



**KAUFMAN  $\triangle$  BROAD**

**OPERATION BOURELLY**

Chemin de Bourelly  
**MARSEILLE (13015)**

**RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE  
DE CONCEPTION G2 PHASE AVANT PROJET**

w:\geotechnique\dossiers en cours\2021\21mg640aa\_amr\_g2avp\_operation les bourelly\_kaufman & broad\_13  
marseille\rapport\21mg640aa\_rapport g2 avp - deuxieme diffusion.docx

N° DOSSIER	21	MG	640	A	a	GE	AMR	MON	PIECE 1/1	AGENCE DE MARSEILLE
16/08/2022	48241b	A. MOLINIER				D. JACQUES			25 + AN.	V2 – DEUXIEME DIFFUSION
26/12/2021	48241	A. MOLINIER				D. JACQUES			25 + AN.	V1 – PREMIERE DIFFUSION
DATE	CHRONO	REDACTION				VERIFICATION			NB. DE PAGES	MODIFICATIONS – OBSERVATIONS

GEOTECHNIQUE · RISQUES NATURELS · INVESTIGATIONS · REHABILITATION DES SOLS · ENVIRONNEMENT · EAU



ABO ERG GEOTECHNIQUE · SAS au capital de 368 000 € · SIRET 339 110 611 00151 · code NAF 7112B-RC SALON 2019 B 00392 · www.abo-erg.fr  
agence MARSEILLE · 14 draille des Tribales Bât E · 13127 VITROLLES · ☎ 04 95 06 90 60 · marseille@erg-sa.fr

TOULON · BORDEAUX · GRENOBLE · HAUTS DE FRANCE · LYON · MARSEILLE · MONTPELLIER · NANCY · NICE · PARIS · TOULOUSE



# SOMMAIRE

<b>1. <u>PRESENTATION DU PROJET ET DE LA MISSION</u></b> .....	<b>3</b>
1.1 CADRE DE L'INTERVENTION .....	3
1.2 DESCRIPTION DU PROJET .....	4
1.3 DOCUMENTS TRANSMIS .....	5
1.4 SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE .....	5
1.5 BUT DE LA MISSION .....	6
1.6 MOYENS MIS EN ŒUVRE .....	6
<b>2. <u>RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES</u></b> .....	<b>7</b>
2.1 ENQUÊTE DOCUMENTAIRE .....	7
2.2 RISQUE SISMIQUE .....	7
2.3 DONNÉES DE LA CARTE GÉOLOGIQUE .....	8
2.4 HYDROGÉOLOGIE .....	8
2.5 RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS IN-SITU .....	9
2.5.1 SONDAGES PRESSIOMÉTRIQUES : SP1 À SP4 .....	9
2.5.2 SONDAGE CAROTTÉ : SC1 .....	10
2.5.3 ESSAIS DE PERMÉABILITÉ NASBERG .....	10
2.5.4 ÉQUIPEMENTS PIÉZOMÉTRIQUES .....	11
<b>3. <u>RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE</u></b> .....	<b>11</b>
<b>4. <u>APPLICATIONS AUX OUVRAGES GÉOTECHNIQUES</u></b> .....	<b>12</b>
4.1 ANALYSE .....	12
4.2 CONDITIONS DE RÉALISATION DES SOUS-SOLS .....	12
4.2.1 GÉNÉRALITÉS .....	12
4.2.2 MOYENS DE TERRASSEMENT .....	13
4.2.3 CONDITIONS DE STABILITÉ - SOUTÈNEMENTS PÉRIPHÉRIQUES DU PROJET .....	13
4.3 MODE DE FONDATION .....	15
4.3.1 TYPE – PROFONDEUR D'ASSISE .....	15
4.3.2 CONTRAINTES .....	15
4.3.3 ESTIMATION DES TASSEMENTS .....	16
4.3.4 RECOMMANDATIONS .....	16
4.4 DALLAGES .....	17
4.4.1 FAISABILITÉ .....	17
4.4.2 PRINCIPE DE MISE EN ŒUVRE .....	18
4.4.3 MODULES D'YOUNG À PRENDRE EN COMPTE .....	18
4.5 DISPOSITIONS RELATIVES À LA PROTECTION CONTRE LES EAUX .....	19
4.6 PHASAGE DES ÉTUDES ET MISSIONS D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE À RÉALISER .....	20
<b><u>ANNEXES</u></b> .....	<b>25</b>

## 1. PRESENTATION DU PROJET ET DE LA MISSION

### 1.1 Cadre de l'intervention

A la demande et pour le compte de la société KAUFMAN ET BROAD, la société ABO ERG Géotechnique a effectué une étude géotechnique de conception phase avant-projet dans le cadre de la construction d'un ensemble immobilier situé sur la commune de Marseille (13 – Bouches du Rhône).



Figure 1 : Plan de situation (source : Infoterre)



Figure 2 : Plan de situation (source : Géoportail)



## 1.2 Description du projet

Il est envisagé la construction d'un ensemble de bâtiments de logements, de type R+2 à R+6, avec deux niveaux de sous-sols.

A ce jour, le parti architectural n'est définitivement pas établi, 3 configurations sont envisagées :

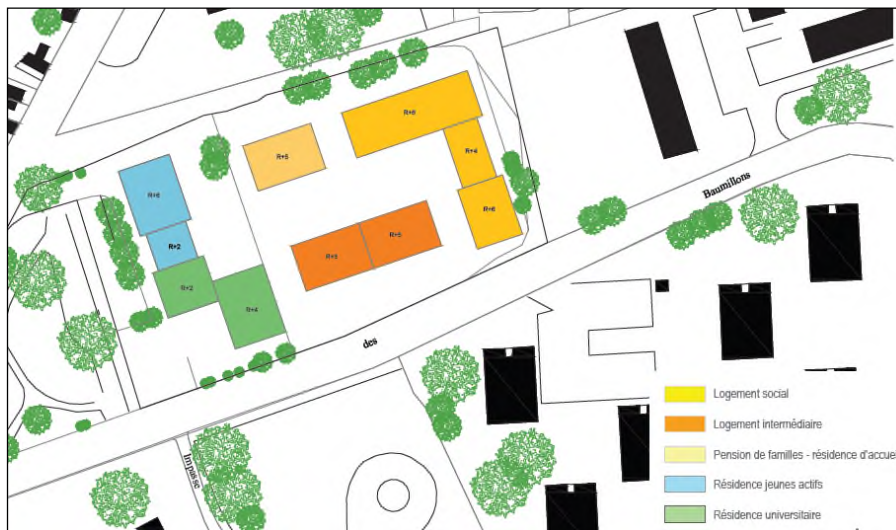


Figure 3 : Première configuration (source : CARTA-REICHEN ET ROBERT ASSOCIES)



Figure 4 : Deuxième configuration (source : CARTA-REICHEN ET ROBERT ASSOCIES)



Figure 5 : Troisième configuration (source : CARTA-REICHEN ET ROBERT ASSOCIES)

Le projet va conduire à la réalisation de terrassements en déblai de hauteur variable, atteignant environ 6 à 8 m de hauteur maximale.

### 1.3 Documents transmis

Il nous a été communiqué par KAUFMAN et BROAD l'étude d'implantation, édité par CARTA-REICHEN ET ROBERT ASSOCIES en date du 26/11/2021 comportant 3 configurations d'implantation (échelle : 1/1000) (cf. § 1.2).

### 1.4 Situation géographique et contexte topographique

Le terrain se situe chemin de Bourelly. Il s'agit des parcelles cadastrées n°86 et 24 de la section H de la feuille de la commune de Marseille (13).

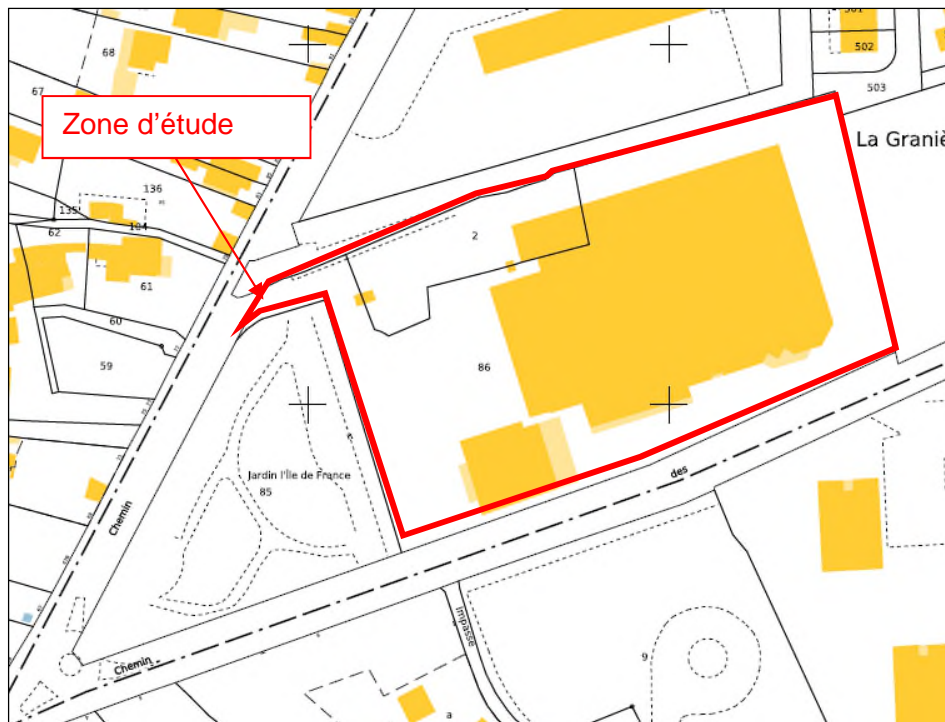


Figure 6 : Plan cadastral (source : cadastre.gouv)

Le terrain est occupé actuellement par un bâtiment existant, de type Rez-de-jardin à R+1 prévu à la démolition. L'accès se fait par des portails métalliques, situés chemin de Bourelly et chemin des Baumillons.

Il est entouré par une voie et une aire de stationnement en enrobé.

Le terrain est marqué par une pente dirigée vers le Sud-Ouest.



Figures 7 : Photos du site (visite du 22/12/2021)

## 1.5 But de la mission

---

Le présent rapport d'étude géotechnique de conception phase avant-projet établi par ABO-ERG GEOTECHNIQUE a pour mission de :

- préciser le contexte géotechnique dans l'emprise du projet,
- proposer, dans leurs principes, les solutions de fondation à envisager pour les futurs bâtiments (type, profondeur, contrainte admissible, estimation des tassements), avec ébauches dimensionnelles,
- et donner les premières recommandations relatives à la création des futurs sous-sols.

L'étude de la stabilité générale du site (vis-à-vis par exemple de glissements de versant, de cavités, de poches de dissolution de gypse, etc.), des conditions prévisionnelles de terrassement, ainsi que des conditions environnementales du site ne font pas partie de la présente mission.

L'étude des voiries et parkings prévus aux abords des futurs bâtiments ne rentre pas dans le cadre de la présente mission.

L'objet de ce rapport est de présenter les résultats des investigations entreprises et de proposer les recommandations qui en découlent pour les fondations du projet.

Cette mission correspond à une étude géotechnique de conception de type G2 phase avant-projet selon la norme des Missions Géotechniques NF P 94-500 de novembre 2013, et relative aux fondations des futurs bâtiments.

Ce document n'est en aucun cas une étude de risque géologique au sens d'un PLU ou d'un PER par exemple.

## 1.6 Moyens mis en œuvre

---

Nous avons effectué, en date du 13/12/2021 au 17/12/2021, dans le cadre de notre contrat de prestations de services n°MG211182, les investigations géotechniques in-situ suivantes :

- Quatre sondages de reconnaissance destructifs notés SP1 à SP4 menés à 12,0 m/T (\*) de profondeur avec réalisation, sur chaque sondage, de 8 essais pressiométriques (répartis tous les mètres jusque 3 m, puis tous les 1,5 m),
- Un sondage carotté, dénommé SC1, descendu jusqu'à une profondeur de 7,0 m/T,
- Deux essais de perméabilité de type NASBERG réalisés dans le sondage SC1,
- L'équipement en piézomètre ouvert des sondages SP1, SP2 et SP4,
- Des essais en laboratoire :
  - Une identification GTR,
  - Un essai de cisaillement.

(\*) m/T : profondeur exprimée en mètre par rapport à la surface du Terrain lors de notre intervention

Les sondages ont été répartis par nos soins sous l'emprise du projet à partir des documents transmis et en fonction des aménagements et occupations actuellement présents sur le terrain (présence de constructions existantes inaccessibles à notre matériel de sondage) et en dehors de l'emprise des réseaux enterrés identifiés.

Les résultats obtenus, ainsi que le schéma d'implantation des sondages, figurent en annexes au présent rapport.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain au moment des investigations (sondages non nivelés).



## 2. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES

### 2.1 Enquête documentaire

RISQUES	SITE	CARTES	ANALYSE DES RISQUES
Aléa mouvements de terrain	<a href="http://georisques.gouv.fr">georisques.gouv.fr</a>		PPR mouvement de terrain approuvé, mouvement recensée dans un rayon de 500 m de type glissement
Aléa cavités souterraines	<a href="http://georisques.gouv.fr">georisques.gouv.fr</a>		PPR cavités souterraines approuvé, cavités de type naturelle recensée dans un rayon de 500 m
Aléa gonflement des argiles	<a href="http://georisques.gouv.fr">georisques.gouv.fr</a>		<ul style="list-style-type: none"> <li> Aléa fort</li> <li> Aléa moyen</li> <li> Aléa faible</li> <li> Aléa à priori nul</li> </ul>
Remontée de nappes	<a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>		Terrain situé dans une zone potentiellement sujettes aux inondations de cave

### 2.2 Risque sismique

La commune de Marseille est située en zone de sismicité 2.

Par ailleurs, d'après les sondages réalisés, les sols du site sont de classe E au sens de l'EUROCODE 8 (à préciser dans le cadre de la G2 PRO).

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

## 2.3 Données de la carte géologique

D'après la carte géologique de la France, à l'échelle 1/50 000, feuille « MARSEILLE-MARTIGUES » le site retenu pour le projet se compose, en dehors des remblais, d'un recouvrement limoneux (colluvions wurmiennes du quaternaire), reposant sur les formations calcaires dites de l'Estaque.



Figure 8 : Extrait de la carte géologique

Ces terrains fréquemment marno-calcaires peuvent être en placage sur des terrains calcaires plus anciens de différents étages géologiques. Au sein de ces formations, des variations latérales et verticales de faciès brutales sont fréquemment observées.

## 2.4 Hydrogéologie

La présente étude n'aborde pas le problème de l'inondabilité du site, qui n'entre en aucun cas dans le cadre de la mission d'ERG GÉOTECHNIQUE.

Lors de notre intervention, nous avons relevé les niveaux d'eau suivants en fin de chantier :

Sondage		SP2/PZ	SP3/PZ	SP4/PZ
Niveau d'eau mesuré en fin de chantier	m/T	3,0*	3,0*	-
Relevé stabilisé du 17/02/2022	m/T	2,42	7,91	2,48
Relevé stabilisé du 01/02/2022	m/T	2,55	8,30	2,65

\* Niveau d'eau non stabilisé, ces niveaux d'eau mesurés peuvent correspondre à des résidus de l'eau utilisée pour la foration.



Nous rappelons que les sondages SP1, SP2 et SP4 ont été équipés à l'aide de tubes piézométriques et font actuellement l'objet d'un suivi. Lors du suivi piézométrique, nous avons pu relever les niveaux suivants :

	17/01/22	01/02/22	03/02/22	09/03/22	14/04/22	11/05/22	06/06/22
<b>SP1/PZ(m/T)</b>	2,42	2,55	2,58	2,68	2,86	2,69	3,15
<b>SP2/PZ(m/T)</b>	7,91	8,30	8,36	8,41	sec	7,96	sec
<b>SP4/PZ(m/T)</b>	2,48	2,65	2,67	2,72	2,66	2,56	2,17

Ces niveaux très différents laissent supposer que les profondeurs observées correspondent plutôt à des circulations d'eau souterraines qui s'effectuent au toit du substratum ou au sein de la frange altérée du substratum. La configuration topographique du site et à l'échelle du quartier laisse penser que ces circulations s'effectuent en direction du Sud-Ouest. Les circulations au sein des massifs calcaires peuvent présenter un caractère permanent avec une intensité variable et parfois forte en cas d'épisodes météorologiques remarquables.

La présence d'eau, lors de nos investigations, ne constitue pas un paramètre caractéristique du régime hydrogéologique du secteur. Seule l'observation des variations aquifères à partir des piézomètres du site accompagnée d'une étude hydrogéologique permettra de définir les niveaux des eaux souterraines, dont celui des plus hautes eaux HE et exceptionnel EE au sens du DTU 14,1.

## 2.5 Résultats des investigations in-situ

### 2.5.1 Sondages pressiométriques : SP1 à SP4

Les sondages pressiométriques, dénommés SP1 à SP4, ont été effectués avec une sondeuse SOCOMAFOR 50.

L'implantation des sondages, les coupes lithologiques et les profils pressiométriques obtenus sont annexés au présent rapport.

Les essais ont été réalisés selon la norme NF P 94-110, à l'aide d'un pieux de 44 mm de diamètre, mise en place dans un forage réalisé au tricône de 64 mm de diamètre, avec de l'eau comme fluide de forage.

Les caractéristiques mécaniques des sols testés sont :

- La pression limite nette pressiométrique  $pl^*$ ,
- Le module de déformation pressiométrique  $E_M$ .

L'enregistrement des paramètres de forage a été réalisé avec un matériel LIM. Les paramètres enregistrés sont :

- La Vitesse d'Avancement VIA, exprimée en m/h,
- Le Couple de Rotation CR, exprimé en bars,
- La Pression d'Injection PI, exprimée en bars,
- La Pression sur l'Outil PO, exprimée en bars.

Les sondages mettent en évidence la présence des horizons successifs suivants :

- **Les remblais graveleux peu compacts (H1)** identifiées jusqu'à une profondeur comprise entre 0,8 et 3,0 m/T, présentent des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes avec :
  - une pression limite :  $0,6 \leq pl^* \leq 4,9$  MPa,
  - un module pressiométrique :  $7,8 \leq E_M \leq 300,6$  MPa.

Cette formation est absente en SP4.

- **Des formations très hétérogènes de sables fins à galets, de limons argileux beiges, d'argiles limoneuses à argilo-sableuses à blocs calcaires (H2)** sont ensuite identifiées jusqu'à une profondeur comprise entre 6,0 et 7,0 m/T, et présentent des caractéristiques géomécaniques faibles à moyennes, voire ponctuellement élevées, avec :
  - une pression limite :  $1,6 \leq p_l^* \leq 3,6$  MPa,
  - un module pressiométrique :  $15,6 \leq E_M \leq 91,4$  MPa.
- **Des formations calcaires blanches compactes (H3)**, identifiés jusqu'à la base des sondages, soit à la profondeur de 12,0 m/T, présentent de bonnes caractéristiques mécaniques :
  - une pression limite :  $4,0 \leq p_l^* > 4,9$  MPa,
  - un module pressiométrique :  $99,3 \leq E_M \leq 534,9$  MPa.

## 2.5.2 Sondage carotté : SC1

Le sondage carotté a été réalisé avec la même sondeuse SOCOMAFOR 50.

Le carottage a été exécuté au carottier conventionnel T6 de 116 mm de diamètre, utilisant de l'eau comme fluide de forage.

Le sondage SC1 met en évidence la présence des formations successives suivantes :

- 0,0 à 0,09 m : Enrobé noir,
- 0,09 à 0,55 m : Gravier à sable grossier brun (remblais?),
- 0,55 à 1,15 m : Argile brune (remblais),
- 1,15 à 2,10 m : Blocs et cailloux calcaires blancs (remblais?),
- 2,10 à 2,80 m : Argile brune à présence de morceaux d'enrobé (remblais?),
- 2,80 à 4,4 m : Blocs et cailloux calcaires blancs à quelques passages marneux grisâtres,
- 4,40 à 6,45 m : Argile beige à grisâtre,
- 6,45 à 6,65 m : Blocs de calcaire blanc,
- 6,65 à 7 m : Argile beige à grisâtre.

## 2.5.3 Essais de perméabilité NASBERG

Nous avons réalisé deux essais de perméabilité de type Nasberg dans le sondage SC1.

Les résultats des essais réalisés et le schéma d'implantation du sondage est présenté en annexe du présent rapport.

Les sondages ont permis de mesurer les perméabilités suivantes :

Sondage	SC1	
Profondeur de l'essai (m/T)	1,3 à 2,3	4,0 à 5,0
Perméabilité $k_N$ mesurée (m/s)	$2 \cdot 10^{-5} \leq k_N \leq 3 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5} \leq k_N \leq 2,6 \cdot 10^{-6}$

Les perméabilités mesurées sont contrastées et plutôt faibles.

Il s'agit par ailleurs de valeurs ponctuelles. Des horizons moins perméables pourraient être rencontrés notamment dans les sols franchement argileux à marneux par exemple ou au contraire plus perméables dans des sols plus sableux à graveleux, les remblais grossiers, et les calcaires (perméabilité de fissures).

## 2.5.4 Équipements piézométriques

Les sondages SP1, SP2 et SP4 ont fait l'objet d'un équipement piézométrique.

Il s'agit de tubes PVC de diamètres intérieur/extérieur 36/40 mm, crépinés au-delà de 1,5 m/T, bouchonnés en pied et protégés en surface par une bouche à clé scellée au ras du sol.

Dans le cadre de la mission, un suivi piézométrique sur 12 mois est actuellement en cours.

## 3. RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Des échantillons remaniés de sol ont été prélevés au droit des sondages SC1.

Il a fait l'objet d'essais en laboratoire, de type identification, dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

<b>Sondage</b>		<b>SC1-EI2</b>
<b>Profondeur (m)</b>		<b>4,0 à 5,0</b>
<b>Nature du sol</b>		Argile beige à grisâtre
<b>Teneur en eau naturelle w (%)</b>		20,3
<b>V.B.S</b>		1,4
<b>Limite d'Atterberg</b>	<b>Limite de liquidité WI (%)</b>	47
	<b>Limite de plasticité (%)</b>	20
	<b>Indice de plasticité Ip</b>	27
<b>Granulométrie</b>		
<b>Diamètre maximal (mm)</b>		0,106
<b>Passant à 2 mm (%)</b>		99,0
<b>Passant à 80 µm (%)</b>		93,6
<b>Classification GTR</b>		<b>A3h</b>

L'échantillon prélevé en SC1 est classé A3. Il s'agit de matériaux très sensibles au retrait-gonflement. Leur portance est par ailleurs fonction de leur teneur en eau. Elle s'effondre quand ils sont trop humides ou saturés.

Les résultats de l'essai de cisaillement rectiligne direct sont synthétisés dans le tableau suivant :

<b>Sondage</b>		<b>SC1-EI2</b>
<b>Profondeur (m)</b>		<b>4,0 à 5,0</b>
<b>Nature du sol</b>		Argile beige à grisâtre
<b>Cisaillement rectiligne direct</b>	<b>Φ' (°)</b>	29
	<b>C' (kPa)</b>	8



## **4. APPLICATIONS AUX OUVRAGES GÉOTECHNIQUES**

---

Au niveau de la phase d'avant-projet G2 AVP réalisée, seules les indications géotechniques générales peuvent être présentées. Afin de poursuivre la mission de conception géotechnique G2, la phase projet (G2 PRO) est indispensable avant la phase G2 DCE/ACT (étude des quantités, coûts et délais d'exécution des ouvrages géotechniques). Celle-ci sera suivie des missions d'ingénierie géotechnique d'exécution G3 et G4, voire G5 au sens de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013.

En ce qui concerne le présent document, il s'agit d'une étude d'ingénierie géotechnique de conception phase Avant-Projet G2AVP, relative aux futurs bâtiments, ceci au sens de la norme NF P 94-500 des missions géotechniques de Novembre 2013.

### **4.1 Analyse**

---

Nos investigations géotechniques in-situ ont permis de préciser le contexte géotechnique au droit du projet en mettant en évidence la présence :

- d'un terrain de pente générale dirigée vers le Sud-Ouest,
- de constructions existantes situées sous l'emprise du projet,
- d'aménagements existants mitoyens au projet avec notamment des voiries et des bâtiments,
- de remblais de compacité et d'épaisseur variable en surface,
- de formations de recouvrement constituées de sols fins plus ou moins graveleux de compacité hétérogène,
- de calcaires blancs globalement compacts plus en profondeur,
- D'un niveau d'eau non stabilisé mesuré vers 3,0 m/T.

Par ailleurs, un suivi piézométrique en cours associé à la réalisation d'une étude hydrogéologique spécifique, permettront de préciser l'incidence des eaux souterraines sur le projet et les adaptations spécifiques à prévoir pour la réalisation des terrassements et soutènements et la dalle basse des futurs sous-sols.

### **4.2 Conditions de réalisation des sous-sols**

---

#### **4.2.1 Généralités**

Cette étude n'est pas conçue pour forfaitiser un marché de terrassement. L'analyse détaillée des modalités et des conditions de terrassements ne rentre pas dans le cadre de cette étude.

Les éléments ci-dessous sont donnés à titre indicatif et présentent un caractère général.

Ils sont relatifs aux terrassements généraux en déblais nécessaires à la réalisation des deux niveaux de sous-sols.

D'après les éléments actuels en notre possession, la dalle basse du niveau R-2 du projet nécessitera des terrassements sur environ 6 à 8 m de profondeur.

Pour de telles profondeurs, le fond de forme devrait recouper les calcaires blancs compacts, avec, dans certains secteurs, un recouvrement possible en sols fins de recouvrement.

A ce stade, les sondages équipés en piézomètre (SP1, SP2 et SP4) montrent la présence d'eau. Il n'y avait pas d'eau sur SC1. De ce fait, on doit prendre en compte que des niveaux aquifères vont être recoupés par les terrassements. Cet aspect devra impérativement être intégré et déterminé dans le cadre d'une étude hydrogéologique, à la fin de la réalisation du suivi piézométrique prévu sur une durée minimale d'un an. Elle sera rattachée à l'étude G2 PRO à prévoir, lorsque le projet sera définitivement établi.

## 4.2.2 Moyens de terrassement

Les terrassements seront réalisés à l'aide de moyens traditionnels dans les remblais et sols fins peu consistants à assez serrés rencontrés en recouvrement (remblais, limons, sables et graves).

Ils nécessiteront l'utilisation de matériels puissants à spécifiques par exemple de type brise-roche hydraulique (BRH) ou fraises, pour détruire notamment les anciennes infrastructures massives (dalles épaisses, fondations...) ainsi que les niveaux indurés rencontrés en surface puis au sein des calcaires blancs lorsqu'ils sont massifs.

L'usage du brise-roche ou de tout autre moyen d'extraction, sera validé au préalable avec les précautions suffisantes en regard de l'environnement et du contexte général du projet, afin notamment de limiter la propagation des ébranlements rocheux (maîtrise des vibrations selon le décret de juillet 1986).

## 4.2.3 Conditions de stabilité - soutènements périphériques du projet

### • Préambule

Une attention particulière sera portée sur les décaissements projetés aux abords des limites de propriété et contre les constructions mitoyennes éventuellement conservées. Les terrassements généraux devront donc être entrepris de manière contrôlée, afin d'éviter toute déstabilisation des terrains et des ouvrages avoisinants.

Dans les secteurs éloignés des limites de propriété et des ouvrages sensibles aux déformations (parties centrales du terrain notamment) et en l'absence d'eau ; on pourra réaliser un talutage provisoire, avec, si nécessaire, un confortement provisoire par paroi clouée. La pente des talus provisoires seront déterminées dans le cadre des études de projet G2PRO sur la base de calculs de stabilité adaptés.

Contre ou à proximité des limites de propriété ou des ouvrages sensibles aux déformations, les terrassements ne seront réalisés qu'à l'abri d'ouvrages de soutènements de type parois berlinoises ou microberlinoises fondés en profondeur au sein du substratum compact (calcaires compacts), et dimensionnés pour assurer la stabilité des terrains et des ouvrages mitoyens. Si des clous ou tirants sont nécessaires, il sera impératif d'obtenir les autorisations de tréfonds.

Ces principes de terrassement devront être associés à un système de collecte des eaux superficielles et à un captage des eaux souterraines (à déterminer dans le cadre de la G2PRO).

A ce stade des investigations, il convient de prendre en compte la présence d'eau en phase provisoire et en phase définitive.

En considérant des circulations d'eau souterraines limitées, les dispositions à mettre en œuvre pourront être classiques : pompage provisoire en phase chantier après mise en œuvre d'un soutènement adéquat (talutage + blindage, ouvrage de soutènement type paroi berlinoise ou parisienne, ...), voire la mise en place de drains sub-horizontaux.

Si des arrivées d'eau abondantes sont attendues ou pour limiter les débits d'exhaure, ou si une nappe est recoupée, des dispositions spécifiques s'avéreront nécessaires, avec la réalisation d'écrans étanches par exemple de type pieux sécants ou paroi moulée.

En phase définitive, les préconisations pourront varier selon l'obtention ou non d'une autorisation de rejet auprès des autorités administratives. Si le rejet est autorisé, on pourra envisager selon nous un système de drainage en sous-face du dallage (ou d'une dalle en cas de sols gonflants) avec pompe de relevage et rejet à l'aval. Si le rejet est interdit, il y aura lieu de prévoir un ouvrage résistant à la sous-pression en considérant le niveau des plus hautes eaux (déterminé par l'étude hydrogéologique).

Les études hydrogéologiques à mener dans le cadre des études de projet G2PRO permettront de préciser le comportement des eaux souterraines et déterminer ainsi le type d'ouvrage à réaliser et les dispositions spécifiques à mettre en œuvre pour la protection contre les eaux souterraines.

Dans le cas d'un pompage, on s'assurera de l'absence d'influence (par tassement notamment) vis à vis des fondations des ouvrages mitoyens et de l'influence du rabattement vis-à-vis de la stabilité générale et locale du site.

#### • Stabilité

Des calculs de stabilité et de déformation, réalisés dans le cadre de l'étude géotechnique de conception phase Projet G2PRO, permettront de préciser :

- les pentes des éventuels talus provisoires dans les secteurs où l'emprise foncière est suffisante,
- les dispositifs spécifiques de soutènement ou de confortement à mettre en œuvre pour assurer la stabilité des terrains et ouvrages mitoyens,
- l'influence des eaux souterraines et les dispositions à prévoir par rapport aux parties enterrées.

Le suivi de la réalisation des soutènements et l'observation des talus ou des confortements de talus seront effectués à l'avancement des travaux de terrassement (missions de suivi géotechnique et supervision géotechnique du suivi d'exécution (missions G3 et G4)).

En phase définitive, la structure des niveaux enterrés des futurs bâtiments devra être dimensionnée pour reprendre les poussées exercées.

Les premiers résultats géotechniques, fournis dans le cadre de ce rapport, et ceux qui devront être fournis dans le cadre de la mission G2PRO, devront permettre aux concepteurs puis aux entreprises d'aborder les techniques d'exécution et les prédimensionnements de ces ouvrages en fonction des matériels, matériaux et procédés utilisés.

#### • Influence de l'eau

On rappelle que le suivi piézométrique et une étude hydrogéologique spécifique permettront de préciser le comportement et l'influence des eaux souterraines et les dispositifs spécifiques à mettre en œuvre lors de la réalisation des terrassements et en phase définitive.

On prévoira lors de la réalisation des terrassements, dans le cas d'arrivées d'eau souterraine limitées, la mise en œuvre d'un dispositif de récupération et de collecte des eaux souterraines relié à une pompe de relevage.

A l'arrière des soutènements (dans le cas d'une paroi de type berlinoise), on mettra alors en œuvre une bande drainante avec évacuation en pied des éventuelles arrivées d'eaux, afin d'éviter tout risque de poussée hydrostatique.

D'une manière générale, on veillera à privilégier la réalisation des travaux de fondations et de terrassement lorsque les niveaux aquifères seront les plus bas (à déterminer dans le cadre d'une étude hydrogéologique).

En cas d'arrivées d'eaux importantes ou d'une nappe recoupée par les terrassements, des pompages réalisés en phase de terrassement depuis l'intérieur de l'enceinte étanche ainsi créée par les soutènements, devront permettre de rabattre le niveau de la nappe sous le niveau du fond de fouille, tout en limitant le rabattement de celle-ci à l'extérieur, ceci afin d'éviter tout désordre sur les avoisinants.



### 4.3 Mode de fondation

#### 4.3.1 Type – Profondeur d'assise

Sur la base des investigations réalisées et après les terrassements généraux des sous-sols, nous proposons de fonder les futures constructions par l'intermédiaire de semelles superficielles à semi-profondes, filantes ou isolées, pour lesquelles un rattrapage en gros béton sera admis.

Les fondations seront ancrées d'au moins 0,30 m dans les calcaires compacts, dont le toit est attendu, au droit des sondages réalisés, aux profondeurs minimales consignées dans les tableaux ci-dessous (par rapport à la surface du terrain lors de notre intervention) :

Sondage / Essai	SP1	SP2	SP3	SP4	SC1
Profondeur (m/T)	7,0	6,0	6,8	6,0	nr

nr : non rencontré

Ces profondeurs pourront varier en plus ou en moins en fonction d'anomalies géologiques éventuelles non décelées lors de la campagne d'essais.

Par ailleurs, compte tenu des variations brutales de faciès, des surprofondeurs plus ou moins ponctuelles sont à prévoir afin d'atteindre des terrains impérativement compacts et non remaniés.

#### 4.3.2 Contraintes

Nous proposons de déterminer les contraintes de calcul à partir des résultats d'essais pressiométriques et d'après les recommandations des Eurocodes 7 – Norme NF P 94-261.

L'expression de la contrainte ultime est la suivante :

$$\frac{R_{v;d}}{A'} = \frac{k_p \cdot p_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta}{\gamma_{R;d} \cdot \gamma_{R;v}} + q'_0$$

Avec :

- $R_{v;d}$  (MN) Valeur de calcul de la résistance ultime du terrain
- $A'$  (m<sup>2</sup>) Surface effective de la fondation superficielle.
- $i_\delta$  Coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement, hyp :  $\delta = 1$
- $i_\beta$  Coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus, hyp :  $\beta = 1$
- $p_{le}^*$  (MPa) Pression limite nette équivalente :
- $k_p$  Facteur de portance
- $q'_0$  (MPa) Contrainte verticale effective que l'on obtiendrait dans le sol après travaux au niveau de la base de fondation en faisant abstraction de celle-ci.

Pour un système de fondation tel que défini ci-avant au §4.3.1 sollicitant les calcaires compacts, nous proposons de retenir la contrainte admissible (contrainte de calcul aux ELS) suivante :

$$q_{ELS} = 0,50 \text{ MPa (5,0 bars).}$$

La contrainte de calcul aux ELU est :  $q_{ELU} = 0,82 \text{ MPa.}$

Ainsi, à titre d'exemple une semelle isolée 1,00 m<sup>2</sup> de section peut reprendre un effort vertical centré aux ELS de 500 kN et une semelle filante de 0,70 m de largeur peut reprendre un effort vertical centré aux ELS de 350 kN/ml.

### 4.3.3 Estimation des tassements

Ce mode de fondation par semelles superficielles à semi-profondes sera évidemment validé par l'ingénieur des structures, en fonction des descentes de charges réelles des constructions projetées, et de leur aptitude à absorber les éventuelles différences de portance au niveau des sols d'assise.

Le tassement d'une semelle dépend de certains paramètres comme la contrainte appliquée au sol, la dimension de la semelle et la qualité de l'exécution du fond de fouille de la fondation.

Les résultats sont donnés ci-après avec les réserves émises quant aux hypothèses relatives aux caractéristiques géotechniques et aux contraintes prises en compte.

L'estimation des tassements a été déterminée à partir de la méthode pressiométrique :

$$s = (q - \sigma_v) \lambda_c B \alpha / 9 E_c + 2(q - \sigma_v) B_0^* (\lambda_d B / B_0) \alpha / 9 E_d$$

Avec :

- $q$  surcharge liée à la structure
- $\sigma_v$  contrainte verticale totale avant travaux au niveau de la base de la fondation
- $\lambda_c$  et  $\lambda_d$  coefficients de forme,
- $\alpha$  coefficient rhéologique
- $B$  largeur de la fondation
- $B_0$  une dimension de référence égale à 0,6 m
- $E_c, E_d$  modules équivalents dans la zone volumique et dans la zone déviatorique avec  $E_c = E_d = E_M$

A titre d'exemple pour une semelle isolée carrée de 1,00 m de largeur ou une semelle filante de 0,70 m établies au sein des calcaires compacts au droit des sondages SP1 à SP4 (avec un ancrage minimal de 0,30 m) et exerçant une contrainte aux ELS de 0,50 MPa, les tassements prévisibles absolus sont estimés à moins de 1 cm, en admettant qu'il n'y ait pas de remaniement au niveau des sols d'assise.

Par ailleurs, les descentes de charges connues, des calculs plus précis sur les tassements prévisibles, seront alors réalisés dans le cadre de la G2PRO.

Enfin, il conviendra de s'assurer de la compatibilité de la structure avec les éventuelles parties fondées sur les écrans périmétriques ou des fondations profondes dans les secteurs décomprimés.

### 4.3.4 Recommandations

Un certain nombre de recommandations doivent être prises en compte lors de la conception et de l'exécution des infrastructures :

- Il conviendra de prévoir une réception attentive des fouilles lors de leur ouverture afin de vérifier la conformité et l'homogénéité des terrains rencontrés lors de la réalisation des sondages. Ainsi les cotes d'assise réelles des fondations pourront varier en plus ou en moins en fonctions des aléas géologiques non décelés par la présente campagne d'investigations.
- A l'occasion de cette réception, il sera vérifié que la compacité des sols d'assise des fondations demeure identique sous la totalité de l'emprise de chaque élément de construction indépendant.
- Toute zone douteuse (remblais, argile molle...) sera purgée et remplacée par du gros béton.
- Les fondations du projet devront impérativement franchir les remblais et anciennes infrastructures existants sous l'emprise du projet, de manière à atteindre les terrains en place non remaniés.
- Les éventuels blocs rocheux disloqués mis à jour en fond de fouille seront purgés et remplacés par du gros béton.

- On rappelle que nos investigations ont mis en évidence la présence d'eau dans le sol. Des venues d'eau peuvent donc attendues lors des opérations de terrassement et de fouilles de fondations des bâtiments, notamment avec la présence de sous-sols. L'entreprise chargée des travaux devra prévoir, avant les travaux de fondation, la mise en place d'un dispositif de captage de ces eaux afin de mettre hors d'eau avant tout bétonnage les fonds de fouille des futures fondations.

- En cas d'arrivées d'eaux intempestives (infiltrations, ruissellements, pluie, etc.), il est impératif de purger et de curer les fonds de fouilles des matériaux remaniés ou saturés d'eau. Afin de garantir la stabilité des parois de fouille de fondation, des blindages provisoires ou perdus pourront être mis en œuvre avant la phase de bétonnage.

- Les fondations seront coulées à pleine fouille afin d'assurer un bon contact sol en place/béton et de limiter le risque d'infiltrations d'eau à ce niveau.

- Afin d'éviter tout risque de poinçonnement du sol d'assise, une largeur minimale de 0,50 m pour les semelles filantes et de 0,70 m pour les semelles isolées devra être adoptée.

- Les fonds de fouille devront être horizontaux.

- Dans le cas d'un niveau d'assise variable, il conviendra de prévoir la réalisation de redans; ils seront établis de manière à respecter la règle des trois pour un : les niveaux de fondations successives doivent être tels qu'une pente maximale d'un (1) de base pour un (1) de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.

Cette règle devra être respectée :

- entre fondations projetées,
- entre fondations projetées et fondations mitoyennes,
- entre fondations projetées et pieds de talus mitoyens amont et aval.

- Les formations calcaires et marno-calcaires du site peuvent être le siège de zones altérées ou décomprimées. Des vides peuvent être rencontrés de manière plus exceptionnelle. La rencontre de telles anomalies lors des terrassements, nécessitera de délimiter l'emprise de ces derniers et de prévoir l'avis d'un géotechnicien afin de définir les adaptations à mettre en œuvre (dans le cadre de sa mission G3). Il pourrait s'agir par exemple :

- d'un comblement des vides par remplissage, par exemple, à l'aide d'un gros béton plastique,
- du franchissement des zones décomprimées ou petits vides par pontage des infrastructures concernées après renforcement des ferrailages.

## 4.4 Dallages

---

### 4.4.1 Faisabilité

Les dallages sont des ouvrages sensibles à la déformation des sols supports.

Des dallages sur terre-plein pourront être envisagés au niveau du 2<sup>ème</sup> sous-sol, après s'être assuré :

- de l'absence de risque de gonflement au niveau des terrains d'assise,
- pour des charges d'exploitation n'excédant pas 5 kPa,
- et sous réserve de respecter les principes de mise en œuvre décrits ci-après.

Autrement, on réalisera pour les planchers bas :

- en cas d'arrivées d'eau limitées, des dalles portées par les fondations,
- en cas d'arrivées d'eau importantes, une dalle avec cuvelage résistante aux sous pressions.



#### 4.4.2 Principe de mise en œuvre

Pour l'assise du dallage, il est nécessaire de prévoir une couche de forme constituée de matériaux de qualité et des conditions d'exécution soignées.

Nous proposons de mettre en œuvre une couche de forme sur une épaisseur minimale de 0,40 m, après :

- purge de l'horizon végétal, des anciennes infrastructures, des remblais et des sols mous,
- compactage énergétique des sols supports,
- purge des sols déformables persistants, et substitution à l'aide d'une grave non traitée énergiquement compactée,
- pose d'un géotextile anti-contaminant, sur les sols fins
- mise en œuvre des remblais et de la couche de forme, énergiquement compactés.

Dans les secteurs où les calcaires compacts sont affleurants, l'épaisseur de la couche de forme sera ramenée à 0,15 / 0,20 m (couche de réglage).

Pour la couche de forme et les remblais techniques, on utilisera des matériaux nobles, de type grave non traitée. Ils devront rester insensibles à l'eau (et au gel), et présenter une granulométrie continue, inscrite dans le fuseau de Talbot correspondant, avec un diamètre D n'excédant pas 60 mm, avec une couche finale en 0-31,5 mm.

Les remblais doivent être mis en œuvre par couches élémentaires dont l'épaisseur nominale est liée à la nature du matériau, mais également aux types de compacteurs prévus sur le chantier et du nombre de passes de ce dernier.

Des planches d'essais au démarrage du chantier permettront d'étalonner l'atelier de compactage et de vérifier l'obtention des spécifications demandées par le C.C.T.P.

Des essais de contrôle continu pour chaque couche et de réception (couche finale) seront entrepris. La définition des spécifications minimales appartient au Maître d'Œuvre.

A notre sens, et d'une manière générale, par expérience, l'objectif minimum à viser, pour un matériau d'assise performant sous dallage est :

- $E_{V2} > 60$  MPa,
- Module de Westergaard  $K_W > 50$  MPa/m.

#### 4.4.3 Modules d'Young à prendre en compte

Dans le cadre du DTU 13.3, nous proposons de préciser les modules de déformation  $E_y$  à prendre en compte pour le dimensionnement des dallages.

Le module  $E_y$  est obtenu par la relation :

$$E_y = 0,74E_M / \alpha \text{ en considérant un coefficient de Poisson de 0,3 dans les sols en place.}$$

Avec :

$E_y$	Module d'Young
$E_M$	Module pressiométrique
$\alpha$	Coefficient rhéologique

On a pris en compte les deux sondages pressiométriques SP1 à SP4.

Pour un dallage, on propose de prendre en compte les valeurs types suivantes :

- De 0 à 3 m/T : remblais limono-sableux à graves : traversés par les terrassements
- De 0,1/3 à 6/7 m/T : limons argileux à argiles limoneuses +/- graveleux et sables fins à galets, traversés, en grande partie par les terrassements : module  $E_y$  moyen de 30 MPa,
- De 6/7 à >12 m/T (base des sondages), module  $E_y$  moyen de 200 MPa,

Ces valeurs sont issues des données géotechniques mesurées dans le cadre de cette campagne d'investigations in-situ.

#### **4.5 Dispositions relatives à la protection contre les eaux**

La sensibilité attendue des sols d'assise vis-à-vis des variations hydriques impose d'assurer une parfaite gestion des eaux au droit et en périphérie du futur projet : l'imbibition ou la dessiccation des sols peuvent produire une altération rapide au niveau des sols porteurs ; ces actions peuvent avoir des conséquences directes sur la tenue des fondations et des superstructures.

L'équipe de conception chargée du projet prévoira dans le détail ces dispositions dans le cadre de sa mission d'aménagement des ouvrages et de leurs abords.

Les abords et les parties enterrées que comportent les futurs bâtiments et leurs sous-sols seront protégés des eaux d'infiltration, par la mise en place d'un système de drainage et d'évacuation convenablement maillé, et possédant des exutoires suffisants, implantés de manière non dangereuse pour les ouvrages ou le voisinage.

Par ailleurs, aux abords des ouvrages, on mettra en place un dispositif d'évacuation des eaux de ruissellement, permettant d'éviter toute réinjection des eaux dans le sol d'assise des fondations, qui pourraient être nuisibles à la bonne tenue de ces dernières, comprenant : des gouttières, des dallages ou voiries périphériques étanches en pied de façade avec contres pentes et cunettes bétonnées.

Ces deux systèmes de captage et d'évacuation seront indépendants.

Les murs périphériques enterrés seront dimensionnés en tenant compte de la poussée des terres, et on devra prévoir à l'arrière de ces murs un massif drainant avec évacuation latérale des eaux d'infiltration, afin d'éviter tout risque de poussée hydrostatique.

Dans le cas de la mise en œuvre d'un écran étanche, il sera nécessaire de prévoir une fiche hydraulique afin de limiter les arrivées d'eau dans l'enceinte ainsi créée.

Au niveau du dallage des parties enterrées à partiellement enterrées, et selon le degré de protection choisi par le Maître d'Ouvrage, on adoptera soit :

➤ **En cas de venues d'eau limitées :**

- en présence de sols gonflants = une dalle portée sur vide sanitaire avec collecte en sous-face et pompage ou évacuation vers l'aval,
- en l'absence de sols gonflants, un dallage sur un matelas constitué d'une couche en grave non traitée pauvre en fines de type ballast, insensible à l'eau, dans laquelle des drains en épis seront disposés. Ces drains seront reliés à un collecteur avec exhaure,

➤ **En cas de nappe ou de venues d'eau importantes :**

- la mise en place d'une dalle et d'un cuvelage résistants aux sous-pressions devra être envisagé, après avoir contrôlé l'absence de gonflement (sinon dalle sur vide sanitaire).

La réalisation du suivi piézométrique associé à une étude hydrogéologique spécifique établie dans le cadre de la mission G2 phase PRO permettra de pré-dimensionner, si nécessaire, le système de drainage à adopter pour le projet.

Par ailleurs, il conviendra de s'assurer de l'obtention des accords administratifs de rejet des eaux souterraines évacuées dans les réseaux spécifiques sinon un système de dalle résistante à la sous-pression associé à la réalisation d'un cuvelage devra être adopté.

#### **4.6 Phasage des études et missions d'ingénierie géotechnique à réaliser**

Rappelons que la présente étude géotechnique est de type G2AVP au sens de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013.

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.

Ainsi, la présente phase avant-projet G2AVP de la mission de conception géotechnique G2 ne peut servir au lancement d'une consultation ou d'un appel d'offre concernant la construction d'un ouvrage géotechnique pour lequel la réalisation de la phase G2 PRO est indispensable.

Audrey MOLINIER  
Ingénieure Géotechnicienne

P/O : Maël BORFIGA



\_\_\_\_\_

**Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013**  
**CLASSIFICATION ET ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

L'enchaînement des missions contribue à la maîtrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.  
 Tout ouvrage géotechnique est en interaction avec son environnement géotechnique. 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 de 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 de l'ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3 ; la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.  
 Toute mission d'ingénierie géotechnique doit s'appuyer sur des données géotechniques pertinentes issues de la réalisation de prestations d'investigations géotechniques spécifiées à l'Article 6.

**Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique**

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



TABLEAU 2 – CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

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

**ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE 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).

**ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

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

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

**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

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

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

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

**SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposés par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

— Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

**DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

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

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

## CONDITIONS GENERALES

### 1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du co-contractant, 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'article 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). ERG est en mesure d'établir un devis pour ces différents types de déclaration.

### 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.

Hors domaine sites et sols pollués, la mission (géotechnique par exemple) et les investigations éventuelles 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, à la pollution des sols et des nappes et à la présence d'amiante ou de matériaux amiantés. 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 grutages 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 inévitables 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 générales (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 « SYNTEC », 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 du 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. Le client prendra en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire 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 surcotisation 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 6 000 000 € pour les ouvrages de génie civil en convention spéciale Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie et 2 000 000 € en génie civil en convention spéciale Responsabilité Professionnelle de l'Economie de la Construction 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 surcotisation 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 portefort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

### 18. Litiges

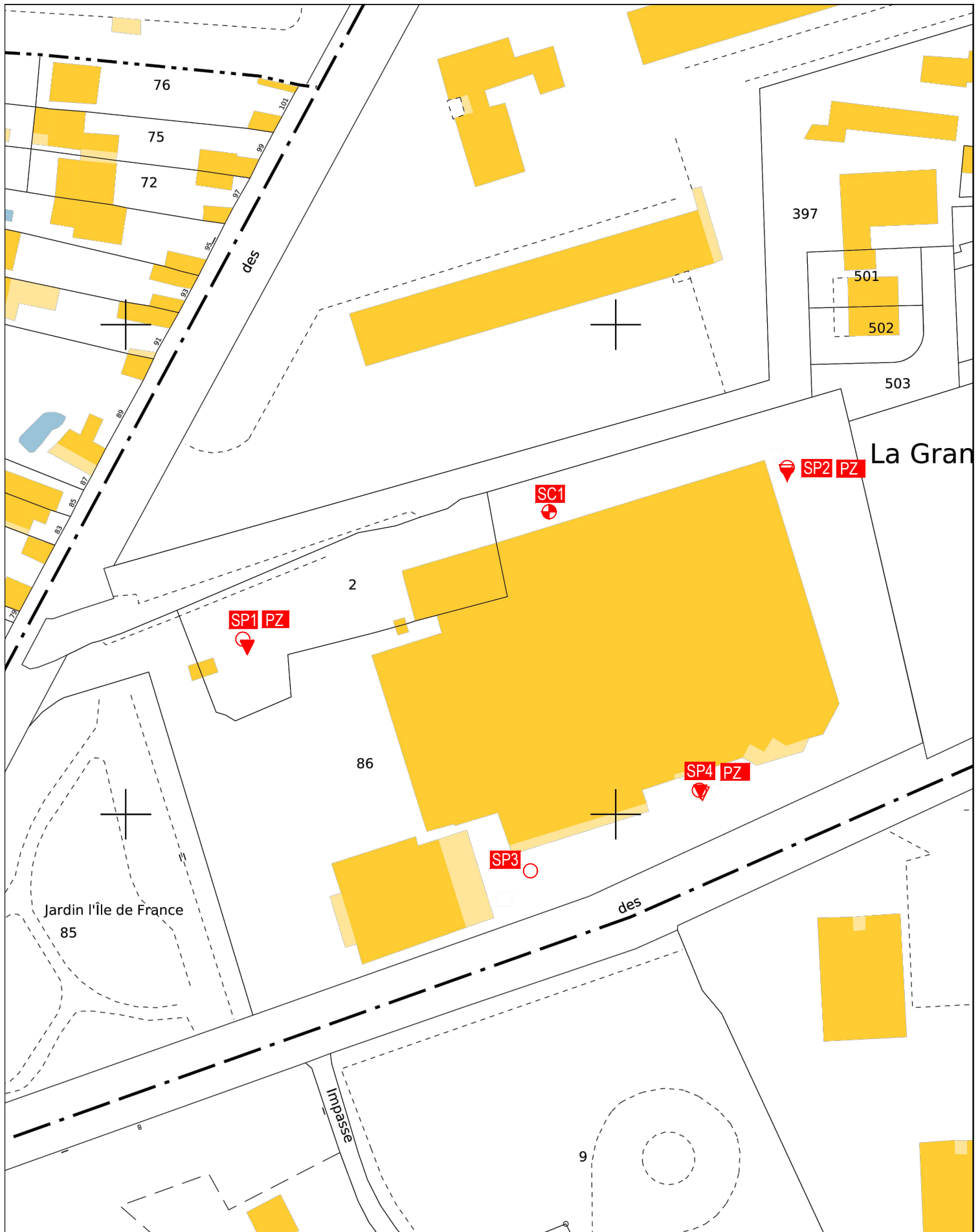
En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du Tribunal de Commerce de Marseille sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

## ANNEXES

---

- schéma d'implantation des sondages
- résultats des sondages pressiométriques : SP1 à SP4
- résultats des sondages carottés : SC1
- résultats des essais de perméabilité Nasberg





### PL00A - PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



Document extrait de	Nivellement	Type sondage	Qté
Plan client :	<input checked="" type="checkbox"/> NGF	<input type="checkbox"/> Pressiométrique (SP)	<input type="checkbox"/> 4/4
Croquis dressé par ERG	<input type="checkbox"/> Indépendant	<input type="checkbox"/> Destructif (SD)	<input type="checkbox"/> 1/1
Dossier	cote base de nivellement	Carotté (SC)	<input type="checkbox"/> 3/3
<b>OPERATION BOURELLY</b>	repère sur plan	Piézomètre (PZ)	<input type="checkbox"/>
13015 - MARSEILLE	Sans	<input checked="" type="checkbox"/> Pénétromètre dynamique (PD)	<input type="checkbox"/>
21MG640Aa	Echelle : 1/1000-A4	Pelle mécanique (PM)	<input type="checkbox"/>
		Fouille (F)	<input type="checkbox"/>

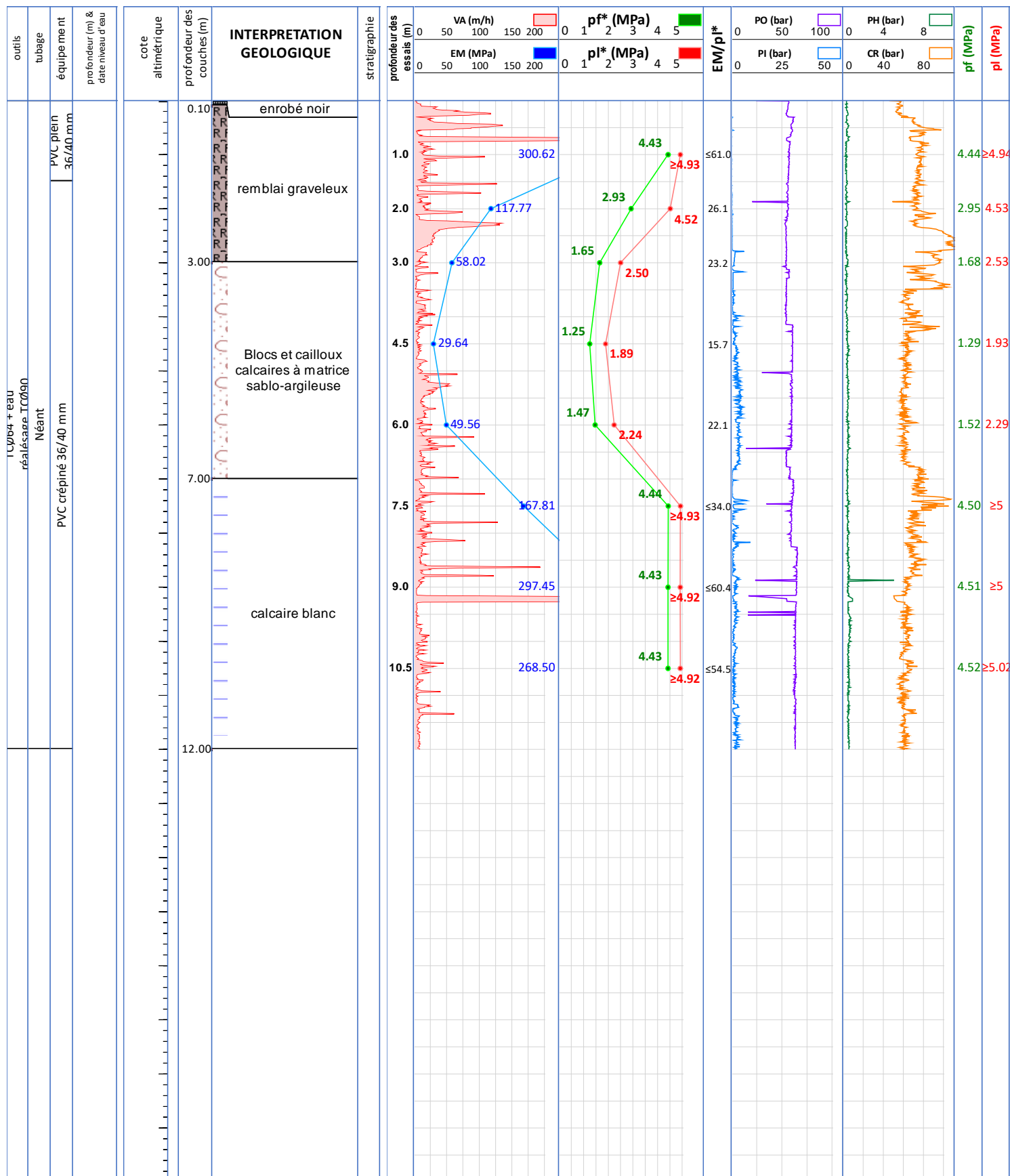
désignation du dossier <b>OPERATION BOURELLY</b>	
ville(s) du dossier <b>MARSEILLE</b>	<b>13015</b>
désignation du client <b>KAUFMAN et BROAD</b>	
n° de dossier ERG <b>21MG640Aa</b>	date fin de réalisation <b>14/12/2021</b>
équipe de sondage <b>SOCO5065 4</b>	<b>ABD</b> longueur atteinte (m) <b>12 m</b>
hauteur d'eau au dessus du sol (site aquatique) n° enregistreur <b>50072</b>	
Observations <b>Bouche à clé</b>	établi <b>LIE</b>
	vérifié <b>AMR</b>
	approuvé <b>VFE</b>

coordonnées planimétriques	X (m) ou longitude E (°) Y (m) ou latitude N (°) système planimétrique <b>WGS84-DD</b>
altitude	Z (m) système altimétrique <b>NGF</b>
orientation	inclinaison/verticale (°) <b>0°</b> azimut/Nord (°)

hypothèses de calcul des pressions nettes (pf\*, pl\*) : poids volumique=18 kN/m3, coefficient des terres au repos=0.5

pressio+parametres\_forage

en\_tete\_pressio.xls

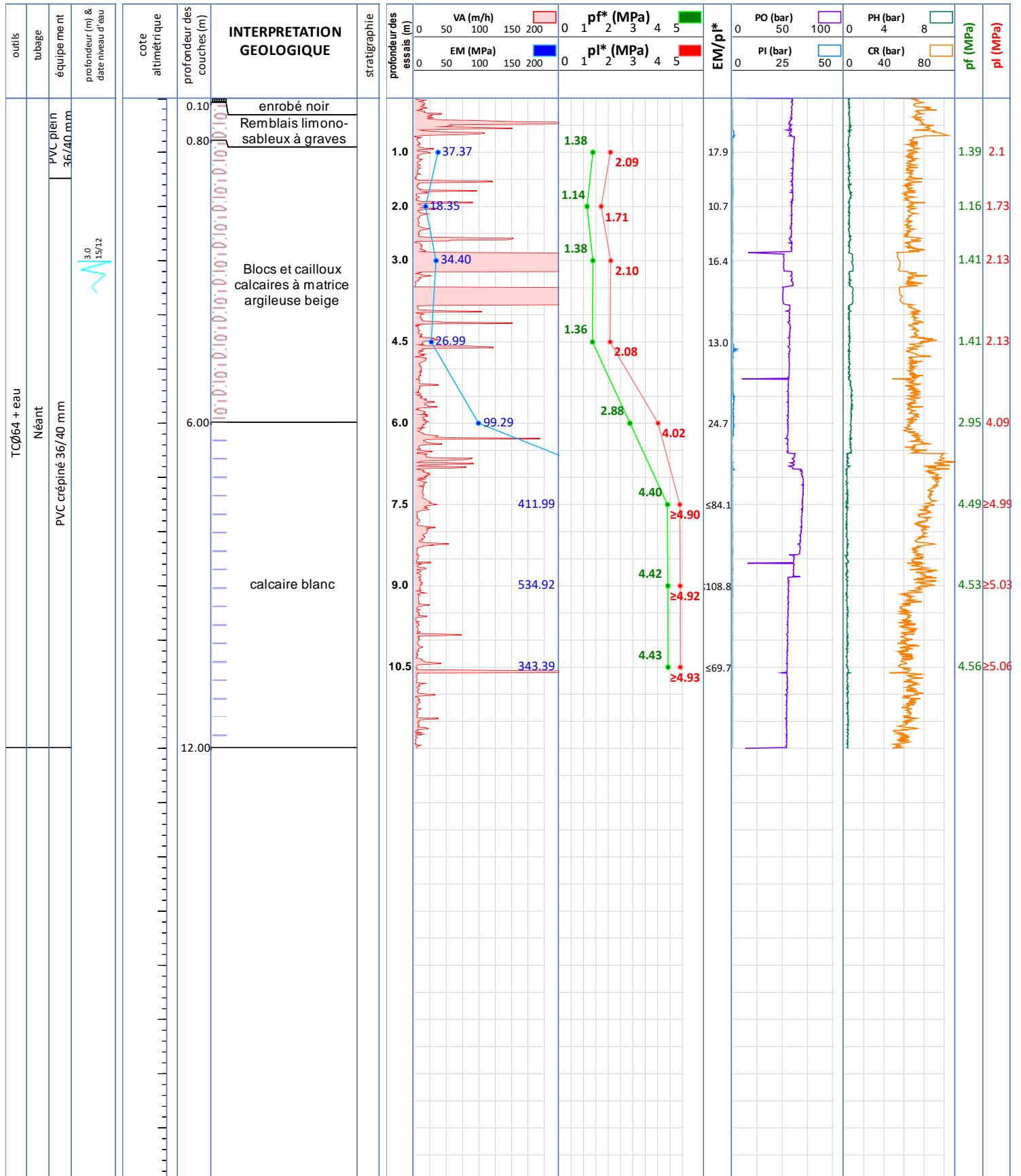


désignation du dossier <b>OPERATION BOURELLY</b>		
ville(s) du dossier <b>MARSEILLE</b>	<b>13015</b>	
désignation du client <b>KAUFMAN et BROAD</b>		
n° de dossier ERG <b>21MG640Aa</b>	date fin de réalisation <b>15/12/2021</b>	
équipe de sondage <b>SOCO5065 4</b>	<b>ABD</b>	longueur atteinte (m) <b>12 m</b>
hauteur d'eau au dessus du sol (site aquatique)		n° enregistreur <b>50072</b>
Observations <b>Bouche à clé</b>		établi <b>LIE</b> vérifié <b>AMR</b> approuvé <b>VFE</b>

coordonnées planimétriques	X (m) ou longitude E (°)
	Y (m) ou latitude N (°)
	système planimétrique <b>WGS84-DD</b>
altitude	Z (m)
	système altimétrique <b>NGF</b>
orientation	inclinaison/verticale (°) <b>0°</b>
	azimut/Nord (°)

hypothèses de calcul des pressions nettes (pf\*, pl\*) : poids volumique=18 kN/m3, coefficient des terres au repos=0.5

pressio+parametres\_forage  
en\_tete\_pressio.xls

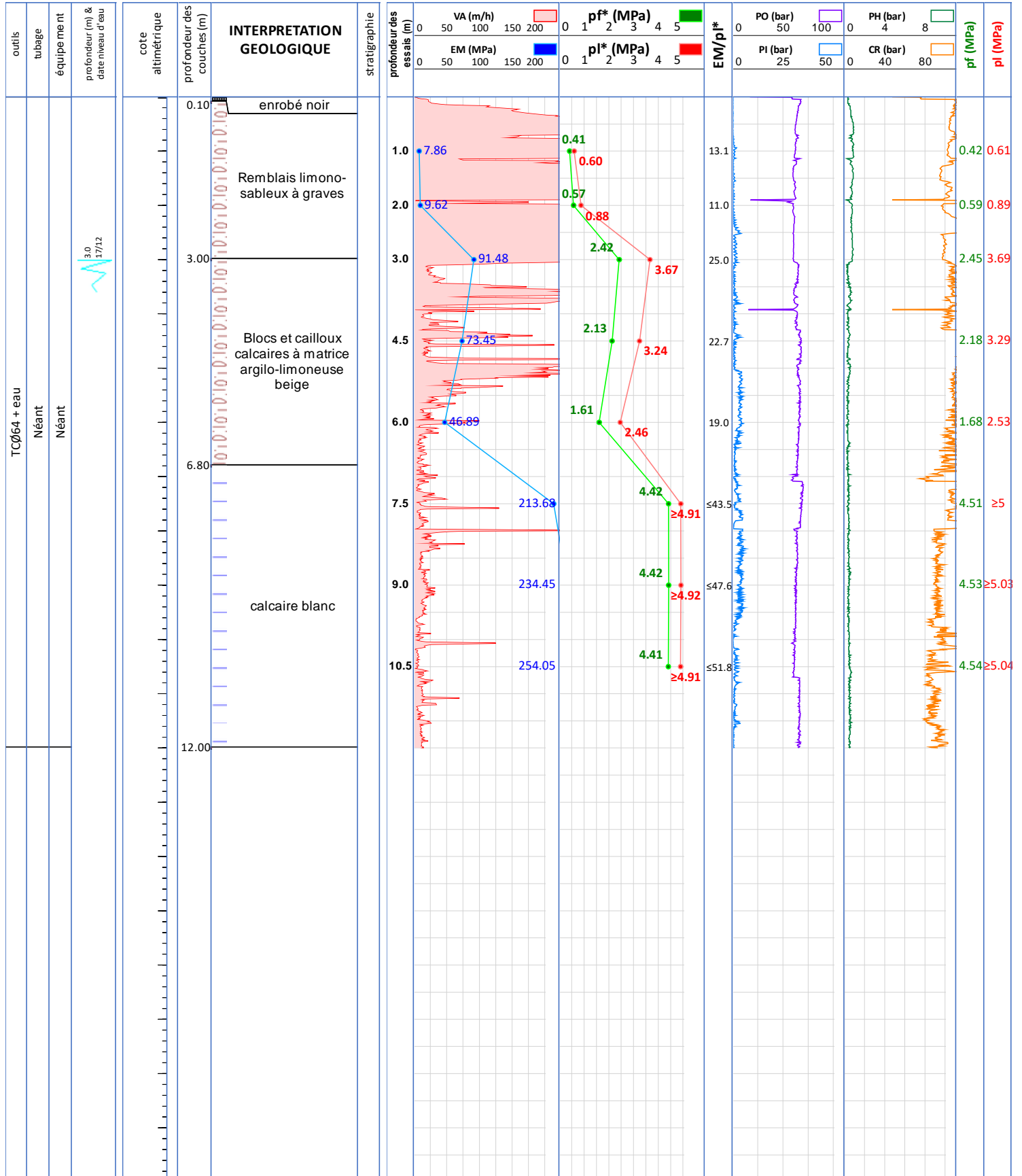


désignation du dossier <b>OPERATION BOURELLY</b>		
ville(s) du dossier <b>MARSEILLE</b>	<b>13015</b>	
désignation du client <b>KAUFMAN et BROAD</b>		
n° de dossier ERG <b>21MG640Aa</b>	date fin de réalisation <b>17/12/2021</b>	
équipe de sondage <b>SOCO5065 4</b>	<b>ABD</b>	longueur atteinte (m) <b>12 m</b>
hauteur d'eau au dessus du sol (site aquatique)		n° enregistreur <b>50072</b>
Observations	établi	LIE
	vérifié	AMR
	approuvé	VFE

coordonnées planimétriques	X (m) ou longitude E (°)
	Y (m) ou latitude N (°)
	système planimétrique <b>WGS84-DD</b>
altitude	Z (m)
	système altimétrique <b>NGF</b>
orientation	inclinaison/verticale (°) <b>0°</b>
	azimut/Nord (°)

hypothèses de calcul des pressions nettes (pf\*, pl\*) : poids volumique=18 kN/m3, coefficient des terres au repos=0.5

pressio+parametres\_forage  
en\_tete\_pressio.xls

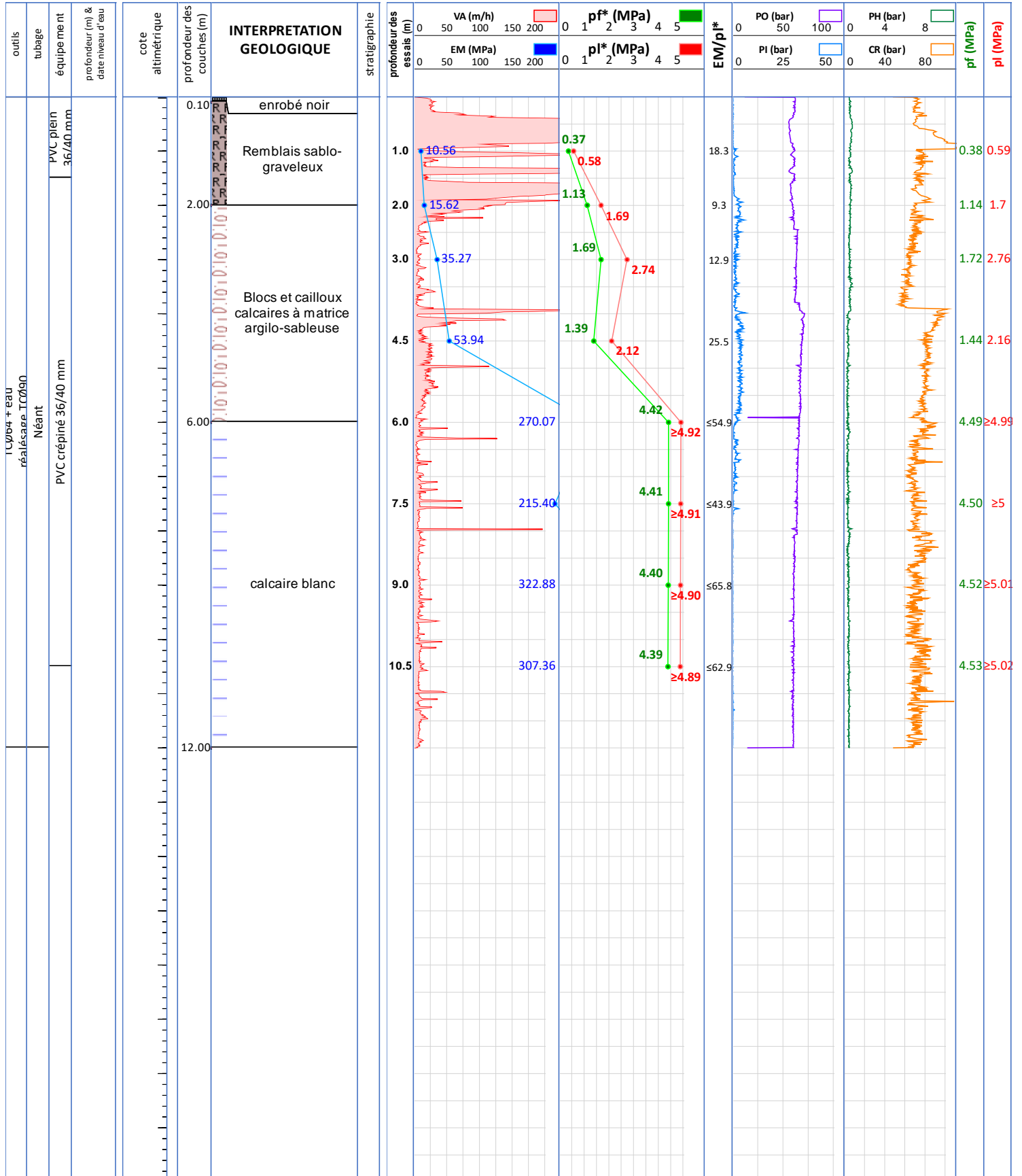


désignation du dossier <b>OPERATION BOURELLY</b>		
ville(s) du dossier <b>MARSEILLE</b>	<b>13015</b>	
désignation du client <b>KAUFMAN et BROAD</b>		
n° de dossier ERG <b>21MG640Aa</b>	date fin de réalisation <b>15/12/2021</b>	
équipe de sondage <b>SOCO5065 4</b>	<b>ABD</b>	longueur atteinte (m) <b>12 m</b>
hauteur d'eau au dessus du sol (site aquatique)		n° enregistreur <b>50072</b>
Observations <b>Bouche à clé</b>		établi <b>LIE</b> vérifié <b>AMR</b> approuvé <b>VFE</b>

coordonnées planimétriques	X (m) ou longitude E (°)
	Y (m) ou latitude N (°)
	système planimétrique <b>WGS84-DD</b>
altitude	Z (m)
	système altimétrique <b>NGF</b>
orientation	inclinaison/verticale (°) <b>0°</b>
	azimut/Nord (°)

hypothèses de calcul des pressions nettes (pf\*, pl\*) : poids volumique=18 kN/m3, coefficient des terres au repos=0.5

pressio+parametres\_forage  
en\_tete\_pressio.xls





désignation du dossier <b>OPERATION BOURELLY</b>			
ville(s) du dossier <b>MARSEILLE</b>		13015	
désignation du client <b>KAUFMAN et BROAD</b>			
n° de dossier ERG <b>21MG640Aa</b>		date fin de réalisation <b>16/12/2021</b>	
équipe de sondage <b>SOCO5065 4</b>		<b>ABD</b>	longueur atteinte (m) <b>7 m</b>
hauteur d'eau au dessus du sol (site aquatique)		n° enregistreur	
Observations		établi	<b>LIE</b>
		vérifié	<b>AMR</b>
		approuvé	<b>VFE</b>

coordonnées planimétriques	X (m) ou longitude E (°)
	Y (m) ou latitude N(°)
système planimétrique <b>WGS84-DD</b>	
altitude	Z (m)
	système altimétrique <b>NGF</b>
orientation	inclinaison/verticale (°) <b>0 °</b>
	azimut/Nord (°)

carottage  
en\_tete\_carottage.xls

outils	tubage	équipement	pro fondeur & date niveau d'eau (m)	cote altimétrique	profondeur des couches (m)	DESCRIPTION GEOLOGIQUE	stratigraphie	profondeur (m)	RQD (%)		profondeurs (m) & type échantillons	profondeurs (m) & type essais d'eau
									taux de récupération (%)			
					0.03	enrobé noir		0	0	100		
					0.55	graviers à sable grossier brun (remblais)		100				
					1.15	argile brune (remblais)						
					2.10	blocs et cailloux calcaires blancs (remblais)		100			1.0 - 2.0 E11	1.3 - 2.3 Ele1
					2.80	argile brune avec présence d'un morceau d'enrobés (remblais)		60				
					4.40	blocs et cailloux calcaires blancs à quelques passages marneux grisâtres		100			4.0 - 5.0 E12	4.0 - 5.0 Ele2
					6.45	argile beige à grisâtre						
					6.65	bloc calcaire blanc						
					7.00	argile beige à grisâtre		95				

CRD116T6

Néant

Néant

# ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG

données - mesures - résultats

**SC1**

sondage

**01,8 m**

profondeur



CHANTIER OPERATION BOURELLY

VILLE 13015 - MARSEILLE

CLIENT KAUFMAN et BROAD

DOSSIER 21MG640Aa

MACHINE SOCOMAFOR 50

OPERATEURS BRAND

DATE 17-déc-21

MODE (pompage/injection) injection

## DONNEES DE L'ESSAI

PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN	profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)	$Z_C$ haut	1,30
	profondeur bas cavité (m)	$Z_C$ bas	2,30
	profondeur essai (milieu cavité) (m)	$H_c$	1,80
HAUTEURS	hauteur tubage au dessus du TN (m)	$H_T$	1,00
	profondeur milieu cavité/arase tubage (m)	$H_L$	2,80
DIAMETRES/SECTION TUBAGE	diamètre extérieur tubage (m)	$B_e$	0,116
	diamètre intérieur tubage (m)	$B_i$	0,104
	section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> )	S	8,49E-03
GEOMETRIE CAVITE	diamètre (m)	$B_c$	0,116
	hauteur (m)	$L_c$	1,00
	élancement	$c=L_c/B_c$	8,62
	diamètre cavité sphérique équivalente	B	0,89
	hauteur entre tête tubage et milieu cavité sphérique	$H_c$	2,75
APPORT	débit $m^3/h$	$Q_a$	0,84
	par injection $m^3/s$		2,3E-04

## MESURES

injection		arrêt injection	
t (min)	$H_e$ (m)	t (min)	$H_e$ (m)
		0,5	0,01
1		1	0,01
2		2	0,02
3		3	0,02
4		4	0,02
5		5	0,02
6		6	0,03
7		7	0,03
8		8	0,04
9		9	0,05
10		10	0,05
11		11	0,06
12		12	0,06
13		13	0,06
14		14	0,06
15		15	0,06
16		16	0,07
17		17	0,07
18		18	0,07
19		19	0,07
20		20	0,08
25		21	0,08
30		22	0,08
35		23	0,08
40		24	0,08
45		25	0,08
50		26	0,08
55		27	0,08
60		28	0,08
niveau stabilisé		29	0,08
$H_e$ (m)	0	30	0,08

## RESULTATS

regime	méthode d'interprétation	$k_L$ (m/s)	observations
PERMANENT		2,0E-05	
TRANSITOIRE débit non nul	solution éq. différent.	2,3E-06	
TRANSITOIRE débit nul		3,0E-06	

# ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG

interprétation en régime transitoire

**SC1**

sondage

**01,80 m**

profondeur



CHANTIER OPERATION BOURELLY

VILLE 13015 - MARSEILLE

CLIENT KAUFMAN et BROAD

DOSSIER 21MG640Aa

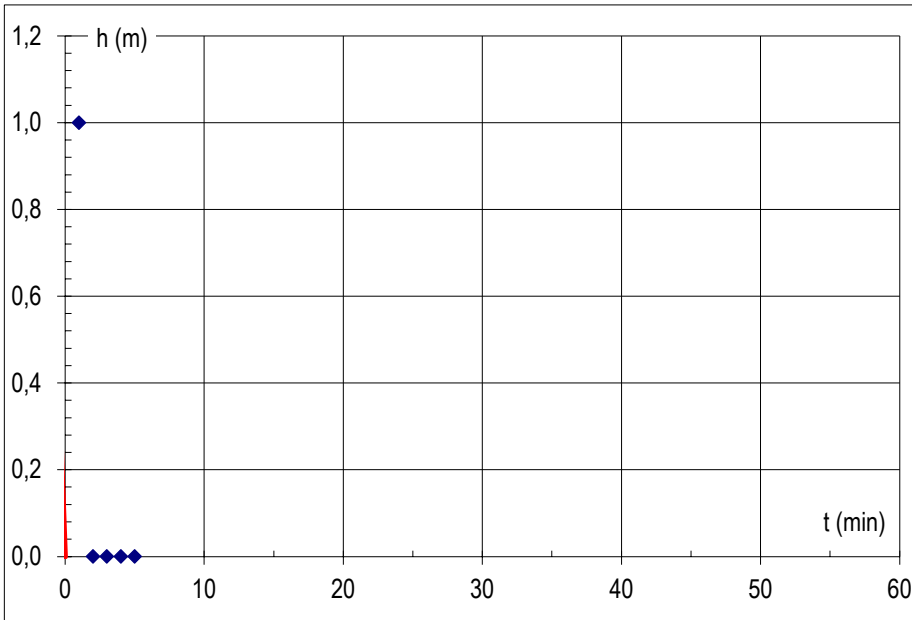
MACHINE SOCOMAFOR 50

OPERATEURS BRAND

DATE 17-déc-21

MODE (pompage/injection) injection

## DEBIT NON NUL (injection d'eau)

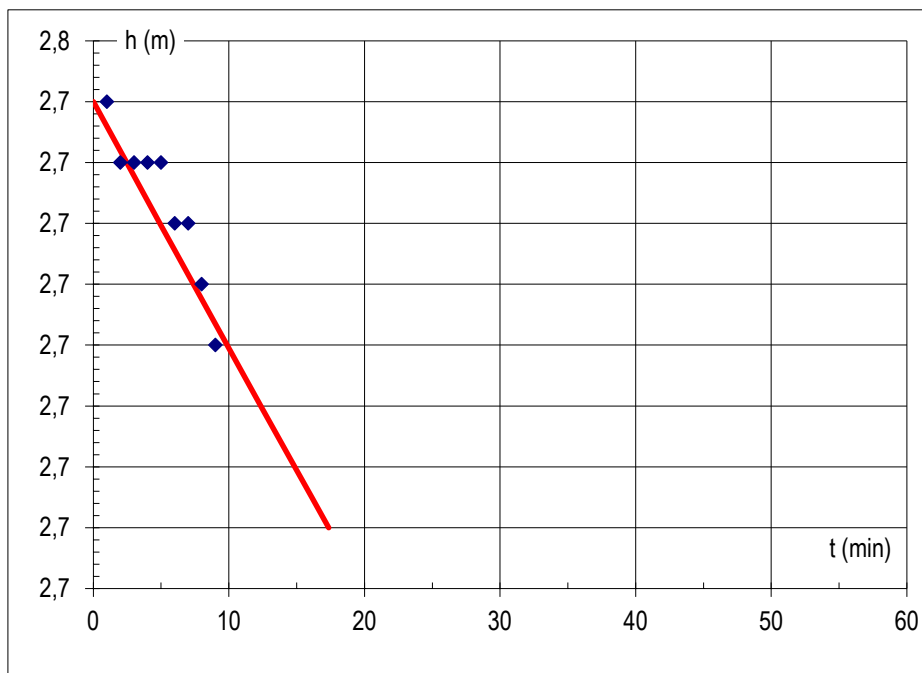


$\alpha$	0,0008
$\beta$	0,2456
$U=(\beta/\alpha)^{1/2}$	17,965
$h(t=0)$	2,75
$x_0$	-6,08

PERMEABILITE  $k_L$  (m/s)

**2,3E-06**

## DEBIT NUL (arrêt de l'injection)



$\alpha$	0,0010
$\beta$	0,2456
$U=(\beta/\alpha)^{1/2}$	17,965
$h(t=1)$	2,74
$x_0$	-6,07

PERMEABILITE  $k_L$  (m/s)

**3,0E-06**

# ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG

données - mesures - résultats

**SC1**

sondage

**04,5 m**

profondeur



CHANTIER OPERATION BOURELLY

VILLE 13015 - MARSEILLE

CLIENT KAUFMAN et BROAD

DOSSIER 21MG640Aa

MACHINE SOCOMAFOR 50

OPERATEURS BRAND

DATE 17-déc-21

MODE (pompage/injection) injection

## DONNEES DE L'ESSAI

PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN	profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)	Z <sub>C</sub> haut	4,00
	profondeur bas cavité (m)	Z <sub>C</sub> bas	5,00
	profondeur essai (milieu cavité) (m)	H <sub>c</sub>	4,50
HAUTEURS	hauteur tubage au dessus du TN (m)	H <sub>T</sub>	0,00
	profondeur milieu cavité/arase tubage (m)	H <sub>L</sub>	4,50
DIAMETRES/SECTION TUBAGE	diamètre extérieur tubage (m)	B <sub>e</sub>	0,116
	diamètre intérieur tubage (m)	B <sub>i</sub>	0,104
	section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> )	S	8,49E-03
GEOMETRIE CAVITE	diamètre (m)	B <sub>c</sub>	0,116
	hauteur (m)	L <sub>c</sub>	1,00
	élancement	c=L <sub>c</sub> /B <sub>c</sub>	8,62
	diamètre cavité sphérique équivalente	B	0,89
	hauteur entre tête tubage et milieu cavité sphérique	H <sub>c</sub>	4,45
APPORT	débit m <sup>3</sup> /h	Q <sub>a</sub>	0,126
	par injection m <sup>3</sup> /s		3,5E-05

## MESURES

injection		arrêt injection	
t (min)	H <sub>e</sub> (m)	t (min)	H <sub>e</sub> (m)
		0,5	0,00
1		1	0,02
2		2	0,03
3		3	0,03
4		4	0,03
5		5	0,04
6		6	0,05
7		7	0,06
8		8	0,07
9		9	0,08
10		10	0,08
11		11	0,09
12		12	0,10
13		13	0,11
14		14	0,12
15		15	0,13
16		16	0,14
17		17	0,15
18		18	0,16
19		19	0,16
20		20	0,16
25		21	0,17
30		22	0,17
35		23	0,17
40		24	0,17
45		25	0,17
50		26	0,17
55		27	0,17
60		28	0,17
niveau stabilisé		29	0,17
H <sub>e</sub> (m)	0	30	0,17

## RESULTATS

regime	méthode d'interprétation	k <sub>L</sub> (m/s)	observations
PERMANENT		1,7E-06	
TRANSITOIRE débit non nul	solution éq. différent.	1,6E-06	
TRANSITOIRE débit nul		2,6E-06	

# ESSAI DE PERMEABILITE NASBERG

interprétation en régime transitoire

**SC1**

**04,50 m**



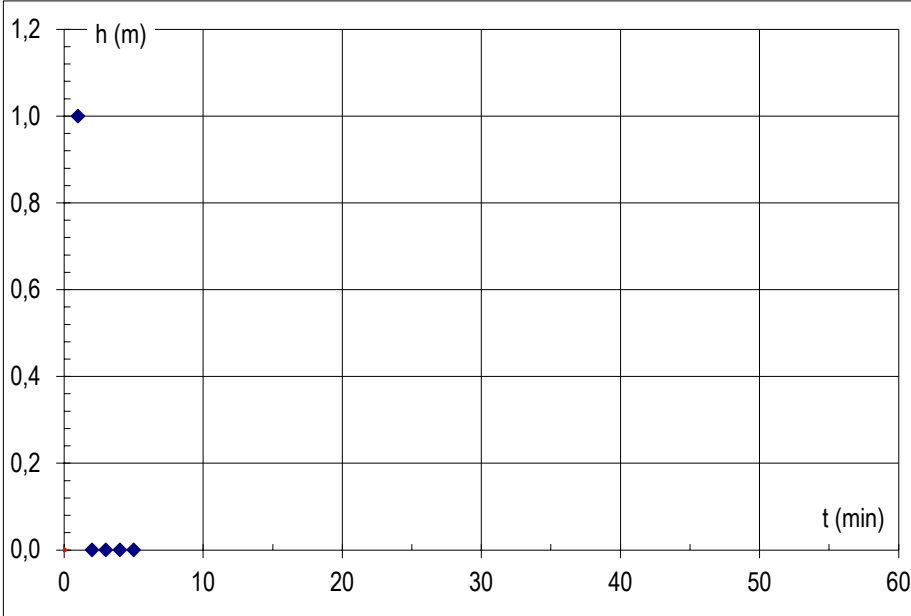
sondage

profondeur

CHANTIER OPERATION BOURELLY  
 VILLE 13015 - MARSEILLE  
 CLIENT KAUFMAN et BROAD  
 DOSSIER 21MG640Aa

MACHINE SOCOMAFOR 50  
 OPERATEURS BRAND  
 DATE 17-déc-21  
 MODE (pompage/injection) injection

## DEBIT NON NUL (injection d'eau)

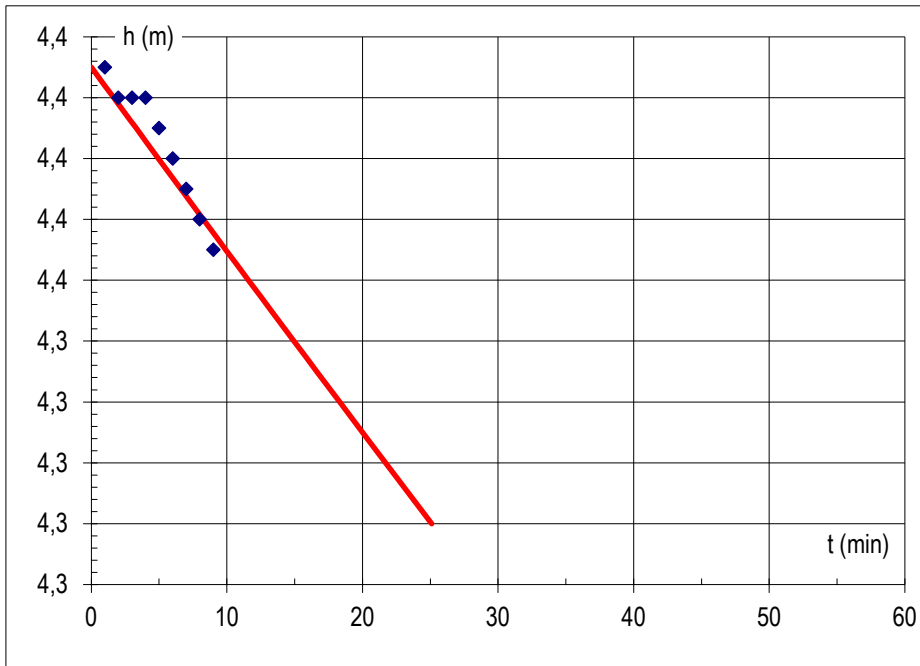


$\alpha$	0,0005
$\beta$	0,0368
$U=(\beta/\alpha)^{1/2}$	8,342
$h(t=0)$	4,45
$x_0$	-7,98

PERMEABILITE  $k_L$  (m/s)

**1,6E-06**

## DEBIT NUL (arrêt de l'injection)



$\alpha$	0,0009
$\beta$	0,0368
$U=(\beta/\alpha)^{1/2}$	8,342
$h(t=1)$	4,43
$x_0$	-7,96

PERMEABILITE  $k_L$  (m/s)

**2,6E-06**