SÉMOFI



PROJET DE CONSTRUCTION D'UN COLLEGE

Avenue de la Provence/Chemin des Thermes

13110 PORT-DE-BOUC

DEPARTEMENT DES BOUCHES-DU-RHONE

DGAET DAC Service Construction Collèges

52, avenue de Saint Just

13256 Marseille Cedex 20

Missions G1 ES, PGC et G2 AVP

Réf Semofi	Date	Phase	Type	Indice	Pièce
C22-17406	**04/06/2024**	**G2 AVP**	**RPT**	**C**	**01**

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Rédacteur	Superviseur	Approuvé par
C	30/06/2024	Mise à jour suite aux remarques de la maîtrise d'œuvre	Mme M. POCHET et M. R. EICHINGER	M. J. HAKKAR	M. G. CASADO
B	29/05/2024	Mise à jour suite aux échanges avec la maîtrise d'œuvre et d'ouvrage et à l'issu du suivi piézométrique			
A	30/06/2023	Rapport définitif – diffusion après relecture interne			
A0	26/06/2023	Relecture interne			

Nombre de pages 57 + 8 Annexes

GRILLE DE REVISION

REVISION PAGE	A	B	C	D	REVISION PAGE	A	B	C	D
1	X	X			35	X			
2	X	X			36	X	X		
3	X	X			37	X			
4	X	X			38	X			
5	X	X			39	X			
6	X				40	X			
7	X				41	X			
8	X				42	X			
9	X				43	X	X		
10	X				44	X			
11	X				45	X			
12	X				46	X	X		
13	X				47	X	X		
14	X				48	X		X	
15	X				49	X			
16	X				50	X			
17	X				51	X			
18	X				52	X			
19	X				53	X			
20	X				54	X			
21	X				55	X			
22	X				56	X	X		
23	X	X			57	X			
24	X	X			Annexe 1	X			
25	X				Annexe 2	X			
26	X				Annexe 3	X			
27	X				Annexe 4	X	X		
28	X	X			Annexe 5	X			
29	X	X			Annexe 6	X			
30	X				Annexe 7	X			
31	X	X			Annexe 8	X			
32	X	X							
33	X	X							
34	X								

RESUME SYNOPTIQUE

Référence SEMOFI :	**C23-17406**	
Maître d'Ouvrage :	**Département des Bouches-du-Rhône**	
Projet :	Projet de construction d'un collège	
Mission confiée à SEMOFI :	**Etude géotechnique de conception G2 Phase AVP**	
Autres missions associées :	Note hydrogéologique	
Adresse :	Avenue de la Provence/Chemin des Thermes, 13110 Port-de-Bouc	
Contexte particulier :	-	
Reconnaissances réalisées :	7 sondages pressiométriques de 10 et 15m de profondeur, 2 sondages piézométriques de 3 et 6m, 1 sondage carotté de 8m, 6 sondages à la pelle mécanique, 3 essai de perméabilité à la fosse MATSUO.	
Conditions et risques géotechniques :		**Niveau du risque estimé**
Géologie	Substratum altéré (C1), Bégudien (C2).	
Aléas géotechniques	Risque de retrait-gonflement en aléa fort dans les formations à l'affleurement. Présence d'une potentielle nappe collinaire à faible profondeur	
Principes de construction :		
Fondation	**Collège** : Fondations superficielles de type semelles isolées reliées de longrines et/ou filantes, voire semi-profondes et/ou profondes localement **Logements de fonction** : Fondations superficielles de type semelles isolées reliées de longrines et/ou filantes	
Plancher bas	**Collège :** Dalle portée **Logements de fonction** : Dalle portée	
Terrassements/Soutènements	Talutage accompagné d'une gestion des eaux	
Recommandations :	Cette mission devra être accompagnée d'une Mission d'Etude Geotechnique de conception G2PRO à réaliser préalablement à l'établissement du DCE. Selon l'enchaînement des missions, les études géotechniques d'exécution doivent être établies dans le cadre d'une mission G3 à la charge de l'entreprise ; parallèlement le Maître d'Ouvrage devra confier à un géotechnicien une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution.	
Ce résumé synoptique présente succinctement le contexte géotechnique du projet, les solutions préconisées et les principaux risques associés. **Il convient de se référer impérativement au corps du rapport pour la conception du projet, le dimensionnement des ouvrages géotechniques et leur exécution.**		

SOMMAIRE

1 GENERALITES 6

1.1 DEFINITION DE L'OPERATION 6
1.2 DOCUMENTS FOURNIS ET UTILISES 6
1.3 DEFINITION DU PROJET 7
1.3.1 Description des ouvrages 7
1.3.2 Catégorie d'ouvrage 9

2 ETUDE DE SITE (G1 ES) 10

2.1 CONTEXTE DE SITE 10
2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE 13
2.3 ALEAS NATURELS POTENTIELS AU DROIT DU SITE 15

3 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES 18

3.1 PROGRAMME D'INVESTIGATIONS 18
3.2 RESULTATS DES INVESTIGATIONS 19
3.2.1 Facies et description lithologique 19
3.2.2 Paramètres géomécaniques 21
3.2.3 Hydrogéologie 22
3.2.4 Essais en laboratoire 25

4 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC) 28

4.1 ANALYSE DES ALEAS GEOTECHNIQUES ET DE LA ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG) 28
4.2 ADAPTATION DU PROJET AU SITE ET AU SOL 29
4.2.1 Discussion vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles 29
4.2.2 Discussion vis-à-vis du risque sismique 30
4.2.3 Système de fondation 31
4.2.4 Soutènement 33
4.2.5 Conditions de terrassements 33
4.2.6 Niveau bas 34

5 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES (G2 AVP) 35

5.1 PREAMBULE 35
5.2 NORMES ET REGLEMENTS 35
5.3 MODELE GEOTECHNIQUE DE CALCUL 35
5.4 FONDATIONS SUPERFICIELLES 36
5.4.1 Collège 36
5.4.2 Logement de fonction 38
5.4.3 Zone de mitoyenneté 40
5.4.4 Sujétions d'exécution des fondations superficielles 40
5.5 TERRASSEMENTS/SOUTENEMENT 41
5.5.1 Excavation 41
5.5.2 Réutilisation des matériaux du site 41
5.5.3 Mise hors d'eau de la fouille 43
5.5.4 Traficabilité en phase chantier 44
5.5.5 Mode de soutènement 45
5.6 PROTECTION CONTRE L'EAU DES NIVEAUX ENTERRES 47
5.6.1 Niveaux de nappes 47
5.6.2 Protection de l'infrastructure 47
5.7 ETUDE DES ZONES DE VOIRIE 48
5.7.1 Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase 48
5.7.2 Couche de forme 49
5.7.3 Structure de chaussée 49
5.8 ETUDE DE LA COUR DE RECREATION 50
5.8.1 Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase 50
5.8.2 Couche de forme 50

5.8.3 Structure de chaussée 51
5.9 ETUDE DU PLATEAU SPORTIF 51
5.9.1 Terrassements 52
5.9.2 Zone carrossable 52
5.9.3 Piste d'athlétisme et terrains sportifs 54
5.10 APTITUDE A L'INFILTRATION 55
5.11 INCERTITUDES GEOTECHNIQUES RESIDUELLES 56

1 GENERALITES

1.1 Définition de l'opération

Références	Désignations
Devis : P22-31519 VB Ordre de service signé le 30/03/2023 Demandeur : Département des Bouches-du-Rhône Mandataire : SEMOFI	Projet : Projet de construction d'un collège Lieu : Avenue de la Provence/Chemin des Thermes, 13110 Port-de-Bouc

Tableau 1 : Définition de l'opération

Cette mission constitue une étude géotechnique de conception **G2 phase AVP** au sens de la norme NF 94-500 (Missions Géotechniques Type - Révision novembre 2013 présentées en annexe).

Nota : Une ébauche dimensionnelle est établie à partir des résultats de la phase AVP d'une étude géotechnique de conception (G2). Elle donne des ordres de grandeur des caractéristiques dimensionnelles envisageables, ainsi qu'un premier aperçu des sujétions géotechniques d'exécution. Elle ne permet pas le dimensionnement d'un projet.

1.2 Documents fournis et utilisés

Dans le cadre de l'étude, les documents suivants ont été fournis :

Suivi	Référence	Auteur	Date	Information
[1]	Panneaux_présentation_projet	-	-	Plan de Masse & Coupe Paysagère Projet
[2]	230301_BG_PORT DE BOUC_CDC GEOTECH_01	Bollinger+Grohmann	01/03/2023	Géotechnique – Cahier des charges de mission G2 AVP et G2 PRO Indice 1
[3]	Rapport G1 PGC ind2 CAI2.F.137	GINGER CEBTP	05/10/2016	Étude géotechnique préalable Phase Principes Généraux de Construction – G1 PGC CAI2.F.137-02

Tableau 2 : Documents fournis dans le cadre de l'étude

En complément, les documents suivants ont été utilisés pour mener à bien cette étude :

Suivi	Référence	Auteur	Echelle	Information
[a]	Carte géologique d'Istres	BRGM	1/50 000ème	Informations relatives au contexte géologique

Tableau 3 : Documents utilisés pour l'étude

1.3 Définition du projet

1.3.1 Description des ouvrages

Dans le cadre du projet de construction d'un collège, au droit d'une parcelle d'environ 1,6 hectares, le Département des Bouches-du-Rhône souhaite réaliser une étude géotechnique afin de statuer sur les possibilités des futurs aménagements du site.

Le projet prévoit la création d'un bâtiment de type R+1 avec un niveau de sous-sol semi-enterré. Le niveau RDC sera aussi en partie amont semi-enterré.

Le projet s'inscrit dans la pente du terrain, dont le dénivelé est d'une dizaine de mètres d'Est en Ouest sur l'emprise des bâtiments :

- le plateau bas accueille en R-1 la salle polyvalente, et le plateau sportif extérieur ;
- le plateau intermédiaire en partie encaissée dans le terrain comprend les espaces d'accueil, accompagnement et enseignement scolaire sur deux niveaux RDC et R+1, et inclue la cour de récréation et le préau du collège ;
- les logements de fonction, séparés du bâtiment principal, sont localisés sur le plateau haut, situé en fond de parcelle.

Le bâtiment principal en R+1 avec un niveau semi-enterré s'étale sur une emprise rectangulaire de 6500m² environ (95x68m), avec au centre de l'enceinte une cour de 2270m² (35x66m). Il comprend également un préau de 560m² abrité par une structure habitée franchissant 35m de portée (treillis acier ou poutre voile béton armé).

Le niveau R-1 comprend un mur de soutènement d'une hauteur de 6m à l'arrière de la salle polyvalente et comprend aussi des porteurs verticaux (voiles) supportant les charges ponctuelles importantes aux appuis du pont habité au-dessus.

Deux murs de soutènement de type gabion sont également prévus à l'angle Sud-Est et à l'angle Nord-Est de la salle polyvalente.

Les zones de projet sont actuellement inoccupées et fortement boisées.



Figure 1 : Localisation des ouvrages

Les niveaux de rez-de-chaussée sont attendus à environ 56,0 m NGF et le niveau du sous-sol semi-enterré à environ 49,8 m NGF.

Le dimensionnement des voiries poids lourds ne sera pas étudié dans le cadre de cette étude.

Au stade avant-projet de l'étude, les descentes de charges ne nous ont pas été communiquées, cette étude conservera un caractère général. Elle sera affinée dans le cadre de la mission de conception G2 PRO, suivant l'enchaînement des missions géotechniques recommandées par la norme NF P 94-500 de novembre 2013.

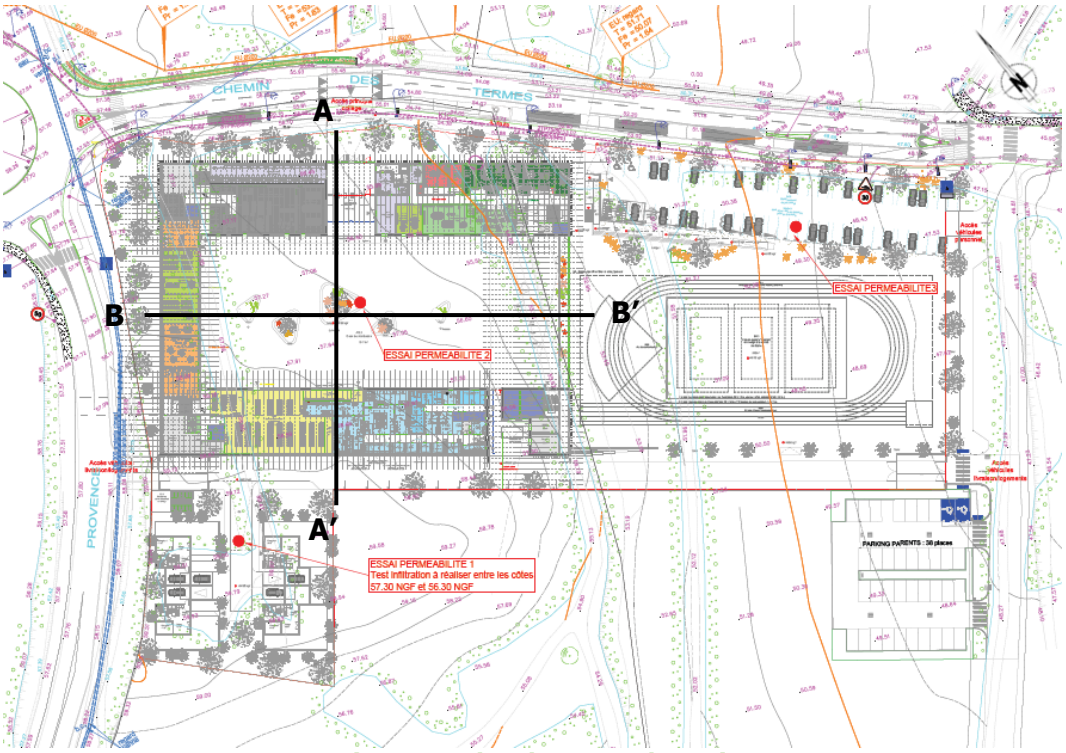


Figure 2 : Plan de masse du projet



Coupe AA - 1/200

Figure 3 : Coupe de projet AA



Coupe BB - 1/200

Figure 4 : Coupe de projet BB

1.3.2 Catégorie d'ouvrage

A défaut d'indication du Maître d'Ouvrage, nous proposons de retenir (en référence à la norme NF EN 1997-1 et son annexe nationale) :

- Une classe de conséquences CC2,
- Un ouvrage de catégorie géotechnique 2,
- Un ouvrage de durée d'utilisation de projet 4 (50 ans, structures courantes de génie civil et de bâtiments).

La catégorie d'ouvrage devra être confirmée par le Maitre d'Ouvrage au stade PRO.

2 ETUDE DE SITE (G1 ES)

2.1 Contexte de site

Le site étudié se trouve sur la commune de Port-de-Bouc, dans le département des Bouches-du-Rhône (13), au Nord de la commune.

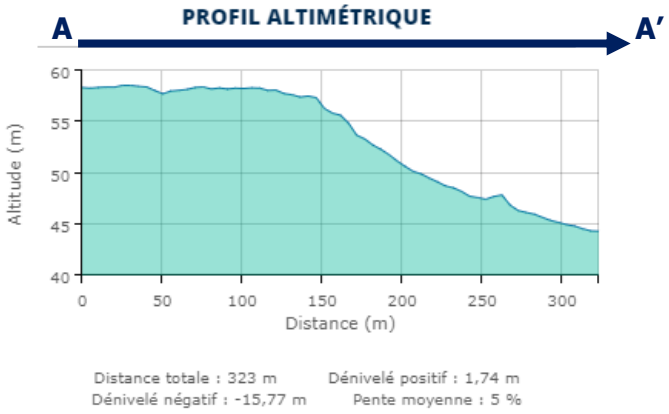
Plus précisément, le projet est localisé au droit des parcelles cadastrale n°1 et 44 de la section AP, à l'intersection entre l'Avenue de la Provence et le Chemin de Thermes.

D'un point de vue géomorphologique, le site se trouve dans un contexte de versant en direction vers le Sud-Est. Le secteur présente quelques cours d'eau temporaire ainsi que des bassins. Le bassin le plus proche se trouve à 230m au Nord-Est de la parcelle et semble artificiel.

A l'échelle du site, la topographie est généralement plane en partie amont, sur la moitié Nord-Ouest de la parcelle (pente <5%) et est pentée en partie aval, sur la moitié Sud-Ouest (pente ≈10%). Les cotes altimétriques varient entre 47,0 et 60,0 m NGF environ.



Figure 5 : Localisation du site



Distance totale : 323 m Dénivelé positif : 1,74 m
Dénivelé négatif : -15,77 m Pente moyenne : 5 %

Figure 6 : Profil altimétrique

La zone d'étude présente donc un « plateau » en partie amont accueillant les logements de fonction et l'essentielle du bâtiment principal du collège et la partie basse, aujourd'hui pentée accueillera le niveau de sous-sol semi-enterré et le plateau sportif.

Le projet ne présentera pas de mitoyen.

Nous présentons ci-dessous un résumé sommaire du contexte historique dans lequel se place le projet.

Les premières photographies aériennes du site datent de 1935 et mettent en évidence une occupation boisée de la partie amont et une occupation agricole de la partie aval de la zone de projet.



Figure 7 : Photographie aérienne de 1935

Les photographies aériennes de 1977 semblent indiquer que l'occupation du site demeure inchangée, mais que la chaussée de l'Avenue de la Provence, bordant la parcelle au Nord-Ouest, est aménagée.



Figure 8 : Photographie aérienne de 1977

Les photographies aériennes de 1980, semblent indiquer d'un déboisement de la partie amont a été réalisé. L'occupation de la partie aval, demeure quant à elle agricole.

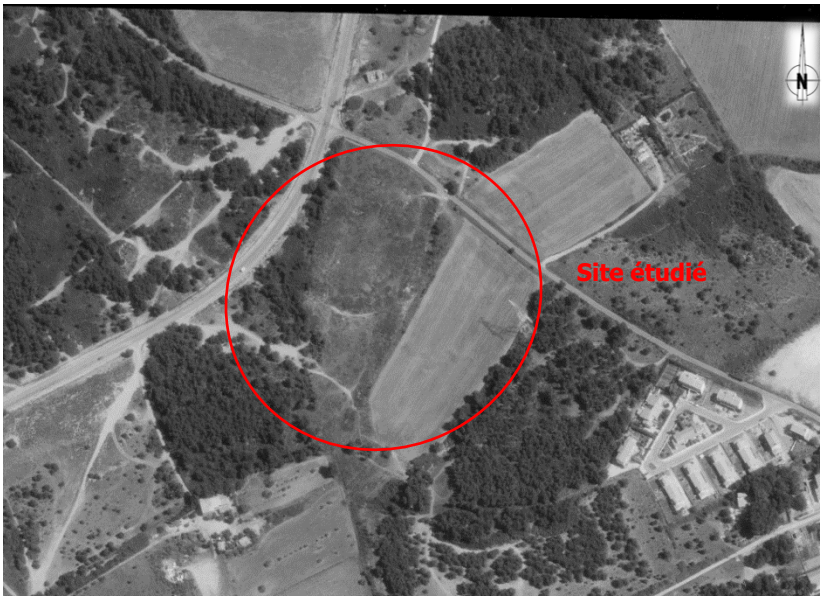


Figure 9 : Photographie aérienne de 1980

Les photographie aériennes de 1996, mettent en évidence que la partie aval, jusqu'alors d'occupation agricole devient boisée. La partie amont, semble quant à elle être de nouveau végétalisée. Des chemins sont également apparus au droit de la parcelle.



Figure 10 : Photographie aérienne de 1996

Depuis, l'occupation de la parcelle ne semble pas avoir évoluée significativement, la végétation s'y est cependant développée. La rue Armand Guigue, qui borde la parcelle au Sud-Est a également été aménagé.



Figure 11 : Photographie aérienne actuelle

D'après les réponses des concessionnaires (DICT), un réseau d'eau potable borde la parcelle au Nord-Ouest. Il conviendra de rester vigilent en limite de parcelle et au droit des voiries où des réseaux peuvent être attendus (et non répertoriés par les concessionnaires).

Il faudra tenir compte de la présence des réseaux/concessionnaires existants à ce jour lors du phasage et de la réalisation des travaux. Il conviendra de prendre en compte l'existence des réseaux au droit de la parcelle d'étude et aux abords immédiats pour ne pas les endommager. L'Entreprise devra prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas les dégrader lors de la réalisation des fondations projetées des futurs bâtiments.

2.2 Contexte géologique et hydrogéologique

D'après notre connaissance du secteur et la carte géologique 1/50 000e de Istres, le site se localise au droit une succession de collines miocènes qui s'allonge en bordure de l'étang de Berre et du golfe de Fos.

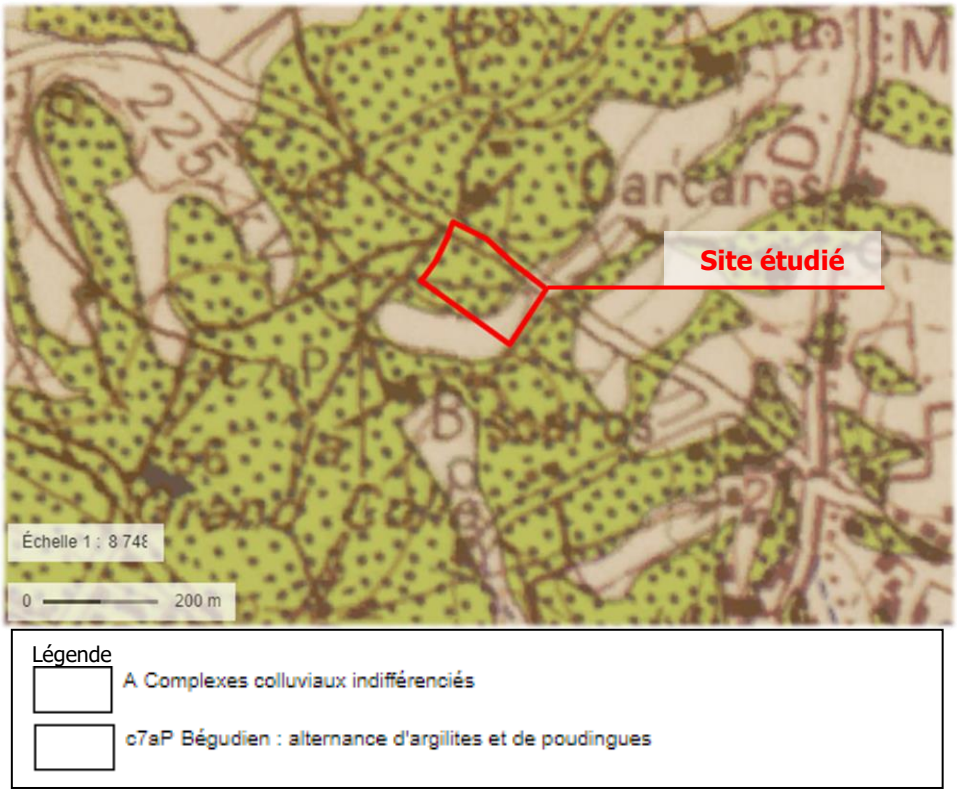


Figure 12 : Extrait de carte géologique au 1/50 000, feuille Istres

D'après la carte géologique au 1/50 000e et notre connaissance du secteur, les terrains intéressés par le projet sont représentés par les formations géologiques suivantes (du haut vers le bas) :

- Remblais anthropique (X) et éventuelles terres végétales,
- Colluvions (A),
- Alternance d'argilites et de poudingues du Bégudien (c7aP).

D'après le contexte et la carte géologique au 1/50 000e, une venues d'eau de faible débit peuvent être attendue dans la zone d'altération superficielle du Bégudien ou des bancs conglomératiques sub-affleurants. De plus, des circulations d'eau superficielles peuvent être attendues dans les formations de surface à la faveur des épisodes pluvieux.

Par ailleurs la carte IGN de 1950, semblent indiquer la présence de plusieurs puits dans le secteur ainsi que des circulations superficielles temporaires à l'aval du site (cours d'eau temporaire, sources, etc.).

Ces cours d'eau temporaires pourraient être les exutoires des circulations du secteur et joueraient un rôle de drain naturel.

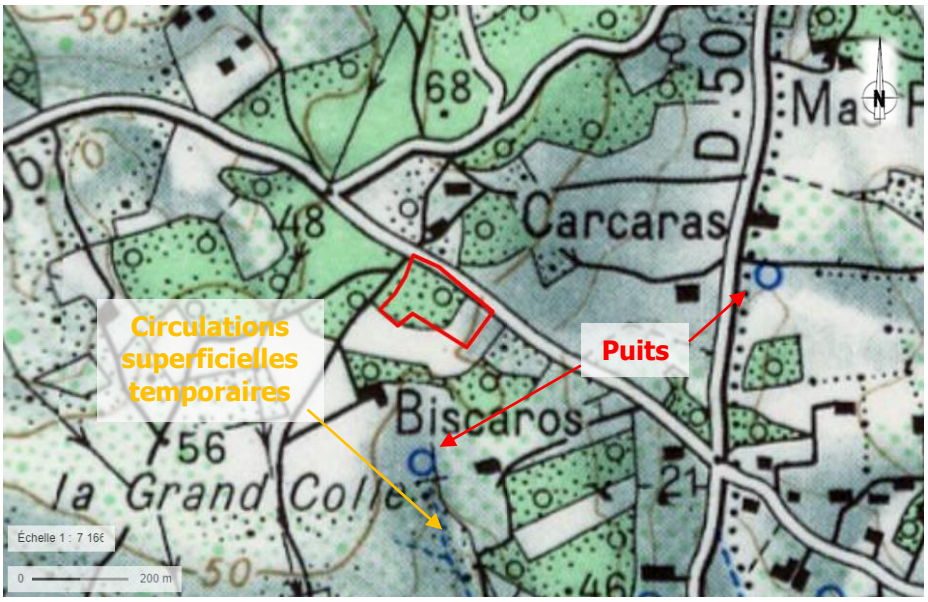


Figure 13 : Extrait de la carte IGN de 1950

Nous pouvons donc nous attendre à rencontrer au droit du site une potentielle nappe collinaire ainsi que des circulations superficielles pouvant suivre des chemins préférentiels d'écoulement et qui pourront dépendre des conditions météorologiques.

2.3 Aléas naturels potentiels au droit du site

L'ensemble des aléas géotechniques potentiellement présent sur site est présenté dans le tableau suivant :

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires	Source
Cavités	Carrières souterraines	Non concerné	-	*Carte géologique au 1/50.000* Cartes historiques
	Carrières à ciel ouvert		-	*www.géorisques.gouv.fr* Dossier départemental des risques majeurs de Gironde
Mouvement de terrain	Glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion	Non concerné	-	*www.géorisques.gouv.fr* Dossier départemental des risques majeurs de Gironde
	Retrait-gonflement des argiles	Aléa fort	6 arrêtés portant reconnaissance de catastrophe naturelle entre 2000 et 2018. Site au droit d'une zone faiblement à moyennement exposée d'après le zonage règlementaire du PPR approuvé sur la commune en 2010.	*www.géorisques.gouv.fr* Dossier départemental des risques majeurs de Gironde
Aléa sismique	Sismique	Aléa moyen	Zone de sismicité 3 (modéré)	*Zonage sismique de la France (version 2011).*
Inondations	Inondation et coulées de boue par ruissellement en secteur urbain	Potentiellement concerné	6 arrêtés portant reconnaissance de catastrophe naturelle entre 1982 et 2015.	*www.géorisques.gouv.fr* Dossier départemental des risques majeurs de Gironde

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires	Source
	Inondations par remontée de nappe	Non concerné	-	*Cartographie établie par le BRGM* Dossier départemental des risques majeurs de Gironde
	Inondations par crue	Non concerné	-	*www.géorisques.gouv.fr* Dossier départemental des risques majeurs de Gironde

Tableau 4 : Synthèse des aléas géotechniques

- **Risque de poches d'eaux et de circulation superficielles**

Le site prend place en contexte de plaine, des circulations superficielles sont donc attendues sur la parcelle.

De plus, les passées sablo-graveleuses potentiellement présentes au sein des colluvions peuvent jouer un rôle de nappe perchées plus ou moins importante.

Il sera donc nécessaire de prévoir une bonne gestion des eaux en phase travaux.

- **Risque lié au retrait-gonflement**

D'après la cartographie du BRGM, le site se place au droit d'une zone **d'aléa fort** vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

La commune est de plus, soumise à un PPR Tassement différentiel qui a été approuvé le 08/02/2010 et qui place le site au droit d'une zone faiblement à moyennement exposée au risque.



Figure 14 : Extrait du zonage du risque vis-à-vis des phénomènes de retrait-gonflement des argiles

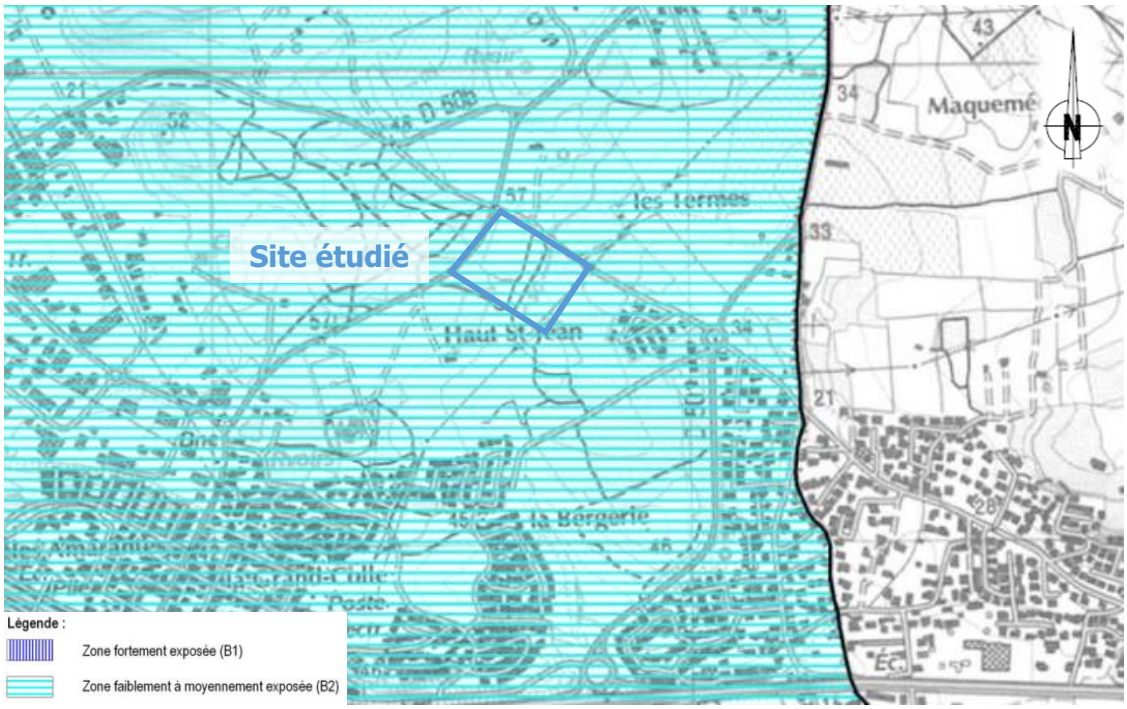


Figure 15 : Extrait du zonage règlementaire du PPR approuvé sur la commune

- **Risque sismique**

Le zonage sismique français en vigueur depuis le 1er mai 2011 est défini dans les décrets n°2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, et codifiés dans les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement.

D'après ce zonage, le projet se trouve en zone de sismicité 3 (sismicité modérée).

La catégorie d'importance du bâtiment étant III (selon les informations transmises par la maitrise d'œuvre), l'application de l'Eurocode 8 sera donc obligatoire lors du dimensionnement de l'ouvrage.

Les règles de construction parasismique sont applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » (arrêté du 22 octobre 2010).

3 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

3.1 Programme d'investigations

Les investigations géotechniques se sont déroulées le 18 avril et du 27 avril au 9 mai 2023. Le programme d'investigation est conforme au programme de base proposé dans le devis P22-31519 VB. La campagne a donc consisté en la réalisation des investigations suivantes :

Sondage	Type	Prof. [m/TN]	Coordonnées de sondage			Essais/Remarques
			X	Y	Z [m NGF]	
SP1	Sondage destructif avec essais pressiométriques	10,0	1861604.886	3137725.086	59,9	6 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SP2		15,0	1861629.888	3137762.699	57,84(2)	9 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SP3		10,0	1861657.351	3137804.832	57,2	6 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SP4		15,0	1861685.439	3137781.728	57,0(2)	9 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SP5		9,5	1861656.507	3137742.681	58,6	6 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SP6		10,0	1861692.659	3137723.869	56,8	6 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SP7		14,3	1861720.333	3137764.792	54,7(1)	9 essais pressiométriques à partir de 1,5m/TN
SC1	Sondage carotté	8,0	1861707.953	3137743.265	55,1(1)	-
PZ1	Sondage destructif équipé en piézomètre	6,0	1861699.776	3137748.573	56,0	Crépiné entre 4,0 et 6,0m
PZ2		2,5	1861717.547	3137737.615	54,4(2) attendu ≈53,4	Crépiné entre 1,0 et 3,0m
PZ3		8,0	-	-	56,2	Crépiné entre 3,0 et 8,0m
M1	Sondage à la pelle mécanique	0,7	1861676.320	3137765.263	58,1(2)	Essai à la fosse entre 0,1 à 0,7m/TN
M2		1,2	1861623.235	3137733.672	59,4(2)	Essai à la fosse entre 0,4 à 1,2m/TN
M3		1,2	1861768.779	3137726.039	49,3(2)	Essai à la fosse entre 0,7 et 1,2m/TN
PM1		1,2	1861749.787	3137746.017	51,1	-
PM2		1,6	1861770.319	3137699.407	50,2(3)	-
PM3		1,5	1861721.495	3137715.982	52,8	-
PM4		1,4	1861738.307	3137678.986	50,5(2)	-
PM5		2,1	1861746.228	3137644.113	50,0(3)	-

PM6		0,5	1861670.156	3137723.256	58,4	-

(1) Valeur présentant une incertitude comprise entre 0,5 et 1,0 m
(2) Valeur présentant une incertitude comprise entre 1,0 et 2,0 m
(3) Valeur présentant une incertitude de plus de 2,0 m

Tableau 5 : Programme d'investigations géotechniques

Les sondages ont été réalisés depuis le niveau du terrain naturel au moment de nos investigations, la profondeur est donnée par rapport à ce référentiel (en m/TN). Un schéma d'implantation des sondages est fourni en annexe.

Les niveaux altimétriques des sondages ont été levés à partir d'un GPS topographique. Les coordonnées des sondages sont jointes en annexe. Il est important de noter que compte tenu du fort boisement de la parcelle, certains des levés GPS présentent de fortes incertitudes.

Le programme des essais en laboratoire est récapitulé dans le tableau suivant :

Sondage	Teneur en eau	Granulométrie	VBS	Proctor + IPI	Triax CU+U	Gonflement	Agressivité sols/béton	Agressivité nappe/béton
PM2	1	1	1	1	-	1	-	-
PM3	1	1	1	-	-	-	1	-
SC1	1	1	1	-	1	-	-	-
PZ1-PZ2	-	-	-	-	-	-	-	1

Tableau 6 : Programme des essais en laboratoire

3.2 Résultats des investigations

Préambule : Les paragraphes ci-dessous ont pour but d'établir une synthèse de l'ensemble des résultats des investigations. Les valeurs géomécaniques déduites ne constituent pas nécessairement les valeurs caractéristiques à retenir dans le cadre de l'ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques.

3.2.1 Facies et description lithologique

L'ensemble des investigations géotechniques réalisées dans le cadre du projet, a permis de caractériser les formations géologiques, dont la succession lithologique, de haut en bas, est la suivante :

- **C1 – Substratum altéré :** constitué de matériaux issus de l'altération du substratum sous-jacent, sous un horizon de terre végétale, généralement de nature limono-argileux et argilo-sablo-graveleuse brun, beige, orangée à rosée. Cet horizon a été reconnu sur tous les sondages jusqu'à des profondeurs comprises entre 0,5 et 2,0 m/TN soit des cotes altimétriques comprises entre 59,4 m NGF environ à l'amont et 48,1 m NGF environ à l'aval. Ces terrains peuvent présenter des caractéristiques hétérogènes et des variations d'épaisseur importantes et brutales compte tenu de leur origine. La présence de circulation d'eau anarchique au sein de cette formation est possible, en relation avec les conditions météorologiques. A noter que des poches locales présentant des surépaisseurs brutales non mises en évidence par nos sondages ponctuels restent possibles. Des débris d'origine anthropique pourront également être rencontrés ;
- **C2 – Alternance d'argilites et poudingues du Bégudien :** constituées d'argiles plus ou moins sableuse et/ou graveleuses, de graves et graviers dans un matrice argilo-

sableuse plus ou moins abondantes, de sable graveleux, de poudingues altéré, d'argilites altérées et d'argilites saines. Cet horizon, qui constitue le substratum, a été reconnu sur la majorité des sondages jusqu'à des profondeurs comprises entre 1,2 et 15,0 m/TN soit des cotes altimétriques comprises entre 58,2 et 40,4 m NGF environ (limite des investigations). La présence de passage très sableux et/ou graveleux, est possible au sein de cette formation comme reconnu au droit du sondage M2, PM5 et PM6 notamment. A noter que compte-tenu du mode de dépôt de ces matériaux, des variations latérales de faciès et d'épaisseur peuvent être attendues.

Le tableau suivant récapitule les profondeurs, en m/TN et m NGF, la base des sols de formations rencontrées au droit des sondages réalisés dans le cadre de cette campagne.

Couche	SP1		SP2		SP3		SP4		SP5	
	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
TN	0,0	59,9	0,0	57,8	0,0	57,2	0,0	57,0	0,0	58,6
C1	0,5	59,4	1,2	56,6	1,4	55,8	1,6	55,4	1,8	56,8
C2	10,0*	49,9*	15,0*	42,8*	10,0*	47,2*	15,0*	42,0*	9,5*	49,1*
Couche	**SP6**		**SP7**		**SC1**		**PZ1**		**PZ2**	
	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
TN	0,0	56,8	0,0	54,7	0,0	55,1	0,0	56,0	0,0	54,4
C1	2,0	54,8	1,2	53,5	2,0	53,1	0,8	55,2	1,0	53,4
C2	10,0*	56,8*	14,3*	40,4*	8,3*	46,8*	6,0*	50,0*	2,5*	51,9*
Couche	**M1**		**M2**		**M3**		**PM1**		**PM2**	
	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
TN	0,0	58,1	0,0	59,4	0,0	49,3	0,0	51,1	0,0	50,2
C1	0,7*	57,4*	0,4	59,0	1,2*	48,1*	1,2*	49,9*	1,6*	48,6*
C2	-	-	1,2*	58,2*	-	-	-	-	-	-
Couche	**PM3**		**PM4**		**PM5**		**PM6**			
	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF		
TN	0,0	52,8	0,0	50,5	0,0	50,0	0,0	58,4		
C1	1,5*	51,3*	1,4*	49,1*	0,3	49,7	0,4	58,0		
C2	-	-	-	-	2,1*	47,9*	0,5*	57,9*		

**Limite des investigations*

Tableau 7 : Profondeurs des sols de formations rencontrées

Nota : la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. Seul le mode de forage par carottage permet une reconnaissance précise des interfaces.

Pour rappel, les profondeurs suivantes ont été observées lors des premières investigations réalisées par GINGER CEBTP [3] :

Sondages	Toit de l'horizon H1	Toit de l'horizon H2
	m/TN	m/TN
Parcelle n°1 section AP		
SP1	(*)	1,5
SP2	(*)	1,0
SP3	(*)	1,8
SP4	(*)	0,6
SP5	(*)	0,5
PU1	0,5	1,5
PU2	0,45	1,6
PU3	0,4	1,7
PU4	0,4	0,9
PU5	0,5	2,0
PU6	Non rencontré	0,3
Parcelle n°8 section AP		
SP6	(*)	2,0
SP7	(*)	2,6
PU7	≈0,1	0,7
PU8	≈0,1	2,0
PU9	≈0,1	2,5

Figure 16 : Profondeur des horizons reconnus par GINGER CEBTP

L'horizon H1 reconnu dans le cadre de la mission de GINGER CEBPT, semble correspondre à l'horizon de substratum altéré (C1) reconnu dans le cadre de nos investigations. Et l'horizon H2, identifié comme étant le substratum semble également correspondre à l'horizon C2 appartenant au Bégudien.

3.2.2 Paramètres géomécaniques

Les sondages pressiométriques réalisés permettent de caractériser mécaniquement les formations identifiées précédemment.

Horizon	**Nb d'essai**	**Pression Limite Pl*** [MPa]			**Pression fluage Pf** [MPa]			**Module pressiométrique E_M** [MPa]		
		Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
C1 – Substratum altéré	2	1,7	2,0	**1,9**	1,5	1,6	**1,5**	10,0	74,0	**18,0**
C2 – Bégudien	49	1,9	5,0	**3,6**	1,4	5,0	**3,4**	20,0	207,0	**63,0**

Tableau 8 : Résultats des sondages pressiométriques

Nota : les valeurs moyennes des Pl* et Pf correspondent à des moyennes géométriques et celles des E_M à des moyennes harmoniques.

<u>Remarque :</u> Nous soulignons que les interfaces des formations comportent des incertitudes du fait que ces extrapolations se basent sur des sondages destructifs ponctuels.

Ces valeurs caractérisent des terrains, plus particulièrement au droit de notre zone d'étude :

- Résistants pour le Substratum altéré (C1).,
- Résistants à très résistants pour le Bégudien (C2).

Les procès-verbaux des essais pressiométriques associés aux coupes de sols sont donnés en annexe.

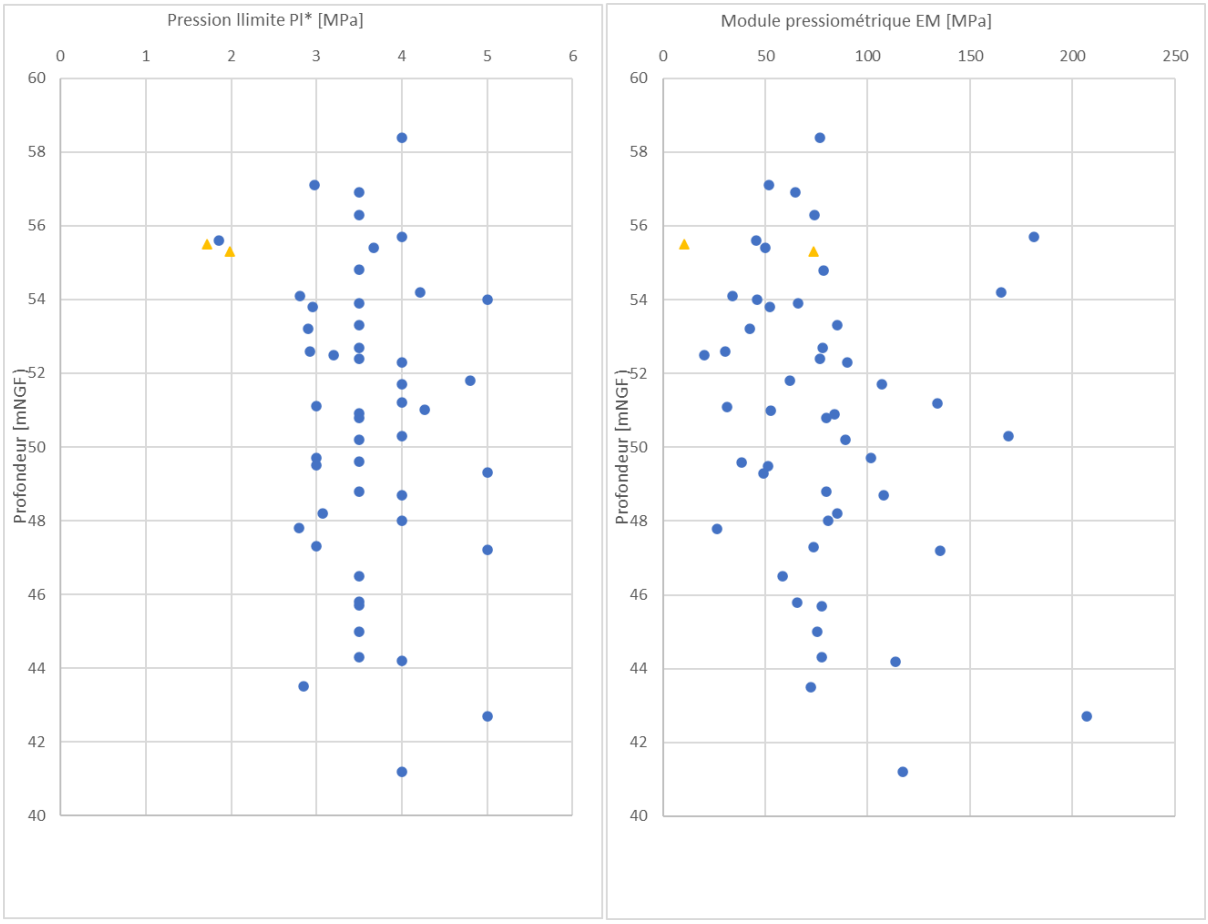


Figure 17 : répartition des Pl* et des EM en fonction de la profondeur

Pour rappel, les caractéristiques mécaniques reconnues lors des investigations réalisées par GINGER CEBTP dans le cadre de leur mission sont les suivantes [3] :

Horizon / type de sol	Pl* (MPa)			E_M (MPa)			qd (MPa)		
	Min	Max	VR	Min	Max	VR	Min	Max	VR
H1 – Sable à galets et/ou graviers, graviers de marne gréseuse, blocs à matrice argileuse, limon	Mesure ponctuelle			Mesure ponctuelle			Mesure en continue		
	0,06	4,16	**1,0**	1	49,3	**7,5**	4	22	**10**
H2 – Poudingue, sable induré à grès, marne gréseuse	Mesure ponctuelle			Mesure ponctuelle			Mesure en continue		
	1,48	6,06	**5,0**	8,7	76,9	**74**	25	>50	**30**

Figure 18 : Caractéristiques mécaniques reconnues par GINGER CEBTP

3.2.3 Hydrogéologie

- **Niveaux piézométriques**

Préambule : Cette étude ne constitue pas une étude hydrogéologique approfondie. Nous nous limiterons aux données de base concernant la mesure ponctuelle du niveau d'eau dans le sol.

Les résultats sont présentés dans le graphique suivant :

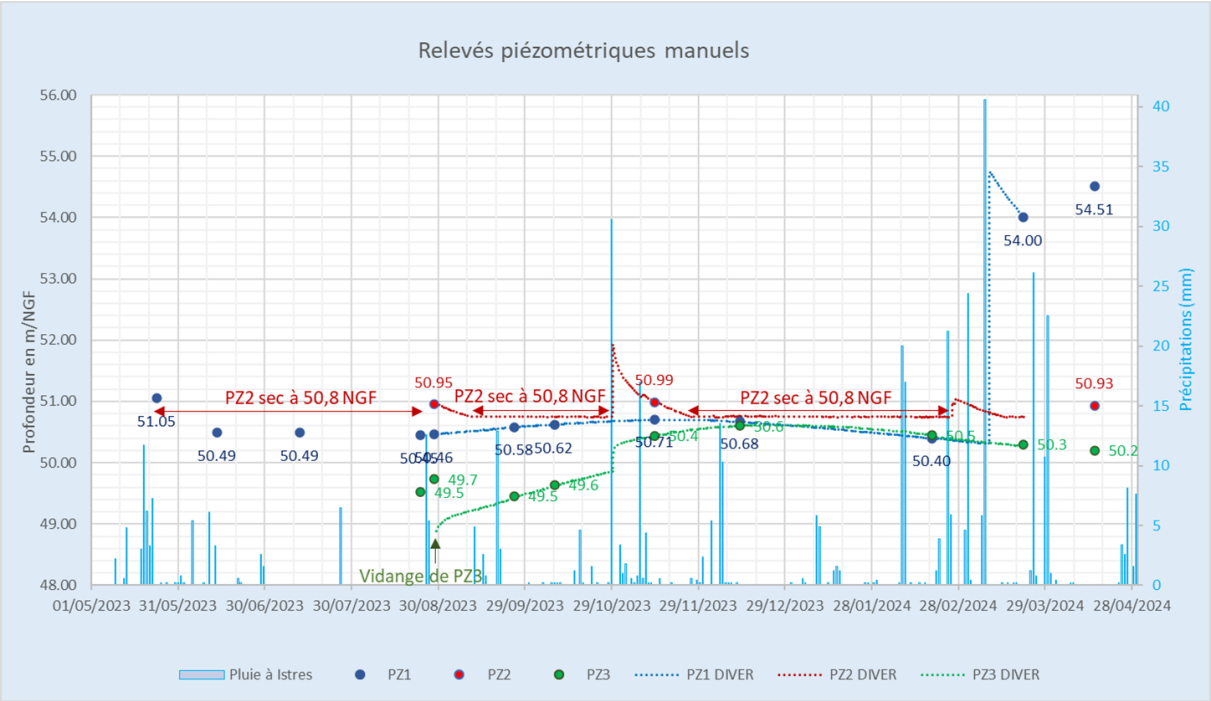


Figure 19 : Résultats du suivi piézométrique

B

Le suivi piézométrique permet de mettre en avant les éléments suivants :

- PZ1 (amont du niveau semi-enterré) : les variations sont très faibles (entre 50,3 et 50,7 m NGF, ponctuellement à 51,1 m NGF en début de suivi) et les niveaux d'eau réagissent peu aux précipitations, excepté après les très fortes pluies du 09/03/2024 (40.6 mm enregistré à la station météo d'Istres) où les niveaux d'eau sont situés au-dessus de 54 m NGF (circulations peu profondes ou de surface captées par le piézomètre et s'infiltrant difficilement) ;
- PZ2 (aval du niveau semi-enterré) : cet ouvrage a principalement été retrouvé sec à 50,8 m NGF. Des circulations d'eau ont été observées après de fortes précipitations. Les eaux se sont infiltrées lentement dans le piézomètre pour être sec de nouveau ;
- PZ3 (amont du niveau semi-enterré) : après réalisation et vidange de l'ouvrage en août 2023, le niveau d'eau mesuré à mis plus de 3 mois pour atteindre le niveau d'eau de l'ouvrage PZ1 observé à proximité, témoignant d'une faible réalimentation et de faibles perméabilités.

L'ensemble de ces éléments permettent de justifier de la présence de circulations pérennes mais faiblement alimentées.

Concernant l'ouvrage PZ1, les valeurs mesurées au-delà du 09/03/2024 semblent fortement être des circulations de surfaces captées par le piézomètre après les fortes précipitations. Ces eaux sont piégées dans le piézomètre et mettent longtemps à s'infiltrer à cause des faibles perméabilités.

Ainsi, ces niveaux haut ne sont pas à prendre à compte, hormis pour témoigner de la présence de circulations périodiques à faible profondeur en période pluvieuse.

Ceci se confirme avec l'absence de réaction du niveau d'eau au sein du piézomètre PZ3 situé à proximité de PZ1.

B

- **Perméabilité**

Dans le cadre de notre mission, 3 essais de perméabilité par infiltration de type Matsuo ont été réalisé ainsi que 2 essais de perméabilité par pompage court et à faible débit au sein de PZ3.

L'ouvrage PZ3 a été vidangé en quelques minutes à très faible débit (< 0.3 m^3/h). Ainsi, seule la remontée du niveau d'eau mesurée dans l'ouvrage a pu être interprétée. Celle-ci sera interprétée par la méthode du « trou de sondage » décrite par Mathieu et Pieltain

Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

Sondage	Lanterne de mesure en m/TA	Date	Formation testée	Lithologie	Type d'essai	Perméabilité (en m/s)
Essais par infiltration						
M1	0.1 – 0.7	18/04/2023	Substratum altéré	Graves limoneuses compactes	Matsuo	$2,5.10^{-5}$
M2	0.35 – 1.2	18/04/2023	Substratum	Conglomérat	Matsuo	$1,0.10^{-5}$
M3	0.7 – 1.2	18/04/2023	Substratum altéré	Limons argileux à graves	Matsuo	$5,8.10^{-6}$
Essais par pompage						
PZ3	6.5 – 8.0	29/08/2023	Substratum	Alternance d'argilite et de poudingues	Trou de sondage	3.10^{-7} à 1.10^{-6}
	6.0 – 8.0	16/04/2024			Trou de sondage	1 à 3.10^{-7}

Tableau 9 : Résultats des essais de perméabilité

L'implantation des essais d'infiltration a été définie par le maître d'ouvrage.

Les essais de type Matsuo montrent des perméabilités faibles à bonnes avec des valeurs comprises entre $5,8.10^{-6}$ et $2,5.10^{-5}$ m/s.

La formation testée au droit des essais de type Matsuo est considérée comme étant **assez perméable** avec une aptitude à l'infiltration faible à bonne d'après le tableau défini selon l'EPNAC.

Perméabilité		Typologie du sol	Aptitude à l'infiltration
m/s	mm/h		
$K < 10^{-6}$	K < 4	très peu perméable	Nulle
$10^{-6} < K < 3.10^{-6}$	4 < K < 11	peu perméable	Mauvaise
$3.10^{-6} < K < 10^{-5}$	11 < K < 36	perméabilité médiocre	Faible
$10^{-5} < K < 2.10^{-5}$	36 < K < 72	assez perméable	Bonne
$2.10^{-5} < K < 5.10^{-5}$	72 < K < 180	perméable	Bonne
$K > 5.10^{-5}$	K > 180	très perméable	Très bonne

Tableau 10 : Aptitude des sols à l'infiltration (EPNAC)

Par pompage, un premier essai a été fait en août 2023, soit en période de basses eaux théoriques, et un second en avril 2024 en période de hautes eaux théoriques.

La perméabilité mesurée est comprise entre 1.10^{-7} et 1.10^{-6} m/s, soit des perméabilités faibles à très faibles.

Les procès-verbaux des essais de perméabilité par pompage sont présentés en ANNEXE 4.

3.2.4 Essais en laboratoire

- **Identification des sols en laboratoire**

Les essais d'identification des sols en laboratoire ont été réalisés sur des échantillons remaniés prélevés lors des sondages à la pelle mécanique ; les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	**Prof** [m/TN]	**Lithologie/** *Formation*	**Granulométrie Passant**						**VBS**	**Teneur en eau** **w %**	**Analyse GTR** (NF P 11-300)
			50mm	**20mm**	**5mm**	**2mm**	**80µm**	**63µm**			
PM2	0,3-1,65	Sable fin à matrice argileuse orange-ocre *Substratum altéré (C1)*	93%	55%	52%	50%	37%	36%	0,69	2,1	C_1A_1ts
PM3	0,3-0,7	Sable fin à matrice limoneuse marron-ocre *Substratum altéré (C1)*	100%	100%	99%	97%	77%	76%	1,8	12,4	A_1
SC1	1,0-2,0	Sable fin à matrice limoneuse ocre *Substratum altéré (C1)*	100%	89%	77%	73%	64%	64%	1,2	2,6	A_1

Tableau 11 : Résultats des identifications des sols en laboratoire

Les sables fin de l'horizon altéré du substratum sont des sols à faible plasticité d'après le guide GTR.

Nota : les procès-verbaux des essais en laboratoire sont présentés en annexe.

Les analyses suivantes, ont été réalisées par GINGER CEBTP dans le cadre de leur mission [3] :

Référence échantillon	Horizon / type de sol	Prof. (m) échantillon	W (%)	VBS	Tamisat < 80 µm	Classe G.T.R.
PU2	H1C – Marne finement sableuse rougeâtre	2.3	5.6	1.95	60	A1
PU3	H1C – Marne finement sableuse rougeâtre	1.3	6.8	2.12	82	A1
PU3	H2C – Marne rougeâtre	3.0	9.4	3.89	78	A2
PU8 (noté F2)	H1D – Limon sablo-argileux à cailloux	0.5	5.0	1.29	46	C1A1
PU8 (noté F2)	H1D – Limon sablo-argileux à cailloux	1.35	3.0	1.1	36	C1A1m

Figure 20 : Résultats des analyses en laboratoire réalisées par GINGER CEBTP

- **Essai de gonflement**

Un essai de gonflement à l'œdomètre a été réalisé sur des échantillons remaniés prélevés lors des sondages à la pelle mécanique. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	**Prof.** [m/TN]	**Lithologie /** *Formation*	**Essai de gonflement à l'œdomètre** (NF P 94-091)	
			δg [kPa]	**Rg**
PM2	0,3-1,65	Sable fin à matrice argileuse orange-ocre *Substratum altéré (C1)*	90,0	7,9.10-4

Tableau 12 : Résultats des essais Proctor

Les résultats de ces analyses mettent en évidence que les sols du substratum altéré (C1) sont légèrement sensibles au gonflement, avec une pression de gonflement de 90 kPa (soit 9t/m²).

Nota : les procès-verbaux des essais en laboratoire sont présentés en annexe.

- **Essais Proctor**

Les essais Proctor ont été réalisés sur des échantillons remaniés prélevés lors des sondages à la pelle mécanique. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Sondage	**Prof.** [m/TN]	**Lithologie /** *Formation*	**Essai Proctor IPI** (NF P 94-093 – NF P 94-078)					
			Pd [g.cm3]	**IPI**	**W** [%]	**Pd_{OPN}** [g.cm^3]	**IPI_{OPN}**	**W_{OPN}** [%]
PM2	0,3-1,65	Sable fin à matrice argileuse orange-ocre *Substratum altéré (C1)*	1,75	19	3,6	1,88	14	11,6

Tableau 13 : Résultats des essais Proctor

Nota : les procès-verbaux des essais en laboratoire seront présentés en annexe.

- **Essais mécaniques des sols**

Les essais mécaniques des sols en laboratoire ont été effectués sur des échantillons intacts prélevés lors du sondage carotté. Les résultats des essais triaxiaux sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	**Prof.** [m/TN]	**Lithologie** / *Formation*	**Essai triaxial CU+u** (NF P 94-074)	
			φ' [°]	c' [kPa]
SC1	1,0-2,0	Sable fin à matrice limoneuse ocre *Substratum altéré (C1)*	34,96	6,10

Tableau 14 : Résultat de l'essai de mécanique des sols

- **Agressivité des sols et de la nappe vis-à-vis du béton**

Les essais d'agressivité des sols ont été réalisés sur des sols prélevés au sein du sondage à la tarière ST1 et les essais d'agressivité de la nappe ont été réalisés à partir d'un prélèvement réalisé au sein de PZ1. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Sondage	**Prof.** [m/TN]	**Lithologie** / *Formation*	**Teneur en sulfate**	**Teneur en CO2 agressif** [mg/L]	**Teneur en ammonium** [mg/L]	**Teneur en magnésium** [mg/L]	**Classe d'aggresivité** selon FDP18-011	**Classe de résistance minimal** selon NF EN 206-1

			[mg/kg ou l]					
Agressivité des sols/béton								
PM3	0,3-0,7	Sable fin à matrice limoneuse marron-ocre *Substratum altéré (C1)*	640	-	-	-	<XA1	C30/37
Agressivité de la nappe/béton								
PZ1	-	-	99	13	0,2	15	<XA1	C30/37

Tableau 15 : Résultats des analyse d'agressivité des sols et eaux sur les bétons

Les sols et l'eau de la nappe sont à considérer comme un environnement d'agressivité chimique faible (<XA1) vis-à-vis du béton. Dans ces conditions, les ciments devront être conformes à la norme NF P 15-319 (ES).

Conformément à la norme NF EN 206-1, pour une classe d'agressivité chimique <XA1, la classe de résistance minimale à atteindre par les bétons en contact avec le sol et l'eau de la nappe sera C30/37.

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont présentés en annexes.

4 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)

4.1 Analyse des aléas géotechniques et de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

L'étude de site ainsi que les investigations géotechniques ont permis d'identifier un certain nombre de contraintes déterminantes dans le choix des méthodes d'exécution :

- Des variations d'épaisseur et de faciès sont susceptibles d'être rencontrées au sein du substratum altéré (C1),
- La possible présence de débris anthropiques d'origine diverses au sein du substratum altéré (C1), non reconnu dans le cadre de nos investigations,
- Une hétérogénéité des caractéristiques mécaniques est attendue au sein du substratum altéré (C1) mais ces matériaux sont globalement résistants,
- La présence de passées sablo-graveleuse au sein du substratum altéré (C1) et/ou de poche argileuses lâches, non observées dans le cadre de nos investigations,
- La profondeur du toit du substratum sain (C2) est attendue variable d'un point à un autre du site compte tenu du contexte ;
- Une hétérogénéité des caractéristiques mécaniques du Bégudien (C2) est attendue compte tenu de sa nature mais cet horizon est globalement résistant à très résistant,
- La topographie du site en pente induit la réalisation d'un niveau de sous-sol partiel et d'un niveau de rez-de-chaussée semi-enterrée qui implique des dispositions constructives particulières afin de reprendre, en phase provisoire et définitive, les poussées latérales dissymétriques,
- La présence de circulations d'eau superficielles, plus ou moins pérennes, qui peuvent se développer au sein des terrains de couverture et des horizons plus graveleux du substratum, à la faveur des passages les plus perméables et au niveau des interfaces. Des niveaux d'eau peuvent donc être rencontrés à toute profondeur,
- Le site se positionne au droit d'une zone aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles d'après la carte du BRGM. La présence de terrains potentiellement sensibles au phénomène de retrait-gonflement implique des dispositions constructives particulières ;
- Le site présente une végétation arborée pouvant favoriser la dessiccation des sols, notamment en période de sécheresse ;
- Le déboisement ponctuel de la parcelle, qui pourra induire un remaniement important des sols en surface ;
- Le site se trouve en zone de sismicité 3 (sismicité modérée), impliquant des dispositions constructives particulières ;
- La présence possible de réseaux enterrés aux abords des bâtiments et des voiries. Nous rappelons qu'il est important de prendre en compte la présence de ces réseaux compte tenu que les bâtiments actuels seront conservés (géométrie, distance, profondeur, implantation et calepinage des fondations…).

En fonction des différentes contraintes énoncées, des adaptations des ouvrages géotechniques sont prises en compte dans la conception du projet, à ce stade de l'étude et en fonction des informations en notre possession à ce jour.

Toutes modifications du projet, et renseignement sur les incertitudes restantes, aura un impact sur nos conclusions géotechniques.

4.2 Adaptation du projet au site et au sol

4.2.1 Discussion vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles

B

D'après la cartographie établie par les services du BRGM, le site se place en zone d'aléa fort vis-à-vis du risque de mouvement différentiel lié au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

D'après les résultats des analyses en laboratoire, les sols semblent potentiellement sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement des argiles.

A ce sujet, nous recommandons :

- Les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné ;
- Toutes parties de bâtiment fondées différemment et susceptibles d'être soumises à des tassements ou des soulèvements différentiels doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction ;
- La mise en place d'un dispositif spécifique d'isolation des murs en cas de source de chaleur en sous-sol ;
- Dans le cas où les eaux pluviales seraient gérées à la parcelle, tout système d'infiltration (puits, noues, …) devra être situé à une distance minimale de 15m des bâtiments. A ce sujet, concernant le plateau sportif qui sera dimensionné pour permettre une infiltration des eaux pluviales, il conviendra, aux abords des bâtiments, de limiter ces infiltrations, sur une largeur minimale de 15m, comme prescrit dans le règlement du PPR. Nous alertons cependant le lecteur sur le fait qu'une infiltration des eaux pluviales au droit du plateau pourra entrainer une chute de portance du fond de forme. Le dimensionnement du plateau et de sa couche de fondation devra prendre en compte cette potentielle chute de portance (éventuel épaississement de la couche de fondation) ;
- Compte tenu de la présence de circulations d'eau (identifiées par le suivi piézométrique), le drainage périphérique en amont des voiles enterrés devra respecter les prescription du PPR et se trouver à une distance minimale de 2m de toute construction. Ce réseau devra également être situé 50cm sous la dalle du niveau enterré (en respectant l'éloignement des 2m minium des constructions) ;
- Le rejet des eaux usées et d'eaux pluviales dans le réseau collectif lorsqu'il existe. A défaut, les éventuels rejets doivent être situés à une distance d'éloignement minimale de 5m de toute construction et à l'aval hydraulique ;
- La mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples…) ;
- La mise en place, sur toute la périphérie de la construction d'un dispositif d'une largeur minimale de 1,5m s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse), dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un dispositif d'évacuation de type caniveau. Le stockage éventuel de ces eaux de ruissellement à des fins de réutilisation doit être étanche et le trop plein doit être évacué à une distance minimale de 1,5m de toute construction ;
- L'arrachage ou l'élagage périodique des arbres et arbustes existants ou issus de nouvelle plantation situés à une distance de l'emprise de la construction projetée inférieure à leur hauteur adulte (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes). À défaut, mettre en place des écrans anti-racine d'une profondeur minimale de 2 m (à ajuster en fonction des préconisations en vigueur sur le type d'ouvrage) ;
- En cas de dessouchage des arbres, l'ensemble du système racinaire devra être retiré ;

B

- Respecter un délai minimum de 1 an entre l'arrachage des arbres de grandes tailles situés dans l'emprise du projet ou à ses abords, s'ils sont nombreux (plus de 5) avant le début des travaux de construction. Ce délai est recommandé afin de permettre aux sols de revenir dans des conditions « naturelles » de teneur en eau, qui se traduisent par un gonflement. Nous recommandons un délai minimum d'un an car cette durée correspond à celle d'un cycle hydrologique complet.

  Cette recommandation ne constitue pas une obligation. Nous vous recommandons cependant de prévoir l'arrachage des arbres le plus en amont possible afin de vous affranchir d'éventuel désordres en lien avec le gonflement des sols associés à ce rétablissement. Cette durée pourra éventuellement être réduite en prévoyant l'arrachage des arbres en amont de la période hivernale, afin de profiter des précipitations hivernales pour rétablir les conditions « naturelles » de teneur en eau ;
- Eviter de poser les fondations sur des points durs ou des poches molles pour éviter les phénomènes de tassements différentiels.

Il conviendra également de se référer à la plaquette informative RGA du département.

Les recommandations présentées ci-dessus sont issus des prescriptions du règlement du PPR « Tassement différentiel » approuvé sur la commune ainsi que du document « Le retrait-gonflement des argiles – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? » du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'aménagement Durable.

4.2.2 Discussion vis-à-vis du risque sismique

4.2.2.1 Paramètres de dimensionnement

Le site étudié se trouve en zone de sismicité 3 (sismicité faible).

Les paramètres de calculs pouvant être retenus dans le cadre d'un dimensionnement parasismique sont les suivants :

Zone de sismique	3 (sismicité modérée)			
Classe de sol au sens de l'Eurocode 8	B (dépôts raides de sable, gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètre d'épaisseur)			
Magnitude conventionnelle	5,5			
Catégorie et coefficient d'importance	III, γ_i = 1,20 (ouvrage dont la défaillance présente un risque pour les personnes)			
Coefficient de sol	S = 1,35			
Coefficient topographique	S_T = 1,20			
Accélération maximale de référence au rocher	a_{gr} = 1,10 m/s²			
Accélération de calcul	$a_g = a_{gr} \times \gamma_i$ = 1,32 m/s²			
Rapport d'accélération du sol	$\alpha \times S = a_g / g \times S$ = 0,18			
Accélération maximale en surface du site	$a_{max} = a_{gr} \times \gamma_i \times S$ = 1,78 m/s²			
Paramètres du spectre de réponse élastiques verticaux	a_{vg}/a_g = 0,90	TB = 0,03	TC = 0,20	TD = 2,50
Paramètres du spectre de réponse élastiques horizontaux	TB = 0,05	TC = 0,25	TD = 2,50	

Tableau 16 : Hypothèses sismiques

4.2.2.2 Problématique de liquéfaction de sol

La liquéfaction de sol est un phénomène durant lequel un sol saturé en eau perd toute résistance lorsqu'il est soumis à une sollicitation sismique. Ce phénomène intéresse généralement les sables lâches, avec ou sans fines, situés sous le niveau de la nappe.

L'étude de ce phénomène nécessite la réalisation d'essais en laboratoire et/ou d'investigations in situ spécifiques, non compris dans le cadre de notre mission.

D'après l'Eurocode 8 partie 5, le risque de liquéfaction peut être négligé lorsque :

$$\alpha . S < 0{,}15$$

Avec,

α : le rapport de la valeur de calcul de l'accélération du sol (ag) sur l'accélération de pesanteur (g)

S : le coefficient de sol

Et si au moins une des conditions suivantes est remplie :

- Les sables contiennent de l'argile en proportion supérieure à 20 %, avec un indice de plasticité Ip > 10,
- Les sables contiennent des silts en proportion supérieure à 35 % et, simultanément le nombre de coups SPT, normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie, $N_1(60)$ > 20,
- Les sables sont propres, avec la valeur du nombre de coups SPT, normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie $N_1(60)$ > 30.

Au droit du site étudié, le rapport d'accélération du sol est $\alpha . S = 0{,}18$.

Cependant, compte tenu de l'absence de niveau de nappe permanent au droit du substratum altéré (C1), le risque de liquéfaction peut être écarté de cet horizon. Quant au substratum sain (C2), compte tenu de ces caractéristiques mécaniques et de son comportement attendu (apparent à celui d'une roche), le risque de liquéfaction peut également être écarté de cet horizon.

En conclusion, le site présente un aléa très faible voir nul concernant le risque de d'apparition d'un phénomène de liquéfaction.

4.2.3 Système de fondation

4.2.3.1 Collège

Le projet prévoit la réalisation d'un bâtiment en R+1 avec un niveau de sous-sol partiel. Le niveau de rez-de-chaussée du projet se situera à environ 56,0 m NGF et sera semi-enterré en partie amont. Le niveau de sous-sol se situera à environ 49,8 m NGF, soit une différence de niveau de l'ordre de 6,2 m, et sera également semi-enterré.

Compte tenu du contexte de pente du site, à l'amont le niveau bas du projet (RDC) sera assis au sein du substratum altéré (C1) en partie basse et au sein du substratum sain (C2) en partie haute. En partie aval, le niveau bas du projet (R-1) sera assis au sein du substratum sain (C2).

En limite du niveau de sous-sol, la réalisation du niveau de rez-de-chaussée à une cote de 56,0 m NGF nécessitera la réalisation d'un remblais. Le niveau bas du projet (RDC), à l'amont immédiat du niveau de sous-sol, sera donc assis au sein de ce remblais.

Compte tenu du contexte géotechnique et des contraintes du site (variation d'épaisseur du faciès altéré du substratum (C1), contexte de pente, création de remblais…), un système de

fondation superficielle de type semelle isolées reliées par un réseau de longrine et/ou filantes est envisageable.

Nous recommandons un ancrage des fondations au sein du substratum sain (C2) qui présentent de très bonnes caractéristiques mécaniques et dont le toit a été reconnu entre 0,7 et 2,0 m/TN. Compte tenu des problématiques de phénomènes de retrait-gonflement des argiles au droit du site, il conviendra de respecter un ancrage minimal de 1,5 m/TN_{projet}, tout en garantissant un ancrage minimal de 0,5m au sein du substratum sain (C2). L'ancrage des fondations de l'ouvrage est donc attendu à une cote minimale de 54,5 m NGF au droit du RDC et 48,3 m NGF au droit du niveau R-1 (profondeur minimale pour éviter l'influence de la dessication des sols).

Localement, au droit de la zone remblayée, un approfondissement local des fondations sera nécessaire. Le système de fondation pourra être assimilé à un système de fondation semi-profondeurs de type puits blindés voire profond selon les hauteurs de terrassement.

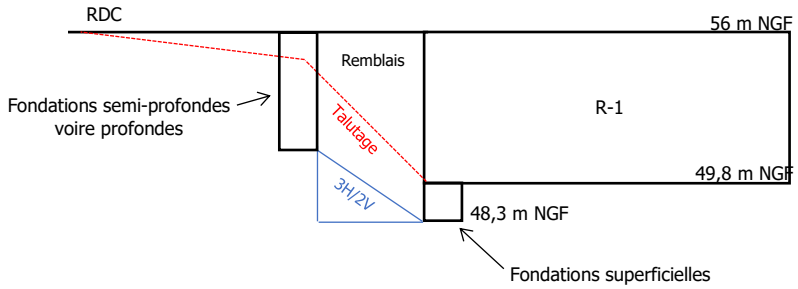


Figure 21 : Principe d'approfondissement des fondations

Les règles de mitoyenneté, présentées en suivant dans le paragraphe 5.4.3, devront être respectées dans le cas de fondations mitoyennes (semi-profondes et superficielles) et aux abords du niveau de sous-sol.

Dans le cas où ces préconisations seraient difficiles à mettre en œuvre, d'un point de vue technique et/ou financier, l'étude d'une solution de soutènement adaptée au projet, permettant de respecter les conditions d'ancrage, pourra être envisagée.

Le mode de fondation définitif des futures structures devra être étudié précisément au stade projet en fonction des descentes de charge réelles et tassements de la structure et de sa géométrie à l'occasion de la G2 PRO.

Un approfondissement du système de fondation pourra être nécessaire selon les descentes de charges du projet et selon les efforts horizontaux en situation sismique.

4.2.3.2 Logements de fonction

Le projet prévoit la réalisation de pavillons individuels en R+1 sans niveau de sous-sol. Le niveau de rez-de-chaussée du projet se situera à environ 60,0 m NGF.

Ainsi, le niveau bas du projet sera assis au sein du substratum altéré (C1).

Compte tenu du contexte géotechnique et des contraintes du site (variation d'épaisseur du faciès altéré du substratum (C1), contexte de pente, …), un système de fondation superficielle de type semelle isolées reliées par un réseau de longrine et/ou filantes est envisageable.

Nous recommandons un ancrage des fondations au sein du substratum sain (C2) qui présentent de très bonnes caractéristiques mécaniques et dont le toit a été reconnu entre 0,4 et 0,5 m/TN. Compte tenu des problématiques de phénomènes de retrait-gonflement des argiles au droit du site, il conviendra de respecter un ancrage minimal de 1,5 m/TN_{projet}, tout en garantissant un ancrage minimal de 0,5m au sein du substratum sain (C2). L'ancrage des

fondations de l'ouvrage est donc attendu à une cote minimale de 58,5 m NGF (profondeur minimale pour éviter l'influence de la dessication des sols).

Il conviendra d'adapter l'estimation de la portance des sols au vu des caractéristiques mécaniques mesurées.

Le mode de fondation définitif des futures structures devra être étudié précisément au stade projet en fonction des descentes de charge réelles et tassements de la structure et de sa géométrie à l'occasion de la G2 PRO.

Un approfondissement du système de fondation pourra être nécessaire selon les descentes de charges du projet et selon les efforts horizontaux en situation sismique.

4.2.4 Soutènement

Les terrassements s'effectueront jusqu'à des profondeurs d'environ 53,4 m NGF à l'amont et environ 48,3 m NGF à l'aval afin de réaliser les fondations et le niveau de sous-sol semi-enterré.

B

Suite aux résultats du suivi piézométrique (05/2023 à 04/2024), des circulations pérennes mais faiblement alimentées sont observées entre 50,3 et 51,9 m NGF (jusqu'à 54.7 m NGF en fin de suivi).

Les travaux de terrassement à l'amont n'intercepteront donc pas, à priori, ces circulations superficielles pérennes. Cependant, les travaux de terrassement à l'aval intercepteront ces circulations, sur une hauteur minimale de l'ordre de 3,0 m environ.

Les débits en lien avec ces circulations sont attendus faibles mais susceptibles d'être plus important en période pluvieuse, estimés à plusieurs 10aines ou 100 aines de Litres/heures au maximum. Compte tenu du contexte, une gestion des venues d'eau par création de tranchées drainantes à l'amont des opérations de terrassement semble envisageable. Le système de drainage mis en place pourra être conçu de sorte à être conservé en phase d'exploitation.

A condition d'une bonne gestion de ces venues d'eau, les opérations de terrassement pourront être réalisées par talutages dans les zones le permettant, c'est-à-dire en l'absence d'avoisinant et à condition de protéger les parements des talus par un polyane cloué en tête et en pied de talus.

4.2.5 Conditions de terrassements

Les horizons potentiellement intéressés par les opérations de terrassements seront représentés par le substratum altéré (C1) et le substratum sain (C2).

L'extraction des déblais issus du substratum altéré (C1) pourra être réalisée à l'aide d'engin de moyenne puissance. L'utilisation de matériel spécifique (BRH) pourra être nécessaire en cas de présence de gros blocs ou de passages indurés au sein du substratum altérée (C1) (non reconnu lors de nos investigations) et au sein du substratum sain (C2).

Notons que certains faciès graveleux et/ou sableux du substratum altéré ou sain pourront présenter un comportement boulant, susceptibles de s'effondrer lors de la réalisation des opérations de terrassement.

Les conditions de réutilisation des autres matériaux du site (matériel de compactage, épaisseur des couches, etc…), seront détaillées dans la suite de l'étude.

Les plateformes seront réglées pour évacuer les eaux météoriques (pente vers exutoire).

B Compte tenu de la présence de circulations superficielles attendues à faible profondeur, nous recommandons de réaliser les opérations de terrassement en période favorable peu pluvieuse (de mai à octobre).

4.2.6 Niveau bas

Compte tenu du contexte de site et du projet, une solution de dalle portée sur un réseau de longrines reliées aux fondations sera retenue.

Au-vu du caractère potentiellement gonflant et du risque de retrait-gonflement des matériaux de surfaces, un vide de construction sous la dalle portée sera nécessaire. Il pourra être réalisé au moyen d'un coffrage biodégradable type Biocoffra®, ou équivalent, mis en œuvre sur une épaisseur de l'ordre de 10 cm. Il revient à l'Entreprise de faire le choix du coffrage nécessaire à la réalisation du dallage.

Les dispositions visant à limiter la sensibilité de l'ouvrage vis-à-vis des phénomènes de retrait-gonflement des argiles devront également être respectées (voir 4.2.1).

5 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES (G2 AVP)

5.1 Préambule

A ce stade du projet, ce rapport présente une ébauche dimensionnelle des fondations établie sur la base :

- Des vues en plan,
- De tolérances usuelles de déformation,
- Des descentes de charges du stade APS.

Les éléments fournis ci-après (hypothèses géotechniques, résistance des sols de fondation, estimation des tassements, …) permettent une première validation des solutions proposées.

Le BET du projet pourra utiliser ces premiers éléments pour vérifier la faisabilité des solutions de fondation proposées lorsque les descentes de charges seront disponibles.

La justification des ouvrages géotechniques devra être menée lors de la mission G2 PRO qui nécessitera la fourniture préalable des plans de structures et des descentes de charge établis par le bureau d'études.

5.2 Normes et règlements

Pour la réalisation de cette étude, les règlements et normes suivants ont été utilisés :

- NF EN 1997-1, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales,
- NF EN 1997-1/NA, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales – Annexe Nationale,
- NF P 94-261 : Justifications des ouvrages géotechniques – fondations superficielles,
- DTU 13.11 : Fondations superficielles.
- NF EN 12616 – Sols sportifs – Détermination de la vitesse d'infiltration de l'eau,
- NF P90-100 – Sols sportifs – Pistes d'athlétisme et aires d'élan avec revêtement de surface en matériau synthétique – Exigences de construction et contrôles,
- NF P11-300 : Exécution des terrassements : Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de formes d'infrastructure routières,
- Guide des Terrassements Routiers – Réalisations des remblais et des couches de forme – Fascicule I et II.
- NF P11-301 : Exécution des terrassements : Terminologie.

5.3 Modèle géotechnique de calcul

Les paramètres de sol fournis à ce stade de l'étude sont dépendants de l'état de connaissance géotechnique du site au moment de l'étude. Ces paramètres pourront éventuellement faire l'objet d'adaptations par le géotechnicien du projet en fonction d'informations et de résultats d'investigations complémentaires qui pourraient survenir aux différentes phases des études géotechniques.

A ce niveau de connaissance géotechnique du site, compte tenu des sondages pressiométriques, nous retenons le modèle géologique et les hypothèses géotechniques suivants :

Formation	Classe de Sol	Toit [m/TN]	Base [m/TN]	P_{lk} * [MPa]	P_{fk}* [MPa]	E_{Mk} [MPa]	γ [kN/m³]	φ' [°]	c' [kPa]	α(1)
C1 – Substratum altéré	Sols intermédiaires	0,0	0,3 à 2,0	1,7(1)	1,5(1)	10,0(1)	19(2)	30(1)	3(1)	0,33
C2 – Bégudien	Roche altéré	0,3 à 2,0	>15,0	3,0(1)	2,9(1)	60,0(1)	20(2)	35(2)	5(2)	0,50

(1) Valeurs retenues volontairement sécuritaires au stade AVP

(2) Valeurs estimées sur la base de notre expérience et la nature des matériaux reconnus

Tableau 17 : Modèle géotechnique de calcul

5.4 Fondations superficielles

5.4.1 Collège

5.4.1.1 Mode de fondation possible et horizon porteur

Au vu du contexte géotechnique du site, une solution de fondations superficielles par semelles isolées reliées par longrine et/ou filantes est envisageable. Ces fondations seront ancrées de 0,5 m minimum au sein du substratum sain (C2) reconnu entre 56,8 et 53,5 m NGF et à au moins 1,5 m/TN_{projet} compte tenu du risque de retrait-gonflement des argiles.

En considérant un fond de fouille à 56,0 m NGF au droit du RDC et 49,8 m NGF au droit du niveau de sous-sol, des fondations ancrées à 54,5 m NGF minimum au droit du RDC et de 48,3 m NGF minimum au droit du R-1 seront nécessaires pour assurer l'ancrage minimal.

Localement, au droit de la zone remblayée prévue à l'amont immédiat du niveau de sous-sol, le système de fondation pourra être assimilé à un système de fondation semi-profonde de type puits blindées voire profondes selon les hauteurs de terrassement. Cette solution permettra de garantir un ancrage au sein d'un seul et même horizon, celui Bégudien (C2).

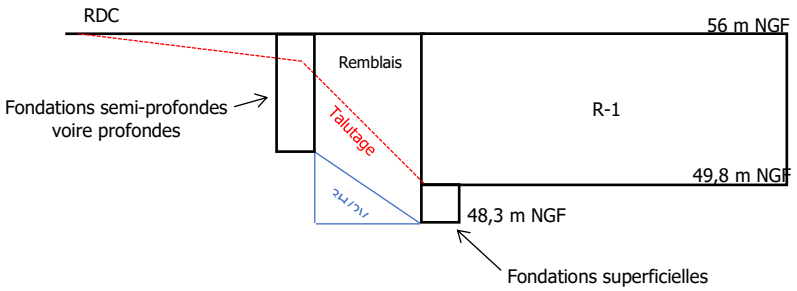


Figure 22 : Principe d'approfondissement des fondations

Les règles de mitoyenneté, présentées en suivant dans le paragraphe 5.4.3, devront être respectées dans le cas de fondations mitoyennes (semi-profondes et superficielles).

Dans le cas où ces préconisations seraient difficiles à mettre en œuvre, d'un point de vue technique et/ou financier, l'étude d'une solution de soutènement adaptée au projet, permettant de respecter les conditions d'ancrage, pourra être envisagée.

Nous recommandons de prévoir la purge systématique des poches argileuses et/ou meubles au niveau de l'assise des fondations.

Nous recommandons donc d'associer la présence d'un géotechnicien à la réalisation du chantier (mission G3/G4) afin de valider la qualité des fonds de fouille.

Cette solution devra impérativement être validée par la réalisation d'une mission géotechnique de conception G2PRO, avec les descentes de charges, qui permettra de préciser si les géométries des semelles, nécessaires à la reprise des efforts, seront acceptables.

Le mode de fondation pourra être approfondi selon les descentes de charges et sollicitations sismique du projet. Il est important de noter, qu'en cas de nécessité d'approfondissement localisé, toute les fondations du ou des blocs concernés devront être approfondies.

5.4.1.2 Ebauche dimensionnelle des fondations

- **Capacité portante du sol de fondation**

La capacité portante du sol sous les fondations superficielles est déterminée sur la base des valeurs caractéristiques des sondages pressiométriques SP2 à SP7, définies suivant la méthode pressiométrique de la norme NF P 94-261.

Sol d'ancrage	Classe de sol	k_p	P_{le}* [MPa]	i_δ	i_β	q_{net} [MPa]
Bégudien (C2)	Roche altérée	0,80	2,0*	1,00	1,00	1,6
*valeur retenue volontairement sécuritaire au stade G2 AVP						

Tableau 18 : Valeurs caractéristiques pour le calcul de la capacité portante du sol

La capacité portante des Alluvions (C1) à l'ELS, sous charge verticale centrée, est de **Q_{ELS} = 0,58 MPa** (57,9 t/m²) et de **Q_{ELU} = 0,95 MPa** (95,2 t/m²).

- **Exemple de géométrie de semelles**

En fonction de la capacité portante du sol, les géométries de fondations présentées dans le tableau suivant permettront de reprendre les charges suivantes :

Type de fondation	Largeur B [m]	Longueur L [m]	Charges reprises [kN]	
			ELS	ELU
Semelles isolées	1,5	1,5	1304,3	2142,9
	2,0	2,0	2318,8	3809,5
	2,5	2,5	3623,2	5952,4
Semelles filantes	0,5	1,0	289,9	476,2
	0,7	1,0	405,8	666,7

Tableau 19 : Exemple de dimensions de semelles

- **Estimation des tassements sous fondations**

L'estimation des tassements est menée selon la méthode pressiométrique de Ménard de la norme NF P 94-261, article H.

Le tassement final d'une fondation est la somme du tassement sphérique s_c (dû aux déformations volumétriques) et du tassement déviatorique s_d (dû aux déformations de cisaillement).

L'estimation des tassements est effectuée à l'ELS à partir des sondages pressiométriques SP2 à SP7 en considérant des semelles entièrement comprimées et travaillant à la capacité portante du sol :

Type de fondation	Géométrie des semelles		Contrainte ELS [MPa]	Estimation des tassements [cm]					
	B [m]	L [m]		SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Semelles isolées	1,5	1,5	0,60	0,3	0,2	0,9	0,5	0,7	0,2
	2,0	2,0		0,3	0,2	1,1	0,7	0,8	0,2
	2,5	2,5		0,4	0,2	1,2	0,8	1,0	0,3
Semelles filantes	0,5	1,0		0,2	0,1	0,8	0,3	0,4	0,1
	0,7	1,0		0,2	0,1	0,8	0,3	0,4	0,1

Tableau 20 : Estimation des tassements sous fondations

Pour les dimensions de fondations considérées, les tassements absolus seront compris entre 0,1 et 1,2 cm. Ces estimations de tassements devront être réévaluées en phase projet (mission G2 phase PRO) puis exécution (note de calcul en missions G3 et supervisés dans le cadre d'une mission G4), moyennant les descentes de charge et le plan de fondation aux différentes phases du projet. Le BET du projet se prononcera sur l'admissibilité de ces tassements vis-à-vis de la structure et du seuil de tolérance des déformations.

Selon la norme NF P 94-261, une rotation relative maximale de 1/500 (2,0 mm/m) est acceptable pour la majorité des structures.

En première hypothèse, en considérant un maillage des fondations compris entre 5,0 m et 7,5 m, le tassement différentiel à ne pas dépasser entre deux appuis sera de 1,0 cm pour des appuis espacés tous les 5,0 m et 1,5 cm pour des appuis espacés tous les 7,5 m.

A ce stade de l'étude, compte tenu de l'hétérogénéité des caractéristiques mécaniques de la formation d'ancrage, le projet semble assujetti à de potentiel tassements différentiels. Nous recommandons une répartition homogène des charges afin de limiter ses tassements.

Nota : Nous attirons votre attention sur le fait que ces estimations de tassements ne sont valables que pour des fondations coulées pleine fouille, avec un fond de fouille homogène et propre. Dans le cas contraire, des tassements supplémentaires peuvent s'opérer du fait de la mauvaise qualité du fond de fouille.

5.4.2 Logement de fonction

5.4.2.1 Mode de fondation possible et horizon porteur

Au vu du contexte géotechnique du site, une solution de fondations superficielles par semelles isolées reliées par longrine et/ou filantes est envisageable. Ces fondations seront ancrées de 0,5 m minimum au sein du substratum sain (C2) reconnu entre 0,4 et 0,5 m/TN et à au moins 1,5 m/TN_{projet} compte tenu du risque de retrait-gonflement des argiles.

En considérant un niveau bas du projet à une cote altimétrique d'environ 60,0 m NGF, des fondations ancrées à 58,5 m NGF minimum seront nécessaires pour assurer l'ancrage minimal.

Nous recommandons de prévoir la purge systématique des poches argileuses et/ou meubles au niveau de l'assise des fondations.

Nous recommandons donc d'associer la présence d'un géotechnicien à la réalisation du chantier (mission G3/G4) afin de valider la qualité des fonds de fouille.

Cette solution devra impérativement être validée par la réalisation d'une mission géotechnique de conception G2PRO, avec les descentes de charges, qui permettra de préciser si les géométries des semelles, nécessaires à la reprise des efforts, seront acceptables.

5.4.2.2 Ebauche dimensionnelle des fondations

- **Capacité portante du sol de fondation**

La capacité portante du sol sous les fondations superficielles est déterminée sur la base des valeurs caractéristiques du sondage pressiométrique SP1, définies suivant la méthode pressiométrique de la norme NF P 94-261.

Sol d'ancrage	Classe de sol	k_p	P_{le}* [MPa]	i_δ	i_β	q_{net} [MPa]
Bégudien (C2)	Roche altérée	0,80	3,0*	1,00	1,00	Limité à 1,6
*valeur retenue volontairement sécuritaire au stade G2 AVP						

Tableau 21 : Valeurs caractéristiques pour le calcul de la capacité portante du sol

La capacité portante des Alluvions (C1) à l'ELS, sous charge verticale centrée, est de **Q_{ELS} = 0,60 MPa** (60,0 t/m²) et de **Q_{ELU} = 0,98 MPa** (99,0 t/m²).

- **Exemple de géométrie de semelles**

En fonction de la capacité portante du sol, les géométries de fondations présentées dans le tableau suivant permettront de reprendre les charges suivantes :

Type de fondation	Largeur B [m]	Longueur L [m]	Charges reprises [kN]	
			ELS	ELU
Semelles isolées	1,0	1,0	597,1	981,0
	1,5	1,5	1343,5	2207,1
	2,0	2,0	2388,4	3923,8
Semelles filantes	0,5	1,0	298,6	490,5
	0,7	1,0	418,0	686,7

Tableau 22 : Exemple de dimensions de semelles

- **Estimation des tassements sous fondations**

L'estimation des tassements est menée selon la méthode pressiométrique de Ménard de la norme NF P 94-261, article H.

Le tassement final d'une fondation est la somme du tassement sphérique s_c (dû aux déformations volumétriques) et du tassement déviatorique s_d (dû aux déformations de cisaillement).

L'estimation des tassements est effectuée à l'ELS à partir du sondage pressiométrique SP1 en considérant des semelles entièrement comprimées et travaillant à la capacité portante du sol :

Type de fondation	Géométrie des semelles		Contrainte ELS [MPa]	Estimation des tassements [cm]
	B [m]	L [m]		SP1
Semelles isolées	1,0	1,0	0,60	0,2
	1,5	1,5		0,3
	2,0	2,0		0,3
Semelles filantes	0,5	1,0		0,2
	0,7	1,0		0,2

Tableau 23 : Estimation des tassements sous fondations

Pour les dimensions de fondations considérées, les tassements absolus seront compris entre 0,2 et 0,3 cm. Ces estimations de tassements devront être réévaluées en phase projet (mission G2 phase PRO) puis exécution (note de calcul en missions G3 et supervisés dans le cadre d'une mission G4), moyennant les descentes de charge et le plan de fondation aux différentes phases du projet. Le BET du projet se prononcera sur l'admissibilité de ces tassements vis-à-vis de la structure et du seuil de tolérance des déformations.

Selon la norme NF P 94-261, une rotation relative maximale de 1/500 (2,0 mm/m) est acceptable pour la majorité des structures.

En première hypothèse, en considérant un maillage des fondations compris entre 5,0 m et 7,5 m, le tassement différentiel à ne pas dépasser entre deux appuis sera de 1,0 cm pour des appuis espacés tous les 5,0 m et 1,5 cm pour des appuis espacés tous les 7,5 m.

Nota : Nous attirons votre attention sur le fait que ces estimations de tassements ne sont valables que pour des fondations coulées pleine fouille, avec un fond de fouille homogène et propre. Dans le cas contraire, des tassements supplémentaires peuvent s'opérer du fait de la mauvaise qualité du fond de fouille.

5.4.3 Zone de mitoyenneté

Compte tenu de la nature du projet et dans le cas de fondations mitoyennes, nous exposons ci-après les règles de mitoyennetés en rigueur (NF P 94-261) :

- Respect d'une pente maximale de 3 Horizontal / 2 Vertical entre les arrêtes inférieures des fondations voisines, afin d'éviter toute transmission d'effort parasites,
- Descendre les fondations voisines à la même cote.

Si l'une des deux conditions précédentes n'est pas respectée, c'est-à-dire si la pente entre les arrêtes des fondations voisines est plus raide que 3H/2V, il faudra tenir compte dans le dimensionnement des différentes structures des efforts parasites appliqués par les fondations les plus hautes sur les fondations mitoyennes.

5.4.4 Sujétions d'exécution des fondations superficielles

La mise en œuvre d'une solution de fondations superficielles devra être conforme aux documents en vigueur (NF P 94-261). Plus particulièrement, dans le cadre de cette étude, cela implique les sujétions suivantes :

- Les fondations devront être coulées immédiatement après ouverture des fouilles pour éviter toute altération des parois et du fond de fouille,
- Lors de la réalisation des fondations, l'homogénéité des fonds de fouille devra être soigneusement vérifiée par un géotechnicien. Les poches molles, les remblais et les terrains remaniés éventuellement rencontrés en fond de fouille seront purgés et remplacés par du gros béton,
- En période pluvieuse, il faudra porter une attention particulière en cas de venues d'eau par circulations ou infiltrations dans les terrains superficiels. Il faudra alors évacuer les venues d'eau par la mise en place d'un système de drainage adapté sans remaniement des terrains en fond de fouille,
- Le béton des fondations devra être confectionné avec un ciment résistant aux environnements agressifs chimique faible (<XA1).
- L'ensemble des fondations à créer devront respectées les règles de mitoyenneté le cas échéant.

Les techniques mises en œuvre devront recevoir l'aval du Bureau de contrôle.

5.5 Terrassements/Soutènement

5.5.1 Excavation

Le projet prévoit la réalisation d'un bâtiment de type R+1 avec un niveau de RDC, en partie amont et un niveau de sous-sol, en partie aval, semi-enterrés.

Les opérations de terrassement seront attendues jusqu'à des profondeurs d'environ 53,4 m NGF à l'amont et environ 48,3 m NGF à l'aval afin de réaliser les fondations et le niveau de sous-sol semi-enterré.

Ces travaux intéresseront donc les terres végétales, l'horizon altéré du substratum (C1) et le substratum sain (C2). L'extraction des déblais issus du substratum altéré (C1) pourra être réalisée à l'aide d'engin de moyenne puissance. L'utilisation de matériel spécifique (BRH) pourra être nécessaire en cas de présence de gros blocs ou de passages indurés au sein du substratum altérée (C1) (non reconnu lors de nos investigations) et au sein du substratum sain (C2).

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que compte tenu de leur nature, les matériaux sont susceptibles de présenter des horizons sableux et/ou graveleux pouvant présenter un comportement boulant (stabilité précaire en fouille). Une attention particulière sera apportée sur la stabilité de ces terrains durant la phase de construction du projet. Un système de blindage (type blindage bois) sera potentiellement nécessaire pour la réalisation des fouilles de fondation.

5.5.2 Réutilisation des matériaux du site

Les matériaux concernés par les opérations de terrassements sont ceux constitutifs du substratum altéré (C1) et du substratum sain (C2).

Les matériaux constitutifs du substratum altéré (C1) ont été reconnus appartenant aux classes GTR C_1A_1, A_1 et A_2 et présentant un état hydrique « ts » (très sec).

Les matériaux constitutifs du substratum sain (C2) sont attendus appartenant aux classes GTR R_3 et R_4.

- **Réutilisation des matériaux en remblais**

Conformément aux recommandations du GTR 2000, les matériaux de classes GTR C_1A_1, A_1 et A_2 pourront être réutilisés en l'état à condition de se trouver dans un état hydrique « s », « m » ou « h ».

Les matériaux appartenant aux classes GTR R_3 et R_4 sont susceptible d'être réutilisé en remblais sous certaines conditions.

La gamme de teneur en eau autorisant une réutilisation en l'état des matériaux du substratum altéré (C1) est la suivante :

Formation	Classe GTR	Teneur en eau à l'optimum Proctor normal (%)	Teneur en eau autorisant une réutilisation en l'état
C1 – Substratum altéré	C1A1	12,9	9,03 ≤ w(%) ≤ 16,13

Tableau 24 : teneur en eau de mise en œuvre

Les matériaux dont l'état hydrique est très humide ou très sec sont donc non utilisables en l'état. La réutilisation de ces matériaux nécessitera une réhydratation.

Compte tenu des proportions de fine supérieures à 15% dans les matériaux prélevés sur site, leur réutilisation pour le remblaiement des terrassements par talutage est exclue.

Le remblai technique sera monté et compacté par couche dont l'épaisseur sera adaptée aux engins de compactage mis en œuvre sur chantier.

Après mise en œuvre et compactage, les caractéristiques minimales recherchées seront les suivantes :

c' [kPa]	**φ'** [kPa]	**γ** [kN/m3]
≥ 5	≥ 25	≤ 21

Tableau 25 : Caractéristiques minimale du remblai

Les matériaux seront mis en place en recherchant un objectif de densification q4 :

Ic > 95% γd OPN

La teneur en eau des matériaux sera vérifiée avant et pendant le chantier, afin d'adapter au-fur et à mesure les modalités de mise en œuvre des matériaux.

Les modalités de compactage pourront être ajustées en début de chantier ou à l'occasion d'une planche d'essai.

- **Réutilisation des matériaux en couche de forme**

La réutilisation des matériaux du site après traitement nécessite d'être étudié spécifiquement au préalable moyennant la réalisation d'essais d'aptitude au traitement (NF P 94-100).

Compte tenu de leur sensibilité à l'eau et conformément aux recommandations du GTR 2000, les matériaux de classe GTR A_1 pourront être réutilisés en couche de forme à condition de réaliser un traitement des matériaux avec des liants hydrauliques éventuellement associé à de la chaux.

La réutilisation des matériaux de classe GTR A_2, nécessite la réalisation d'un traitement à la chaux et aux liants hydrauliques.

La réutilisation des matériaux de classe GTR C_1A_1 nécessite également la réalisation d'un traitement à la chaux et aux liants hydrauliques associé à un malaxage homogène à l'aide d'un malaxeur à outils animés. Ce traitement nécessite cependant une élimination préalable des éléments grossiers. Cette élimination pourra être limitée dans la mesure où le malaxeur utilisé pourra absorber et fragmenter ces éléments grossiers.

Les matériaux de ces différentes classes GTR pourront donc être réutilisés en couche de formes, après traitement, dans une situation météorologique sans pluie et dans un état hydrique « h », « m » ou « s ».

La réutilisation des matériaux de classe GTR R_3 et R_4 peuvent également réutilisés en couche de forme selon certaines conditions, notamment selon leur friabilité et après une élimination des éléments grossiers, et ils peuvent nécessiter la réalisation d'un traitement aux liants hydrauliques.

Les matériaux seront mis en place en recherchant un objectif de densification q3 :

Ic > 98,5% γd OPN

Les modalités de compactage pourront être ajustées en début de chantier ou à l'occasion d'une planche d'essai.

- **Réutilisation des matériaux en remblais de tranchée (réseaux)**

Lors du remblaiement de tranchée, le compactage des différentes couches devra satisfaire les objectifs de densification des différentes cas décrits dans le fascicule 70 (tranchées sous chaussées, accotement, …).

Selon la norme NF P 98-331, la réutilisation des matériaux de classe GTR A_1 présentant un état hydrique « h », « m » ou « s » et les matériaux de classe GTR A_2 présentant un état hydrique « h » ou « m » est envisageable pour la Partie Inférieur de Remblais (PIR) et la zone d'enrobage.

La réutilisation des matériaux de classe GTR C_1A_1 présentant un état hydrique « h » ou « m » pourra également être envisagée pour la Partie Inférieur de Remblais (PIR) et la zone d'enrobage à condition que la dimension maximale des matériaux respecte les conditions définies dans la norme et ci-après.

La réutilisation des matériaux de classe GTR R_4 pourra être également envisagées pour la Partie Inférieur de Remblais (PIR) et la zone d'enrobage à condition que la dimension maximale des matériaux respecte les conditions définies dans la norme et ci-après. Les matériaux de classe GTR R_3 sont quant à eux exclus.

La réutilisation des différents matériaux prélevés sur site est exclue pour la Partie Supérieure de Remblais (PSR). Cependant, les matériaux appartenant à la classe GTR R_4 pourront être envisagé pour la Partie Supérieur de Remblais (PSR).

Les matériaux utilisés en remblais de tranchée devront respecter les préconisations suivantes :

- Utilisation de matériaux de dimension maximale D≤40mm pour un réseau ϕ>200mm ou D≤22mm pour un réseau ϕ≤200mm dans la zone d'enrobage (dont lit de pose) ;
- Utilisation de matériaux de dimension maximale D<1/10 de la largeur de la tranchée et D<1/5 de l'épaisseur de la couche compactée dans la zone en remblai (PI : partie inférieure de remblais et PSR : partie supérieure de remblais) ;
- Compactage des différentes couches afin d'obtenir les objectifs de densification décrits dans le fascicule 70.

Compte tenu de la potentielle présence d'une nappe dans le secteur, le choix des matériaux de remblayage devra prendre en compte la perméabilité du milieu environnant pour éviter la création d'une zone drainante.

Enfin quelle que soit la destination des remblais, nous recommandons un contrôle de la qualité de compactage des matériaux en cours et en fin de chantier au pénétrodensitographe de type PANDA, suivant le protocole défini par la norme NF P94-105.

Remarque : aucun essai d'identification n'a été réalisé sur les matériaux constitutifs du substratum sain (C2). Leur réutilisation pour la constitution de remblais nécessitera la réalisation d'analyse en laboratoire complémentaire afin de définir précisément leur classe GTR et leur condition de mise en œuvre.

5.5.3 Mise hors d'eau de la fouille

Les terrassements s'effectuerons jusqu'à des profondeurs d'environ 53,4 m NGF à l'amont et environ 48,3 m NGF à l'aval afin de réaliser les fondations et le niveau de sous-sol semi-enterré.

B

Suite aux résultats du suivi piézométrique (05/2023 à 04/2024), des circulations pérennes mais faiblement alimentées sont observées entre 50,3 et 51,9 m NGF (jusqu'à 54.7 m NGF en fin de suivi).

Les travaux de terrassement à l'amont n'intercepteront donc pas, à priori, ces circulations superficielles pérennes. Cependant, les travaux de terrassement à l'aval intercepteront ces circulations, sur une hauteur minimale de l'ordre de 3,0 m environ.

Les débits en lien avec ces circulations sont attendus faibles mais susceptibles d'être plus important en période pluvieuse, estimés à plusieurs 10aines ou 100 aines de Litres/heures au maximum. Compte tenu du contexte, une gestion des venues d'eau par création de tranchées drainantes à l'amont des opérations de terrassement semble envisageable. Le système de drainage mis en place pourra être conçu de sorte à être conservé en phase d'exploitation.

Si nécessaire, le fond de fouille sera dressé avec une légère pente afin de diriger les eaux vers des points de pompage. Le dispositif de pompage nécessitera alors un raccordement à un exutoire efficace (ouvrage de réinfiltration, rejet au réseau, etc.).

Cette technique n'est réalisable que si le cadre contractuel le permet (débit d'exhaure maximal et condition de rejet au sein des réseaux de la ville le cas échéant).

Nous conseillons également la réalisation des travaux en période favorable, généralement entre mai et octobre.

5.5.4 Traficabilité en phase chantier

Le fond de fouille sera composé de terrains essentiellement sablo-graveleux plus ou moins argilo-limoneux. Ces matériaux sont susceptibles d'être sensibles à l'eau (chute de portance, traficabilité difficile). De ce fait, en cas de conditions météorologiques défavorables et/ou d'état hydrique humide des matériaux, les conditions de traficabilité des engins de chantier pourraient devenir délicates.

Nous recommandons donc de prévoir la mise en place d'un dispositif adapté, permettant de protéger soigneusement le fond de fouille, afin de limiter les phénomènes de matelassage et d'assurer une bonne praticabilité en fond de fouille :

- Réaliser un modelage aux abords de la fouille pour éloigner les eaux de ruissellement,
- Réaliser une protection immédiate du fond de fouille pour éviter le remaniement des terres (argiles). Nous recommandons à ce titre de prévoir la réalisation d'une piste de chantier en matériaux d'apports insensibles à l'eau (type GNT 0/60 ou équivalent).
- Evacuer des éventuelles venues d'eau par un système de drainage adapté en évitant le remaniement des sols.

Nous conseillons également la réalisation des travaux en période favorable, généralement entre mai et octobre.

Nota : En l'absence de ces mesures, des difficultés de praticabilités aux engins de chantier et un remaniement du fond de fouille préalablement aux travaux de fondations nécessiteront alors des approfondissements ponctuels.

5.5.5 Mode de soutènement

5.5.5.1 Niveau de sous-sol

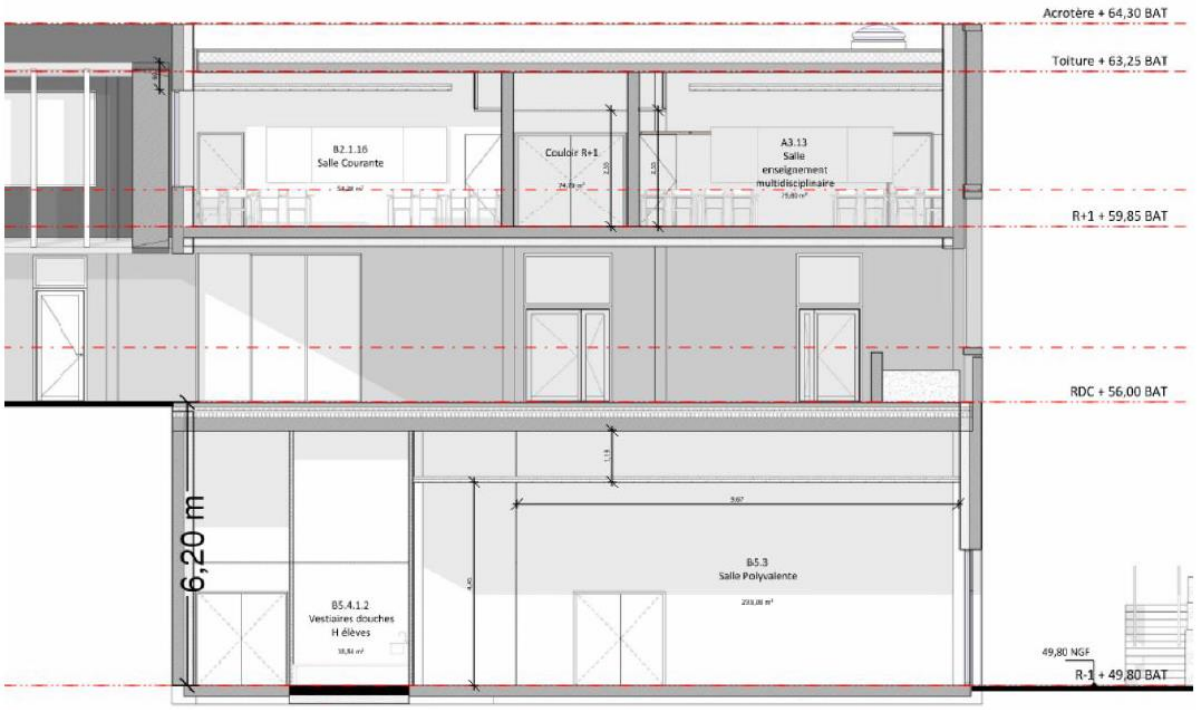


Figure 23 : Coupe longitudinale (E-O) du niveau de sous-sol

Compte tenu des hauteurs de terrassement et du contexte de site, des terrassements par talutage pourront être réalisés dans les zones le permettant, c'est-à-dire en l'absence d'avoisinant et à condition de protéger les parements des talus par un polyane cloué en tête et en pied de talus.

En fonction du contexte géotechnique, les pentes de talus provisoires suivantes pourront être mises en œuvre :

- Substratum altéré (C1) : 3H/2V (34°)
- Substratum sain (C2) : 1H/1V (45°)

Ces pentes seront possibles si et seulement si aucune surcharge n'est appliquée au droit des crêtes de talus (stockage de matériaux et circulations de poids-lourds interdit). Il n'est toutefois pas impossible que des instabilités de surface de talus apparaissent, notamment en cas d'intempérie (glissement de peau).

Dans tous les cas, les pentes de talus devront être ajustées à la tenue réelle du terrain.

Les talus seront remblayés avec des matériaux nobles, ne comportant pas plus de 15% de fines, lesquels devront être mis en œuvre et compactés par couches successives de 40 cm d'épaisseur maximum. Des contrôles de la qualité des remblais et de leur mise en œuvre seront à prévoir.

Pour rappel, la réalisation des opérations de terrassement par talutage entrainera vraisemblablement un approfondissement des fondations du RDC en arrière du voile du niveau de sous-sol (voir 4.2.3.1).

En phase définitive nous recommandons de limiter les pentes de talus à 2H/1V au droit du substratum altéré (C1) et à 3H/2V au droit du substratum sain (C2).

5.5.5.2 Mur de soutènement en gabion

Le projet prévoit la création de mur de soutènement en cages à gabions de part et d'autre du niveau de sous-sol semi-enterré.

A ce stade de l'étude et en absence de coupe de projet, le niveau bas de ces ouvrages a été considéré à une cote de 49,8 m NGF, soit à la cote du niveau bas du niveau de sous-sol.

L'ancrage du mur est vraisemblablement attendu au droit du substratum sain (C2). Au vu du contexte géotechnique du site, une solution de fondations superficielles est envisageable. Compte tenu des problématiques de phénomènes de retrait-gonflement des argiles au droit du site, il conviendra de respecter un ancrage minimal de 1,5 m/TN_{projet}, soit une cote altimétrique minimale de 48,3 m NGF.

Nous recommandons de prévoir la purge systématique des poches argileuses et/ou meubles au niveau de l'assise des fondations.

Une étude spécifique de ces murs de soutènement pourra être réalisée à l'occasion de la G2PRO une fois la géométrie des ouvrages arrêtée et les coupes de projet transmises.

Nous recommandons donc d'associer la présence d'un géotechnicien à la réalisation du chantier (mission G3/G4) afin de valider la qualité des fonds de fouille.

- **Capacité portante du sol de fondation**

La capacité portante du sol sous les fondations superficielles est déterminée sur la base des valeurs caractéristiques des sondages pressiométriques, définies suivant la méthode pressiométrique de la norme NF P 94-261.

Sol d'ancrage	Classe de sol	k_p	P_{le}* [MPa]	i_δ	i_β	q_{net} [MPa]
Bégudien (C2)	Roche altérée	0,80	2,8*	1,00	1,00	Limité à 1,6
*valeur retenue volontairement sécuritaire au stade G2 AVP						

Tableau 26 : Valeurs caractéristiques pour le calcul de la capacité portante du sol

La capacité portante des Alluvions (C1) à l'ELS, sous charge verticale centrée, est de **Q_{ELS} = 0,60 MPa** (60,0 t/m²) et de **Q_{ELU} = 0,98 MPa** (98,0 t/m²).

- **Matériaux de remplissage des gabions**

Les matériaux de remplissage des gabions devront respecter les préconisations de la norme NF P94-325-1 relative à la mise en œuvre d'ouvrage en gabions hors site aquatique.

Il convient d'utiliser de préférence des matériaux insensibles à l'eau, issus de roches sédimentaires siliceuses, magmatiques ou métamorphiques

A titre indicatif nous recommandons d'utiliser des matériaux possédant les critères de dureté suivants :

Coefficient micro-Deval : MDE ≤ 45

Coefficient Los Angles : LA ≤ 45

La dimension des blocs devra être adaptée à la maille des cages à gabion.

- **Caractéristique des cages à gabion**

Les cages à gabions devront respecter les préconisations aux normes NF P94-325 1 relatives à la mise en œuvre d'ouvrage en gabions hors site aquatique.

Les cages à gabion devront être à maille hexagonale et double torsion type 60 ou 80.

La section des grillages constitutifs des cages à gabion sera à définir par l'entreprise.

Les grillages constitutifs des cages à gabion devront posséder un revêtement organique PVC.

- **Géotextile**

Afin d'éviter tous phénomènes d'entrainement de fine, pouvant nuire à la stabilité de l'ouvrage, la mise en place de nappes géotextiles sur la face arrière du mur de soutènement sera nécessaire.

Les propriétés des géotextiles et produits apparentés et leurs valeurs requises doivent être conformes aux spécifications de la conception et à la norme appropriée à l'ouvrage à réaliser (selon le cas NF EN 13251, NF EN 13252, NF EN 13253, NF EN 13254, NF EN 13255).

Les géotextiles utilisés devront jouer un rôle séparateur et anti-contaminant.

5.6 Protection contre l'eau des niveaux enterrés

5.6.1 Niveaux de nappes

B

Les résultats du suivi piézométrique (05/2023 à 04/2024) montrent la présence de circulations pérennes mais faiblement alimentées observées entre 50,3 et 51,9 m NGF (jusqu'à 54.7 m NGF en fin de suivi), soit environ 0,5 à 1,1 m au-dessus de l'arase inférieure du projet (NB = 49,8 mNGF).

Le niveau des Eaux Exceptionnelles n'est pas défini dans notre mission. Toutefois, il s'agit de circulations pérennes (faiblement alimentées) qui seront drainées en phase définitive (tranchées drainante toute hauteur en amont des parties enterrées).

5.6.2 Protection de l'infrastructure

5.6.2.1 Drainage vertical

Compte-tenu du contexte de pente du site, nous recommandons de conserver une continuité hydraulique entre l'amont et l'aval du site, afin de limiter au maximum le risque « d'effet barrage » provoqué par l'imperméabilisation des sous-sols du projet.

Dans ce contexte, les voiles enterrés devront être protégés au moyen d'un drainage périmétrique mis en œuvre à l'amont des voiles. Ce drainage devra être réalisé par des tranchées drainantes éloignées de 2m minimum des ouvrages enterrés (prescription du règlement du PPR « Tassement différentiel ») et devra être situé 50 cm sous la dalle du niveau enterré (afin de s'affranchir du cuvelage, cf. étude hydrogéologique).

Une fois les eaux recueillies, elles devront être gérées à la parcelle par infiltration par l'intermédiaire d'une noue, tranchée infiltrante, etc. (selon les prescriptions du règlement du PPR « Tassement différentiel ») en aval du projet.

Pour rappel, les essais d'infiltration réalisés au droit du site donnent des perméabilités comprises entre $5{,}8.10^{-6}$ et $2{,}5.10^{-5}$ m/s, soit des perméabilités moyennes mais suffisantes pour infiltrer les eaux de drainage.

Dans le cas du bâtiment/niveau semi-enterré, nous estimons un débit de drainage permanent de l'ordre de 20 L/h environ.

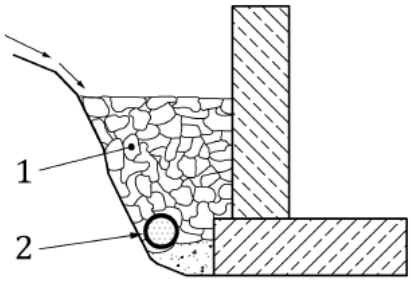
Ce débit pourra être un peu plus important en période pluvieuse, le surplus d'eau pouvant s'apparenter aux eaux de ruissellement (précipitations).

Remarque : Dans le cas d'un rejet au réseau, une demande d'autorisation devra être établie auprès du gestionnaire du réseau concerné et des autorités compétentes.

5.6.2.2 Nappe en écoulement – Protection du sous-sol

B

Dans le cadre du DTU 14.1 travaux de cuvelage, dans le cas de circulations d'eau (« nappe en écoulement »), il est demandé un cuvelage à la cote EB+0.5m, le niveau EB étant la cote du fil d'eau du drain dans le cas présent.



Légende

1 Matériau drainant
2 EB = fil de l'eau du réseau drainant

Figure 3 — Exemple de cas d'eaux de ruissellement ou d'infiltration avec drainage et sans revêtement

Figure 24 : Exemple de cas d'eau de ruissellement ou d'infiltration avec drainage sans revêtement (source : DTU 14.1)

Afin de s'affranchir du cuvelage, le réseau de drainage devra être situé 50cm sous la dalle niveau enterré (en respectant la prescription d'éloignement de 2m minimum des constructions).

Un enduit hydrofuge pourra également être mis en œuvre pour éviter les traces d'humidités/remontées capillaires.

5.7 Etude des zones de voirie

5.7.1 Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase

Après décapage de la terre végétale, les terrains constitutifs de la PST seront représentés par le substratum altéré (C1).

Le substratum altéré (C1) est constitué de matériaux sablo-graveleux présentant une matrice argilo-limoneuse plus ou moins importante et attendu de classe GTR C_1A_1, A_1 et A_2 et sensibles à l'eau.

L'examen de la PST sera particulièrement soigné, des purges pourront être à prévoir en cas de présence de matériaux lâches, de matériaux comprenant des végétaux en décomposition…

Compte tenu du contexte géotechnique et hydrogéologique, de la nature des matériaux d'assise observés en sondage, la PST est attendue de catégorie PST3 – AR1 en partie amont du projet et de catégorie PST2 – AR1 en partie aval.

En cas de mauvaises conditions météorologiques au moment des travaux, ces classes de PST pourront chuter en PST1-AR1 à l'état hydrique « h ».

Dans ces conditions, des travaux préparatoires de la PST (purge/substitution ou cloutage) pourraient être nécessaires afin de garantir une qualité suffisante pour la mise en œuvre de la couche de forme.

L'état hydrique des terrains devra donc être vérifié avant tout démarrage du chantier et pendant son exécution. A ce sujet, nous conseillons la réalisation des travaux en période favorable (de mai à octobre).

5.7.2 Couche de forme

Afin d'obtenir une classe de plateforme PF2 au droit des zones de voirie, dans le cas d'une catégorie de PST3 – AR1, il conviendra de réaliser une couche de forme :

- en matériaux d'apport insensible à l'eau (ex : grave alluvionnaire propre de classe D21) sur 40 cm possiblement réduit 30 cm avec mise en œuvre d'un géotextile,
- en matériaux du site traité à la chaux et/ou aux liants hydrauliques sur 35 cm.

Afin d'obtenir une classe de plateforme PF2 au droit des zones de voirie, dans le cas d'une catégorie de PST2 – AR1, il conviendra de réaliser une couche de forme :

- en matériaux d'apport insensible à l'eau (ex : grave alluvionnaire propre de classe D21) sur 50 cm possiblement réduit 40 cm avec mise en œuvre d'un géotextile,
- en matériaux du site traité à la chaux et/ou aux liants hydrauliques sur 35 cm.

Un contrôle de la déformabilité de la couche de forme doit être effectué au moment de l'exécution des travaux, afin d'obtenir au minimum les exigences d'une plateforme de classe PF2.

Les contrôles devront être réalisés à l'aide d'essai de portance à la plaque ou dynaplaque.

Une portance minimale de 50 MPa en EV2 dans le cadre d'une PF2 est nécessaire, avec un rapport $k \leq 2$.

Remarques : L'épaisseur de la couche de forme devra être confirmée vis-à-vis de la sensibilité au gel par le bureau d'étude VRD.

La réutilisation des matériaux du site après traitement nécessite d'être étudié spécifiquement au préalable moyennant la réalisation d'essais d'aptitude au traitement (NF P 94-100).

5.7.3 Structure de chaussée

Les éléments suivants constituent une aide décisionnelle au choix des structures à mettre en place, en tenant compte du contexte géotechnique.

La mise en place d'un simple enduit superficiel ou d'un BBSG (suivant le degré de finition désiré) à même la couche de forme pourra être suffisante en cas de circulation VL uniquement.

En cas de circulation de poids lourds (PL >3,5t), nous recommandons d'orienter le choix vers une solution de structure de chaussée souple ou bitumineuse épaisse.

A titre d'exemple nous proposons les prédimensionnements suivants pour un trafic poids lourds occasionnel ($TC0_{20}$) :

Type de structure	GB3/GB3	GNT/GNT
Couche de roulement	BB, ep. 6cm	BB, ep. 6cm
Couche de base	GB3, ep. 8cm	GNT, ep. 11cm
Couche de fondation		GNT, ep. 25cm -
Plateforme	PF2 (min 50MPa)	
BB : béton bitumineux *GB : grave bitume* *GNT : grave non traitée*		

Tableau 27 : Exemples de structures de chaussée

Il s'agit ici d'exemples de structure fournis à titre indicatif, afin de constituer une aide décisionnelle au Maître d'Ouvrage et à son équipe de conception.

Le dimensionnement final des structures de chaussée relève du rôle d'un BET VRD.

5.8 Etude de la cour de récréation

5.8.1 Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase

Après décapage de la terre végétale, les terrains constitutifs de la PST seront représentés par le substratum altéré (C1).

Le substratum altéré (C1) est constitué de matériaux sablo-graveleux présentant une matrice argilo-limoneuse plus ou moins importante et attendu de classe GTR C_1A_1, A_1 et A_2 et sensibles à l'eau.

L'examen de la PST sera particulièrement soigné, des purges pourront être à prévoir en cas de présence de matériaux lâches, de matériaux comprenant des végétaux en décomposition…

Compte tenu du contexte géotechnique et hydrogéologique, de la nature des matériaux d'assise observés en sondage, la PST est attendue de catégorie PST3 – AR1.

En cas de mauvaises conditions météorologiques au moment des travaux, ces classes de PST pourront chuter en PST1-AR1 à l'état hydrique « h ».

Dans ces conditions, des travaux préparatoires de la PST (purge/substitution ou cloutage) pourraient être nécessaires afin de garantir une qualité suffisante pour la mise en œuvre de la couche de forme.

L'état hydrique des terrains devra donc être vérifié avant tout démarrage du chantier et pendant son exécution. A ce sujet, nous conseillons la réalisation des travaux en période favorable (de mai à octobre).

5.8.2 Couche de forme

Afin d'obtenir une classe de plateforme PF2 au droit des zones de voirie, dans le cas d'une catégorie de PST3 – AR1, il conviendra de réaliser une couche de forme :

- en matériaux d'apport insensible à l'eau (ex : grave alluvionnaire propre de classe D21) sur 40 cm possiblement réduit 30 cm avec mise en œuvre d'un géotextile,
- en matériaux du site traité à la chaux et/ou aux liants hydrauliques sur 35 cm.

Un contrôle de la déformabilité de la couche de forme doit être effectué au moment de l'exécution des travaux, afin d'obtenir au minimum les exigences d'une plateforme de classe PF2.

Les contrôles devront être réalisés à l'aide d'essai de portance à la plaque ou dynaplaque.

Une portance minimale de 50 MPa en EV2 dans le cadre d'une PF2 est nécessaire, avec un rapport $k \leq 2$.

Remarques : L'épaisseur de la couche de forme devra être confirmée vis-à-vis de la sensibilité au gel par le bureau d'étude VRD.

La réutilisation des matériaux du site après traitement nécessite d'être étudié spécifiquement au préalable moyennant la réalisation d'essais d'aptitude au traitement (NF P 94-100).

5.8.3 Structure de chaussée

Les éléments suivants constituent une aide décisionnelle au choix des structures à mettre en place, en tenant compte du contexte géotechnique.

La mise en place d'un simple enduit superficiel ou d'un BBSG (suivant le degré de finition désiré) à même la couche de forme pourra être suffisante en cas de circulation VL uniquement.

Le dimensionnement final des structures de chaussée relève du rôle d'un BET VRD.

5.9 Etude du plateau sportif

Dans le cadre du projet il est prévu la création d'un plateau sportif.

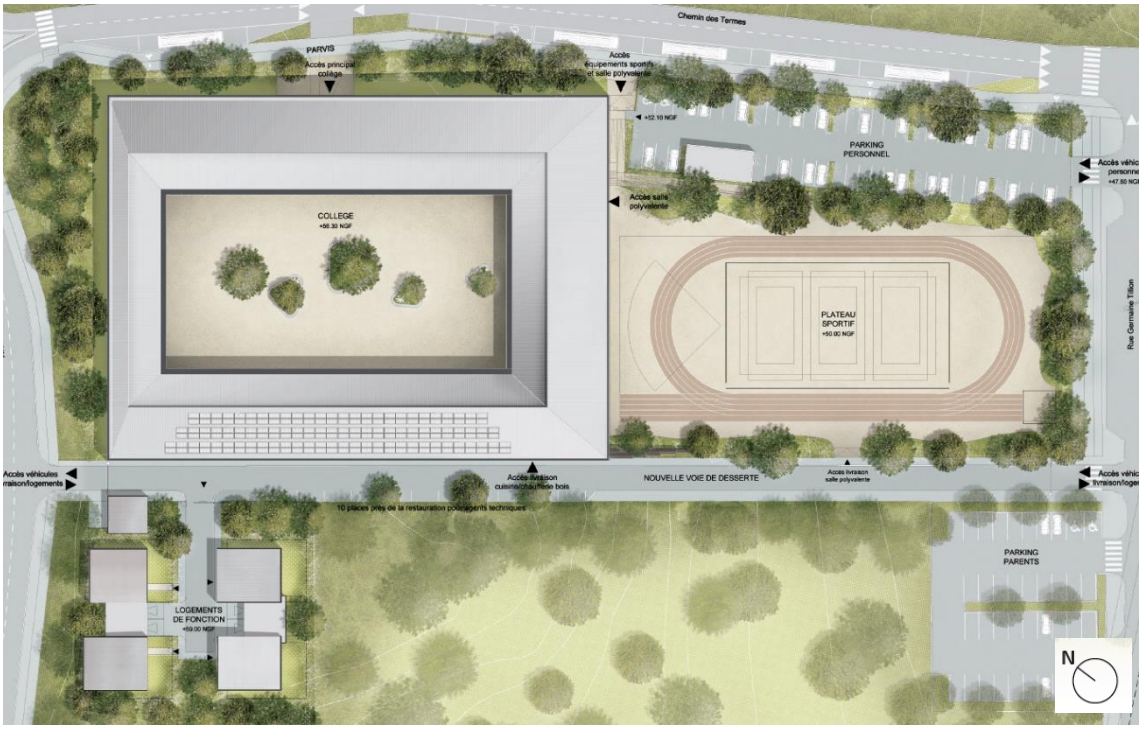


Figure 25 : Plan de masse du projet

D'après les informations qui nous ont été fournies, les altimétries finies projetées devraient être sensiblement identiques aux altimétries actuelles.

Le plateau sportif est constitué au centre d'une piste d'athlétisme et de divers terrains sportifs et d'une zone carrossable sur son pourtour.

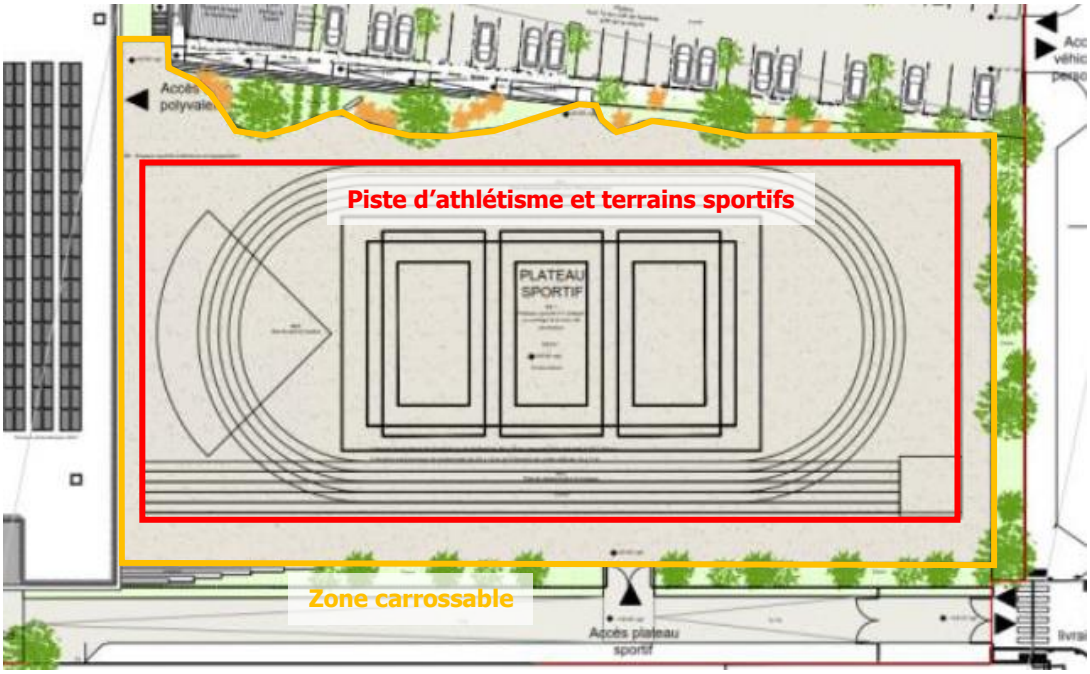


Figure 26 : Plan de masse du projet

5.9.1 Terrassements

Dans le cadre de ces travaux, il est donc à attendre des terrassements qui consisteront à minima à une purge permettant la mise en place des futures structures sous piste.

Ces travaux intéresseront donc les terres végétales et l'horizon altéré du substratum (C1). L'extraction des déblais issus du substratum altéré (C1) pourra être réalisée à l'aide d'engin de moyenne puissance. L'utilisation de matériel spécifique (BRH) pourra être nécessaire en cas de présence de gros blocs ou de passages indurés au sein du substratum altérée (C1) (non reconnu lors de nos investigations).

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que compte tenu de leur nature, les matériaux sont susceptibles de présenter des horizons sableux et/ou graveleux pouvant présenter un comportement boulant (stabilité précaire en fouille).

Le fond de fouille sera composé de matériaux essentiellement sablo-graveleux plus ou moins limono-argileux. Un dispositif adapté afin d'assurer une bonne praticabilité du fond de fouille, pourrait être mis en place en cas d'observation de remaniement de celui-ci et de matelassage.

Nota : En l'absence de ces mesures, des difficultés de praticabilités aux engins de chantier et un remaniement du fond de fouille préalablement aux travaux de fondations nécessiteront alors des approfondissements ponctuels.

5.9.2 Zone carrossable

5.9.2.1 Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase

Après décapage de la terre végétale, les terrains constitutifs de la PST seront représentés par le substratum altéré (C1).

Le substratum altéré (C1) est constitué de matériaux sablo-graveleux présentant une matrice argilo-limoneuse plus ou moins importante et attendu de classe GTR C_1A_1, A_1 et A_2 et sensibles à l'eau.

L'examen de la PST sera particulièrement soigné, des purges pourront être à prévoir en cas de présence de matériaux lâches, de matériaux comprenant des végétaux en décomposition…

Compte tenu du contexte géotechnique et hydrogéologique, de la nature des matériaux d'assise observés en sondage, la PST est attendue de catégorie PST2 – AR1.

En cas de mauvaises conditions météorologiques au moment des travaux, ces classes de PST pourront chuter en PST1-AR1 à l'état hydrique « h ».

Dans ces conditions, des travaux préparatoires de la PST (purge/substitution ou cloutage) pourraient être nécessaires afin de garantir une qualité suffisante pour la mise en œuvre de la couche de forme.

L'état hydrique des terrains devra donc être vérifié avant tout démarrage du chantier et pendant son exécution. A ce sujet, nous conseillons la réalisation des travaux en période favorable (de mai à octobre).

5.9.2.2 Couche de forme

Le projet prévoit l'utilisation d'un matériau granulaire insensible à l'eau de type GNT 0/80 ou équivalent de type R21, R41 ou R61, mis en œuvre sur un géotextile anti-contaminant tissé classé V de certification ASQUAL.

Afin d'obtenir une classe de plateforme PF2 au droit de la zone carrossable, dans le cas d'une catégorie de PST2 – AR1, il conviendra de réaliser une couche de forme de 40 cm avec mise en œuvre d'un géotextile (ou 50cm le cas échéant).

Un contrôle de la déformabilité de la couche de forme doit être effectué au moment de l'exécution des travaux, afin d'obtenir au minimum les exigences d'une plateforme de classe PF2.

Les contrôles devront être réalisés à l'aide d'essai de portance à la plaque ou dynaplaque.

Une portance minimale de 50 MPa en EV2 dans le cadre d'une PF2 est nécessaire, avec un rapport $k \leq 2$.

Remarques : L'épaisseur de la couche de forme devra être confirmée vis-à-vis de la sensibilité au gel par le bureau d'étude VRD.

5.9.2.3 Structure de chaussée

Les éléments suivants constituent une aide décisionnelle au choix des structures à mettre en place, en tenant compte du contexte géotechnique.

La mise en place d'un simple enduit superficiel ou d'un BBSG (suivant le degré de finition désiré) à même la couche de forme pourra être suffisante en cas de circulation VL uniquement.

En cas de circulation de poids lourds (PL >3,5t), nous recommandons d'orienter le choix vers une solution de structure de chaussée souple ou bitumineuse épaisse.

A titre d'exemple nous proposons les prédimensionnements suivants pour un trafic poids lourds occasionnel ($TC0_{20}$) :

Type de structure	GB3/GB3	GNT/GNT
Couche de roulement	BB, ep. 6cm	BB, ep. 6cm
Couche de base	GB3, ep. 8cm	GNT, ep. 11cm

Couche de fondation		GNT, ep. 25cm -
Plateforme	PF2 (min 50MPa)	
BB : béton bitumineux *GB : grave bitume* *GNT : grave non traitée*		

Tableau 28 : Exemples de structures de chaussée

Il s'agit ici d'exemples de structure fournis à titre indicatif, afin de constituer une aide décisionnelle au Maître d'Ouvrage et à son équipe de conception.

Le dimensionnement final des structures de chaussée relève du rôle d'un BET VRD.

5.9.3 Piste d'athlétisme et terrains sportifs

5.9.3.1 Fond de forme

Après les travaux de terrassements prévus au projet le fond de forme sera constitué par le substratum altéré (C1) de nature hétérogène.

Le substratum altéré (C1) est constitué de matériaux sablo-graveleux présentant une matrice argilo-limoneuse plus ou moins importante, attendu de classe GTR C_1A_1, A_1 et A_2 et sensibles à l'eau.

L'examen de ce fond de forme sera particulièrement soigné, des purges pourront être à prévoir en cas de présence de matériaux lâches, de matériaux comprenant des végétaux en décomposition…

L'objectif de portance recherché est de : EV2 ≥ 40 MPa.

Dans le cas où cet objectif de portance n'est pas assuré par le fond de forme et/ou d'assurer les exigences de nivellement, des opérations de préparation du fond de forme s'avèreront nécessaires : il conviendra de réaliser une couche de forme en matériaux d'apport insensible à l'eau (ex : grave alluvionnaire propre de classe D21) sur 40 à 50 cm ou sur 30 à 40 cm avec mise en œuvre d'un géotextile.

Le fond de forme est dressé suivant une pente dirigée perpendiculairement à l'axe d'utilisation de la piste terminée.

Après les opérations de préparation du fond de forme, nous recommandons de vérifier la portance de l'arase terrassement au moyen d'essais à la plaque.

Nous recommandons donc de privilégier une réalisation des travaux en période favorable, s'étalant habituellement entre les mois de mai et d'octobre.

5.9.3.2 Couche de fondation

A ce stade de l'étude, compte tenu de la nature du sol en place, et à la vue des mesures de perméabilité à attendre sur site, nous recommandons de procéder à l'apport de matériaux pour constituer la couche de fondation.

La couche de fondation doit assurer les fonctions suivantes :

- ***Fonction mécanique et géomécanique***
  - Permettre la circulation des engins de chantier sans déformation significative du sol (notion de traficabilité) : tassement maximal de 2 cm pour un essieu muni de roues jumelées chargé à 13 tonnes.
  - Permettre de respecter les exigences de reprofilage et de nivellement (0.01 m sous la règle de 3 m).

- La portance, module pseudo-dynamique (dynamique) ou module statique, doit être supérieure à 45 MPa.

- ***Fonction hydraulique :***
  - Permettre le transit de l'eau vers son point de récupération. A ce sujet, la Perméabilité devra être supérieure à 150 mm/h.

La couche de fondation sera réalisée par des matériaux d'apports respectant les qualités figurant au tableau ci-dessous :

Fonction	Type de matériau	Granulométrie O/D
Praticabilité et stabilité	Revêtement perméable ou imperméable	Courbe granulométrique bien graduée Indice de concassage > 60 Valeur au bleu ≤ 1 Los Angeles < 40 *D* ≤ 31,5 mm Gélivité < 5 % Épaisseur minimum ≥ 0,15 m
Drainage	Revêtement perméable	*D* ≥ 14 mm Moins de 30 % < 2 mm Moins de 10 % < 0,4 mm *ES* ≥ 70 Gélivité < 5 % Perméabilité ≥ 150 mm/h (NF EN 12616) Épaisseur minimum ≥ 0,15 m

Tableau 29 : Caractéristiques des matériaux

D'après les informations qui nous ont été transmises, le projet prévoit l'utilisation de graves insensible à l'eau de type GNT 0/31,5 mm mis en œuvre sur une épaisseur de 20cm sur un géotextile anti-contaminant tissé classé V de certification ASQUAL.

5.9.3.3 Contrôle de la couche de fondation

Des essais de contrôle de la couche de forme devront être réalisés au moment des travaux afin de vérifier l'obtention de l'objectif de portance.

Ces contrôles seront réalisés par essais à la plaque ou à la dynaplaque pour les couches de forme non traitées, en recherchant : EV2 ≥ 45 MPa.

Nous recommandons également de procéder à un contrôle de la qualité du fond de forme avant la mise en œuvre de la couche de forme afin de repérer les zones d'anomalies éventuelles. Ce contrôle pourra notamment être réalisé par le géotechnicien du projet dans le cadre d'une mission G4.

5.10 Aptitude à l'infiltration

Le coefficient de perméabilité locale obtenu est compris entre **k = 5,8.10^{-6} et 2,5.10^{-5} m/s** au niveau des terrains superficiels/Colluvions et du toit du Bégudien.

Les sols testés sont considérés comme assez perméable pour M1 et M2, ou ayant une perméabilité médiocre pour M3, d'après le tableau défini selon l'EPNAC.

Perméabilité		Typologie du sol	Aptitude à l'infiltration
m/s	mm/h		
$K < 10^{-6}$	$K < 4$	très peu perméable	Nulle
$10^{-6} < K < 3.10^{-6}$	$4 < K < 11$	peu perméable	Mauvaise
$3.10^{-6} < K < 10^{-5}$	$11 < K < 36$	perméabilité médiocre	Faible
$10^{-5} < K < 2.10^{-5}$	$36 < K < 72$	assez perméable	Bonne
$2.10^{-5} < K < 5.10^{-5}$	$72 < K < 180$	perméable	Bonne
$K > 5.10^{-5}$	$K > 180$	très perméable	Très bonne

Tableau 30 : Aptitude des sols à l'infiltration (EPNAC)

Ces résultats sont cohérents avec la lithologie des terrains superficiels rencontrés au droit des fouilles.

Ainsi, une gestion par infiltration des eaux pluviales peut être envisagée par l'intermédiaire de noues, bassin à ciel ouvert ou d'ouvrages infiltrants à faible profondeur.

Cette infiltration pourra générer des circulations à faibles profondeurs plus fréquentes, majoritairement au droit des passes sablo-graveleuses. La mise en place d'un ouvrage d'infiltration en amont du bâtiment semi-enterré pourra engendrer des circulations d'eau plus fréquentes et pourrait impacter le bâtiment.

5.11 Incertitudes géotechniques résiduelles

Plusieurs incertitudes géotechniques sont présentes au stade AVP. Ce chapitre a pour but de renseigner sur les différents points énoncés préalablement dans ce rapport :

- Des variations latérales de faciès sont susceptibles d'être rencontrées (épaisseur de l'horizon altéré du substratum (C1), présence de passages graveleux et/ou sableux dans le substratum altéré (C1), profondeur du toit du bégudien (C2.1), etc…) ;
- Le déboisement ponctuel de la zone d'étude qui pourra générer un remaniement des couches de sols superficielles et induire des instabilités de sol sous le dallage dans le cas d'un dallage sur terre-plein ;
- Les classes GTR des matériaux constitutifs du substratum. Nous recommandons la réalisation d'analyse GTR de ces matériaux afin de statuer précisément sur leurs conditions de réutilisation ;
- Les descentes de charges, l'interaction entre fondations et l'admissibilité des tassements différentiels par la structure du projet seront à lever dans les phases ultérieures du projet ;
- Nous recommandons de prévoir le passage d'un géotechnicien sur site en phase travaux à l'occasion d'une mission G4 pour valider les fonds de fouille de fondation ainsi que l'assise des dallages.

Les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps. C'est au cours de toutes les phases de l'étape 2 (étude géotechnique de conception G2 PRO) qu'il faut étudier les conséquences des risques majeurs et leur réduction éventuelle.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet et la

rédaction du DCE. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2 PRO, G2 DCE/ACT, G3 et G4) devra suivre la présente étude (mission G2 AVP).

L'entreprise prévoira au titre de sa mission G3 toutes les investigations qu'elle estime nécessaire ainsi que les essais et contrôles pour la bonne exécution de ses travaux.

Les Ingénieurs chargés de l'étude

Manon Pochet et
Remy Eichinger

ANNEXES

ANNEXE 1 PLAN DE LOCALISATION

ANNEXE 2 PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 3 COUPES ET PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DES SONDAGES GEOTECHNIQUES

ANNEXE 4 RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE

ANNEXE 5 RESULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION DES SOLS EN LABORATOIRE

ANNEXE 6 RESULTATS DES ESSAIS DE MECANIQUES DES SOLS EN LABORATOIRE

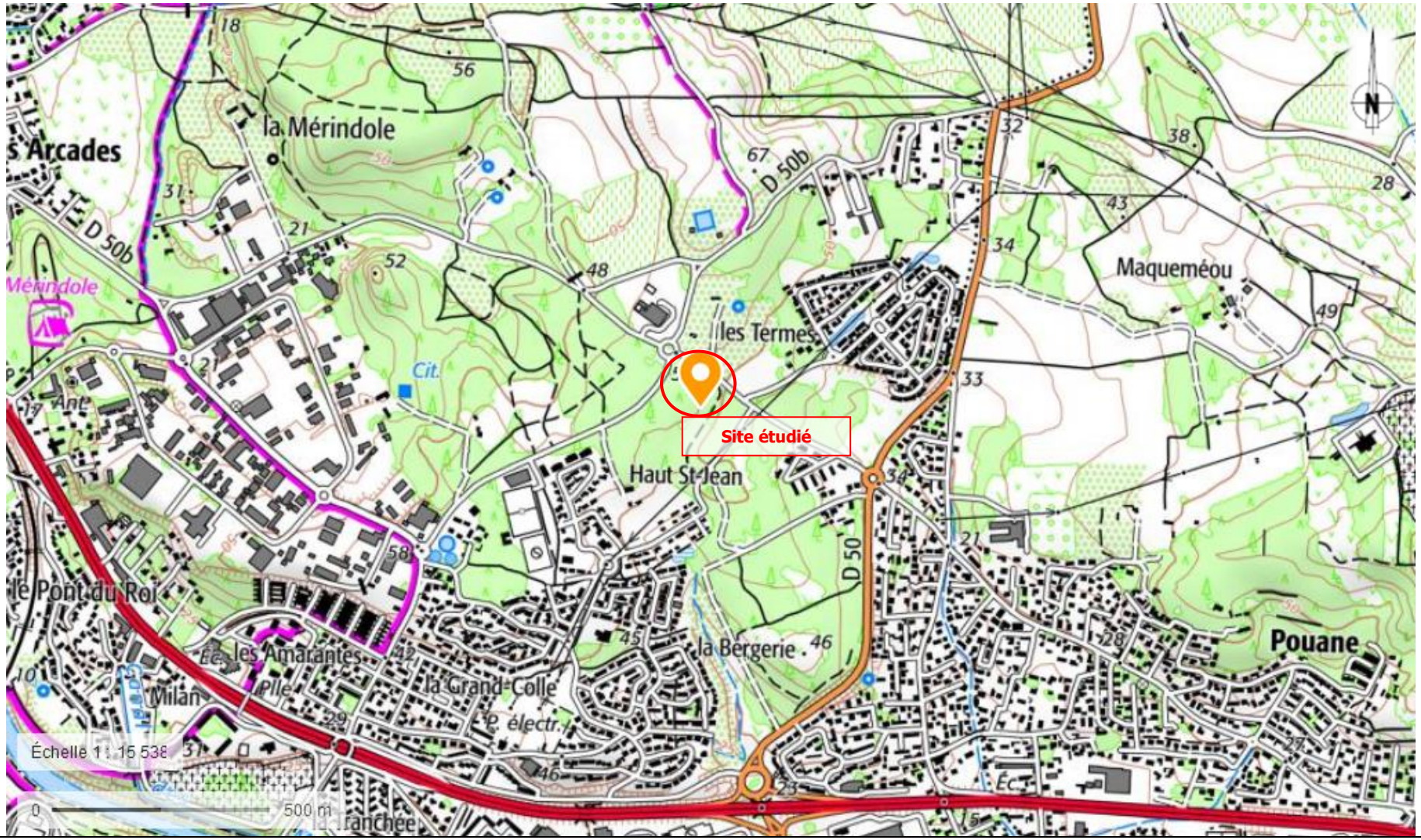
ANNEXE 7 RESULTATS DES ESSAIS D'AGRESSIVITE VIS-A-VIS DU BETON

ANNEXE 8 CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES

SÉMOFI

ANNEXE 1 Plan de localisation

SÉMOFI	6, avenue de Gutenberg 31120 PORTET SUR GARONNE	**Construction d'un Collège** Chemin des Termes, Port de Bouc (13)	**Plan de situation** Page 1/4
Etablie par : M. POCHET	Dossier C22-17406		Date : 03/04/2023



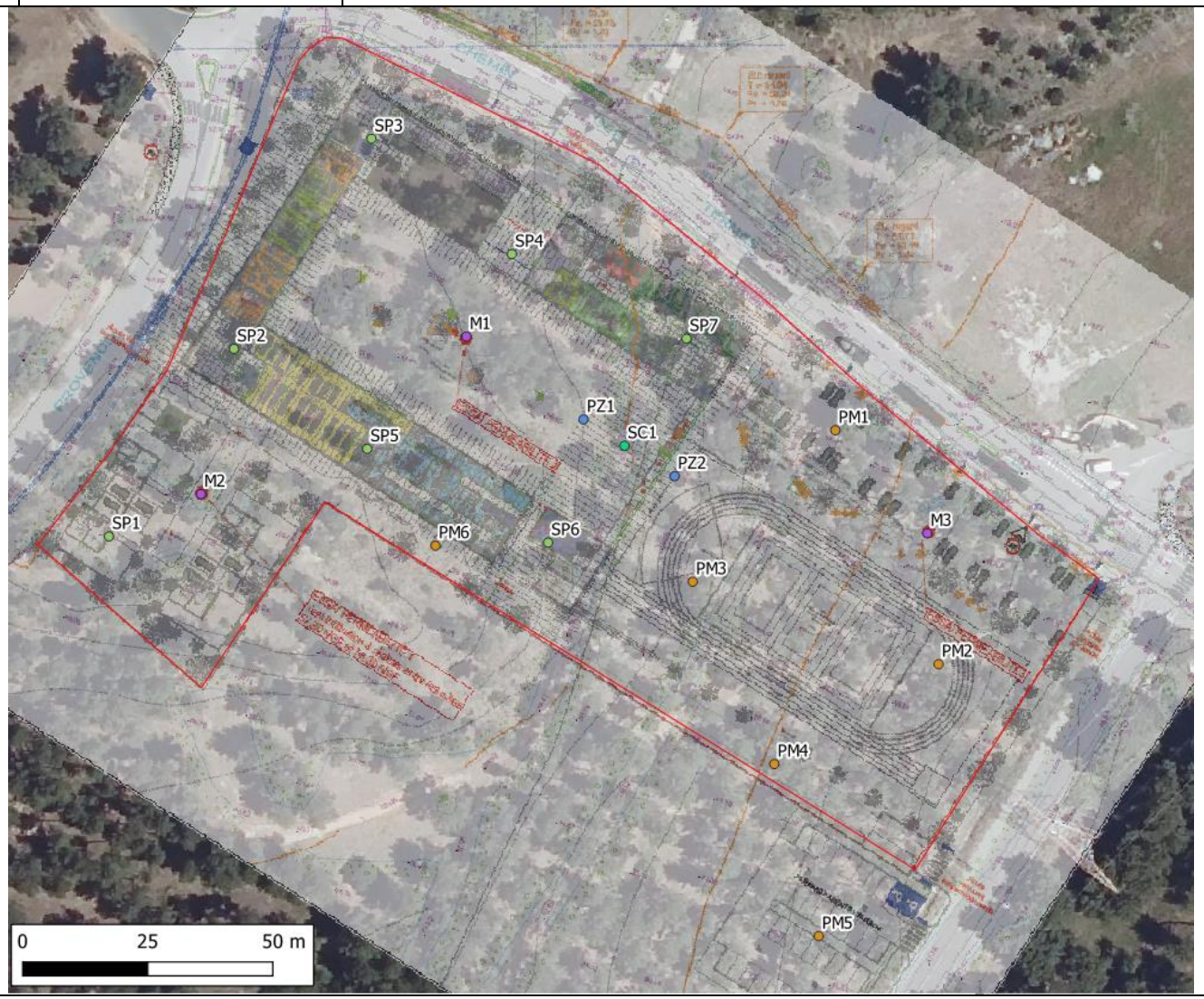
SÉMOFI

ANNEXE 2 Plan d'implantation des investigations géotechniques

SÉMOFI	6, avenue de Gutenberg 31120 PORTET SUR GARONNE	**Construction d'un Collège** Chemin des Termes, Port de Bouc (13)	**Plan d'implantation** Page 3/4
Etablie par : M. POCHET	Dossier C22-17406		Date : 03/04/2023



SÉMOFI	6, avenue de Gutenberg 31120 PORTET SUR GARONNE	**Construction d'un Collège** Chemin des Termes, Port de Bouc (13)	**Plan d'implantation** Page 4/4
Etablie par : M. POCHET	Dossier C22-17406		Date : 03/04/2023



ANNEXE 3 Coupes et planches photographiques des sondages géotechniques

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

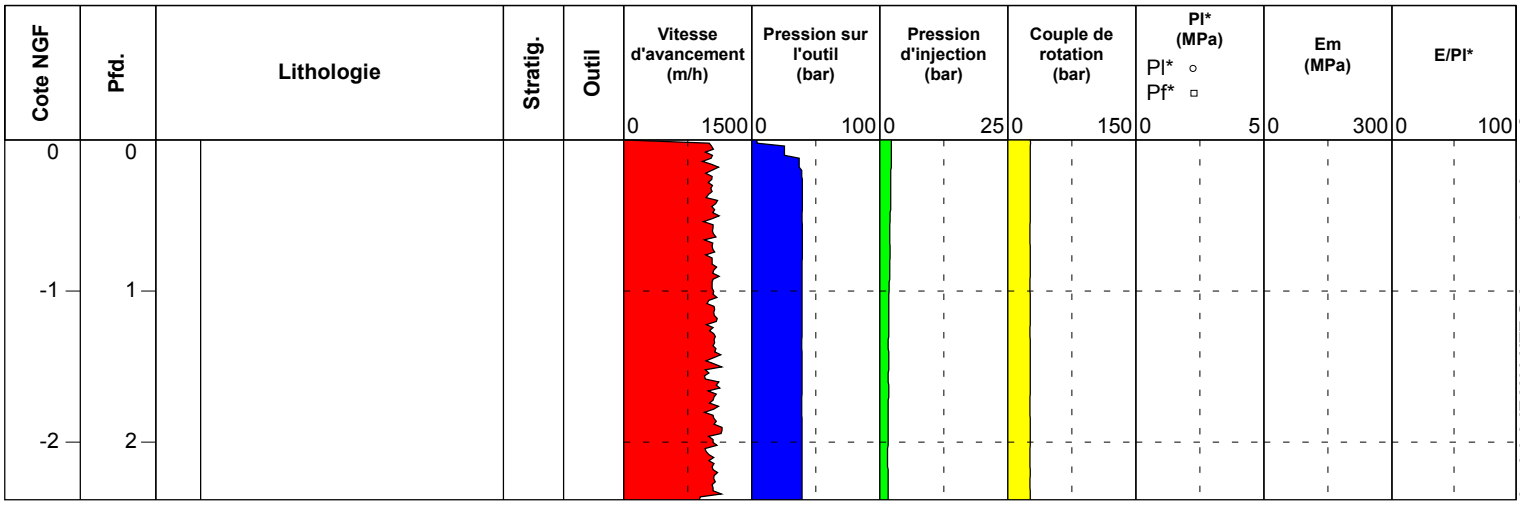
Contrat C23-17406

Date début : **04/05/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,38 m**

Machine : **SILEA45** X :

Y :

Forage : SP1 ET



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

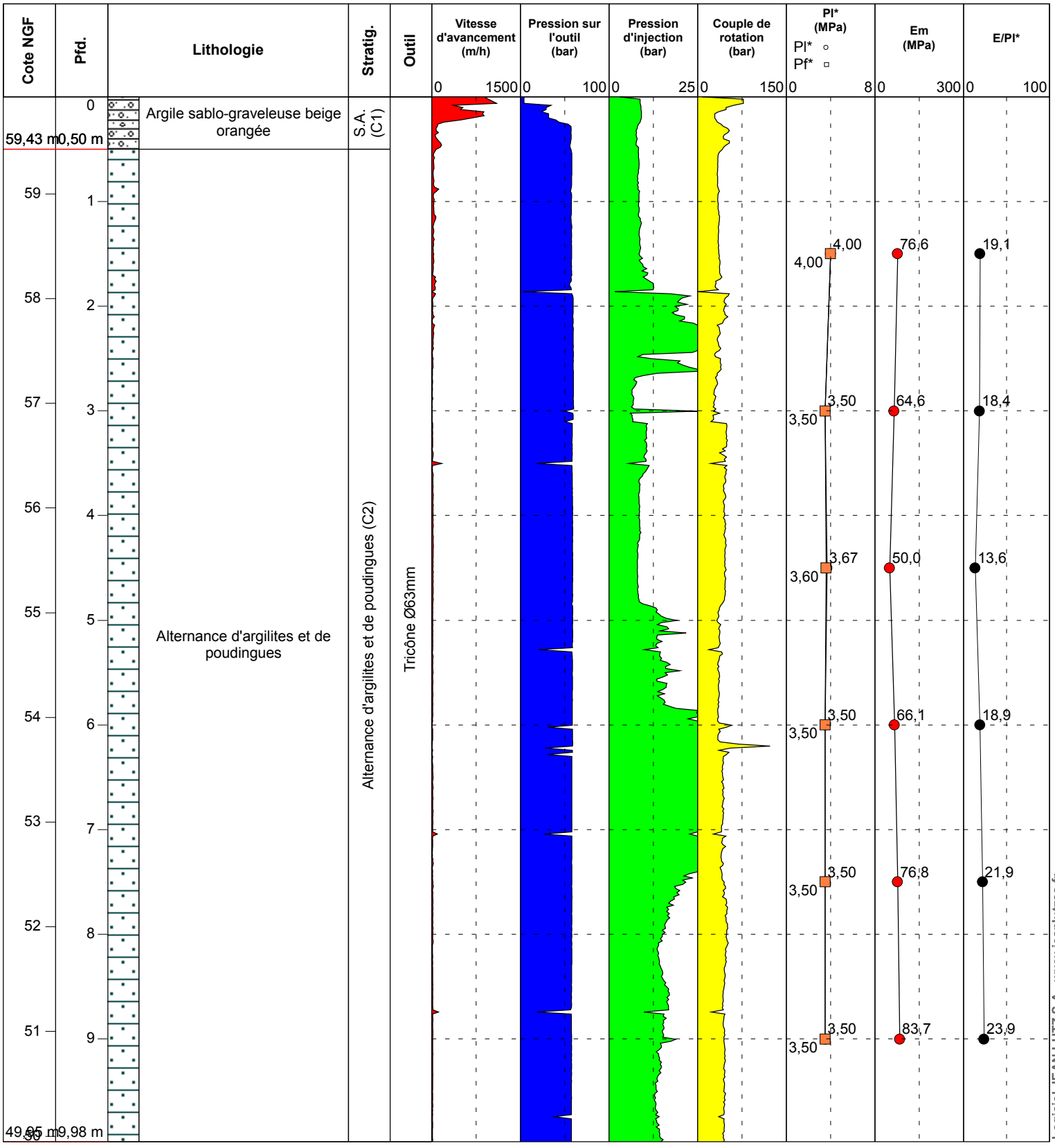
Contrat C23-17406

Date début : **04/05/2023** Cote NGF : **59.928** Profondeur : **0,00 - 9,98 m**

Machine : **SILEA45** X : **1861604.886**

Y : **3137725.086**

Forage : SP1



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

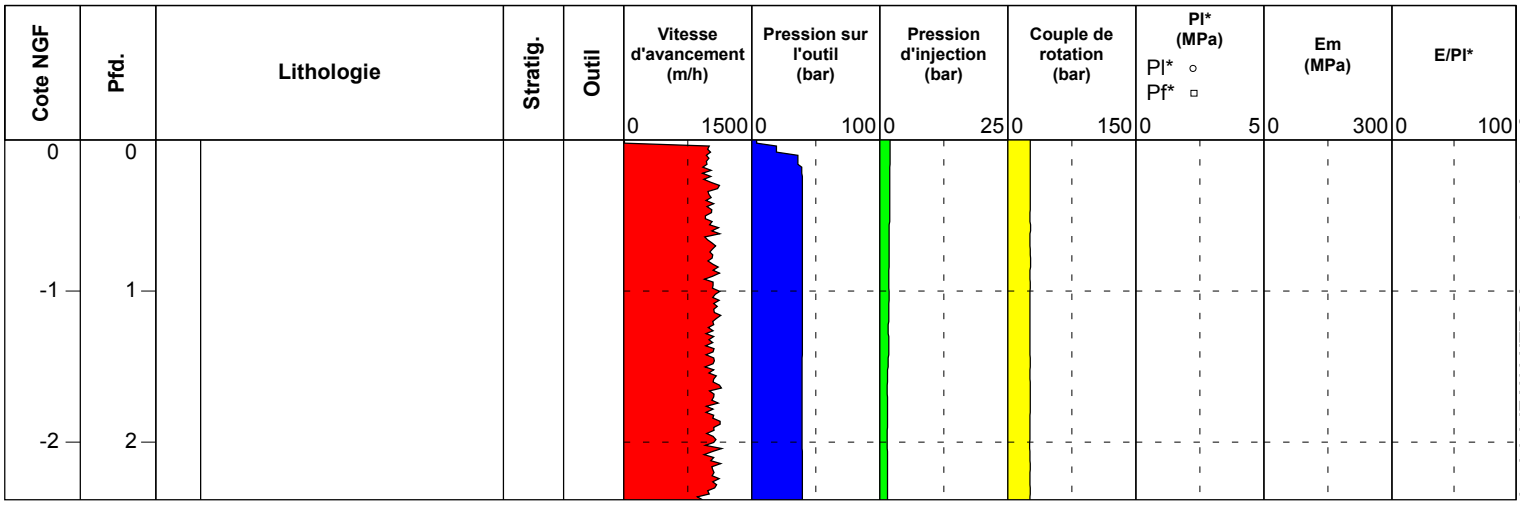
Contrat C23-17406

Date début : **04/05/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,38 m**

Machine : **SILEA45** X :

Y :

Forage : SP2 ET



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **04/05/2023** Cote NGF : **57.834** Profondeur : **0,00 - 14,98 m**

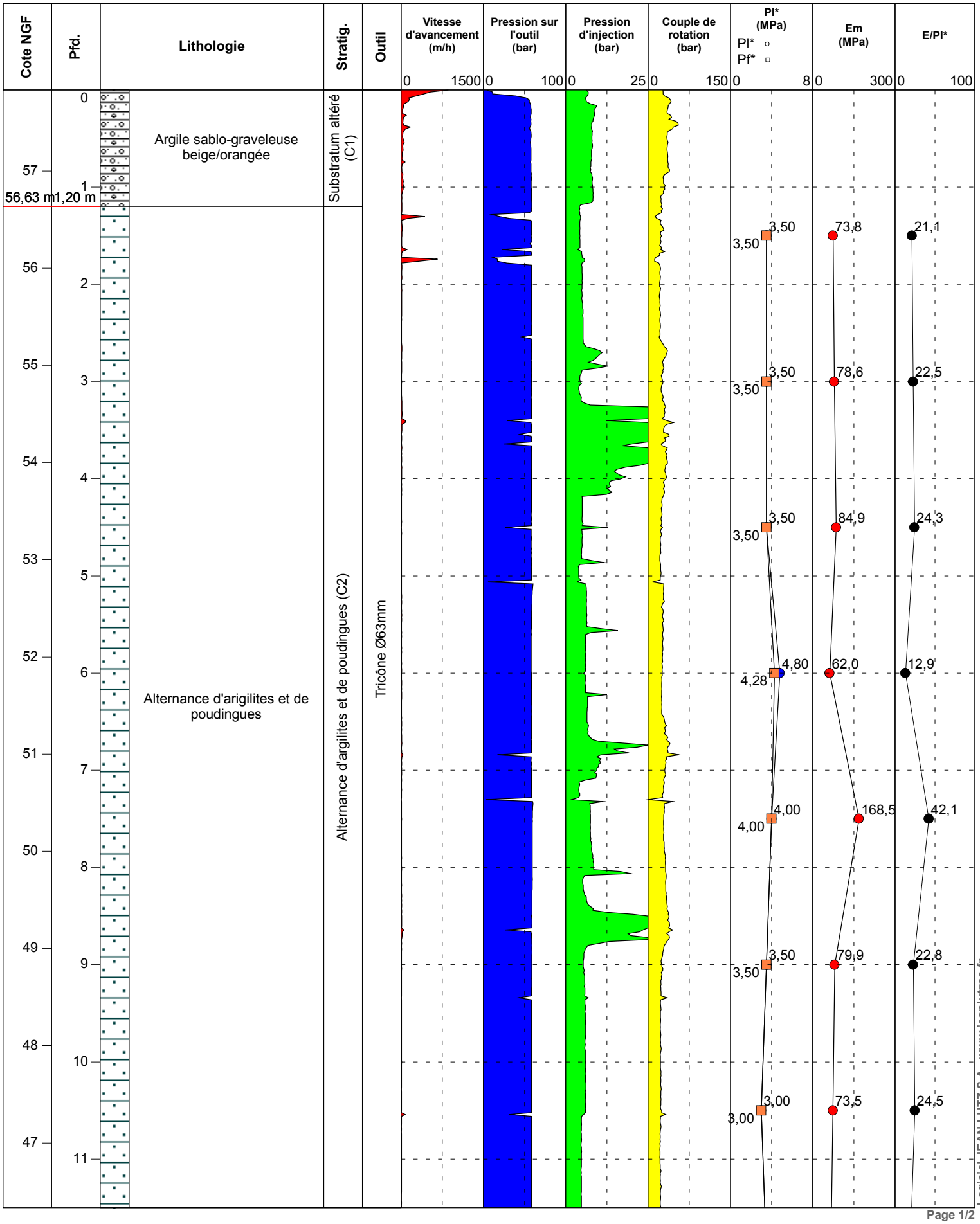
Machine : **SILEA45** X : **1861629.888**

Y : **3137762.699**

1/50

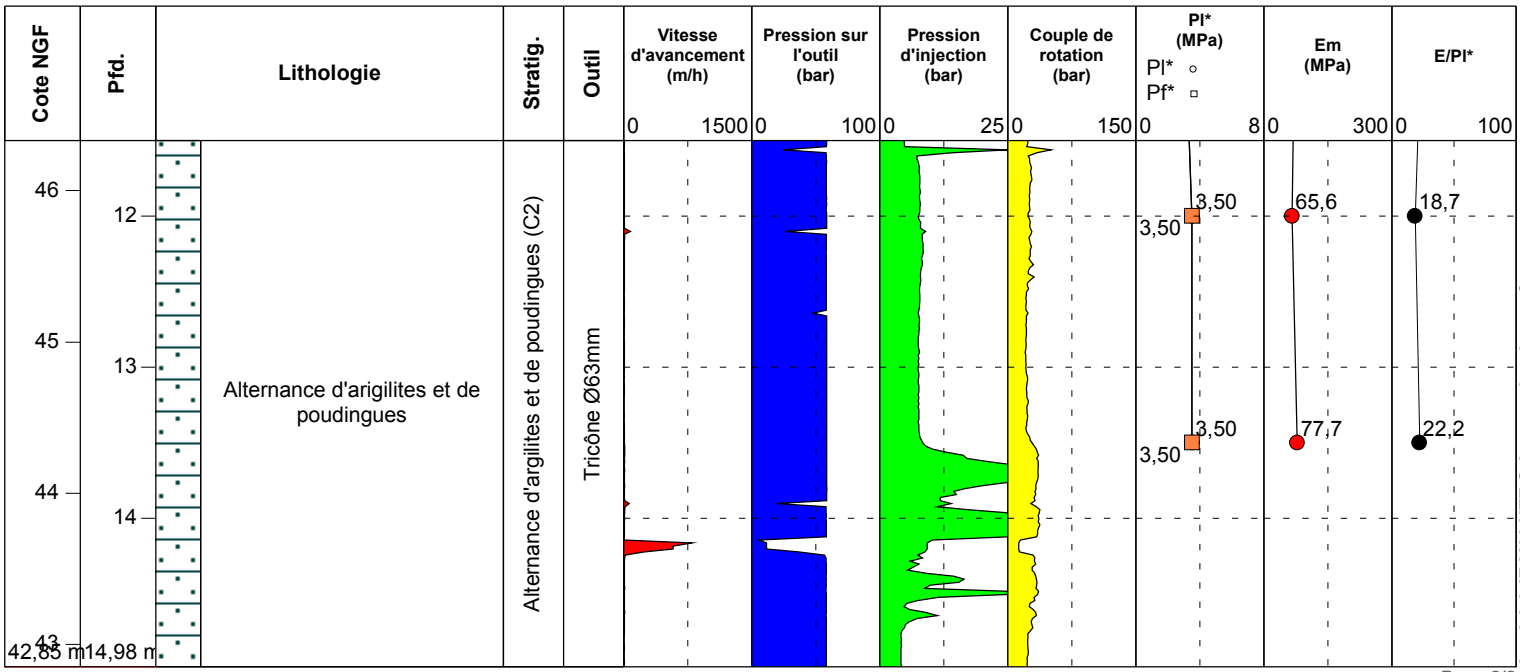
Forage : SP2

EXGTE 3.18/GTE



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

SP2



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

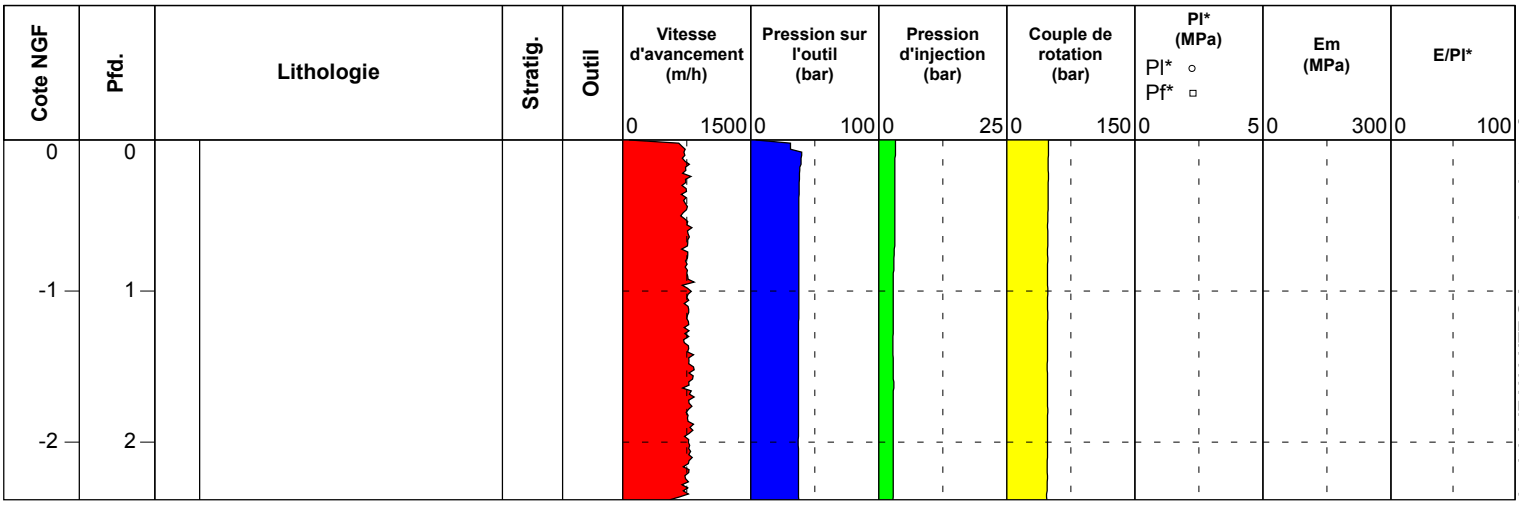
Contrat C23-17406

Date début : **03/05/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,38 m**

Machine : **SILEA45** X :

Y :

Forage : SP3 ET



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

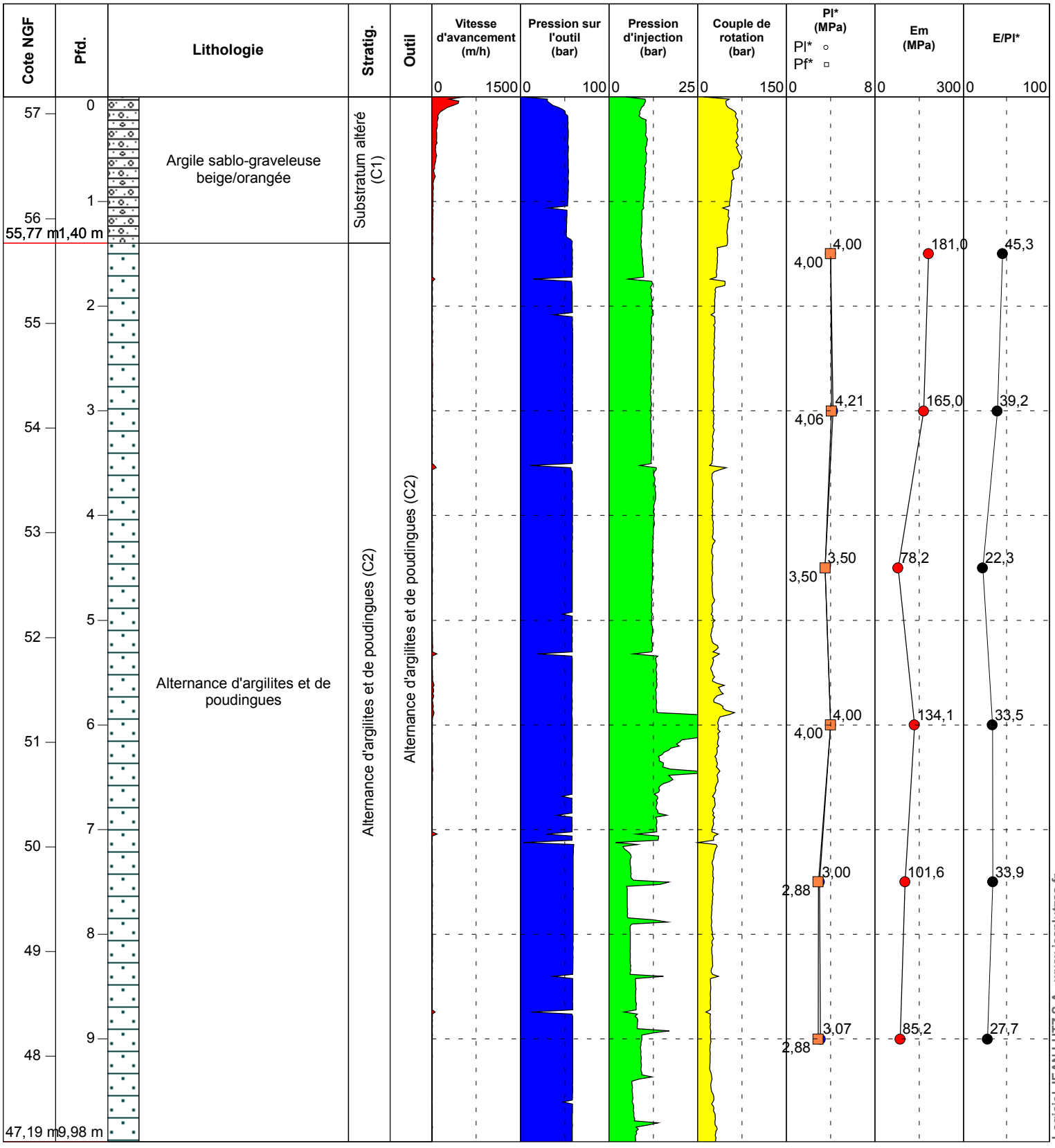
SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **03/05/2023** Cote NGF : **57.165** Profondeur : **0,00 - 9,98 m**
Machine : **SILEA45** X : **1861657.351**
Y : **3137804.832**

Forage : SP3



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

SÉMOFI

PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

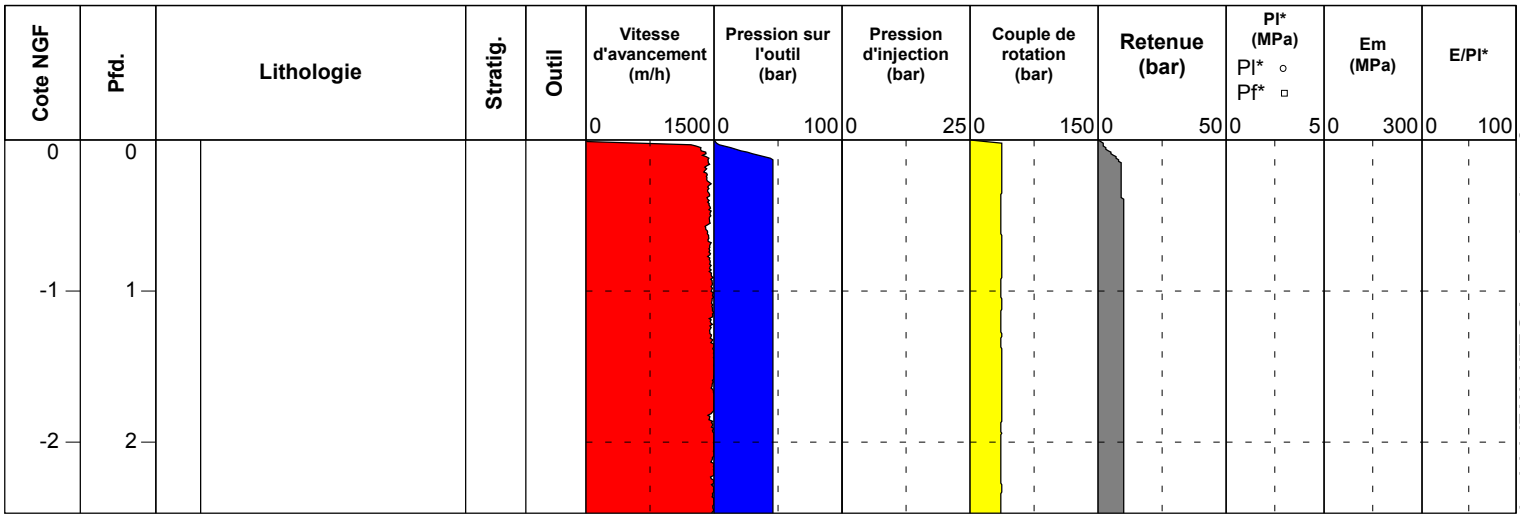
Contrat C23-17406

Date début : **28/04/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,47 m**

Machine : **SILEA4.5** X :

Y :

Forage : SP4 ET



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

SÉMOFI

PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

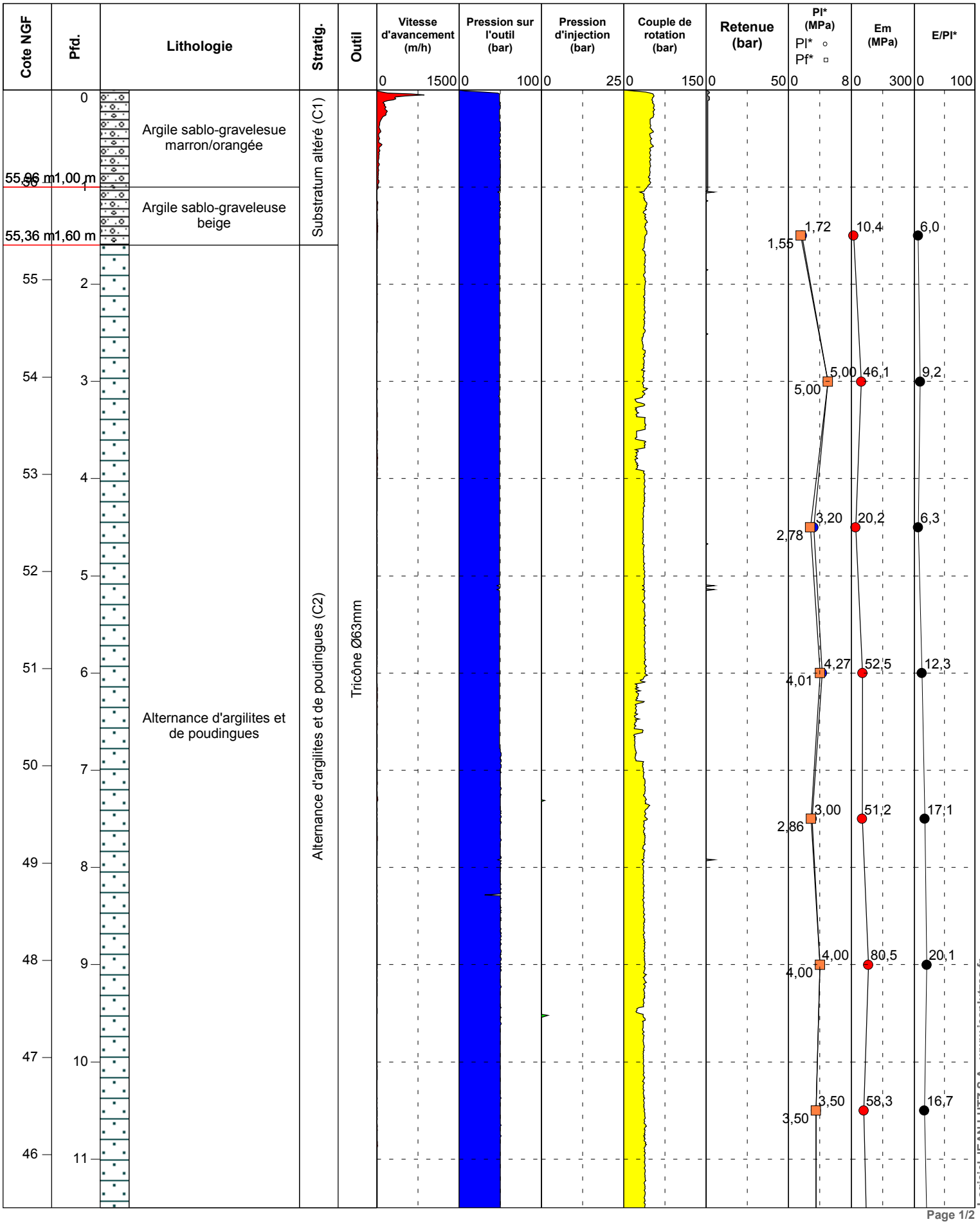
Contrat C23-17406

Date début : **28/04/2023** Cote NGF : **56.955** Profondeur : **0,00 - 15,00 m**

Machine : **SILEA4.5** X : **1861685.439**

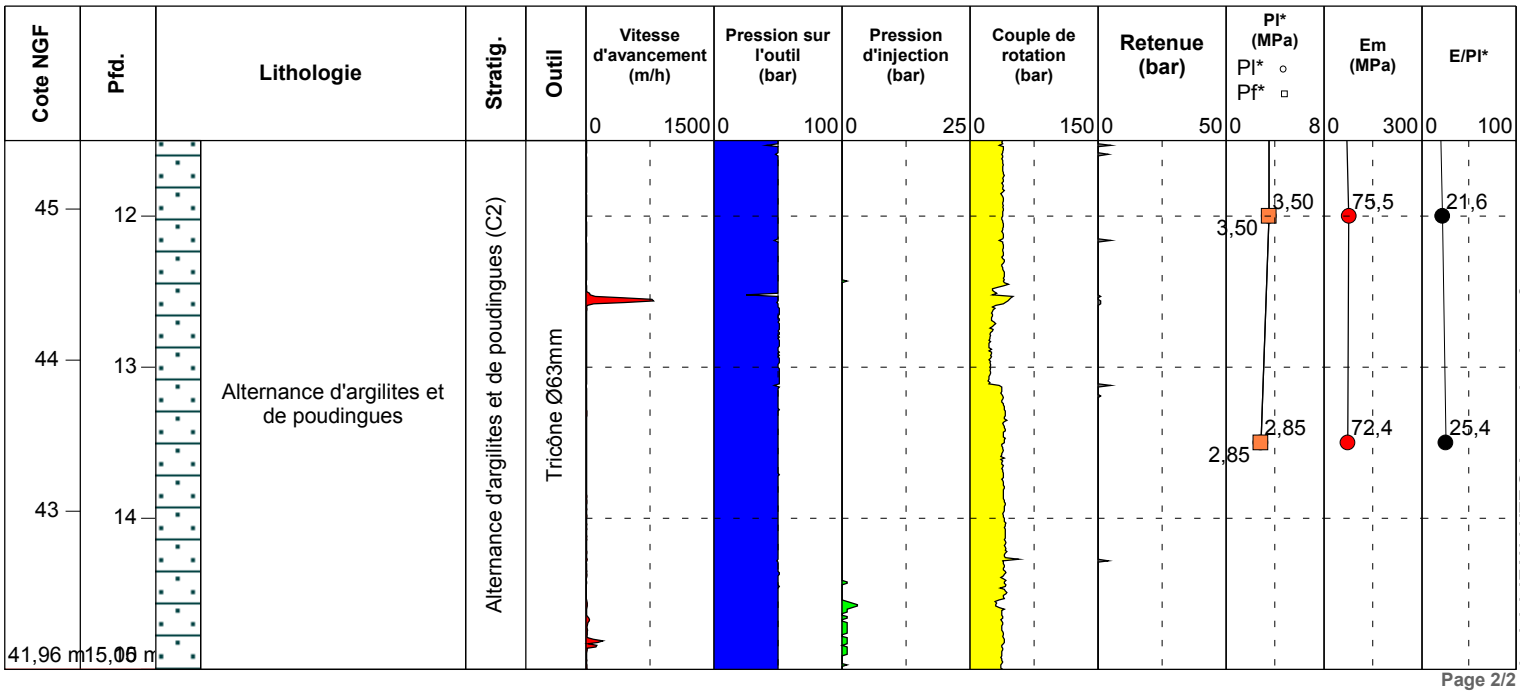
Y : **3137781.728**

Forage : SP4



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

SP4



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

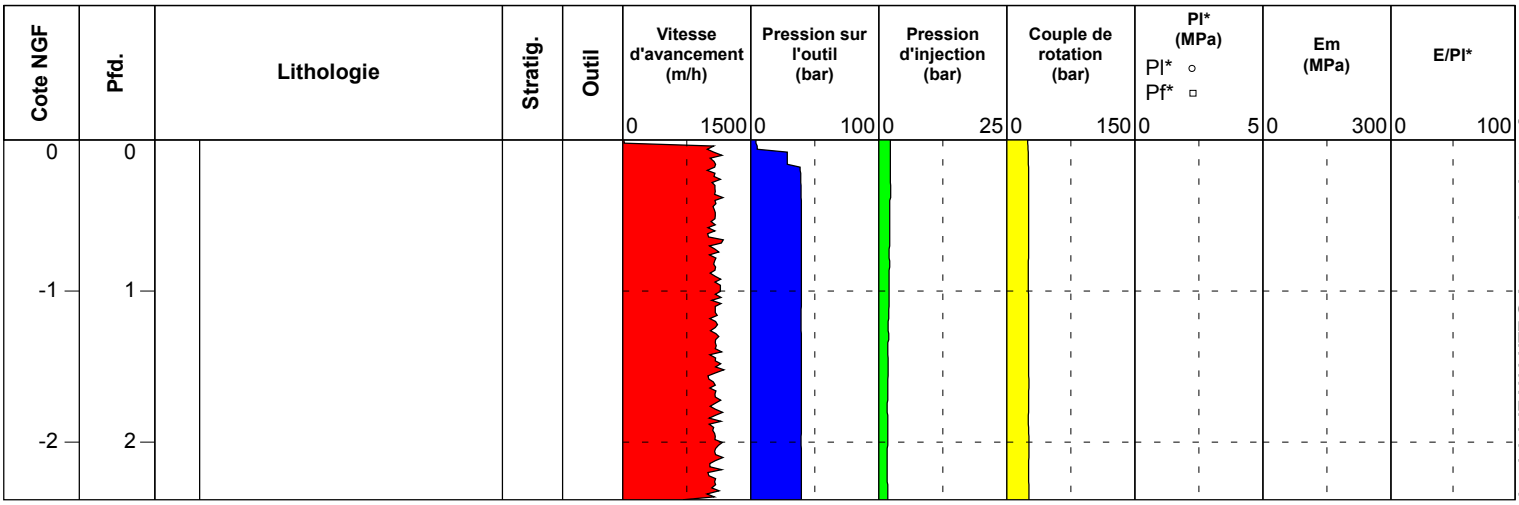
Contrat C23-17406

Date début : **04/05/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,38 m**

Machine : **SILEA45** X :

Y :

Forage : SP5 ET



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

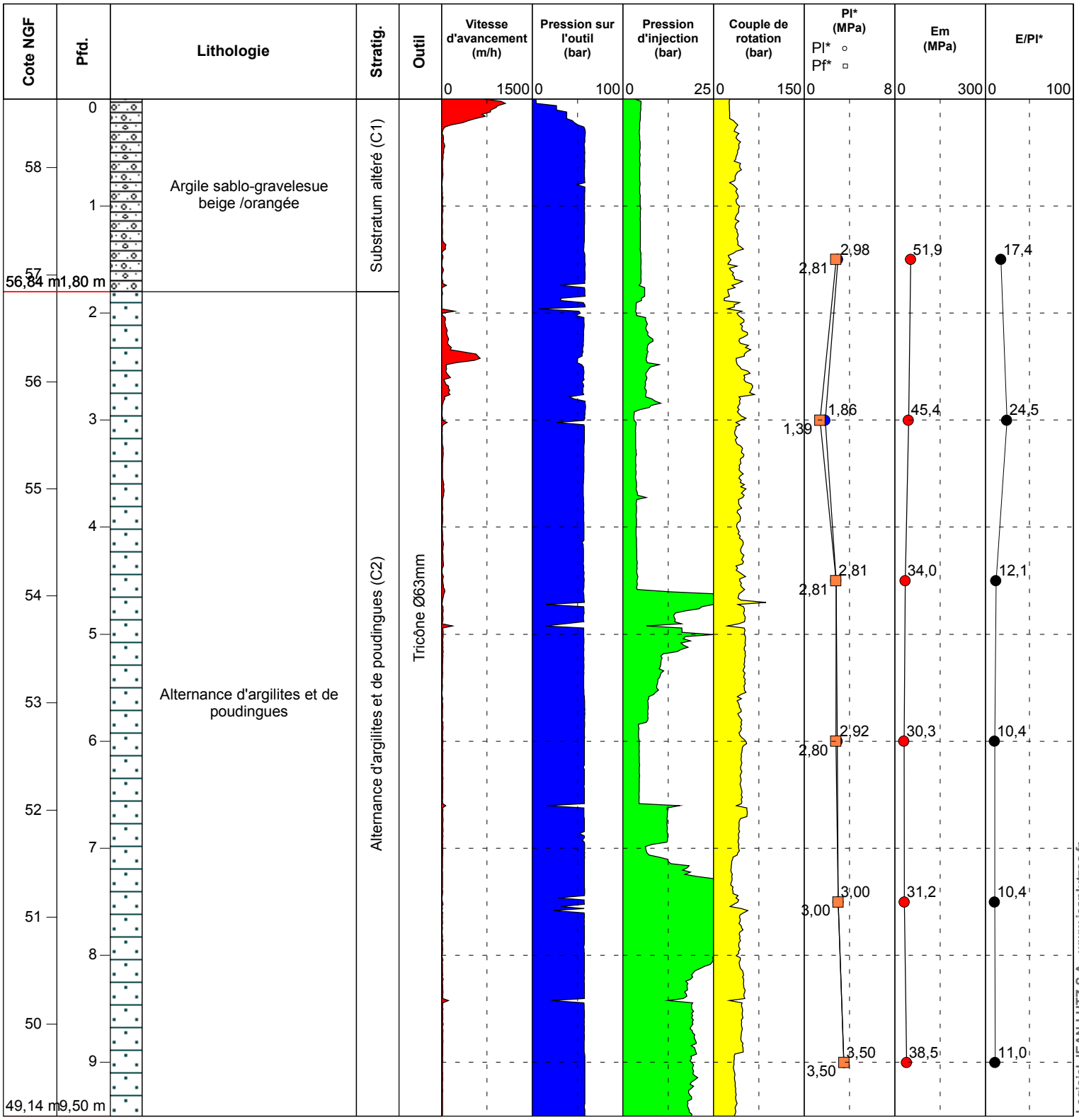
SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **05/05/2023** Cote NGF : **58.643** Profondeur : **0,00 - 9,50 m**
Machine : **SILEA45** X : **1861656.507**
Y : **3137742.681**

Forage : SP5



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

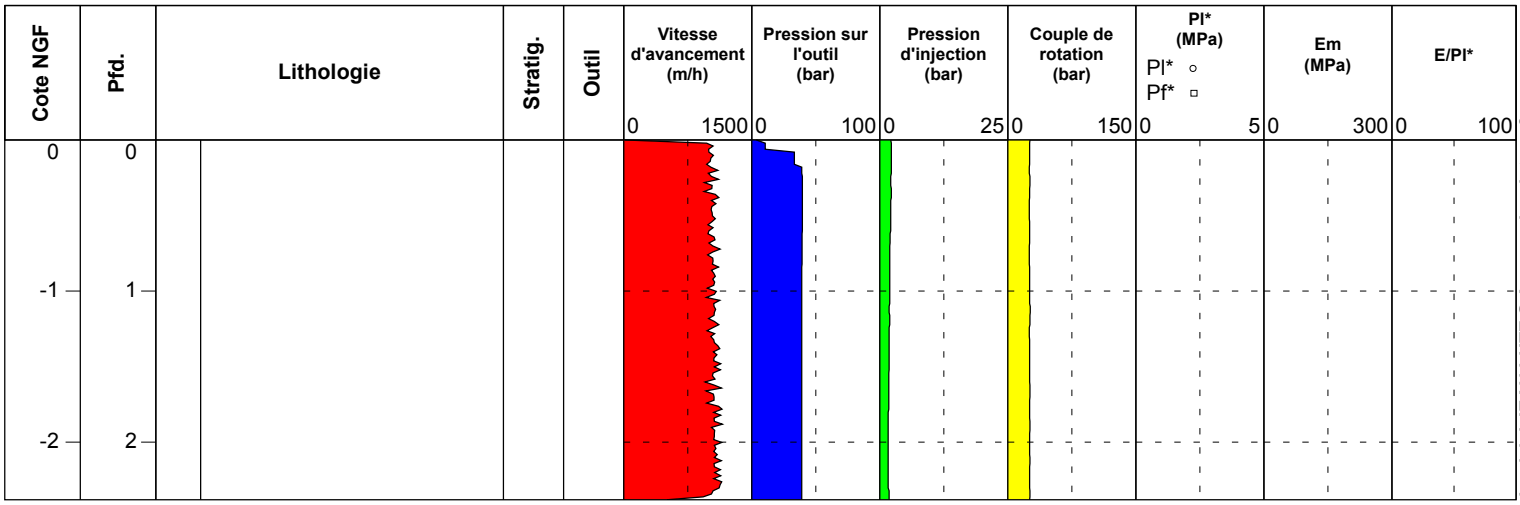
Contrat C23-17406

Date début : **09/05/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,38 m**

Machine : **SILEA45** X :

Y :

Forage : SP6 ET



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

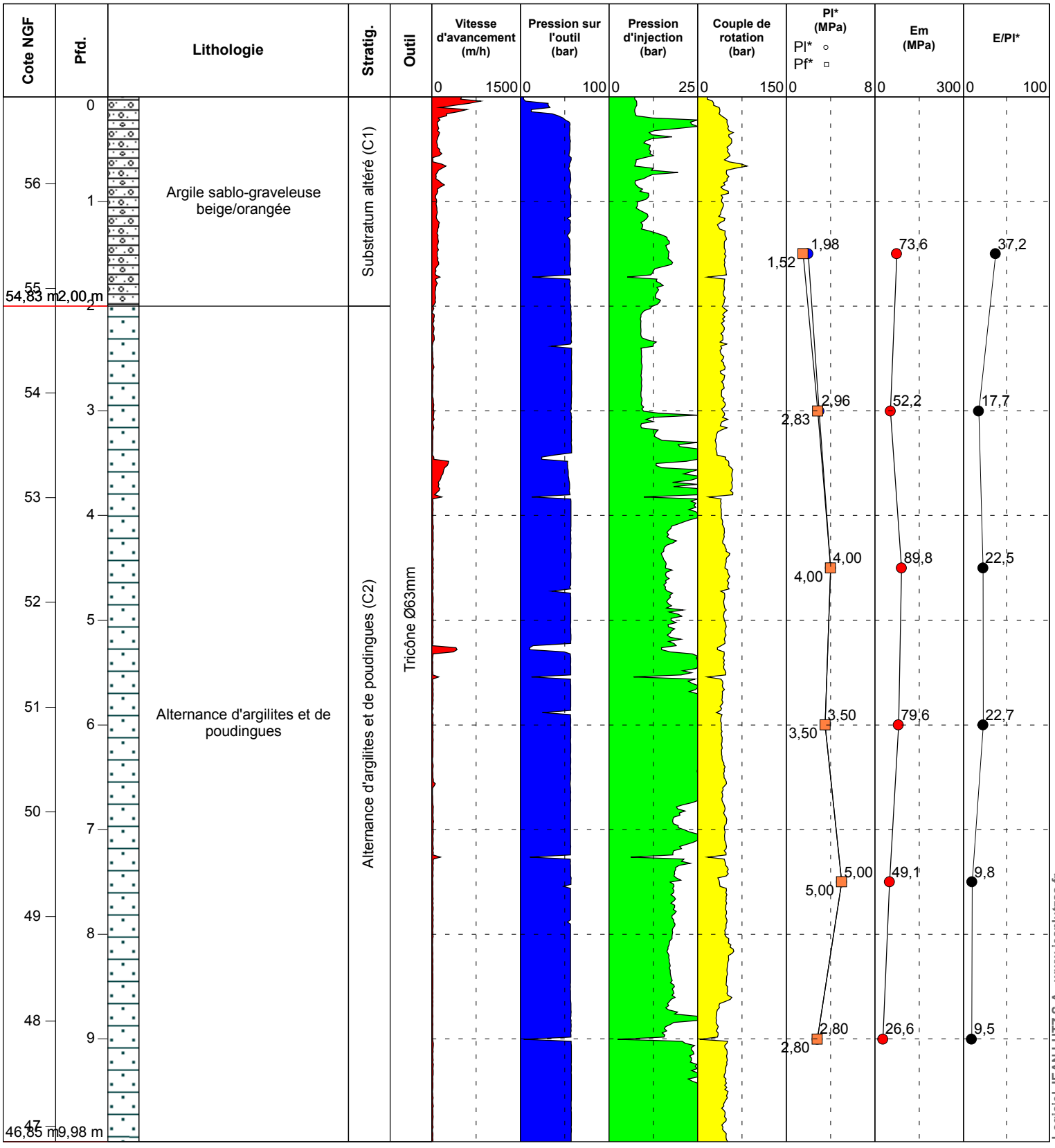
Contrat C23-17406

Date début : **09/05/2023**
Cote NGF : **56.830**
Machine : **SILEA45**
Profondeur : **0,00 - 9,98 m**
X : **1861692.659**
Y : **3137723.869**

1/50

Forage : SP6

EXGTE 3.18/GTE



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

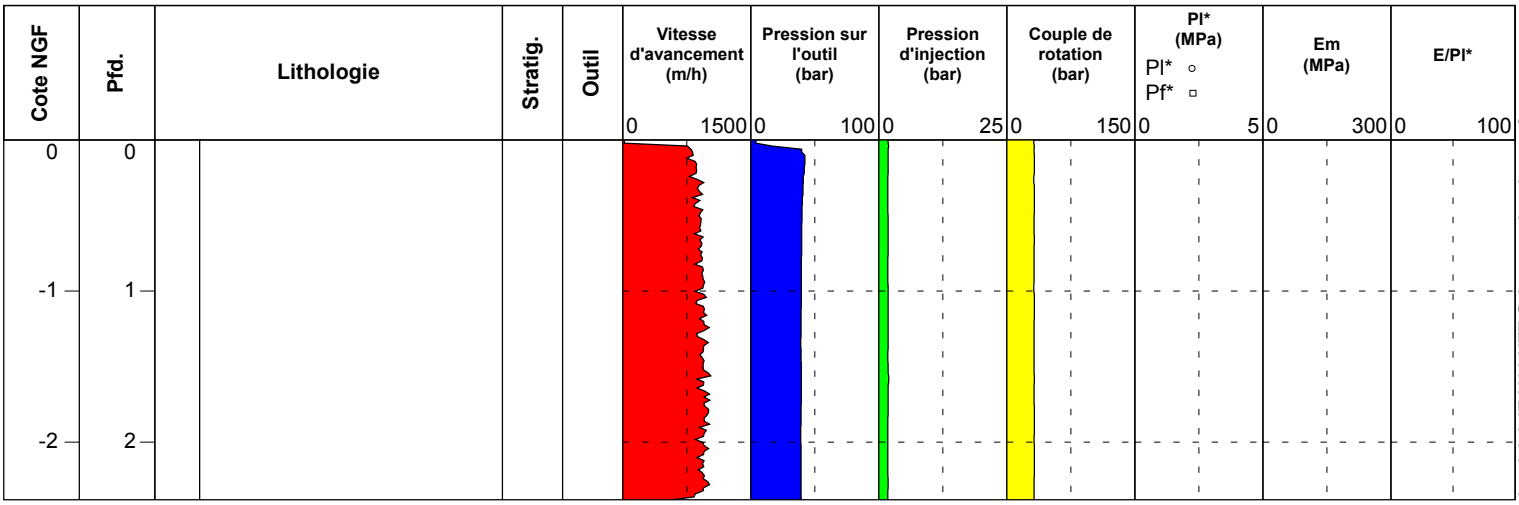
Contrat C23-17406

Date début : **09/05/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,38 m**

Machine : **SILEA45** X :

Y :

Forage : SP7 ET



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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **09/05/2023** Cote NGF : **54.745** Profondeur : **0,00 - 14,30 m**

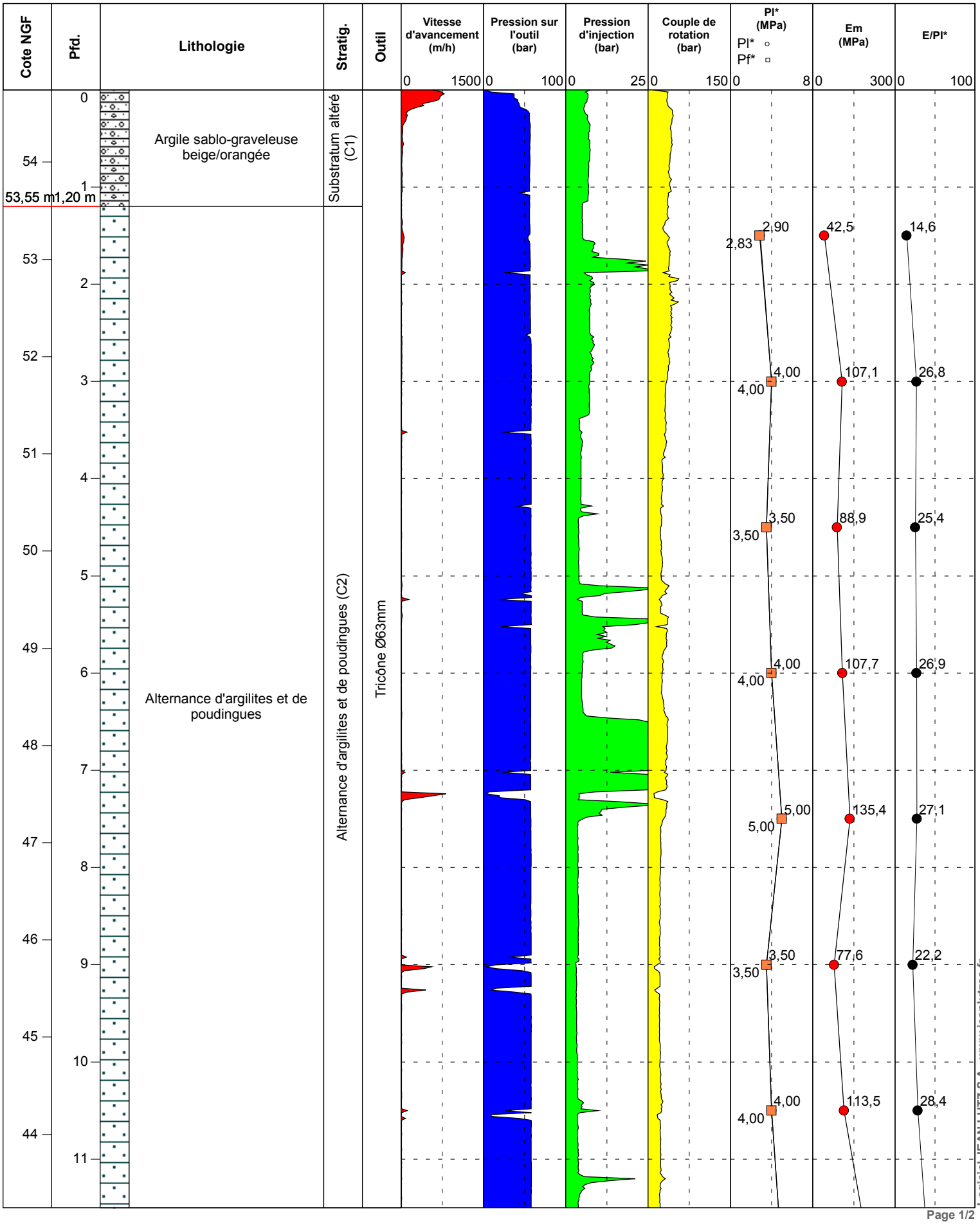
Machine : **SILEA45** X : **1861720.333**

Y : **3137764.792**

1/50

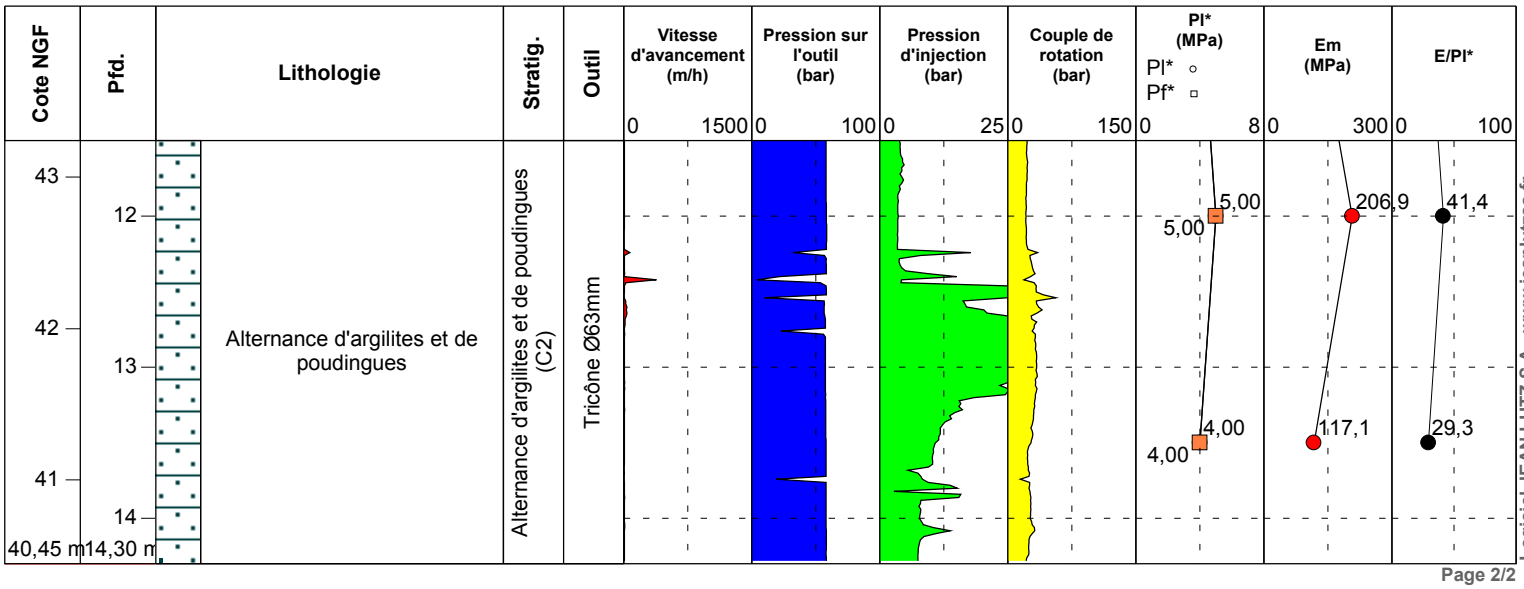
Forage : SP7

EXGTE 3.18/GTE



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

SP7



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

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : **02/05/2023** Cote NGF : **55.111** Profondeur : **0,00 - 8,30 m**

Machine :

Forage : SC1

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil	Taux de récup. (%) 0 100
	0					
		Argile sablo graveleuse beige, dmax 10cm	Terrains superficiels (C1)			100,00
54,41 m	0,7 m					
		Argile sablo graveleuse beige, dmax 10cm, humide		1,00 m		
54,11 m	1,0 m					
	1					
		Sable fin à matrice limoneuse ocre, présence de graves		1 EI		100,00
53,31 m	1,8 m					
		Argile sablo-graveleuse altérée orangé rougeâtre		2,00 m		
53,11 m	2,0 m					
	2					
		Sable argileux rougéatre à cailloux et cailloutis calcaire	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			100,00
52,67 m	2,4 m					
		Sable argileux rougéatre à graves		1 EI		
52,46 m	2,7 m					
		Sable argileux rougéatre à bloc de calcaire de 3 à 5 cm		3,00 m		
52,11 m	3,0 m					
	3					
51,96 m	3,2 m	Argile à graviers orangée (roche altérée)				
51,86 m	3,3 m	Roche friable altérée orangé rougeâtre				
		Argile sableuse (sable fin) orangé à graviers, dmax 4cm, très humide				100,00
51,61 m	3,5 m					
		Graves argileuse orangée humide, dmax 10cm				
51,11 m	4,0 m					
	4					
		Graves et graviers, matrice argilo-sableuse en faible quantité, orangé, humide				100,00
50,81 m	4,3 m					
50,66 m	4,5 m	Sablo graveleux orangé, dmax 2cm, humide				
50,51 m	4,6 m	Sable orangé humide				
50,31 m	4,8 m	Argilo sablo graveleux orangé, dmax 10cm				
50,11 m	5,0 m	Argile sablo graveleuse orange à grise, très humide				
	5					
		Argile à graviers, dmax 4cm, orange rougeâte, très humide				100,00
49,71 m	5,4 m					
49,51 m	5,6 m	Argilite altérée orange rougeâtre, humide et argileuse en surface et très sèche et compact en base				
49,26 m	5,9 m	Argile rouge à graviers, plutôt compact, légèrement sableuse (sable fin)				
49,11 m	6,0 m	Argile et sable fin rougeâtre à graviers, dmax 5cm				
	6					
		Argilite très compacte orange				100,00
48,51 m	6,6 m					
		Argilo graveleux orange rougeâtre, dmax 1cm, humide en base				
47,91 m	7,2 m					100,00
	7					
		Argilite altérée orange rougeâtre, très compact à partir de 7,50m				
	8					
46,81 m	8,3 m					100,00

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

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DU SONDAGE SC1

Département des Bouches du Rhône

Collège Paul Eluard, Port de Bouc (13)



SC1 : 0.00-3.00 m



SC1 : 3.00-6.00 m

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tél: 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

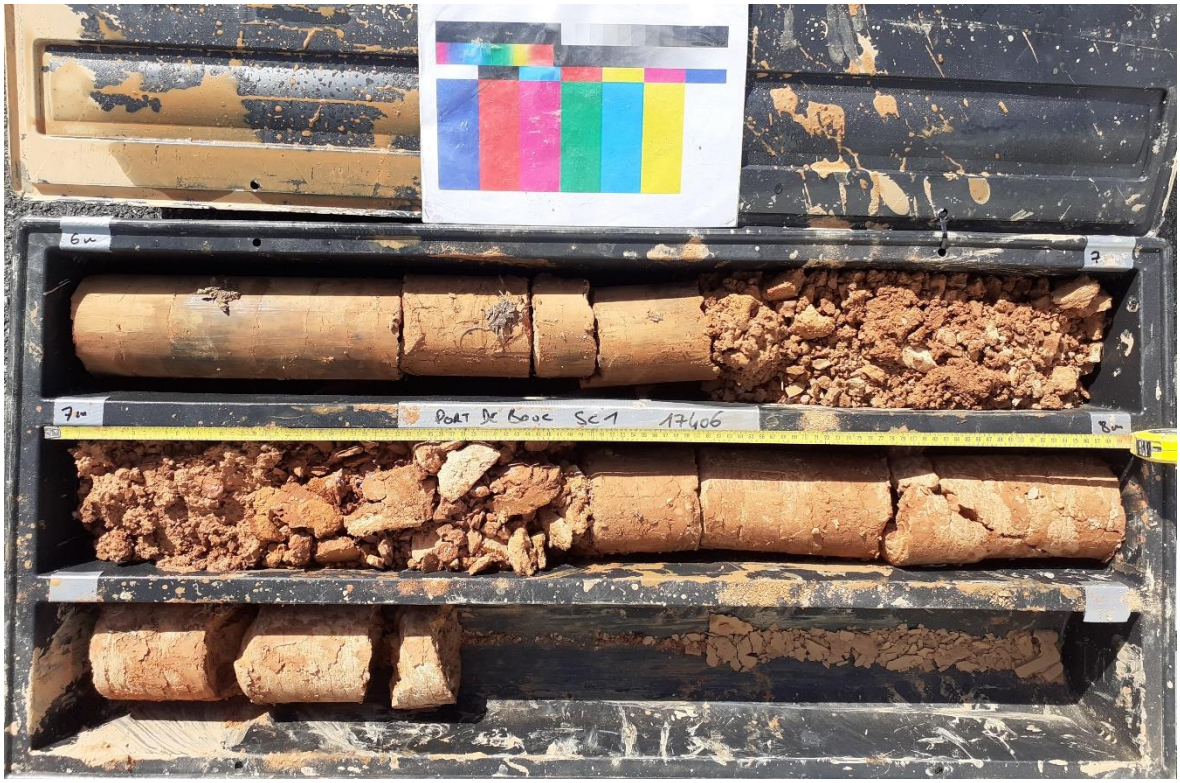
Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C23-17406-1	A	27/04/2023	ELR

Maitre d'Ouvrage : Département des Bouches du Rhône

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DU SONDAGE SC1

Département des Bouches du Rhône

Collège Paul Eluard, Port de Bouc (13)



SC1 : 6.00-8.30 m

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tél: 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	**A**	27/04/2023	ELR
Maitre d'Ouvrage : Département des Bouches du Rhônes			

SÉMOFi

PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

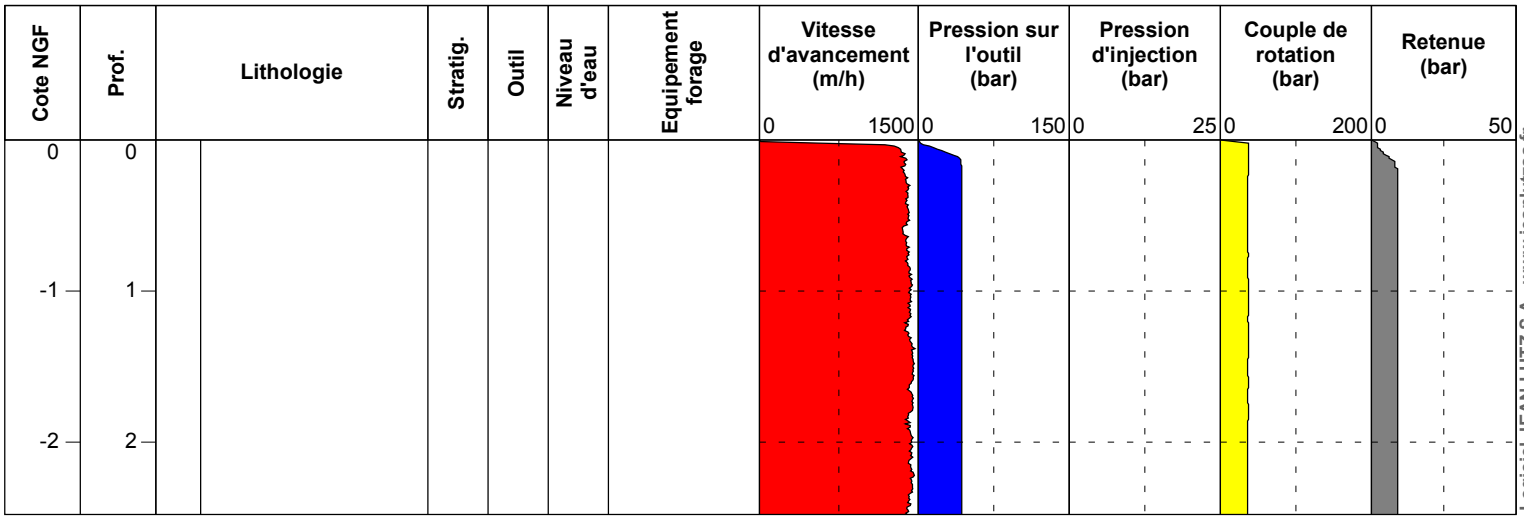
Contrat C23-17406

Date début : **27/04/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,48 m**

Machine : **SILEA4.5** X :

Y :

Forage : PZ1 ET



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

SÉMOFI

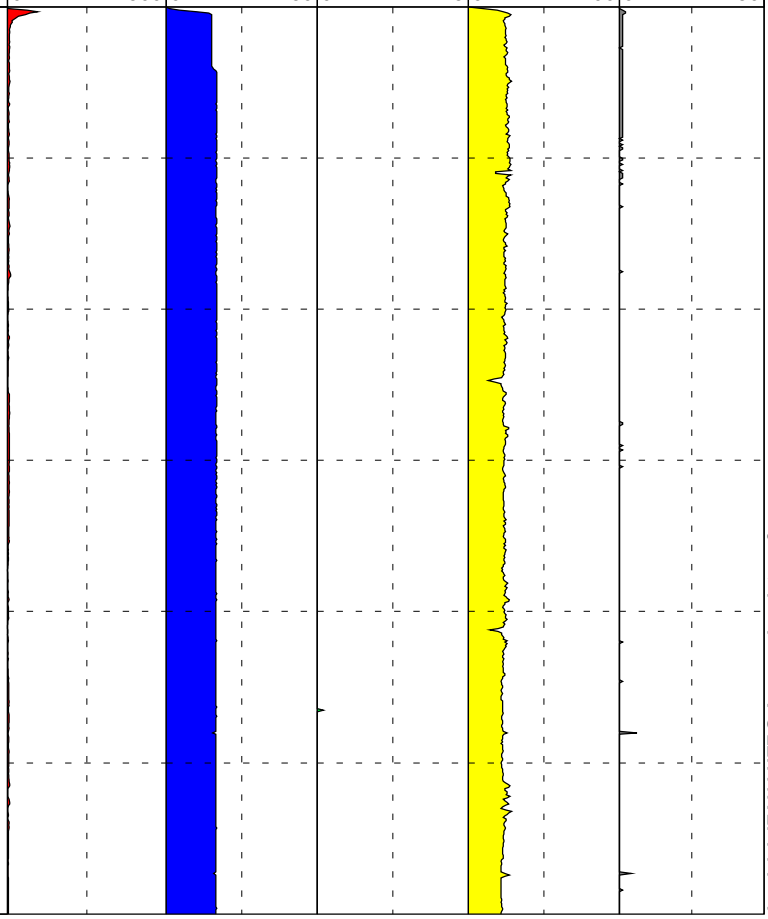
PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **27/04/2023** Cote NGF : **55.983** Profondeur : **0,00 - 6,00 m**
Machine : **SILEA4.5** X : **1861699.776**
Y : **3137748.573**

Forage : PZ1

Cote NGF	Prof.	Lithologie	Stratig.	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
55,18 m	0,80 m	Argile sablo-graveleuse beige/orangée	Substratum altéré (C1)	Tricône Ø121mm		PVC crépiné Ø52/60 mm de 4 à 6 m PVC lisse Ø52/60 mm de 0 à 4 m Gravier filtre siliceux Ø2/4 mm au droit des portions crépinées Sobranite et coulis de ciment de 0 à 4 m
55	1	Alternance d'argilites et de poudingues	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
54	2					
53	3					
52	4					
51	5					
49,98 m	6,006m					



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

SÉMOFi

PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

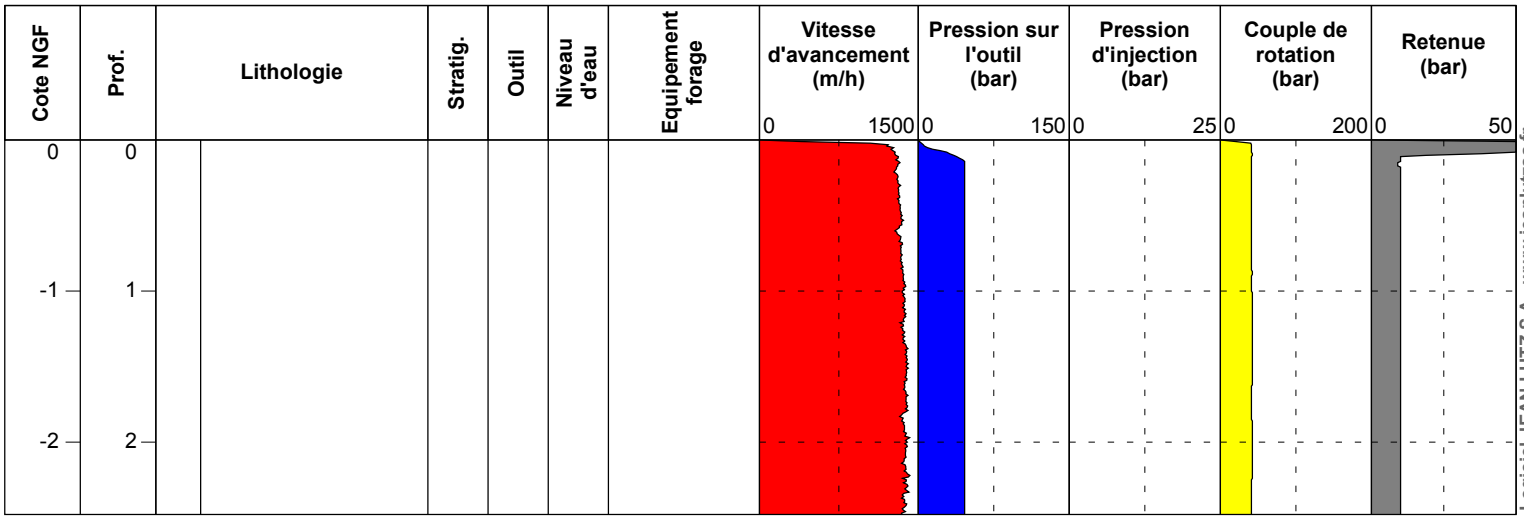
Contrat C23-17406

Date début : **27/04/2023** Cote NGF : Profondeur : **0,00 - 2,48 m**

Machine : **SILEA4.5** X :

Y :

Forage : PZ2 ET



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

SÉMOFI

PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **27/04/2023** Cote NGF : **54.379** Profondeur : **0,00 - 2,50 m**
Machine : **SILEA4.5** X : **1861717.547**
Y : **3137737.615**

Forage : PZ2

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Prof.	Lithologie	Stratig.	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
54	0	Argile sablo-graveleuse beige/orangée	Substratum altéré (C1)	Tricône Ø121mm		PVC crépiné Ø52/60 mm de 1 à 2.5m PVC lisse Ø52/60 mm de 0 à 1 m Gravier filtre siliceux Ø2/4 mm au droit des portions crépinées Sobranite et coulis de ciment de 0 à 1m
53,38 m	1,00 m					
53	1	Alternance d'argilites et de poudingues	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
52	2					
51,38 m	2,50 m					

Vitesse d'avancement (m/h) : 0 – 1500
Pression sur l'outil (bar) : 0 – 150
Pression d'injection (bar) : 0 – 25
Couple de rotation (bar) : 0 – 200
Retenue (bar) : 0 – 50

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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

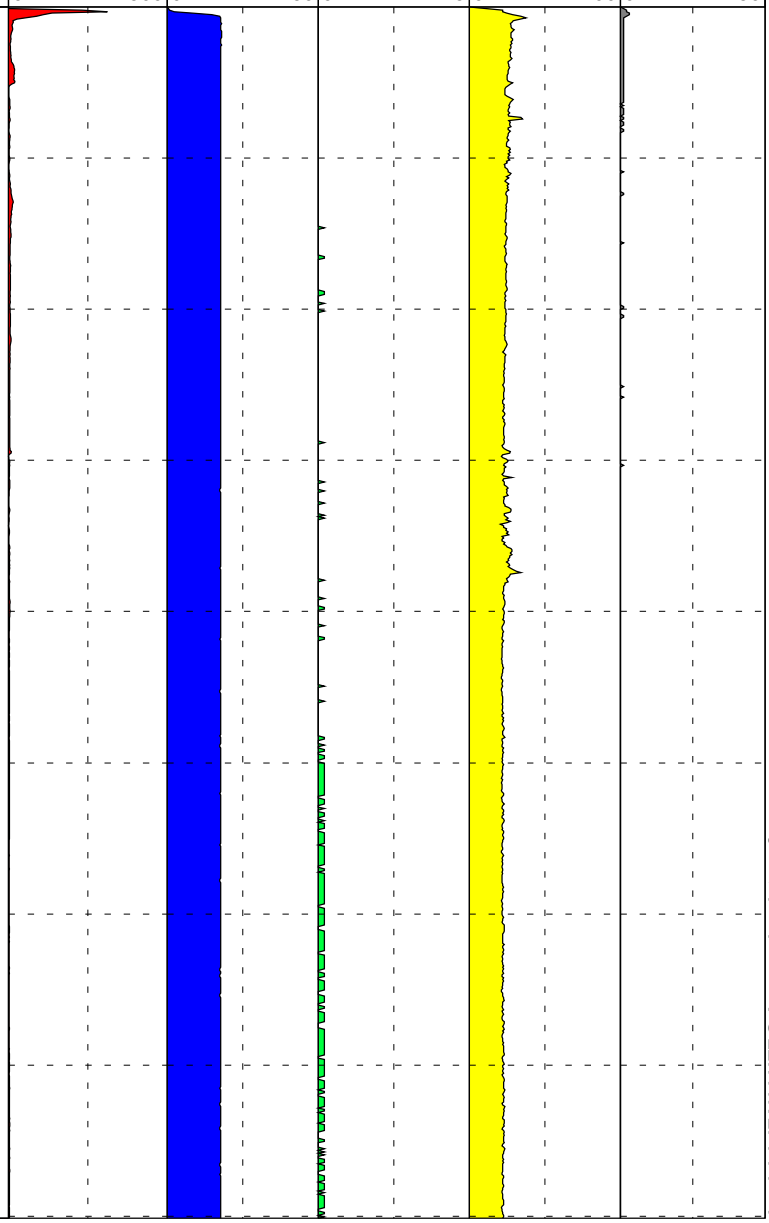
Contrat C23-17406

Date début : **23/08/2023** Cote NGF : **56.2** Profondeur : **0,00 - 8,01 m**
Machine : **SILEA4.5** X : **1861697**
Y : **3137741**

Forage : PZ3

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Prof.	Lithologie	Stratig.	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
56	0	Argile sablo-graveleuse beige/orangée	Substratum altéré (C1)	Tricône Ø160mm	6,52 m le 29/08/2023	PVC crépiné Ø80/90 mm de 3 à 8 m PVC lisse Ø80/90 mm de 0 à 3 m Gravier filtre siliceux Ø2/4 mm au droit des portions crépinées Sobranite et coulis de ciment de 0 à 3 m
55,4 m	0,8 m					
55	1	Alternance d'argilites et de poudingues	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
54	2					
53	3					
52	4					
51	5					
50	6					
49	7					
48,2 m	8,0 m					



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

FOUILLE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Reconstruction délocalisée du collège Paul Eluard

Port de Bouc (13)

Sondage : ☐ manuel ☒ pelle mécanique ☐ autre :

N° : PM1

Photo(s) :





Coupe :

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : 02/05/2023 Machine : Pelle mécanique Profondeur : 0,00 - 1,20 m

1/14

Forage : PM1

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage
51	0	Argile graveleuse brun clair, légèrement sableuse, présence de racine en surface	Substratum altéré (C1)	1 sac	Pelle mécanique
50,58 m	0,50 m			0,50 m	
		Argile graveleuse rosée, cailloutis blanc, dmax 2cm		2 gros sacs	
50	1				
49,88 m	1,20 m			1,20 m	

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tel : 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	A	18/04/2023	ELR

Maître d'ouvrage : Département des Bouches du Rhône

Remarque(s) :

FOUILLE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Reconstruction délocalisée du collège Paul Eluard

Port de Bouc (13)

Sondage : ☐ manuel ☒ pelle mécanique ☐ autre :

N° : PM2

Photo(s) :





Coupe :

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : 02/05/2023 Machine : Pelle mécanique Profondeur : 0,00 - 1,65 m

1/14

Forage : PM2

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage
50	0	Terre végétale, argile graveleuse brun clair	Substratum altéré (C1)	2 gros sacs + 1 gtr	Pelle mécanique
49,91 m	0,30 m				
49	1	Argile graveleuse orsée, dmax 10cm, graves et graviers divers (anguleux et roulés)			
48,56 m	1,65 m				

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tel : 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	A	18/04/2023	ELR

Maître d'ouvrage : Département des Bouches du Rhône

Remarque(s) :

FOUILLE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Reconstruction délocalisée du collège Paul Eluard

Port de Bouc (13)

Sondage : ☐ manuel ☒ pelle mécanique ☐ autre :

N° : PM3

Photo(s) :





Coupe :

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : **02/05/2023** Machine : **Pelle mécanique** Profondeur : **0,00 - 1,50 m**

1/14

Forage : PM3

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage
52,47 m	0,30 m	Terre végétale argilo graveleuse marron	Substratum altéré (C1)		Pelle mécanique
52,07 m	0,70 m	Argile brun clair à graves et graviers		1 sac gtr	
51,27 m	1,50 m	Argilé rosée à nombreux cailloutis		1 sac gtr	

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tel : 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	A	18/04/2023	ELR

Maître d'ouvrage : Département des Bouches du Rhône

Remarque(s) :

FOUILLE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Reconstruction délocalisée du collège Paul Eluard

Port de Bouc (13)

Sondage : ☐ manuel ☒ pelle mécanique ☐ autre :

N° : PM4

Photo(s) :





Coupe :

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : 02/05/2023 Machine : Pelle mécanique Profondeur : 0,00 - 1,40 m

1/14

Forage : PM4

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage
50,17 m	0 / 0,30 m	Terre végétale, Argile marron à graves, dmax 5cm	Substratum altéré (C1)		Pelle mécanique
49,77 m	0,70 m	Argile rosée graveleuse, dmax 10-15cm		1 sac gtr	
49,07 m	1 / 1,40 m	Argile rosée rougeâtre à petits cailloutis, parfois agglomérés Les petits cailloutis sont composés d'argile blanche, ils se désagrégent		2 gros sacs + 1 gtr	

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tel : 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	A	18/04/2023	ELR

Maître d'ouvrage : Département des Bouches du Rhône

Remarque(s) :

FOUILLE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Reconstruction délocalisée du collège Paul Eluard

Port de Bouc (13)

Sondage : ☐ manuel ☒ pelle mécanique ☐ autre :

N° : PM5

Photo(s) :





Coupe :

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : 02/05/2023 Machine : Pelle mécanique Profondeur : 0,00 - 2,10 m

1/14

Forage : PM5

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage
50	0				
		Terre végétale, argile marron et graves éparses, dmax 5cm	Substratum altéré (C1)	1 sac gtr	Pelle mécanique
49,74 m	0,30 m				
49	1	Poudingues altéré, graves dmax 15cm, Argile légèrement sableuse brige / rosée, graves rondes et anguleuses		2 gros sacs + 1 gtr	
48,14 m	1,90 m				
48	2	(BRH) Argile sableuse compact à nombreuses graves et graviers rose / rougeâtre			
47,94 m	2,10 m				

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tel : 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	A	18/04/2023	ELR

Maître d'ouvrage : Département des Bouches du Rhône

Remarque(s) :

FOUILLE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Reconstruction délocalisée du collège Paul Eluard

Port de Bouc (13)

Sondage : ☐ manuel ☒ pelle mécanique ☐ autre :

N° : PM6

Photo(s) :





Coupe :

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : **02/05/2023** Machine : **Pelle mécanique** Profondeur : **0,00 - 0,45 m**

1/14

Forage : PM6

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage
57,95 m	0	Terre végétale limono argilo graveleuse, marron	Substratum altéré (C1)	1 sac gtr	Pelle mécanique
57,90 m	0,40 m	Poudingue, blocs dans une matrice très compacte argilo sableuse			
	0,45 m				

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tel : 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	A	18/04/2023	ELR

Maître d'ouvrage : Département des Bouches du Rhône

Remarque(s) :

SÉMOFI

ANNEXE 4 Résultats des essais de perméabilité

SÉMOFI

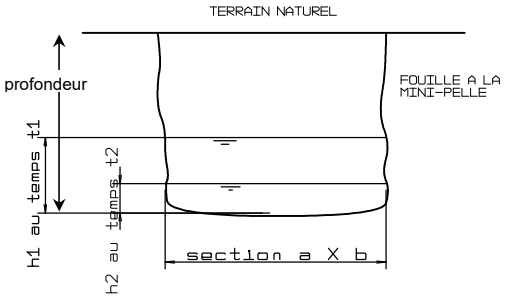
ESSAI MATSUO A NIVEAU VARIABLE

Chantier : Port-de-Bouc (13)
N° dossier : C22-17406
Sondage : M1

Date : 18/04/2023
Temps : Ensoleillé
Temps de remplissage/saturation : 1h42

Profondeur fouille (m) : 0.7
Largeur fouille (cm) : 37
Longueur fouille (cm) : 95

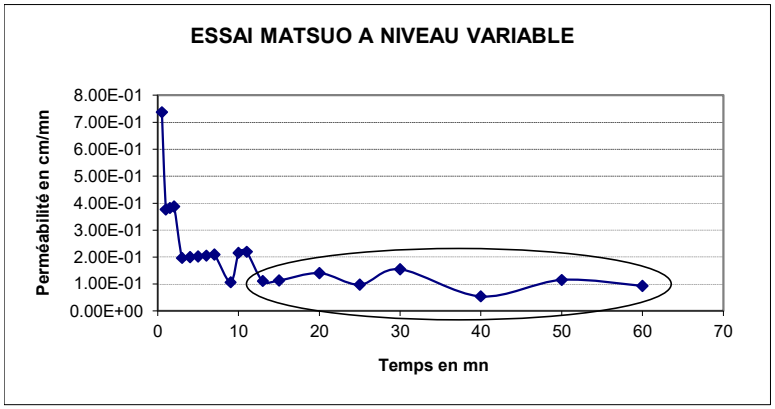
Temps (mn)	Profondeur eau (cm) par rapport au TN	Hauteur de lecture (*) en cm	Perméabilité Semofi (cm/mn)
0	10	60	
0.5	12	58	7.37E-01
1	13	57	3.76E-01
1.5	14	56	3.81E-01
2	15	55	3.87E-01
3	16	54	1.96E-01
4	17	53	1.99E-01
5	18	52	2.02E-01
6	19	51	2.05E-01
7	20	50	2.09E-01
9	21	49	1.06E-01
10	22	48	2.15E-01
11	23	47	2.19E-01
13	24	46	1.11E-01
15	25	45	1.13E-01
20	28	42	1.41E-01
25	30	40	9.81E-02
30	33	37	1.54E-01
40	35	35	5.40E-02
50	39	31	1.15E-01
60	42	28	9.33E-02





Description lithologique	
0-0,2 m/TA	Terre végétale : limons, graves et racines
0,2-0,4 m/TA	Limons graveleux de couleur rouille
0,4-0,7 m/TA	Graves limoneuses sec et très compact, de couleur rouille (substratum rocheux à 0,7m)

* par rapport au fond de fouille



PERMEABILITE SEMOFI	
k (mm/h) =	**91**
k (m/s) =	**2.5E-05**

(moyenne des valeurs de 3 à 60 mn)

SÉMOFI

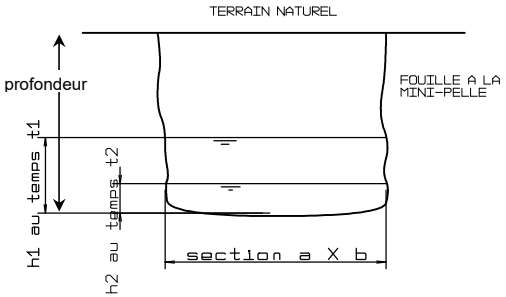
ESSAI MATSUO A NIVEAU VARIABLE

Chantier : Port-de-Bouc (13)
N° dossier : C22-17406
Sondage : M2

Date : 18/04/2023
Temps : Ensoleillé
Temps de remplissage/saturation : 2h05

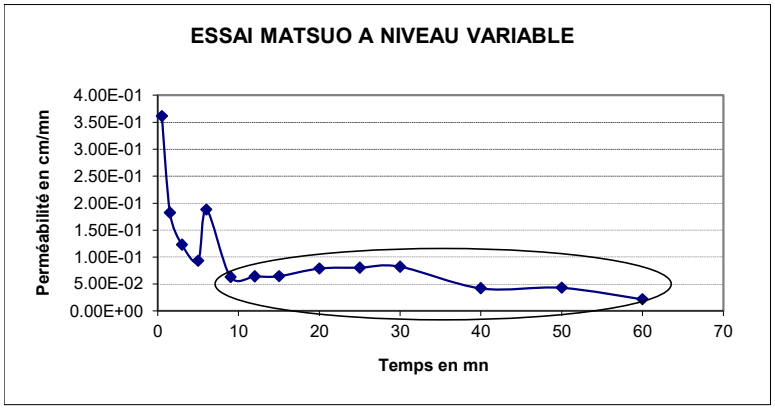
Profondeur fouille (m) : 1.2
Largeur fouille (cm) : 54
Longueur fouille (cm) : 120

Temps (mn)	Profondeur eau (cm) par rapport au TN	Hauteur de lecture (*) en cm	Perméabilité Semofi (cm/mn)
0	35	85	
0.5	36	84	3.61E-01
1.5	37	83	1.82E-01
3	38	82	1.23E-01
5	39	81	9.30E-02
6	40	80	1.88E-01
9	41	79	6.33E-02
12	42	78	6.39E-02
15	43	77	6.46E-02
20	45	75	7.87E-02
25	47	73	8.04E-02
30	49	71	8.22E-02
40	51	69	4.20E-02
50	53	67	4.30E-02
60	54	66	2.19E-02





Description lithologique	
0-0,2 m/TA	Terre végétale : limons, graves et racines
0,2-0,4 m/TA	graves/galets limoneuse compact
0,4-1,2 m/TA	Conglomérat : débris de roche altérée compact



* par rapport au fond de fouille

PERMEABILITE SEMOFI	
k (mm/h) =	**36**
k (m/s) =	**1.0E-05**

(moyenne des valeurs de 9 à 60 mn)

SÉMOFI

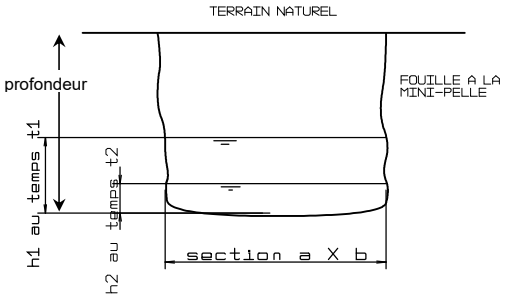
ESSAI MATSUO A NIVEAU VARIABLE

Chantier : Port-de-Bouc (13)
N° dossier : C22-17406
Sondage : M3

Date : 18/04/2023
Temps : Ensoleillé
Temps de remplissage/saturation : 1h

Profondeur fouille (m) : 1.2
Largeur fouille (cm) : 35
Longueur fouille (cm) : 90

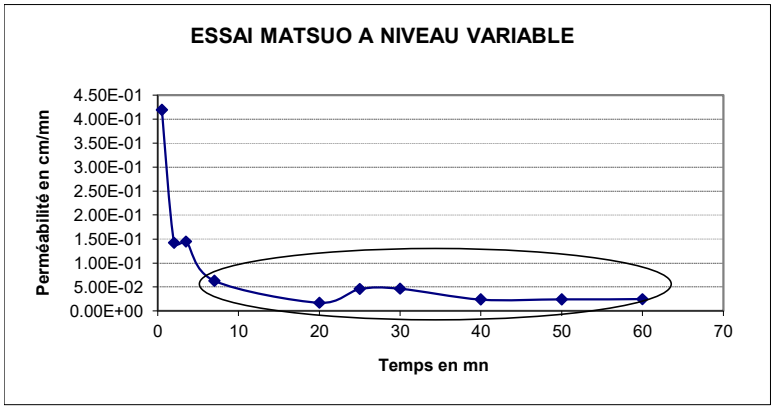
Temps (mn)	Profondeur eau (cm) par rapport au TN	Hauteur de lecture (*) en cm	Perméabilité Semofi (cm/mn)
0	72	48	
0.5	73	47	4.19E-01
2	74	46	1.42E-01
3.5	75	45	1.45E-01
7	76	44	6.30E-02
20	77	43	1.73E-02
25	78	42	4.57E-02
30	79	41	4.66E-02
40	80	40	2.37E-02
50	81	39	2.42E-02
60	82	38	2.47E-02





Description lithologique	
0-0,3 m/TA	Terre végétale : limons et racines
0,3-0,6 m/TA	Limons argileux à graves sec et compact
0,6-1,2 m/TA	Limons argileux sec beige à graves et galets

* par rapport au fond de fouille



PERMEABILITE SEMOFI	
k (mm/h) =	**21**
k (m/s) =	**5.8E-06**

(moyenne des valeurs de 7 à 60 mn)

C22-17406

Chantier : **Port-de-Bouc (13)**
Avenue de la Provence

SÉMOFI

Mesure de la perméabilité : méthode du trou de sondage en sol saturé *(suivant Mathieu et Pieltain, "Analyse physique des sols - Méthodes choisies", 1998)*

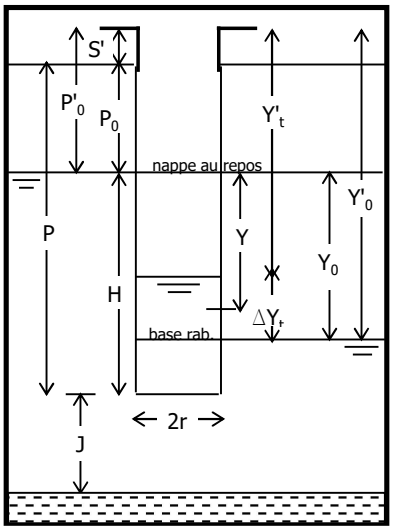
Sondage PZ3
Essai n° 1

Date : 29/08/2023

S' (m) =	0.56
P (m) =	8.04
J (m) =	0.00
P'_0 (m) =	7.03
Y'_0 (m) =	8.51
2r (m) =	0.16

P_0 (m) =	6.47
H (cm) =	157
0,5 H (cm) =	78.5
0,2 H (cm) =	31.4
Y_0 (cm) =	148
Y_0 /4 (cm) =	**37**
r (cm) =	8

(rabattement)



			(=Y'0 -Y't)		(=Y0 -1/2ΔYt)	J > 0,5 H	J = 0	
t	t	Y'_t	ΔY_t	$\Delta Y/\Delta t$	Y	K	K	**Encadrement de K retenu**
(min)	(sec)	(m)	(cm)	(cm/s)	(cm)	(m/s)	(m/s)	
0	0	8.51	0	-	-	-	-	**3.10^{-07} à 1.10^{-06} m/s** (dans la partie représentative de l'essai) (ΔY_t < Y0 /4)
1	60	8.50	1	0.017	147.5		1.2E-06	
2	120	8.49	2	0.017	147.0		1.2E-06	
3	180	8.48	3	0.017	146.5		1.2E-06	
4.5	270	8.47	4	0.015	146.0		1.1E-06	
7	420	8.46	5	0.012	145.5		8.6E-07	
8	480	8.45	6	0.013	145.0		9.0E-07	
10	600	8.44	7	0.012	144.5		8.4E-07	
12	720	8.43	8	0.011	144.0		8.0E-07	
15	900	8.42	9	0.010	143.5		7.2E-07	
20	1200	8.41	10	0.008	143.0		6.0E-07	
25	1500	8.40	11	0.007	142.5		5.3E-07	
30	1800	8.39	12	0.007	142.0		4.8E-07	
40	2400	8.37	14	0.006	141.0		4.2E-07	
50	3000	8.36	15	0.005	140.5		3.6E-07	
60	3600	8.35	16	0.004	140.0		3.2E-07	
								Temps n
								valeurs postérieures à n non prises en compte (ΔY_t > Y0 /4)

Cas où J > 0,5 H

$$K(m/j) = \frac{4\,000r^2}{(h+20r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

Cas où J = 0 (fond du forage atteignant le plancher imperméable)

$$K(m/j) = \frac{3\,600r^2}{(h+10r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

C22-17406

Chantier : **Port-de-Bouc (13)**
Avenue de la Provence

SÉMOFI

Mesure de la perméabilité : méthode du trou de sondage en sol saturé *(suivant Mathieu et Pieltain, "Analyse physique des sols - Méthodes choisies", 1998)*

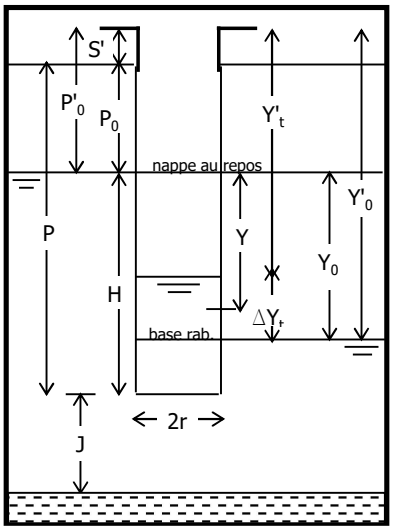
Sondage PZ3
Essai n° 1

Date : 16/04/2024

S' (m) =	0.56
P (m) =	7.98
J (m) =	0.00
P'_0 (m) =	6.56
Y'_0 (m) =	8.34
2r (m) =	0.16

P_0 (m) =	6.00
H (cm) =	198
0,5 H (cm) =	99
0,2 H (cm) =	39.6
Y_0 (cm) =	178
Y_0 /4 (cm) =	**44.5**
r (cm) =	8

(rabattement)



			(=Y'0 -Y't)		(=Y0 -1/2ΔYt)	J > 0,5 H	J = 0	
t	t	Y'_t	ΔY_t	$\Delta Y/\Delta t$	Y	K	K	**Encadrement de K retenu**
(min)	(sec)	(m)	(cm)	(cm/s)	(cm)	(m/s)	(m/s)	
0	0	8.34	0	-	-	-	-	**1.10^{-07} à 3.10^{-07} m/s** (dans la partie représentative de l'essai) (ΔY_t < Y0 /4)
1.5	90	8.34	0	0.006	177.8		2.7E-07	
2.5	150	8.33	1	0.007	177.5		3.3E-07	
4.5	270	8.33	2	0.006	177.3		2.7E-07	
6	360	8.32	2	0.006	177.0		2.7E-07	
10	600	8.32	3	0.004	176.8		2.0E-07	
12	720	8.31	3	0.004	176.5		2.0E-07	
15	900	8.31	4	0.004	176.3		1.9E-07	
23	1380	8.29	5	0.004	175.5		1.8E-07	
30	1800	8.28	6	0.003	175.0		1.6E-07	
40	2400	8.27	7	0.003	174.5		1.4E-07	
50	3000	8.26	8	0.003	174.0		1.3E-07	
60	3600	8.25	9	0.003	173.5		1.2E-07	
								Temps n
								valeurs postérieures à n non prises en compte (ΔY_t > Y0 /4)

Cas où J > 0,5 H

$$K(m/j) = \frac{4\,000r^2}{(h+20r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

Cas où J = 0 (fond du forage atteignant le plancher imperméable)

$$K(m/j) = \frac{3\,600r^2}{(h+10r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

SÉMOFI

ANNEXE 5 Résultats des essais d'identification des sols en laboratoire

Description des sondages

NF EN ISO 14688-1

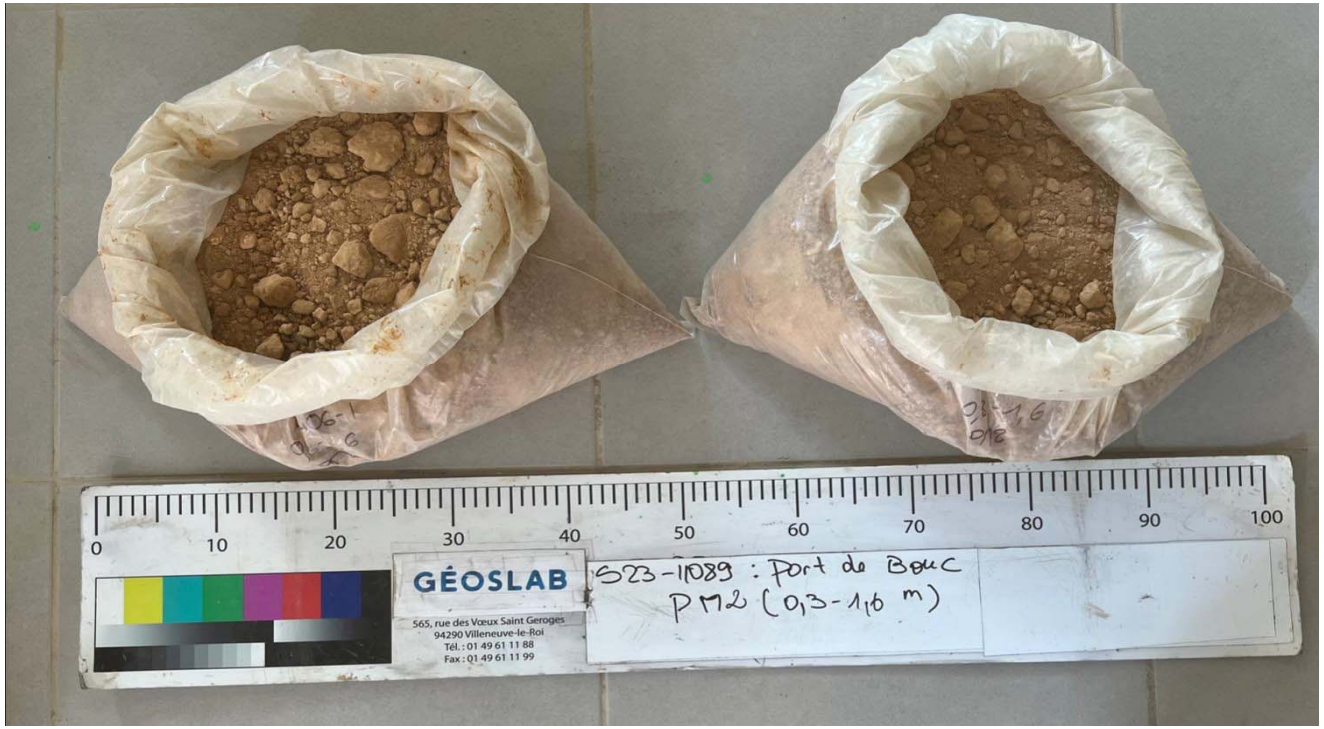
N° DE DOSSIER	PV	96573
S23-11089		

Site de prélèvement	Port de Bouc	Date de réalisation de l'essai:	02/06/2023
N° de Sondage	PM2	Opérateur:	MAG
Profondeur (m)	0,3 - 1,65	Condition de conservation:	sac
Date du prélèvement	18/04/2023	Observation de prélevements / Réceptions:	
Prélèvement effectué par	SEMOFI		
Société	SEMOFI		
Vos références dossier	C23-17406-1	Observation pendant la réalisation de l'essai:	
Nos références dossier	S23-11089		
Date de réception du dossier	09/05/2023		

GÉOSLAB

Faciès I de 0,3 à 1,65 m

Description Sable fin à matrice argileuse orange-ocre, sec, présence de graves et débris végétaux - Réagit au HCl - Dmax : 50 mm



GÉOSLAB

Détermination de la teneur en eau
selon la norme
ISO 17892 - 1

PV	96574

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM2**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 1,65**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	02/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	MAG

Observation de prélèvements / Réceptions
Sable fin à matrice argileuse orange-ocre, sec, présence de graves et débris végétaux - Réagit au HCl - Dmax : 50 mm

Température d'étuvage de la prise d'essai en °C: **105**

Les résultats suivants s'appliquent à la détermination de la teneur en eau pondérale effectuée à partir d'un échantillon intact, remanié ou reconstitué, de tous sols et de tous les matériaux cités de la NF P 11-300.

La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

	Essai
Teneur en eau (w%)	2,1%

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Mesure de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse

Selon la norme

NF P 94-068

Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol par essais à la tache

PV	96575

Site de prélèvement	**Port de Bouc**		
		Société	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM2**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 1,65**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	07/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	PRS

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice argileuse orange-ocre, sec, présence de graves et débris végétaux - Réagit au HCl - Dmax : 50 mm

Température d'étuvage de la prise d'essai:	50 °C
Pourcentage de Passant à 50mm :	100%
Pourcentage de Passant à 5mm :	52%

La VBS retenue sur la fraction 0/50mm mesurée est de :

0,69 ***en grammes de Bleu pour 100g de sol sec.***

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Analyse granulométrique

EN ISO 17892-4

Méthode par tamisage sec après lavage

PV	96576

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM2**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 1,65**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	06/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	SAR

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice argileuse orange-ocre, sec, présence de graves et débris végétaux - Réagit au HCl - Dmax : 50 mm

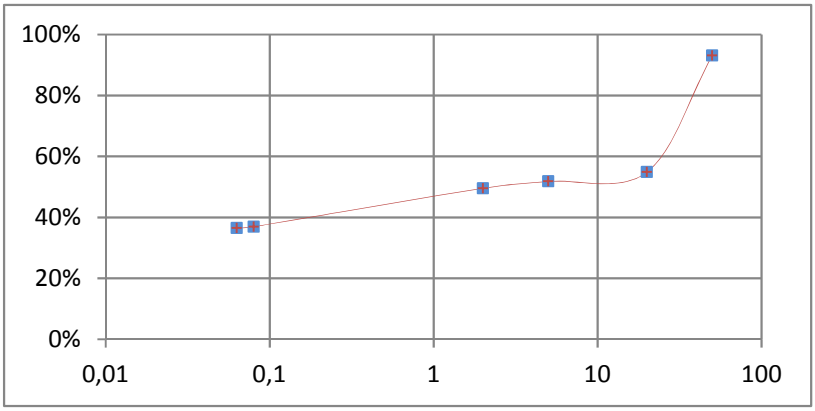
Température d'étuvage de la prise d'essai en °C: **105**

Les résultats suivants s'appliquent à la détermination de la teneur en eau pondérale effectuée à partir d'un échantillon intact, remanié ou reconstitué, de tous sols et de tous les matériaux cités de la NF P 11-300.
La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

w% = 2,1%

Ce présent document s'applique à la description des sols en vue de leur classification, à la détermination des classes granulométriques et à la vérification des classes granulométriques imposées.
L'essai contribue à apprécier les qualités drainantes et la sensibilité à l'eau de leurs matériaux ainsi que leurs aptitudes au compactage.

Diamètre du Tamis en mm	50	20	5	2	0,080	0,063
% Tamisats Cumulés	93%	55%	52%	50%	37%	36%



Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Détermination des références de compactage d'un matériau

Courbe proctor et courbe IPI

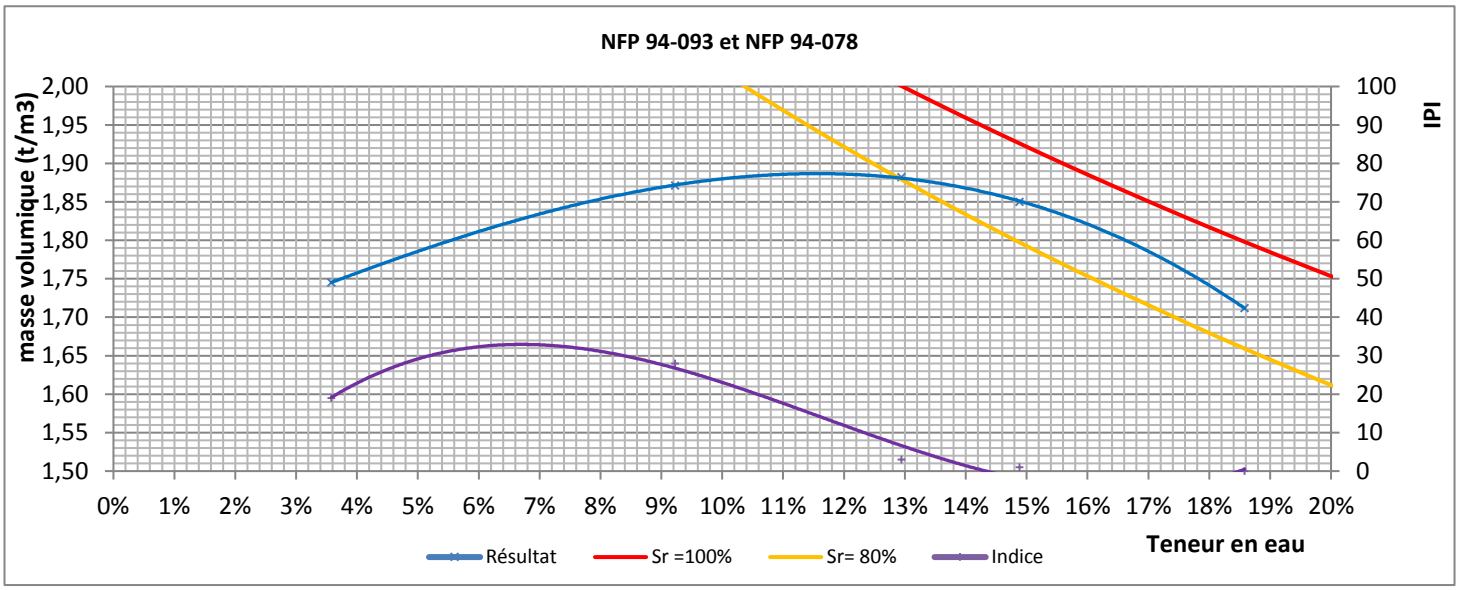
Selon la norme NF P 94-093 et NF P 94-078

PV	96577

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM2**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 1,65**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	06/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	LYO/ROM

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice argileuse orange-ocre, sec, présence de graves et débris végétaux - Réagit au HCl - Dmax : 50 mm



Ps = **2,70** ***t/m3***

ENERGIE

X	*Estimé*
	Mesuré

INDICE

X	*Normale*
	Modifiée

X	*I.P.I*
	I.C.B.R

Fraction D>20
50%

	Teneur en eau initiale		OPN	
Pd:	*1,75*	g/cm3	*1,88*	g/cm3
w% :	*3,6%*		*11,6%*	
Indice:	*19*		*14*	

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *22-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GEO.S.LAB Siège Social :565 rue des Vœux St Georges 94290 Villeneuve le Roi - Tel : 01 49 61 11 88 - Fax : 01 49 61 11 99
labo@geoslab.fr S.A.S. au capital de 10 000 € - SIREN 489 892 950 00028 - code A.P.E 7120 B

Description des sondages

NF EN ISO 14688-1

N° DE DOSSIER

S23-11089

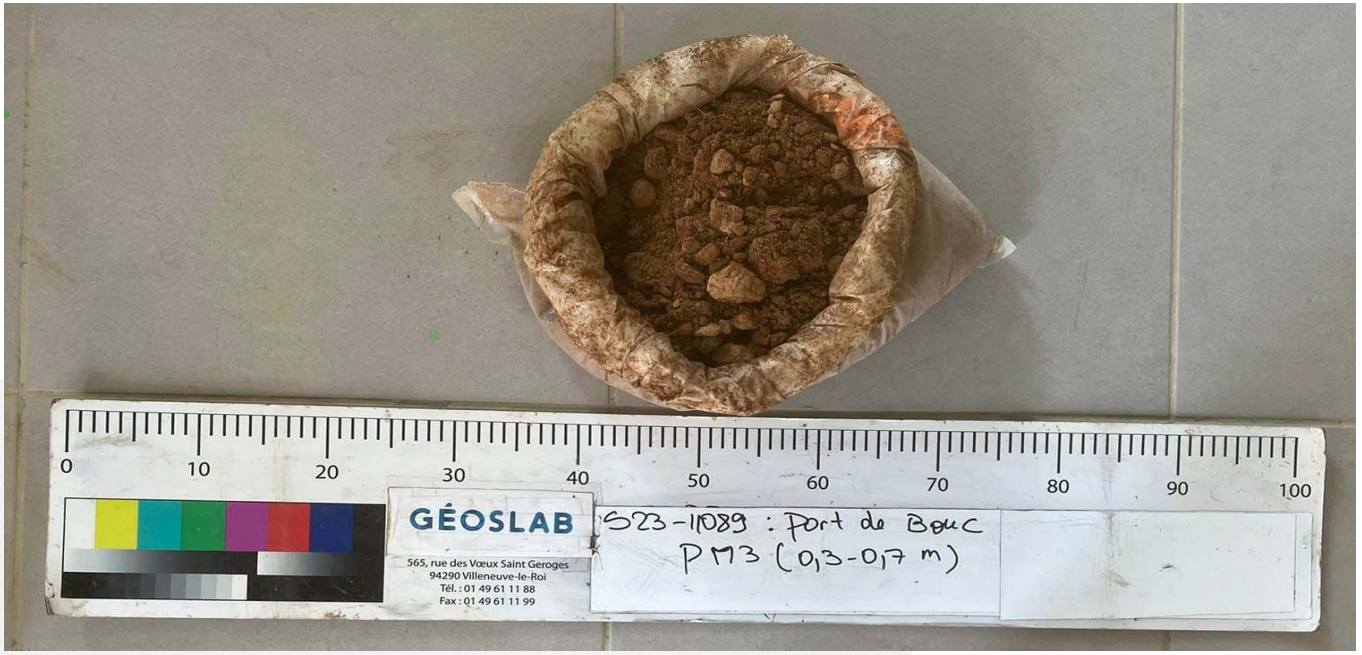
PV 96579

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Date de réalisation de l'essai:**	**02/06/2023**
N° de Sondage	**PM3**	**Opérateur:**	**MAG**
Profondeur (m)	**0,3 - 0,7**	**Condition de conservation:**	**sac**
Date du prélèvement	**18/04/2023**	**Observation de prélevements / Réceptions:**	
Prélèvement effectué par	**SEMOFI**		
Société	**SEMOFI**		
Vos références dossier	**C23-17406-1**	**Observation pendant la réalisation de l'essai:**	
Nos références dossier	**S23-11089**		
Date de réception du dossier	**09/05/2023**		

GÉOSLAB

Faciès I de 0,3 à 0,7 m

Description Sable fin à matrice limoneuse marron-ocre, humide, présence de débris végétaux - Réagit au HCl



GÉOSLAB

Détermination de la teneur en eau
selon la norme
ISO 17892 - 1

PV	96580

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM3**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 0,7**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	02/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	MAG

Observation de prélèvements / Réceptions
Sable fin à matrice limoneuse marron-ocre, humide, présence de débris végétaux - Réagit au HCl

Température d'étuvage de la prise d'essai en °C: **105**

Les résultats suivants s'appliquent à la détermination de la teneur en eau pondérale effectuée à partir d'un échantillon intact, remanié ou reconstitué, de tous sols et de tous les matériaux cités de la NF P 11-300.

La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

	Essai
Teneur en eau (w%)	12,4%

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Mesure de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse

Selon la norme

NF P 94-068

Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol par essais à la tache

PV	96581

Site de prélèvement	**Port de Bouc**		
		Société	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM3**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 0,7**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	07/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	PRS

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice limoneuse marron-ocre, humide, présence de débris végétaux - Réagit au HCl

Température d'étuvage de la prise d'essai:	50 °C
Pourcentage de Passant à 50mm :	100%
Pourcentage de Passant à 5mm :	99%

La VBS retenue sur la fraction 0/50mm mesurée est de :

1,8 ***en grammes de Bleu pour 100g de sol sec.***

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Analyse granulométrique

EN ISO 17892-4

Méthode par tamisage sec après lavage

PV	96582

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**PM3**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**0,3 - 0,7**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	06/06/2023
Condition de conservation	sac	**Opérateur:**	SAR

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice limoneuse marron-ocre, humide, présence de débris végétaux - Réagit au HCl

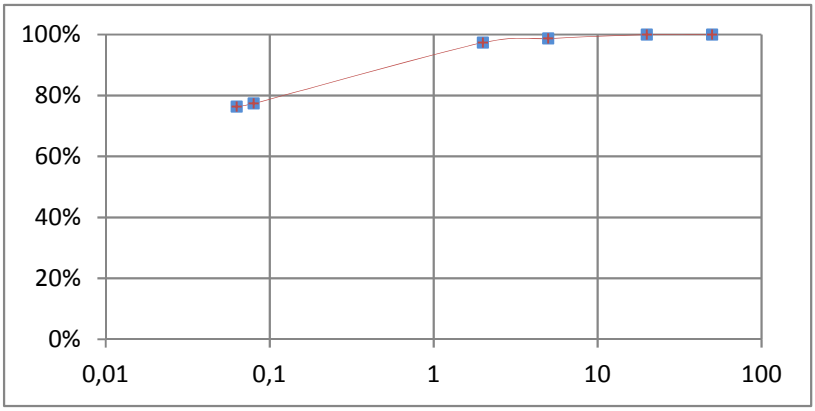
Température d'étuvage de la prise d'essai en °C: **105**

Les résultats suivants s'appliquent à la détermination de la teneur en eau pondérale effectuée à partir d'un échantillon intact, remanié ou reconstitué, de tous sols et de tous les matériaux cités de la NF P 11-300.
La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

w% = 12,4%

Ce présent document s'applique à la description des sols en vue de leur classification, à la détermination des classes granulométriques et à la vérification des classes granulométriques imposées.
L'essai contribue à apprécier les qualités drainantes et la sensibilité à l'eau de leurs matériaux ainsi que leurs aptitudes au compactage.

Diamètre du Tamis en mm	50	20	5	2	0,080	0,063
% Tamisats Cumulés	100%	100%	99%	97%	77%	76%



Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

Description des sondages

NF EN ISO 14688-1

N° DE DOSSIER

S23-11089

PV 96583

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Date de réalisation de l'essai:**	**11/05/2023**
N° de Sondage	**SC1**	**Opérateur:**	**KEM**
Profondeur (m)	**1,0 - 2,0**	**Condition de conservation:**	**gaine**
Date du prélèvement	**18/04/2023**	**Observation de prélevements / Réceptions:**	
Prélèvement effectué par	**SEMOFI**		
Société	**SEMOFI**		
Vos références dossier	**C23-17406-1**	**Observation pendant la réalisation de l'essai:**	
Nos références dossier	**S23-11089**		
Date de réception du dossier	**09/05/2023**		

GÉOSLAB

Faciès I de 1.0 - 1.81 m

Description Sable fin à matrice limoneuse ocre, présence de graves, sec - Reagit au HCl - Dmax : 48 mm

Faciès II de 1.81 - 2.00 m

Description Argile sablo-graveleuse altérée orangé rougeâtre - Réagit au HCl - Dmax : 22 mm



GÉOSLAB

Détermination de la teneur en eau
selon la norme
ISO 17892 - 1

PV	96584

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**SC1**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**1,0 - 2,0**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	02/06/2023
Condition de conservation	EI	**Opérateur:**	MAG

Observation de prélèvements / Réceptions
Sable fin à matrice limoneuse ocre, présence de graves, sec - Reagit au HCl - Dmax : 48 mm

Température d'étuvage de la prise d'essai en °C: **105**

Les résultats suivants s'appliquent à la détermination de la teneur en eau pondérale effectuée à partir d'un échantillon intact, remanié ou reconstitué, de tous sols et de tous les matériaux cités de la NF P 11-300.

La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

	Essai
Teneur en eau (w%)	2,6%

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Mesure de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse

Selon la norme

NF P 94-068

Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol par essais à la tache

PV	96585

Site de prélèvement	**Port de Bouc**		
		Société	**SEMOFI**
N° de Sondage	**SC1**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**1,0 - 2,0**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	07/06/2023
Condition de conservation	EI	**Opérateur:**	PRS

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice limoneuse ocre, présence de graves, sec - Reagit au HCl - Dmax : 48 mm

Température d'étuvage de la prise d'essai:	50 °C
Pourcentage de Passant à 50mm :	100%
Pourcentage de Passant à 5mm :	77%

La VBS retenue sur la fraction 0/50mm mesurée est de :

1,2 ***en grammes de Bleu pour 100g de sol sec.***

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

GÉOSLAB

Analyse granulométrique

EN ISO 17892-4

Méthode par tamisage sec après lavage

PV	96586

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**SC1**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**1,0 - 2,0**	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18/04/2023	**Date de réception du dossier**	09/05/2023
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	06/06/2023
Condition de conservation	EI	**Opérateur:**	SAR

Observation de prélèvements / Réceptions

Sable fin à matrice limoneuse ocre, présence de graves, sec - Reagit au HCl - Dmax : 48 mm

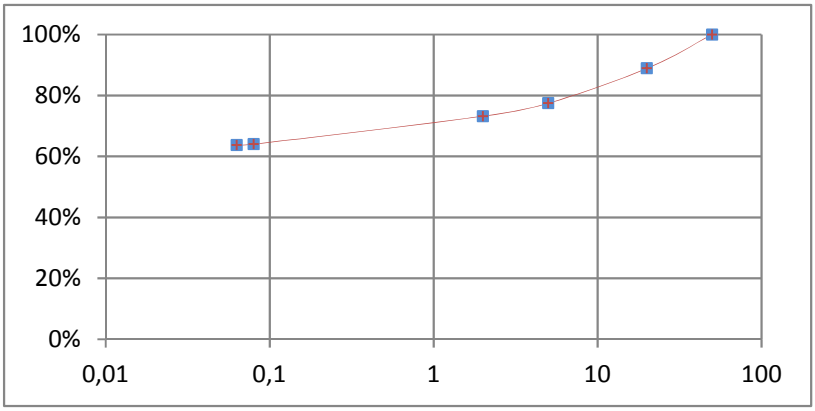
Température d'étuvage de la prise d'essai en °C: **105**

Les résultats suivants s'appliquent à la détermination de la teneur en eau pondérale effectuée à partir d'un échantillon intact, remanié ou reconstitué, de tous sols et de tous les matériaux cités de la NF P 11-300.
La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

w% = 2,6%

Ce présent document s'applique à la description des sols en vue de leur classification, à la détermination des classes granulométriques et à la vérification des classes granulométriques imposées.
L'essai contribue à apprécier les qualités drainantes et la sensibilité à l'eau de leurs matériaux ainsi que leurs aptitudes au compactage.

Diamètre du Tamis en mm	50	20	5	2	0,080	0,063
% Tamisats Cumulés	100%	89%	77%	73%	64%	64%



Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le : *7-juin-23*

Agathe JAKOVLJEVIC
Responsable des essais
de Classification des Sols

Guillaume CASADO
Directeur Général
GEOSLAB

SÉMOFI

ANNEXE 6 Résultats des essais de mécaniques des sols en laboratoire

GÉOSLAB

Essai de gonflement à l'oedomètre

NF P 94-091

Détermination des déformations par chargement de plusieurs éprouvettes mise en présence d'eau

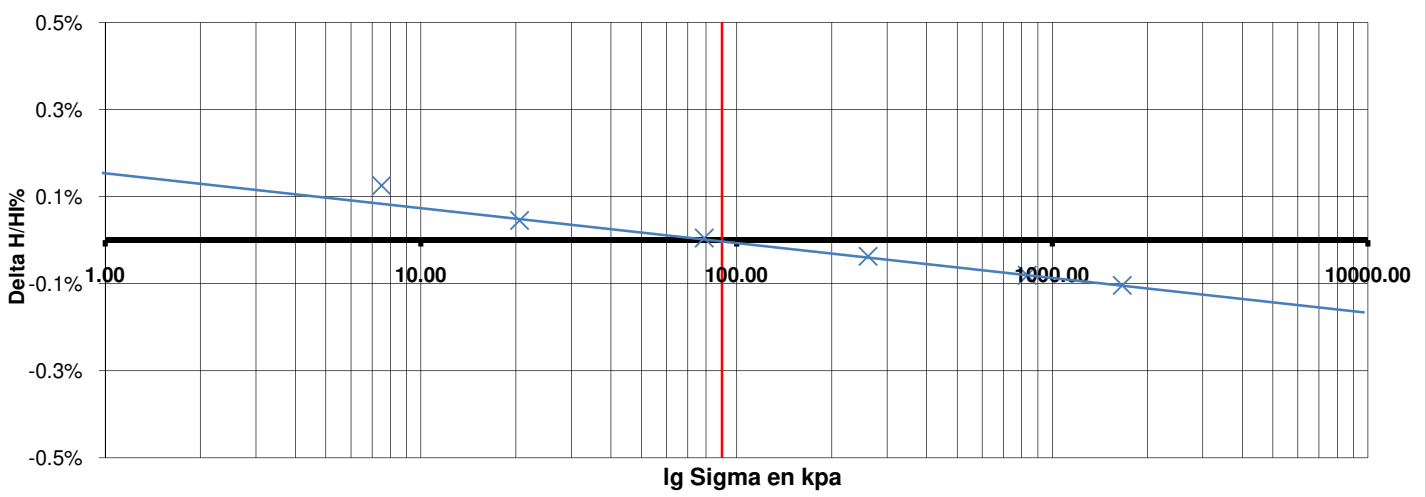
PV	96578

Site de prélèvement	Port de Bouc	**Société**	SEMOFI
N° de Sondage	PM2	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	00.30 - 01.65	**Nos références dossier**	S23-11089
Date du prélèvement	18-avr.-23	**Date de réception**	9-mai-23
Prélèvement effectué par	SEMOFI	**Date de réalisation de l'essai**	7-juin-23
Condition de conservation	Sac	**Opérateur:**	KEM

Description de l'échantillon: Sable fin orangé/ocre dans une matrice argileuse (réalisé à l'OPN)

N°	1	2	3	4	5	6
Diamètre éprouvette mm	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
δ kPa	7.50	20.50	78.90	260.90	832.50	1664.50
Pd initial T/m3	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
w% initiale	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%
Ho mm	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Hi mm	19.81	19.71	19.44	19.24	18.52	18.33

Déformation de l'éprouvette



N°	1	2	3	4	5	6
Pdf T/m3	1.89	1.91	1.93	1.95	2.03	2.05
w% Finale	15.2%	14.8%	14.1%	13.5%	11.5%	11.0%
δ Kpa	7.50	20.50	78.90	261	832.50	1665

Pression de gonflement δg =	90	kPa

Rapport de gonflement Rg =	7.9E-04

Remarque

Nota : Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente.

Procès verbal établit à Villeneuve le Roi le : *14-juin-23*

Laurent KHEANG
Responsable des essais

GÉOSLAB

Essai en compression à l'appareil triaxial consolidé sur sol saturé isotrope non drainé CIU avec mesure de pression interstitielle

réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-9 (Avril 2018)

PV	96587

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**SC 01**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**01.0 - 02.0**	**Nos références dossier**	S23-11089
σ'v0 (kPa)	**30**	**Date de réception**	9-mai-23
Prélèvement effectué par	GeoSond	**Date de réalisation de l'essai**	11-mai-23
Condition de conservation	Gaine PVC	**Opérateur:**	KEM

Nature de l'échantillon: Sable graveleux dans une matrice argileuse beige orangé sec

Profondeur de prélevement: 1.5 m **Type d'éprouvette :** remanié

Méthode de préparation de l'éprouvette : Reconstitution

Observation de prélévement/réception:

Caractéristiques des éprouvettes				
Valeurs initiales	1	2	3	4
Hi (mm)	78	78	78	-
Di (mm)	35	35	35	.-
Wini (%)	2.22	2.22	2.22	-
γh (T/m^3)	1.95	1.95	1.95	-
γd (T/m^3)	1.91	1.91	1.91	-
γs estimé(T/m^3)	2.65	2.65	2.65	-
Sr%	15.11	15.11	15.11	-
U_B (kPa)	600	600	600	-

Caractéristiques après consolidation				
	1	2	3	4
B	0.98	0.98	0.98	-
Hc(mm)	77.92	77.76	77.60	-
Dc (mm)	34.96	34.89	34.82	-
Drainage	Par une seule extrémité			
DV (cm3)	0.24	0.69	1.15	-
t100 (min)	0.59	3.24	11.75	-
U_B (kPa)	600	600	600	-
σ'c (kPa)	50	150	250	-
γd (T/m^3)	1.91	1.93	1.94	-
Wfin (%)	14.54	14.17	13.76	-
Sr%	100	100	100	-

Cisaillement				
	Ep1	Ep2	Ep3	Ep4
Condition de drainage	Cisaillement non drainé			
Vitesse d'écrasement (mm/min)	0.016	0.016	0.016	-

Critère de Rupture					
Déviateur Max	S' (kPa)	135.27	246.42	301.06	-
$q = (\sigma1 - \sigma3)_{max}$ (kPa)	t (kPa)	71.27	147.42	147.06	-
Ratio des contraintes	S' (kPa)	77.07	244.52	181.85	-
$(\sigma'1 / \sigma'3)_{max}$ (kPa)	t (kPa)	50.07	146.52	109.85	-
Mode de rupture des éprouvettes *		Tonneau	Rectiligne	Tonneau	

Effectif	
C' (kPa)	ϕ'(°)
6.10	34.96

λcu
0.37

Remarque

Nota : Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente

Procés verbal établit à Villeneuve le Roi le : *14-juin-23*

Laurent KHEANG
Responsable des essais

GÉOSLAB

Essai en compression à l'appareil triaxial consolidé sur sol saturé isotrope non drainé CIU avec mesure de pression interstitielle

réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-9 (Avril 2018)

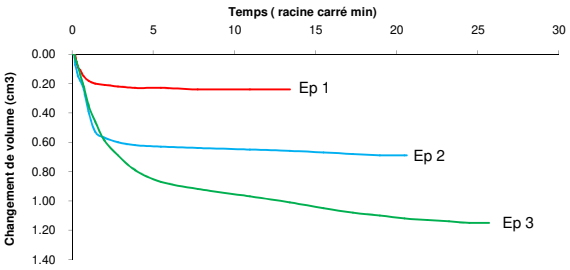
PV	96587

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**SC 01**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**01.0 - 02.0 m**	**Nos références dossier**	S23-11089
σ'v0 (kPa)	**30**	**Date de réception**	9-mai-23
Prélèvement effectué par	GeoSond	**Date de réalisation de l'essai**	11-mai-23
Condition de conservation	Gaine PVC	**Opérateur:**	KEM

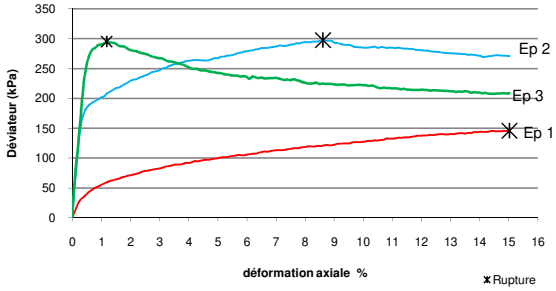
Nature de l'échantillon : Sable graveleux dans une matrice argileuse beige orangé sec

Observations de prélevement / réception

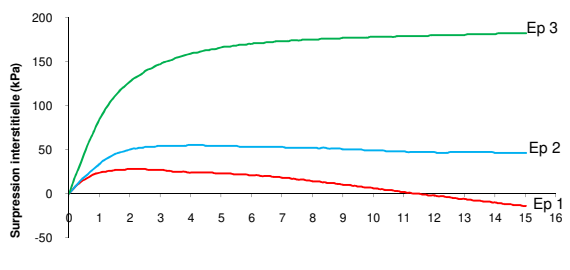
Variation de volume pendant la consolidation



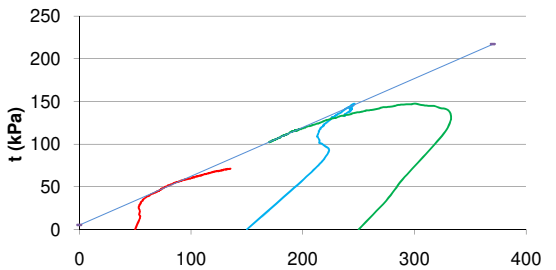
Contrainte déviatorique en fonction de la déformation verticale



Variation de la pression interstitielle durant le cisaillement



Chemin de contraintes



Remarque:

Nota : Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente

Procés verbal établit à Villeneuve le Roi le : *14-juin-23*

Laurent KHEANG
Responsable des essais

GEO.S.LAB Siège Social : 565 av. Des voeux St Georges 94290 Villeneuve le Roi - Tel : 01 49 61 11 88 - Fax : 01 49 61 11 99
S.A.S au capital de 10 000 € - SIREN 489 892 950 00010 - code APE 7120 B

GÉOSLAB

Essai en compression à l'appareil triaxial consolidé sur sol saturé isotrope non drainé CIU avec mesure de pression interstitielle

réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-9 (Avril 2018)

PV	96587

Site de prélèvement	**Port de Bouc**	**Société**	**SEMOFI**
N° de Sondage	**SC 01**	**Vos références dossier**	C23-17406-1
Profondeur (m)	**01.0 - 02.0 m**	**Nos références dossier**	S23-11089
σ'v0 (kPa)	**30**	**Date de réception**	9-mai-23
Prélèvement effectué par	GeoSond	**Date de réalisation de l'essai**	11-mai-23
Condition de conservation	Gaine PVC	**Opérateur:**	KEM

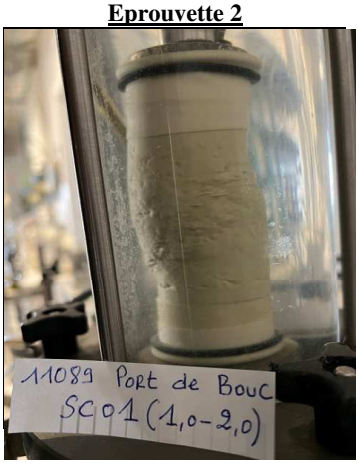
Nature de l'échantillon : Sable graveleux dans une matrice argileuse beige orangé sec

Observations de prélevement / réception

Eprouvette 1



Eprouvette 2



Eprouvette 3



Remarque

Nota : Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente

Procés verbal établit à Villeneuve le Roi le : *14-juin-23*

Laurent KHEANG
Responsable des essais

GEO.S.LAB Siège Social : 565 av. Des voeux St Georges 94290 Villeneuve le Roi - Tel : 01 49 61 11 88 - Fax : 01 49 61 11 99
S.A.S au capital de 10 000 € - SIREN 489 892 950 00010 - code APE 7120 B

ANNEXE 7 Résultats des essais d'agressivité vis-à-vis du béton

Accréditation n°1-364
Portée disponible
sur www.cofrac.fr

WESSLING
Quality of Life

WESSLING France
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

Suivi par :
WESSLING France, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

SEMOFI
Madame Manon POCHET
ZI Larrieupolis
6 avenue Gutenberg
31120 PORTET SUR GARONNE

N° rapport d'essai	UPA23-022926-1
N° commande	UPA-07968-23
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	David.Cardon@wessling.fr
Date	06.06.2023

Rapport d'essai

C23-17406-1



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.
Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).
La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par ce laboratoire.
La portée d'accréditation DAKKS n° D-PL-14162-01-00 des laboratoires WESSLING Allemands est disponible sur le site www.dakks.de pour les résultats accrédités par ces laboratoires.
Le COFRAC/DAKKS sont signataires des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'EA pour les activités d'essai.
Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.
Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.
Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Rapport d'essai n°. : UPA23-022926-1
Projet : *C23-17406-1*

WESSLING
Quality of Life

WESSLING France
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

Le 06.06.2023

N° d'échantillon		**23-077801-01**
Désignation d'échantillon	**Unité**	***PZ1***

Analyse physique

pH - NF EN ISO 10523 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

pH	E/L	7,0 (#)
Température de mesure du pH	°C E/L	20,5

Cations, anions et éléments non métalliques

Alcalinité TA,TAC (Calcul) - NF EN ISO 9963-1 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Titre alcalimétrique complet (TAC)	°f E/L	31 (A)
Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg/l E/L	380 (A)
Carbonate (CO3)	mg/l E/L	<10 (A)
Alcalinité libre (Titre Alcalimétrique - TA)	°f E/L	0 (A)

Dioxyde de carbone agressif sur eau / lixiviat - DIN 38404-10-M4 (1995-04) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	13 (A)

Anions dissous (filtration à 0,2 µm) - Méthode interne : ANIONS - IC - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/l E/L	99 (A)

Ammonium (NH4) - NF EN ISO 11732 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Ammonium (NH4)	mg/l E/L	0,2 (A)
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	0,16

Eléments

Métaux dissous sur eaux / lixiviat (ICP-MS) - NF EN ISO 17294-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Magnésium (Mg)	mg/l E/L	15 (A)
Calcium (Ca)	mg/l E/L	130 (A)

E/L : Eau/lixiviat
< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

Date de réception :	31.05.2023
Type d'échantillon :	*Eau souterraine*
Date de prélèvement :	*24.05.2023*
Récipient :	500ml Verre WES004+2*250ml Verre WES020+3*60ml PE WES101+60ml PE/HNO3 WES112+60ml PE/H2SO4 WES111
Température à réception (C°) :	14°C
Début des analyses :	31.05.2023
Fin des analyses :	06.06.2023
Préleveur :	*Client*

WESSLING
Quality of Life

WESSLING France
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

Le 06.06.2023

Commentaires retirant l'accréditation de vos résultats d'analyses :

: Le délai de mise en analyse par rapport au prélèvement est supérieur aux exigences normatives, ce qui peut potentiellement impacter l'exactitude du résultat.

Informations sur vos résultats d'analyses :

Pour parfaire la lecture de vos résultats, les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.
Les résultats des échantillons reçus à une température supérieure à 8°C sont rendus avec réserve.

Approuvé par :
Audrey GOUTAGNIEUX
Directrice de Production des Laboratoires France
Le 06 juin 2023

Accréditation n°1-1364
Portée disponible
sur www.cofrac.fr

WESSLING
Quality of Life

WESSLING France
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

Suivi par :
WESSLING France, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

SEMOFI
Madame Adeline Martin
ZI Larrieupolis
6 avenue Gutenberg
31120 PORTET SUR GARONNE

N° rapport d'essai	UPA23-025900-1
N° commande	UPA-08890-23
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	David.Cardon@wessling.fr
Date	23.06.2023

Rapport d'essai

31GEOT-C23-17406-1-04 Port de Bouc MPO



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.
Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).
La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par ce laboratoire.
Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'EA pour les activités d'essai.
Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.
Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.
Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

WESSLING
Quality of Life

WESSLING France
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

Le 23.06.2023

N° d'échantillon		**23-085715-01**
Désignation d'échantillon	**Unité**	***PM3 (0.3 -0.7)***

Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	91,8 (A)			

Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Degré d'acidité	ml/kg MS	31 (A)			

Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisé à l'acide chlorhydrique		22/06/2023 (A)			

Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/kg MS	640 (A)			

MS : Matières sèches
MB : Matières brutes
NA : Non analysé

Informations sur les échantillons

Date de réception :	19.06.2023
Type d'échantillon :	*Sol / terre*
Date de prélèvement :	*02.06.2023*
Heure de prélèvement :	*12:09*
Récipient :	250ml VBrun WES002
Température à réception (C°) :	21°C
Début des analyses :	19.06.2023
Fin des analyses :	23.06.2023
Préleveur :	*MAG*

WESSLING
Quality of Life

WESSLING France
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

Le 23.06.2023

Informations sur vos résultats d'analyses :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Approuvé par :
Jean-Francois CAMPENS
Directeur Général

ANNEXE 8 Classification des missions géotechniques types

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'Investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Par Interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

SÉMOFI



PROJET DE CONSTRUCTION D'UN COLLEGE

Avenue de la Provence / Chemin des Termes
Port-de-Bouc (13)

DEPARTEMENT DES BOUCHES DU RHONE
52 avenue de Saint Just
13256 Marseille Cedex 20

Note Technique Hydrogéologique

Réf. Semofi	Date	Phase	Type	Indice	Pièce
C22-17406	**27/05/2024**	**HYDRO**	**NT**	**A**	**03**

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Rédacteur	Superviseur	Approuvé par
A	27/05/2024	Première émission	M. R. EICHINGER	M. T. FORT	M. G. CASADO

Nombre de pages 23 + 3 Annexes

GRILLE DE REVISION

REVISION PAGE	A	B	C	D	REVISION PAGE	A	B	C	D
1	X				33				
2	X				34				
3	X				35				
4	X				36				
5	X				37				
6	X				38				
7	X				39				
8	X				40				
9	X				41				
10	X				42				
11	X				43				
12	X				44				
13	X				45				
14	X				46				
15	X				47				
16	X				48				
17	X				49				
18	X				50				
19	X				51				
20	X				52				
21	X				53				
22	X				54				
23	X				55				
24					56				
25					57				
26					58				
27					59				
28					60				
29					61				
30					62				
31					63				
32					64				

SOMMAIRE

1. Introduction 5
1.1. Généralités 5
1.2. Mission 5
1.3. Documents fournis et/ou consultés 6

2. Présentation du projet 7

3. Contexte géologique et hydrogéologique succinct 10
3.1. Données géologiques bibliographiques 10
3.2. Contexte hydrologique général 11
3.3. Contexte hydrogéologique général 12

4. Résultats des investigations in situ 13
4.1. Suivi piézométrique 13
4.2. Perméabilité des sols 17

5. Préconisations constructives en phase chantier et définitive 19
5.1. Préconisations en phase chantier 19
5.2. Système de pompage/drainages 20
5.4. Préconisations constructives en phase définitive 21

6. Attendu règlementaire 22

7. Conclusion 23

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet sur photographie aérienne (Source : Géoportail) 8
Figure 2 : Plan de masse du projet (23/04/2024) 8
Figure 3 : Coupes du projet 9
Figure 4 : Extrait de la carte géologique d'Istres au 1/50 000 (BRGM) 10
Figure 5 : Extrait de la carte topographique IGN de 1950 (source : Géoportail) 11
Figure 6 : Représentation graphique du suivi piézométrique 14
Figure 7 : Représentation graphique du suivi piézométrique et précipitations à Istres 15
Figure 8 : Localisation des piézomètres et essais de perméabilité 16
Figure 9 : Techniques de rabattement préconisées 20
Figure 10 : Dispositif de pompage permettant d'éviter l'annulation des contraintes effectives en fond de fouille 20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Documents fournis dans le cadre de l'étude 6
Tableau 2 : Documents consultés par nos soins 6
Tableau 3 : Cotes altimétriques du projet 7
Tableau 4 : Relevés des niveaux d'eau au droit des piézomètres 13
Tableau 5 : Résultats des tests de perméabilité 17
Tableau 6 : Aptitude des sols à l'infiltration (EPNAC) 18
Tableau 7 : Cotes altimétriques du projet 19
Tableau 8 : Rubriques du Code de l'Environnement concernées par le projet 22

ANNEXES

Annexe 1 : Plan de situation et vue aérienne actuelle
Annexe 2 : Plan d'implantation et coupes des sondages
Annexe 3 : Procès verbaux des essais de perméabilité

1. Introduction

1.1. Généralités

A la demande et pour le compte du Département des Bouches du Rhône, sis au 52 avenue de Saint Just, 13256 Marseille Cedex, la société SEMOFI effectue une mission géotechnique, et hydrogéologique dans le cadre de la construction d'un collège au croisement de l'avenue de Provence et du chemin des Termes sur la commune de Port de Bouc (13110).

A noter que suite à nos propositions techniques et financières n°P22-31519 du 24/03/2023 et P23-34609 du 18/07/2023, le Maître d'Ouvrage a missionné SEMOFI pour la réalisation :

- D'une étude géotechnique de type G2-AVP, rapport C22-17406 – Pièce n°1-Ind.A du 30/06/2023 ;
- D'un compte-rendu de réunion du 07/03/2024, rapport n°C22-17406 – Pièce n°2-Ind.A du 13/03/2023 ;
- D'une note technique hydrogéologique, rapport C22-17406 – Pièce n°3-Ind.A et objet du présent document ;
- D'une étude géotechnique de type G2-PRO, rapport qui sera réalisé prochainement ;
- D'une étude géotechnique de type G2-DCE/ACT, rapport qui sera réalisé prochainement ;
- D'une étude géotechnique de type G4, rapport qui sera réalisé prochainement.

1.2. Mission

La présente mission correspond à une note technique hydrogéologique qui se conclura par :

- La présentation du suivi piézométrique ;
- L'interprétation des essais de perméabilité ;
- L'estimation des débits d'exhaure en phase chantier ;
- Les solutions de protection contre la nappe des bâtiments en phase définitive.

1.3. Documents fournis et/ou consultés

PLANS FOURNIS				
Auteur	**Référence**	**Date**	**Echelle**	**Information**
Dpt 13	Note de présentation	24/05/2023		Plans des réseaux
Dpt 13	Panneaux de présentation du projet	-	-	Plans et perspectives du projet
VIA Infrastructure	Limites des Talus provisoires et définitifs	04/2024	1/500	Plan du projet

Tableau 1 : Documents fournis dans le cadre de l'étude

CARTES				
Auteur	**Référence**	**Date**	**Echelle**	**Information**
BRGM	Carte géologique de la France, feuille d'Istres (n°1019)	1975	1/50 000	Informations relatives au contexte géologique et hydrogéologique du secteur.
PORTAILS / SITES INTERNET				
Organisme	**Adresse web**	**Informations**		
MTES	www.géorisques.gouv.fr	Prévention des risques majeurs, risque d'inondation par remontée de nappe		
IGN / BRGM	www.geoportail.fr	Carte topographique et vue aérienne actuelle. Cartes et photographies aériennes anciennes.		
BRGM	http://infoterre.brgm.fr/	Portail d'accès aux données géoscientifiques du BRGM : cartes géologiques, dossiers de la Banque de données du Sous-Sol, cartes des risques naturels et industriels, données sur les eaux souterraines...		
ADES	www.ades.eaufrance.fr	Banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines		
ONEMA-BRGM	http://bnpe.eaufrance.fr/	Données sur les prélèvements en eau		

Tableau 2 : Documents consultés par nos soins

2. Présentation du projet

Le projet prévoit la création d'un bâtiment de type R+1 avec un niveau de sous-sol enterré à semi-enterré.

Le niveau RDC sera aussi, en partie amont, semi-enterré.

Le projet sera réalisé sur une partie des parcelles n°1 et 44, section AP, de la commune de Port-de-Bouc, d'une superficie de l'ordre de 1.6 ha.

Le projet s'inscrit dans la pente du terrain, dont le dénivelé est d'une dizaine de mètres d'Est en Ouest (de 58.5 à 47.5 m NGF environ) sur l'emprise des bâtiments :

- le plateau bas accueille en R-1 la salle polyvalente, et le plateau sportif extérieur ;
- le plateau intermédiaire en partie encaissée dans le terrain comprend les espaces d'accueil, accompagnement et enseignement scolaire sur deux niveaux RDC et R+1, et inclue la cour de récréation et le préau du collège ;
- les logements de fonction, séparés du bâtiment principal, sont localisés sur le plateau haut, situé en fond de parcelle.

Le niveau R-1 comprend un mur de soutènement d'une hauteur de 6 m à l'arrière de la salle polyvalente.

Deux murs de type gabion sont également prévus à l'angle sud-est et à l'angle nord-est de la salle polyvalente.

Les zones de projet sont actuellement inoccupées et fortement boisées.

Selon les plans et coupes du projet, ainsi que les informations fournis par le Maître d'Ouvrage, les cotes de RDC et N-1 attendues sont les suivantes :

	RDC	N-1
Cote altimétrique de la dalle (m NGF)	56.0	49.8

Tableau 3 : Cotes altimétriques du projet

La localisation du site est présentée ci-dessous :



Figure 1 : Localisation du projet sur photographie aérienne (Source : Géoportail)

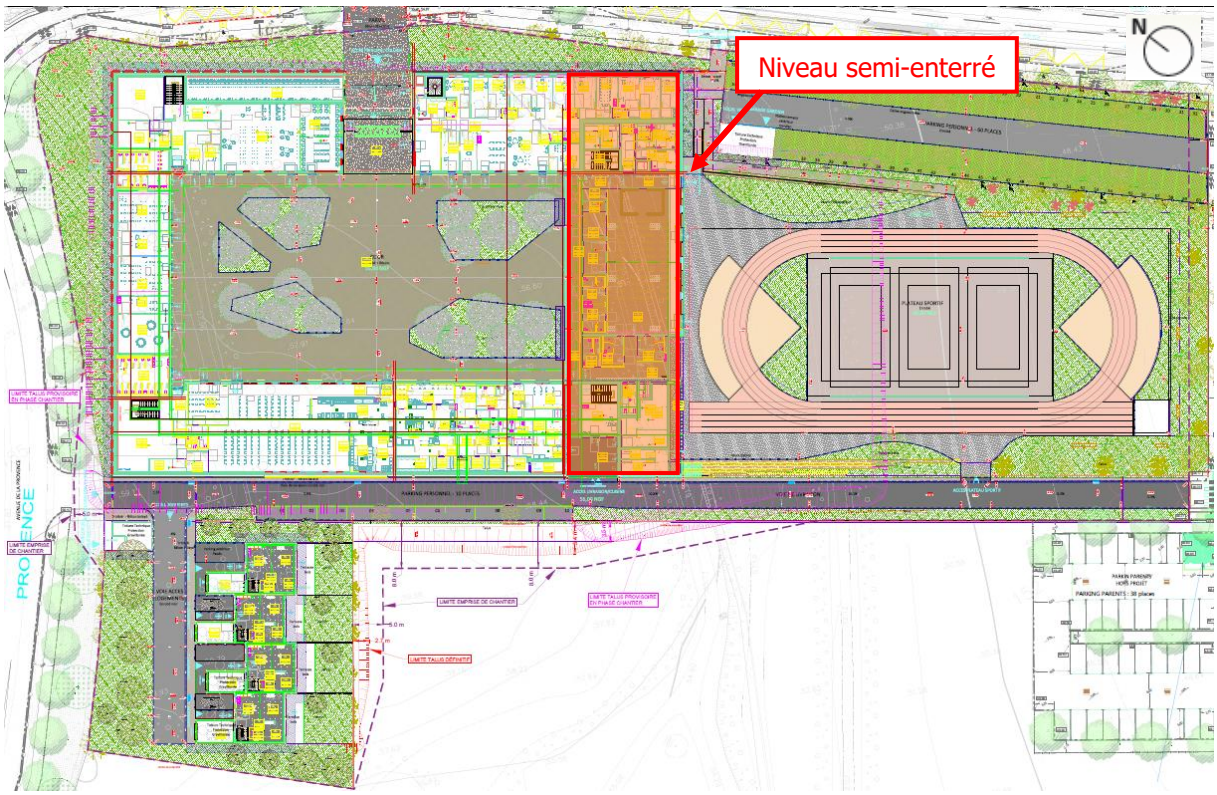


Figure 2 : Plan de masse du projet (23/04/2024)

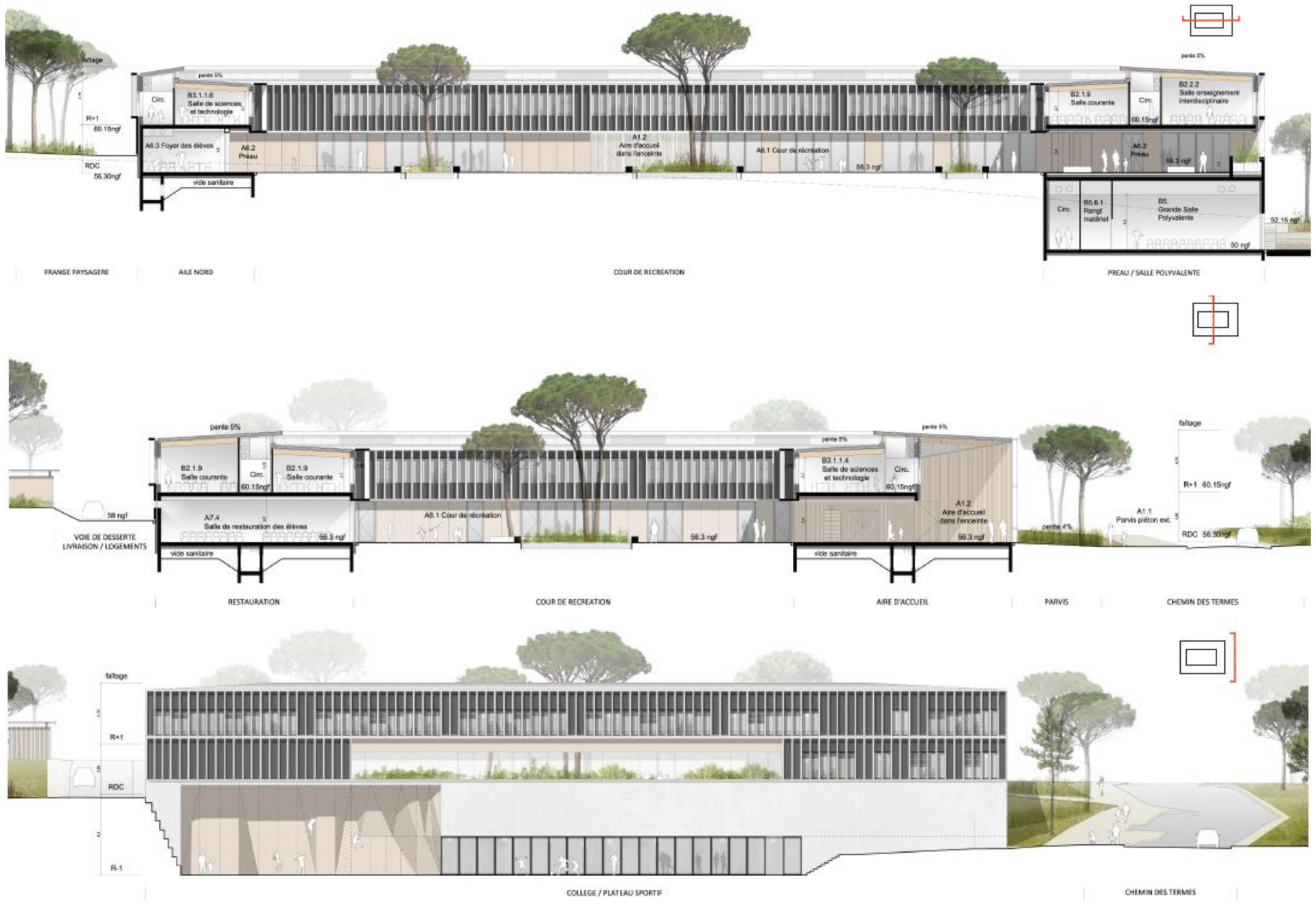


Figure 3 : Coupes du projet

3. Contexte géologique et hydrogéologique succinct

3.1. Données géologiques bibliographiques

D'après notre connaissance du secteur et la carte géologique d'Istres au 1/50 000, les données disponibles sur la Base de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM et notre connaissance du secteur, il est attendu au droit du projet, les formations géologiques suivantes (du haut vers le bas) :

- Remblais (X) /Terre végétale ;
- Complexe colluviaux indifférenciés (A) ;
- Alternance d'argilites et de Poudingues du Bégudien (c7aP).

Au droit du projet, seuls des horizons de substratum altérés ont été rencontrés en surface et jusqu'à 2 m/TA maximum en recouvrement du substratum (alternance d'argilites et de Poudingues du Bégudien) au-delà, et ce jusqu'à la fin de nos sondages (15 m/TA).

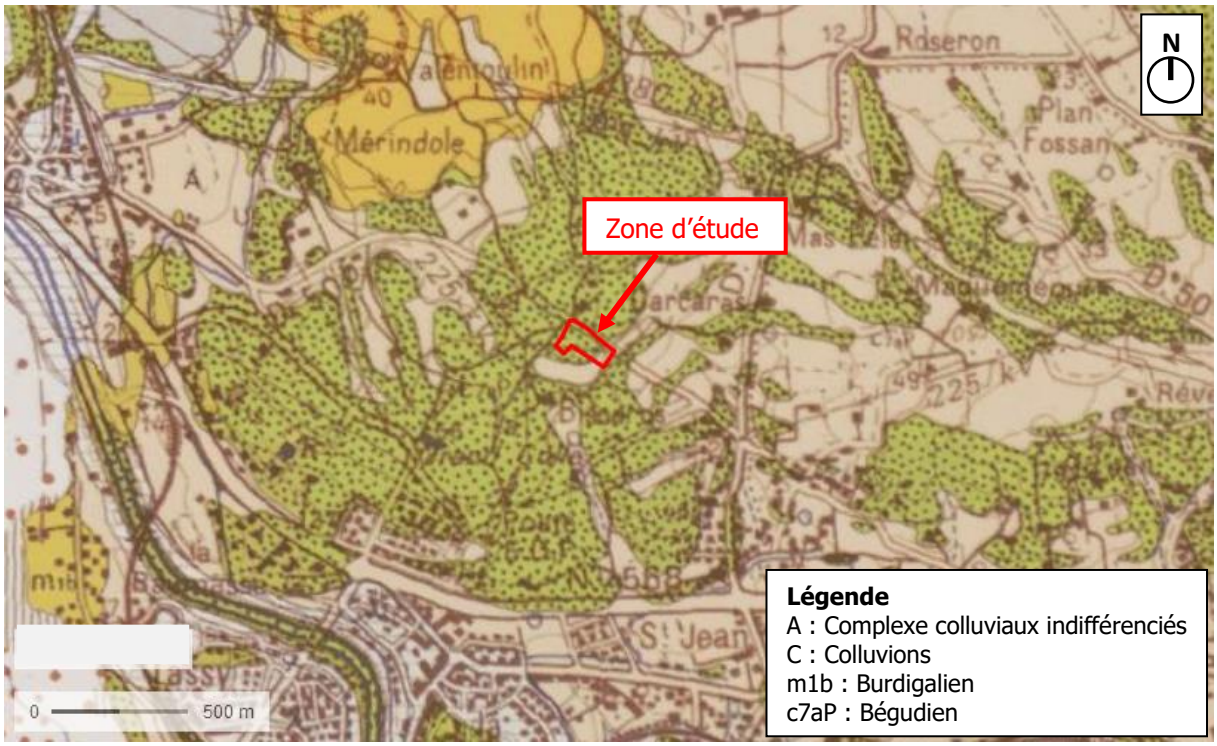


Figure 4 : Extrait de la carte géologique d'Istres au 1/50 000 (BRGM)

Le contexte géologique du site est détaillé au sein du rapport G2-AVP – C22-17406 – Pièce n°1-Ind.A auquel nous renvoyons le lecteur pour plus de précisions.

Le plan d'implantation et les coupes des sondages sont fournis en Annexe 2.

3.2. Contexte hydrologique général

La carte IGN de 1950, semble indiquer la présence de plusieurs puits dans le secteur ainsi que des circulations superficielles temporaires à l'aval du site (cours d'eau temporaire, sources, etc.).

Ces cours d'eau temporaires sont présents à environ 350 m au sud et à 550 m à l'est du projet.

Ils semblent correspondre à des talwegs captant les ruissellements de surfaces et à faible profondeur. Ils pourraient également être les exutoires des circulations du secteur et joueraient un rôle de drain naturel.

Le canal des Martigues est situé à 1.3 km au sud-ouest, ainsi que le canal de Navigation de Fos-sur-Mer à Port-de-Bouc et la mer Méditerranée à 2 km au sud et à l'ouest.

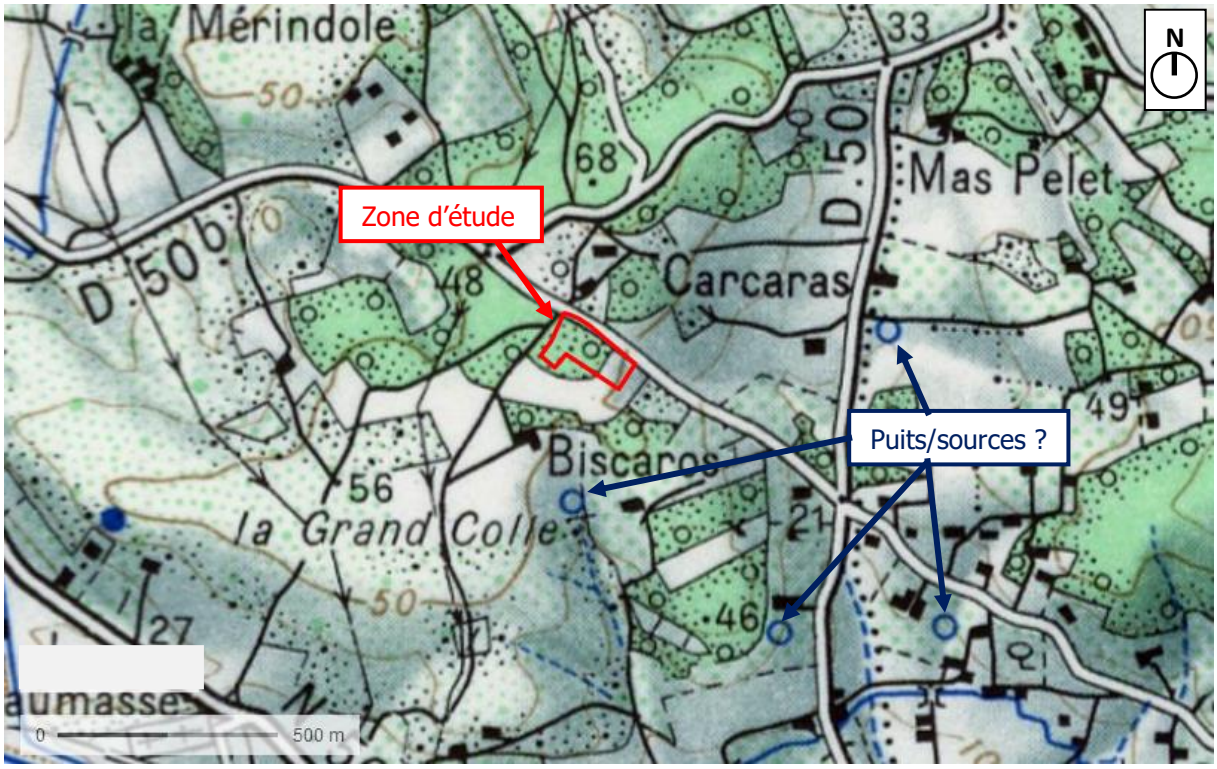


Figure 5 : Extrait de la carte topographique IGN de 1950 (source : Géoportail)

Plan de Prévention des Risques Inondation

La commune de Port-de-Bouc n'est pas concernée par un PPR Inondation par débordement de cours d'eau et aucun cours d'eau circulant de manière libre n'est présent à proximité du projet.

Zone humide

D'après la cartographie issue de https://sig.reseau-zones-humides.org, le projet n'est situé dans aucune zone humide. Les plus proches sont situées à plus de 2 km du projet au nord, à l'ouest et au sud.

Schéma d'Aménagement et de gestion des Eaux (SAGE)

Le projet n'est pas situé au sein d'un périmètre règlementaire de SAGE.

3.3. Contexte hydrogéologique général

Des circulations superficielles et anarchiques se développent au sein des remblais et du substratum altéré en surface, à la faveur de passées plus perméables (sableuses ou autres). Alimentées par le ruissellement, les précipitations et/ou des fuites de réseaux, elles ne sont pas pérennes et se produisent notamment en période pluvieuse prolongée.

D'après le contexte géologique et les éléments en notre possession, le contexte hydrogéologique intéressant directement le projet est alors caractérisé par :

Nappe collinaire / circulations pérenne

La zone d'étude est en contexte de pente et est caractérisée par un horizon de substratum altéré en surface puis du substratum sain sous-jacent.
Ainsi, il peut être attendu une nappe collinaire ou des circulations plus ou moins pérennes, contenues dans l'horizon altéré ou au sein du substratum fracturé, et alimentées par les sous-écoulements de versant et précipitations.
Des circulations d'eau sont possibles au sein des passages les plus perméables ; comme des passages sableux ou altérés.
La nappe est en relation avec la pluviométrie. Son niveau peut donc fluctuer selon les battements saisonniers liés à l'alimentation directe de la nappe par les eaux météoritiques.

Note : La présence de puits ou sources sur les cartes anciennes témoignent de la présence d'eau à plus ou moins faible profondeur.

Masses d'eau souterraine

Le projet est également inclus dans la masse d'eau souterraine DG513 « Formations variées du bassin versant de la Touloubre et de l'étang de Berre ».

Zone de Répartition des Eaux (ZRE)

Le projet n'est pas situé au sein d'une ZRE.

4. Résultats des investigations in situ

4.1. Suivi piézométrique

Deux ouvrages piézométriques, PZ1 et PZ2, ont été mis en place le 27/04/2023 dans le cadre de l'étude géotechnique. Ces ouvrages ont été installés en amont et aval hydraulique du futur niveau semi-enterré.

Suite à l'observation d'un niveau de nappe et d'un impact potentiel sur le niveau semi-enterré du projet, un troisième ouvrage (PZ3) a été mis en place le 23/08/2023 à proximité des deux autres afin d'y effectuer des essais de perméabilité par pompage.

Un suivi sur 12 mois a été réalisé au droit de ces ouvrages par l'intermédiaire de sonde d'enregistrement automatique de type DIVER.

Le tableau suivant présente les relevés piézométriques manuels effectués à ce jour :

Piézomètre	**PZ1**		**PZ2**		**PZ3**	
Cote de la tête en m NGF (TA)	55.98		54.38		*56.2*	
Coordonnées (L93)	X = 1 861 699.8 m Y = 3 137 748.6 m		X = 1 861 717.5 m Y = 3 137 737.6 m		*X = 1 861 697 m* *Y = 3 137 741 m*	
Formation captée	Substratum sain		Substratum altéré Substratum sain		Substratum sain	
Etanchéité de (sobranite / ciment)	0 à 4 m		0 à 1 m		0 à 3 m	
Crépiné de	4 à 6 m		1 à 2.5 m		3 à 8 m	
Profondeur initiale	6 m		2.5 m		8 m	
Hauteur capot (m/TA)	0.42		0.56		0.56	
Posé le	27/04/2023		27/04/2023		23/08/2023	
Date du relevé	Prof. (m/TA)	m NGF	Prof. (m/TA)	m NGF	Prof. (m/TA)	m NGF
24/05/2023	4.97	51.05	sec	< 50.8		
14/06/2023	5.53	50.49	sec	< 50.8		
13/07/2023	5.53	50.49	sec	< 50.8		
24/08/2023	5.57	50.45	sec	< 50.8	6.68	49.5
29/08/2023	5.56	50.46	2.45	50.95	6.47	49.7
26/09/2023	5.44	50.58	sec	< 50.8	6.74	49.5
10/10/2023 (DIVER)	5.40	50.62	sec	< 50.8	6.56	49.6
30/10/2023	5.34	50.68	1.47	51.93	5.96	50.24
14/11/2023	5.31	50.71	2.41	50.99	5.76	50.4
14/12/2023	5.34	50.68	sec	< 50.8	5.60	50.6
19/02/2024	5.62	50.40	sec	< 50.8	5.75	50.5
10/03/2024 (DIVER)	5.71 1.27*	50.31 54.75*	Sec	< 50.8	5.87	50.3
22/03/2024	2.02*	54.00*	sec	< 50.8	5.90	50.3
16/04/2024	1.51*	54.51*	2.47	50.93	6.00	50.2
Niveau le plus haut	1.27*	54.75*	1.47	51.93	5.60	50.6
Niveau le plus bas	5.71	50.31	Sec	< 50.8	6.74	49.5
Variation (m)	4.44*		1.13		1.14	

Tableau 4 : Relevés des niveaux d'eau au droit des piézomètres

Les cotes altimétriques sont mesurées à partir d'un GPS de précision (hormis PZ3 qui a été estimé).

** Les niveaux mesurés en PZ1 depuis les fortes pluies du 09/03/2024 semblent correspondre à des eaux d'infiltration captées par les piézomètres et s'évacuant difficilement.*

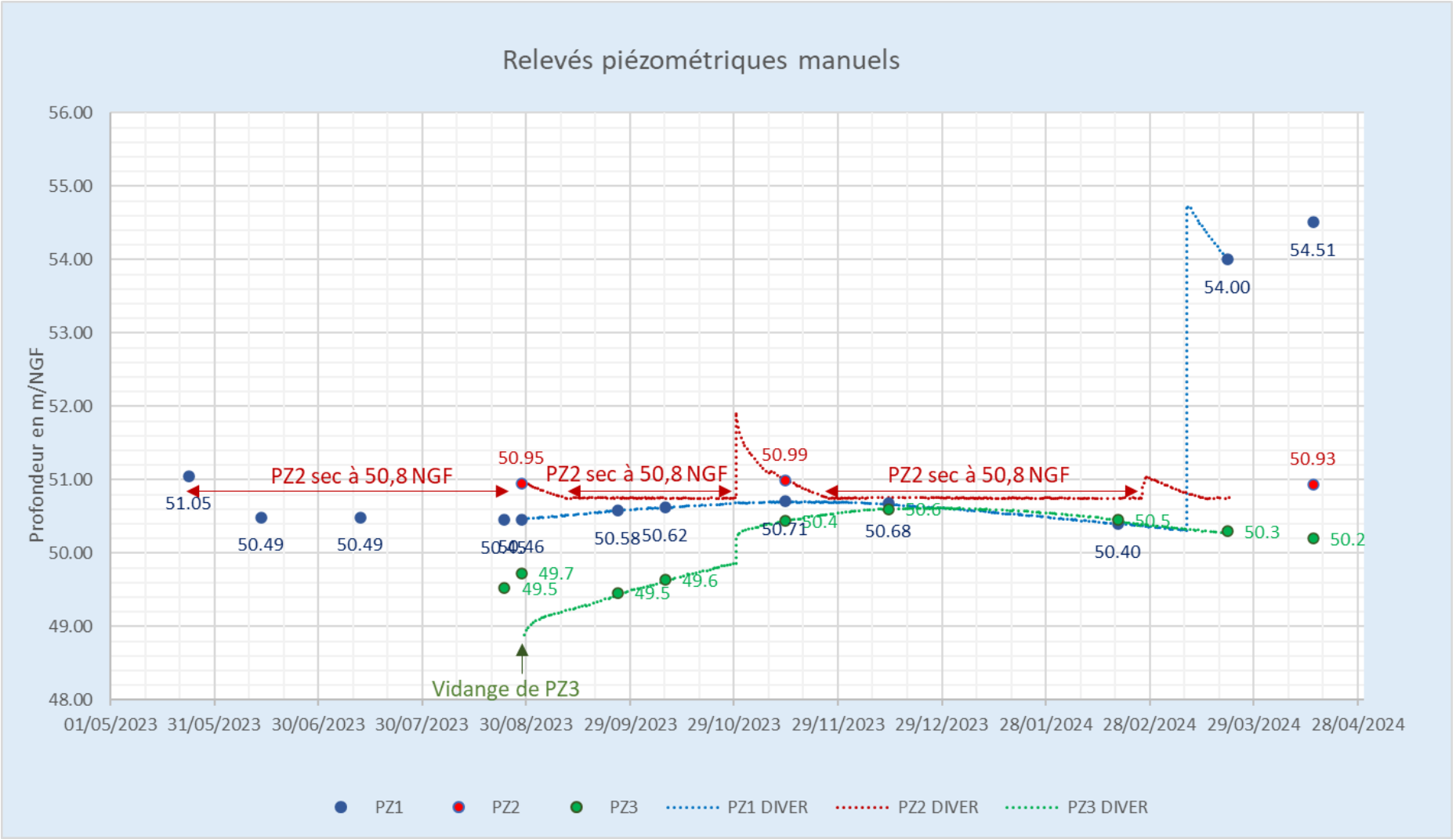


Figure 6 : Représentation graphique du suivi piézométrique

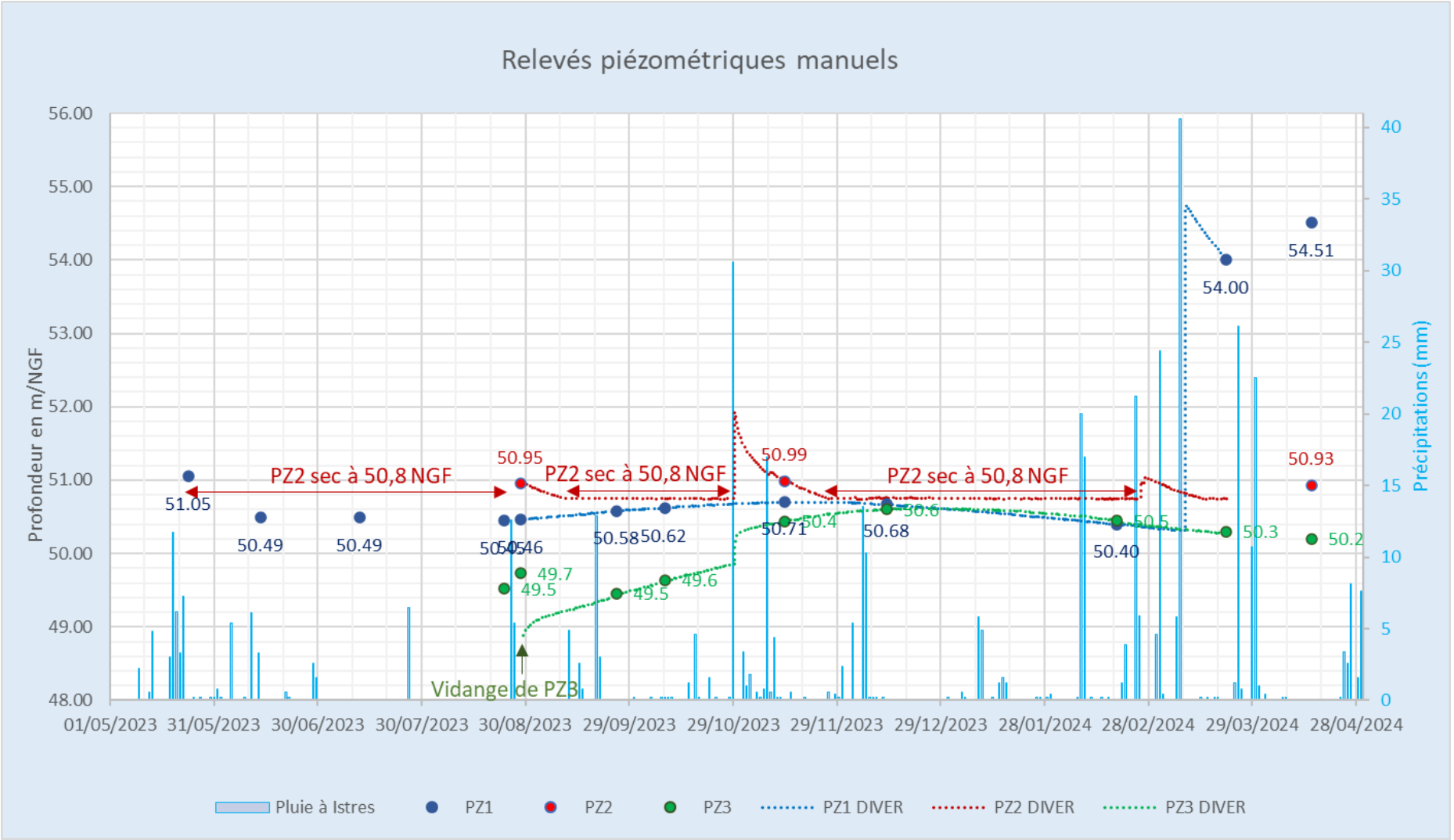


Figure 7 : Représentation graphique du suivi piézométrique et précipitations à Istres



Figure 8 : Localisation des piézomètres et essais de perméabilité

Le suivi piézométrique permet de mettre en avant les éléments suivants :

- PZ1 (amont du niveau semi-enterré) : les variations sont très faibles (entre 50,3 et 50,7 m NGF, ponctuellement à 51,1 m NGF en début de suivi) et les niveaux d'eau réagissent peu aux précipitations, excepté après les très fortes pluies du 09/03/2024 (40.6 mm enregistré à la station météo d'Istres) où les niveaux d'eau sont situés au-dessus de 54 m NGF (circulations peu profondes ou de surface captées par le piézomètre et s'infiltrant difficilement) ;
- PZ2 (aval du niveau semi-enterré) : cet ouvrage a principalement été retrouvé sec à 50,8 m NGF. Des circulations d'eau ont été observées après de fortes précipitations. Les eaux se sont infiltrées lentement dans le piézomètre pour être sec de nouveau ;
- PZ3 (amont du niveau semi-enterré) : après réalisation et vidange de l'ouvrage en août 2023, le niveau d'eau mesuré à mis plus de 3 mois pour atteindre le niveau d'eau de l'ouvrage PZ1 observé à proximité, témoignant d'une faible réalimentation et de faibles perméabilités.

L'ensemble de ces éléments permettent de justifier de la présence de circulations pérennes mais faiblement alimentées.

Concernant l'ouvrage PZ1, les valeurs mesurées au-delà du 09/03/2024 semblent fortement être des circulations de surfaces captées par le piézomètre après les fortes précipitations. Ces eaux sont piégées dans le piézomètre et mettent longtemps à s'infiltrer à cause des faibles perméabilités.

Ainsi, ces niveaux haut ne sont pas à prendre à compte, hormis pour témoigner de la présence de circulations périodiques à faible profondeur en période pluvieuse.

Ceci se confirme avec l'absence de réaction du niveau d'eau au sein du piézomètre PZ3 situé à proximité de PZ1.

4.2. Perméabilité des sols

Dans le cadre de notre mission, 3 essais de perméabilité par infiltration de type Matsuo ont été réalisé ainsi que 2 essais de perméabilité par pompage court et à faible débit au sein de PZ3.

L'ouvrage PZ3 a été vidangé en quelques minutes à très faible débit (< 0.3 m^3/h). Ainsi, seule la remontée du niveau d'eau mesurée dans l'ouvrage a pu être interprétée. Celle-ci sera interprétée par la méthode du « trou de sondage » décrite par Mathieu et Pieltain

Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

Sondage	Lanterne de mesure en m/TA	Date	Formation testée	Lithologie	Type d'essai	Perméabilité (en m/s)
Essais par infiltration						
M1	0.1 – 0.7	18/04/2023	Substratum altéré	Graves limoneuses compactes	Matsuo	$2,5.10^{-5}$
M2	0.35 – 1.2	18/04/2023	Substratum	Conglomérat	Matsuo	$1,0.10^{-5}$
M3	0.7 – 1.2	18/04/2023	Substratum altéré	Limons argileux à graves	Matsuo	$5,8.10^{-6}$
Essais par pompage						
PZ3	6.5 – 8.0	29/08/2023	Substratum	Alternance d'argilite et de poudingues	Trou de sondage	3.10^{-7} à 1.10^{-6}
	6.0 – 8.0	16/04/2024			Trou de sondage	1 à 3.10^{-7}

Tableau 5 : Résultats des tests de perméabilité

L'implantation des essais d'infiltration a été définie par le maître d'ouvrage.

Les essais de type Matsuo montrent des perméabilités faibles à bonnes avec des valeurs comprises entre $5{,}8.10^{-6}$ et $2{,}5.10^{-5}$ m/s.

La formation testée au droit des essais de type Matsuo est considérée comme étant **assez perméable** avec une aptitude à l'infiltration faible à bonne d'après le tableau défini selon l'EPNAC.

Perméabilité		Typologie du sol	Aptitude à l'infiltration
m/s	mm/h		
$K < 10^{-6}$	$K < 4$	très peu perméable	Nulle
$10^{-6} < K < 3.10^{-6}$	$4 < K < 11$	peu perméable	Mauvaise
$3.10^{-6} < K < 10^{-5}$	$11 < K < 36$	perméabilité médiocre	Faible
$10^{-5} < K < 2.10^{-5}$	$36 < K < 72$	assez perméable	Bonne
$2.10^{-5} < K < 5.10^{-5}$	$72 < K < 180$	perméable	Bonne
$K > 5.10^{-5}$	$K > 180$	très perméable	Très bonne

Tableau 6 : Aptitude des sols à l'infiltration (EPNAC)

Par pompage, un premier essai a été fait en août 2023, soit en période de basses eaux théoriques, et un second en avril 2024 en période de hautes eaux théoriques.

La perméabilité mesurée est comprise entre 1.10^{-7} et 1.10^{-6} m/s, soit des perméabilités faibles à très faibles.

Les procès-verbaux des essais de perméabilité par pompage sont présentés en Annexe 3.

5. Préconisations constructives en phase chantier et définitive

5.1. Préconisations en phase chantier

Rappel du projet

Le projet prévoit la création d'un bâtiment de type R+1 avec un niveau de sous-sol semi-enterré. Le niveau RDC sera aussi, en partie amont, semi-enterré.

Le niveau R-1 comprend un mur de soutènement d'une hauteur de 6m à l'arrière de la salle polyvalente.

Deux murs de soutènement de type gabion sont également prévus à l'angle sud-est et à l'angle nord-est de la salle polyvalente.

Selon les plans et coupes du projet, ainsi que les informations fournies par le Maître d'Ouvrage, les cotes de RDC et N-1 attendues sont les suivantes :

	RDC	N-1
Cote altimétrique de la dalle (m NGF)	56.0	49.8

Tableau 7 : Cotes altimétriques du projet

Les niveaux d'eau (nappe / circulations pérennes) ont été rencontrées en amont du projet entre 50.2 et 51.0 m NGF environ. Ainsi, le niveau semi-enterré sera impacté par celle-ci et un drainage des eaux sera nécessaire pour travailler sur un sol sec.

En phase chantier, ces circulations d'eau seront facilement captées par la réalisation de tranchées drainantes. Ces tranchées pourront être conservées en phase définitive et reliées à un exutoire pérenne.

Selon nos estimations, les débits d'exhaures seront de l'ordre de plusieurs 10^{aines} à 100^{aines} de litres/heure au maximum. En période pluvieuse, les débits pourront se voir augmenter (alimentation par les ruissellements de surface).

Les eaux drainées pourront être facilement réinfiltrées au droit de la parcelle (infiltration en surface). Le cas contraire, les eaux pourront être rejetées au réseau collectif (nécessitant un accord préalable du gestionnaire).

5.2. Système de pompage/drainages

Au vu des débits et des hauteurs de rabattement attendus, et selon les recommandations du CFMS une solution d'épuisement par tranchées drainantes serait nécessaire.

Ce système permettra d'homogénéiser les pompages à l'échelle de la fouille et de limiter les départs de fines durant la phase de drainage/pompage.

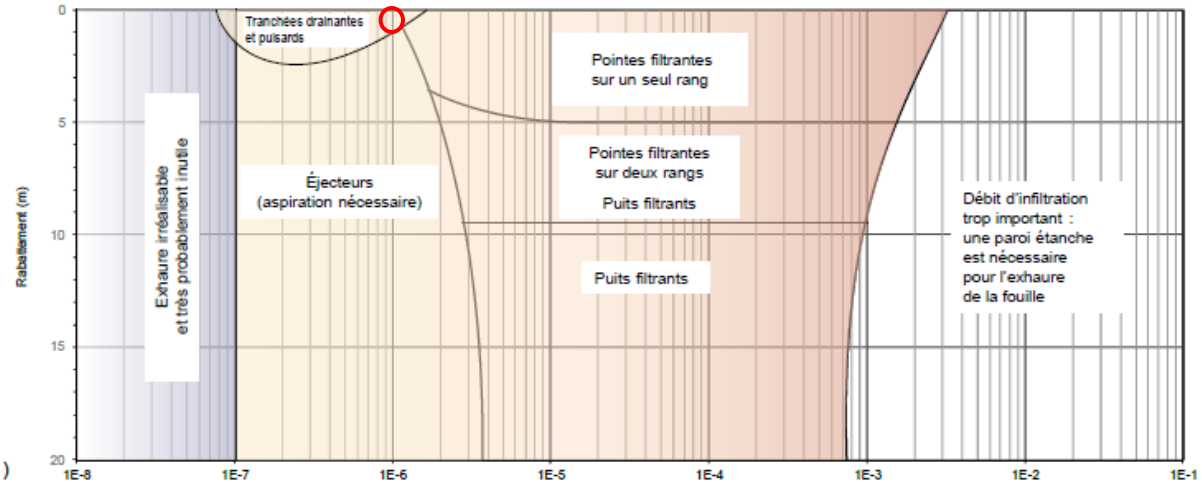


Figure 9 : Techniques de rabattement préconisées

Il conviendra de retenir que l'accumulation d'eau, non drainée, en arrière des voiles entrainent l'apparition d'une pression hydrostatique non négligeable, forte, s'ajoutant à la poussée des terres s'appliquant sur les voiles/ouvrages de soutènement.

La solution de rabattement de nappe devra permettre de se prémunir de tout risque de désordres géotechniques (boulance, renard hydraulique, etc.).

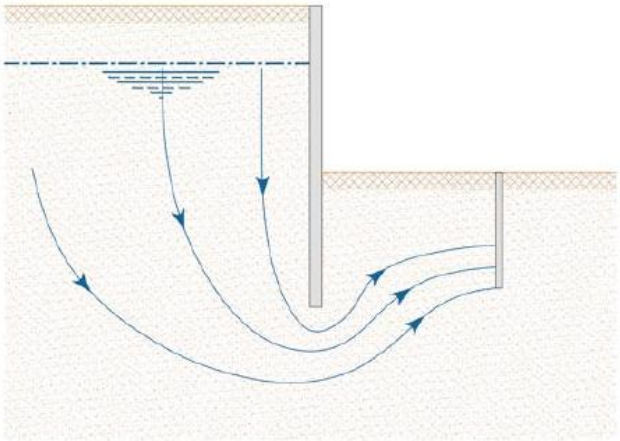


Figure 10 : Dispositif de pompage permettant d'éviter l'annulation des contraintes effectives en fond de fouille

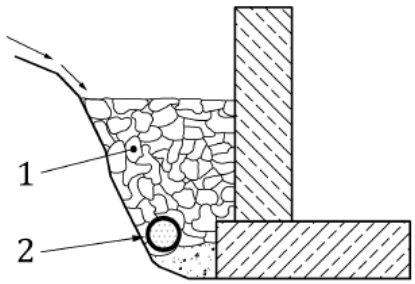
Le captage des eaux directement en fond de fouille est à proscrire car source de désordres.

5.4. Préconisations constructives en phase définitive

En phase définitive, la réalisation d'un drainage des circulations est une solution viable et efficace.

Ce drainage devra être réalisé par la réalisation de tranchées drainantes éloignées de 2 m minimum des ouvrages enterrés (prescription du règlement du PPR « Tassement différentiel »).

Dans le cadre du DTU 14.1 travaux de cuvelage, dans le cas de circulations d'eau (« nappe en écoulement »), il est demandé un cuvelage à la cote EB+0.5m, le niveau EB étant la cote du fil d'eau du drain dans le cas présent.



Légende

1 Matériau drainant
2 EB = fil de l'eau du réseau drainant

Figure 3 — Exemple de cas d'eaux de ruissellement ou d'infiltration avec drainage et sans revêtement

Ainsi, afin de s'affranchir du cuvelage, le réseau de drainage devra être situé 50 cm sous la dalle niveau enterré (en respectant la prescription d'éloignement de 2 m minimum des constructions).

Un enduit hydrofuge pourra également être mis en œuvre pour éviter les traces d'humidités/remontées capillaires.

Une fois les eaux recueillies par le réseau de drainage, elles devront être gérées à la parcelle par infiltration par l'intermédiaire d'une noue, tranchée infiltrante, etc. (selon les prescriptions du règlement du PPR « Tassement différentiel ») en aval du projet.

Pour rappel, les essais d'infiltration réalisés au droit du site donnent des perméabilités comprises entre $5{,}8.10^{-6}$ et $2{,}5.10^{-5}$ m/s, soit des perméabilités moyennes mais suffisantes pour infiltrer les eaux de drainage.

Dans le cas du bâtiment/niveau semi-enterré, nous estimons un débit de drainage permanent de l'ordre de 20 L/h environ.

Ce débit pourra être un peu plus important en période pluvieuse, le surplus d'eau pouvant s'apparenter aux eaux de ruissellement (précipitations).

6. Attendu règlementaire

Un Dossier Loi sur l'Eau de type déclaratif doit être envisagé pour les rubriques suivantes du Code de l'Environnement (article R.214-1) :

Rubrique	Description	Site soumis
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	Projet **soumis à déclaration** pour les piézomètres et le système de drainage en phase chantier et définitive Comblement des ouvrages de suivi piézométrique avant démarrage de la phase travaux
2.1.5.0.	Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant : 1° Supérieure ou égale à 20 ha (A) 2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (D)	Projet **soumis à déclaration** Une recherche de gestion alternative des eaux pluviales doit être effectuée afin d'atteindre l'objectif « zéro rejet » dans la mesure du possible

Tableau 8 : Rubriques du Code de l'Environnement concernées par le projet

Une convention de rejet avec le gestionnaire du réseau pour le rejet des eaux pluviales en phase définitive et pour les eaux de drainage en phase chantier devra être réalisée au préalable si le rejet est effectué au réseau collectif.

Elle peut faire l'objet d'une demande complémentaire en cours d'instruction de dossier.

Ces demandes doivent être étudiées avant le dépôt d'un Dossier Loi sur l'Eau.

Nous rappelons qu'un dossier de déclaration doit être réalisée au minimum 2 mois avant le début des travaux (délai légal de réponse). Nous vous conseillons cependant de le réaliser 4 à 5 mois avant au vu des durées d'instructions actuelles (avec demandes de compléments).

Remarque importante

Le projet prévoit un déboisement de la parcelle. Selon l'annexe à l'article R122-2 du Code de l'Environnement, et plus spécifiquement concernant la catégorie de projet n°47 « Premiers boisements et déboisements en vue de la reconversion de sols », le projet serait soumis à une étude au Cas-par-cas :

a) Défrichements soumis à autorisation au titre de l'article L. 341-3 du code forestier en vue de la reconversion des sols, portant sur une superficie totale, même fragmentée, de plus de 0,5 hectare.

7. Conclusion

Le suivi piézométrique permet de mettre en évidence la présence de circulations permanentes (nappe collinaire) entre 50.2 et 51.0 m NGF environ, soit au droit du futur niveau semi-enterré du projet. Des circulations périodiques à faible profondeur sont également observées durant les épisodes pluvieux.

Cette « nappe » ou ces circulations sont toutefois très faiblement réalimentées et seront facilement gérables en phase chantier et définitive.

En phase chantier, la mise en place de tranchées drainantes sera nécessaire en amont des parties enterrées du projet. Les débits seront très faibles et les eaux pourront être réinfiltrées directement à la parcelle (en aval hydraulique).

Ces tranchées pourront être conçues de sorte à être conservées pour la phase définitive du projet.

En phase définitive, un drainage des circulations impactant le niveau semi-enterré associé à une réinfiltration à l'aval du projet pourra être réalisé. Ces tranchées devront être éloignées de 2 m minimum des ouvrages enterrés (prescription du règlement du PPR « Tassement différentiel ») et situées 50 cm sous la dalle basse afin de s'affranchir d'un cuvelage.

Un enduit hydrofuge pourra être mis en œuvre pour éviter les traces d'humidités/remontées capillaires au droit du niveau semi-enterré.

SEMOFI reste à la disposition du Maître d'Ouvrage pour réaliser tout ou partie de missions complémentaires.

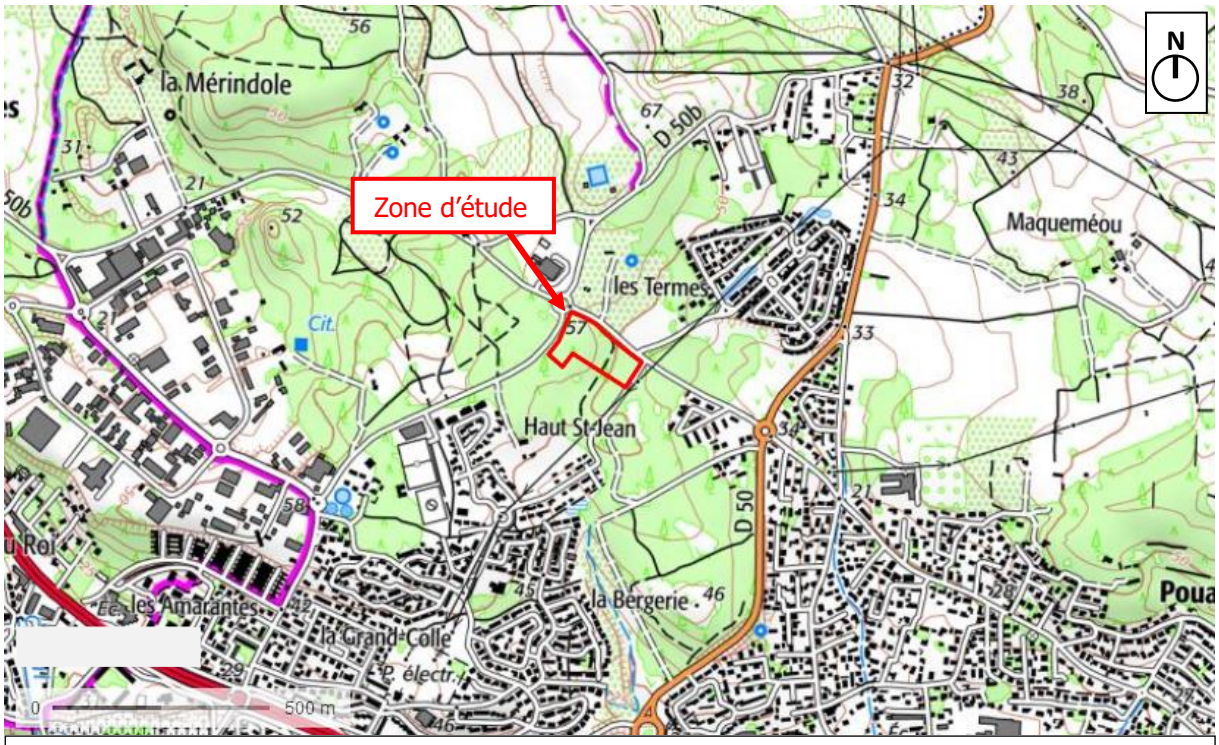
SÉMOFI

Etude hydrogéologique

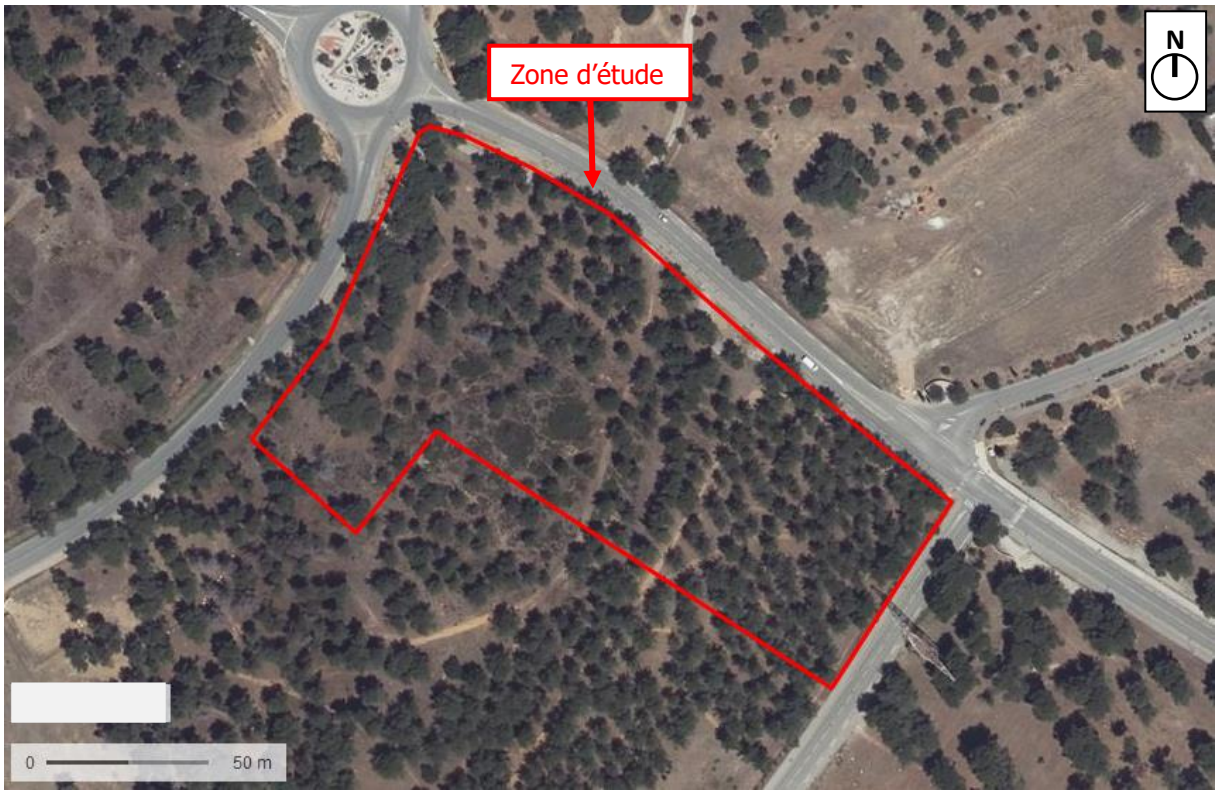
Annexes

Etude hydrogéologique

Annexe 1 : Plan de situation et vue aérienne actuelle



Localisation du site d'étude sur extrait de carte IGN (source : Géoportail)



Vue aérienne du site (source : Géoportail)

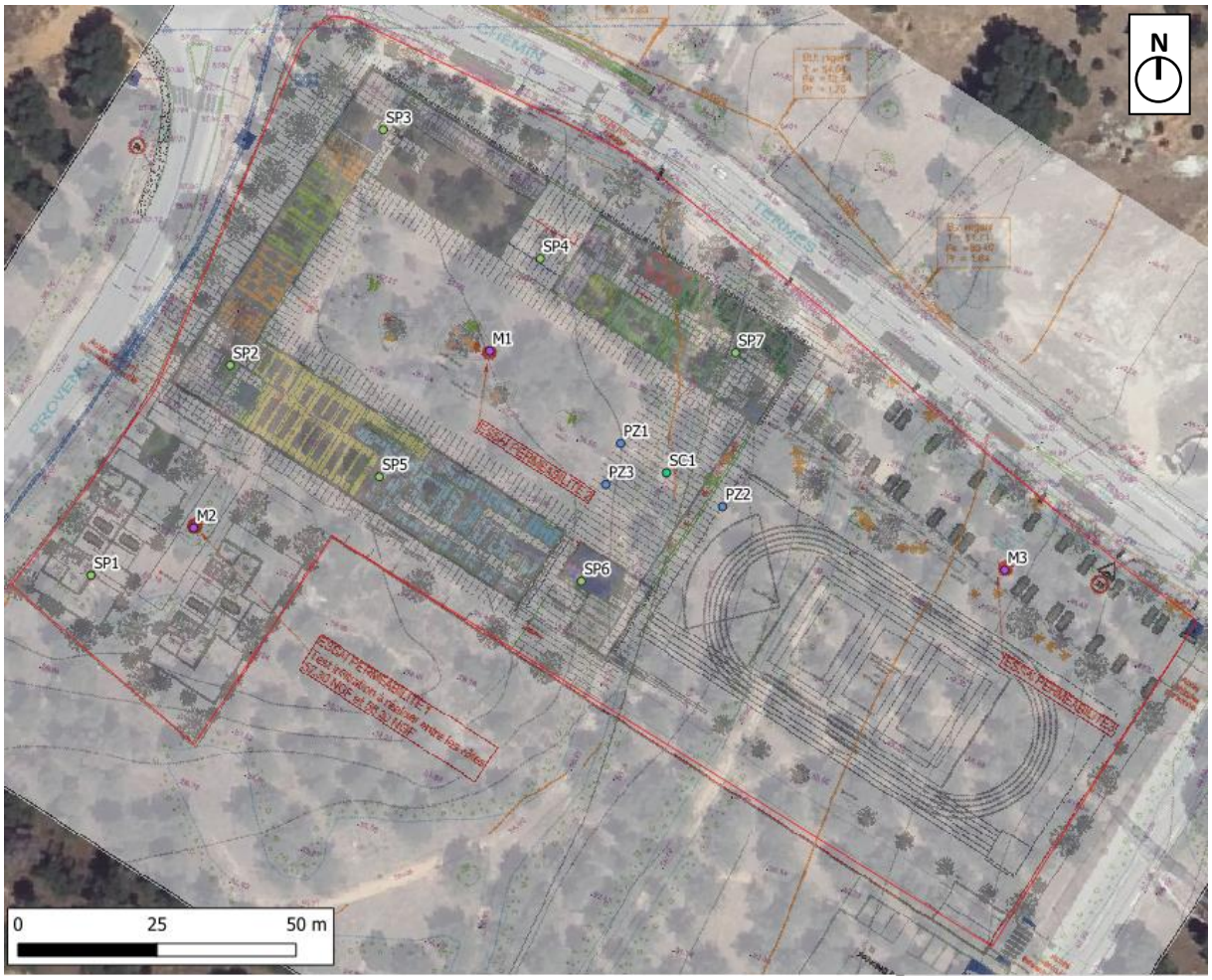
SÉMOFI

Etude hydrogéologique

Annexe 2 : Plan d'implantation et coupes des sondages



Plan d'implantation des sondages sur photo aérienne



Plan d'implantation des sondages sur plan de masse

SÉMOFI

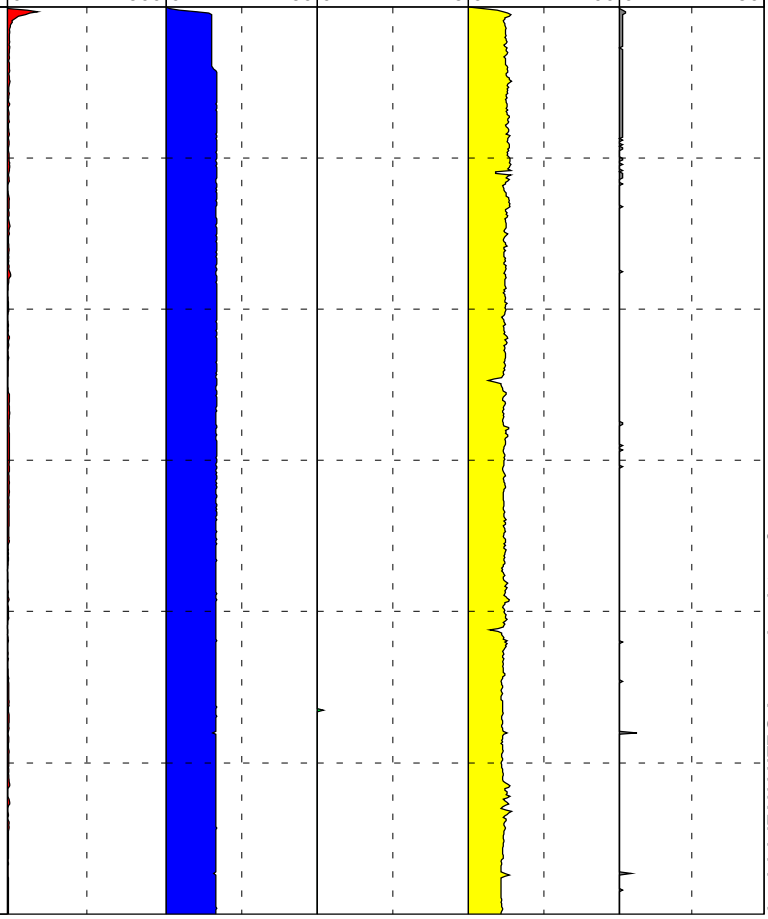
PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **27/04/2023** Cote NGF : **55.983** Profondeur : **0,00 - 6,00 m**
Machine : **SILEA4.5** X : **1861699.776**
Y : **3137748.573**

Forage : PZ1

Cote NGF	Prof.	Lithologie	Stratig.	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
55,18 m	0,80 m	Argile sablo-graveleuse beige/orangée	Substratum altéré (C1)	Tricône Ø121mm		PVC crépiné Ø52/60 mm de 4 à 6 m PVC lisse Ø52/60 mm de 0 à 4 m Gravier filtre siliceux Ø2/4 mm au droit des portions crépinées Sobranite et coulis de ciment de 0 à 4 m
55	1	Alternance d'argilites et de poudingues	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
54	2					
53	3					
52	4					
51	5					
49,98 m	6,006m					



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

SÉMOFI

PRojet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

Contrat C23-17406

Date début : **27/04/2023** Cote NGF : **54.379** Profondeur : **0,00 - 2,50 m**
Machine : **SILEA4.5** X : **1861717.547**
Y : **3137737.615**

Forage : PZ2

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Prof.	Lithologie	Stratig.	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
54	0	Argile sablo-graveleuse beige/orangée	Substratum altéré (C1)	Tricône Ø121mm		PVC crépiné Ø52/60 mm de 1 à 2.5m PVC lisse Ø52/60 mm de 0 à 1 m Gravier filtre siliceux Ø2/4 mm au droit des portions crépinées Sobranite et coulis de ciment de 0 à 1m
53,38 m	1,00 m					
53	1	Alternance d'argilites et de poudingues	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
52	2					
51,38 m	2,50 m					

Vitesse d'avancement (m/h) : 0 – 1500
Pression sur l'outil (bar) : 0 – 150
Pression d'injection (bar) : 0 – 25
Couple de rotation (bar) : 0 – 200
Retenue (bar) : 0 – 50

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

SÉMOFI

Projet de construction d'un collège
Département des Bouches-du-Rhone
Port-de-Bouc (13)

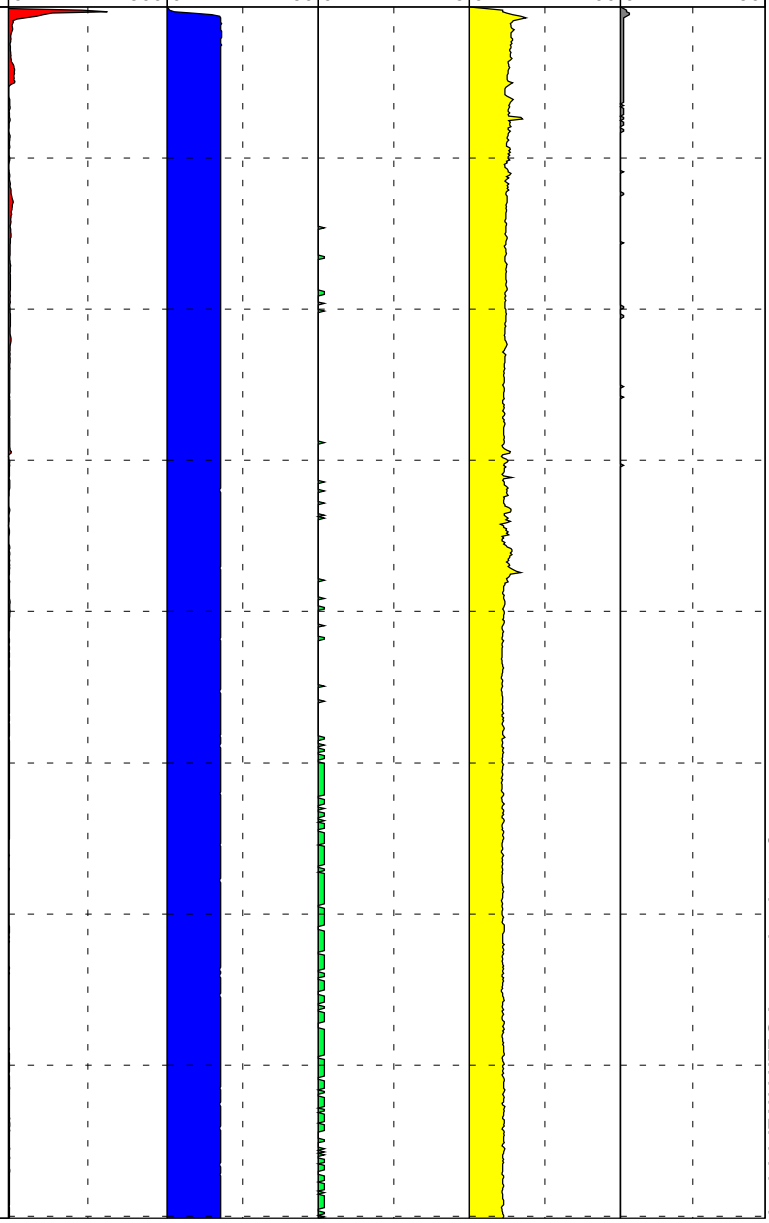
Contrat C23-17406

Date début : **23/08/2023** Cote NGF : **56.2** Profondeur : **0,00 - 8,01 m**
Machine : **SILEA4.5** X : **1861697**
Y : **3137741**

Forage : PZ3

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Prof.	Lithologie	Stratig.	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
56	0	Argile sablo-graveleuse beige/orangée	Substratum altéré (C1)	Tricône Ø160mm	6,52 m le 29/08/2023	PVC crépiné Ø80/90 mm de 3 à 8 m PVC lisse Ø80/90 mm de 0 à 3 m Gravier filtre siliceux Ø2/4 mm au droit des portions crépinées Sobranite et coulis de ciment de 0 à 3 m
55,4 m	0,8 m					
55	1	Alternance d'argilites et de poudingues	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
54	2					
53	3					
52	4					
51	5					
50	6					
49	7					
48,2 m	8,0 m					



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

SÉMOFI

Collège Paul Eluard
Département des Bouches du Rhônes
Port de Bouc (13)

Contrat C22-17406

Date début : **02/05/2023** Cote NGF : **55.111** Profondeur : **0,00 - 8,30 m**

Machine :

Forage : SC1

Cote NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil	Taux de récup. (%) 0 100
	0					
54,41 m	0,7 m	Argile sablo graveleuse beige, dmax 10cm	Terrains superficiels (C1)			100,00
54,11 m	1,0 m	Argile sablo graveleuse beige, dmax 10cm, humide		1,00 m		
	1					
53,31 m	1,8 m	Sable fin à matrice limoneuse ocre, présence de graves		1 EI		100,00
53,11 m	2,0 m	Argile sablo-graveleuse altérée orangé rougeâtre		2,00 m		
	2					
52,67 m	2,4 m	Sable argileux rougéatre à cailloux et cailloutis calcaire	Alternance d'argilites et de poudingues (C2)			
52,46 m	2,7 m	Sable argileux rougéatre à graves		1 EI		100,00
52,11 m	3,0 m	Sable argileux rougéatre à bloc de calcaire de 3 à 5 cm		3,00 m		
	3					
51,96 m	3,2 m	Argile à graviers orangée (roche altérée)				
51,86 m	3,3 m	Roche friable altérée orangé rougeâtre				
51,61 m	3,5 m	Argile sableuse (sable fin) orangé à graviers, dmax 4cm, très humide				100,00
51,11 m	4,0 m	Graves argileuse orangée humide, dmax 10cm				
	4					
50,81 m	4,3 m	Graves et graviers, matrice argilo-sableuse en faible quantité, orangé, humide				
50,66 m	4,5 m	Sablo graveleux orangé, dmax 2cm, humide				100,00
50,51 m	4,6 m	Sable orangé humide				
50,31 m	4,8 m	Argilo sablo graveleux orangé, dmax 10cm				
50,11 m	5,0 m	Argile sablo graveleuse orange à grise, très humide				
	5					
49,71 m	5,4 m	Argile à graviers, dmax 4cm, orange rougeâte, très humide				
49,51 m	5,6 m	Argilite altérée orange rougeâtre, humide et argileuse en surface et très sèche et compact en base				100,00
49,26 m	5,9 m	Argile rouge à graviers, plutôt compact, légèrement sableuse (sable fin)				
49,11 m	6,0 m	Argile et sable fin rougeâtre à graviers, dmax 5cm				
	6					
48,51 m	6,6 m	Argilite très compacte orange				100,00
	7					
47,91 m	7,2 m	Argilo graveleux orange rougeâtre, dmax 1cm, humide en base				
	8					100,00
46,81 m	8,3 m	Argilite altérée orange rougeâtre, très compact à partir de 7,50m				100,00

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

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DU SONDAGE SC1

Département des Bouches du Rhône

Collège Paul Eluard, Port de Bouc (13)



SC1 : 0.00-3.00 m



SC1 : 3.00-6.00 m

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tél: 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

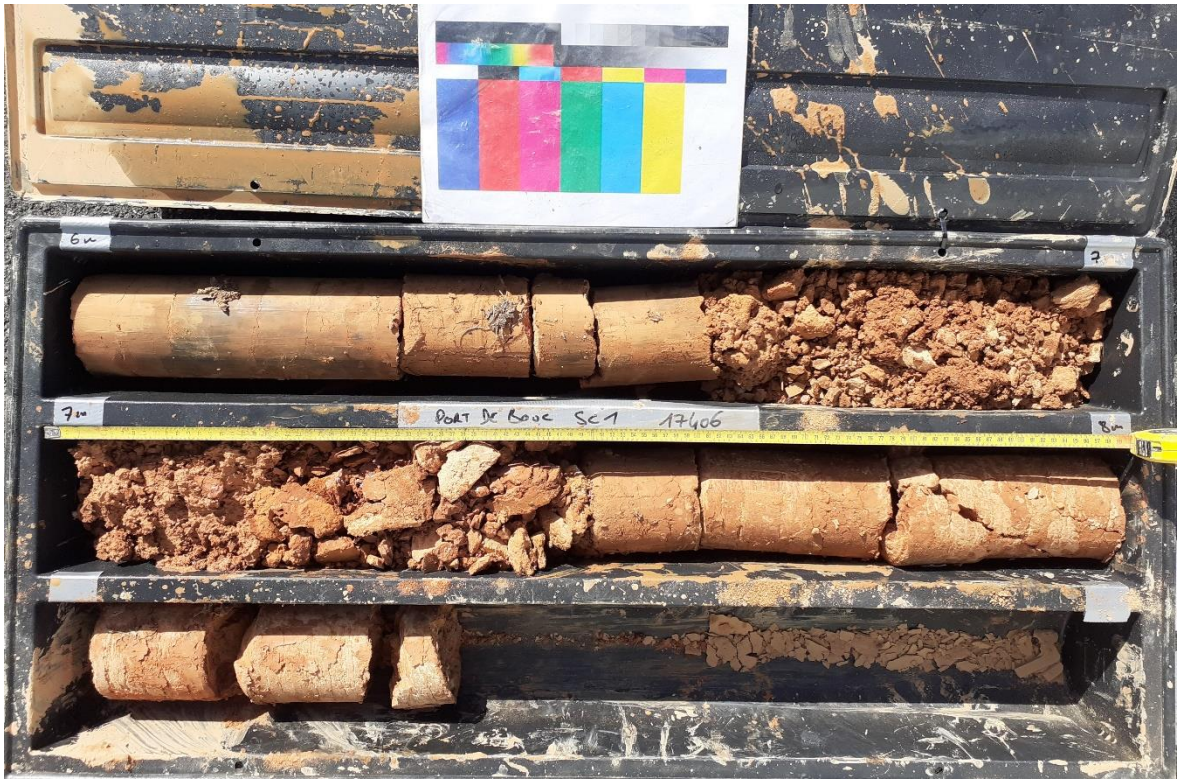
Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C23-17406-1	A	27/04/2023	ELR

Maitre d'Ouvrage : Département des Bouches du Rhône

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DU SONDAGE SC1

Département des Bouches du Rhône

Collège Paul Eluard, Port de Bouc (13)



SC1 : 6.00-8.30 m

SÉMOFI
565 rue des Vœux Saint Georges
94290 VILLENEUVE-LE-ROI
Tél: 01 49 61 11 88
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C22-17406-1	**A**	27/04/2023	ELR
Maitre d'Ouvrage : Département des Bouches du Rhônes			

SÉMOFI

Etude hydrogéologique

Annexe 3 : Procès verbaux des essais de perméabilité

SÉMOFI

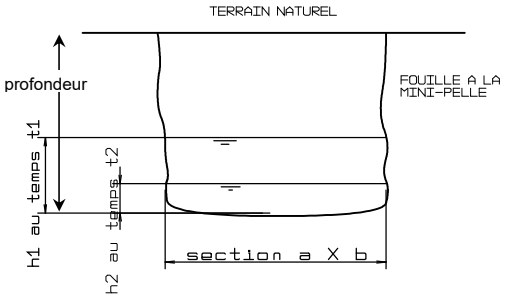
ESSAI MATSUO A NIVEAU VARIABLE

Chantier : Port-de-Bouc (13)
N° dossier : C22-17406
Sondage : M1

Date : 18/04/2023
Temps : Ensoleillé
Temps de remplissage/saturation : 1h42

Profondeur fouille (m) : 0.7
Largeur fouille (cm) : 37
Longueur fouille (cm) : 95

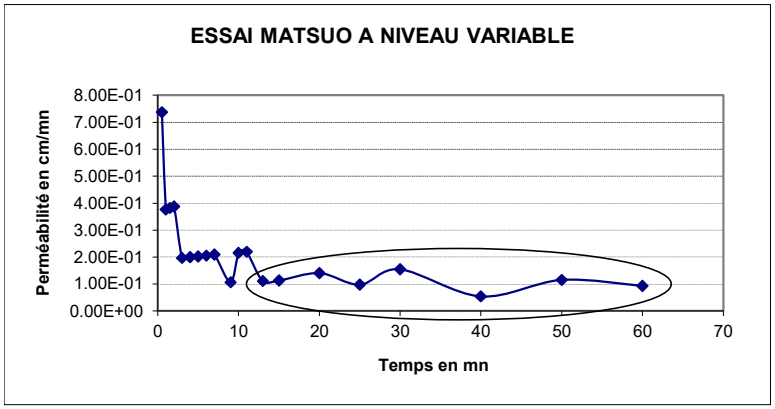
Temps (mn)	Profondeur eau (cm) par rapport au TN	Hauteur de lecture (*) en cm	Perméabilité Semofi (cm/mn)
0	10	60	
0.5	12	58	7.37E-01
1	13	57	3.76E-01
1.5	14	56	3.81E-01
2	15	55	3.87E-01
3	16	54	1.96E-01
4	17	53	1.99E-01
5	18	52	2.02E-01
6	19	51	2.05E-01
7	20	50	2.09E-01
9	21	49	1.06E-01
10	22	48	2.15E-01
11	23	47	2.19E-01
13	24	46	1.11E-01
15	25	45	1.13E-01
20	28	42	1.41E-01
25	30	40	9.81E-02
30	33	37	1.54E-01
40	35	35	5.40E-02
50	39	31	1.15E-01
60	42	28	9.33E-02





Description lithologique	
0-0,2 m/TA	Terre végétale : limons, graves et racines
0,2-0,4 m/TA	Limons graveleux de couleur rouille
0,4-0,7 m/TA	Graves limoneuses sec et très compact, de couleur rouille (substratum rocheux à 0,7m)

* par rapport au fond de fouille



PERMEABILITE SEMOFI	
k (mm/h) =	**91**
k (m/s) =	**2.5E-05**

(moyenne des valeurs de 3 à 60 mn)

SÉMOFI

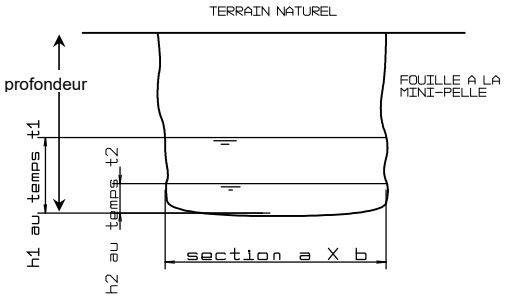
ESSAI MATSUO A NIVEAU VARIABLE

Chantier : Port-de-Bouc (13)
N° dossier : C22-17406
Sondage : M2

Date : 18/04/2023
Temps : Ensoleillé
Temps de remplissage/saturation : 2h05

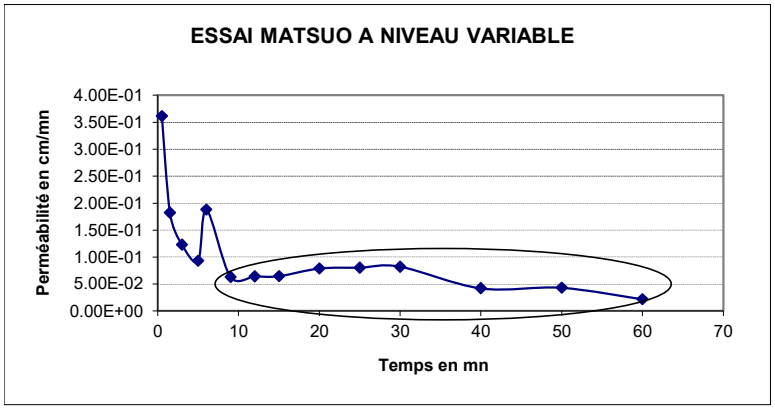
Profondeur fouille (m) : 1.2
Largeur fouille (cm) : 54
Longueur fouille (cm) : 120

Temps (mn)	Profondeur eau (cm) par rapport au TN	Hauteur de lecture (*) en cm	Perméabilité Semofi (cm/mn)
0	35	85	
0.5	36	84	3.61E-01
1.5	37	83	1.82E-01
3	38	82	1.23E-01
5	39	81	9.30E-02
6	40	80	1.88E-01
9	41	79	6.33E-02
12	42	78	6.39E-02
15	43	77	6.46E-02
20	45	75	7.87E-02
25	47	73	8.04E-02
30	49	71	8.22E-02
40	51	69	4.20E-02
50	53	67	4.30E-02
60	54	66	2.19E-02





Description lithologique	
0-0,2 m/TA	Terre végétale : limons, graves et racines
0,2-0,4 m/TA	graves/galets limoneuse compact
0,4-1,2 m/TA	Conglomérat : débris de roche altérée compact



* par rapport au fond de fouille

PERMEABILITE SEMOFI	
k (mm/h) =	**36**
k (m/s) =	**1.0E-05**

(moyenne des valeurs de 9 à 60 mn)

SÉMOFI

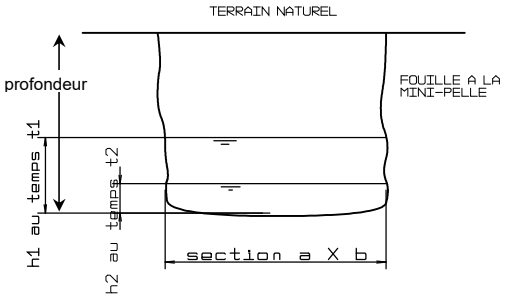
ESSAI MATSUO A NIVEAU VARIABLE

Chantier : Port-de-Bouc (13)
N° dossier : C22-17406
Sondage : M3

Date : 18/04/2023
Temps : Ensoleillé
Temps de remplissage/saturation : 1h

Profondeur fouille (m) : 1.2
Largeur fouille (cm) : 35
Longueur fouille (cm) : 90

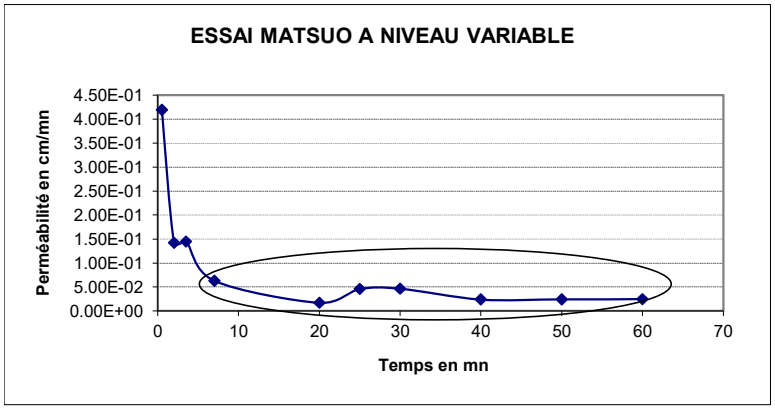
Temps (mn)	Profondeur eau (cm) par rapport au TN	Hauteur de lecture (*) en cm	Perméabilité Semofi (cm/mn)
0	72	48	
0.5	73	47	4.19E-01
2	74	46	1.42E-01
3.5	75	45	1.45E-01
7	76	44	6.30E-02
20	77	43	1.73E-02
25	78	42	4.57E-02
30	79	41	4.66E-02
40	80	40	2.37E-02
50	81	39	2.42E-02
60	82	38	2.47E-02





Description lithologique	
0-0,3 m/TA	Terre végétale : limons et racines
0,3-0,6 m/TA	Limons argileux à graves sec et compact
0,6-1,2 m/TA	Limons argileux sec beige à graves et galets

* par rapport au fond de fouille



PERMEABILITE SEMOFI	
k (mm/h) =	**21**
k (m/s) =	**5.8E-06**

(moyenne des valeurs de 7 à 60 mn)

C22-17406

Chantier : **Port-de-Bouc (13)**
Avenue de la Provence

SÉMOFI

Mesure de la perméabilité : méthode du trou de sondage en sol saturé *(suivant Mathieu et Pieltain, "Analyse physique des sols - Méthodes choisies", 1998)*

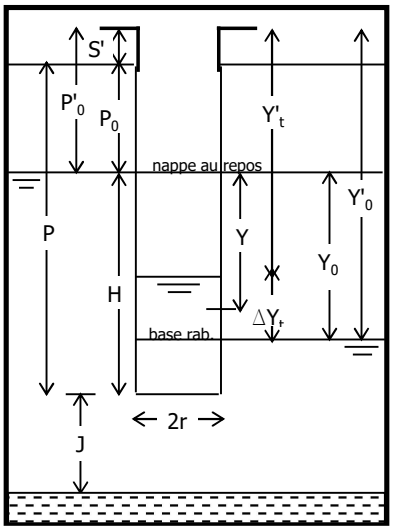
Sondage PZ3
Essai n° 1

Date : 29/08/2023

S' (m) =	0.56
P (m) =	8.04
J (m) =	0.00
P'_0 (m) =	7.03
Y'_0 (m) =	8.51
2r (m) =	0.16

P_0 (m) =	6.47
H (cm) =	157
0,5 H (cm) =	78.5
0,2 H (cm) =	31.4
Y_0 (cm) =	148
Y_0 /4 (cm) =	**37**
r (cm) =	8

(rabattement)



			(=Y'0 -Y't)		(=Y0 -1/2ΔYt)	J > 0,5 H	J = 0	
t	t	Y'_t	ΔY_t	$\Delta Y/\Delta t$	Y	K	K	**Encadrement de K retenu**
(min)	(sec)	(m)	(cm)	(cm/s)	(cm)	(m/s)	(m/s)	
0	0	8.51	0	-	-	-	-	**3.10^{-07} à 1.10^{-06} m/s** (dans la partie représentative de l'essai) (ΔY_t < Y0 /4)
1	60	8.50	1	0.017	147.5		1.2E-06	
2	120	8.49	2	0.017	147.0		1.2E-06	
3	180	8.48	3	0.017	146.5		1.2E-06	
4.5	270	8.47	4	0.015	146.0		1.1E-06	
7	420	8.46	5	0.012	145.5		8.6E-07	
8	480	8.45	6	0.013	145.0		9.0E-07	
10	600	8.44	7	0.012	144.5		8.4E-07	
12	720	8.43	8	0.011	144.0		8.0E-07	
15	900	8.42	9	0.010	143.5		7.2E-07	
20	1200	8.41	10	0.008	143.0		6.0E-07	
25	1500	8.40	11	0.007	142.5		5.3E-07	
30	1800	8.39	12	0.007	142.0		4.8E-07	
40	2400	8.37	14	0.006	141.0		4.2E-07	
50	3000	8.36	15	0.005	140.5		3.6E-07	
60	3600	8.35	16	0.004	140.0		3.2E-07	
								Temps n
								valeurs postérieures à n non prises en compte (ΔY_t > Y0 /4)

Cas où J > 0,5 H

$$K(m/j) = \frac{4\,000r^2}{(h+20r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

Cas où J = 0 (fond du forage atteignant le plancher imperméable)

$$K(m/j) = \frac{3\,600r^2}{(h+10r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

C22-17406

Chantier : **Port-de-Bouc (13)**
Avenue de la Provence

SÉMOFI

Mesure de la perméabilité : méthode du trou de sondage en sol saturé *(suivant Mathieu et Pieltain, "Analyse physique des sols - Méthodes choisies", 1998)*

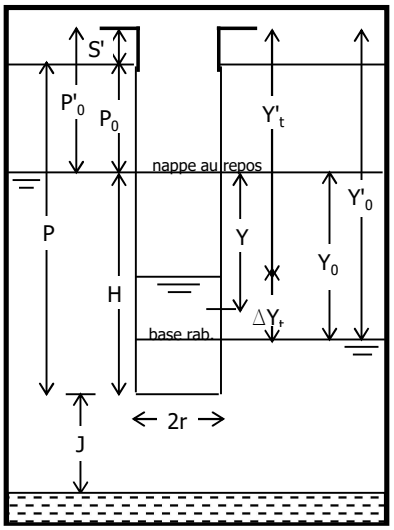
Sondage PZ3
Essai n° 1

Date : 16/04/2024

S' (m) =	0.56
P (m) =	7.98
J (m) =	0.00
P'_0 (m) =	6.56
Y'_0 (m) =	8.34
2r (m) =	0.16

P_0 (m) =	6.00
H (cm) =	198
0,5 H (cm) =	99
0,2 H (cm) =	39.6
Y_0 (cm) =	178
Y_0 /4 (cm) =	**44.5**
r (cm) =	8

(rabattement)



			(=Y'0 -Y't)		(=Y0 -1/2ΔYt)	J > 0,5 H	J = 0	
t	t	Y'_t	ΔY_t	$\Delta Y/\Delta t$	Y	K	K	**Encadrement de K retenu**
(min)	(sec)	(m)	(cm)	(cm/s)	(cm)	(m/s)	(m/s)	
0	0	8.34	0	-	-	-	-	**1.10^{-07} à 3.10^{-07} m/s** (dans la partie représentative de l'essai) (ΔY_t < Y0 /4)
1.5	90	8.34	0	0.006	177.8		2.7E-07	
2.5	150	8.33	1	0.007	177.5		3.3E-07	
4.5	270	8.33	2	0.006	177.3		2.7E-07	
6	360	8.32	2	0.006	177.0		2.7E-07	
10	600	8.32	3	0.004	176.8		2.0E-07	
12	720	8.31	3	0.004	176.5		2.0E-07	
15	900	8.31	4	0.004	176.3		1.9E-07	
23	1380	8.29	5	0.004	175.5		1.8E-07	
30	1800	8.28	6	0.003	175.0		1.6E-07	
40	2400	8.27	7	0.003	174.5		1.4E-07	
50	3000	8.26	8	0.003	174.0		1.3E-07	
60	3600	8.25	9	0.003	173.5		1.2E-07	
								Temps n
								valeurs postérieures à n non prises en compte (ΔY_t > Y0 /4)

Cas où J > 0,5 H

$$K(m/j) = \frac{4\,000r^2}{(h+20r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

Cas où J = 0 (fond du forage atteignant le plancher imperméable)

$$K(m/j) = \frac{3\,600r^2}{(h+10r)\left(2-\frac{Y}{H}\right)y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

SÉMOFI



PROJET DE CONSTRUCTION D'UN COLLEGE

Avenue de la Provence/Chemin des termes,
Port-de-Bouc (13)

DEPARTEMENT DES BOUCHES-DU-RHONE
52, avenue de Saint-Just
13 256 Marseille Cédex 20

Levée de doute
Mission globale LEVE

Réf. Sémofi	Date	Phase	Type	Indice	Pièce
C24-17406	**28/03/2025**	**-**	**RPT**	**V1**	**03**

Siège Social : 565 rue des Vœux Saint Georges 94290 VILLENEUVE LE ROI **Tél. 01 49 61 11 88 Fax. 01 49 61 11 99**
S.A.S. au capital de 200.000 € - SIREN 391 764 156 – APE 7112 B
Agences : Caen (14), Portet-sur-Garonne (31), Saint Avertin (37), Lille (59), Lyon (69), Saint-Denis (93)

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Chargé d'études	Chef de projet	Superviseur
V0	20/01/2025	Rédaction du rapport	Demartial OTOUMOU	Albin LIEBAUX	Pierre-Victor FLEURY par délégation de Loïc FATACCIOLI
V1	28/03/2025	Diffusion après validation interne			

Nombre de pages 25 + 1 annexe

Certifications et Qualifications

Etablissement certifié LNE SSP : Villeneuve-le-Roi (94)

Identification de la mission		
Référence SEMOFI :	**C24-17406**	
Maître d'Ouvrage :	**Département des Bouches-du-Rhône**	
Projet :	Le projet prévoit la construction d'un établissement sensibles pouvant accueillir jusqu'à 728 élèves.	
Mission confiée à SEMOFI :	**Mission globale LEVE** • Visite de site (A100) • Etude historique, documentaire et mémorielle (A110)	
Autres missions associées :	-	
Adresse du site :	Angle de l'avenue de la Provence et du chemin des termes Port-de-Bouc (13)	
Contexte particulier :	-	
Synthèse de la prestation globale LEVE		
Visite de site (A100)	Usage du site :	Terrain recouvert de boisement de pins
	Principales installations identifiées :	Sans objet
Etude historique, documentaire et mémorielle (A110)	Historique du site :	Terrain viticole
	Activités/installations potentiellement polluantes :	Sans objet
	Situation administrative :	Site non référencé aux services de l'état (BASIAS, ex-BASOL, ICPE etc.)
	Environnement du site :	Secteur pavillonnaire
Conclusions	• Aucune source de pollution n'a été identifiée • Site ne relevant pas de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués • Par conséquent, l'implantation d'un établissement accueillant des populations dites sensibles sur ce site ne s'oppose pas au sens de la circulaire ministérielle du 8 février 2007	
Recommandations		
Investigations complémentaires à prévoir	Sans	
Etudes complémentaires à prévoir	Sans	
Remarques préalables aux travaux	Sans	
Ce résumé non technique présente succinctement le contexte du projet vis-à-vis des problématiques des Sites et Sols Pollués, les principaux résultats obtenus et les recommandations associées. **Il convient de se référer impérativement au corps du rapport pour une compréhension exhaustive de son contenu.**		

SOMMAIRE

1- PREAMBULE **5**
2- CONTEXTE DE L'ETUDE **6**
3- DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE **7**
4- METHODOLOGIE GENERALE **10**
5- CONTEXTE HISTORIQUE DU SITE **11**
5.1- USAGE DES SOLS AU 18EME,19EME ET 20EME SIECLE 11
5.2- CONSULTATION DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES 13
5.3- CONSULTATION DES BASES DE DONNEES 16
5.3.1- BASIAS/CASIAS *16*
5.3.1- Ex-BASOL *17*
5.3.2- Secteurs d'Informations sur les Sols (SIS) *18*
5.4- INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) 19
5.5- ACCIDENTS/INCIDENTS RECENSES 20
5.6- RECHERCHES DE CARRIERES SUR LE SECTEUR 20
5.7- EPANDAGES DE BOUES 20
5.8- SYNTHESE DES INFORMATIONS HISTORIQUES 20
6- VISITE DE SITE **21**
6.1- VISITE DU TERRAIN D'ETUDE 21
6.2- VISITE DES ENVIRONS DU TERRAIN D'ETUDE 22
6.3- MISE EN SECURITE DU SITE 23
7- EVALUATION DES RISQUES DE POLLUTION **24**
8- RESUME TECHNIQUE - CONCLUSIONS **25**

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : PLAN DE LOCALISATION DU TERRAIN D'ETUDE SUR FOND DE PLAN IGN ET EXTRAIT CADASTRAL 8
FIGURE 2 : CLICHE AERIEN DU TERRAIN D'ETUDE 8
FIGURE 3 : PROFIL ALTIMETRIQUE DU SITE ILLUSTRANT LE DENIVELE 9
FIGURE 4 : EXTRAIT DE LA CARTE DE CASSINI 12
FIGURE 5 : EXTRAIT DE LA CARTE DE L'ETAT-MAJOR 12
FIGURE 6 : CARTE IGN 1950 13
FIGURE 7 : PHOTOGRAPHIES AERIENNES DU SITE 15
FIGURE 8 : LOCALISATION DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITES DE SERVICES 17
FIGURE 9 : LOCALISATION DES SITES APPELANT UNE ACTION DES POUVOIRS PUBLICS 18
FIGURE 8 : LOCALISATION DES INSTALLATIONS CLASSEES 19
FIGURE 9 : PHOTOGRAPHIES DE LA VISITE DE SITE 22

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : FICHE DE PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 7

ANNEXES

ANNEXE 1 **FICHES SYNTHETIQUES DE LA VISITE DE SITE ET DE SES ENVIRONS**

1- Préambule

Le Département des Bouches-du-Rhône projette la reconstruction délocalisée d'un collège sur un site localisé dans la commune de Port-de-Bouc (13).

Dans ce cadre et afin de sécuriser son projet, le Département des Bouches-du-Rhône a souhaité la réalisation d'une mission complémentaire LEVE.

Suite à notre proposition technique et financière n°P25-34609-1 en date du 18/02/2025, le Département des Bouches-du-Rhône nous a mandaté pour la réalisation d'un Levée de doute - Mission globale LEVE : ***Construction d'un collège***, rapport n°C24-17406, version 1, pièce n°03 en date du 28/03/2025.

Cette étude a été réalisée par **le pôle spécialisé de SEMOFI en Sites et Sols Pollués** ; elle fait l'objet du présent rapport.

Les prestations réalisées dans le cadre de cette étude sont conformes à notre proposition technique et financière acceptée par Département des Bouches-du-Rhône le 18/02/2025.

A noter que cette étude environnementale est réalisée à la suite de l'étude de géotechnique (préalable G2 phase AVP rapport n° C23-17406, pièce n° 1) de juin 2024 par SEMOFI.

NB : Le présent document est la synthèse des informations relatives aux missions confiées par le Département des Bouches-du-Rhône à SEMOFI. Ce document peut revêtir un caractère confidentiel, laissé à l'appréciation du Département des Bouches-du-Rhône. De ce fait, il ne peut être dupliqué que dans son intégralité, avec l'autorisation écrite du Département des Bouches-du-Rhône.

2- Contexte de l'étude

Le Département des Bouches-du-Rhône projette la construction d'un collège sur un site localisé dans la commune de Port-de-Bouc (13).

Le projet prévoit la construction d'un établissement sensible pouvant accueillir 728 élèves. En plus, le site accueillera :

- Un plateau sportif de 2 000 m² ;
- Une grande salle polyvalente ;
- Un parking de 70 places pour le personnel ;
- Cinq logements de fonction dont celui de l'agent d'accueil.

Le projet ne possèdera pas de bâtiment en mitoyenneté immédiate.

Historiquement, le site était occupé par un terrain naturel et/ou agricole sans usage, puis une pineraie jusqu'à aujourd'hui (sans usage particulier).

Au regard du faible risque de contamination en lien avec ces usages, le Département des Bouches-du-Rhône a souhaité lever le doute sur d'éventuels risques de contamination sous la forme d'une mission LEVE.

Remarques : Un collège correspond à un établissement accueillant des populations dites sensibles au sens de la circulaire ministérielle du 8 février 2007.

La circulaire du 8 février 2007 concernant l'implantation sur des sols pollués des établissements accueillant des populations sensibles indique que **la construction de ces établissements doit être évitée sur les sites pollués**, notamment lorsqu'il s'agit d'anciens sites industriels.

A ce titre, une attention particulière sera porter à cette circulaire dans le cadre de la présente étude.

Objectifs de l'étude :

Cette étude s'inscrit dans une démarche d'identification des risques dont la finalité est de :

- Vérifier les éventuels risques de contamination du sous-sol en lien avec les usages historiques et actuels du site ;
- Savoir si le site relève ou non de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués ;
- Statuer si le site rentre dans le champ d'application de la circulaire du 8 février 2007.

3- Définition de la zone d'étude

La zone d'étude est localisée dans la partie nord de la commune de Port-de-Bouc (13), dans le département des Bouches-du-Rhône en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Le site d'étude correspond à une pineraie.

Nous vous présentons ci-dessous une fiche de présentation de la zone d'étude.

Fiche caractéristique de la zone d'étude	
Commune	Port-de-Bouc (13)
Adresse	Angle de l'avenue de la Provence et du chemin des termes
Parcelle cadastrale	N°1 & 44 de la section AP
Superficie de la zone d'étude	16 000 m²
Adresse planimétrique (RGF93 Lambert 93)	X : 861 779, 51 / Y : 6 460 113,4 m
Topographie	Dénivelé significatif en direction du sud-est avec une altimétrie comprise entre + 58 et + 50 m NGF

Tableau 1 : Fiche de présentation de la zone d'étude

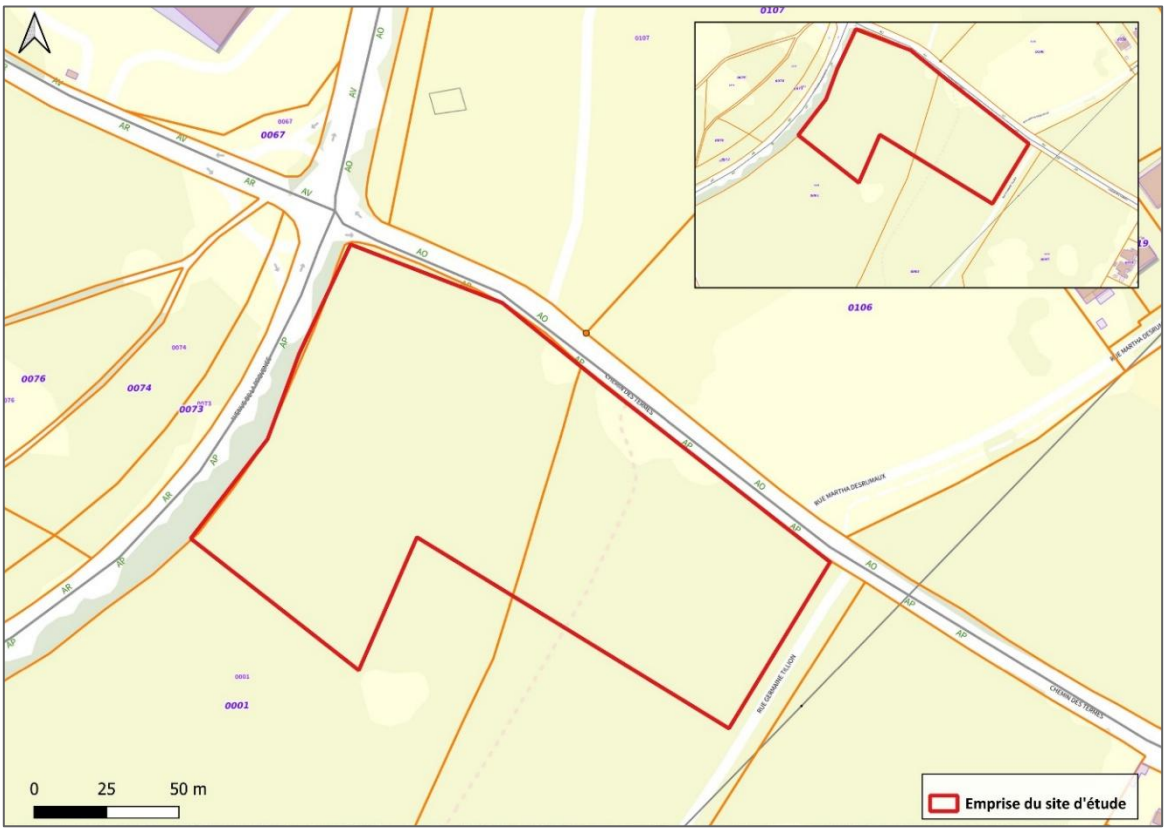


Figure 1 : Plan de localisation du terrain d'étude sur fond de plan IGN et extrait cadastral
(Source : www.geoportail.gouv.fr)

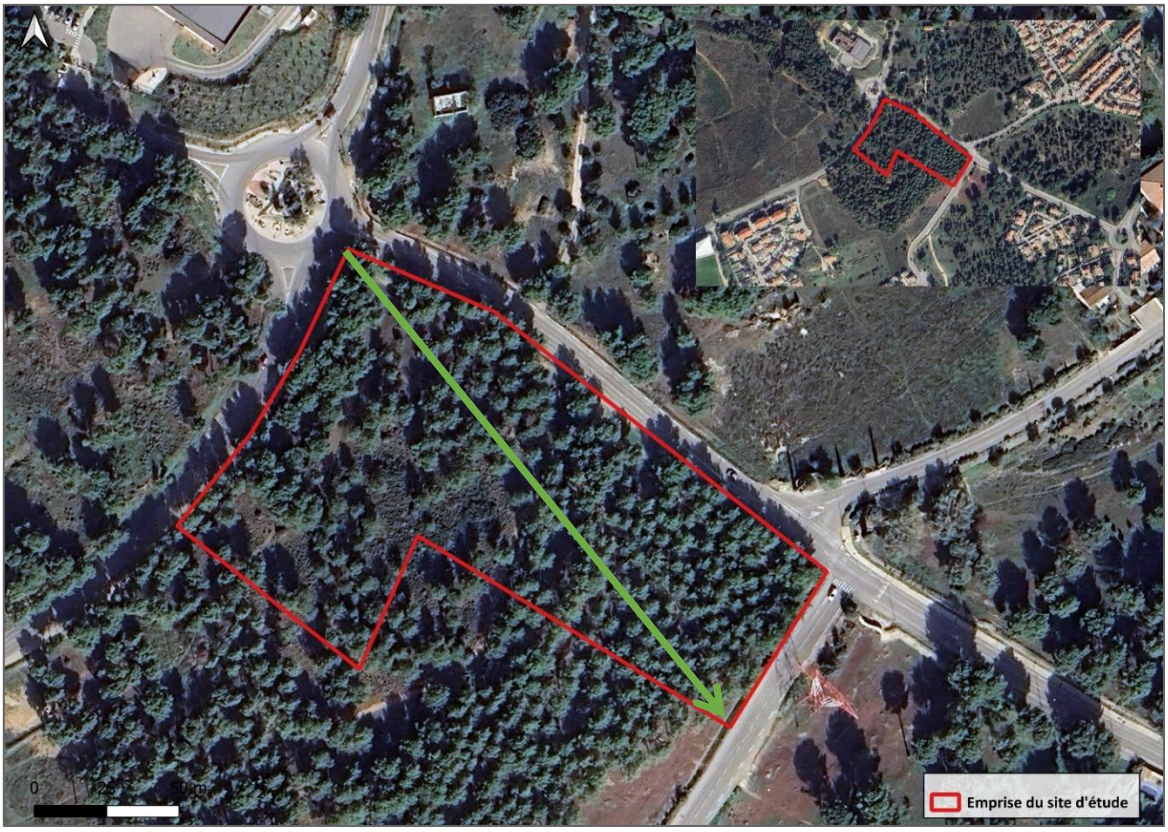


Figure 2 : Cliché aérien du terrain d'étude
(Source : www.geoportail.gouv.fr)

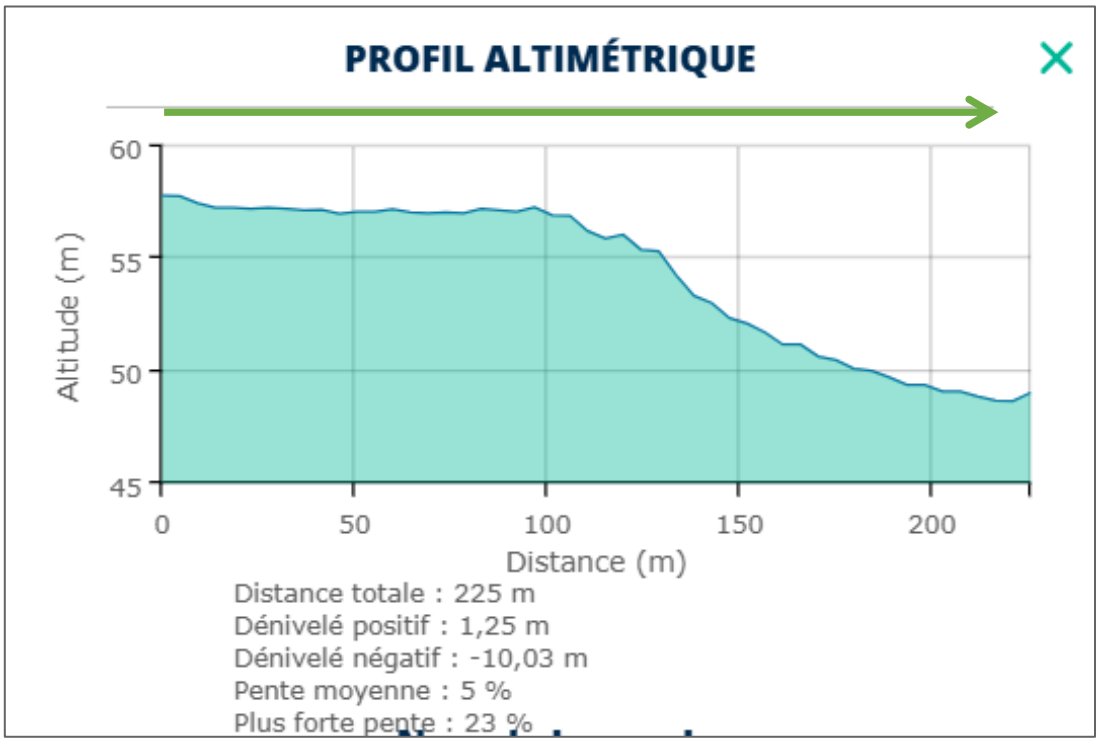


Figure 3 : Profil altimétrique illustrant le dénivelé du site
(Source : www.geoportail.gouv.fr)

4- Méthodologie générale

Dans le cadre de la sécurisation de son projet de construction, le Département des Bouches-du-Rhône a souhaité la réalisation d'une mission de levée de doute.

Pour répondre aux attentes du Département des Bouches-du-Rhône, notre méthodologie de travail se fonde :

- **Sur la note en date du 19 avril 2017** : Mise à jour des textes méthodologique de gestion des sites et sols pollués de 2007 (Réf. NOR : DEVP1708766N) établie par le ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, en charge des relations internationales sur le climat ;
- **Sur les exigences de la norme NF X 31-620-2** de décembre 2021 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » ;

Dans le cas présent, notre mission porte sur les prestations globales et élémentaires suivantes :

- **LEVE** : Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués :
  - **A100** : Visite de site ;
  - **A110** : Etudes historique, documentaire et mémorielle.

Notre démarche s'appuie sur notre propre expérience qui se veut sécuritaire mais pragmatique pour répondre aux besoins du Département des Bouches-du-Rhône.

Etape 1 - Contexte historique du site ;

Etape 2 - Visite de site ;

Etape 3 - Evaluation des risques de pollution ;

Etape 4 - Résumé technique - Conclusions.

5- Contexte historique du site

Le principal objectif des recherches historiques est de rassembler le maximum d'informations afin d'identifier les éventuels usages, activités, stockages, installations, etc. historiques réalisés sur le site ou ses environs et ayant pu avoir un impact sur la qualité du milieu souterrain au droit du site.

Les recherches permettent également de mettre en évidence l'évolution administrative du terrain (activités classées, etc.).

Le début de l'industrialisation en France datant du 19ème siècle, nous avons donc considéré que les principaux risques de contamination du milieu souterrain peuvent prendre leur origine à partir de cette période jusqu'à aujourd'hui.

Ainsi, les recherches sont effectuées en consultant les documents permettant d'apporter une information en ce sens.

Pour cela, les informations de cette étude ont été recueillies par la consultation :

- Des cartes de Cassini (1756), de l'Etat-Major (1820-1866) et de la Carte IGN 1950 ;
- Des données disponibles sur le site internet www.geoportail.gouv.fr ;
- Des bases de données publiques relatives aux sites et sols pollués (CASIAS ex BASOL, SIS, ICPE) ;
- De la base de données du service des Installations Classées de la Préfecture des Bouches-du-Rhône (13) ;
- Des informations issues de la visite de site.

5.1- Usage des sols au 18ème,19ème et 20ème siècle

Les cartes anciennes permettent d'obtenir des informations historiques concernant la présence de constructions, certains usages des sols (cultures, etc.), la présence de carrières, d'espaces naturels, etc.

Les anciennes cartes suivantes ont été consultées :

- La carte de Cassini (1756) ;
- La carte de l'Etat-Major (1820-1866) ;
- La carte IGN de 1950.

D'après la carte de Cassini, au 18ème siècle, le terrain d'étude se trouve partiellement sur une zone à vocation viticole ; Aucune construction n'est présente dans l'environnement immédiat du site d'étude.

D'après la carte de l'État-Major, au 19ème siècle, le site correspond également à des terrains agricoles avec la présence de quelques habitations ou corps de ferme aux alentours.

Au 20ème siècle, d'après la carte IGN. Le site d'étude correspond partiellement à un terrain boisé. L'actuelle route en limite nord du site était déjà présente. L'environnement du site correspond à des terrains agricoles et est très peu urbanisé.

La consultation des cartes anciennes montre **l'absence de bâtiments au droit du site. L'occupation historique du site correspond à une zone à vocation viticole puis un terrain boisé.**

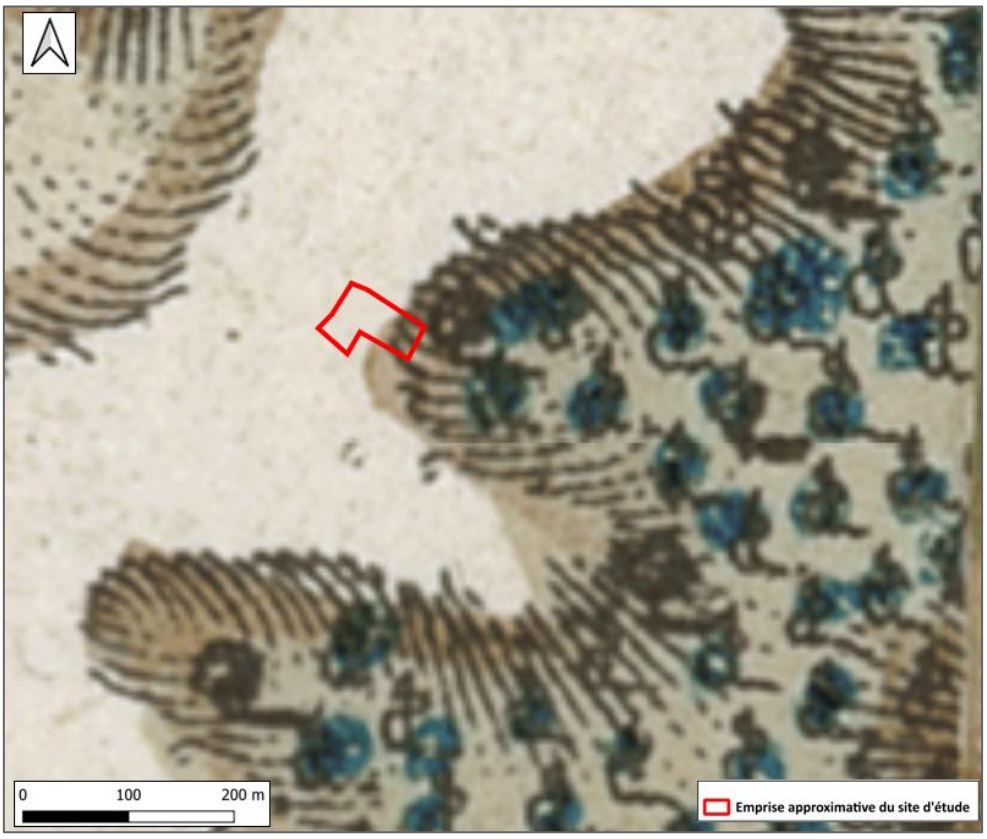


Figure 4 : Extrait de la carte de Cassini

(Source : Carte anciennes via Géoportail)



Figure 5 : Extrait de la carte de l'état-major

(Source : Carte anciennes via Géoportail)

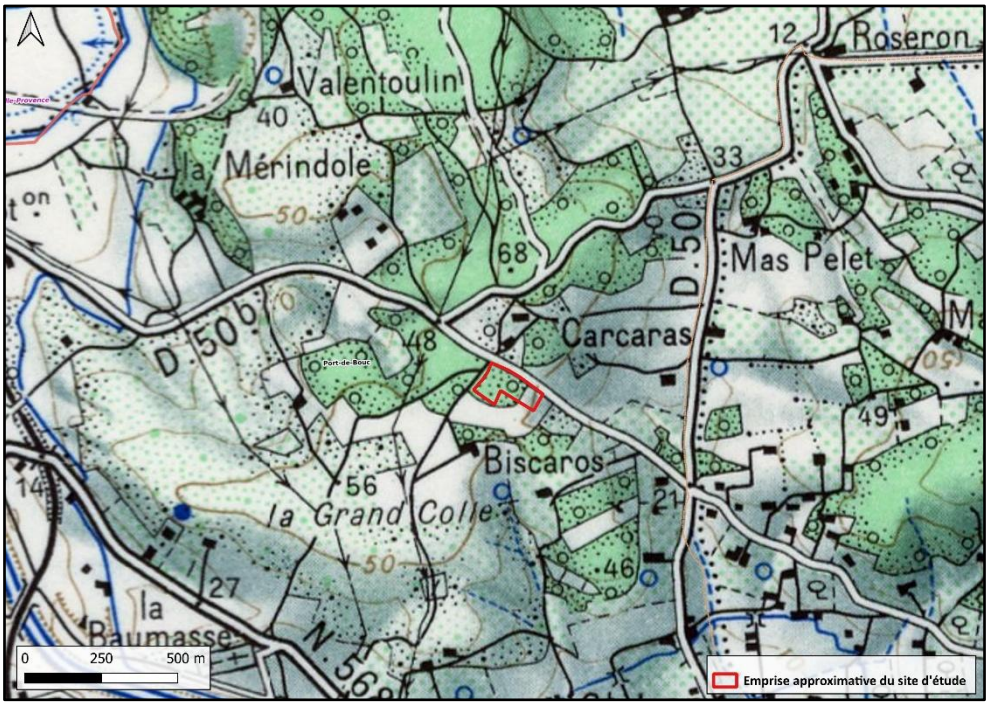


Figure 6 : Carte IGN 1950

(Source : Carte anciennes via Géoportail)

5.2- Consultation des photographies aériennes

Dans le cadre de cette étude, les photographies aériennes les plus récentes (2006 à 2022) ont été examinées sur le logiciel Google Earth. Les photographies plus anciennes (jusqu'en 2014) ont été consultées sur le site Internet Remonter le temps de l'IGN (www.remonterletemps.ign.fr) pour les années suivantes : 1934, 1945, 1955, 1964, 1973, 1979, 1983, 1987, 1991, 1996, 2003, 2006, 2009, 2011, 2014, 2016 à 2022.

- **Etude des clichés au droit du terrain d'étude** :

A l'échelle du secteur d'étude, les photographies aériennes indiquent occupation boisée de la partie amont et une occupation agricole de la partie aval du site entre *a minima* 1947 et 1996.

A partir de 1996, le site d'étude qui était jusque-là partiellement boisé est recouvert en totalité par un boisement.

Depuis, l'occupation de la parcelle ne semble pas avoir évoluée significativement, la végétation s'y est cependant développée.

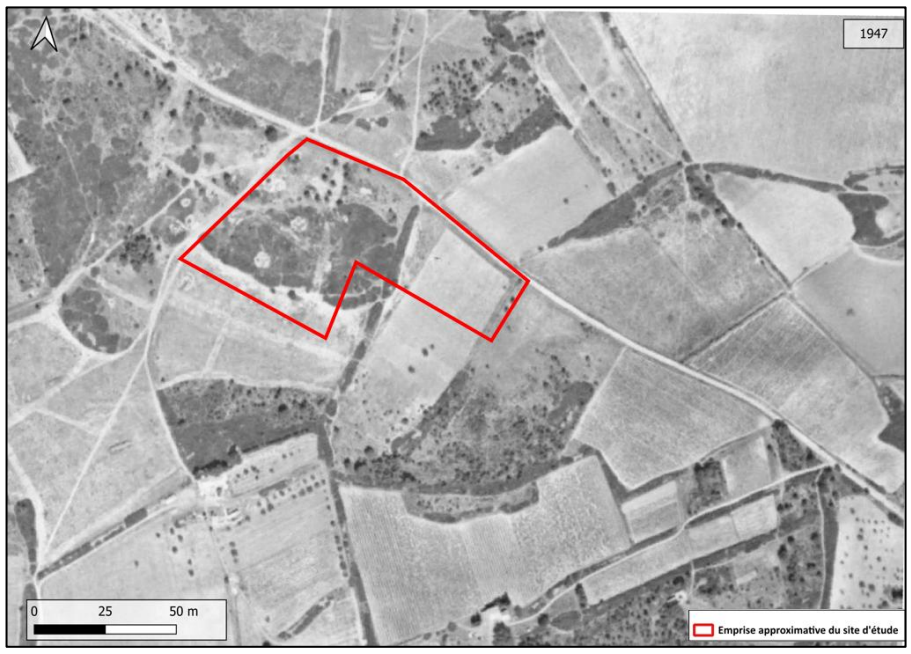
- **Etude des clichés sur le secteur** :

Similairement, l'environnement immédiat du site d'étude majoritairement agricole au moins jusqu'en 1966.

L'aménagement du secteur a commencé dans les années 1975, avec l'apparition des progressivement de bâtiments et routes. Ce développement a continué jusqu'en 2010 (avec la construction d'un rond-point au nord-ouest du site). Les constructions présentes aux alentours du site étaient déjà présentes en 1975.

*****

Nous vous présentons en pages suivantes les photographies aériennes les plus pertinentes dans le cadre de cette étude.



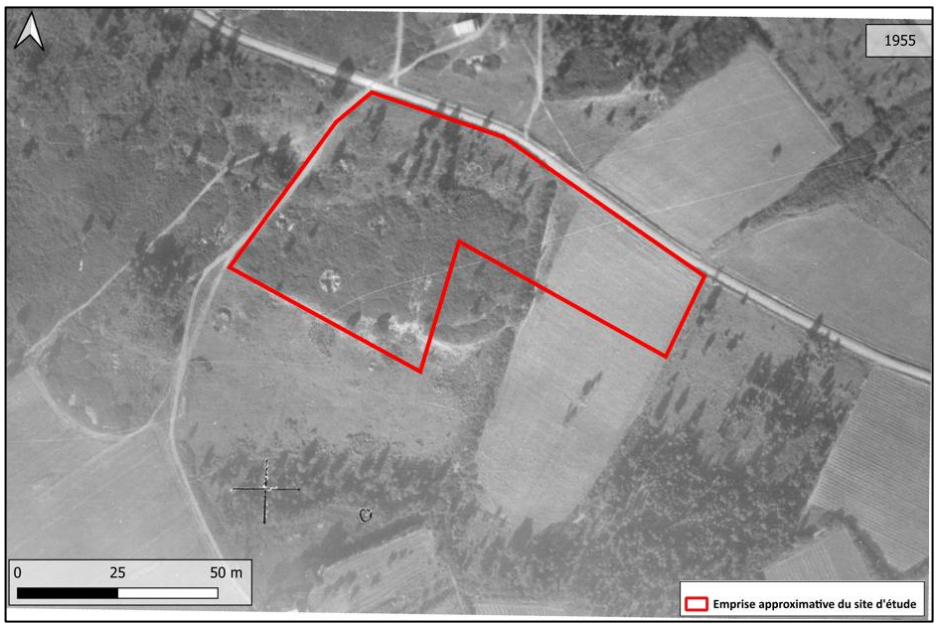










Figure 7 : Photographies aériennes du site

(Sources : Remonter le temps et Google Earth)

5.3- Consultation des bases de données

Dans le cadre de cette étude, nous avons consulté les bases de données (BASOL et BASIAS) du Ministère en charge de l'Environnement afin de déterminer si le terrain a accueilli par le passé des activités qui auraient pu être à l'origine d'une contamination des sols.

La consultation des différentes bases de données a été effectuée en février 2025.

5.3.1- BASIAS/CASIAS

En décembre 2021, les données constituant BASIAS, Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service, ont été consolidées au sein d'un nouveau système informatique de gestion de sites et sols (potentiellement) pollués, en cohérence avec les données techniques et règlementaires gérées dans ce domaine par les services de l'Etat.

A travers cette opération, les sites répertoriés dans BASIAS ont été intégrés dans le système d'information géographique constitué par la CASIAS, Carte des anciens Sites Industriels et Activités de Services.

En application des articles L125-6 et R125-48 du code de l'environnement, cette opération permet à l'Etat de répondre à son obligation de publier, au regard des informations dont il dispose, une carte des anciens sites industriels et activités de services.

Cet inventaire historique a pour objectif de conserver la mémoire des sites industriels et des activités de service en France.

La recherche a été effectuée :

- En téléchargeant la base de données des sites référencés sur la commune ; cette étape a permis de réaliser un premier tri ;
- En interrogeant la couche cartographique de cette base de données.

Nous avons réalisé l'export des sites BASIAS pour le département des Bouches-du-Rhône puis filtré sur la commune de Port-de-Bouc (13).

Les résultats de cette recherche indiquent l'absence de site BASIAS à l'adresse du terrain d'étude.

En complément de la recherche par la liste, nous avons également contrôlé la présence de site sur le terrain d'étude par le biais de la cartographie CASIAS disponible sur le site internet www.georisques.gouv.fr.

Les recherches cartographiques montrent également l'**absence de site BASIAS sur le terrain d'étude**.

Nous retiendrons par ailleurs **l'absence de site BASIAS à proximité immédiate du site.**



Figure 8 : Localisation des anciens sites industriels et activités de services

(Source : Géorisques)

5.3.1- Ex-BASOL

L'Information de l'administration concernant une pollution suspectée ou avérée correspond aux sites et sols pollués ou potentiellement pollués nécessitant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif, connus de l'Etat. Il s'agit d'un nouveau système d'information, reprenant les informations contenues dans la base de données BASOL. Le développement de cette nouvelle cartographie permet de localiser les sites et sols pollués ou potentiellement pollués nécessitant une action des pouvoirs publics.

Nous avons recherché d'éventuels sites recensés ex-BASOL pour la commune (Port-de-Bouc) où est localisé le terrain d'étude à partir de la base de données disponible sur le site internet www.georisques.gouv.fr.

La consultation de cette base de données indique **l'absence de site BASOL recensé au droit et à proximité du site d'étude.** Le site le plus proche se trouve à 1,5 km au sud-est.

A ce titre, **il n'est pas attendu d'incidence des sites Ex-BASOL dans l'environnement sur la qualité du milieu souterrain au droit du site d'étude.**

Un extrait de la cartographie représentant les sites appelant une action des pouvoirs publics est présenté en page suivante.



Figure 9 : Localisation des sites appelant une action des pouvoirs publics

(Source : Géorisques)

5.3.1- Secteurs d'Informations sur les Sols (SIS)

En application de la loi ALUR (loi n°2014-366 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové) article 173 en date du 24 mars 2014, il était prévu que l'Etat élabore des Secteurs d'Information sur les Sols (SIS) qui seront annexés au Plan Local d'Urbanisme.

Au regard des informations dont il dispose, l'Etat élabore ces SIS qui comprennent « les terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publiques et l'environnement ».

Nous avons recherché d'éventuels sites recensés SIS pour la commune où est localisé le site d'étude à partir de la base de données disponible que le site internet www.georisques.gouv.fr et plus particulièrement sur la cartographie SIS.

La cartographie indique l'absence de SIS au droit et à proximité immédiate du site d'étude.

De ce fait, nous retiendrons **l'absence de SIS sur le terrain d'étude.**

Il n'est également pas attendu d'incidence d'un SIS dans l'environnement sur la qualité du milieu souterrain au droit du terrain.

5.4- Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

D'après les données issues de la base de données des ICPE disponible sur le site Internet Géorisques (recensement des ICPE soumises à autorisation et/ou enregistrement).

La consultation de cette base de données **a mis en évidence l'absence de site ICPE (ou anciennement ICPE) soumis à enregistrement ou à autorisation sur le terrain d'étude.**

La cartographie des ICPE (disponible sur Géorisques) référence une ICPE (sous régime d'enregistrement) à moins de 50 m au sud du site d'étude.

D'après nos recherches, il s'agit la société SPIM qui serait en réalité localisée à la *ZI La Grand'Colle au 41, avenue Auguste Peyre, 13110 Port-de-Bouc ;* Ce qui est plutôt cohérent avec l'analyse des cartes anciennes et clichés aériens.

De ce fait, **nous retiendrons l'absence de site ICPE à proximité immédiate de site d'étude**

Un extrait de la cartographie représentant les sites soumis à la réglementation des ICPE est présenté ci-dessous.

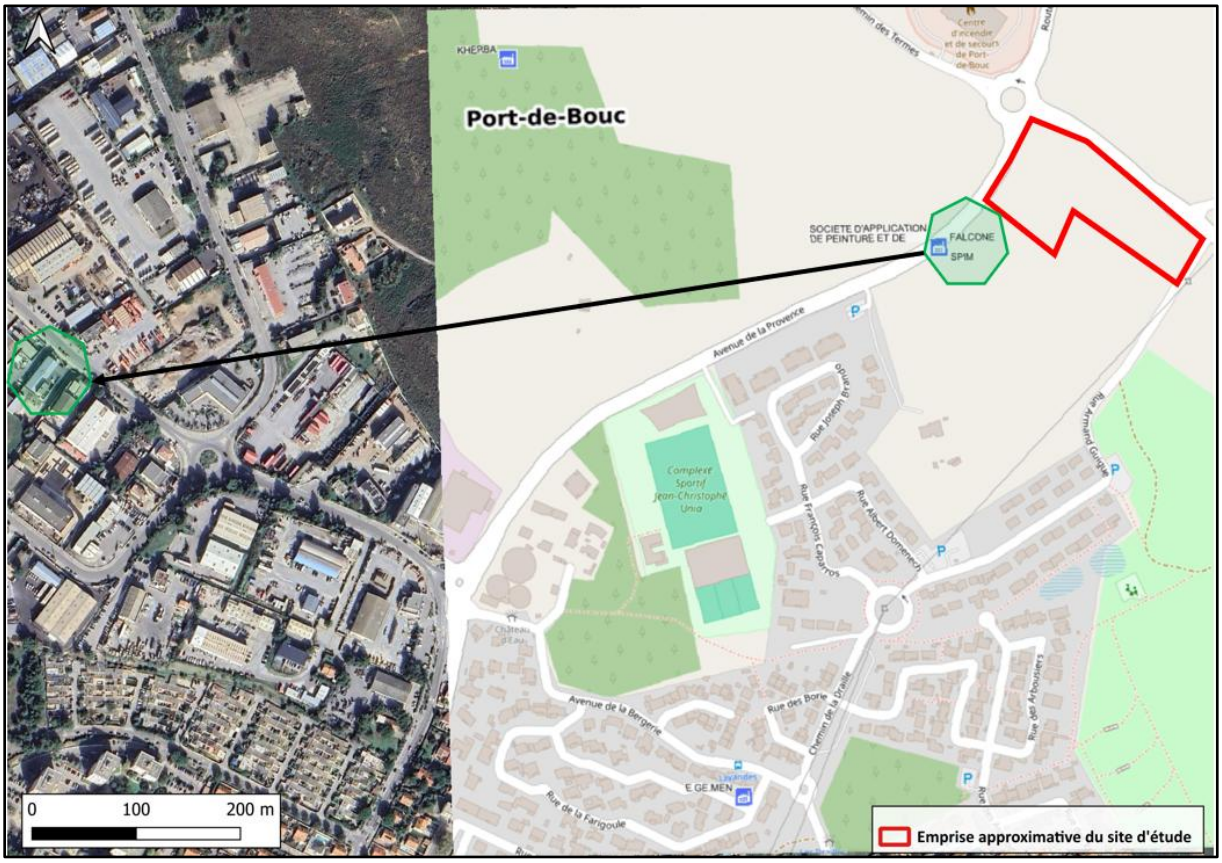


Figure 10 : Localisation des Installations classées

(Source : Géorisques)

De plus, dans le cadre de la collecte d'informations pour l'étude historique et documentaire, la liste des installations classées des Bouches-du-Rhône (date de mise à jour n'est pas indiquée) a été consultée afin d'obtenir des informations sur l'existence d'une ICPE soumise à déclaration au droit de notre site d'étude.

Aucune ICPE n'est référencée à l'adresse du site d'étude.

5.5- Accidents/incidents recensés

La base de données ARIA (analyse, Recherche et Informations sur les Accidents) répertorie les incidents, accidents ou presque accidents qui ont porté, ou auraient pu porter atteinte à la santé ou à la sécurité publique ou à l'environnement.

A noter que la base de données ARIA n'a pas l'ambition d'être exhaustive. De ce fait, seuls les accidents/incidents/presque accidents qui concourent à valoriser le retour d'expérience comme outil de prévention et de réduction du risque sont capitalisés dans ARIA.

Nous avons effectué une recherche sur cette base de données en appliquant les filtres sur le pays (France), la région (Provence-Alpes-Côte-d'Azur), le département (Bouches-du-Rhône) et la commune de Port-de-Bouc (13).

Plusieurs accidents ont eu lieu sur la commune de Port-de-Bouc (13). Les accidents relevés sur cette commune ne semblent pas avoir de lien avec le site d'étude.

De ce fait, il est retenu l'absence d'accident, presque accident ou incident pour le site d'étude.

5.6- Recherches de carrières sur le secteur

Selon la base de données du BRGM disponible sur le site internet www.infoterre.brgm.fr, le site ne semble pas avoir fait l'objet d'une exploitation, en cohérence avec les photographies aériennes historiques du site.

De ce fait, nous retiendrons que **le terrain d'étude n'a pas fait l'objet d'une exploitation de type carrière par le passé.**

5.7- Epandages de boues

Dans la mesure où le site d'étude correspond actuellement à une pineraie sans usage, anciennement occupé par un espace naturel sans usage et partiellement par un terrain agricole (Viticole ? sylviculture ?), ce dernier n'est vraisemblablement pas concerné par la problématique des épandages de boues.

A ce titre, nous ne retiendrons pas de risque de contamination en lien avec d'éventuelles pratiques d'épandages de boues ou de l'utilisation de produits phytosanitaires.

5.8- Synthèse des informations historiques

En considérant l'ensemble des informations issues des recherches historiques, mémorielles et documentaires et de la visite de site, **nous ne retiendrons pas de risques significatifs de pollution sur le site.**

Aucun élément n'indique la présence d'une ancienne activité polluante, à fortiori à caractère industriel.

Par ailleurs, le site n'est pas référencé dans les bases de données du ministère (CAISAS, ex-BASOL) et n'a pas accueilli d'installation classé par le passé.

6- Visite de site

Le site a fait l'objet d'une visite de site le 7/03/2025 par Demartial OTOUMOU, ingénieur spécialisé en sites et sols pollués de SEMOFI.

Les fiches de synthèse de la visite de site et de ses environs sont présentées en **ANNEXE 1.**

6.1- Visite du terrain d'étude

Les constats sur site sont cohérents avec les informations collectées lors de l'étude historique et documentaire.

Le site d'étude est défini comme une pineraie. Le terrain d'étude est partiellement enherbé avec quelques petits arbustes.

Aucun indice de remaniement des sols superficiels n'a été observé (absence de remblais) ; Par ailleurs, la description lithologique illustrée dans l'étude géotechnique réalisée en juin 2024 (réf : 17406), ne met pas en évidence la présence de remblais sur site.

En outre, il n'a pas été identifié sur site de signe/indice de décharge sauvage ni d'occupation illégale qui pourrait dégrader la qualité chimique des sols

Trois piézomètres (capots hors-sol) sont présents sur le site. Ils n'ont pas fait l'objet de mesure.

Le suivi piézométrique réalisé dans le cadre de l'étude géotechnique a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- PZ1 (amont du niveau semi-enterré) : les variations sont très faibles (entre 50,3 et 50,7 m NGF, ponctuellement à 51,1 m NGF en début de suivi) et les niveaux d'eau réagissent peu aux précipitations, excepté après les très fortes pluies du 09/03/2024 (40.6 mm enregistré à la station météo d'Istres) où les niveaux d'eau sont situés au-dessus de 54 m NGF (circulations peu profondes ou de surface captées par le piézomètre et s'infiltrant difficilement) ;
- PZ2 (aval du niveau semi-enterré) : cet ouvrage a principalement été retrouvé sec à 50,8 m NGF. Des circulations d'eau ont été observées après de fortes précipitations. Les eaux se sont infiltrées lentement dans le piézomètre pour être sec de nouveau ;
- PZ3 (amont du niveau semi-enterré) : après réalisation et vidange de l'ouvrage en août 2023, le niveau d'eau mesuré à mis plus de 3 mois pour atteindre le niveau d'eau de l'ouvrage PZ1 observé à proximité, témoignant d'une faible réalimentation et de faibles perméabilités.

En synthèse, nous retiendrons l'**absence de risque significatif à l'issue de la visite de site**.







Figure 11 : Photographies de la visite de site

(Clichés : SEMOFI - mars 2025)

En synthèse, nous retiendrons l'**absence de risque significatif à l'issue de la visite de site**.

6.2- Visite des environs du terrain d'étude

Le contrôle des usages des environs du site d'étude a été effectué depuis la voie publique jusqu'à une distance de 100 m autour du périmètre du site.

Actuellement, la zone d'étude est localisée dans un environnement rural constitué de maisons individuelles et leurs jardins. Des espaces boisés, vergers et larges jardins sont également présents dans l'environnement proche.

On distingue les habitations historiques présentes depuis au moins le début du XXème siècle du site et leur jardin qui jouxtent le site à l'est et des pavillons aménagés au sein de lotissements plus récents au nord et à l'est.

Les observations faites autour du site sont cohérentes avec l'examen des clichés aériens récents.

Lors de cette visite, il n'a pas été constaté la présence de puit privé dans ce rayon de 100 m autour du site.

La visite de l'environnement du site **a mis en évidence l'absence de risque significatif de contamination du milieu souterrain.**

6.3- Mise en sécurité du site

La visite de site a mis en évidence l'absence de risque immédiat de pollution. De ce fait, **le site n'a pas nécessité de mise en sécurité particulière vis-à-vis de la problématique des sites et sols pollués**.

7- Evaluation des risques de pollution

En considérant l'ensemble des informations issues des recherches historiques et de la visite de site, **nous ne retiendrons pas de risque significatif de pollution sur le site.**

En effet, il apparait que le site :

- N'a jamais accueilli d'activités industrielles ou de service susceptible de générer une pollution ;
- N'a jamais fait l'objet de pratique susceptible de générer une pollution comme les dépôts de déchets, apport de remblais et zone d'épandage.

De ce fait, le site ne relève pas de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Par conséquent, l'implantation d'un établissement accueillant des populations dites sensibles sur ce site ne s'oppose pas au sens de la circulaire ministérielle du 8 février 2007.

En l'absence de risque de pollution, il n'apparait pas nécessaire de procéder à des investigations.

Concernant la gestion des terres excavées, s'il existe des déblais excédentaires qu'il n'est pas possible de valoriser sur site ou hors site, les terres qui seront excavées seront considérées comme provenant d'un site ordinaire (non contaminé).

A ce titre, elles correspondent à la nomenclature de l'annexe I de l'arrêté du 12 décembre 2014, et plus particulièrement au code déchet : 17 05 04 : Terres et cailloux ne contenant pas de substances dangereuses à l'exclusion de la terre végétale, de la tourbe et cailloux provenant de sites contaminés.

Cette nomenclature correspond à la liste des déchets admissibles dans les installations de stockage visées par le présent arrêté sans réalisation de la procédure d'acceptation préalable.

Ainsi, **les terres qui seront générés dans le cadre de terrassements préparatoires peuvent théoriquement être évacuées en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI)**.

Cependant, en pratique il est possible que les gestionnaires des filières demandent des analyses sur les sols. Dans cas, il sera nécessaire de caractériser la qualité des sols et les filières d'évacuation associées.

8- Résumé technique - Conclusions

Le Département des Bouches-du-Rhône projette la construction d'un collège (capacité d'accueil de 728 élèves) sur un site localisé sur la commune de Port-de-Bouc (13).

Le site correspond actuellement à une pineraie sans usage, anciennement occupé par un espace naturel sans usage et partiellement par un terrain agricole.

Dans ce cadre, et afin de sécuriser son projet de construction, le Département des Bouches-du-Rhône a souhaité la réalisation d'une mission de type LEVE pour identifier notamment les potentiels risques de contamination sur le site.

La mission de LEVE comprend les missions suivantes :

- Une étude historique ;
- Une visite de site.

L'étude historique a permis de vérifier l'absence d'usage à risque sur le site. En effet, le site correspond à un espace naturel sans usage et/ou usage agricole (1947-1970) puis pineraie depuis au moins 1996 jusqu'à ce jour.

Par ailleurs, son environnement immédiat présente un usage agricole puis résidentiel.

Nous retiendrons plus particulièrement l'absence d'activités industrielles lourdes sur le site et dans les alentours.

La visite de site a permis de vérifier l'absence d'occupation du site. Il n'a pas été identifié d'éléments suggérant un risque significatif de contamination sur le site.

Le site ne relève pas de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Par conséquent, l'implantation d'un établissement accueillant des populations dites sensibles sur ce site ne s'oppose pas au sens de la circulaire ministérielle du 8 février 2007

En l'absence de risque de pollution, il n'apparait pas nécessaire de procéder à des investigations.

Concernant la gestion de déblais, il est recommandé au Département des Bouches-du-Rhône d'étudier la possibilité de valorisation des terres hors site dans le cadre des travaux de terrassement préparatoire.

ANNEXE 1 Fiches synthétiques de la visite de site et de ses environs

SÉMOFI — *Fiche de visite de site – Site agricole*

Identification du projet		
Client : DEPARTEMENT DES BOUCHES DU RHONE.	**Lieu (Dép.) :** Port-de-Bouc	**N° Projet :** 174006

Cadre de la visite	
Auteur : BERMARTIAL OTOUMOU	**Organisme :** SEMOFI
Accompagnateur : (organisme / fonction)	/
Date(s) :	7/03/25

Localisation/identification du terrain visité

Adresse : Avenue de la Provence et du Chemin des Termes

Parcelle(s) cadastrale(s) : N° 1 et 44 de la section AP

Correspondance du site : ☒ Ensemble du site ☐ Partielle : partie .....

Usage du terrain visité

☐ Cultures ☐ Prairie ☐ Autre : Boisement de Pins

Description du terrain :

Terrain recouvert de boisement de pins, partiellement enherbé

Présence de quelques déchets

Absence manifeste de contamination

☐ Puits agricole : localisation .....

Informations historiques/actuelles

Propriétaire(s) : (années) /

Exploitant(s) : (années) /

Type de cultures : (années)	site enherbé ↳ boisement de pins
Produits phytosanitaires employés : (années)	
Epandages : (années)	
Réseaux de transport d'énergie :	
Informations historiques :	

Incident/Accident historique

Ouvrages de mesure							
Id.	Localisation	Type	Diamètre	Profondeur du fond d'ouvrage / sol	Profondeur du niveau d'eau / sol	Phase surnageante (épaisseur)	Constat / Remarque
3	ouvrages	piézométriques			non	mesuré	

Observations de l'état des milieux	
Sol :	RAS
Eaux souterraines :	RAS
Eaux superficielles :	infiltration sur site

Air :	RAS
Autre(s) :	RAS
Acessibilité du terrain	
Visite de site :	site accessible en totalité
Investigations de terrain :	RAS
Commentaire général	
	Absence de risque de contamination

Mesure(s) de sécurité à mettre en œuvre :	Sans objet

Plan du terrain visité

