



LA SEYNE SUR MER (83) Etude géotechnique G2 PRO

Rapport n° PR.13GT.25.0057 – 001



Méditerranée

Tour de vigie
Brégaillon

AGENCE DE MARSEILLE

ZA Napollon
410 Avenue de Passe-Temps
13676 AUBAGNE CEDEX

☎ 04.42.03.42.00

✉ marseille@fondasol.fr

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	11/07/2025	29	1 ^{ère} diffusion : sans laboratoire	C. MARTIN	F. ROHR
A					
B					
C					

REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C
1	X				41					81				
2	X				42					82				
3	X				43					83				
4	X				44					84				
5	X				45					85				
6	X				46					86				
7	X				47					87				
8	X				48					88				
9	X				49					89				
10	X				50					90				
11	X				51					91				
12	X				52					92				
13	X				53					93				
14	X				54					94				
15	X				55					95				
16	X				56					96				
17	X				57					97				
18	X				58					98				
19	X				59					99				
20	X				60					100				
21	X				61					101				
22	X				62					102				
23	X				63					103				
24	X				64					104				
25	X				65					105				
26	X				66					106				
27	X				67					107				
28	X				68					108				
29	X				69					109				
30					70					110				
31					71					111				
32					72					112				
33					73					113				
34					74					114				
35					75					115				
36					76					116				
37					77					117				
38					78					118				
39					79					119				
40					80					120				

SOMMAIRE

A.	Présentation de notre mission	4
A.1.	Eléments du contrat	4
A.2.	Mission selon la norme NF P 94-500	4
A.3.	Programme d'investigation	4
A.4.	Normes et documents de référence	5
A.5.	Documents à notre disposition pour cette étude	5
B.	Présentation du site et du projet	6
B.1.	Site	6
B.2.	Enquête documentaire	7
B.3.	Projet	9
B.4.	Descente de charge	9
C.	Synthèse géotechnique	11
C.1.	Lithologie	11
C.2.	Caractéristiques pressiométriques	11
C.3.	Niveaux d'eau	11
C.4.	Laboratoire	12
C.5.	Sismicité	12
D.	Fondations profondes	13
D.1.	Mode de fondation préconisé	13
D.2.	Caractéristiques des micropieux	13
D.3.	Pré-dimensionnement	13
D.3.1.	Remarque préliminaire	13
D.3.2.	Frottement axial unitaire et résistance de pointe	14
D.3.3.	Longueur et capacité portante	14
D.4.	Reprise des efforts horizontaux	14
D.5.	Résistance structurelle de l'armature	15
D.6.	Flambement	16
D.7.	Raccourcissement élastique (μpieux)	16
E.	Dispositions constructives et recommandations de réalisation	17
E.1.	Fondations profondes	17
	ANNEXES	19
1.	Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	20
2.	Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	21
3.	Annexe n° I : Investigations in situ	22

A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1. Eléments du contrat

Maître d'Ouvrage : SID Méditerranée

Devis : SQ.I3GT.25.05.012-A

A.2. Mission selon la norme NF P 94-500

Il s'agit d'une mission de type G2 PRO au sens de la norme NF P 94-500 (Missions Géotechniques Types – Révision Novembre 2013).

Les principaux objectifs de la présente note sont de :

- Réaliser la synthèse géotechnique du site,
- Définir les caractéristiques utiles au dimensionnement,
- Prédimensionner les fondations de l'ouvrage,
- Préconiser les moyens spécifiques de mise en œuvre et/ou de suivi des ouvrages géotechniques

A.3. Programme d'investigation

Il a été réalisé :

- 1 sondage destructif noté SPI, au taillant Ø 64 mm, descendu à 30 m de profondeur et qui a fait l'objet de 20 essais pressiométriques
- 2 sondages au carottier battu notés CBI et CB2, descendus respectivement à 4,2 m (refus) et 3,0 m et qui ont fait l'objet de prélèvement remaniés pour analyse en laboratoire (dont analyse environnementale)
- 1 essai d'identification des sols en laboratoire
- 6 packs ISDI (analyse environnementale)

Remarques :

- Les essais en laboratoire ne sont pas encore réalisés à la date de rédaction du présent indice. Le rapport fera l'objet d'une mise à jour suite à leur réalisation.
- Les conclusions de l'analyse environnementale ne sont pas incluse dans le présent rapport et feront l'objet d'un rapport complémentaire (PR.I3GT.25.0057-002)

Un plan de situation, un plan d'implantation des sondages, les coupes des sondages et les résultats des essais en laboratoire figurent en annexe.

A.4. Normes et documents de référence

- Eurocode 7 – Justification des ouvrages géotechniques,
- Normes d'application nationale de l'Eurocode 7,
 - NF P 94-262 : Fondations profondes, et l'amendement : NF P 94-262/A1,
- Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme :
 - Partie I : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments,
 - Partie 5 : Fondations, ouvrages de soutènement et aspect géotechniques,
- Cahier Technique n°38 (AFPS, Avril 2017) : Guide pour la conception et le dimensionnement des fondations profondes sous actions sismiques des bâtiments à risque normal ;
- Norme NF EN 14199 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Micropieux.

A.5. Documents à notre disposition pour cette étude

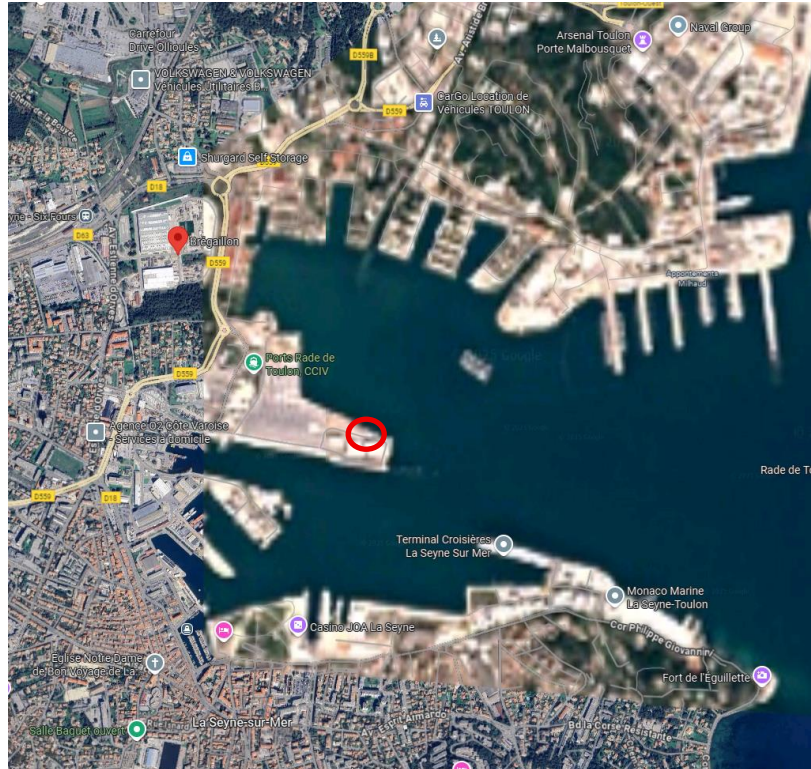
Nous disposons pour cette étude, en plus des éléments fournis à l'époque de la G2 AVP, des documents suivants :

- Plan DOE de la tour (30/06/2023)
- Compte-rendu d'investigation HYDROGEOTECHNIQUE sur 2 zones de la darse (12/08/2016)
- Plan d'implantation de la vigie (05/2025)
- Descente de charge sur micropieux (02/03/2023)

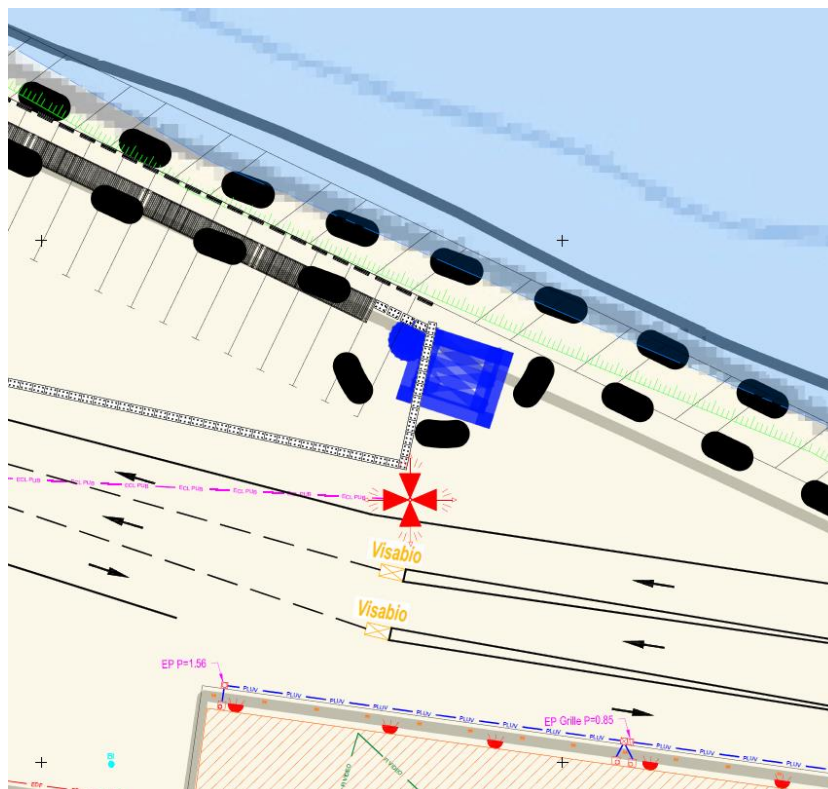
B. PRESENTATION DU SITE ET DU PROJET

B.1. Site

Le projet est situé au Nord de la darse de Brégaillon, sur la commune de La Seyne Sur Mer.



Implantation sur vue aérienne (Google Maps)



Implantation sur plan de réseaux

Il s'agit d'un terrain plat à une côte d'environ 2 NGF, recouvert d'enrobé, servant de parking et de stockages divers.



Vue aérienne de l'emplacement de la vigie peu avant l'intervention

B.2. Enquête documentaire

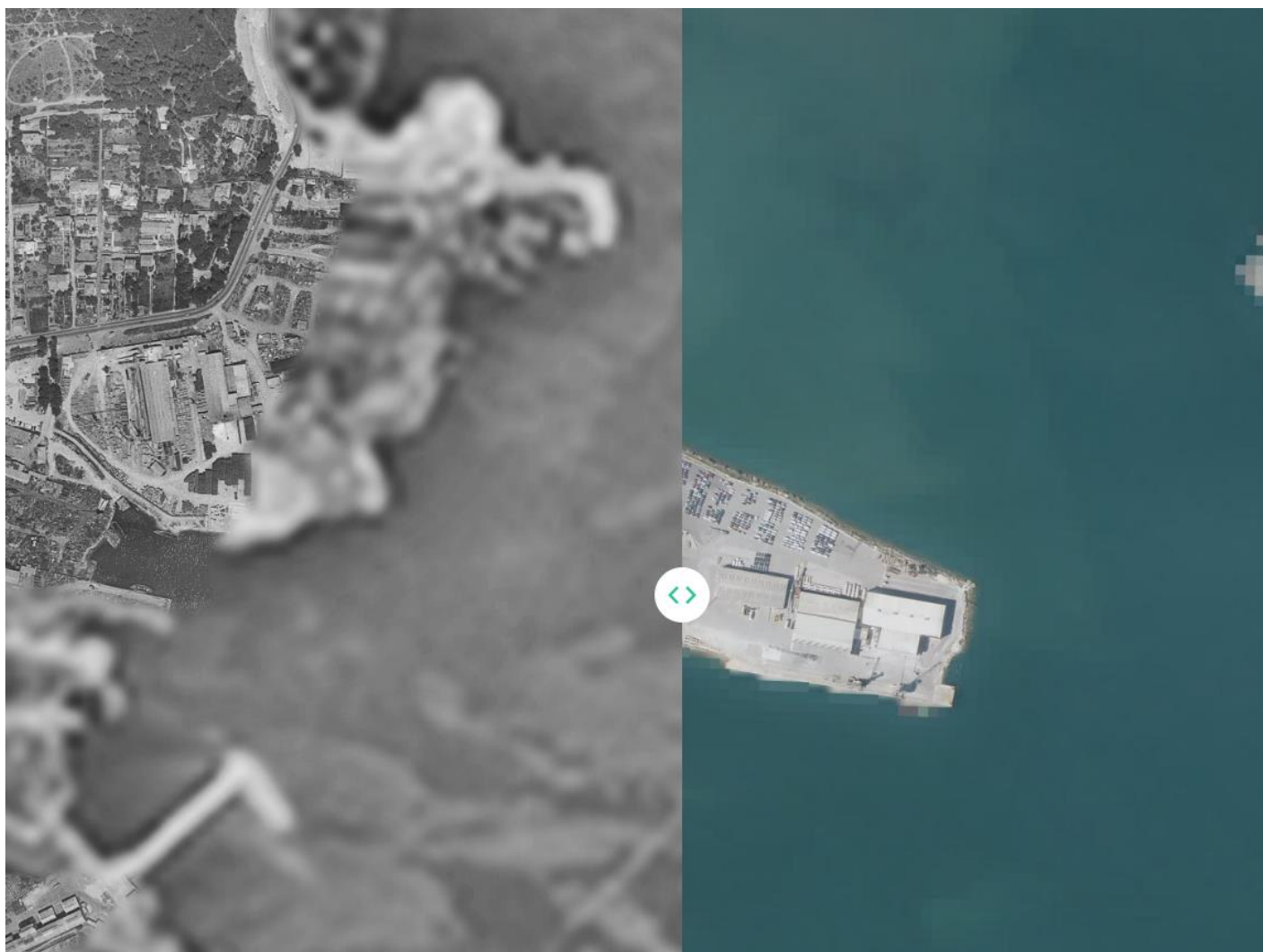
On retiendra :

- Géologie : Vases terrigènes côtières (sous remblais d'aménagement de la darse) sur substratum Permien (Arkose, grès et Pélites)



Extrait de la carte géologique imprimée au 1/50000^{ème} du BRGM (infoterre.brgm.fr)

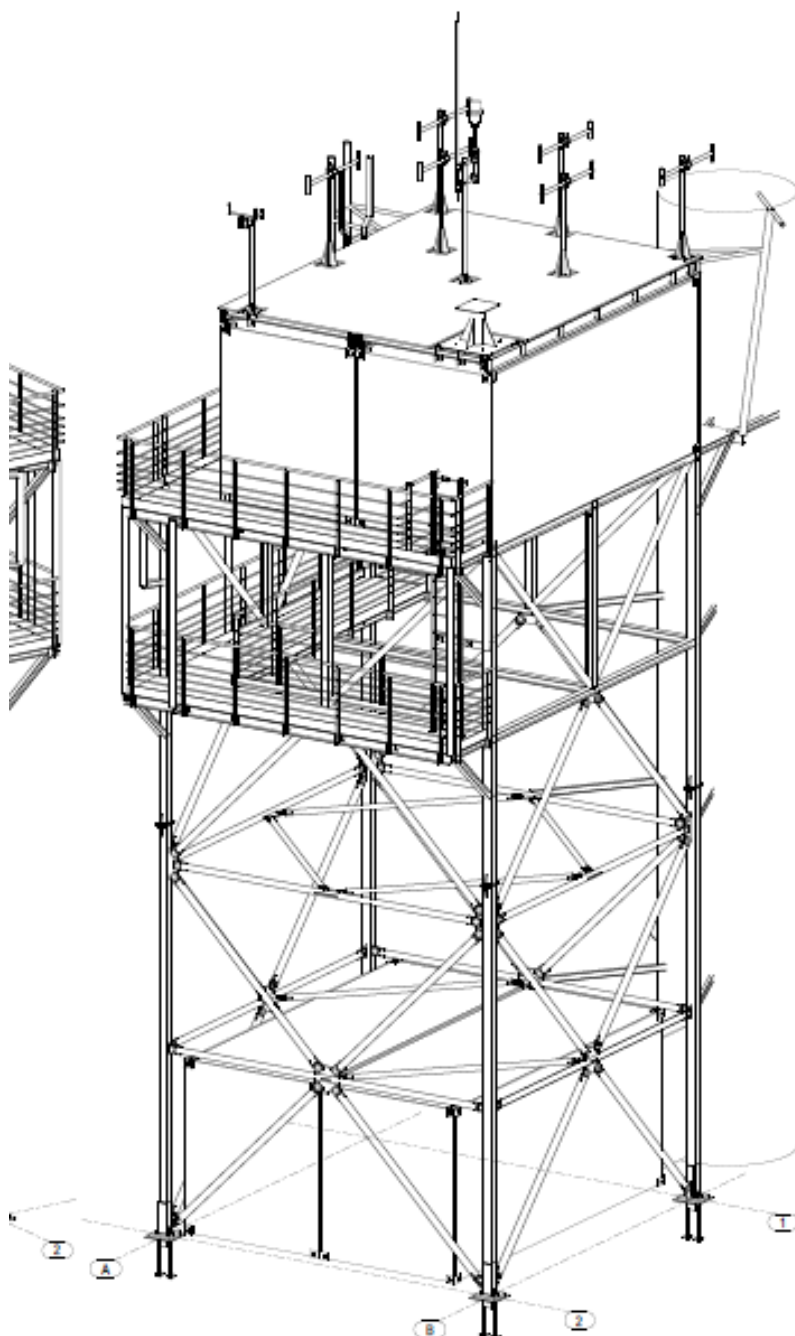
- Retrait-gonflement des argiles :
 - Zone d'aléa moyen selon l'arrêté du 22 juillet 2020
 - Zone soumise à un aléa faible selon la carte du PAC (Porter à Connaissance Communal)
- Inondations :
 - Zone d'enveloppe des inondations potentielles submersion marine de plus d'un hectare
 - Atlas des zones d'inondations (AZI) : site sur le lit majeur ordinaire
 - PAC submersion marine : zone militaire à données topographiques classifiées. A priori, en se basant sur le Sud de la darse, on pourra considérer un aléa faible avec $H < 0,5$ m (H : hauteur d'eau au-dessus du terrain actuel)
- Cavités souterraines et mouvements de terrain : Aucun phénomène recensé à proximité du site
- Sismicité : Zone 2 (faible) selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010
- Historique : Darse réalisée entre 1980 et 2000



Photographies comparatives (remonterletemps.ign.fr) entre la période 1965-1980 (à gauche) et 2000-2005 (à droite)

B.3. Projet

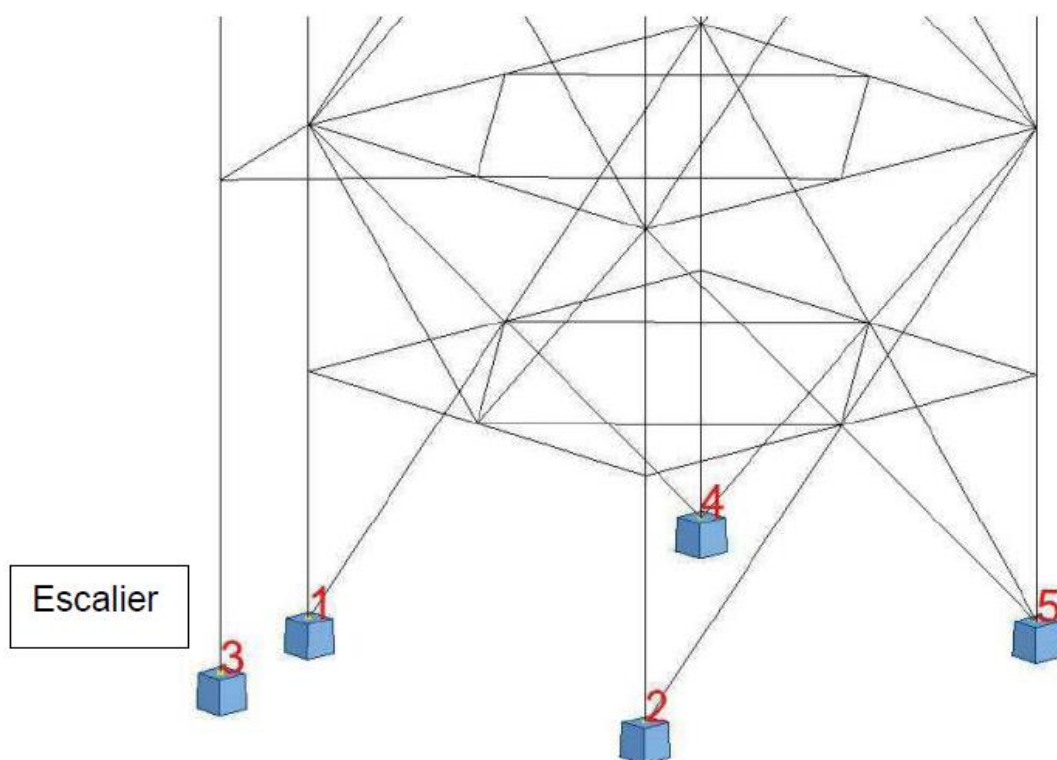
Le projet concerne la mise en place d'une tour de vigie sur 4 pieds, avec un escalier. La tour est existante et sera déplacée depuis son emplacement actuel, à Porquerolles, où elle est fondée sur micropieux.



Extrait des plans DOE de la tour vigie

B.4. Descente de charge

La descente de charge fournie est celle utilisée pour l'installation de la tour à Porquerolles. Elle devra donc être validée/adaptée pour les conditions (de vent notamment) spécifique à son nouveau site de pose.



Repérage des appuis (extrait de la descente de charge)

Les descentes de charge retenues sur les micropieux sont alors les suivantes :

Appui	Combinaison	Effort en tête de micropieu (kN)		
		FV compression	FV traction	FH max
1	ELS QP	116	-	2
	ELS CAR	256	-	102
	ELU FOND	371	-37	154
	ELU SIS	153	-	28
2	ELS QP	95	-	2
	ELS CAR	247	-	102
	ELU FOND	357	-2	154
	ELU SIS	157	-	28
3	ELS QP	63	-	2
	ELS CAR	111	-	102
	ELU FOND	157	-	154
	ELU SIS	87	-	28
4	ELS QP	99	-	2
	ELS CAR	343	-69	102
	ELU FOND	500	-152	154
	ELU SIS	182	-	28
5	ELS QP	97	-	2
	ELS CAR	335	-70	102
	ELU FOND	488	-154	154
	ELU SIS	177	-	28

C. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

C.1. Lithologie

Les sondages ont permis de reconnaître des terrains constitués par :

- Le corps de digue :
 - Enrobé gris sombre de 5 à 8 cm sur l'ensemble de nos sondages
 - Une dalle béton de 12 cm, rencontré en CBI uniquement
 - Des **sables graveleux** marron, rencontrés jusqu'à 0,6 m/TA (niveau du Terrain Actuel) sur l'ensemble de nos sondages (couche de forme probable)
 - Des **limons** argileux à morceaux de briques, rencontrées jusqu'à 1,5 m/TA en SPI uniquement.
 - Des **limons** sablo-graveleux gris à noirs, plus ou moins vasards, maintenus par des blocs calcaires et rencontrés jusqu'à la base des sondages CBI (4,6 m/TA) et CB2 (3,0 m/TA) et jusqu'à 11,0 m/TA en SPI
- Des **alluvions** d'argiles graveleuses beiges (à marron plus ou moins orangées en fond de couche), rencontrées jusqu'à 21,0 m/TA en SPI
- Le substratum Permien :
 - Des **marnes gréseuses** marron-orangé à beiges rencontrés jusqu'à 25,0 m/TA en SPI
 - Des **pélites** lie de vin, rencontrées jusqu'à la base du sondage SPI à 30,0 m/TA

C.2. Caractéristiques pressiométriques

D'après les données des sondages, il sera retenu dans le cadre de ce pré-dimensionnement les valeurs suivantes :

	E_M (MPa)	P_f^* (MPa)	P_l^* (MPa)	α
Limons (*)	3	0,2	0,3	2/3
Alluvions	5	0,3	0,5	2/3
Marnes gréseuses	20	1,5	4,0	1/2
Pélites	100	5,0	5,0	1

(*) Les sondages pressiométriques ont été réalisés au pieu sans passe entre 2,5 m et 11,5 m de profondeur. Les valeurs résultantes sont donc surestimées du fait d'un pré-compactage des terrains dû à cette méthode. On retiendra alors des valeurs plus sécuritaires pour cet horizon.

C.3. Niveaux d'eau

Lors de notre intervention, en juillet 2025, il a été relevé un niveau d'eau en fin de forage à 1,4 m/TA (cote de 0,5 à 0,7 NGF environ) pour l'ensemble des sondages.

L'intervention ponctuelle du géotechnicien dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée, ne lui permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, dans la mesure où le niveau d'eau mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à celui relevé à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépendent notamment des conditions météorologiques.

C.4. Laboratoire

A venir

C.5. Sismicité

Le site est en zone de sismicité 2. La classe de sol peut être considérée par extrapolation des sondages comme D. La catégorie sismique de l'ouvrage est considérée comme II (à valider par le maître d'ouvrage). On retiendra alors :

- Justification sous sollicitations sismiques non nécessaires, sauf exigence particulières du maître d'ouvrage
- Risque de liquéfaction non considéré en zone sismique 2
- Accélérations sismiques :

Ouvrage	À risque normal de catégorie d'importance II
Coefficient d'importance γ_i	I
Zone de sismicité	Zone 2
Accélération maximale au rocher agr	0.7 m/s ²
Classe de sol	D
Paramètre de sol S	1.6
Coefficient d'amplification topographique S_T	I
Accélération maximale a_{MAX}	1.12 m/s²

	Accélérations maximales	Limites des spectres de réponse		
		TB	TC	TD
Horizontale	1.12 m/s ²	0.1	0.6	1.5
Verticale	0.9 m/s ²	0.03	0.2	2.5

D. FONDATIONS PROFONDES

D.1. Mode de fondation préconisé

Etant donné le contexte géotechnique et le projet, il sera retenu un mode de fondation profond par micropieux ancrés dans le substratum Permien (marnes gréseuses ou pélites) sur 1,0 m minimum.

On prévoira un tubage dans les terrains de faibles caractéristiques surmontant le substratum.

Afin de reprendre les efforts horizontaux conséquents, les micropieux seront doublés sous chaque appui. On veillera à respecter un entraxe minimal de 1,0 m entre les micropieux d'un couple afin d'éviter toute interaction entre eux.

D.2. Caractéristiques des micropieux

Il est étudié le cas de micropieux de type III, injectés de façon globale et unitaire (IGU), soit de classe 8 et de catégorie I 9 selon la norme NF P94-262.

La longueur des micropieux dépendra des charges à reprendre, avec néanmoins un ancrage minimal de 1,0 m dans le substratum Permien.

Nous attirons l'attention sur les fluctuations possibles du toit de la couche d'ancrage à l'échelle du terrain du projet, en plus ou en moins. Les moyens d'exécution devront permettre de s'adapter à ces fluctuations lors de l'exécution pour respecter les critères d'ancrage.

Le coulis de scellement devra être résistant aux attaques chimiques du milieu et notamment tenir compte de l'environnement marin (XS3).

Une perte d'épaisseur à la corrosion de 1,75 mm est considérée sur les tubes d'armatures : pieux dans l'eau de mer en zone de marnage sur une période de 50 ans.

On retiendra une armature par tube d'acier N80 de 168,3 x 11,5 mm, soit ayant un module d'inertie avec corrosion $EI_{\text{corrodé}} = 3\,009 \text{ kN.m}^2$.

D.3. Pré-dimensionnement

D.3.1. Remarque préliminaire

Les éléments de prédimensionnement présentés ci-après sont établis à partir des descentes de charges retenues au §B.4.

Le dimensionnement final des fondations devra être réalisé pour tous les appuis et tenir compte de l'ensemble des efforts appliqués aux fondations (y compris efforts horizontaux et moments éventuels) pour la totalité des combinaisons aux différents états limites. Il devra également inclure les vérifications de la résistance structurale des fondations. Il est à réaliser au plus tard au stade des études d'exécution sous les descentes de charge finales du projet.

Pour le calcul de la résistance « géotechnique » (GEO), on utilise la procédure « modèle de terrain » telle que décrite dans la norme NF P 94-262, en utilisant la méthode pressiométrique (annexe F de la norme).

D.3.2. Frottement axial unitaire et résistance de pointe

On retiendra les valeurs de frottement axial (q_s) suivantes au sein des différentes formations :

Horizon	Corps de digue	Alluvions	Marnes gréseuses	Pélites
q_s (kPa)	Négligé	93	269	148

A minima un essai d'arrachement préalable est à prévoir pour valider les valeurs de frottement.

Il n'est pas considéré de résistance de pointes pour les micropieux.

D.3.3. Longueur et capacité portante

On retiendra des micropieux **Ø 300 mm ancrés de 1,0 m dans les marnes gréseuses** (soit 22,0 m au total selon SPI).

On a alors par micropieu :

Portance ELS $R_{c;c;d}$		Portance ELU $R_{c;d}$	
Quasi-permanent	Caractéristique	Fondamental et sismique	Accidentel
326 kN	398 kN	465 kN	512 kN

Traction ELS $R_{t;c;d}$		Traction ELU $R_{t;d}$	
Quasi-permanent	Caractéristique	Fondamental et sismique	Accidentel
239 kN	326 kN	445 kN	487 kN

L'ensemble de ces valeurs (à doubler par appui) permettent de reprendre les descentes de charges définies précédemment en compression et en traction.

D.4. Reprise des efforts horizontaux

Les calculs sont réalisés en modélisant le pieu comme une poutre sur appuis élasto-plastiques.

Les lois d'interaction retenues (selon l'annexe I de la norme NF P 94-262 et le Cahier Technique 38 de l'AFPS) sont les suivantes :

- Aux ELS : Loi d'interaction relative aux sollicitations de longue durée d'application
- Aux ELU fond : Loi d'interaction relative aux sollicitations de courte durée d'application
- Aux ELU sism : Loi d'interaction avec un module de réaction K_f pris égal à $1,5 \times K_f$ avec K_f le module de réaction relatif aux sollicitations de courte durée d'application, et un palier $r_2 = B \cdot p_l^*$

On tient compte des réductions du module et du palier à proximité de la surface, selon les indications de la norme NF P94-262 (I.1.6), en considérant un sol frottant (réduction sur une hauteur de $4 \cdot B = 1,2$ à partir de la surface). Aux ELU sism, la réduction n'est appliquée qu'au module.

Les pieux sont considérés encastres (rotations bloquées) en tête (à confirmer par le BET Structure). Les résultats maximaux des 2 hypothèses sont considérées et présentés dans le tableau ci-après :

		Efforts maximaux dans un micropieu			
Appui	Etat limite	Effort tranchant (kN)	Moment fléchissant (kN.m)	Plastification du sol	Déplacement en tête du micropieu
Tous	ELS	51	33	Non	1 cm
	ELU	77	51	123 cm en tête	-

Nota 1 : L'admissibilité des déplacements calculés devra être vérifiée par le BET Structure. Si les valeurs indiquées ci-dessus sont jugées non acceptables, il conviendra d'adapter le dimensionnement, en prévoyant des pieux de plus gros diamètre et/ou plusieurs micropieux par appuis.

Nota 2 : Les moments fléchissants et efforts tranchants calculés et indiqués ci-dessus n'incluent pas l'effet des moments induits par les imperfections géométriques liées aux tolérances d'exécution. Si ces derniers ne sont pas repris par la structure et/ou des longrines de redressement, ils devront être pris en compte dans la justification des micropieux.

D.5. Résistance structurelle de l'armature

La résistance de l'armature du micropieu doit être vérifiée conformément à l'Eurocode 3 et à l'Eurocode 8 en phase EXE.

Au stade du pré-dimensionnement, il est vérifié la résistance des armatures en considérant les principes suivants :

- Contrainte admissible aux ELS = $0,5 \times \text{limite élastique} / \gamma_{rd}$
 - Contrainte admissible aux ELU = $0,75 \times \text{limite élastique} / \gamma_{rd}$
- Avec $\gamma_{rd} = 1,1$ (facteur de méthode)

Pour un acier N80 avec une limite élastique de 560 MPa, on obtient les contraintes admissibles suivantes :

- Contrainte ELS = 255 MPa ;
- Contrainte ELU = 381 MPa ;

La contrainte dans le tube est calculée à partir de la formule de Von MISES :

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\left(\frac{N}{S} + \frac{M}{i/v}\right)^2 + 3\left(\frac{V}{S}\right)^2}$$

Avec :

N : l'effort normal en tête de micropieu

S : Section d'acier

M_{max} : le moment maximal dans le micropieu

I : Inertie du tube

v : distance de l'axe neutre à la fibre la plus tendue

V : effort tranchant

Ainsi, en considérant la descente de charge la plus importante sur les micropieux, on obtient une contrainte dans le tube de 227 MPa ELS et de 348 MPa ELU (< contraintes admissibles).

D.6. Flambement

Il convient de vérifier la sécurité au flambement des micropieux dans les terrains de mauvaises tenues.

La force critique de flambement est donnée en première approximation par : $F_c = 2 \sqrt{EI.K_f}$

Avec K_f = module de réaction linéaire $= \frac{6E_M}{\frac{4}{3}(2.65)^\alpha + \alpha}$ (à long terme et pour $B \leq B_0$)

La capacité admissible vis-à-vis de la résistance au flambement est à considérer avec un coefficient de sécurité de 3.

En considérant les caractéristiques mécaniques des limons (la plus défavorable), la force critique de flambement est de 2 734 kN >> force appliquée sur les micropieux.

D.7. Raccourcissement élastique (micropieux)

Il a été évalué le raccourcissement élastique des micropieux selon la méthode simplifiée suivante :

MMC : $\sigma = F/S = E.\varepsilon$ avec

Avec :
F, l'effort appliqué au micropieu
S, la section du micropieu
E, le module de déformation du micropieu
 $\varepsilon = (l-l_0) / l_0$, la déformation

D'où $l = (F/E.S + l_0).$

Le raccourcissement élastique vaut donc $F \times l_0 / (E.S)$.

Pour calculer le raccourcissement élastique :

- il a été considéré : l_0 = (hauteur des terrains médiocres ou avec un q_s faible) + (la moitié de l'ancrage du micropieu dans le terrain compact),
- il a été négligé la résistance du coulis.

Ainsi, on obtient une valeur de raccourcissement élastique d'environ 7 mm.

E. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET RECOMMANDATIONS DE REALISATION

E.1. Fondations profondes

Le dimensionnement des fondations et des structures sera confié à un BET structure spécialisé.
Les micropieux devront être réalisés par une entreprise spécialisée.

L'entreprise devra mettre en œuvre les moyens nécessaires et suffisants pour réaliser les micropieux permettant de répondre aux objectifs du projet (c'est-à-dire notamment pour traverser les différentes couches de terrains et réaliser les ancrages correspondant aux capacités portantes retenues et pour garantir la bonne mise en place des armatures).

On tiendra compte notamment des points suivants :

- La présence possible de blocs et/ou de vestiges d'ouvrages enterrés dans la digue ;
- L'existence possible de vides résiduels dans la digue ;
- La potentielle forte compacité des marnes gréseuses ;
- La présence de la nappe (eau de mer) ;
- La présence de terrains vasards ;

Compte tenu de ces points :

- Une machine développant un couple élevé et des outils adaptés au rocher seront notamment nécessaires ;
- Des surconsommations de coulis sont à attendre dans les horizons au-dessus du substratum.

On prendra toutes les dispositions pour assurer la mise en place des tubes d'armature, en garantissant leur centrage et l'enrobage minimum.

La longueur réelle des micropieux devra être adaptée lors de l'exécution en fonction des variations des horizons, notamment en fonction de la profondeur du toit de la couche d'ancrage, de manière à respecter les critères d'ancrage minimum retenus dans les calculs. Si une lentille de faibles caractéristiques mécaniques est identifiée au niveau de la base prévisionnelle d'un micropieu, celui-ci sera allongé de manière à l'ancrer dans des terrains compacts.

Conformément au tableau ci-dessous (NF P 94-262), pour des fondations sollicitées en traction et en compression, on veillera à réaliser des essais de conformité ou de contrôle.

Tableau - Essais à réaliser pour des fondations profondes sollicitées en compression ou faiblement en traction à l'ELS quasi-permanent ($F_{td} < 0,15R_s$)

Classe de conséquence	Catégorie géotechnique	Pieux de classe 1 à 7 hormis les pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)	Micropieux de classe 1bis et 8, pieux de classe 8 et pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)
1	1	-	Essai de contrôle
	2	-	Essai de contrôle
2	2	-	Essai préalable dans les sols
	3	-	Essai préalable dans les sols
3	2 ou 3		argileux ($lp > 20$)
			Essai de conformité
			et
			Essai de contrôle

La réalisation d'un essai de traction préalable poussé à la rupture est recommandée pour la précision des q_s .

Nous attirons l'attention sur la liaison entre micropieux et longrine ainsi que sur l'importance du ferrailage de cette dernière pour reprendre les efforts de poinçonnement.

Le suivi géotechnique d'exécution devra être réalisé par l'entreprise dans le cadre d'une mission G3 selon la norme NF P94-500 (on rappelle le caractère interactif des phases Etude et Suivi de la mission G3).

Le suivi devra être continu et aura notamment pour objectifs de :

- Vérifier la conformité du contexte géologique réellement rencontré avec celui pris en compte dans la phase Étude ;
- Suivre le programme d'auscultations et de contrôles ;
- Définir les adaptations à réaliser dans le cas d'écart avec le contexte géologique pris en compte dans la phase Etude.

L'entreprise devra établir un compte-rendu de chantier dont le contenu devra être conforme à la norme NF EN 14199. Celui-ci devra notamment comprendre les fiches d'exécution des micropieux et les résultats des essais de contrôles.

Un récolement précis des têtes de micropieux en X, Y et Z devra être réalisé après exécution et un plan de récolement devra être établi. On s'assurera que les éventuelles déviations ne dépassent pas les valeurs considérées dans les dimensionnements.

Le présent rapport conclut la mission d'étude géotechnique de projet G2 phase projet confiée à Fondasol.

Selon la norme NF P 94-500, elle doit être suivie de la phase d'Assistance à Contrat de Travaux limitée aux seuls ouvrages géotechniques consistant notamment en :

- *rédaction des éléments géotechniques nécessaires à l'élaboration d'un DCE (soit éléments de CCTP, BPU, et DQE),*
- *assistance pour l'analyse technique des offres des entreprises.*

Au stade des travaux, une mission de supervision d'étude et de suivi géotechnique d'exécution G4 doit être confiée à un géotechnicien pour qu'il donne son avis sur :

- *les méthodes de construction, ainsi que les adaptations et optimisations des ouvrages géotechniques, proposées par l'entreprise,*
- *le dimensionnement des ouvrages géotechniques de l'entreprise*
- *le programme d'auscultations et d'investigations proposé par l'entreprise,*
- *le suivi du bon comportement des ouvrages et des avoisinants en cours de travaux, et la maîtrise par l'entreprise des éventuels aléas résiduels dans le cadre de la mission d'étude et de suivi d'exécution G3 qui reste à sa charge.*

FONDASOL est à la disposition de tous les intervenants pour réaliser toutes ou parties de ces missions.

ANNEXES



I. ENCHAINEMENT DES MISSIONS

TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(NORME NF P94-500)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés ci-après. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique 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	Études 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	Fonctions 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	Études géotechniques 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)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de 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'exécutions (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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

2. MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PRELABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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 caractérisant 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES 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 GEOTECHNIQUE 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.

A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (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.

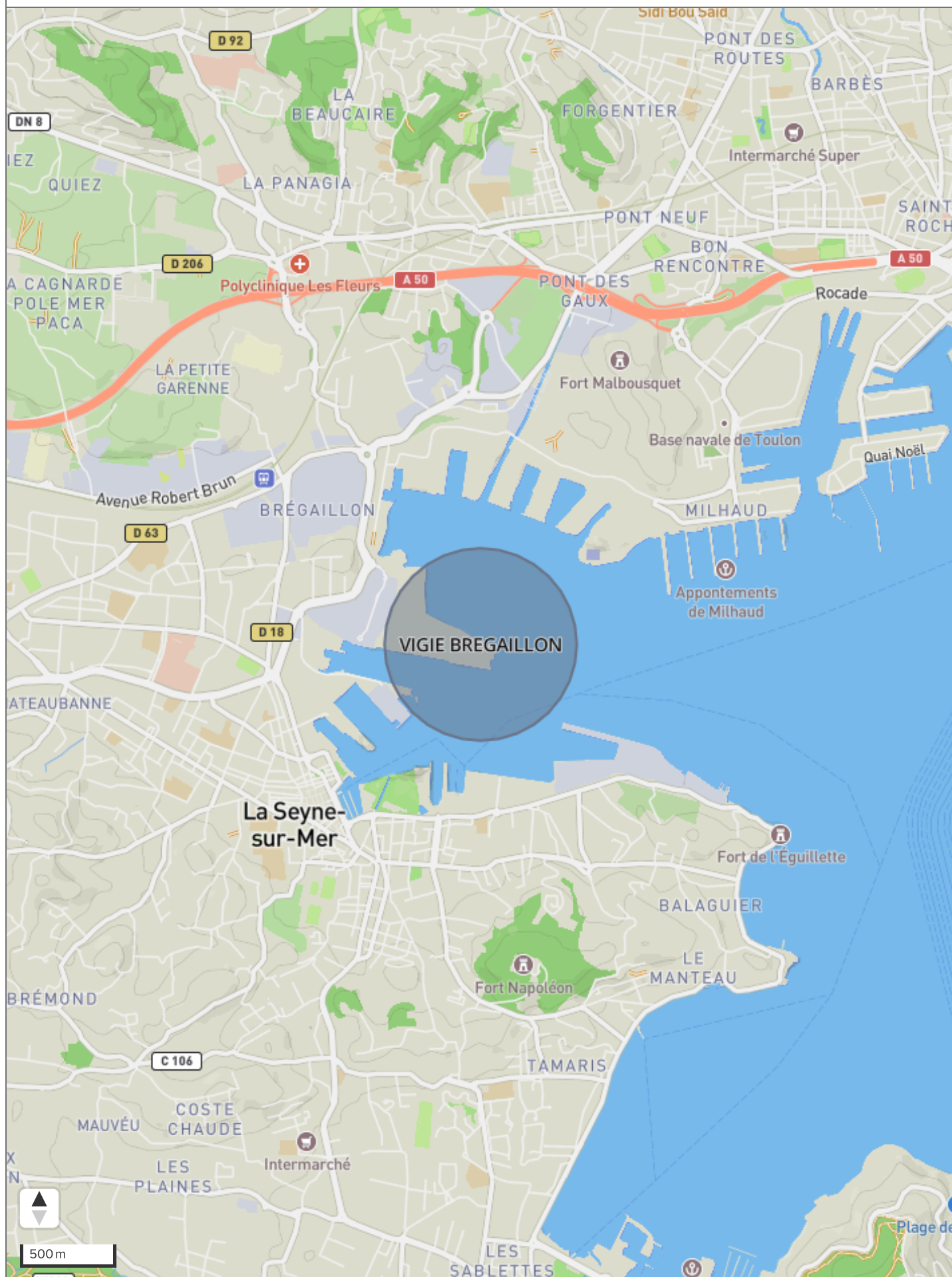
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre 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).

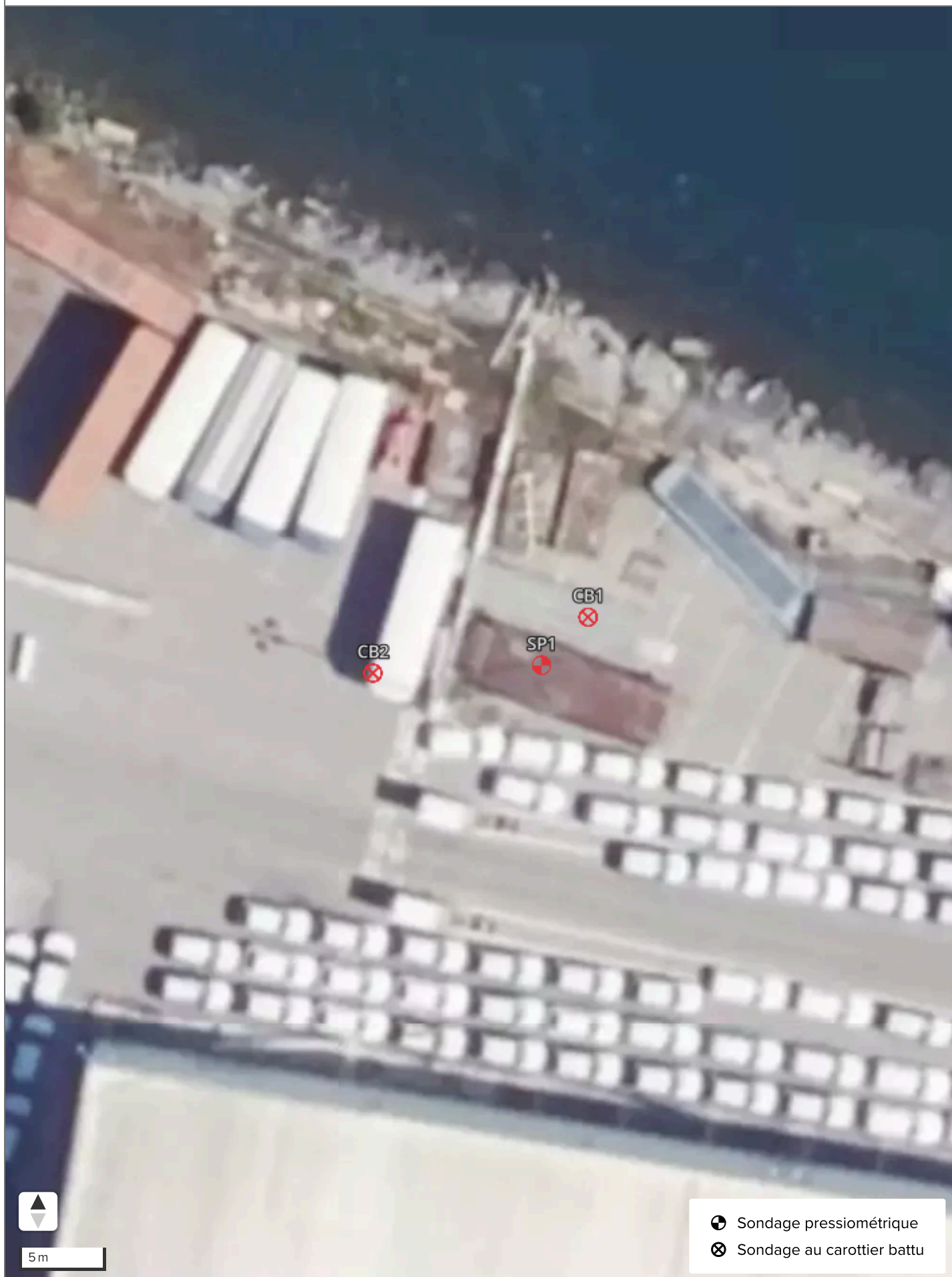


3. ANNEXE N°1 : INVESTIGATIONS IN SITU



PLAN DE LOCALISATION



PLAN D'IMPLANTATION



5m

-  Sondage pressiométrique
-  Sondage au carottier battu

PLAN D'IMPLANTATION

Précision des relevés (X / Y)	Relevé par géomètre
Non renseigné	Non
Système de coordonnées du projet	Nivellement
WGS 84	Non renseigné

	WGS 84		
Nom	Longitude	Latitude	Élévation [m]
CB1	5,890908611	43,109212993	1,96
CB2	5,890756816	43,10918422	2,05
SP1	5,890875758	43,109188266	2,01

CB1

DébutÉlévation

Prof

Lithologie

Descriptions

Outils

Fluid:

Tuba:

Echa

Nivea

1,96

C

2

Enrobé gris sombre

0,08 m

1,88

2

0,08 m
Béton sain gris clair

0.2 m

1.76

0,2 m

Sables graveleux marron

0,6 m

1.36

1

2

3

4

-2.4

4.4 m

Blocs calcaires de dique gris clairs (refus)

4,6 m

4,6 m

4,6 m

4 m

CB1(0.00-4.60)

1

Non renseignéAKOUDAD Radouan

SP1		Longitude		Latitude		Système de coordonnées							
		5,890875758		43,109188266		WGS 84							
		Élévation		Nivellement		Angle	Azimut	Prof. atteinte					
		+2,01 m		Non renseigné		-	-	30,0 m					
Données		Type	Début		Fin		Machine	Opérateur					
PMT-SP1		Pressiomètre	07/07/2025 15:00:00		09/07/2025 11:00:00		GEO205.3	AKOUDAD Radouan					
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Niveau d'eau	Prof.	Em	Em	PLM*	PLM*	Em/PLM*
1,95	0		Enrobé gris					0					
1,4	1		Sables graveleux marron					1	4,5	0,21	0,53		8,6
0,5	2		0,6 m					2	5,6	0,38	0,91		6,1
	3		Limons argileux à morceaux de briques, bariolés					3					
	4		1,5 m					4	6,6	0,13	0,47		14,0
	5							5	3,5	0,24	0,49		7,1
	6		Limons graveleux à passages vasards, gris sombres à noirs					6					
	7							7	15,3	0,25	0,71		21,5
	8							8	16,2	0,30	0,60		27,2
	9							9					
	10							10	26,4	0,27	0,59		45,0
-9	11		11 m					11	27,7	0,41	1,08		25,7
	12							12					
	13							13	3,5	0,22	0,41		8,5
	14							14	4,0	0,56	0,93		4,3
	15		Argiles graveleuses (alluvions) beiges, marron à marron-orangées au fond					15					
	16							16	6,3	0,50	0,83		7,6
	17							17	7,5	0,62	1,19		6,3
	18							18					
	19							19	8,0	0,35	0,67		12,0
	20							20					
	21		21 m					21	3,4	0,25	0,36		9,6
-18,99	22							22	24,5	2,03	4,56		5,4
	23		Grès et marnes argileux marron-orangés à beiges					23	17,2	1,09	4,30		4,0
	24							24					
	25		25 m					25	56,8	2,73	7,28		7,8
-22,99	26							26					
	27		Pélites lie de vin					27	118,4	> 4,92	> 4,92		< 24,1
	28							28	284,7	> 4,93	> 4,93		< 57,8
	29							29					
	30		30 m					30	210,5	> 4,93	> 4,93		< 42,7
-27,99	30							30					

¹En fin de forage - 1,4m



fondasol

www.groupefondasol.com

AGENCE DE MARSEILLE

ZA Napollon
410 Avenue de Passe-Temps
13676 AUBAGNE CEDEX

☎ 04.42.03.42.00

✉ marseille@fondasol.fr