

**Agence de MARSEILLE**

Centre d'Activités Concorde

Lot 14 – 11, Avenue de Rome – ZI Les Estroublans

13127 VITROLLES

**Tél : 04.42.46.08.09 - Fax : 04.42.46.08.10**

**Agence.paca@geotec.fr**

1/69



**ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION  
Phase Projet (G2 PRO)**

**Plaine des Loisirs**

**16/08426/MARSE/05**

**13 014 MARSEILLE**

**Boulevard Charles Mattéi**

**18 Février 2022**

**ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION  
Phase Projet (G2 PRO)**

**Plaine des Loisirs**

**16/08426/MARSE/05**

**Boulevard Charles Mattéi**

**13 014 MARSEILLE**

<b>Référence : 16/08426/MARSE/05</b>				<b>Mission G2 Phase PRO</b>		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte + Annexes			
0	22/12/2020	Première émission	40+26	<b>V.BRUNAT</b>	<b>G. FLORIS</b>	<b>JY. MUGNIER</b>
A	25/01/2021	Ajout des essais en laboratoire	40+27	<b>V. BRUNAT</b>	<b>G. FLORIS</b>	<b>JY. MUGNIER</b>
B	04/03/2021	Modifications suite aux remarques des bureaux d'études	41+27	<b>V. BRUNAT</b>	<b>F. KEIFLIN</b>	<b>F. KEIFLIN</b>
C	25/10/2021	Ajout des essais à la plaque	41+28	<b>V. BRUNAT</b>	<b>G. FLORIS</b>	<b>G. FLORIS</b>
D	18/02/2022	Ajout des essais en laboratoire et pénétrométriques complémentaires	41+32	<b>V. BRUNAT</b>	<b>G. FLORIS</b>	<b>G. FLORIS</b>

NB : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

## SOMMAIRE

<b>I.</b>	<b>CADRE DE L'INTERVENTION .....</b>	<b>4</b>
<b>II.</b>	<b>CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE .....</b>	<b>10</b>
<b>III.</b>	<b>CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE .....</b>	<b>15</b>
<b>IV.</b>	<b>TERRASSEMENTS ET MISE HORS D'EAU.....</b>	<b>21</b>
<b>V.</b>	<b>ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES.....</b>	<b>30</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET .....</b>	<b>41</b>
	<b>Conditions générales .....</b>	<b>42</b>
	<b>Conditions générales (SUITE).....</b>	<b>43</b>
	<b>Classification des missions d'ingénierie géotechnique .....</b>	<b>44</b>
	<b>Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique .....</b>	<b>45</b>

## **I. CADRE DE L'INTERVENTION**

### **I.1. INTERVENANTS**

A la demande et pour le compte de la Ville de MARSEILLE, GEOTEC a réalisé la présente étude dans le cadre de l'aménagement d'une plaine des sports, Boulevard Charles Mattéi, sur la commune de MARSEILLE (13).

### **I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES**

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GÉOTEC :

- Localisation des investigations géotechniques sur un plan masse, en date du 16/11/2018.
- Etude G1 réalisée sur une partie du site (rapport GEOTEC 16/08426/MARSE).
- Etude G2 AVP (rapport GEOTEC 16/08426/MARSE/04).
- Descentes de charges au droit des culées et piles de la passerelle piétonne – SIAM Ingénierie.
- Coupes des talus,
- Dossier de documents sur la L2.

Le projet consiste en l'aménagement d'une aire de loisirs (parc ludique et sportif) en mitoyenneté avec les ouvrages routiers de la rocade L2.

Il y sera construit :

- une passerelle piétonne traversant la zone du Nord au Sud,
- des aménagements paysagers avec des chemins piétons, consistant principalement en un remblaiement le long de la trémie de la L2. Ces aménagements viendront en mitoyenneté des ouvrages de la L2,
- des terrains de sport, de jeux en aval de ces talus aménagés,
- des murs de soutènement, d'une hauteur comprise entre 1 et 7m.

D'après les informations transmises, la tranchée couverte de la L2 est fondée sur des pieux. A priori, ces pieux avaient été dimensionnés en prenant en compte un frottement négatif puisque des talus en remblais à proximité étaient prévus dès le projet de la L2. Cette information devra toutefois être vérifiée par les responsables du projet.

D'après les informations transmises et les précédentes études, la réalisation des talus aménagés pourra atteindre 10 m de hauteur au maximum. En considérant une densité de  $2\text{t/m}^3$ , la surcharge induite par ces talus est supposée être limitée à :

- $200\text{ kN/m}^2$  ( $20\text{ t/m}^2$ ).

En l'absence d'éléments précis les descentes de charge transmises par ces plateaux sont supposées être limitées à inférieures à  $1\text{ t/m}^2$  (ELS).

Les descentes de charges pondérées des culées et piles de la passerelle piétonne nous ont été transmises :

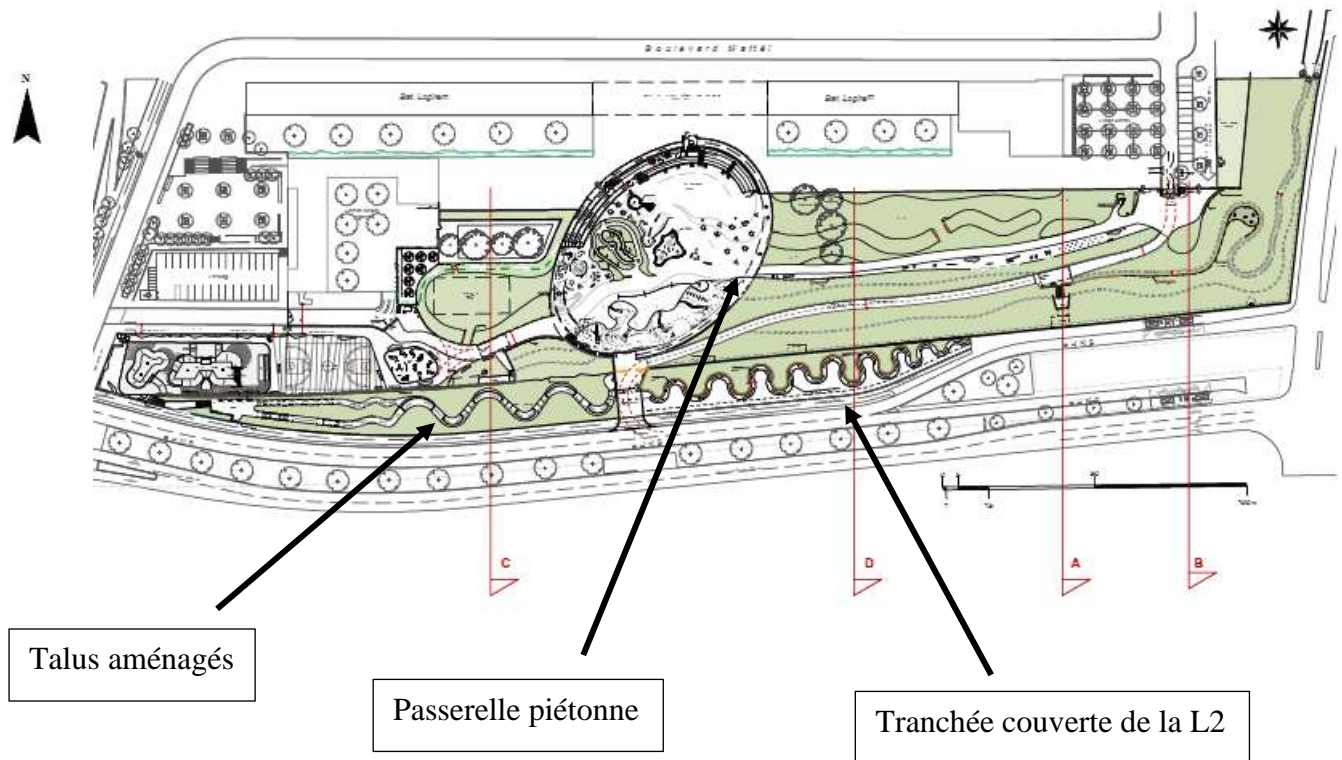
DDC Culée C0	N	H	M
	(t)	(t)	(t.m)
ESL QP	80	12	10
ELS Fréquent	85	15	15
ELS Caractéristique	90	20	20
ELU Fondamental	120	25	25
ELU Sismique	90	30	30

DDC Pile	N	H	M
	(t)	(t)	(t.m)
ESL QP	170	0	20
ELS Fréquent	190	0	25
ELS Caractéristique	200	20	35
ELU Fondamental	280	25	50
ELU Sismique	180	45	70

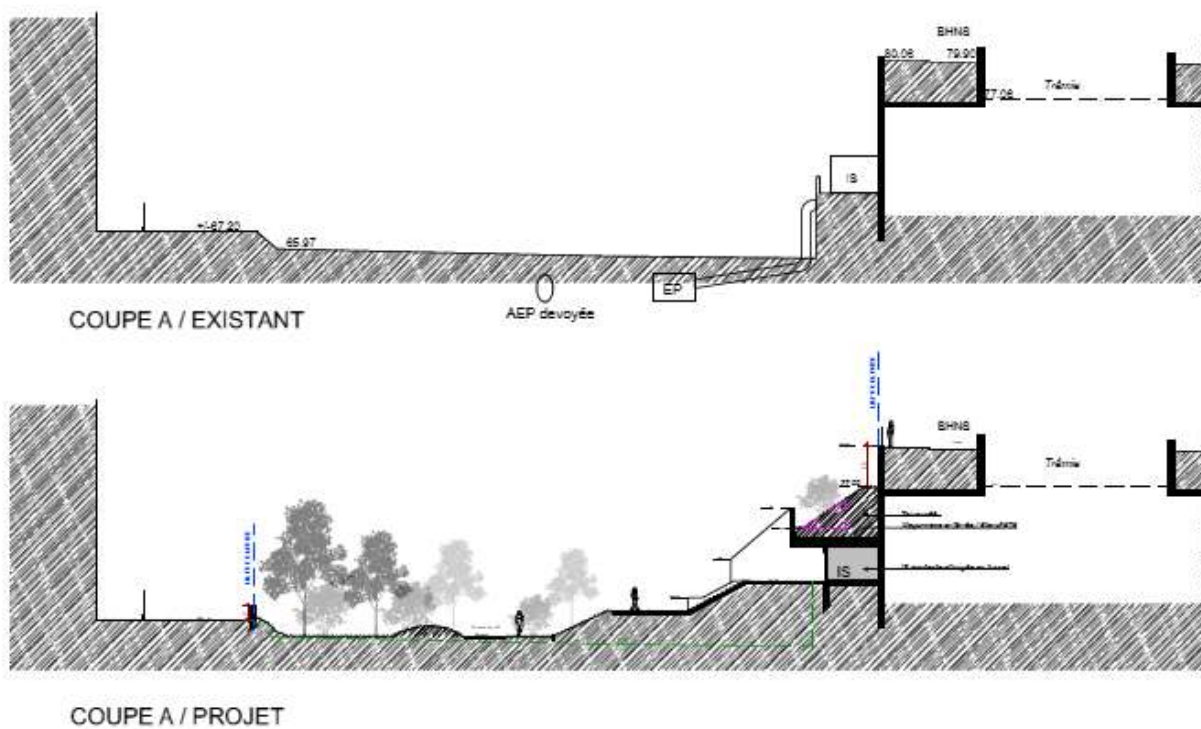
DDC Culée C2	N	H	M
	(t)	(t)	(t.m)
ESL QP	225	50	80
ELS Fréquent	230	55	95
ELS Caractéristique	235	60	115
ELU Fondamental	320	85	160
ELU Sismique	250	130	320

**NOTA :** Les charges ci-dessus sont uniquement en compression.

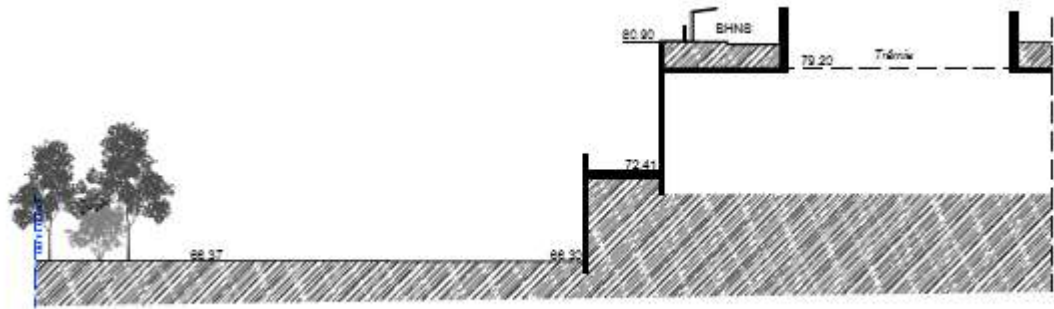
Ces charges devront impérativement être calculées avec précision par le BET Structures ou l'entreprise, et transmises à GEOTEC si elles diffèrent de celles prises par hypothèse, lors des études géotechniques ultérieures.



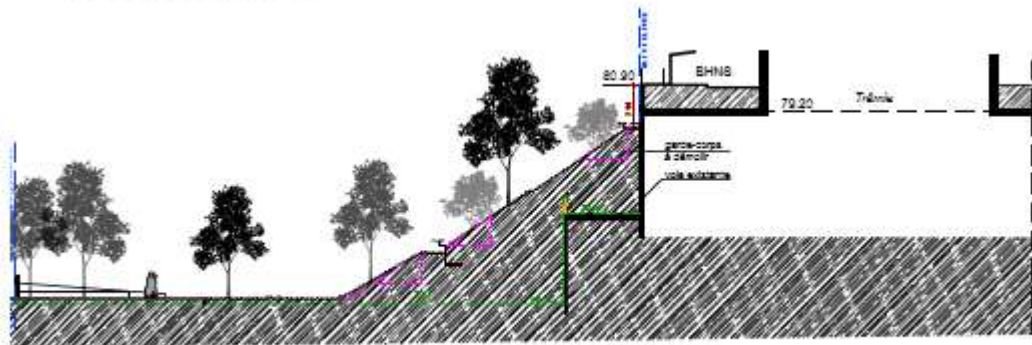
*Extrait du plan de masse*



*Coupe A*

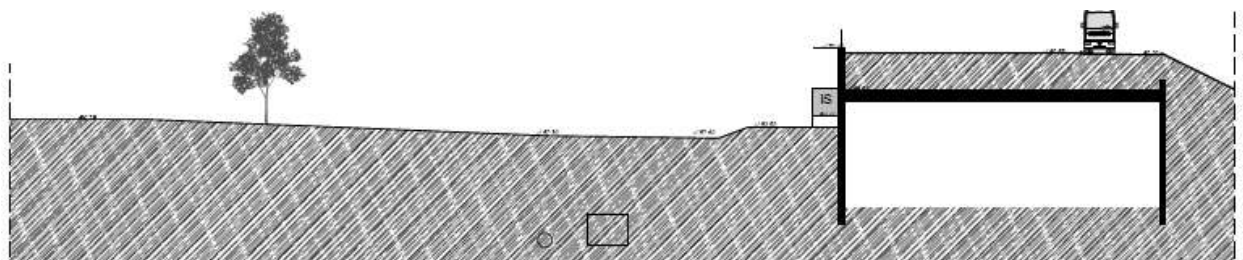


COUPE B / EXISTANT

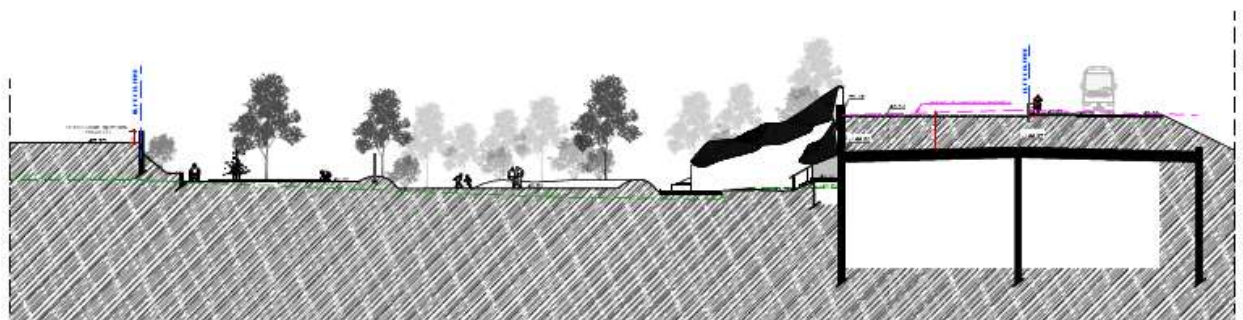


COUPE B / PROJET

### *Coupe B*

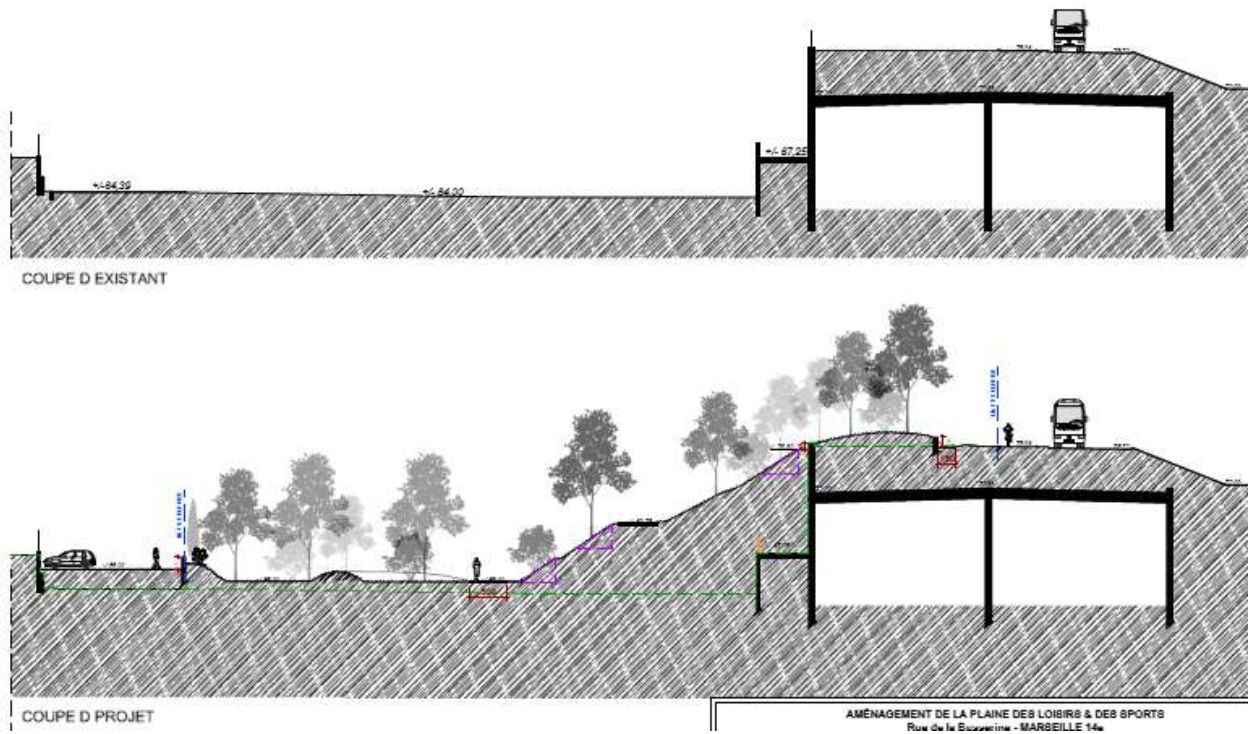


COUPE C EXISTANT



COUPE C PROJET

### *Coupe C*



*Coupe D*



*Emplacement des murs de soutènement*

### I.3. MISSION

Conformément à son offre Réf. **16/08426/MARSE/05** du 29/10/2020, GEOTEC a reçu une mission de conception géotechnique, phase projet (G2 PRO).

Des investigations géotechniques ont été réalisées par GEOTEC dans le cadre de la présente mission d'étude géotechnique de conception phase projet G2 PRO selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

Il est rappelé que la phase avant-projet de la mission d'étude géotechnique de conception G2 doit être complétée par les phases DCE/ACT puis par des missions G3 (étude et suivi de conception réalisée par le géotechnicien de l'entreprise) et G4 (géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours ou après réception des ouvrages. GEOTEC reste à la disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires de conception G2 et G4, la mission G3 étant réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « *Conditions générales* » données en fin de rapport.

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- PHEC : plus hautes eaux connues
- Rd : résistance dynamique apparente (formule des Hollandais)
- RdC : rez de chaussée
- SS : sous-sol
- TA : terrain actuel
- VS : vide sanitaire
- EB : Eaux basses
- EH : Eaux hautes
- EE : Eaux exceptionnelles
- EC : Eaux de chantier

\*

\*                  \*

## II. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

### II.1. LE SITE

Le terrain étudié est situé dans le quartier de la Busserine, en bordure de la rocade L2.

Le terrain est relativement plat. De nombreux aménagements étaient encore en cours au moment de notre intervention.



**Vue aérienne de la zone d'étude – Source : Google Earth**

On notera que le site était occupé et que des bâtiments y ont été détruits entre 2011 et aujourd'hui. Le site a servi de base travaux (stockage matériel, déblais, ...) lors de la construction de la L2.



**Photographies du site**



Cliché n°745 de la mission CP11000152\_FD12x28\_00745 du 04/05/2011

Source : remonterletemps.ign.fr

## II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance de la mission G2 PRO a consisté en l'exécution de :

- **3 sondages pressiométriques** (SP5 à SP7) réalisés en diamètre 64 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type 350.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 15.0 et 20.0 m de profondeur/TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.50 m. Ces sondages ont permis de déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques des terrains traversés.

- **3 sondages géologiques** (F1 bis, F2 bis et F3 bis) réalisés à la pelle mécanique.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 0.90 et 1.20 m/TA (profondeur de refus). Ils ont permis de déterminer la nature des sols et de prélever des échantillons.

- **3 essais au pénétromètre dynamique** (P1 bis, P2 bis et P4) poussés au refus entre 1.20 et 6.0 m/TA de profondeur. Ils ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique de type B.
- **3 essais au pénétromètre dynamique portatif type Panda** (Panda1, Panda1bis et Panda2) poussés au refus obtenu entre 0,15 et 0,60 m de profondeur/TA. Ils ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique portatif type Panda (accès inaccessible en machine).

- **6 essais à la plaque réalisés au droit de la plateforme actuelle** (en date du 13 Octobre 2021).
- Des essais en laboratoire consistant en **4 identifications GTR + 3 mesures IPI**.

**NOTA :** Les essais au pénétromètre dynamique portatif type Panda ont été réalisés dans la zone rendue par la Métropole (proche du bâtiment Agora). Cette zone n'était pas accessible à une machine ou au camion pour les essais à la plaque.

Rappel : La campagne de reconnaissance de la mission G2 AVP avait consisté en l'exécution de :

- **4 sondages pressiométriques** (SP1 à SP4) réalisés en diamètre 64 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type 175.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 15.0 et 18.0 m de profondeur/TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.50 m. Ces sondages ont permis de déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques des terrains traversés.

- **4 sondages géologiques** (F1 à F4) réalisés à la pelle mécanique.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 1.20 et 2.00 m/TA (profondeur de refus). Ils ont permis de déterminer la nature des sols et de prélever des échantillons.

- **3 essais au pénétromètre dynamique** (P1 à P3) poussés au refus entre 1.20 et 6.0 m/TA de profondeur. Ils ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique de type B.

Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

- **2 essais en laboratoire** consistant en une identification GTR.

Rappel : La campagne de reconnaissance de la mission G1 PGC menée par GEOTEC en Avril 2017 a consisté en l'exécution de :

- **2 sondages pressiométriques** réalisés en diamètre 63 mm

Ces sondages ont été menés à une profondeur de 8.0 m de profondeur/TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.0 m. Ces sondages ont permis de déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques des terrains traversés.

- **3 sondages géologiques** réalisés à la pelle mécanique.

Ces sondages ont permis de déterminer la nature des sols traversés.

- **4 essais au pénétromètre dynamique.**

Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

### II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée **au mieux des conditions d'accès**, au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance (notamment du DWG transmis) et **des réseaux enterrés** (passage d'une canalisation en  $\phi 1200$  mm, traversant la zone d'Est en Ouest notamment).

Certains sondages ont pu être nivelés au GPS (ceux que nous avons pu retrouver) mais tous les sondages n'ont pas pu être retrouvés (terrain remodelé) lors de notre dernière intervention. Nous rappelons qu'un plan topographique de la zone doit nous être transmis.

\*

\*

\*

### III. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique éditée par le BRGM au 1/50 000ème AUBAGNE-MARSEILLE (n° 1044) et notre connaissance de ce secteur, le terrain est situé au droit de formations de conglomérats, grès, marnes et argiles du Stampien et d'alluvions récentes. Compte tenu de l'environnement du site, des remblais sont attendus.



**Extrait de la carte géologique AUBAGNE-MARSEILLE (n°1044)**  
**Source : BRGM**

#### III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

Les campagnes de reconnaissance ont mis en évidence les formations suivantes :

- **des remblais à dominante limono-argileuse et contenant des blocs de béton et des déchets.** Ces remblais ont été identifiés jusqu'à une profondeur comprise entre 3.50 et 4.30 m/TA.

Ses caractéristiques mécaniques sont globalement faibles et très hétérogènes, avec :

$$1.5 \leq R_d \leq 4.5 \text{ MPa}$$

$$0.33 \leq p_i^* \leq 1.94 \text{ MPa}$$

$$1 \leq E_M \leq 37 \text{ MPa}$$

- **un sable argileux beige à marron**, identifié jusqu'à une profondeur comprise entre 6.60 et 12.50 m/TA. Cette formation s'apparente a priori aux alluvions.

Ses caractéristiques mécaniques sont faibles, avec :

$$0.2 \leq p_l^* \leq 1.9 \text{ MPa}$$

$$2 \leq E_M \leq 22 \text{ MPa}$$

**NOTA :** Une poche de très faible consistance a été mise en évidence au droit de SP4, aux alentours de 7.50 m/TA.

- **une marne sableuse beige**, reconnue au droit de SP2, SP3, SP6 et SP7 jusqu'à une profondeur comprise entre 5.80 et 10.60 m/TA. Cette formation s'apparente vraisemblablement à l'altération du substratum sous-jacent.

Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes, avec :

$$1.9 \leq p_l^* \leq 3.7 \text{ MPa}$$

$$15 \leq E_M \leq 57 \text{ MPa}$$

- **le substratum marno-calcaire beige +/- jaunâtre**, reconnue sous les horizons précédents et jusqu'à une profondeur de 15.0 à 20.0 m/TA. Cette formation correspond au substratum Stampien.

Ses caractéristiques mécaniques sont bonnes, avec :

$$p_l^* \geq 5.01 \text{ MPa}$$

$$42 \leq E_M \leq 359 \text{ MPa}$$

Les essais en laboratoire ont été réalisés sur des échantillons (issus de la campagne G2 AVP) :

- au droit de F1, entre 0.50 et 1.50 m/TA. Il a été classé en B5 selon le GTR92, avec une VBS de 0,29 ;
- au droit de F4, entre 0.50 et 1.20 m/TA. Il a été classé en A1 selon le GTR92, avec une VBS de 2,12.

Les essais en laboratoire (issus de la campagne G2 PRO) ont été réalisés :

- au droit de F1bis, entre 0 et 0,90 m/TA. Un limon sableux à graviers a été identifié. Il a été classé A1 selon le GTR92, avec une VBS de 0,94 et un IPI à teneur naturelle de 28,3 ;
- au droit de F2bis, entre 1,0 et 2,10 m/TA. Des graviers et débris divers dans une matrice sablo-limoneuse marron-beige ont été identifiés. Ils ont été classés B5m selon le GTR92, avec une VBS de 0,65 et un IPI à teneur naturelle de 23,7 ;

- au droit de F3bis, entre 0 et 1,20 m/TA. Un sable limoneux à graviers et débris plastique a été identifié. Il a été classé A1 selon le GTR92, avec une VBS de 0,99 et un IPI à teneur naturelle de 27,3.
- Au droit de ST1, entre 0 et 1 m/TA (prélèvement manuel car non accessible à une machine de forage). Du remblai sablo-limoneux à nombreux débris a été mis en évidence. Il a été classé A1 selon le GTR92, avec une VBS de 1,12 et un IPI à teneur en eau naturelle de 23,7.

**NOTA : La nature et épaisseur des remblais pourra varier entre nos points de sondages. De plus, les remblais sont probablement issus des terrassements en déblais des travaux de la L2. Il est donc difficile de distinguer la limite entre les remblais et le terrain naturel lors de sondages destructifs à la tarière.**

Le substratum Stampien, présent au droit du site, peut se présenter sous différents faciès (argileux, marneux, gréseux, conglomératique,...). Cette hétérogénéité s'accompagne d'une forte variation des caractéristiques mécaniques, et donc de la rippabilité (utilisation de moyens lourds type BRH pour les terrassements) ou de la forabilité (cas par exemple de pieux à la tarière creuse pouvant enregistrer des refus prématurés au toit des formations les plus compactes).

**NOTA :** Les sondages F1bis et P1bis sont en effet décalés par rapport au plan d'implantation transmis par NAOM. Ils ont toutefois été réalisés dans l'emprise d'une partie de zone restituée par la MAMP. Le décalage a été imposé par les conditions d'accès au droit de l'implantation prévue initialement (voiries, ...).

**NOTA :** Les essais au pénétromètre dynamique portatif type Panda réalisés dans la zone restituée par la Métropole révèlent un horizon (de remblai) avec des bonnes caractéristiques mécaniques ( $R_d > 10$  MPa).

### III.2. ESSAIS A LA PLAQUE

6 essais à la plaque ont été réalisés sur la plateforme actuelle (en date du 13 Octobre 2021). Les résultats sont les suivants :

ESSAI	a	b	c	d	date	EV1(MPa)	EV2(MPa)	EV2/EV1	K(MPa/m)	Localisation de l'essai
1	35	95	25	95	13/10/2021	59,21	64,29	1,09	80,00	Voir plan
2	175	311	232	320	13/10/2021	18,09	51,14	2,83	16,00	Voir plan
3	100	220	110	230	13/10/2021	25,57	37,50	1,47	28,00	Voir plan
4	127	241	170	238	13/10/2021	23,34	66,18	2,84	22,05	Voir plan
5	138	221	190	221	13/10/2021	25,45	145,16	5,70	20,29	Voir plan
6	18	123	100	124	13/10/2021	45,73	187,50	4,10	155,56	Voir plan

Les résultats révèlent une bonne portance de la plateforme ( $EV2 > 30$  MPa). Toutefois, le rapport  $EV2/EV1$  est de manière générale supérieure à 2,2, traduisant un compactage de moyenne qualité.

### III.3. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

La commune de MARSEILLE a fait l'objet de 42 arrêtés de catastrophe naturelle dont 24 arrêtés de catastrophe naturelle relatifs à des inondations et coulées de boue, 12 arrêtés relatifs aux mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation de sol, 5 relatifs aux éboulements, glissements et affaissement de terrain et 1 relatif aux glissement de terrain.

Le terrain se situe en zone de sismicité 2 (faible) selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention des risques sismiques, applicable au 1er mai 2011.

Le site étudié est concerné par le risque d'inondation au sein du territoire à risque d'inondation (TRI) Aubagne-Marseille.

La consultation du site de prévention des risque (Georisques.gouv.fr) a permis d'identifier un certain nombre de risques que peut présenter le site étudié :

Risque étudié	Niveau d'aléa
Retrait-gonflement des argiles	<b>Aléa fort</b>
Mouvements de terrain	1 glissement référencé dans un rayon < 500m
Cavités	Aucune cavité concernée dans un rayon < 500m
Site et sols industriels	1 site référencé dans un rayon < 1 000m
Sites pollués / anciens sites industriels	9 sites référencés dans un rayon < 500m

**Compte tenu de l'environnement du site, l'épaisseur et la nature des remblais pourront être variables. Les remblais pourront également contenir des vestiges de construction (réseaux, dalle béton, ...).**

**Le toit du substratum correspond à une surface d'érosion. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des surprofondeurs ou des remontées du toit du substratum plus importantes que celles observées au droit de nos sondages.**

Le substratum Stampien, présent au droit du site, peut se présenter sous différents faciès (argileux, marneux, gréseux, conglomératique,...). Cette hétérogénéité s'accompagne d'une forte variation des caractéristiques mécaniques, et donc de la rippabilité (utilisation de moyens lourds type BRH pour les terrassements) ou de la forabilité (cas par exemple de pieux à la tarière creuse pouvant enregistrer des refus prématurés au toit des formations les plus compactes).

Rappelons que ces documents ne restent que purement indicatifs.

Sites consultés : infoterre.brgm.fr, georisques.gouv.fr

### III.4. HYDROGEOLOGIE

Lors de notre campagne de reconnaissance (entre le 29 Juin et le 03 Juillet 2020 et entre le 09 Décembre et le 17 Décembre 2020), la méthode de foration des sondages pressiométriques (à l'eau) n'a pas permis de mettre en évidence un éventuel niveau d'eau. Aucun niveau d'eau n'a été relevé au droit des sondages à la pelle mécanique, jusqu'aux profondeurs de refus ou d'arrêt.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

Des circulations d'eau superficielles peuvent également se produire en période pluvieuse.

D'autre part, d'après les éléments communiqués lors de notre mission G1PGC, cette plaine est inondable en cas d'épisodes pluvieux supérieur à l'intensité de dimensionnement du réseau pluvial existant (a priori décennale).

**Il appartient aux Responsables du Projet de se faire communiquer par les Services Compétents (DREAL, PPRI.....) le niveau des hautes eaux, selon les Eurocodes, au droit du site afin de vérifier si le terrain étudié est ou non inondable et de mener les enquêtes nécessaires à la caractérisation des circulations d'eau, et détermination des niveaux d'eau caractéristiques.**

### III.5. POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

Lors de travaux de terrassement, dès lors que les terres sont évacuées hors du site, ces dernières prennent un statut de déchet. Leur valorisation ou leur élimination en dehors du site doit donc répondre aux réglementations « déchets », conformément à l'Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010. Suite aux arrêtés du 12/12/2014, l'installation de stockage doit valider l'acceptation des terres après réception d'une Demande d'Acceptation Préalable (DAP) généralement portée par le terrassier ou l'entreprise générale (au nom du Maître d'Ouvrage). La DAP doit intégrer des analyses chimiques en laboratoire sur les terres à excaver. GEOTEC est à la disposition des intervenants pour réaliser cette prestation qui permettra de déterminer l'exutoire approprié (ISDI – Installation de Stockage de Déchets Inertes, ISDND – Déchets Non Dangereux ou ISDD – Déchets Dangereux, voire Biocentre) et d'anticiper les éventuels surcoûts en résultant.

### III.6. DONNEES SISMIQUES – RISQUE DE LIQUEFACTION

La classe de sol a été déterminée en application aux Eurocodes 8 dans le cadre de l'application des nouvelles règles parasismiques pour les bâtiments (décrets n°2010-1254 et 1255 du 22 octobre 2010).

#### - Classe sismique

D'après les règles de construction parasismiques EUROCODE 8 (NF EN 1998-1), **l'accélération horizontale de calcul au niveau d'un sol de type rocheux  $a_g$**  est donnée par :

$$a_g = \gamma_I * a_{gr}$$

Avec :

$\gamma_I$  : Coefficient d'importance : 1,0 dans notre cas (bâtiment de catégorie d'importance II (à confirmer par le maître d'ouvrage)) ;

$a_{gr}$  : Accélération maximale de référence au niveau d'un sol de type rocheux ( $0,7 \text{ m/s}^2$  dans notre cas).

La classe sismique du site a été déterminée conformément au § 3.1.2 « Identification des classes de sol » des règles de construction parasismiques EUROCODE 8.

Pour le mode de fondation présenté dans les pages suivantes (pieux pour la passerelle et murs de soutènement de 3-4 et 7m de hauteur au maximum), il s'agit de la **classe C** (*soit un paramètre de sol  $S = 1,5$* ).

**L'accélération horizontale maximale de surface pour une classe de sol C est égale à :  $S * a_g = 1,05 \text{ m/s}^2$**

Pour le mode de fondation présenté dans les pages suivantes (semelles pour le mur de soutènement de 1m de haut), il s'agit de la **classe E** (*soit un paramètre de sol  $S = 1,8$* ).

**L'accélération horizontale maximale de surface pour une classe de sol C est égale à :  $S * a_g = 1,26 \text{ m/s}^2$**

#### **- Risque de liquéfaction**

Rappel : la liquéfaction du sol est un processus dans lequel les terrains sous nappe perdent temporairement la totalité ou une partie de leur résistance, lorsqu'ils sont soumis à une sollicitation sismique. Typiquement, les formations sableuses lâches, saturées et de granulométrie uniforme et les formations fines très peu plastiques sont les sols les plus susceptibles de présenter ce risque.

En zone de sismicité 2, l'analyse de liquéfaction n'est pas requise.

## IV. TERRASSEMENTS ET MISE HORS D'EAU

### IV.1. TERRASSEMENTS

Les éventuels terrassements en déblai (a priori relativement limités) pourront être réalisés avec des moyens classiques au sein des formations superficielles.

Néanmoins, l'utilisation du BRH s'avèrera probablement rapidement nécessaire en cas de niveaux indurés ou de blocs dans ces formations, de remontée du substratum, de vestiges de construction dans les remblais.

### IV.2. PREPARATION DU SOL D'ASSISE POUR LES TALUS EN REMBLAIS

Après décapage des revêtements existants et des matériaux décomprimés superficiels sur une épaisseur de 1,50 m minimum par rapport au terrain actuel, les fonds de formes seront constitués par des formations alluvionnaires ou des remblais.

Toute poche de remblai hétérogène, évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée. Un examen soigneux du fond de terrassement devra être réalisé par un ingénieur spécialiste (dans le cadre des missions G3 et G4 par exemple).

Le compactage de l'ensemble des fonds de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les fonds de forme devront faire l'objet d'un contrôle (point d'arrêt) qui comprendra :

- **une inspection visuelle du fond forme et du dispositif de drainage,**
- **la réalisation d'essais à la plaque en fond de forme. La valeur de portance à obtenir devra être supérieure à la valeur suivante :**  
$$EV2 \geq 30 \text{ MPa (300 bars)}$$

Ponctuellement des défauts de portance du fond de forme pourront être rencontrés ( $EV2 < 30 \text{ MPa}$ ) qui pourront être dûs :

- soit à un changement local de l'état du matériau : zone anormalement humide par exemple,
- soit à un changement local de la nature du fond de forme : poche argileuse, remblais hétérogènes, matériaux putrescibles (bois...), remblaiements de tranchée non conformes,
- soit à la présence de vestiges de construction pouvant constituer des points durs préjudiciables.

Dans le cas où ce type d'anomalies serait rencontré, il sera nécessaire de prévoir des purges du fond de forme.

Le remblaiement des purges sera effectué et compacté par couche de 0,30 m d'épaisseur avec des matériaux d'apport grossiers insensibles à l'eau de type 0/150 mm par exemple.

L'assise des remblais des talus devra être horizontale. Sur les éventuelles parties en pente du terrain, des plates-formes horizontales seront réalisées ou des redents d'accrochage seront aménagés.

Les travaux de décapage et de remblaiement devront être réalisés lors de bonnes conditions météorologiques. Si des pluies se produisent pendant les travaux ou si les précipitations sont abondantes au cours des 2 mois précédant les travaux, des adaptations pourront être nécessaires (Mise en place d'une couche de blocage en 0/150 mm et/ou augmentation de l'épaisseur de la couche de forme, purges, mise en place d'un géotextile, amélioration du système de drainage, pompage...).

#### **IV.3. NATURE DES MATERIAUX CONSTITUANT LE REMBLAI**

Les matériaux des futurs talus seront principalement issus du site (provenant des travaux de la L2, des travaux d'aménagement, ...).

##### **- Remblaiement avec matériaux issus des travaux de la L2**

D'après les informations transmises lors de notre mission G1 PGC, il pourrait s'agir (d'après un courrier de la SRL2) de matériaux présentant les caractéristiques suivantes :

##### ***Nature des matériaux :***

- *Matériaux extraits des déblais L2 Nord, de type Limon marno-graveleux ou marno-sableux, de classification CiBi.*
- *Les plus gros éléments ne dépasseront pas 400 mm.*
- *Mise en œuvre suivant les règles de l'art. Objectif de compacité de type Q4. Stabilité du talus à 3H/2V.*

Les matériaux CB sont des matériaux comportant des fines et des gros éléments.

D'une manière générale, le réemploi de ces matériaux dépend fortement de l'état hydrique.

Les matériaux en état hydrique th ou ts sont inutilisables en l'état.

Par ailleurs, ces matériaux sont utilisables (d'après les prescriptions du GTR) en remblai de hauteur faible ( $\leq 5$  m) à moyenne ( $\leq 10$  m).

Dans tous les cas, le choix du matériau de remblai devra faire l'objet d'une étude spécifique spécifiant :

- La classe GTR,
- Les conditions et possibilité d'utilisation pour des hauteurs supérieures à 10 m,
- Les conditions de mise en œuvre,
- Une étude de stabilité générale.

Rappelons également que l'utilisation de la plupart des matériaux dépend grandement d'une part de l'état hydrique, et d'autre part des conditions météorologiques, et pourra nécessiter des adaptations (aération, traitement avec un réactif adapté, ....).

Dans le cas de matériaux sensibles aux variations hydriques, un traitement sera prévu en cas de conditions météorologiques défavorables.

L'épaisseur de chaque couche sera a minima de  $1,5 \times D_{max}$ . Cela pourra conduire à baisser de  $D_{max}$  à 300 mm, afin de compacter par couches de 50 cm d'épaisseur.

#### - Remblaiement avec matériaux d'apport

En cas de la non réutilisation des matériaux du site, le remblai de rehausse sera constitué d'un matériau noble insensible à l'eau, non gélif, de type D2 ou D3 (type 0/100 à 0/250) selon le GTR par exemple et comportant 4 à 8 % de fines. Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien) afin d'en valider les caractéristiques. Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées selon le GTR. Des redents d'accrochage seront aménagés sur les zones non horizontales ou sur les talus.

#### - Remblaiement avec matériaux du site

Les matériaux classés B5 avec un état hydrique moyen sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter. Ils peuvent être utilisés en remblai de la manière suivante, selon le GTR92 :

- En cas de pluie forte lors du chantier, ces matériaux ne sont pas utilisables ;
- En cas de pluie faible, ils peuvent être réutilisés pour des remblais de hauteur inférieure à 10m et après extraction frontale et compactage moyen ;
- En cas d'absence de pluie et d'évaporation importante, un compactage moyen est nécessaire ;
- En cas d'évaporation importante, un compactage moyen après arrosage ou un compactage intense en remplacement est nécessaire.

**NOTA :** Les sols rencontrés dans la zone restituée par la Métropole (sondage ST1) ne seront pas réutilisables en remblai (ils contiennent de nombreux débris).

#### - Essais de contrôle pour le remblaiement

Dans les deux cas évoqués précédemment, des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0,5 m à 0,8 m d'élévation avec au moins 1 essai tous les 500 m<sup>2</sup>.

Les valeurs minimales à obtenir (en tête du remblai) seront :

$$EV2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV2 / EV1 < 2,2$$

$$K_w > 50 \text{ MPa / m}$$

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur cette solution (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

#### IV.4. MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS ET RENFORCEMENTS PAR GEOGRILLES

La nature du remblai mis en place pourra dépendre d'éventuelles zones d'emprunt ou matériaux à disposition par le Maître d'Ouvrage.

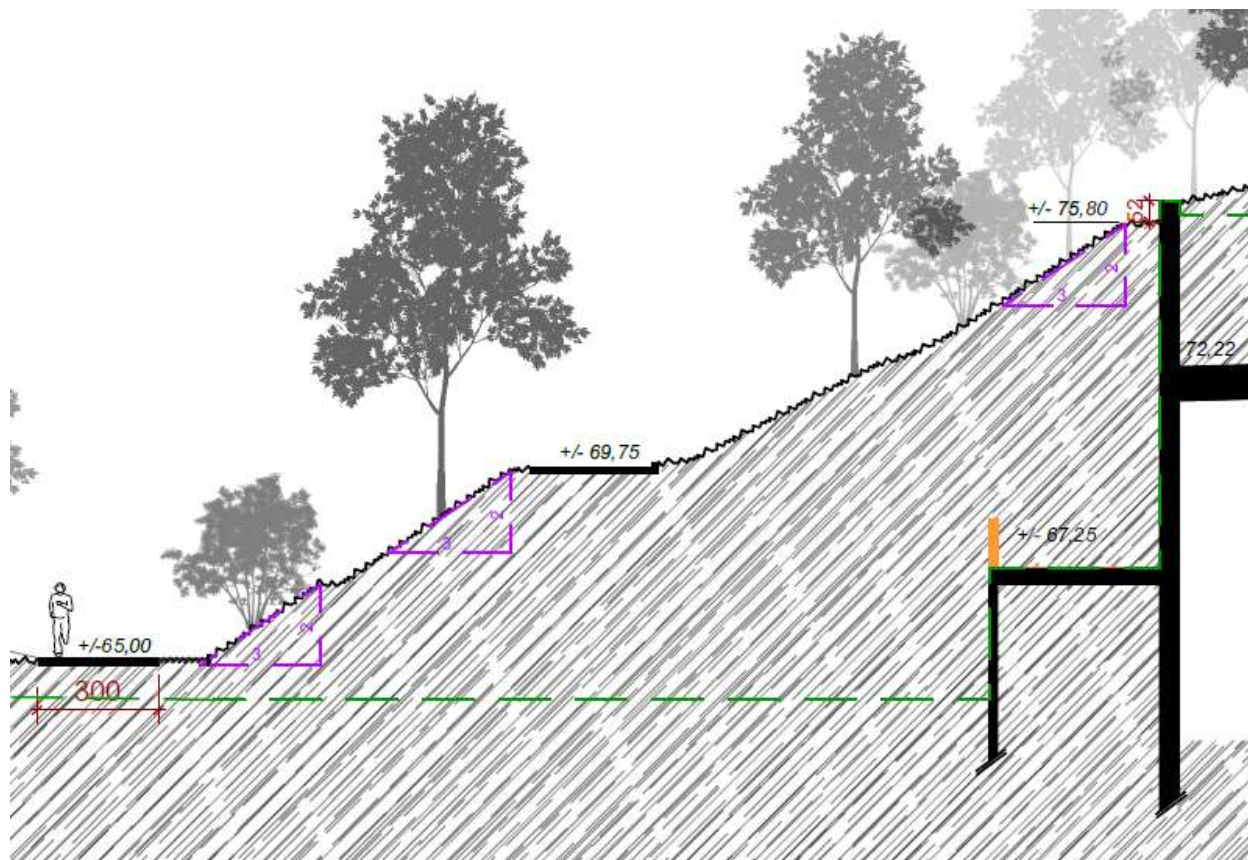
Si des matériaux de carrière sont prévus, ce remblai sera si possible constitué d'un matériau noble insensible à l'eau, non gélif.

Ces matériaux seront mis en œuvre selon la technique du remblai excédentaire.

**Lors de la mission G2 AVP, il avait été prescrit :**

- De limiter la hauteur des talus à 10 m,
- De limiter la pente à 3H/2V,
- D'établir des risbermes de l'ordre de 2 à 2,50 m de largeur tous les 2,50 à 3 m d'élévation.

Les coupes transmises pour la présente mission G2PRO reprennent cette pente de 3H/2V, mais sans inclure les risbermes intermédiaires.



Une modélisation a été menée en considérant :

**Une situation « unitaire » (situation provisoire).**

Les données d'entrée ne subissent aucune pondération (facteurs  $\Gamma = 1$ )

Le coefficient de sécurité recherché sur la stabilité générale est :

- $\Gamma_{\min} = 1,5$  (stabilité à long terme),
- $\Gamma_{\min} = 1,2$  (stabilité à court terme),
- $\Gamma_{\min} = 1,0$  (stabilité à très court terme – limite de stabilité – risques éventuels d'instabilités).

**Une Situation « Eurocode – Fondamental – Ouvrage courant » :** Stabilité à long terme.

Les remblais ont été modélisés avec les caractéristiques suivantes :

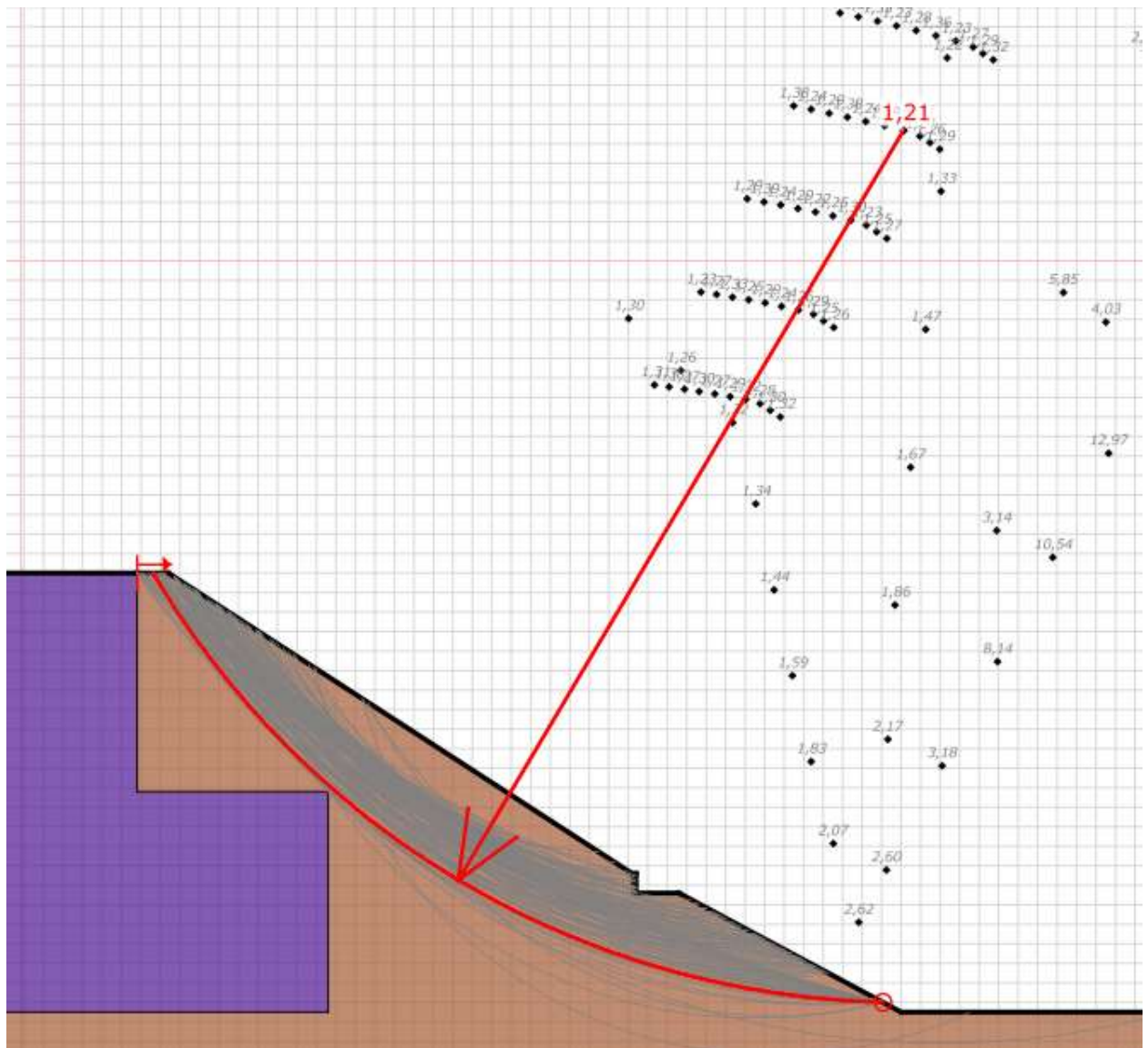
Cohésion  $c' = 5$  kPa,

Angle de frottement  $\Phi' = 25^\circ$

Densité  $\gamma = 1,8$  t/m<sup>3</sup>

Dans tous les cas, ces valeurs devront être vérifiées – ou adaptées – par l'entreprise dans le cadre de sa mission G3. Ces paramètres dépendent principalement des matériaux utilisés, et de la qualité du compactage.

En situation unitaire, et en considérant la coupe D, les talus paraissent **instables à court et long terme**. Ci-dessous, il est représenté l'ensemble des cercles de glissements avec un facteur de sécurité  $F < 1,5$ .



**Ainsi, si ces pentes sont conservées, il convient de prévoir un renforcement du massif par géotextile.**

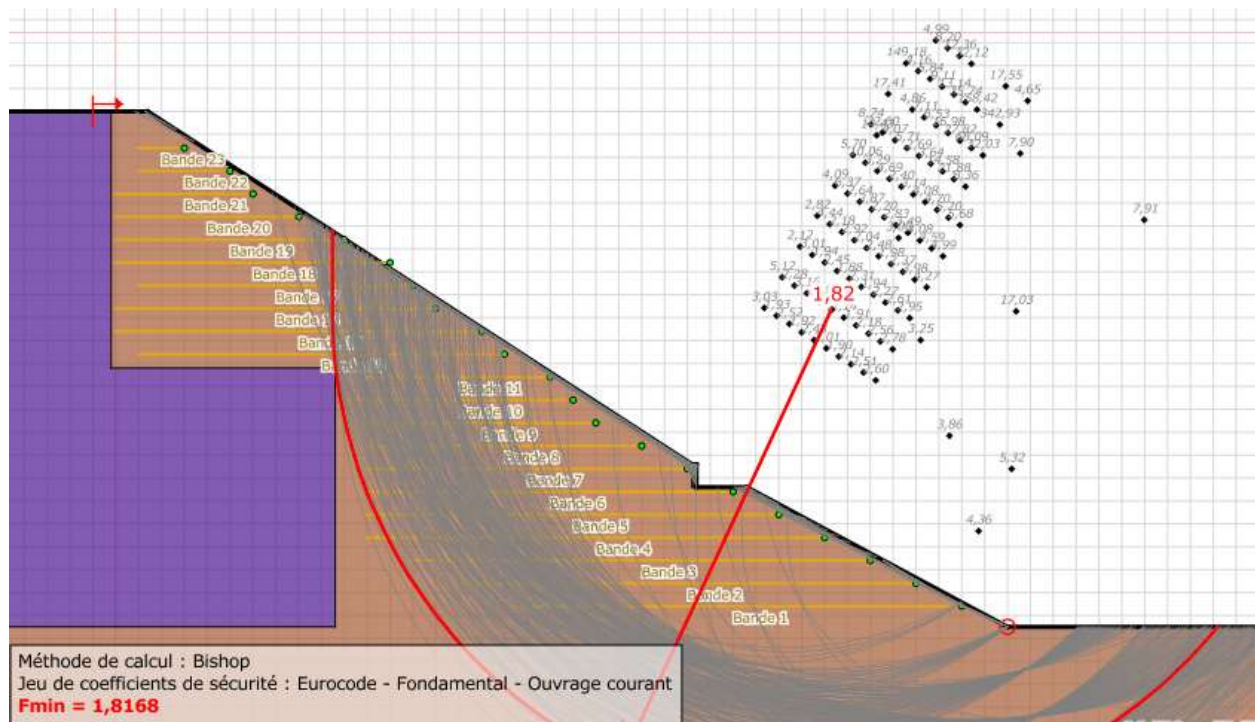
Ce géotextile en bande a été modélisé tous les 0,50 m d'élévation. Sur la coupe D, il a ainsi été modélisé 23 bandes entre les cotes 67,2 et 77,2.

Les longueurs des différentes bandes sont précisées dans le tableau ci-dessous.

	Nom	X	Y	Espacement horizontal	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion	TR	Longueur l
1	Bande 1	-8,000	67,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	10,000
2	Bande 2	-9,000	67,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	10,000
3	Bande 3	-10,000	68,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	10,000
4	Bande 4	-11,000	68,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	10,000
5	Bande 5	-12,000	69,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	9,000
6	Bande 6	-13,000	69,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	8,000
7	Bande 7	-14,000	70,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	7,000
8	Bande 8	-15,000	70,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	6,000
9	Bande 9	-16,000	71,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	5,000
10	Bande 10	-16,500	71,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	5,000
11	Bande 11	-17,000	72,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	4,000
12	Bande 12	-18,000	72,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	8,000
13	Bande 15	-18,500	73,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	8,000
14	Bande 16	-19,500	73,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	7,000
15	Bande 17	-20,000	74,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	6,000
16	Bande 18	-20,500	74,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	6,000
17	Bande 19	-21,500	75,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	5,000
18	Bande 20	-22,500	75,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	4,000
19	Bande 21	-23,500	76,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	3,000
20	Bande 22	-24,000	76,700	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	2,000
21	Bande 23	-25,000	77,200	1,000	0,000	0,200	10,00	48,0	1,000

Les bandes modélisées présentent une résistance à la traction de 48 KN/m.

Avec ces caractéristiques, le facteur de sécurité passe à 2,67 en situation unitaire, et à 1,82 en situation « Eurocode – Fondamental – Ouvrage courant ».



Dans tous les cas, le choix des matériaux de remblaiement, bandes de renforcements, pentes définitives,... devront être définies lors des études d'exécution de l'entreprise (mission G3 notamment).

En particulier, les qualités du matériau mis en œuvre devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien) afin d'en valider les caractéristiques. Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées selon le GTR. Des redents d'accrochage seront aménagés sur les zones non horizontales ou sur les talus.

#### IV.5. SUJETIONS D'EXECUTION

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- drainage permanent de la plate-forme (gravitaire, tranchées, pompage ...) ;
- si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : cloutage, géotextile, traitement au liant hydraulique,... ;
- protection des talus en phase provisoire (fossés de tête et de pied, polyane ...) ;
- protection de talus en phase définitive (engazonnement, plantations, système pérenne de récupération des eaux,...).

#### IV.6. TASSEMENTS / POINÇONNEMENT DU SOL D'ASSISE

Un remblai pouvant atteindre 10 m est prévu pour l'aménagement du site.

Pour un remblai de densité moyenne ( $\gamma = 2 \text{ t} / \text{m}^3$  – à préciser en mission G2PRO selon matériau d'apport), une surcharge de l'ordre de  $20 \text{ t} / \text{m}^2$  sera ainsi apportée au terrain (surcharges apportées par les talus).

D'après les sondages réalisés lors des différentes missions, la contrainte de calcul à prendre en compte pour les justifications vis-à-vis des Etats Limites Ultimes et de Services (après décapage du terrain sur un minimum de 1,50 m, et respect des prescriptions des paragraphes précédents) seront limitées à :

$$q_{ELU} \leq 0,30 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS} \leq 0,20 \text{ MPa}$$

**En l'état, les contraintes amenées par le remblai peuvent ainsi être égales ou légèrement supérieures à ces contraintes admissibles. Des renforcement de sol (colonnes ballastées, inclusions rigides,...) ou l'utilisation de remblais allégés pourront être prévus afin de ne pas dépasser ces contraintes.**

### - Tassements

Moyennant une exécution soignée des fouilles et pour les hypothèses de charge de 20 t / m<sup>2</sup>, les tassements estimés par la méthode pressiométrique varient de 5 à 7 cm au maximum. Ces tassements maximum sont obtenus au droit des talus, côté L2, où les hauteurs de remblai sont les plus importantes. Ces tassements décroissent en s'éloignant de la L2.

Les tassements verticaux en base des talus sont fournis en annexes. Les talus ont été modélisés par une surface de 240 m (longueur) x 20 m (largeur), avec des surcharges tenant compte de la configuration des talus qui sont en pente (les surcharges sont égales à 200 kPa côté L2 et décroissent en direction du Nord pour arriver à 0 kPa en pied de talus).

Ces tassements sont ceux du sol support, et ne tiennent pas compte du tassement du remblai sur lui-même.

**Ces tassements sont importants, et peuvent déstabiliser les fondations de la tranchée couverte, si elles n'ont pas été dimensionnées en conséquence (prise en compte de frottement négatif notamment). Dans tous les cas, le constructeur de la tranchée couverte devra impérativement valider que ces tassements et frottements négatifs puissent être repris par l'ouvrage et ses fondations.**

## IV.7. MISE HORS D'EAU

Lors de notre campagne de reconnaissance (du 29 Juin au 03 Juillet 2020 et du 09 Décembre au 17 Décembre 2020), la méthode de foration des sondages pressiométriques (à l'eau) n'a pas permis de mettre en évidence un éventuel niveau d'eau.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

Il appartiendra aux concepteurs de mener les enquêtes nécessaires afin de déterminer le niveau des plus hautes eaux connues dans le secteur afin de définir les préconisations à respecter, et en particulier pour d'éventuels ouvrages enterrés selon leur calage altimétrique.

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations et sur le talus sera proscrite. Pour ce faire, les eaux de ruissellement seront soigneusement collectées et évacuées vers un exutoire efficace, dimensionné de manière suffisante et implanté en tenant compte des existants et avoisinants.

\*

\*      \*

## V. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

Au droit de nos sondages, le toit de formations marneuses compactes se situe entre 5.80 et 10.60 m /TA de profondeur. Des formations à faibles/moyennes caractéristiques mécaniques sont présentes jusqu'à ces profondeurs. Toute solution de fondations superficielles sollicitant le sol en l'état doit ainsi être écartée.

Il sera alors envisagé la réalisation de fondations profondes type pieux pour les culées de la passerelle piétonne.

### V.1. MODELE GEOTECHNIQUE

Sur la base des sondages réalisés, le modèle géotechnique suivant est retenu au droit de l'ouvrage à réaliser, sur la base des sondages réalisés :

Nature du sol	Profondeur de la base/TA	Epaisseur	PI*	E <sub>M</sub>	$\alpha$	$\alpha$ pieu-sol	fsol et courbe	Qs max	Qs retenu	Kp
[-]	[m]	[m]	[MPa]	[MPa]	[-]	/	[kPa]	[kPa]	[kPa]	
Remblais limono-argileux	3,80	3,80	0,70	4,5	0,67	-	-	-	-	-
Sable argileux +/- limoneux	9,10	5,30	0,50	5	0,33	1,1	38 (Q1)	90	38	-
Marne sableuse	10,10	1,0	2,50	22	0,50	1,5	150 (Q4)	170	150	-
Marno-calcaire	> 15	> 5,0	5,0	150	0,50	1,6	200 (Q5)	200	200	1,45

**NOTA :**  $\alpha$  pieu-sol et fsol sont donnés pour des pieux forés simples (classe 1 - catégorie 1).

### V.2. FONDATIONS PROFONDES PAR PIEUX (NF P94-262 EUROCODE 7)

#### - Principe de fondation

Le principe de fondation pourra consister à reporter les charges de la passerelle par l'intermédiaire de pieux forés ancrés dans les marnes calcaires compactes, identifiées à partir d'une profondeur comprise entre 5.80 et 10.30 m/TA au droit des sondages pressiométriques.

Le substratum Stampien, présent au droit du site, peut se présenter sous différents faciès (argileux, marneux, gréseux, conglomératique,...). Cette hétérogénéité s'accompagne d'une forte variation des caractéristiques mécaniques, et donc de la rippabilité (utilisation de moyens lourds type BRH pour les terrassements) ou de la forabilité (cas par exemple de pieux à la tarière creuse pouvant enregistrer des refus prématurés au toit des formations les plus compactes).

**Nous attirons ainsi l'attention des entreprises sur la possible forte compacité en tête de substratum pouvant engendrer des refus prématurés selon le matériel utilisé (cas de la tarière creuse par exemple).**

### - Choix de la méthode de calcul

Nous utiliserons ci-après la procédure « modèle de terrain » qui consiste à déduire d'un modèle géotechnique du site les valeurs caractéristiques de la résistance de pointe et du frottement axial unitaire dans les différentes couches de sol.

Selon la norme NFP 94-262 (Eurocodes 7 – Fondations profondes), il convient de vérifier que

- la valeur de calcul à l'ELS de la charge axiale  $F_d$  transmise par un pieu est inférieure ou égale à la valeur de calcul de la charge de fluage de compression  $R$  tel que :

$$F_d \leq R_{c;cr;d}$$

- la valeur de calcul à l'ELU de la charge de compression axiale  $F_{c;d}$  est inférieure ou égale à la valeur de calcul de la portance  $R_{c;d}$  tel que :

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

Selon les termes de la NFP94-262, les charges admissibles en compression sont données par les formules :

$$R = \Gamma_1.R_s + \Gamma_2.R_b$$

- Avec  $R = R_{c;cr;d}$  à l'ELS ou  $R = R_{c;d}$  à l'ELU  
 $R_b$  : résistance limite de pointe, avec  $R_b = A \cdot k_p \cdot p_{le}^*$   
 $R_s$  : résistance limite en frottement latéral, avec  $R_s = \pi D \sum h_i \cdot q_{si}$
- Où :  $A$  est la section du pieu et  $D$  son diamètre  
 $k_p$  le facteur de portance,  $p_{le}$  la pression limite nette équivalente,  
 $q_{si}$  le frottement latéral limite dans la couche  $i$  d'épaisseur  $h_i$ .

Les coefficients de sécurité globaux ( $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$ ) retenus en compression sont les suivants pour la méthode pressiométrique.

	ELS qp	ELS caract	ELU fond	ELU accid
Latéral ( $\Gamma_1$ )	0,503	0,615	0,719	0,791
Pointe ( $\Gamma_2$ )	0,359	0,439	0,719	0,791

### - Combinaisons et descentes de charges retenues

Les descentes de charges pondérées des culées et piles de la passerelle piétonne nous ont été transmises :

DDC Culée C0	N	H	M
	(t)	(t)	(t.m)
ESL QP	80	12	10
ELS Fréquent	85	15	15
ELS Caractéristique	90	20	20
ELU Fondamental	120	25	25
ELU Sismique	90	30	30

DDC Pile	N	H	M
	(t)	(t)	(t.m)
ESL QP	170	0	20
ELS Fréquent	190	0	25
ELS Caractéristique	200	20	35
ELU Fondamental	280	25	50
ELU Sismique	180	45	70

DDC Culée C2	N	H	M
	(t)	(t)	(t.m)
ESL QP	225	50	80
ELS Fréquent	230	55	95
ELS Caractéristique	235	60	115
ELU Fondamental	320	85	160
ELU Sismique	250	130	320

**NOTA :** Les charges ci-dessus sont uniquement en compression.

### - Frottement négatif

La réalisation des talus en remblais à proximité de la passerelle piétonne induiront des tassements sur les couches compressibles et créera un frottement au contact sol/pieu provoquant un effort de compression dans les pieux.

La surcharge engendrée par ces remblais est comprise entre 0 et 200 kPa (lorsque nous avons 10 m de remblais).

L'évaluation de ces « efforts négatifs » a été calculée au moyen de la méthode itérative du fascicule 62.

Nous avons estimé que les pieux de la passerelle ne seraient pas situés en limite des talus en remblais mais distants à minima d'une dizaine de mètres. Ainsi, pour le calcul du

frottement négatif, nous avons considéré que ce dernier serait induit par un tassement des talus d'environ 1 centimètre. Ce tassement est obtenu pour une surcharge de 18 kPa.

Ainsi, pour les pieux de Ø 1200 mm, les efforts ci-dessous devront être intégrés aux efforts de compression dans le dimensionnement :

- Surcharge d'exploitation de 18 kPa pour le pieux de Ø 1200 mm : **Fnd = 575 kN**.

## VI. Dimensionnement GEO

Le dimensionnement ci-après est réalisé :

- à l'ELS quasi permanent & caractéristique et à l'ELU Fondamental,
- avec la méthode pressiométrique,
- selon le « modèle de terrain »,
- pour des efforts verticaux de compression,
- en considérant une neutralisation sur la hauteur des remblais.

Pour un pieu exécuté en foré simple (classe 1 – catégorie 1) ancré de 3Ø minimum dans le marno-calcaire compact, le résultat est le suivant :

Projet	Diamètre du pieu	Longueur du pieu/TA (*)	Qs	Qp	Capacité portante à l'ELS Caractéristique en compression			Capacité portante à l'ELS Quasi Permanent en compression			Capacité portante à l'ELU Fondamental en compression		
					R <sub>c;cr;d</sub>	F <sub>d</sub>	Vérif.	R <sub>c;cr;d</sub>	F <sub>d</sub>	Vérif.	R <sub>c;d</sub>	F <sub>c;d</sub>	Vérif.
-	[mm]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		[kN]	[kN]		[kN]	[kN]	
Culée C0	1200	14,0	4265,4	7852,6	6074,8	1418	ok	4969	1318	ok	8707,8	1718	ok
Pile	1200	14,0	4265,4	7852,6	6074,8	2518	ok	4969	2218	ok	8707,8	3318	ok
Culée C2	1200	14,0	4265,4	7852,6	6074,8	2868	ok	4969	2768	ok	8707,8	3718	ok

Projet	Diamètre du pieu	Longueur du pieu/TA (*)	Qs	Qp	Capacité portante à l'ELU Sismique		
					R <sub>c;cr;d</sub>	F <sub>d</sub>	Vérif.
-	[mm]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
Culée C0	1200	14,0	4265,4	7852,6	9579,5	1418	ok
Pile	1200	14,0	4265,4	7852,6	9579,5	2318	ok
Culée C2	1200	14,0	4265,4	7852,6	9579,5	3018	ok

**NOTA : Compte tenu des talus en remblai qui seront réalisés à proximité, un frottement négatif d'environ 575 kN a été pris en compte dans les vérifications ci-dessus. Cette charge s'ajoute aux charges verticales en compression. Par exemple, pour la culée C0, à l'ELS Caractéristique, nous avons une charge verticale de 900 kN, auxquelles viennent s'ajouter 575 kN dû au frottement négatif.**

(\*) Nous avons considéré un ancrage d'au moins 3 diamètres dans le substratum marno-calcaire compact.

Le détail des calculs est présenté en annexe, réalisé au moyen du logiciel Foxta v4.

## VII. Justification STR (NF P 94-262)

La résistance structurelle (STR) du béton constituant les pieux est vérifiée pour les différentes combinaisons :

- à l'ELS (à la compression simple et à la flexion composée) ;
- à l'ELU Fondamental (à la flexion composée) ;

Les valeurs de contrainte moyennes et maximale à l'ELS et de calcul à l'ELU sont déterminées ci-après d'après la norme NF P 94-262 par les formules suivantes :

- ❖ Valeur caractéristique de la résistance à la compression :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{max}; f_{ck}) \frac{1}{k_1 k_2}$$

- ❖ Valeur de calcul de résistance à la compression du béton à l'ELU :

$$f_{cd} = \min\left(\alpha_{cc} k_3 \frac{f_{ck}^*}{\gamma_c}; \alpha_{cc} \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c}; \alpha_{cc} \frac{C_{max}}{\gamma_c}\right)$$

- ❖ Valeur moyenne de la résistance à la compression à l'ELS :

$$0,3 k_3 f_{ck}^*$$

- ❖ Valeur maximale de la résistance à la compression à l'ELS :

$$\min(0,6 k_3 f_{ck}^*; 0,6 f_{ck})$$

On considère que le béton utilisé est de type C30/37

Pour une méthodologie en pieu foré simple, pour des Ø800 mm, on a  $C_{max}=35$  MPa ;  $k_1=1.3$  et  $k_2=1.1$ .

On retient  $k_3=1.2$  (avec contrôle renforcé de l'intégrité des pieux) et  $\alpha_{cc} = 1$  (pieu considéré armé).

Les calculs amènent aux valeurs suivantes :

Combinaisons	fck* (MPa)	$\sigma_{moy.}$ (MPa)	$\sigma_{max}$ (MPa)	F <sub>cd</sub> ELU Fond (MPa)	F <sub>cd</sub> ELU Sism (MPa)
Valeurs	22	7,9	15,8	18	22

### - Vérification STR

La vérification STR du béton est menée avec des pieux qui répondent aux caractéristiques géométriques suivantes :

Diamètre (m)	Aire (m <sup>2</sup> )	Inertie (m <sup>4</sup> )	I/v (m <sup>3</sup> ) avec v = D/2	E <sub>young</sub> (MPa)	E.I (MN.m <sup>2</sup> )
1,20	1,13	0,10	0,17	E <sub>CT</sub> : 30000 E <sub>LT</sub> : 10000	E.I <sub>CT</sub> : 3000 E.I <sub>LT</sub> : 1000

Les contraintes normales à la compression du béton sont déterminées par les formules suivantes :

- A la flexion composée (ELS, ELU Fond) =  $N/Aire + Mf / (I/V)$

Les calculs amènent aux résultats suivants :

### ELS Caractéristique

Combinaisons	Øpieu (m)	N (kN)	MF (m.kN)	$\sigma_{max}$ calculé (MPa)	$\sigma$ admissible (MPa)	Vérification
Culée C0	1,20	1418	118	1,95	7,9	ok
Pile	1,20	2518	118	2,9	7,9	ok
Culée C2	1,20	2868	354	4,6	7,9	ok

### ELU Fond

Combinaisons	Øpieu (m)	N (kN)	MF (m.kN)	$\sigma_{max}$ calculé (MPa)	$\sigma$ admissible (MPa)	Vérification
Culée C0	1,20	1718	148	2,4	18	ok
Pile	1,20	3318	148	3,8	18	ok
Culée C2	1,20	3718	502	6,2	18	ok

## ELU Sism

Combinaisons	Øpieu (m)	N (kN)	MF (m.kN)	$\sigma$ max calculé (MPa)	$\sigma$ admissible (MPa)	Vérification
Culée C0	1,20	1418	196	2,4	22	ok
Pile	1,20	2318	294	3,8	22	ok
Culée C2	1,20	3018	849	7,7	22	ok

**NOTA :** Une rotation nulle a été imposée en tête des pieux pour toutes les combinaisons. Si le bureau d'études structure ne peut valider cette hypothèse, il conviendra de revoir ces vérifications, avec des pieux de diamètre plus importants.

Les calculs de vérification STR montrent que la justification structurelle du béton des pieux à la compression est vérifiée pour les données présentées ci-avant (efforts, diamètre et contrainte admissible du béton) et sans prise en compte du ferrailage. Il conviendra au BE Structure et/ou à l'entreprise de dimensionner les armatures des pieux notamment vis-à-vis d'éventuelles contraintes de traction et d'effort tranchant.

### **Remarques importantes :**

**Nous rappelons que cette vérification est donnée pour un type de pieu et des efforts définis, il appartient au BE Structures et/ou l'Entreprise chargée des travaux de justifier son choix de pieux en expliquant la méthode d'exécution et en fournissant une note de calcul du dimensionnement (mission de type G3) sur les bases de la présente étude géotechnique.**

### **- Tassements**

Sous réserve d'une exécution soignée des pieux et du respect des hypothèses précitées, les tassements théoriques absolus seront de l'ordre du demi-centimètre en tête de pieu.

### **- Sujétions d'exécution**

Les pieux seront réalisés selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes, conformément aux normes européennes d'exécution des pieux.

Pour traverser tous les terrains de forte consistance (vestiges dans des remblais, vestiges de fondations, passages graveleux denses) et atteindre l'ancrage nécessaire, l'entreprise devra mettre en œuvre le matériel adapté, ce qui pourra conduire à l'utilisation du trépan, de carottage ou à modifier le choix du type de pieu et / ou sa mise en œuvre. Ces moyens seront tels qu'ils ne provoquent pas de désordres aux avoisinants (*voiries, réseaux, bâtiments ...*).

**Nous rappelons en ce sens la présence d'horizons très compacts en tête de substratum pouvant engendrer des refus courts selon la technique employée (tarière creuse par exemple).**

Le type de pieux et la mise en œuvre devront prendre en compte :

- **La compacité du substratum,**
- La présence de passages bouillants et graveleux,
- La présence d'une nappe (cote à caler précisément),
- **La présence de remblais, d'éventuels vestiges de fondation,**
- Les variations du toit du sol d'ancrage (remontée ou approfondissement),

Des surconsommations de béton sont à prévoir dans les formations traversées compte tenu du risque de bouilliance. En cas de surconsommation trop importante, il pourra s'avérer nécessaire de changer de technique de pieu (foré tubé par exemple).

#### - Contrôles

Des essais de traction verticale et horizontale (ou bien inclinés) seront effectués par l'entreprise chargée de l'exécution des fondations afin de contrôler la capacité du sol d'ancrage à reprendre les charges ELS et ELU. Ces essais seront validés par un géotechnicien dans le cadre de la mission G3 ou G4.

### V.3. PLATEAUX SPORTIFS SUR COUCHE DE FORME COMPACTE

#### - Niveaux d'assise

Compte tenu des caractéristiques du projet, de la configuration géotechnique du site et des informations transmises par la maîtrise d'œuvre, les plateaux sportifs reposeront sur une **couche de forme** d'au moins 0.60 m et une ou deux couches de géotextile.

L'épaisseur importante de la couche de forme est nécessaire en raison de la portance très hétérogène des sols d'assises. Elle sera toutefois adaptée en fonction de la portance de la plateforme au démarrage des travaux

A ce stade, compte tenu des différents essais réalisés, nous estimons une portance de plateforme d'environ 5 à 10 MPa, après purge des 20 à 30 premiers centimètres altérés.

#### - Sujétions d'exécution

La couche de forme sera mise en place après réalisation des terrassements en pleine masse et **décapage de la frange superficielle altérée et boueuse** pour permettre la réalisation d'une épaisseur minimale de 0.60 m et débordant d'autant du radier. Elle reposera sur un **géotextile**.

**Ces épaisseurs de couche de forme minimale seront à adapter selon la portance réelle mesurée lors des travaux et des conditions climatiques.** Elles devront être déterminées lors de la mission G3 de l'entreprise, incluant notamment des essais à la plaque en fond de forme, ainsi que des planches d'essai.

**Compte tenu de la présence de remblais et de la forte hétérogénéité mécanique de ces formations, un point d'arrêt sera mené pour un contrôle de la qualité du fond de forme (mission G4 notamment).**

Après mise à niveau du fond de forme, celui-ci sera reconditionné. Son compactage sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux. Ceux-ci devront être réalisés dans de bonnes conditions météorologiques. Selon l'état du fond de forme (à contrôler dans le cadre des missions G3 et G4), des adaptations pourront être nécessaires (*cloutage du fond de forme, drainage, traitement à la chaux, etc.*) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

On veillera également à purger toute poche de moindre consistance ou de remblai impropre détecté lors des terrassements.

Les matériaux de la couche de forme devront être insensibles à l'eau et seront de classification GTR D31 à granulométrie continue, compactée au minimum à 95 % de l'OPM.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

#### - Contrôles

La couche de forme sera réceptionnée par essais à la plaque, selon le mode opératoire LCPC avec comme valeurs cibles :

$$EV_2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV_2 / EV_1 < 2,2$$

$$Kw > 50 \text{ MPa/m}$$

Dans tous les cas, des planches d'essai seront réalisées au démarrage du chantier pour s'assurer que ces valeurs puissent être atteintes. Le cas échéant, l'épaisseur de la couche de forme sera adaptée jusqu'à atteindre cette valeur.

### V.4. FONDATIONS DES MURS DE SOUTÈNEMENT

Des murs de soutènement d'une hauteur de 1m, 3 à 4m et 7m sont prévus. A ce stade, les coupes de ces murs ne nous ont pas été transmises. Il conviendra de nous les transmettre pour mise à jour de ce rapport.

Compte tenu des terrains superficiels, deux modes de fondation seront envisagés.

- Murs de 1 m de hauteur

#### - Principe de fondation - niveaux d'assise

Le principe de fondation consistera à fonder les murs de soutènement d'une hauteur d'un mètre par des **semelles superficielles** descendues dans les **remblais d'apport mis en place après la purge des terrains superficiels sur 1,50 m**.

Le niveau d'assise respectera le plus restrictif des critères suivants :

- ancrage de 0,30 m dans le remblai d'apport,
- profondeur minimale de 0,50 m / terrain extérieur fini (cote hors gel).

Le niveau d'assise retenu devra par ailleurs permettre d'assurer la stabilité des ouvrages (stabilité au renversement notamment).

De plus les fondations du projet et les fondations avoisinantes (*bâtiment, voirie, talus, réseaux, etc.*) arrêtées à des niveaux différents seront établies en redents selon une pente de 3 H / 2 V.

### - Contraintes limites de calcul

Sous réserve du respect du principe de fondation précité (et du bon compactage des remblais d'apport en surface), les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour les justifications vis-à-vis des Etats Limites Ultimes et de Services seront limitées à :

$$q_{ELU} \leq 0,24 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS} \leq 0,15 \text{ MPa}$$

**NOTA** : Les murs seront dimensionnés une fois les coupes transmises.

- Murs de 3-4 m et 7 m de hauteur

### - Principe de fondation - niveaux d'assise

Compte tenu des importantes hauteurs à soutenir, le principe de fondation consistera à fonder les murs de soutènement de 3-4 m ou 7 m de hauteur par des **pieux forés, sous la semelle du mur de soutènement. Deux pieux pourront être fondés sous la semelle, l'un travaillant en compression et le second en traction.** Les pieux seront ancrés dans le substratum marneux compact.

Le substratum Stampien, présent au droit du site, peut se présenter sous différents faciès (argileux, marneux, gréseux, conglomératique,...). Cette hétérogénéité s'accompagne d'une forte variation des caractéristiques mécaniques, et donc de la rippabilité (utilisation de moyens lourds type BRH pour les terrassements) ou de la forabilité (cas par exemple de pieux à la tarière creuse pouvant enregistrer des refus prématurés au toit des formations les plus compactes).

**Nous attirons ainsi l'attention des entreprises sur la possible forte compacité en tête de substratum pouvant engendrer des refus prématurés selon le matériel utilisé (cas de la tarière creuse par exemple).**

**NOTA** : Les paramètres de dimensionnement des pieux sont donnés dans le paragraphe V.1.

**NOTA** : Le dimensionnement des murs et pieux sera réalisé après réception des coupes. Une mise à jour de ce rapport sera prévue.

### - Drainage et remblaiement à l'arrière des ouvrages

Les murs soutenant les terres seront équipés d'un massif drainant amont toute hauteur jusqu'à -0.5 m/niveau fini (1), sur une épaisseur de l'ordre de 0.5 m, ou d'un drain géo-composite drainant avec un drain de pied et un système d'évacuation fiable vers l'aval. Des barbacanes seront disposées en base de mur selon un espacement de l'ordre de 3 m.

(1) : La frange superficielle des remblais (50 derniers centimètres) sera constituée avec des matériaux peu perméables pour éviter l'infiltration des eaux de surface dans le drain.

Le remblaiement à l'arrière du massif drainant, se fera avec des matériaux bloquants dont la mise en œuvre sera soignée (après pose d'un géotextile anticontaminant).

Les matériaux répondront aux caractéristiques suivantes :

- Pour le massif drainant (si géo-composite drainant non prévu) :
  - granularité : 40/80 mm,
  - classification GTR : D31.
- Pour le remblai bloquant et frottant à l'arrière du massif drainant :
  - granularité : 0/80 à 0/150 mm,
  - granulométrie continue,
  - classification GTR : D3 ou CB3.

#### - Sujétions d'exécution

Il sera nécessaire de respecter les points suivants :

- l'ensemble des eaux de ruissellement sera capté durant le chantier,
- un suivi des déformations en tête d'ouvrage devra être réalisé.

Le sol d'assise des fondations devra être homogène sous l'ensemble de chacun des murs.

Tout vestige (anciennes fondations, ancien ouvrage enterré, ...) sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

**Des venues d'eau en fond de fouille pourront se produire. Il conviendra ainsi de travailler en période de basses eaux et de prévoir, le cas échéant, un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains (*drainage, pompage par exemple*).**

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

\*

\*      \*

## VIII. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la phase avant-projet de la mission d'étude géotechnique de conception. Cette phase G2AVP confiée à GEOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte des résultats des investigations, et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques projetés.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet sont notamment :

- le type de matériau utilisé pour les talus en remblai,
- les variations latérales de faciès,
- les variations (remontée ou approfondissement) du substratum,
- **l'épaisseur de remblais entre nos points de sondages,**
- **la présence de vestiges de fondations ou d'ouvrages en béton pouvant nécessiter l'utilisation de matériel spécifique, comme le BRH,**
- les arrivées d'eau en phases provisoires et définitives,
- les niveaux d'eau caractéristiques (EH, EE, ...),
- Les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse, difficilement quantifiables,
- **la confirmation de la prise en compte des surcharges mitoyennes et des frottements négatifs pour les pieux de la L2.**

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le choix, et donc le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2DCE/ACT à G4) devra suivre la présente étude.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

\*

\*      \*

## CONDITIONS GENERALES

### 1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales. Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

### 2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission. Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client. Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

### 3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client. La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines. Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés. Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

### 4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

### 5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

### 6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

### 7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

### 8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

### 9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inhérentes à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

### 10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

## CONDITIONS GENERALES (SUITE)

### 11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettrait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

### 12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

### 13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

### 14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

### 15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

### 16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

### 17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

### 18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

## CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

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 PREALABLE (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 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, 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).
- Elaborer 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.

### 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).

## ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

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 dans les tableaux 1 et 2. 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'oeuvre	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 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Etude de Site (ES)</b>		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) <b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		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 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Avant-projet (AVP)</b>		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 ( <i>choix constructifs</i> )
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) <b>Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)</b>	Etude 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 ( <i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i> )	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)</b>	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
A 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

## **ANNEXES**

- Annexe 1 : PLAN D'IMPLANTATION
- Annexe 2 : SONDAGES ET ESSAIS

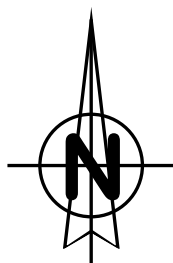
*ANNEXE 3 :  
Sondages et Essais*



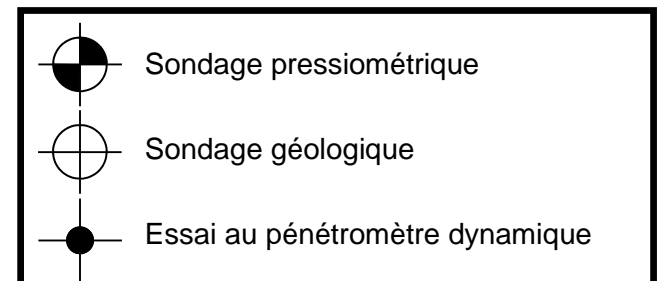
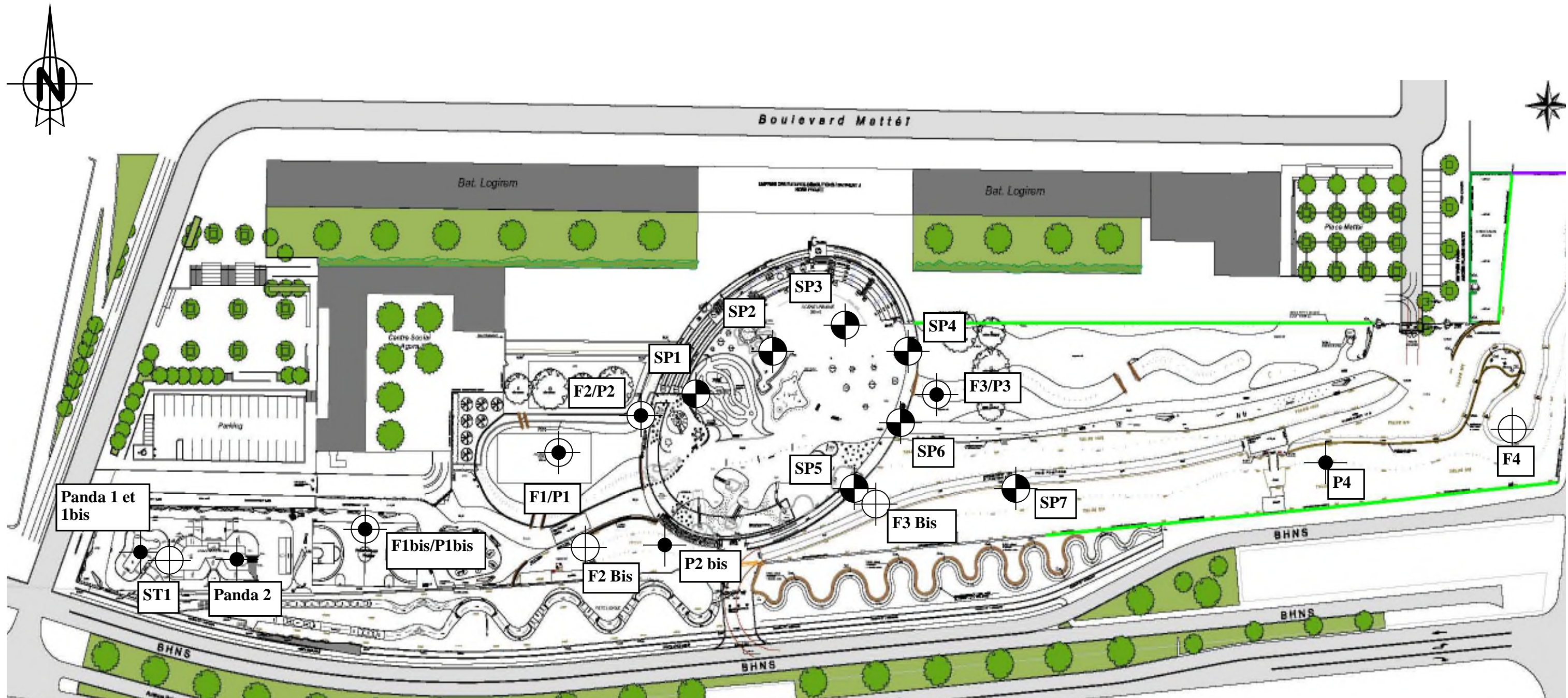
# GÉOTEC

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

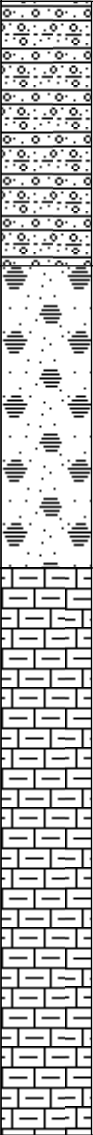
**GEOTEC 16/08426/MARSE**  
**MARSEILLE**  
**PLAINE DES LOISIRS**  
Plan de situation



*ANNEXE 1 :  
Plan d'implantation*



*ANNEXE 3 :  
Sondages et Essais*

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
0,00	0,00				0	0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10	0,1 1 10	
					1	36,9	1,24	1,98	19
					2				
					3	24,1	0,83	1,38	17
-3,50	3,50	3,50 m			4	21,9	1,02	1,58	14
					5	15,7	0,56	0,83	19
					6				
					7	14,7	0,61	1,40	10
-7,50	7,50	7,50 m			8				
					9	213	> 5,01	> 5,01	< 43
					10				
					11	169	> 5,01	> 5,01	< 34
					12				
					13	> 66,1	> 3,76	> 3,76	> 18
					14				
					15	359	> 5,01	> 5,01	< 72
-15,00	15,00	15,00 m			16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Forage à l'eau

ROT  
64

15,00 m

Observations :

EXGTE 3.22

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
0,00	0,00					0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10	0,1 1 10	
-0,60	0,60	<b>R<sub>D</sub>R</b> Remblai limono-sableux marron 0,60 m			0				
					1	1,12	0,16	0,22	5
					2	8,76	0,47	0,73	12
-3,60	3,60	Limon sableux marron à graviers (remblai ?) 3,60 m			3				
					4	15,0	0,85	1,94	8
					5	27,9	1,63	3,10	9
-5,80	5,80	Marne sableuse beige 5,80 m			6				
					7	179	> 5,02	> 5,02	< 36
					8				
					9	65,5	> 5,01	> 5,01	< 13
					10				
					11	186	> 5,02	> 5,02	< 37
					12				
-13,00	13,00	Marno-calcaire beige grisâtre 13,00 m			13	275	> 5,02	> 5,02	< 55
					14				
-15,00	15,00	Marno-calcaire beige 15,00 m			15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

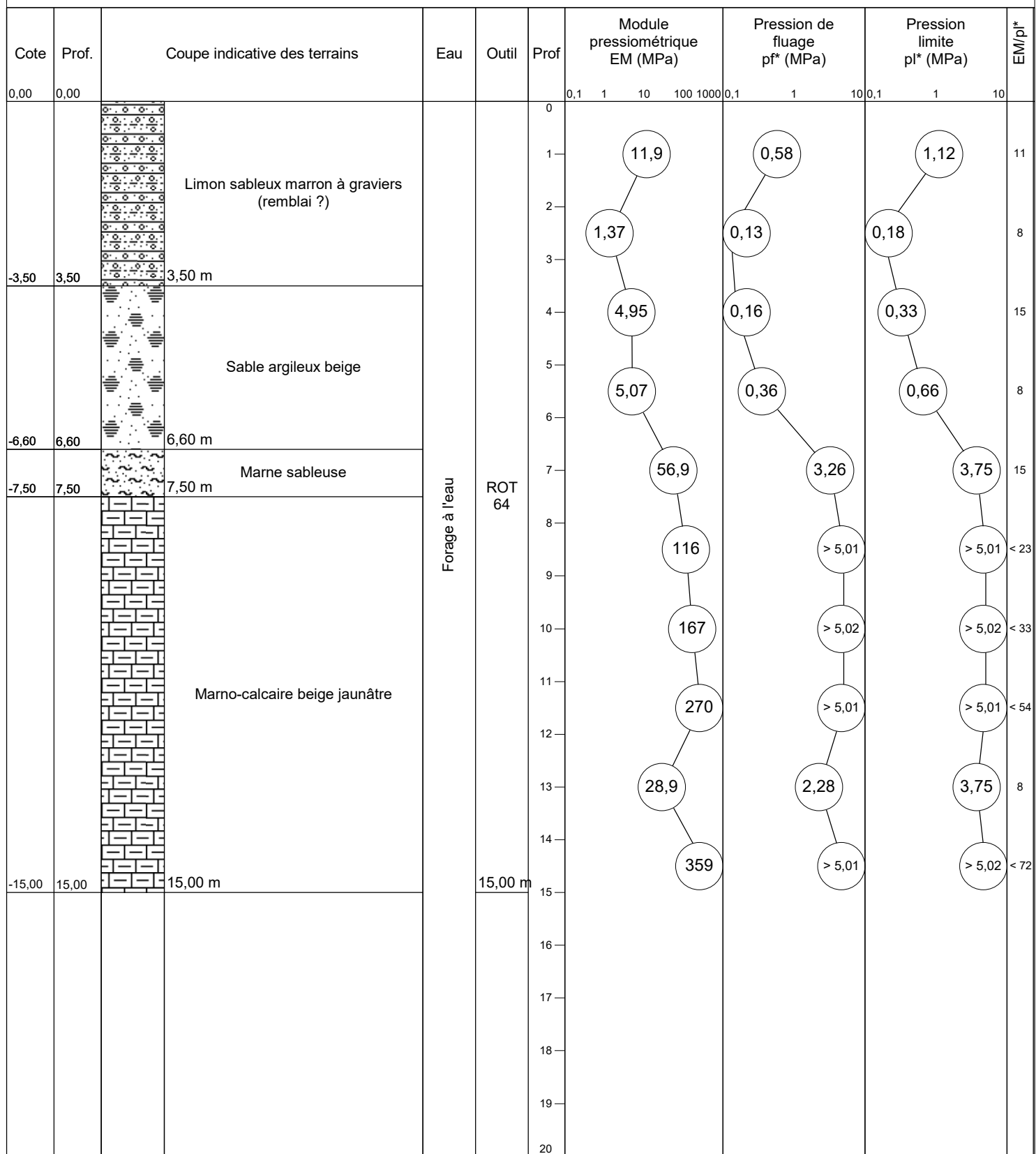
Forage à l'eau

ROT  
64

15,00 m

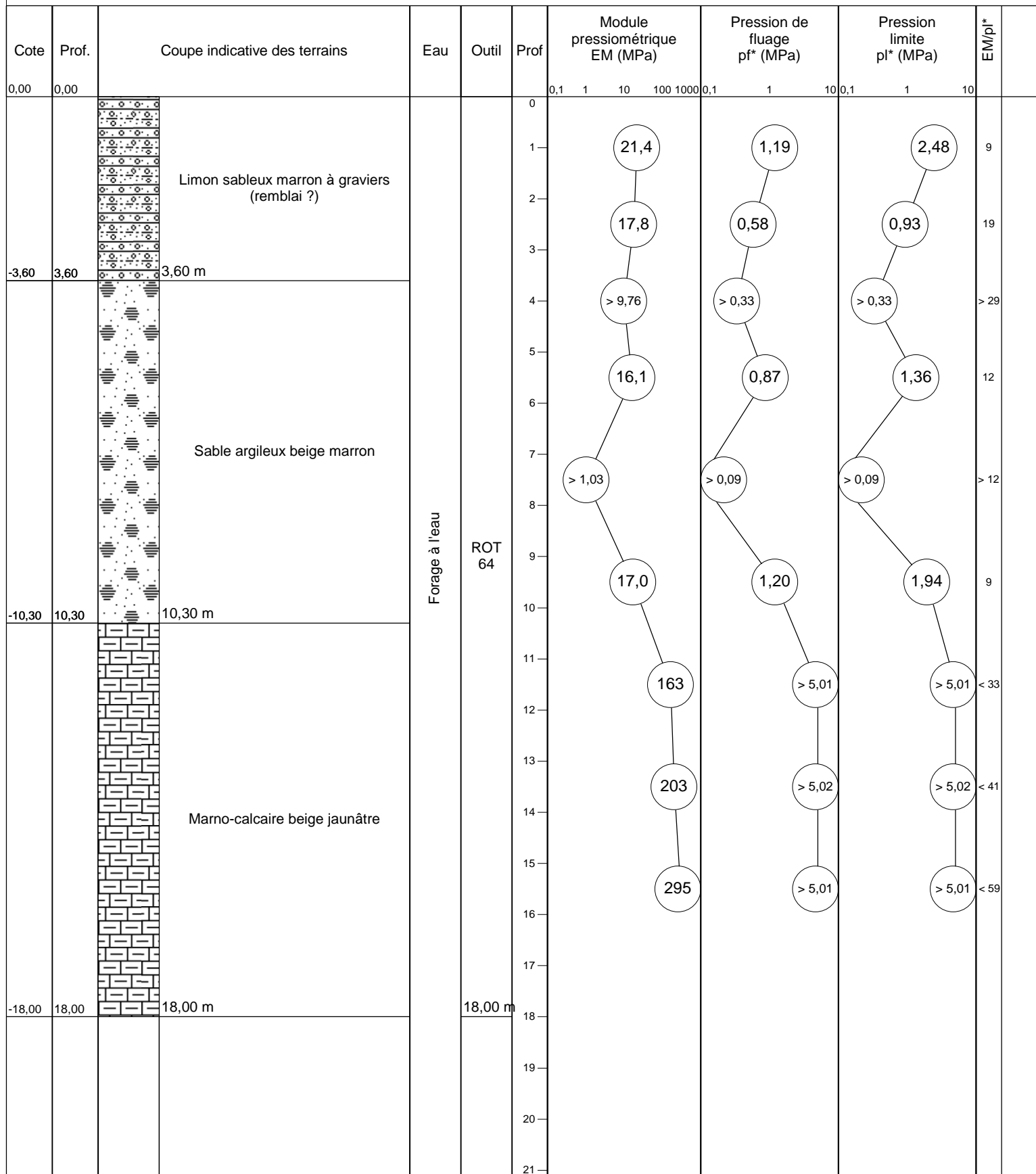
Observations :

EXGTE 3.22



Observations :

EXGTE 3.22



Observations :

EXGTE 3.22



Logiciel JEAN LUTZ S.A - [www.jeanlutzsa.fr](http://www.jeanlutzsa.fr)

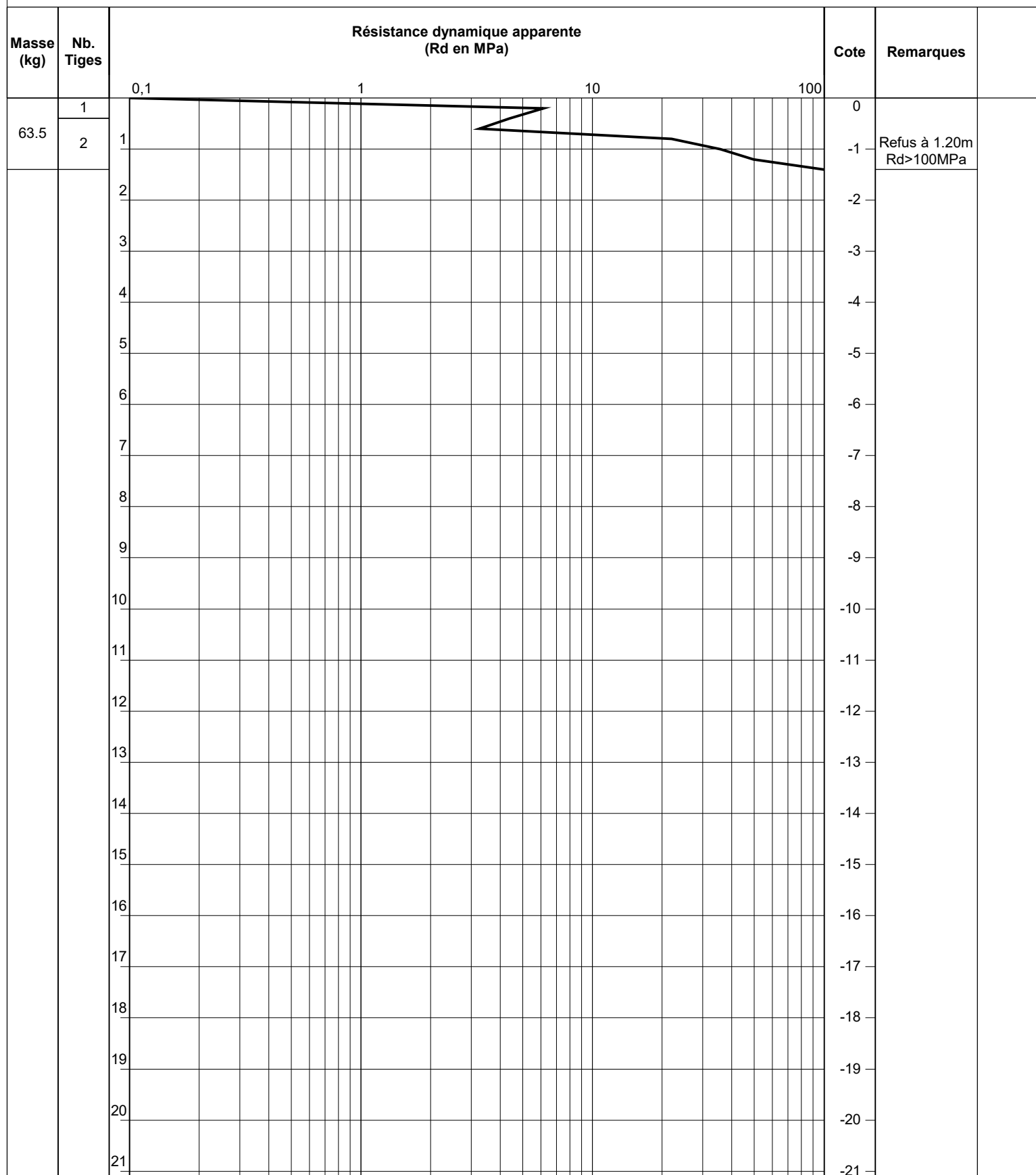
Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Tubage	Equipement	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*	Pres. sur l'Outil (bars)	Pres. d'Injection (bars)	Couple de Rotation (bars)	Vitesse d'avancement (m/h)
0,00	0,00						110000,110,110							
-4,30	4,30	Remblais limono-argileux	Forage à injection d'eau				6,94 7,73 8,43	0,52 0,61 0,64	0,67 0,82 0,93	1099				
-12,50	12,50	Sable argilo-limoneux marron		TRIC 66			3,15 3,00 3,95 2,79 3,32	0,23 0,22 0,23 0,19 0,19	0,28 0,28 0,33 0,32 0,34	1111910				
-14,00	14,00	Marne sableuse					28,4	1,84	2,59	11				
-15,00	15,00	Marno-calcaire					192	> 5,01	> 5,01	< 38				



EXGTE 3.23

EXGTE 3.23



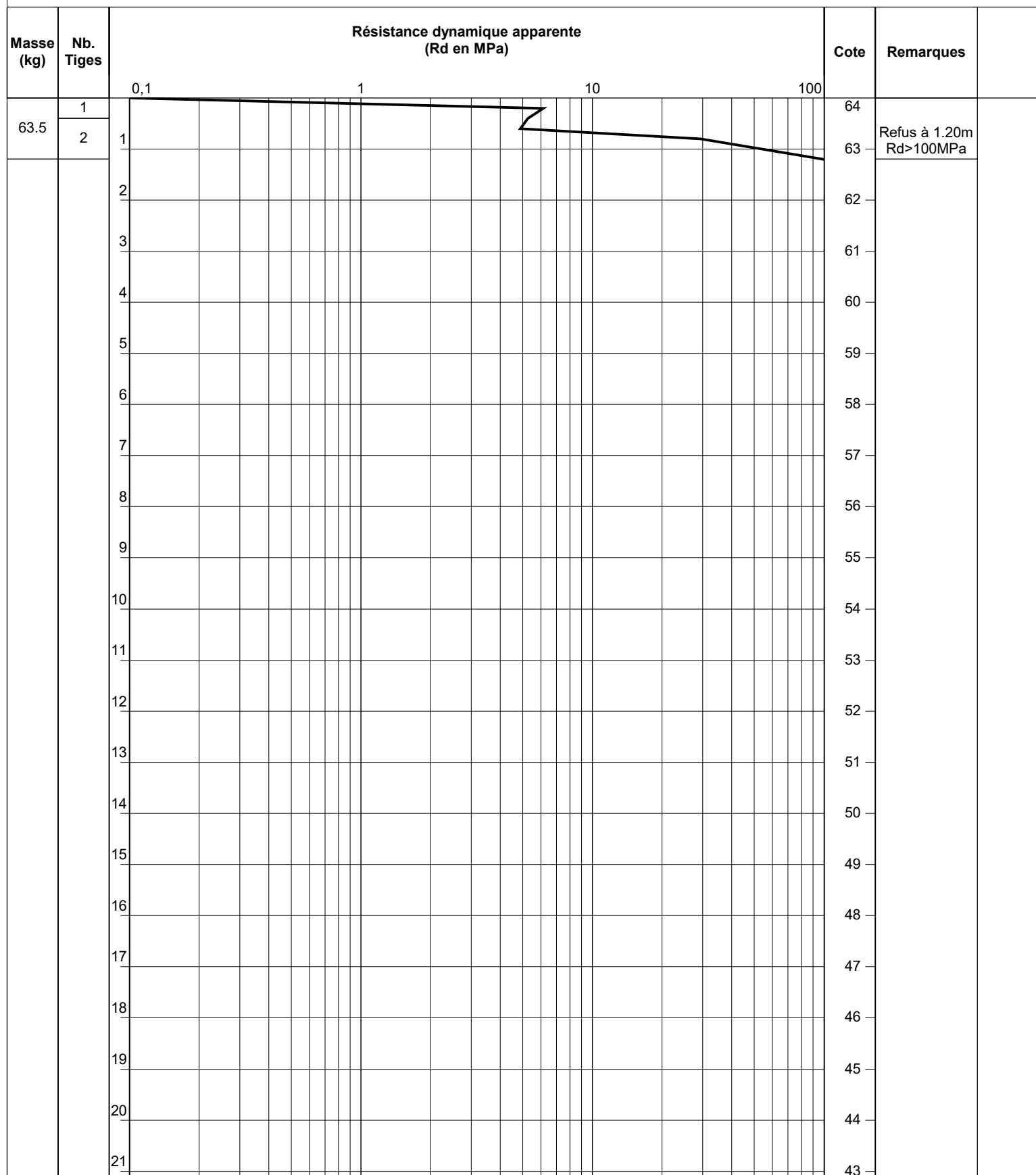


**Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB**

Masse mouton : 63.5 kg  
Hauteur de chute : 75 cm  
Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse enclume : 12.37 kg  
Masse de la pointe : 1.05 kg  
Masse d'une tige : 6.31 kg

**Observations :**

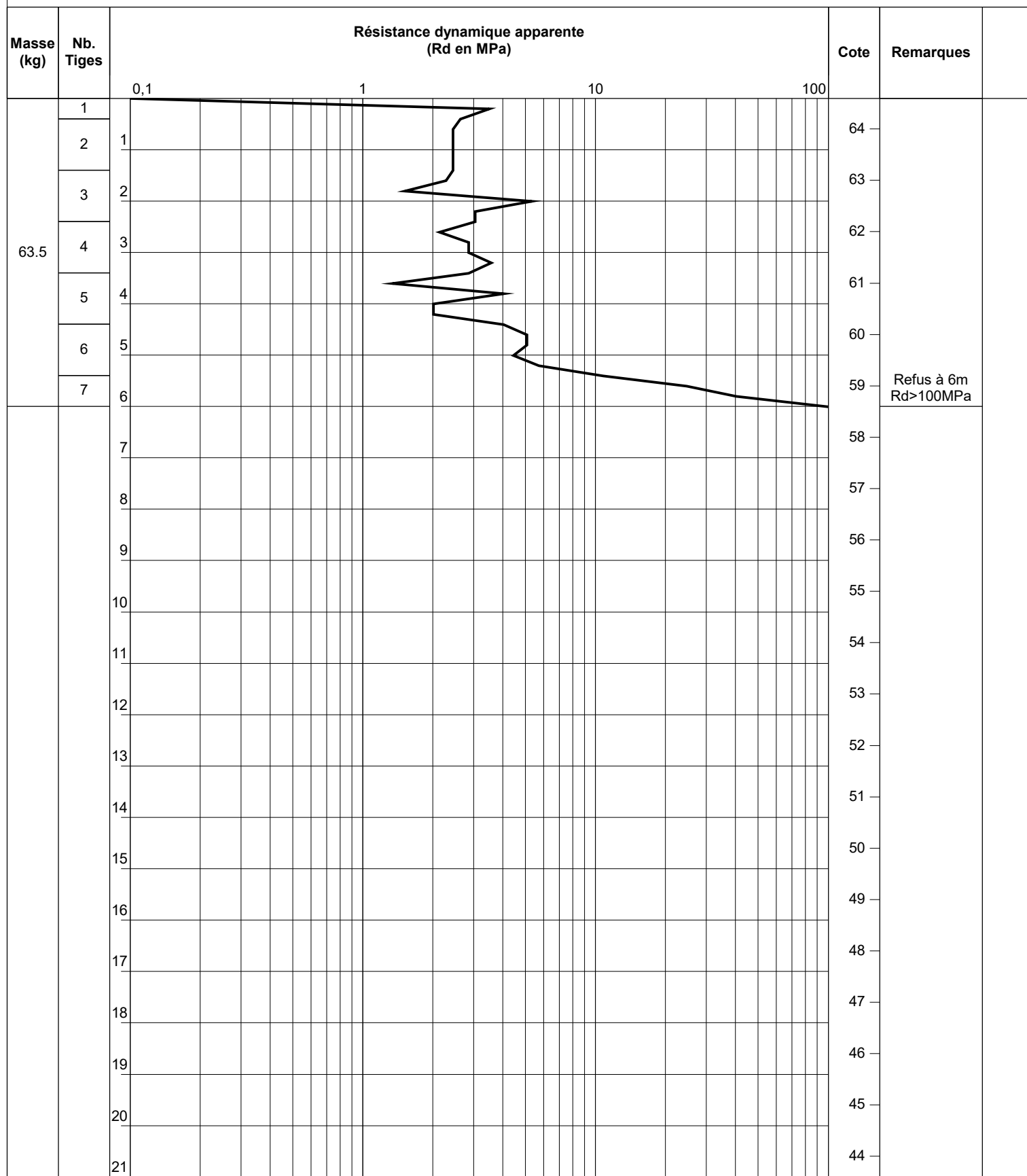


**Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB**

Masse mouton : 63.5 kg  
Hauteur de chute : 75 cm  
Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse enclume : 12.37 kg  
Masse de la pointe : 1.05 kg  
Masse d'une tige : 6.31 kg

**Observations :**



**Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB**

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg  
Hauteur de chute : 75 cm  
Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse enclume : 12.37 kg  
Masse de la pointe : 1.05 kg  
Masse d'une tige : 6.31 kg

**Observations :**







# Pénétrromètre : P1 bis

Inclinaison/Verticale :

Date : 17/12/2020

Site : MARSEILLE

X :

Type : DPM30C

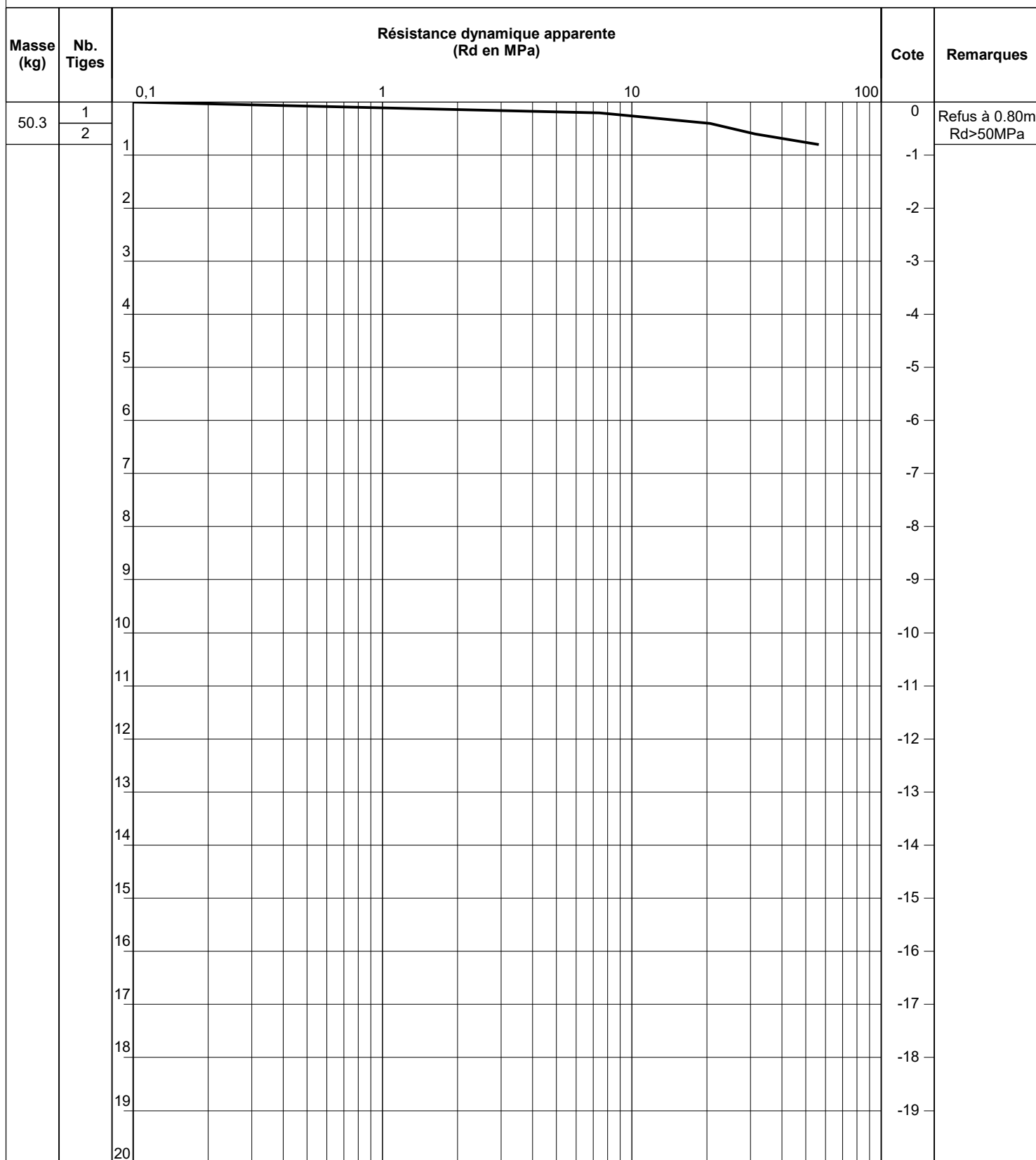
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 16/08426/MARSE/05

Z :

Page : 1/1



## Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.22

Masse mouton : 30 kg  
Hauteur de chute : 20 cm  
Section de la pointe : 9.62 cm<sup>2</sup>  
**Observations :**

Masse enclume : 27.17 kg  
Masse de la pointe : 0.34 kg  
Masse d'une tige : 2.46 kg

# Pénétrromètre : P2 bis

Inclinaison/Verticale :

Date : 17/12/2020

Site : MARSEILLE

X :

Type : DPM30C

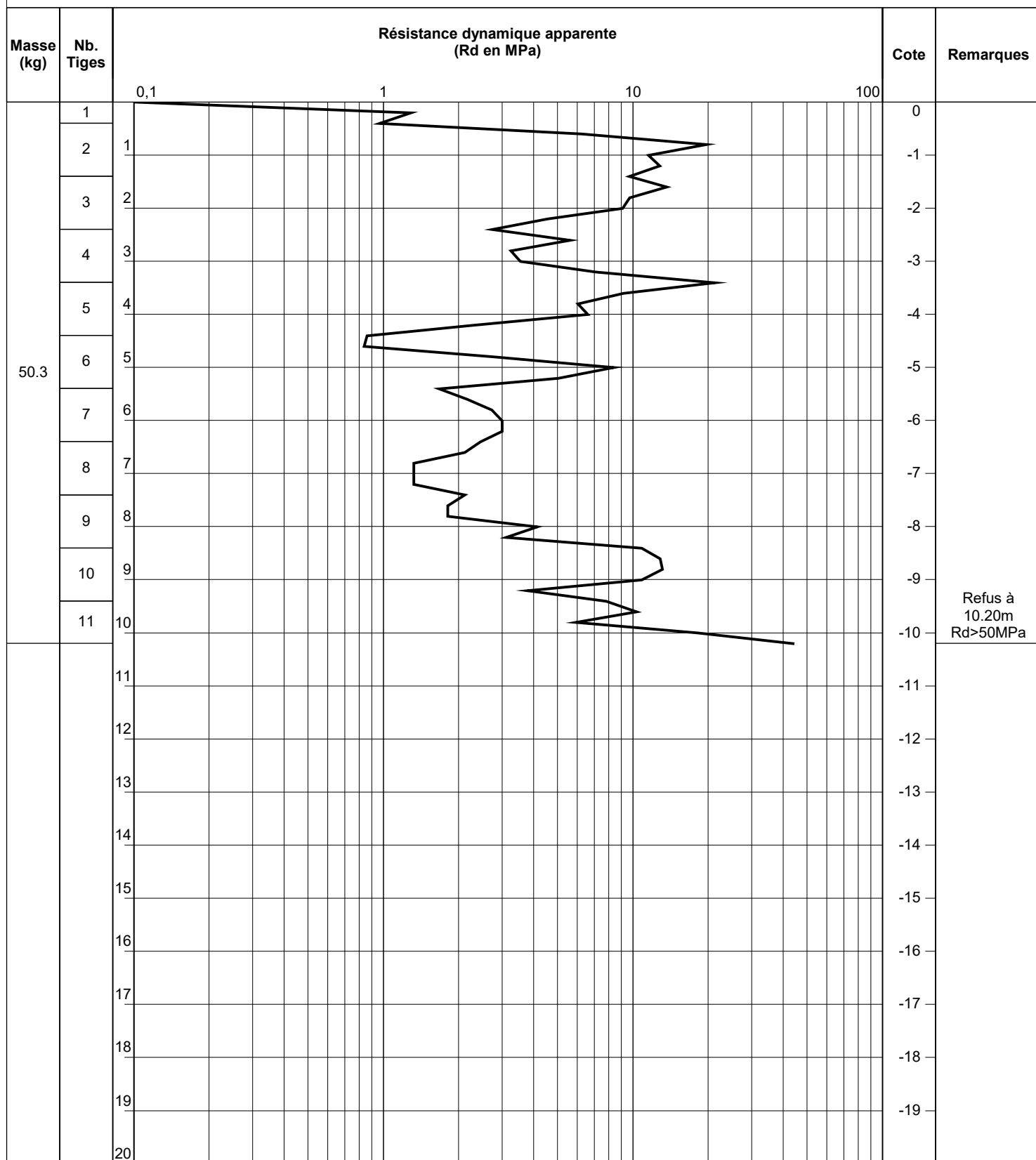
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 16/08426/MARSE/05

Z :

Page : 1/1

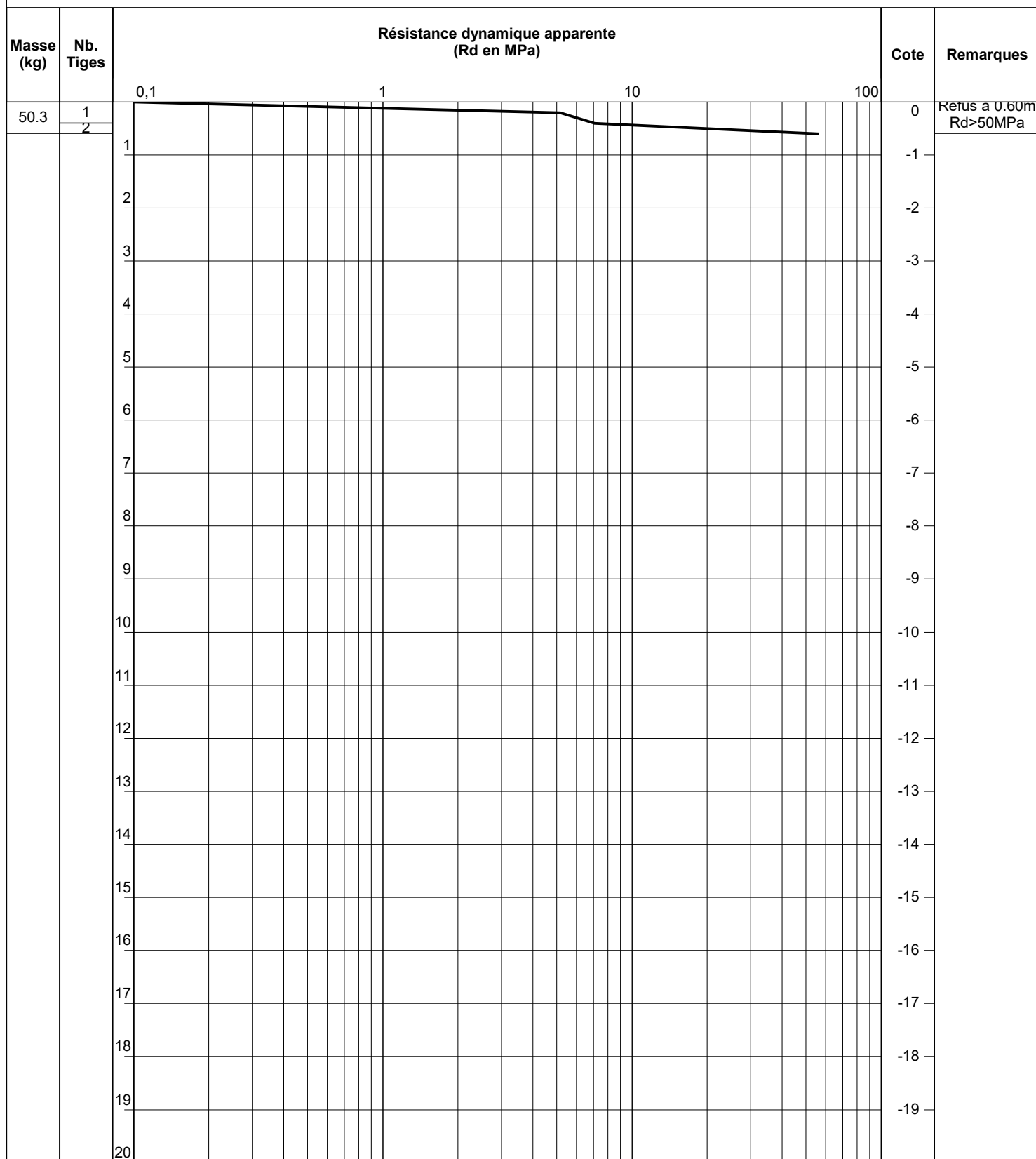


## Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.22

Masse mouton : 30 kg  
Hauteur de chute : 20 cm  
Section de la pointe : 9.62 cm<sup>2</sup>  
**Observations :**

Masse enclume : 27.17 kg  
Masse de la pointe : 0.34 kg  
Masse d'une tige : 2.46 kg



**Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB**

EXGTE 3.22

Masse mouton : 30 kg  
Hauteur de chute : 20 cm  
Section de la pointe : 9.62 cm<sup>2</sup>  
**Observations :**

Masse enclume : 27.17 kg  
Masse de la pointe : 0.34 kg  
Masse d'une tige : 2.46 kg

# Reconnaissance de sol au pénétromètre dynamique à énergie variable

Document : Y:\AFFAIRES\DOSSIERS\2016\16.08426.MARSE.06 MARSEILLE PLAINE DES LOISIRS G2 PRO COMP. (VDM)

Site : PLAINE DES LOISIRS

Sondage : P2

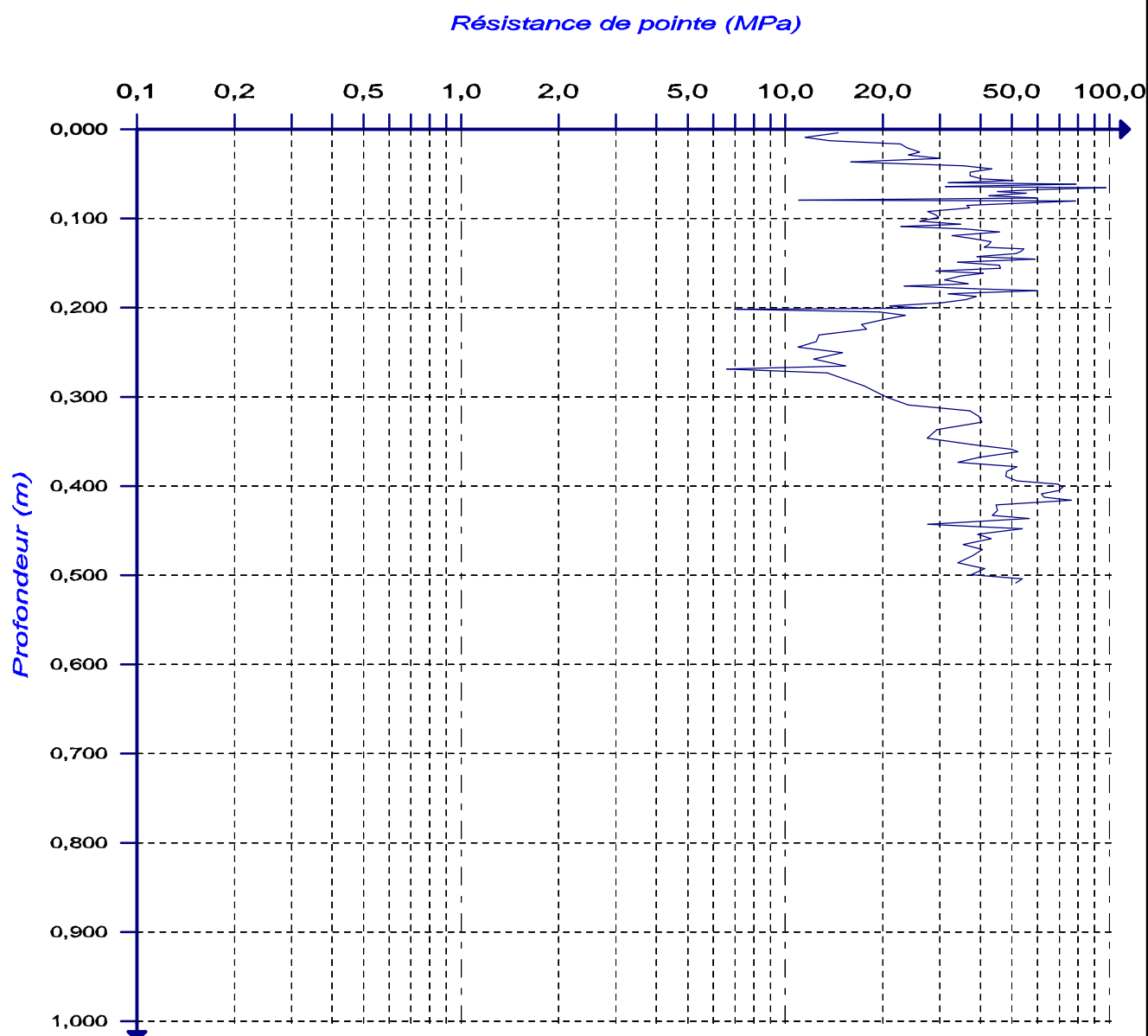
Cote : 0,00 m	Prof. pré-forage : 0,000 m	Section : 4 cm <sup>2</sup>	Prof. nappe : Indéterminée
---------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------

Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 09/12/2021	Heure : 14:15:00
-------------------------	----------------------------	-------------------	------------------

Opérateur :	Organisme : GEOTEC
-------------	--------------------

Commentaires :

Cote : 61.9 NGF



## Reconnaissance de sol au pénétromètre dynamique à énergie variable

Document : Y:\AFFAIRES\DOSSIERS\2016\16.08426.MARSE.06 MARSEILLE PLAINE DES LOISIRS G2 PRO COMP. (VDM)

Site : PLAINE DES LOISIRS

Sondage : P1

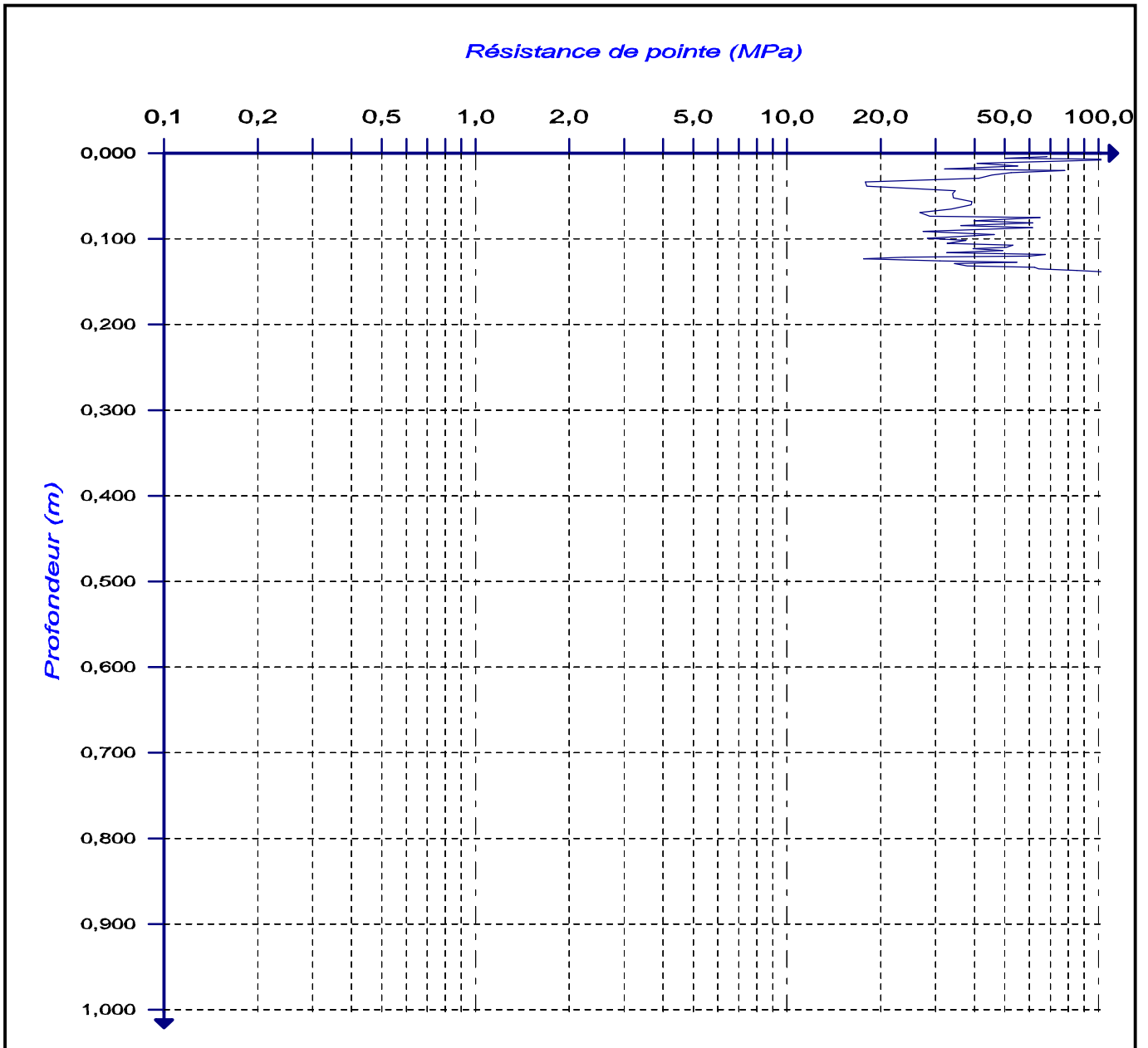
Cote : 0,00 m	Prof. pré-forage : 0,000 m	Section : 4 cm <sup>2</sup>	Prof. nappe : Indéterminée
---------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------

Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 09/12/2021	Heure : 14:17:00
-------------------------	----------------------------	-------------------	------------------

Opérateur :	Organisme : GEOTEC
-------------	--------------------

Commentaires :

Cote : 61.7 NGF



## Reconnaissance de sol au pénétromètre dynamique à énergie variable

Document : Y:\AFFAIRES\DOSSIERS\2016\16.08426.MARSE.06 MARSEILLE PLAINE DES LOISIRS G2 PRO COMP. (VDM)

Site : PLAINE DES LOISIRS

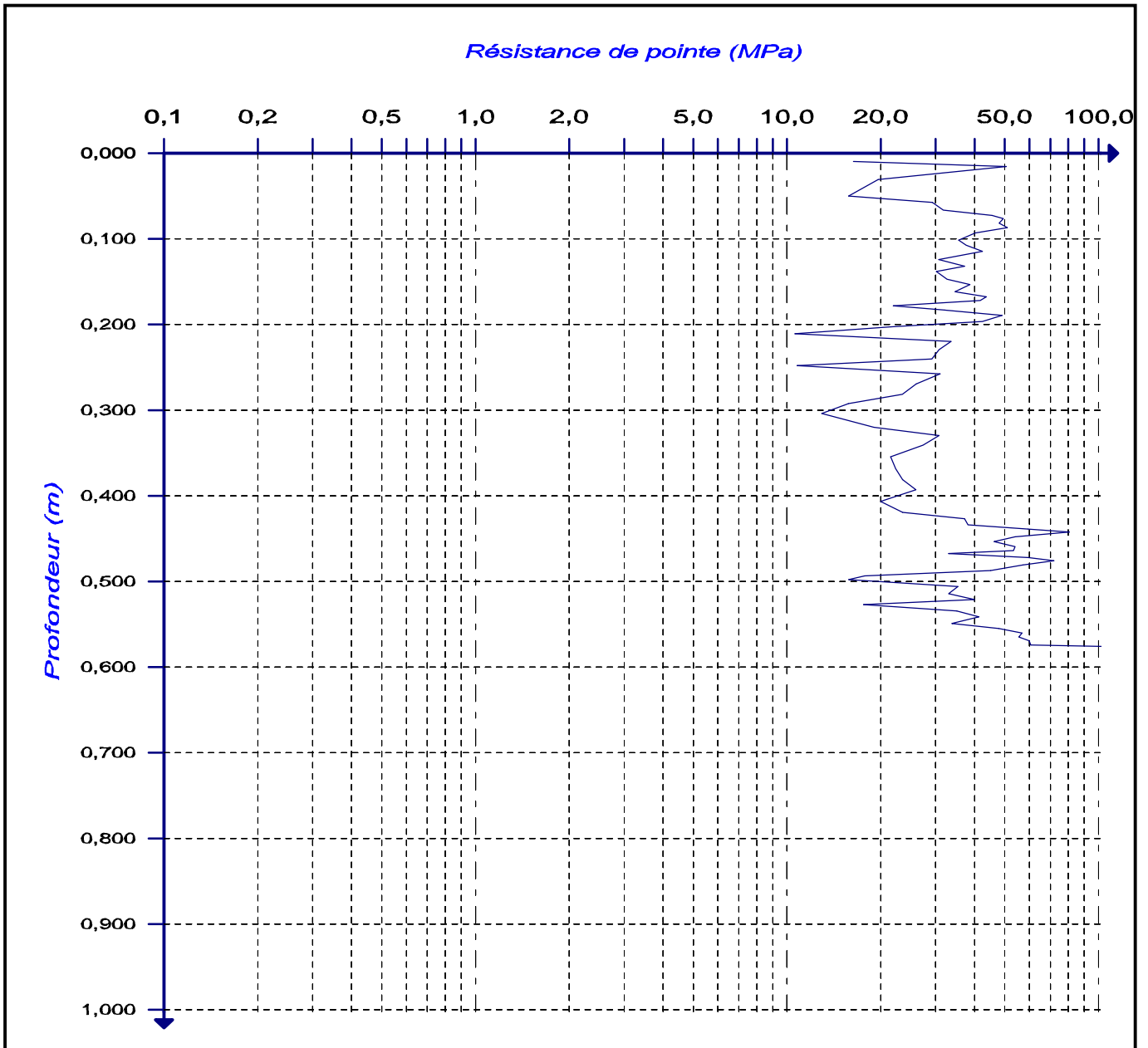
Sondage : P1 BIS

Cote : 0,00 m	Prof. pré-forage : 0,000 m	Section : 4 cm <sup>2</sup>	Prof. nappe : Indéterminée
---------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------

Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 09/12/2021	Heure : 14:25:00
-------------------------	----------------------------	-------------------	------------------

Opérateur :	Organisme : GEOTEC
-------------	--------------------

Commentaires :




16/08426/MARSE/06

MARSEILLE - Plaine des Loisirs

**ESSAIS A LA PLAQUE du 13/10/2021**

ESSAI	a	b	c	d	date	EV1(MPa)	EV2(MPa)	EV2/EV1	K(MPa/m)	Localisation de l'essai	Cote essai
1	35	95	25	95	13/10/2021	59,21	64,29	1,09	80,00	Voir plan	
2	175	311	232	320	13/10/2021	18,09	51,14	2,83	16,00	Voir plan	
3	100	220	110	230	13/10/2021	25,57	37,50	1,47	28,00	Voir plan	
4	127	241	170	238	13/10/2021	23,34	66,18	2,84	22,05	Voir plan	64,85 NGF
5	138	221	190	221	13/10/2021	25,45	145,16	5,70	20,29	Voir plan	
6	18	123	100	124	13/10/2021	45,73	187,50	4,10	155,56	Voir plan	66,4 NGF

AFFAIRE	160842604	Opérateur	MJ	
SITE	MARSEILLE	Vérificateur	A.CALAMAND	
Date	27/07/2020			

Sondage	F1	F4				
Profondeur	0.50-1.50 m	0.50-1.20 m				
Description	Graviers dans matrice sableuse marron	Limon sableux marron à graviers				

**ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS**

Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)	4,6	14,8			
Masse volumique humide	ph	(g/cm <sup>3</sup> )					
Masse volumique sèche	pd	(g/cm <sup>3</sup> )					
Indice des vides	e						
Degré de saturation	Sr	(%)					

**Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie**

Diamètre maximal	Dmax	(mm)	44,0	40,0			
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)	100,0	100,0			
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)	49,5	89,6			
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)	25,2	56,0			
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)	-	-			

**Valeur au Bleu de Méthylène**

Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)	0,29	2,12			
-----------------------------	-------	----------	------	------	--	--	--

**Limites d'Atterberg**

Limite de liquidité	W <sub>L</sub>	(%)					
Limite de plasticité	W <sub>P</sub>	(%)					
Indice de plasticité	I <sub>P</sub>						
Indice de consistance	I <sub>C</sub>						

**Equivalent de sable**

Equivalent de sable	SE(10)	(%)					
---------------------	--------	-----	--	--	--	--	--

**CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)**
**B5**
**A1**
**ANALYSES CHIMIQUES**

Teneur en matières organiques	MO	(%)					
Teneur en carbonates	CaCO <sub>3</sub>	(%)					

**ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE**

Teneur en eau à l'OPN	Wopn	(%)					
Densité sèche à l'OPN	pd (Wopn)	(g/cm <sup>3</sup> )					
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (Wopn)						
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (Wnat)						
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (Wnat)						

**ESSAIS DE PERMEABILITE**

Coefficient de perméabilité	k	(m/s)					
-----------------------------	---	-------	--	--	--	--	--

**ESSAIS TRIAXIAUX**

Type UU	Cohésion	C <sub>uu</sub>	(kPa)				
Type CU	Angle de frottement	Φ <sub>uu</sub>	( ° )				
Type CU	Cohésion	C'	(kPa)				
Type CU	Angle de frottement	Φ'	( ° )				

**CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE**

Type UU	Cohésion	C <sub>uu</sub>	(kPa)				
Type UU	Angle de frottement	Φ <sub>uu</sub>	( ° )				
Type CD	Cohésion	C'	(kPa)				
Type CD	Angle de frottement	Φ'	( ° )				

**COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE**

Contrainte de préconsolidation	σ <sub>p</sub>	(kPa)					
Indice de compression	C <sub>c</sub>						
Indice de gonflement	C <sub>s</sub>						

**GONFLEMENT A L'OEDOMETRE**


Pression de gonflement	σ <sub>g</sub>	(kPa)					
Rapport de gonflement	R <sub>g</sub>						

**RETRAIT LINEAIRE**

Limite de retrait effectif	W <sub>Re</sub>	(%)					
Facteur de retrait effectif	R <sub>I</sub>						

**ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS**

Essai Los Angeles	LA						
Essai Micro-Deval	MDE						
Coefficient de dégradabilité	DG						
Coefficient de fragmentabilité	FR						
Résist. à la compression uniaxiale	σ <sub>c</sub>	MPa					
Module de Young	E	MPa					
Coefficient de Poisson	ν						
Résistance à la traction indirecte	σ <sub>tb</sub>	MPa					

AFFAIRE	160842605	Opérateur	SD / MJ	
SITE	MARSEILLE	Vérificateur	A.CALAMAND	
Date	2021-01-15			

Sondage	F1 BIS	F2 BIS	F3 BIS			
Profondeur	0.00-0.90 m	1.00-2.10 m	0.00-1.20 m			
Description	Limon sableux beige à graviers	Graviers et débris divers dans matrice sablo-limoneuse marron-beige	Sable limoneux marron à graviers et débris plastique			

**ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS**

Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)	7,2	5,8	7,2			
Masse volumique humide	ph	(g/cm <sup>3</sup> )						
Masse volumique sèche	pd	(g/cm <sup>3</sup> )						
Indice des vides	e							
Degré de saturation	Sr	(%)						

**Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie**

Diamètre maximal	Dmax	(mm)	35,0	45,0	47,0			
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)	100,0	100,0	100,0			
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)	71,9	43,2	63,5			
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)	45,5	21,4	41,5			
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)	-	-	-			

**Valeur au Bleu de Méthylène**

Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)	0,94	0,65	0,99			
-----------------------------	-------	----------	------	------	------	--	--	--

**Limites d'Atterberg**

Limite de liquidité	W <sub>L</sub>	(%)						
Limite de plasticité	W <sub>P</sub>	(%)						
Indice de plasticité	I <sub>P</sub>							
Indice de consistance	I <sub>C</sub>							

**Equivalent de sable**

Equivalent de sable	SE(10)	(%)						
---------------------	--------	-----	--	--	--	--	--	--

**CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)**
**A1**
**B5 m**
**A1**
**ANALYSES CHIMIQUES**

Teneur en matières organiques	MO	(%)						
Teneur en carbonates	CaCO <sub>3</sub>	(%)						

**ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE**

Teneur en eau à l'OPN	Wopn	(%)						
Densité sèche à l'OPN	pd (Wopn)	(g/cm <sup>3</sup> )						
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (Wopn)							
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (Wnat)		28,3	23,7	27,3			
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (Wnat)							

**ESSAIS DE PERMEABILITE**

Coefficient de perméabilité	k	(m/s)						
-----------------------------	---	-------	--	--	--	--	--	--

**ESSAIS TRIAXIAUX**

Type UU	Cohésion	C <sub>uu</sub>	(kPa)					
Type UU	Angle de frottement	Φ <sub>uu</sub>	( ° )					
Type CU	Cohésion	C'	(kPa)					
Type CU	Angle de frottement	Φ'	( ° )					

**CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE**

Type UU	Cohésion	C <sub>uu</sub>	(kPa)					
Type UU	Angle de frottement	Φ <sub>uu</sub>	( ° )					
Type CD	Cohésion	C'	(kPa)					
Type CD	Angle de frottement	Φ'	( ° )					

**COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE**

Contrainte de préconsolidation	σ' <sub>p</sub>	(kPa)						
Indice de compression	C <sub>c</sub>							
Indice de gonflement	C <sub>s</sub>							

**GONFLEMENT A L'OEDOMETRE**


Pression de gonflement	σ' <sub>g</sub>	(kPa)						
Rapport de gonflement	R <sub>g</sub>							

**RETRAIT LINEAIRE**

Limite de retrait effectif	W <sub>Re</sub>	(%)						
Facteur de retrait effectif	R <sub>I</sub>							

**ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS**

Essai Los Angeles	LA							
Essai Micro-Deval	MDE							
Coefficient de dégradabilité	DG							
Coefficient de fragmentabilité	FR							
Résist. à la compression uniaxiale	σ <sub>c</sub>	MPa						
Module de Young	E	MPa						
Coefficient de Poisson	ν							
Résistance à la traction indirecte	σ <sub>tb</sub>	MPa						

AFFAIRE	160842606	Opérateur	KM	
SITE	MARSEILLE	Vérificateur	A.CALAMAND	
Date	11/01/2022			

Sondage	ST1					
Profondeur	0.00-1.00 m					
Description	Remblais : Sable limoneux marron à galets, graviers, briques, carrelages et bitumes					

**ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS**

Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)	9,2				
Masse volumique humide	ph	(g/cm <sup>3</sup> )					
Masse volumique sèche	pd	(g/cm <sup>3</sup> )					
Indice des vides	e						
Degré de saturation	Sr	(%)					

**Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie**

Diamètre maximal	Dmax	(mm)	40,0				
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)	100,0				
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)	69,0				
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)	46,7				
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)	-				

**Valeur au Bleu de Méthylène**

Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)	1,12				
-----------------------------	-------	----------	------	--	--	--	--

**Limites d'Atterberg**

Limite de liquidité	W <sub>L</sub>	(%)					
Limite de plasticité	W <sub>P</sub>	(%)					
Indice de plasticité	I <sub>P</sub>						
Indice de consistance	I <sub>C</sub>						

**Equivalent de sable**

Equivalent de sable	SE(10)	(%)					
---------------------	--------	-----	--	--	--	--	--

**CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)**
**A1**
**ANALYSES CHIMIQUES**

Teneur en matières organiques	MO	(%)					
Teneur en carbonates	CaCO <sub>3</sub>	(%)					

**ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE**

Teneur en eau à l'OPN	Wopn	(%)					
Densité sèche à l'OPN	pd (Wopn)	(g/cm <sup>3</sup> )					
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (Wopn)						
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (Wnat)		23,7				
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (Wnat)						

**ESSAIS DE PERMEABILITE**

Coefficient de perméabilité	k	(m/s)					
-----------------------------	---	-------	--	--	--	--	--

**ESSAIS TRIAXIAUX**

Type UU	Cohésion	C <sub>uu</sub>	(kPa)				
Type CU	Angle de frottement	Φ <sub>uu</sub>	(°)				
Type CU	Cohésion	C'	(kPa)				
Type CU	Angle de frottement	Φ'	(°)				

**CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE**

Type UU	Cohésion	C <sub>uu</sub>	(kPa)				
Type UU	Angle de frottement	Φ <sub>uu</sub>	(°)				
Type CD	Cohésion	C'	(kPa)				
Type CD	Angle de frottement	Φ'	(°)				

**COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE**

Contrainte de préconsolidation	σ <sub>p</sub>	(kPa)					
Indice de compression	C <sub>c</sub>						
Indice de gonflement	C <sub>s</sub>						

**GONFLEMENT A L'OEDOMETRE**

Pression de gonflement	σ <sub>g</sub>	(kPa)					
Rapport de gonflement	R <sub>g</sub>						

**RETRAIT LINEAIRE**

Limite de retrait effectif	W <sub>Re</sub>	(%)					
Facteur de retrait effectif	R <sub>I</sub>						

**ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS**

Essai Los Angeles	LA						
Essai Micro-Deval	MDE						
Coefficient de dégradabilité	DG						
Coefficient de fragmentabilité	FR						
Résist. à la compression uniaxiale	σ <sub>c</sub>	MPa					
Module de Young	E	MPa					
Coefficient de Poisson	ν						
Résistance à la traction indirecte	σ <sub>tb</sub>	MPa					