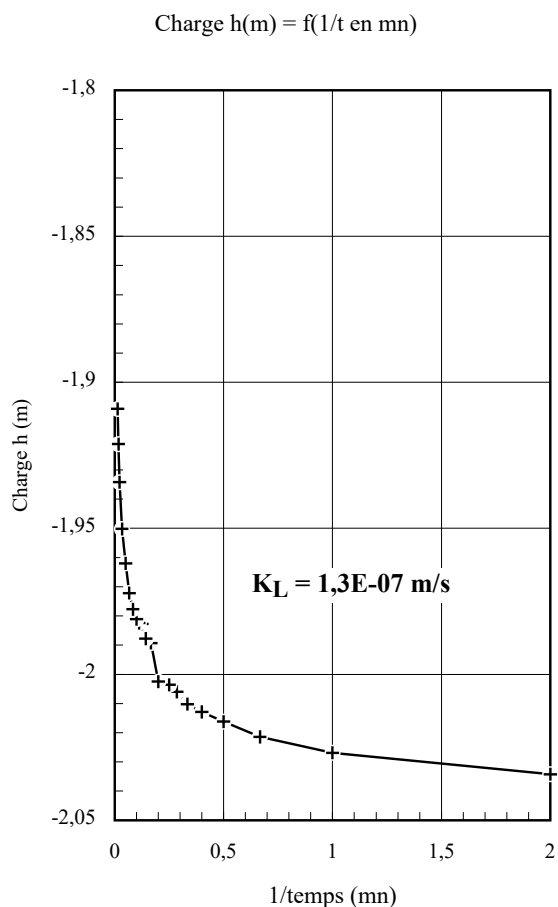
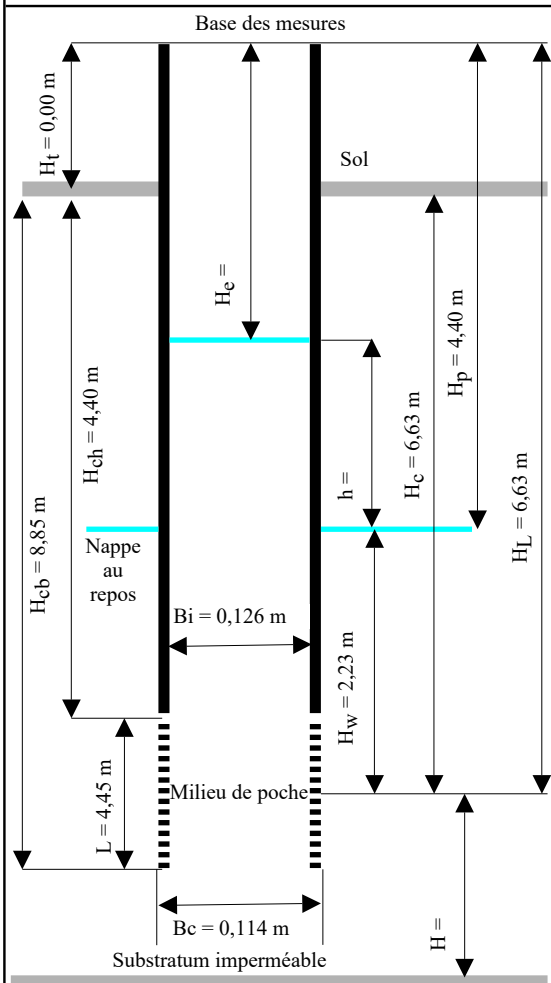
Altitude Z

NGF

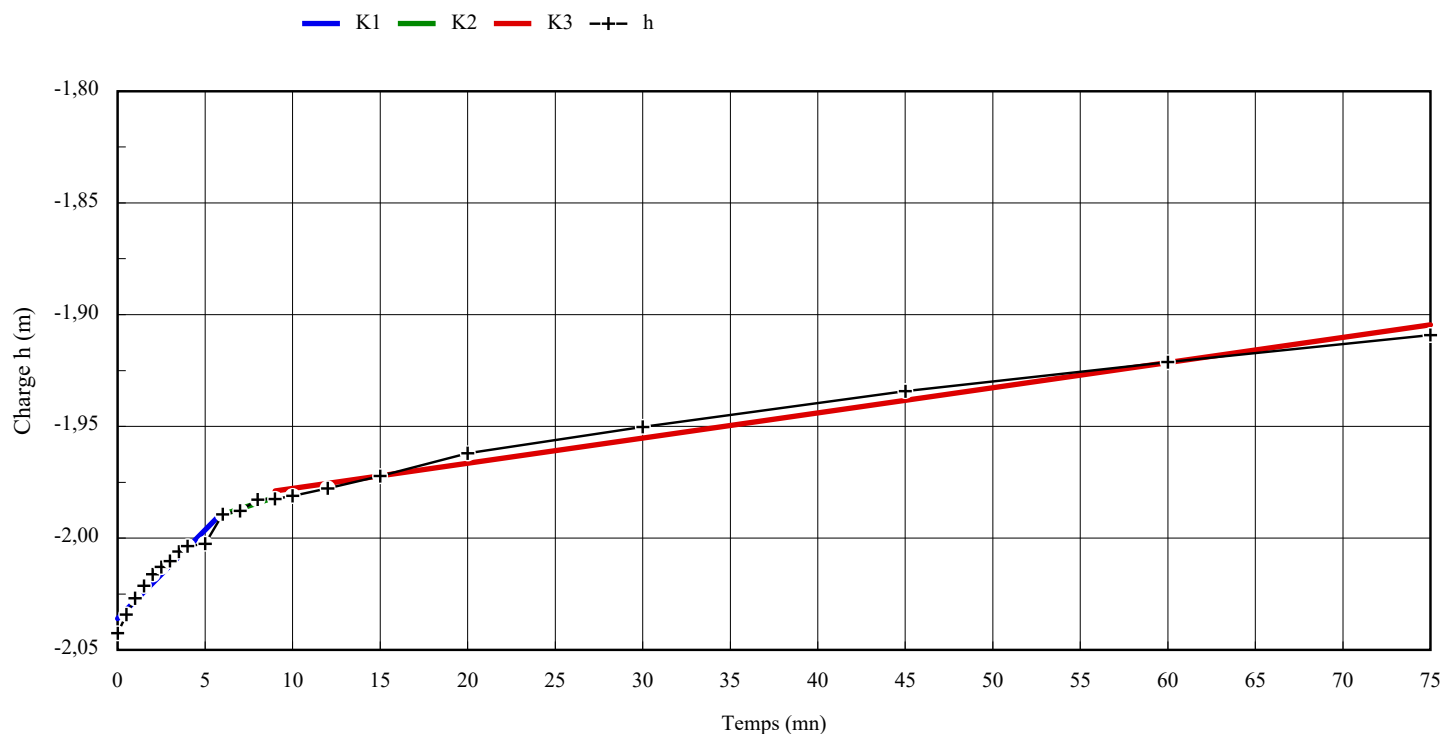
LEFRANC

SEI n°: SOLA-D24-0035

Date : 27/03/24



N°	Temps (mn)	Mesures He (m)
1	0	6,443
2	0,5	6,434
3	1	6,427
4	1,5	6,421
5	2	6,416
6	2,5	6,413
7	3	6,410
8	3,5	6,406
9	4	6,404
10	5	6,403
11	6	6,389
12	7	6,388
13	8	6,383
14	9	6,382
15	10	6,381
16	12	6,378
17	15	6,372
18	20	6,362
19	30	6,350
20	45	6,334
21	60	6,321
22	75	6,309
K1		1,3E-07 m/s
K2		4,2E-08 m/s
K3		1,9E-08 m/s
K moyen		6,3E-08 m/s
K retenue		9,0E-08 m/s



Données de l'essai SEI n°: SOLA-D24-0035 LA VALETTE DU VAR Avenue Anatole France de 4,40 à 8,85 m

Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 4,400 m

Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol) HT = 0,000 m

Distance du sol au haut de la poche Hch = 4,400 m

Distance du sol au bas de la poche Hcb = 8,850 m

Niveau de la nappe au repos par rapport à la base de mesureHp = 4,400 m

Longueur de la cavité L = 4,450 m

Diamètre de la cavité Bc = 0,114 m

Diamètre intérieur tube de mesureBi = 0,126 m

Distance du milieu de la poche au substratum imperméable H =

Distance du milieu de la poche au toit de la nappe Hw = 2,225 m

Distance du milieu de la poche au terrain naturel HC = 6,625 m

Facteur de forme m0 d'une cavité éloignée des limites de l'aquifère

c = L/B	Conditions	Formules pour m0	m0
39,04	>10	$2\Pi\ c\ /\ \ln(2c) =$	56,28
		$2\Pi\ c\ /\ \ln(c + (c^2 + 1)^{0,5}) =$	
		$2\Pi\ (c + 0,25)^{0,5} =$	
		$\Pi\ (2c + 0,5)^{0,5} =$	
		$\Pi\ (1 - 4c^2)^{0,5} / 2\ \arctan(-2c + (4c^2 + 1)^{0,5}) =$	
		2 =	

Facteur de forme m d'une cavité en fonction des limites de l'aquifère

Choix	Conditions	Formules pour m	m
OUI	Cavité éloignée des limites de l'aquifère	m = m0	56,28
NON	Cavité proche du substratum imperméable avec H ≤ Hw		
NON	Cavité proche de la surface du sol avec nappe sous le sol		
NON	Cavité proche du substratum imperméable avec sol situé sous la nappe		
NON	Cavité proche de la surface du sol situé sous la nappe		

Facteur de forme retenu = 56,28

LEFRANC

Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol) HT = 0,000 m

Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 4,400 m

Distance du sol au bas de la poche Hcb = 8,850 m

Distance du sol au haut de la poche Hch = 4,400 m

Diamètre de la cavité Bc = 0,114 m

Distance du milieu de la poche au substratum imperméable H =

LA VALETTE DU VAR

Avenue Anatole France

Mesure de perméabilité

(Charge variable)

FP3 de 10,00 à 12,35 m

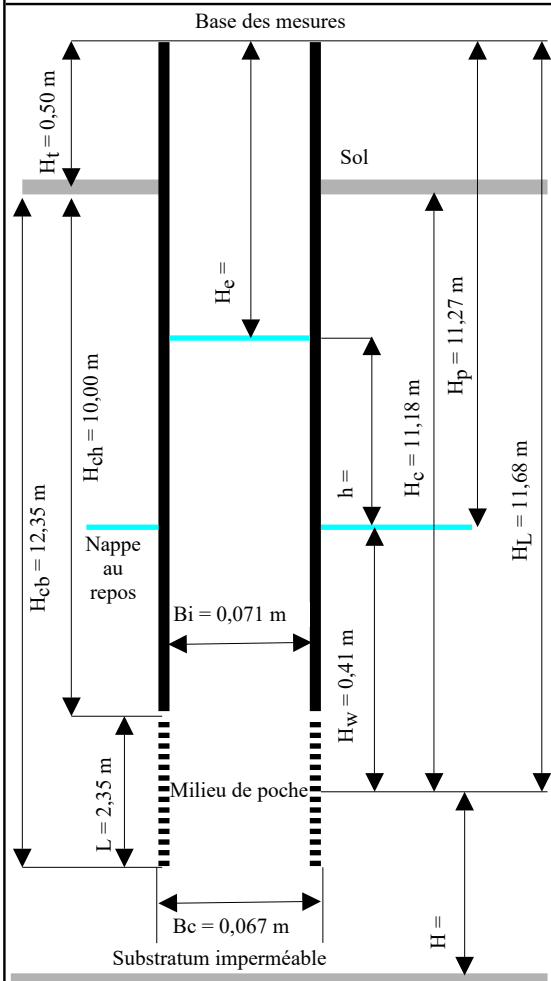
Altitude Z

NGF

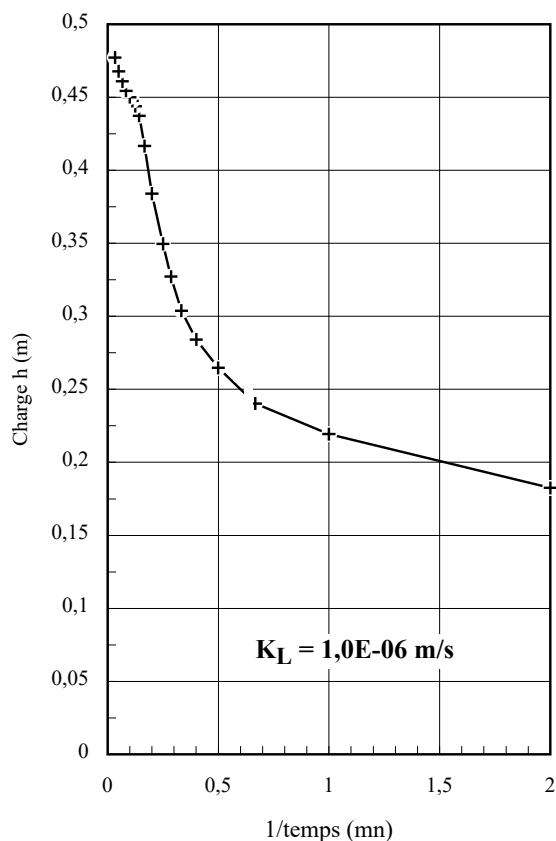
LEFRANC

SEI n°: SOLA-D24-0035

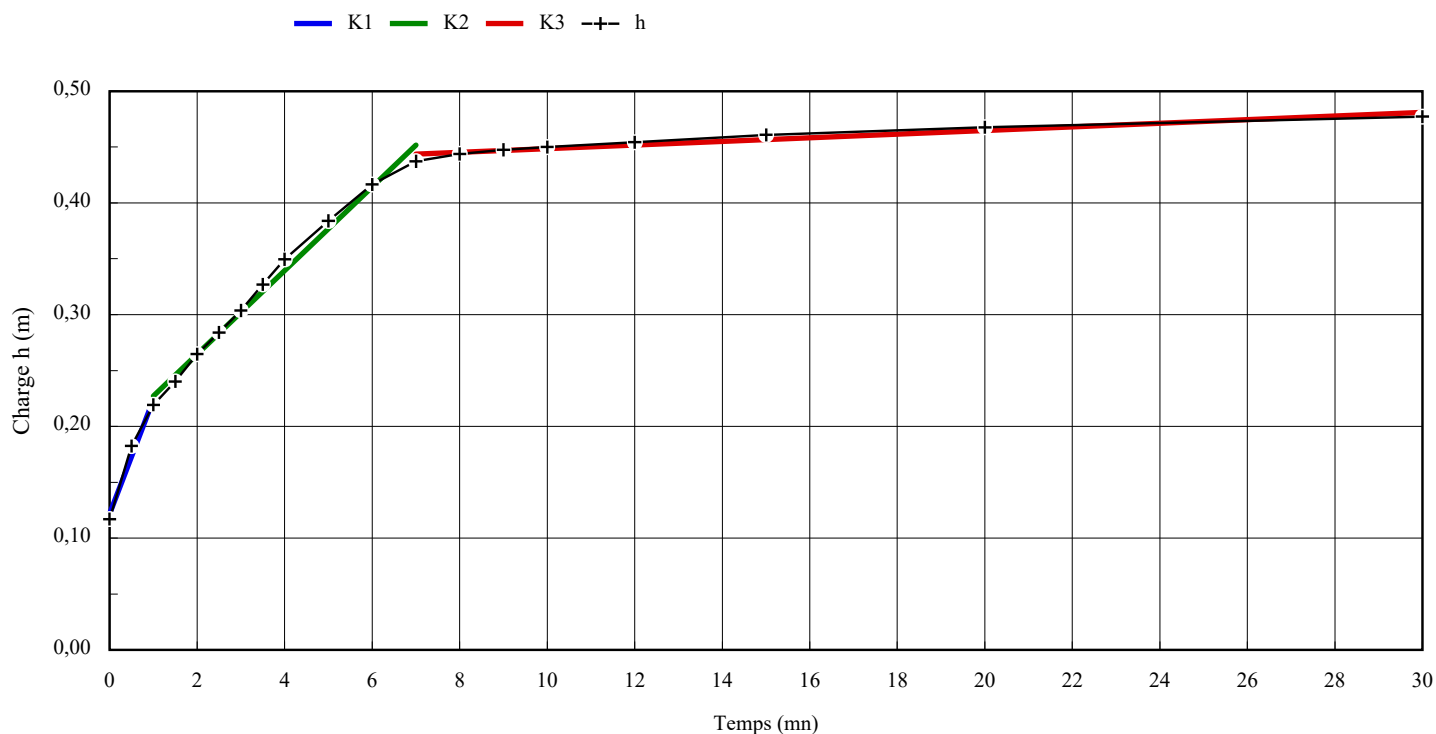
Date : 27/03/24



Charge $h(m) = f(1/t \text{ en } mn)$



N°	Temps (mn)	Mesures He (m)
1	0	11,153
2	0,5	11,088
3	1	11,051
4	1,5	11,030
5	2	11,005
6	2,5	10,986
7	3	10,966
8	3,5	10,943
9	4	10,920
10	5	10,886
11	6	10,853
12	7	10,833
13	8	10,826
14	9	10,822
15	10	10,820
16	12	10,816
17	15	10,809
18	20	10,802
19	30	10,793
	K1	1,2E-05 m/s
	K2	2,2E-06 m/s
	K3	6,7E-08 m/s
	K moyen	4,6E-06 m/s
	K retenue	2,5E-06 m/s



Données de l'essai SEI n°: SOLA-D24-0035 LA VALETTE DU VAR Avenue Anatole France de 10,00 à 12,35 m

Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 10,770 m
Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol) HT = 0,500 m
Distance du sol au haut de la poche Hch = 10,000 m
Distance du sol au bas de la poche Hcb = 12,350 m
Niveau de la nappe au repos par rapport à la base de mesureHp = 11,270 m
Longueur de la cavité L = 2,350 m
Diamètre de la cavité Bc = 0,067 m
Diamètre intérieur tube de mesureBi = 0,071 m
Distance du milieu de la poche au substratum imperméable H =
Distance du milieu de la poche au toit de la nappe Hw = 0,405 m
Distance du milieu de la poche au terrain naturel HC = 11,175 m

Facteur de forme m0 d'une cavité éloignée des limites de l'aquifère

c = L/B	Conditions	Formules pour m0	m0
35,23	>10	$2\pi c / \ln(2c) =$	52,02
		$2\pi c / \ln(c + (c^2 + 1)^{0,5}) =$	
		$2\pi (c + 0,25)^{0,5} =$	
		$\pi (2c + 0,5)^{0,5} =$	
		$\pi (1 - 4c^2)^{0,5} / 2 \arctan(-2c + (4c^2 + 1)^{0,5}) =$	
		2 =	

Facteur de forme m d'une cavité en fonction des limites de l'aquifère

Choix	Conditions	Formules pour m	m
☒	Cavité éloignée des limites de l'aquifère	$m = m_0$	52,02
☐	Cavité proche du substratum imperméable avec $H \leq H_w$		
☐	Cavité proche de la surface du sol avec nappe sous le sol		
☐	Cavité proche du substratum imperméable avec sol situé sous la nappe		
☐	Cavité proche de la surface du sol situé sous la nappe		

Facteur de forme retenu = 52,02

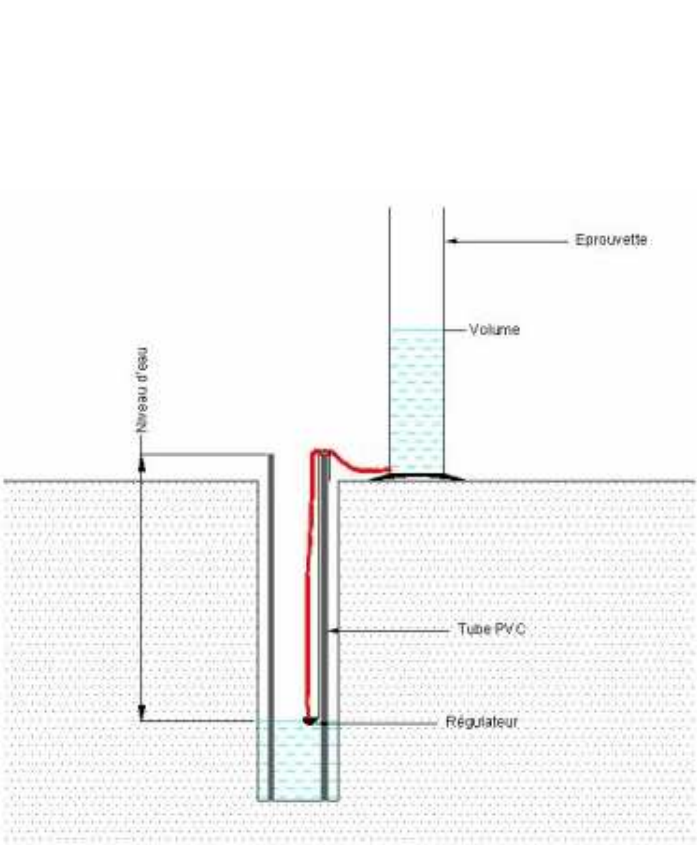
LEFRANC

Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol) HT = 0,500 m
Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 10,770 m
Distance du sol au bas de la poche Hcb = 12,350 m
Distance du sol au haut de la poche Hch = 10,000 m

Diamètre de la cavité Bc = 0,067 m
Distance du milieu de la poche au substratum imperméable H =

LA VALETTE DU VAR Avenue Anatole France		Mesure de perméabilité	
Altitude Z		Porchet 1 de 0,65 m à 0,8 m	
NGF		SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 04/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière =	0,114 m
Profondeur essai =	0,800 m
Prof. niveau / sol =	0,650 m

Volume injecté en 10 mn = 0,1 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 3,0E-06 m/s

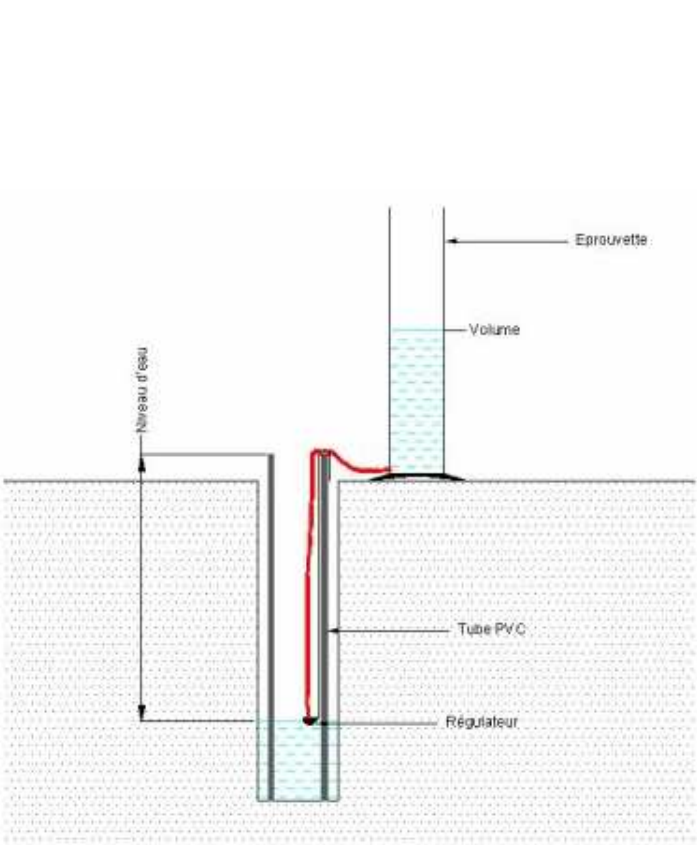
Soit K = 10,9 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR Avenue Anatole France		Mesure de perméabilité	
Altitude Z		Porchet 2 de 0,65 m à 0,8 m	
NGF		SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 04/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière = 0,114 m
Profondeur essai = 0,800 m
Prof. niveau / sol = 0,650 m

Volume injecté en 10 mn = 8,3 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 2,2E-04 m/s

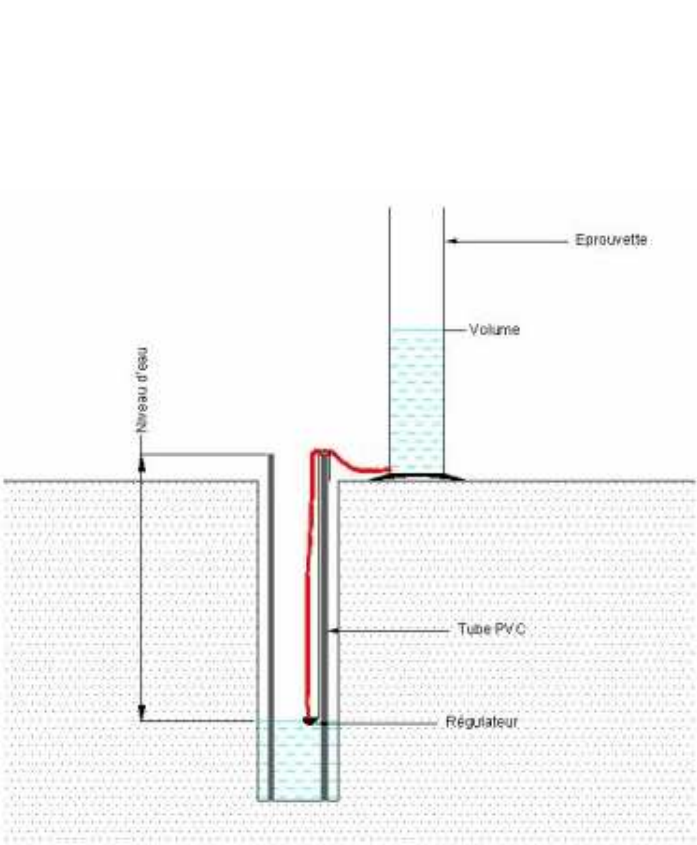
Soit K = 782,1 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	$< 10^{-7}$	$10^{-7} \text{ à } 10^{-6}$	$10^{-6} \text{ à } 10^{-5}$	$10^{-5} \text{ à } 10^{-4}$	$> 10^{-4}$
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR Avenue Anatole France		Mesure de perméabilité	
Altitude Z NGF		Porchet 3 de 0 m à 0,8 m	
SEI n°: SOLA-D24-0035		Date : 06/03/24	

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière = 0,114 m
Profondeur essai = 0,800 m
Prof. niveau / sol = 0,000 m

Volume injecté en 10 mn = 0,2 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 1,1E-06 m/s

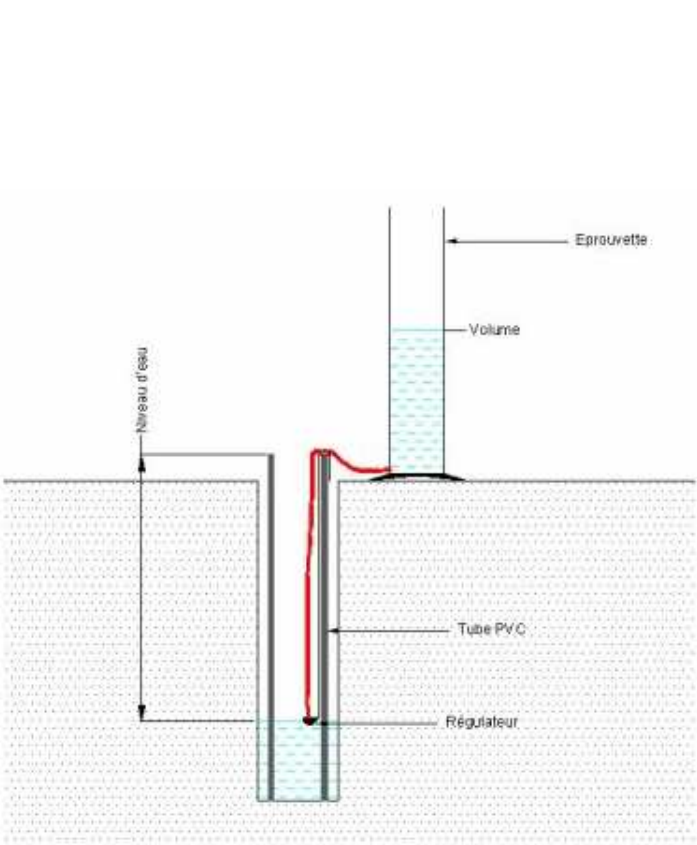
Soit K = 4,0 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR		Mesure de perméabilité	
Avenue Anatole France		Porchet 4 de 0,65 m à 0,8 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 06/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière = 0,114 m
Profondeur essai = 0,800 m
Prof. niveau / sol = 0,650 m

Volume injecté en 10 mn = 0,4 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 1,2E-05 m/s

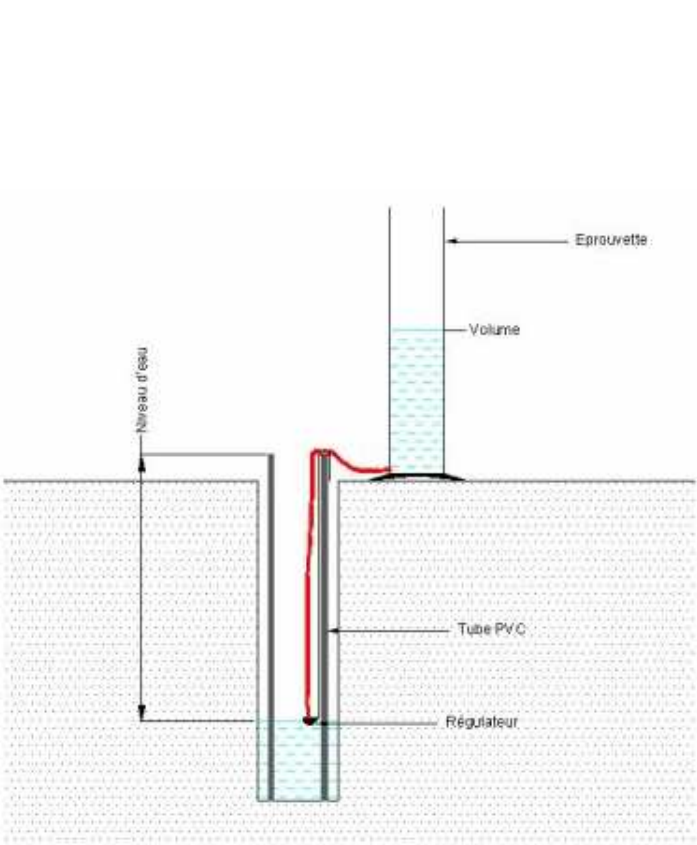
Soit K = 41,4 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR		Mesure de perméabilité	
Avenue Anatole France		Porchet 5 de 0,65 m à 0,8 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 06/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière =	0,114 m
Profondeur essai =	0,800 m
Prof. niveau / sol =	0,650 m

Volume injecté en 10 mn = 0,3 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 6,9E-06 m/s

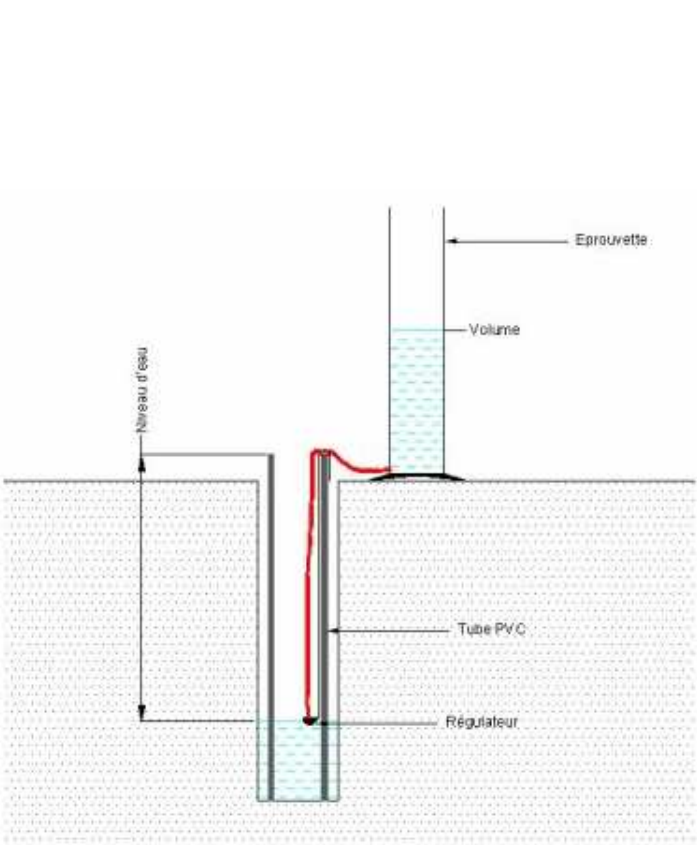
Soit K = 24,8 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR		Mesure de perméabilité	
Avenue Anatole France		Porchet 6 de 0,65 m à 0,8 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 07/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière =	0,114 m
Profondeur essai =	0,800 m
Prof. niveau / sol =	0,650 m

Volume injecté en 10 mn = 0,1 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 3,5E-06 m/s

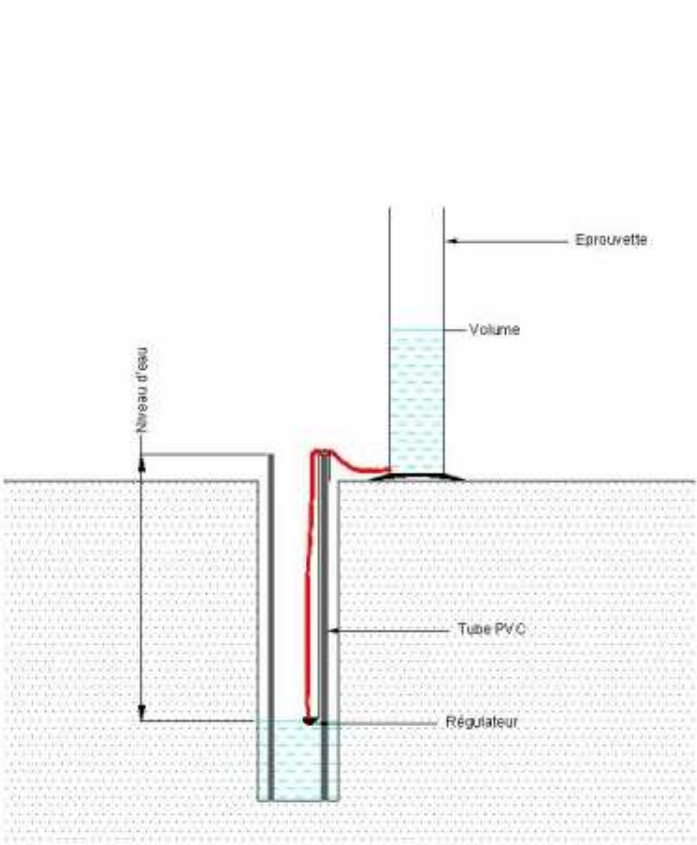
Soit K = 12,5 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR Avenue Anatole France		Mesure de perméabilité Porchet 7 de 0 m à 0,8 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 11/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière =	0,114 m
Profondeur essai =	0,800 m
Prof. niveau / sol =	0,000 m

Volume injecté en 10 mn = 0,03 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 1,7E-07 m/s

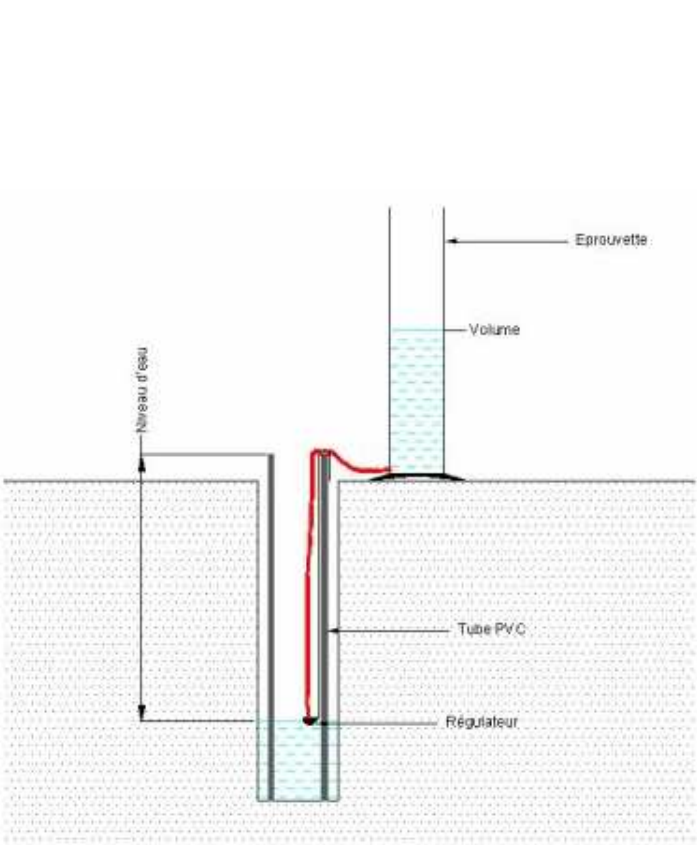
Soit K = 0,6 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

LA VALETTE DU VAR		Mesure de perméabilité	
Avenue Anatole France		Porchet 8 de 0,65 m à 0,8 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D24-0035	Date : 11/03/24

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière =	0,114 m
Profondeur essai =	0,800 m
Prof. niveau / sol =	0,650 m

Volume injecté en 10 mn = 0,002 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

K = 5,2E-08 m/s

Soit K = 0,2 mm/h

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	> 10 ⁻⁴
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable