



**FASCICULE 2 :**

**ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION  
Phase Avant-Projet (G2 AVP)**

**Aménagements lacustres de la Base Nautique des Clerges**

**20/00952/ANNCY**

**74 200 – THONON-LES-BAINS**

**10/08/2020**

**ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION**  
**Phase Avant-Projet (G2 AVP)**

**Aménagements lacustres de la Base Nautique des Clerges**

**20/00952/ANNCY**

**74 200 – THONON-LES-BAINS**

Référence : 20/00952/ANNCY				<u>FASCICULE 2</u> : Mission G2 Phase AVP		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte			
0	10/08/2020	Première émission	27 + 31	<b>R. DURAND</b>	<b>N. VALENZISI</b>	<b>F. KEIFLIN</b>
A						
B						
C						

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

## SOMMAIRE

<b>I.</b>	<b>CADRE DE L'INTERVENTION .....</b>	<b>4</b>
I.1.	Intervenants .....	4
I.2.	Documents reçus, projet .....	4
I.3.	Première approche de la zone d'influence géotechnique .....	5
I.4.	Documents de référence – catégorie géotechnique .....	5
I.5.	Mission .....	6
<b>II.</b>	<b>CADRE GEOLOGIQUE – RÉSULTATS DE LA RECONNAISSANCE .....</b>	<b>8</b>
II.1.	Nature et caractéristiques des sols.....	8
II.2.	Risques naturels et anthropiques .....	11
II.3.	Données sismiques – risque de liquéfaction .....	11
II.4.	Hydrogéologie.....	12
II.5.	Première approche du modèle géotechnique.....	12
<b>III.</b>	<b>Analyse globale – Adaptation du projet au site.....</b>	<b>14</b>
<b>IV.</b>	<b>Étude des ouvrages géotechniques .....</b>	<b>16</b>
IV.1.	Terrassements .....	16
IV.2.	Ebauche dimensionnelle des ouvrages .....	18
IV.3.	Dispositions constructives et sujétions d'exécution .....	21
IV.4.	Conditions hydrologiques et hydrodynamiques .....	21
<b>V.</b>	<b>RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET .....</b>	<b>23</b>
	<b>Conditions générales .....</b>	<b>24</b>
	<b>Conditions générales (SUITE).....</b>	<b>25</b>
	<b>Classification des missions d'ingénierie géotechnique .....</b>	<b>26</b>
	<b>Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique .....</b>	<b>27</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>28</b>

## I. CADRE DE L'INTERVENTION

### I.1. INTERVENANTS

A la demande de SETEC et pour le compte de la Thonon Agglomération, GÉOTEC a été missionné pour réaliser les prestations de reconnaissances et d'études géotechniques G2 AVP et G2 PRO concernant la réhabilitation de la base nautique des Clerges, sur la commune de THONON-LES-BAINS (74).

- Maîtrise d'Ouvrage :



- Maîtrise d'Œuvre générale :



### I.2. DOCUMENTS REÇUS, PROJET

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

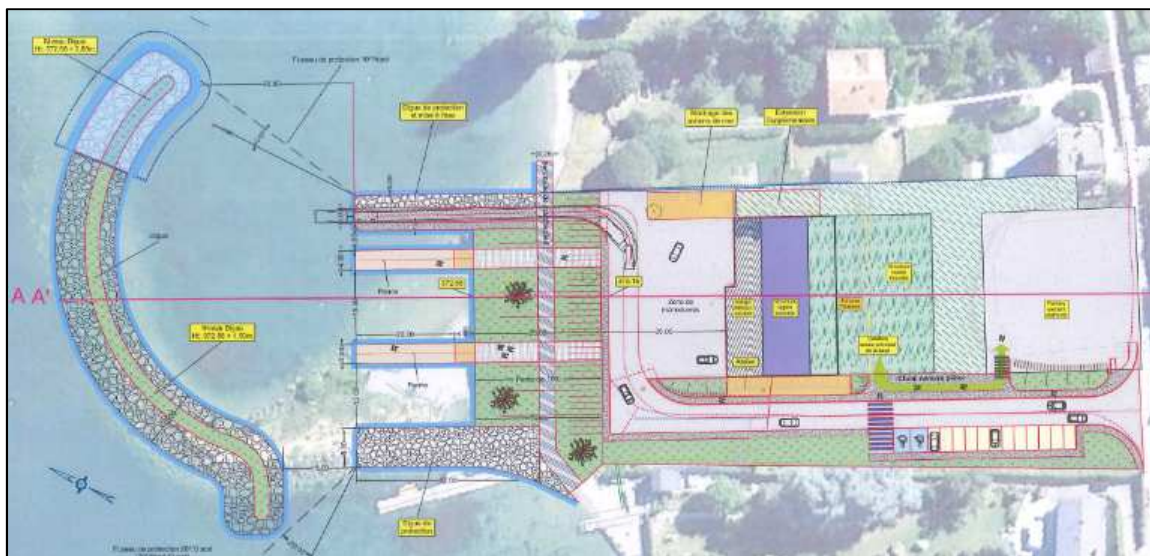
Documents	Emetteur	Référence	Date	Echelle	Cote altimétrique
Cahier des charges	SETEC	/	10/01/2020	/	NGF
Plan masse			17/04/2020		
Coupe du projet			29/07/2020		
Plan topographique			20/05/2020		

Le projet consiste à réaménager la base nautique, et notamment la digue actuelle, pour créer de nouveaux ouvrages. Cette réhabilitation inclut :

- Une nouvelle digue de protection en lieu et place des vestiges de l'ancienne digue. L'ouvrage d'environ 110 ml sera de type digue à talus en enrochement.
- Des digues de protection reliées à la berge à l'Est et à l'Ouest. Ces ouvrages d'environ 30 ml seront de type digue à talus en enrochement.
- La création de deux pannes. Ces ouvrages dont les dimensions seront approximativement de 20 mètres de long sur 4 mètres de large seront de type panne flottante sur corps mort.
- La création d'une rampe de mise à l'eau entre les digues de protection.

En parallèle, le bâtiment de la base nautique, les aménagements d'accès et les stationnements extérieurs seront repris (ouvrages non compris dans le marché de reconnaissance géotechnique).

**Figure n°1 : Plan masse du projet - Source : CCTP**



### **I.3. PREMIERE APPROCHE DE LA ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE**

La zone d'influence géotechnique ou ZIG correspond à la définition suivante – extrait de la norme NF P 94-500 :

« Volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation ou de son exploitation) et d'autre part, l'environnement (sols, ouvrages, aménagements de terrain ou biens avoisinants). La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain. »

Elle concerne :

- Les aménagements lacustres actuels (ponton, digue, enrochement, ...etc.) ;
- Les ouvrages de la base nautique ;
- Les fluctuations de niveau du lac ;
- Le réseau d'eau pluviale se jetant dans le lac ;
- L'environnement périmétrique du site.

### **I.4. DOCUMENTS DE REFERENCE – CATEGORIE GEOTECHNIQUE**

Les principaux textes de référence utilisés pour la rédaction du présent rapport sont les suivants :

- NF EN 1997-1 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales.
- NF EN 1997-2 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais.
- NF EN 1998-5 : EUROCODE 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.
- NF P 94-262 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes.

La Maîtrise d’Ouvrage a déclaré le projet en catégorie d’importance I pour le séisme. Par extension, la classe de conséquence de la ruine ou de l’endommagement des ouvrages à construire, peut être considérée faible [CC1] en termes de perte de vie humaine, ou faibles ou négligeables en termes de conséquences économiques, sociales ou d’environnement.

Compte-tenu des conditions de site et des contraintes prévisibles (cf. tableau B1 et P.3.1. Ci-après), le projet est classé en catégorie géotechnique 1.

*La classe de conséquence est la catégorie géotechnique sont à confirmer par la Maîtrise d’Ouvrage.*

**Tableau n°1 : selon § B.3.1 de la norme NF EN 1990 (EC-0)**

Tableau B.1 — Définition des classes de conséquences

Classe de conséquences	Description	Exemples de bâtiments et de travaux de génie civil
CC3	Conséquence <b>élevée</b> en termes de perte de vie humaine, ou conséquences économiques, sociales ou d’environnement <b>très importantes</b>	Tribunes, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient élevées (par exemple salle de concert)
CC2	Conséquence <b>moyenne</b> en termes de perte de vie humaine, conséquences économiques, sociales ou d’environnement <b>considérables</b>	Bâtiments résidentiels et de bureaux, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient moyennes (par exemple bâtiment de bureaux)
<b>CC1</b>	Conséquence <b>faible</b> en termes de perte de vie humaine, et conséquences économiques, sociales ou d’environnement <b>faibles ou négligeables</b>	Bâtiments agricoles normalement inoccupés (par exemple, bâtiments de stockage), serres

**Tableau n°2 : selon annexe P de la norme NF P 94-262**

Tableau P.3.1 Catégories géotechniques en fonction des classes de conséquence et des conditions de site et bases des justifications

CLASSE DE CONSEQUENCE	CONDITIONS DE SITE	CATEGORIE GEOTECHNIQUE <sup>a</sup>	BASE DES JUSTIFICATIONS
<b>CC1</b>	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
	Complexes	<b>2</b>	<b>Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires</b>
CC2	Simple	2	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
	Complexes	3	
CC3	Simple ou complexes	3	

<sup>a</sup> Il n’y a pas de règles établies pour le choix de la catégorie géotechnique. En pratique toutefois, on considère qu’un ouvrage fondé sur pieux relève au moins de la catégorie 2, et on classe en catégorie géotechnique 3 les ouvrages établis dans un site instable, ou dans des conditions de risques sismiques importants, ou dans des sols évolutifs ou sensibles, les ouvrages nucléaires, de stockage GNL, etc.

## I.5. MISSION

Conformément notre offre Réf. n°20/00952/ANNCY du 28/01/2020, GÉOTEC a reçu une mission de conception géotechnique, phase avant-projet (G2 AVP) et projet (G2 PRO), au sens de la norme NF P 94 500 du 30 novembre 2013.

Cette mission est scindée en quatre fascicules :

- Fascicule 1 : Compte-rendu factuel des reconnaissances
- Fascicule 2 : Conception géotechnique des ouvrages d’Art - Mission G2 phase AVP
- Fascicule 3 : Rapport de prélèvements/analyses de sédiments
- Fascicule 4 : Conception géotechnique des ouvrages d’Art - Mission G2 phase PRO

Le présent rapport correspond au Fascicule 2 et présente les premières analyses au stade de l’étude avant-projet pour les ouvrages.

Cette étude repose sur des investigations géotechniques réalisées par GÉOTEC et correspond à une mission G2 AVP d'étude géotechnique de projet selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en décembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

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

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

\*

\*

\*



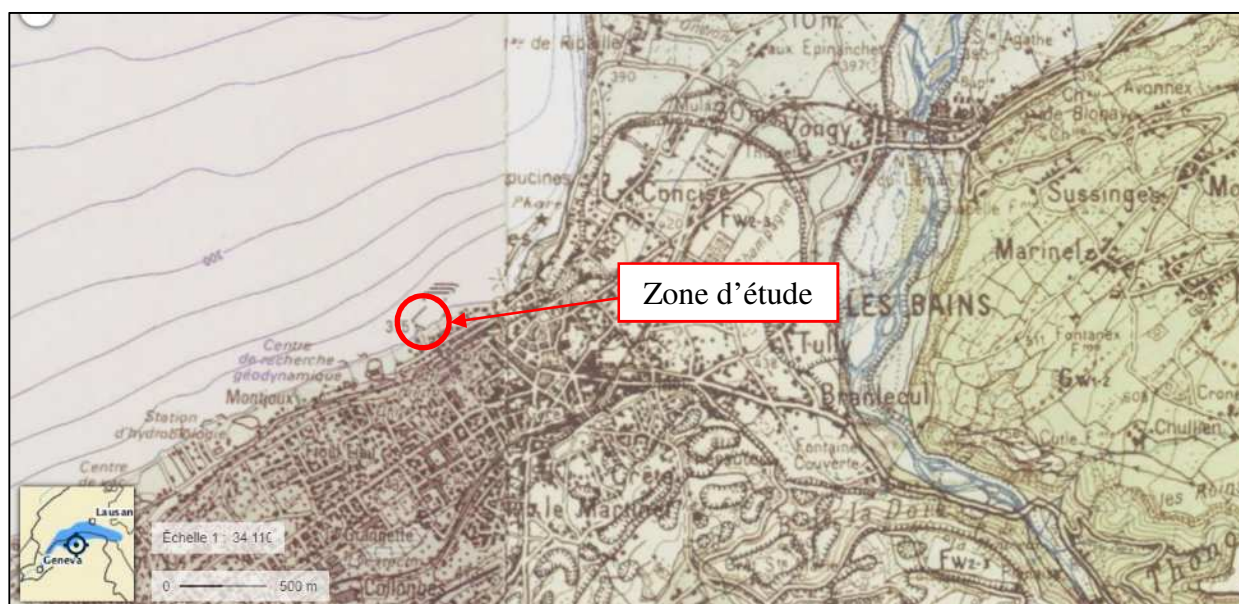
## II. CADRE GEOLOGIQUE – RÉSULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique de DOUVAINNE au 1/50 000 du BRGM et des sondages déjà réalisés au sein de la base nautique, le contexte géologique local est caractérisé par la présence :

- de sédiments lacustres pouvant présenter un caractère vasard ;
- de dépôts fluvio-glaciaire du würm constitués de sables grossier à graviers et galets alternant avec des niveaux argileux.

Compte tenu des aménagements antérieurs du site, des remblais sont attendus au droit de la digue existante (variations latérales non connues) dont l'épaisseur maximale est supposée comprise entre 4 et 5 m. Les aménagements de surface amènent à penser qu'il s'agit principalement de matériaux de déconstruction.

Figure n°2 : Carte géologique du BRGM – Source : Infoterre



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

#### II.1.1. Nature des sols

Quatre [4] sondages carottés, cinq [5] forages destructifs et trois [3] sondages à la pelle mécanique ont permis d'identifier visuellement les sols du site. Les coupes de sol sont jointes en annexe. Pour rappel, les investigations ont été réalisées à la fois sur barge [SC1/SP1, SC3/SP3, SC5, SC8] et sur la digue existante [SC2/SP2, SC4, SP4, SP5, F6, F7 et F9 - Cf. Fascicule 1].

La coupe de sol mise en évidence (à compter du terrain actuel TA) au droit des sondages est la suivante :

Des remblais [R] dont la nature varie selon les zones, avec :

- Au droit de l'actuelle digue [Ra], des matériaux de démolition de tout type (béton, enrobé, métaux ...etc.) associés à une matrice sablo-graveleuse. Cette formation a notamment été identifiée au droit des sondages carottés SC2 et SC4 entre -0.0 et -3.8/-4.0 m/TA ;



→ Sur la plage existante [Rb], des remblais dit « d'apport » composés de blocs et galets dans une matrice sableuse. L'épaisseur de la formation est variable. En SP4 et SP5, la formation a été rencontrée jusqu'à -2.4 à -3.0 m/TA.

✚ Un limon argileux gris, présentant localement quelques graves, d'aspect majoritairement vasard [L]. Cette formation a été rencontrée sous les remblais du site au droit de l'ensemble des sondages, excepté pour le couple de sondage SC2/SP2. Cette formation est reconnue jusqu'à une profondeur de -8.0 m à -9.0 m/TA en SC3/SC4 et sur toute la hauteur du sondage SC1 (arrêt du sondage à -10.0 m/TA).

NOTA : en SC1, un bloc métrique a été rencontré entre -3.0 et -4.5 m/TA.

✚ Un limon argilo-sablo-graveleuse [Lg]. Cette formation a été rencontrée au droit de l'ensemble des sondages, excepté pour le couple SC1/SP1 et SC3. Dans la zone qui intègre les sondages SC3/SP3, SC4, SP4 et SP5, cette formation est reconnue à partir de -8.0 m à -9.0 m/TA et jusqu'à l'arrêt de ces sondages à -10.0 m/TA. En SC2/SP2, cette formation a été reconnue entre -4.0 m et -6.9 m/TA.

✚ Une formation sablo-graveleuse marron/grise [Sg], rencontrée uniquement au droit de SC2 et SC3 au-delà de -6.9 m à -8.0 m/TA et jusqu'à l'arrêt des sondages.

### II.1.2. Caractéristiques géotechniques – Mesures in-situ

Quarante-cinq [45] essais pressiométriques ont été réalisés afin de mesurer les caractéristiques mécaniques des sols par le biais de quatre [4] forages destructifs avec profil pressiométrique.

Quatre [4] unités géotechniques peuvent être retenues pour l'ensemble des valeurs présentées en annexes. Nous distinguons :

- entre le TA et jusqu'à des profondeurs comprises entre -2.4 m et -3.2 m/TA au droit des sondages SP2, SP4 et SP5, les caractéristiques pressiométriques sont hétérogènes mais correctes, avec :
  - $0.36 \leq pl^* \leq 1.79$  MPa ;
  - $4.05 \leq E_M \leq 62.30$  MPa.
- entre le TA et jusqu'à -8.5/-10.0 m/TA de profondeur au droit de SP1 et SP3 ainsi qu'entre -2.4/-3.0 m/TA et jusqu'à -8.2/-8.5 m/TA au droit de SP4/SP5, les caractéristiques pressiométriques sont faibles, avec :
  - $0.26 \leq pl^* \leq 0.95$  MPa ;
  - $3.04 \leq E_M \leq 10.80$  MPa.
- à partir de -8.2/-8.5 m de profondeur et jusqu'à l'arrêt des sondages SP3 à SP5 ainsi qu'entre -3.2 et -6.0 m/TA en SP2, les caractéristiques pressiométriques sont faibles à moyennes, avec :
  - $0.53 \leq pl^* \leq 1.27$  MPa ;
  - $3.38 \leq E_M \leq 14.2$  MPa.

- à partir -6.0 m/TA et jusqu'à la fin du sondage SP2, les caractéristiques pressiométriques étaient très élevées, avec :
  - $2.56 \leq p_l^* \leq 5.00$  MPa ;
  - $20.1 \leq E_M \leq 56.0$  MPa.

### II.1.3. Essais laboratoire

L'ensemble des essais en laboratoire réalisés au droit des différents sondages, sont joints à ce rapport. Les graphiques permettent de visualiser l'ensemble des données et de visualiser les valeurs obtenues pour les principales analyses effectuées (teneur en eau, VBS, granulométrie). La figure ci-dessous récapitule l'ensemble des valeurs obtenues.

Les sols analysés ont été classés selon le GTR en :

- A<sub>1</sub> ou A<sub>2</sub> th soit des sols comprenant majoritairement une matrice fine à dominante limoneuse. Ces sols correspondent à la formation limono-argileuse grise [L] ;
- B<sub>5</sub> soit des sols comprenant une matrice fine à dominante limono-sableuse et associée à une faible fraction grossière. Ces sols correspondent à la formation limono argilo-sablo-graveleuse [Lg] ;
- D<sub>2</sub> soit des sols comprenant une fraction grossière majoritaire associée éventuellement à une fraction fine sableuse. Ces sols correspondent aux remblais du site.

Figure n°3 : Récapitulatif des essais laboratoire – Cf. annexe

Sondage			SC1	SC1	SC2	SC2	SC3	SC3
Profondeur			1.50-3.00 m	5.10-5.30 m	3.00-4.50 m	6.50-6.90 m	0.30-0.70 m	6.90-7.10 m
Description			Limon argileux gris légèrement sableux à quelques graviers	Limon gris	Galets et graviers dans matrice sableuse marron	Galets et graviers dans matrice sablo-limoneuse grise	Limon argileux gris	Limon argilo-sableux gris
ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS								
Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)	16,6	18,8	8,4	9,7	23,5	12,9
Masse volumique humide	ph	(g/cm³)	2,15					
Masse volumique sèche	pd	(g/cm³)	1,78					
Indice des vides	e		0,52					
Degré de saturation	Sr	(%)	109					
Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie								
Diamètre maximal	Dmax	(mm)	29,5	3,5	37,5	30,0	18,0	30,0
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)	85,2	99,9	20,9	42,7	93,2	86,2
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)	75,6	99,4	5,2	28,4	87,2	67,1
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)	-	-	-	-	-	-
Valeur au Bleu de Méthylène								
Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)		0,70	0,02	0,15		
Limites d'Atterberg								
Limite de liquidité	WL	(%)	29,4				34,1	24,5
Limite de plasticité	WP	(%)	18,6				19,5	16,0
Indice de plasticité	IP		10,8				14,5	8,5
Indice de consistance	IC		0,81				0,56	1,01
Equivalent de sable								
Equivalent de sable	SE(10)	(%)						
CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)			A1	A1	D2	B5	A2 th	A1

**NOTA** : 1 essai triaxial et 1 essai œdométrique sont en cours de réalisation. Compte-tenu des délais de réalisation de ces essais spécifiques, les résultats seront communiqués dans un indice supérieur du présent fascicule.

### II.1.4. Synthèse des reconnaissances - Tableau

Au vu des résultats obtenus lors des sondages et essais réalisés in situ, nous pouvons retenir le tableau récapitulatif suivant :

Unité géotechnique	Profondeur de la formation au droit des reconnaissances	Résistance mécanique [MPa]	Remarques
Remblai [Ra]	<u>Interface supérieure</u> : TA (terrain actuel) <u>Interface inférieure</u> : -2.4 à -3.0 m/TA	$0,36 \leq p_l^* \leq 1,79$ $4,05 \leq E_M \leq 62,30$ [2 essais]	Formation scindée en 2 sous-ensembles compte tenu de la nature des matériaux de la digues existante (Ra) et des matériaux d'apport sans débris de démolition [Rb]
Remblai [Rb]	<u>Interface supérieure</u> : TA (terrain actuel) <u>Interface inférieure</u> : -3.8 à -4.0 m/TA	$1,17 \leq p_l^* \leq 1,76$ $9,24 \leq E_M \leq 17,40$ [4 essais]	
Limon argileux gris [L]	<u>Interface supérieure</u> : TA à -2.4/-4.0 m/TA <u>Interface inférieure</u> : -8.0 à -10.0 m/TA	$0,26 \leq p_l^* \leq 0,95$ $3,04 \leq E_M \leq 10,80$ [28 essais]	Aspect vasard Non identifiée en SC2/SP2
Limon argilo-sablo-graveleux [Lg]	<u>Interface supérieure</u> : -4.0 à -9.0 m/TA <u>Interface inférieure</u> : -6,0 à -10,0 m/TA	$0,53 \leq p_l^* \leq 1,27$ $3,38 \leq E_M \leq 14,20$ [7 essais]	Caractéristiques mécaniques moyennes Non identifiée en SC1/SP1
Sable à graviers [Sg]	<u>Interface supérieure</u> : -6.0 à -6.9 m/TA <u>Interface inférieure</u> : Arrêt du sondage SC2/SP2	$2,56 \leq p_l^* \leq 5,00$ $20,10 \leq E_M \leq 56,00$ [4 essais]	Caractéristiques mécaniques élevées

## II.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

**Aléa sismique** : Selon les décrets n°2010-1254 et 1255 du 22 octobre 2010 portant sur la prévention du risque sismique, la commune de THONON-LES-BAINS est inscrite en **zone de sismicité 4** (aléa moyen).

D'après notre recherche documentaire, la commune de THONON-LES-BAINS a fait l'objet par le passé de 4 arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle depuis 1982, dont :

- 1 concernant des inondations, coulées de boue et mouvements de terrain ;
- 2 concernant des inondations et coulées de boue ;
- 1 concernant une tempête.

Nous rappelons qu'il appartient au Maître d'Ouvrage d'appliquer et de faire appliquer le règlement du PPR en vigueur dans la commune.

## II.3. DONNEES SISMIQUES – RISQUE DE LIQUEFACTION

D'après les informations fournies par le Maître d'Ouvrage et la maîtrise d'œuvre, par mails les 30 & 31/07/2020, une catégorie d'importance I est retenue. En application de la réglementation en vigueur, la justification au séisme des ouvrages n'est pas une obligation.

## II.4. HYDROGEOLOGIE

Le régime hydrogéologique local est conditionné par la présence du lac Léman. A l'échelle du site et des reconnaissances, nous considérons que :

- les terrains recoupés par les sondages en fond de lac sont saturés sur toute leur hauteur ;
- la nappe d'accompagnement du lac est recoupée par les sondages réalisés à terre à une cote avoisinant le niveau du lac.

Rappel : Le niveau du lac Léman est assujéti à des fluctuations saisonnières et artificielles selon le fonctionnement des écluses. Au moment de notre intervention, le niveau du lac se situait autour de la cote 372.58 m IGN69.

Lors de notre campagne de reconnaissance (2 au 17 juillet 2020), nous avons relevé les hauteurs d'eau suivantes au droit des sondages sur barge :

Sondage		SP1/SC1	SP3/SC3	SC5	SC8
Cote lac		372.58	372.58	372.58	372.58
Bathymétrie	Hauteur d'eau	3.0 m	2.7 m	2.5 m	0.9 m
	Cote fond du lac	369.6	369.9	370.1	371.7

En parallèle, la maîtrise d'œuvre nous a transmis les niveaux d'eau à prendre en considération, avec :

- Niveau Basses eaux : 371.78 m IGN69
- Niveau Hautes eaux : 372.58 m IGN69
- Niveau Exceptionnel : 373.00 m IGN69

## II.5. PREMIERE APPROCHE DU MODELE GEOTECHNIQUE

En synthèse des données géotechniques collectées, nous proposons le modèle géotechnique suivant pour les différentes formations identifiées :

Unité Géotechnique	Pression limite nette $p_{l^*,k}$	Module pressiométrique	Coefficient rhéologique $\alpha$	Poids volumique $\gamma_h$	Cohésion non drainé $c_u$	Angle de frottement $\varphi_u$	Cohésion effective $c'$	Angle de frottement $\varphi'$	Classe GTR
	MPa	MPa	-	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	kPa	°	
Remblai [Ra]	0,8	8	1/3	18	0	42	0	42	
Remblai [Rb]	1.3	11	1/3	18	0	36	0	36	
Limon argileux gris +/- sableux [L]	0.5	4	2/3	19	60	0	15	15	
Limon argilo-sablo-graveleux [Lg]	0.7	6	1/2	19	55	0	10	20	
Sable à graviers [Sg]	3.9	30	1/3	20	0	38	0	38	

### Modèle géotechnique – Commentaires :

Les paramètres géomécaniques ont été définis sur la base de la synthèse des reconnaissances en annexe du présent rapport. L'angle de frottement ( $\varphi$ ) et la cohésion drainée effective ( $c'$ ) ont été déterminés à partir de l'abaque de Menard sur la base des pressions limites de chaque horizon. Les valeurs de la  $PI^*$  correspondent à une moyenne géométrique et les valeurs  $E_M$  à une moyenne harmonique. Le détail de l'analyse statistique est transmis en annexe du présent rapport.

\*

\*

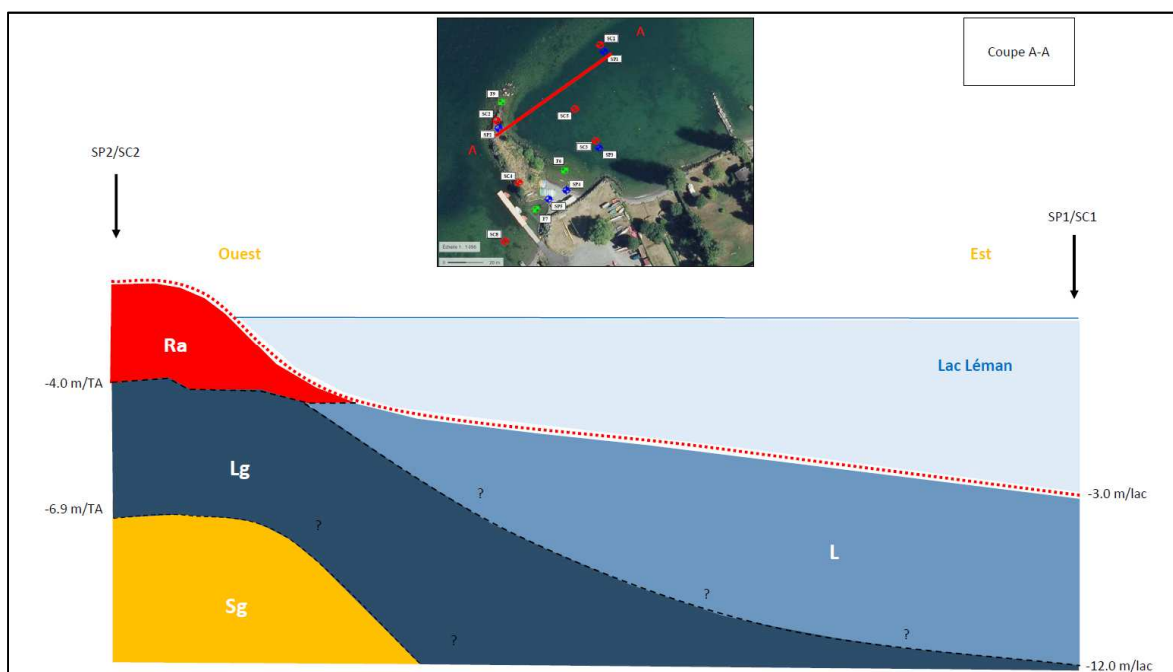
\*

### III. ANALYSE GLOBALE – ADAPTATION DU PROJET AU SITE

Nous retenons en synthèse que l'environnement géotechnique local présente des contraintes pour le projet, principalement lié au contexte lacustre et compressible des sols superficiels. Le site dans lequel s'inscrivent les futurs aménagements est caractérisé par :

- une bathymétrie du fond du lac variable, avec notamment une dénivellation importante en partie Nord de la digue existante. En partie Sud, hors zone remblayée la hauteur d'eau est d'environ 3.0 m ;
- la présence de matériaux de démolition constituant la digue actuelle. Ces matériaux [béton, enrobé, ferraille, ...] ont fait l'objet de prélèvements et d'analyses chimiques. Leurs conditions de réutilisation devront être définies sur la base des conclusions du Fascicule 3 [résultats des analyses de dangerosité des sédiments en attente] ;
- les formations alluvionnaires de fond de lac, franchement compressibles, identifiées au droit de la majorité des sondages de reconnaissances ;
- les contraintes de réutilisation des alluvions de fond de lac, sol principalement fins, impossible à réutiliser en remblai dans un milieu saturé.

Figure n°4 : Coupe interprétative et schématique



Dans ce contexte géotechnique bien particulier, le Maître d'Ouvrage et l'équipe de maîtrise d'œuvre devront rester vigilent sur les points suivants lors de la conception et de l'exécution du projet :

- ↳ la bathymétrie du site des aménagements devra être parfaitement connue de manière à déterminer précisément la géométrie des ouvrages et les mètres qui en découlent ;
- ↳ la réutilisation des matériaux de la digue actuelle sera conditionnée par les résultats des analyses chimiques en cours. De prime abord, il paraît pertinent d'écarter tous les matériaux ne présentant pas les critères d'acceptation en ISDI. En outre, la dangerosité des sédiments devra également être analysée dans l'optique d'écarter ou non certains matériaux, et ce vers un centre de stockage adapté ;



- ↳ la réutilisation des autres matériaux du site sera tributaire des recommandations du GTR quant à leur mise en œuvre en remblai. En première approche, seuls les sols grenus identifiés à faible profondeur au droit des sondages SP4 et SP5 semblent pouvoir faire l'objet d'un réemploi ;
- ↳ la portance et la stabilité du corps de digue sera tributaire des conditions de résistance des sols support et des matériaux employés. Si les critères de portance des sols en place sont vérifiés ci-après, les critères de réception des matériaux d'apport devront être clairement définis au PRO et vérifiés en cours d'EXE.

L'ensemble de ces conditions reste indissociable des recommandations détaillées au § IV. ÉTUDE DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES ci-après.

\*

\*

\*

## IV. ÉTUDE DES OUVRAGES GEOETCHNIQUES

### IV.1. TERRASSEMENTS

#### IV.1.1. Extraction

Dans les sols meubles du site (L, Lg, Sg) les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les engins utilisés devront être adaptés à l'environnement du site : pelle long bras, benne preneuse, grue de dragage, ...

La présence de gros blocs nécessitera l'emploi d'engin de forte capacité.

Nous recommandons d'extraire l'intégralité des matériaux constitutifs de la digue actuelle, de les stocker et les trier sur site. Les matériaux impropres aux aménagements envisagés seront évacués vers un site de mis en dépôt définitif adapté.

La méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude sera réalisée afin de déterminer la sensibilité des existants et avoisinants aux phénomènes vibratoires générés par le chantier.

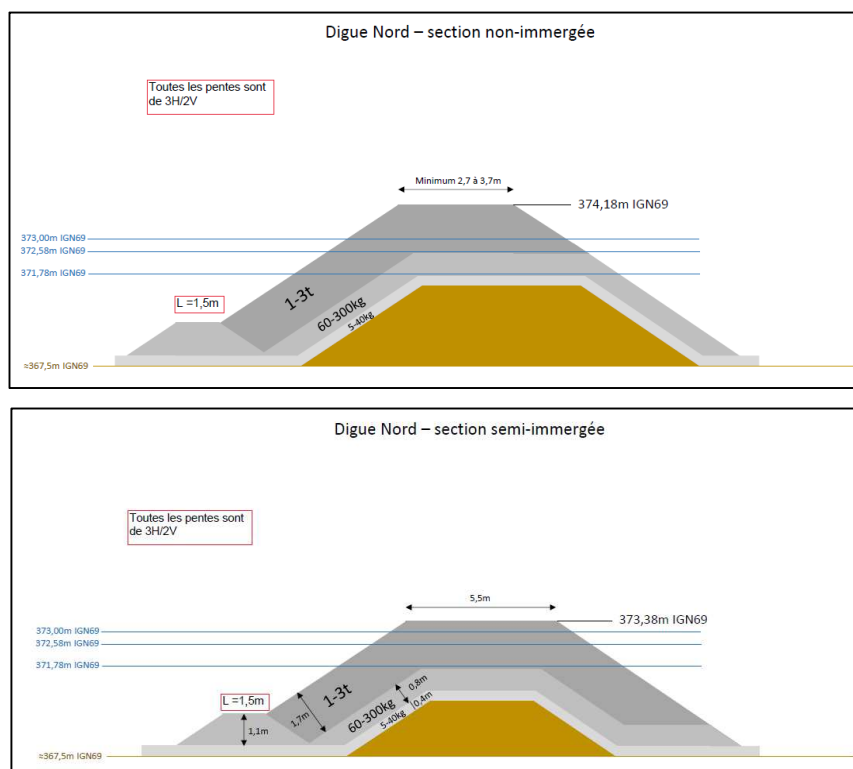
#### IV.1.2. Mise en œuvre des matériaux d'apport des digues

**RAPPEL** : Le projet prévoit la réalisation d'une digue de protection principale et de deux digues de protection reliés à la berge.

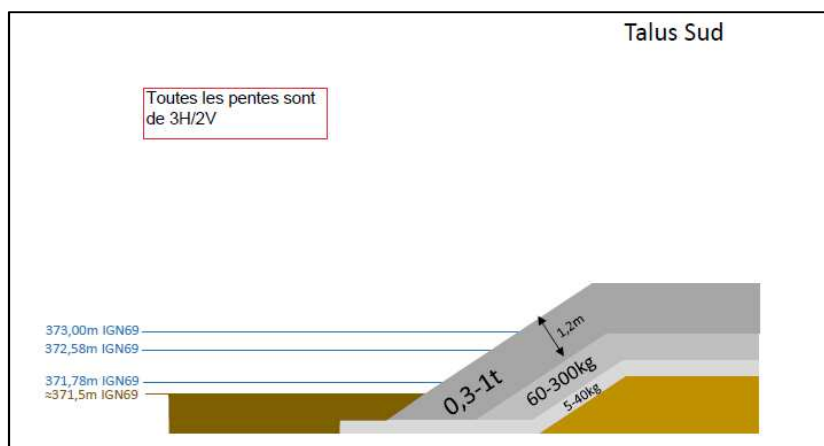
##### ○ Coupes types :

Les coupes types suivantes nous ont été transmises par la MOE pour ces ouvrages :

→ La digue principale en section immergée et non-immergée :



→ Les digues de protection latérale en partie Sud :



○ Matériaux du corps de la digue :

Nous recommandons de mettre en œuvre d'un matériau granulaire de type D31 ou équivalent insensible à l'eau, de granulométrie 0/80 à 0/150 mm.

La réutilisation des matériaux du site sera subordonnée aux résultats des analyses chimiques et de dangerosité des sédiments – en cours.

○ Carapace de la digue :

La constitution du corps de la digue est prévue d'être réalisée en enrochement. Les matériaux devront répondre aux exigences de la MOE (cf. coupes type) pour les différents ouvrages.

En complément, les caractéristiques mécaniques des matériaux de la digue devront répondre aux exigences minimales suivantes en vue des calculs de stabilité :

	Caractéristiques mécaniques du remblai à minima		
	$c'$	$\varphi'$	$\gamma$
	[kPa]	[°]	[kN/m <sup>3</sup> ]
Matériaux de carapace	1 <sup>(*)</sup>	42	18
Matériaux du corps de la digue	0	35	18

(\*) au sein des matériaux d'apport purement frottant, nous retenons une cohésion effective résiduelle de 1 kPa de manière à éliminer les cercles de peau lors des vérifications de stabilité. En outre, cette cohésion peut s'apparenter à une cohésion des imbrications des blocs les uns vis-à-vis des autres.

#### IV.1.3. Réutilisation des matériaux

Les matériaux du site pourront potentiellement être déblayés afin d'être utilisés pour la réalisation de la digue. Les préconisations ci-dessous devront être validées par les résultats des analyses environnementales (fascicule 3) confiées à GEOTEC.

a) Remblai du site

Il s'avère que ces sols comprennent majoritairement une fraction grossière de granulométrie importante associée à une dominante fine sableuse. Une forte hétérogénéité est pressentie.

La réutilisation des matériaux de la digue actuelle sera conditionnée par les résultats des analyses chimiques. En cas de pollution, ils devront être évacués vers des centres agréés. Un suivi renforcé en phase G3 devra être réalisé.

NOTA : Les remblais impropres présentant des débris anthropiques (briques, ferrailles, béton, ...Etc.) ne pourront être réutilisés. Il pourra toutefois éventuellement être envisagé de trier les matériaux de démolition utilisé pour la digue existante [Ra].

#### b) Formation limoneuse [L et Lg]

Ces sols sont des matériaux comportant une fraction fine importante. Ils sont très sensibles aux variations hydriques en raison notamment de leur temps de réaction court du fait de leur faible indice de plasticité. Leur réutilisation en remblai sera difficile à mettre en œuvre en raison de leur faible portance et nécessitera des dispositions spécifiques : actions sur la teneur en eau, sur la granulométrie ...etc. Dans le cadre du projet, nous déconseillons la MOA/MOE de réutiliser ces matériaux pour constituer les digues.

#### c) Remarques générales - Rappel

Les réutilisations seront soumises aux recommandations du GTR et aux résultats des analyses chimiques. En première approche, seuls les sols grenus identifiés à faible profondeur au droit des sondages SP4 et SP5 [plage existante] pourront éventuellement faire l'objet d'une réutilisation dans le cadre du projet.

## IV.2. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES OUVRAGES

### IV.2.1. Digues

#### IV.2.1.1 Hypothèses de calcul

##### ○ Hypothèses géotechniques

Le modèle géotechnique retenu est celui correspondant §II.5. Les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés pour la digue sont conformes

En fonction des formations nous retiendrons comme paramètres :

Condition	Sols fins – L et Lg	Sols grossiers – Ra, Rb et Sg
Non drainée	Paramètres non drainés	Paramètres effectifs
Drainée	Paramètres effectifs	Paramètres effectifs

Compte tenu des variations géologiques rencontrées, deux calculs différents seront menés afin d'avoir une représentativité de l'ensemble de la zone d'étude. Nous retiendrons pour le zonage géotechnique les coupes de sol suivantes :

#### ➔ Zone n°1 - SC2/SP2 [TA considéré à 373.20]

Unité Géotechnique	Base de la formation
	m IGN69
Remblai – Ra	369.5
Limon argilo-sablo-graveleux – Lg	366.6
Sable à graviers – Sg	Inconnue - 363.0 (arrêt du sondage dans cette formation)

➡ Zone n°2 - SC1/SP1, SC3/SP3, SC5 et SC8 [TA : 369.6 m IGN69]

Unité Géotechnique	Base de la formation
	m IGN69
Limons argileux – L	361.0
Limon argilo-sablo-graveleux – Lg	Inconnue - 359.5 (arrêt du sondage dans cette formation)

○ Hypothèses hydrogéologiques

La cote du niveau du lac retenue est basée sur l'ensemble des données à notre disposition à ce jour (cf. § II.4). Dans le cadre des calculs, nous retiendrons un niveau basse eau, correspondant au cas le plus défavorable, soit 371.78 m IGN69 (= minimum de poids déjaugé pour la digue).

○ Surcharges

Nous considérerons une surcharge en tête de digue prise égale à 10 kPa à l'ELS associée aux circulations de chantier.

○ Poids propre de la digue

Par hypothèse nous retenons la géométrie de digue la plus défavorable :

- Un niveau d'eau le plus bas à 371.78 m IGN69 ;
- Une base de digue à 367.5 m NGF ;
- Un toit de digue à la cote 374.18 m NGF

Nature	Hauteur	Poids volumique	Contrainte retenue	Contrainte totale G + Q
Surcharge d'exploitation	-	-	10 kPa	≈ 90 kPa
Matériau non immergés	2.4 m	18 kN/m <sup>3</sup>	43.2 kPa	
Matériaux immergés	4.3	8 kN/m <sup>3</sup>	34.4 kPa	

#### IV.2.1.2 Vérification au poinçonnement de la digue

La stabilité au poinçonnement de la digue peut être estimée en comparant la surpression verticale maximale à la base de la digue avec la pression limite nette équivalente correspondant à la formation rencontrée au niveau de l'assise.

Zonage	Faciès	Pression limite nette équivalente $P_{le}^*$ [MPa]	Contrainte supposée à la base de la digue [MPa]	Stabilité au poinçonnement	Coef de stabilité (F)
Zone 1 : SC2/SP2	Limon argileux +/- sableux [L]	0,50	0,09	OK	5.5
Zone 2 : SC1/SP1, SC3/SP3, SC5 et SC8	Limon argilo-sablo-graveleux [Lg]	0,70	0.09	OK	7.7

Au vu de ces résultats nous pouvons considérer que la stabilité au poinçonnement est largement assurée pour la digue avec un coefficient de sécurité largement supérieur à 3.

#### IV.2.1.3 Tassements théoriques attendus

Afin d'estimer les tassements sous la digue, des calculs ont été réalisés au droit des deux zones géologiquement distinctes. Le détail des calculs est joint en annexe du présent fascicule. Les résultats suivants sont à prendre en considération :

Zonage	Tassements
Zone 1 - SC2/SP2	5 cm
Zone 2 - SC1/SP1, SC3/SP3, SC5 et SC8	20 cm

Des tassements différentiels de l'ordre de 15 cm sont donc attendus au droit de la digue principale. Un reprofilage devra être réalisé.

#### IV.2.1.4 Stabilité au glissement

##### ○ Méthodologie

La méthode de calcul de stabilité des pentes est basée sur l'équilibre d'une masse de sol circonscrite par une surface de rupture circulaire ou polygonale. Le sol est ainsi divisé en tranches verticales discrètes, dont l'équilibre statique est étudié.

Le coefficient structural global, supposé constant sur toute la surface de rupture, est défini comme le rapport de la contrainte de cisaillement maximale à la contrainte mobilisée le long de la surface de rupture. Le sol est alors en équilibre limite.

Les calculs de stabilité sont effectués suivant la méthode de BISHOP en rupture circulaire. Les calculs conduisent à l'évaluation du coefficient de sécurité minimal ( $F_{min}$ ) associé à une surface de rupture.

Pour les stabilités statiques aucun facteur partiel de sécurité n'est appliqué aux paramètres de calcul. Dans cette approche dite « traditionnelle », nous chercherons dans le cadre du projet à obtenir un facteur minimal de sécurité :

- $F_{min} \geq 1,5$  en situation permanente (talus définitifs).

La stabilité des talus de terrassements est justifiée à l'aide du logiciel Talren v5.

##### ○ Résultats

Les résultats des calculs entrepris sous TALREN v5 sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Hauteur de digue	Angle du talus considérée	Combinaison	Facteur de sécurité calculé	$F_{min}$
6.7 m	33° [3H/2V]	Traditionnelle/ définitive	1.59	1,5



Les résultats respectent le seuil  $F_{min}$  attendu. La stabilité générale au glissement de la digue est donc justifiée pour un angle de  $33^\circ$ /horizontale (3H/2V).

NOTA : l'ensemble des listings de calcul TALREN est communiqué en annexe.

#### **IV.2.2. Pontons de mise à l'eau**

Les pontons sont prévus d'être repris par des corps mort dont l'assise sera descendue dans la formation limono-argileuse +/- sableuse grise. Il ne s'agit pas d'un ouvrage géotechnique au sens propre du terme. Toutefois, afin de dimensionner géométriquement l'ouvrage, une contrainte limite de calcul à l'ELS de 0.08 MPa peut être retenue.

### **IV.3. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET SUJETIONS D'EXECUTION**

Les enrochements devront être dimensionnés avec précision afin de garantir la stabilité interne et la stabilité de l'interface entre les couches.

La méthode et le phasage des travaux devra garantir que les dommages causés par les vagues pendant la construction restent minimes et que les sous-couches exposées soient couvertes dès que possible par les couches protectrices.

L'intégrité structurelle des blocs devra être garantie du fait que leur stabilité hydraulique se réduit fortement lorsque certains d'entre eux se brisent ou de s'émoussent.

Les blocs seront posés à l'aide d'une élingue équipée d'un crochet à ouverture rapide et d'un GPRS pour obtenir l'orientation et la position requises. Un câble guide sera utilisé pour placer le bloc dans la bonne orientation.

Le positionnement précis des blocs sur la première rangée en pied est essentiel, particulièrement en ce qui concerne l'espace horizontal entre les blocs. En suite les rangées supérieures seront soutenues par les blocs des rangées du dessous. Il est donc essentiel d'obtenir une bonne stabilité de la butée de pieds pour empêcher le revêtement de s'ouvrir et de devenir instables. Le bon placement des blocs sous l'eau, et en particulier leur imbrication, sera contrôlé par plongeur.

La densité de pose des blocs devra être prédéfinie en fonction de la densité de pose maximale réalisable du point de vue purement géométrique et de la densité minimale en deçà de laquelle la stabilité hydraulique n'est plus assurée.

La densité des blocs et les dimensions du tapis anti-affouillement devront être adaptées aux sollicitations hydrodynamiques. Il devra également être suffisamment ensouillé.

### **IV.4. CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET HYDRODYNAMIQUES**

Les concepteurs du projet devront s'assurer que le dimensionnement des ouvrages tient bien compte des conditions hydrauliques et hydrodynamiques du site (prorogation de la houle, agitation, courantologie...).

Il sera nécessaire de vérifier le dimensionnement des ouvrages projetés vis-à-vis des sollicitations hydrodynamiques.

En effet nous rappelons que le sous-dimensionnement de la structure de la digue vis-à-vis des sollicitations hydrodynamiques constitue la cause la plus probable des désordres qui ont affectés la digue existante.

La conception du projet devra également prendre en compte les interactions avec le milieu marin et notamment vis-à-vis de la sédimentologie littorale. En effet les facteurs hydrodynamiques pourront être plus ou moins modifiés, entraînant une évolution particulière des fonds marins et de la cote. Ces évolutions du milieu, pouvant être diverses, devront être évaluées en amont du projet d'aménagement (impact des ouvrages sur les littoraux voisins, problèmes d'ensablement ou d'envasement du port, érosion résultante au droit des ouvrages existants...). Ces interactions du milieu marin vis-à-vis de la sédimentologie littorale ne rentrent pas dans notre domaine de compétence mais devront être étudiées par les concepteurs du projet.

\*

\*

\*

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

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

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

- les caractéristiques du projet (conception PRO à nous communiquer) ;
- les variations latérales et d'épaisseurs des matériaux rencontrés entre nos points de sondage ;
- les tassements admissibles de la structure ;
- la présence de gros blocs et de matériaux de démolition pouvant gêner les terrassements ;
- Les résultats des analyses environnementales.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2PRO à G4) devra suivre la présente étude).

RAPPEL : GÉOTEC est missionné pour la mission G2 PRO du projet.

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

\*

\*

\*

## CONDITIONS GENERALES

### 1. Avertissement, préambule

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

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

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

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

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

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

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

### 4. Plans et documents contractuels

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

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

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

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

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

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

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

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

### 7. Implantation, nivellement des sondages

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

### 8. Hydrogéologie

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

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

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

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

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

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

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

## CONDITIONS GENERALES (SUITE)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 15. Résiliation anticipée

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

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

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

Assurance décennale obligatoire

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

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

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

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

### 17. Cessibilité de contrat

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

### 18. Litiges

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

## CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

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

### ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

#### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

#### Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

#### ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

#### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

#### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

#### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

#### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

#### DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



## ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

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

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

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3

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

## **ANNEXES**

Analyse statistique des essais pressiométriques  
Calculs Foxta et Fondsup

[illegible]

jusqu'à 643 essais.



## ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS PRESSIOMETRIQUES

**Référence ISO:**

**OURING04**

**Révision :**

v2

**Développé par :**

Jonathan ROT

**Auteur du calcul :**

RD

**Date du calcul :**

**30/07/2020**

**Vérifié par :**

DTS

N° affaire :

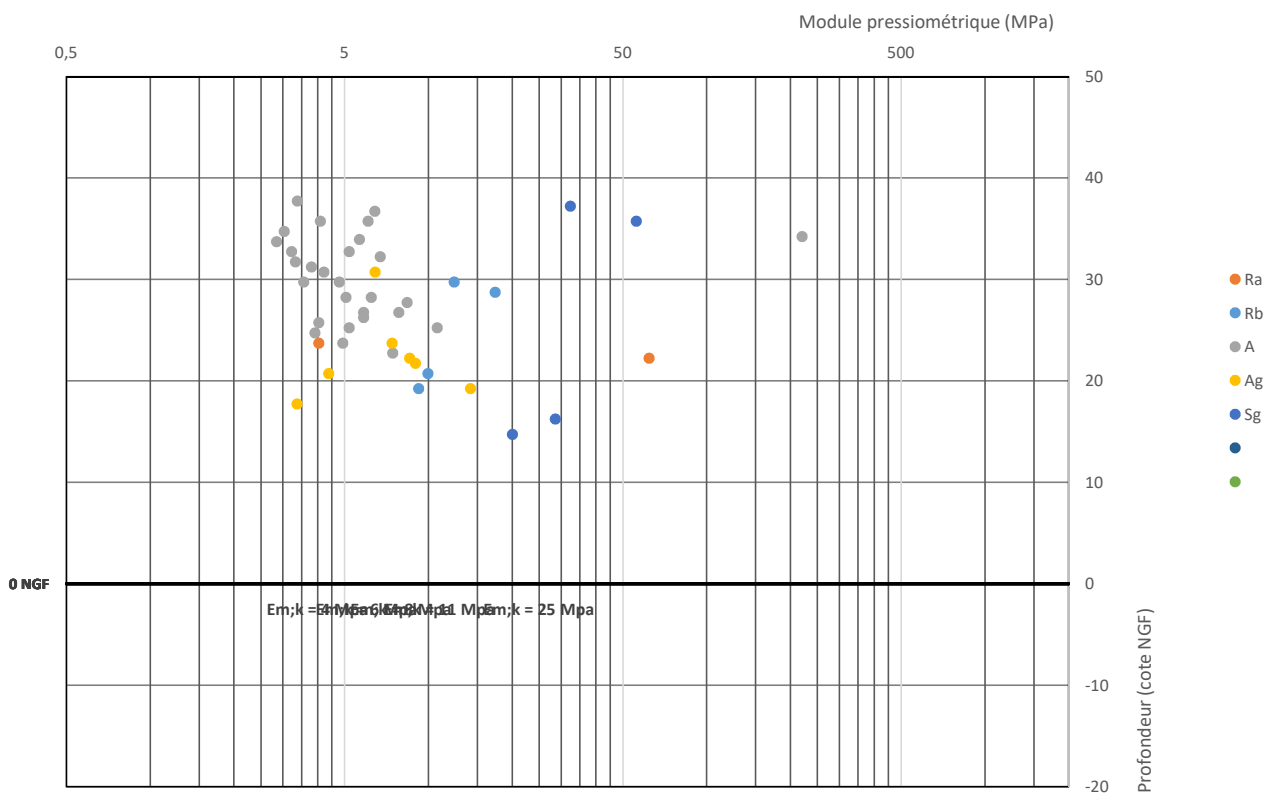
20/00952/ANNCY

Ville :

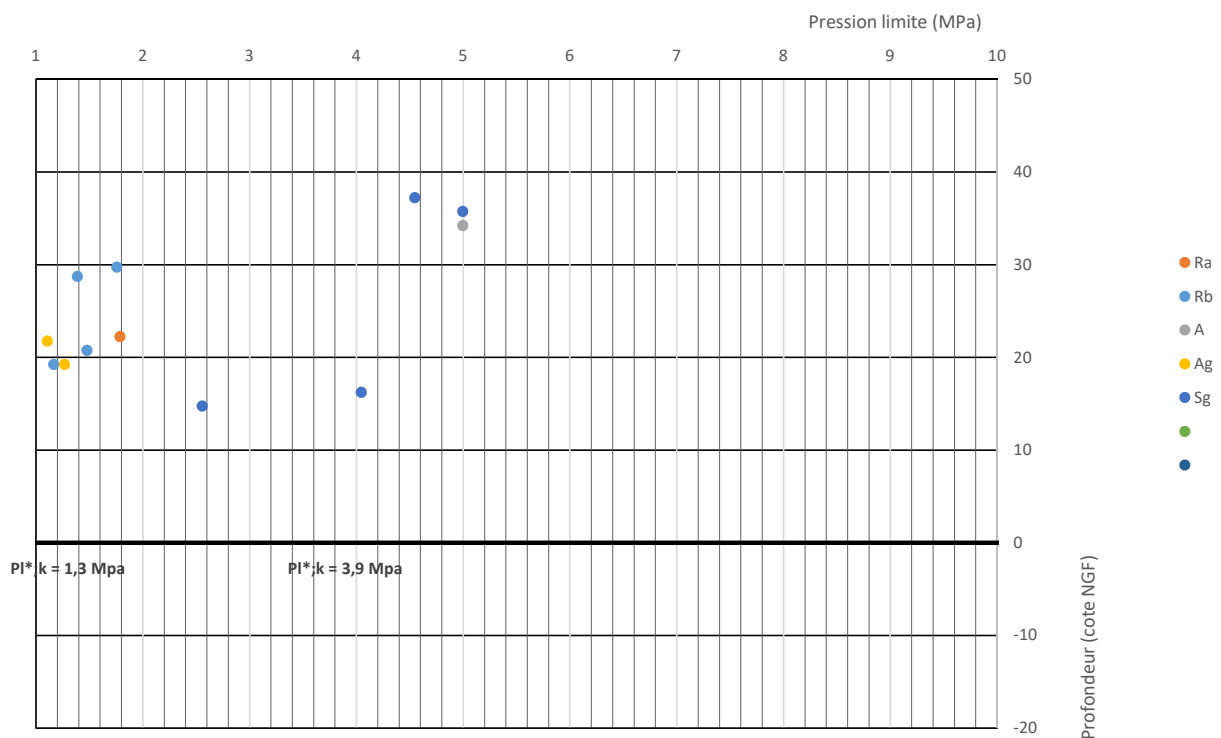
## THONON-LES-BAINS

[illegible][illegible]

Evolution du module pressiométrique des sols avec la profondeur



Evolution de la pression limite nette des sols avec la profondeur



Couche étudiée : Ra

## Module pressiométrique Em :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	33,2	Mpa
ecart type	s	41,2	
nombre de valeur	n	2	
degré de liberté	$\nu$	1	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		2,414	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		-37,1	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		12,706	
VALEUR BASSE Xb		-336,9	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	2,8	Mpa
ecart type	s'	1,93	
nombre de valeur	n	2	
degré de liberté	$\nu$	1	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		2,414	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		0,6	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		12,706	
VALEUR BASSE Xb		0,0	Mpa
Variance empirique	s'	29,1	
Esperance ajustée	$\mu$	3,22	
Variance ajustée	$\sigma$	0,76	
VALEUR MODALE Xm		14,1	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne harmonique	7,6	Mpa
--------------------	-----	-----

## Pression limite nette Pl\* :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	1,1	Mpa
ecart type	s	1,0	
nombre de valeur	n	2	
degré de liberté	$\nu$	1	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		2,414	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		-0,7	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		12,706	
VALEUR BASSE Xb		-8,0	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	-0,2	Mpa
ecart type	s	1,1	
nombre de valeur	n	2	
degré de liberté	$\nu$	1	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		2,414	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		0,1	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		12,706	
VALEUR BASSE Xb		0,0	Mpa
Variance empirique	s'	0,7	
Esperance ajustée	$\mu$	-0,3	
Variance ajustée	$\sigma$	0,61	
VALEUR MODALE Xm		0,5	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne arithm - 1/2 écart type	0,6	Mpa
moyenne géométrique :	0,8	Mpa



Couche étudiée : Ra  
Paramètre analysé : Module pressiométrique

Choix intervalle de classe : 10

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiométriques :	2
Minimum :	4,1
Maximum :	62,3
Moyennes :	
arithmétique	33,2
géométrique	15,9
harmonique	7,6
Médiane :	33,2
Ecart type :	41,2
mx-1/2.sx	12,6
Coefficient de variation :	124%

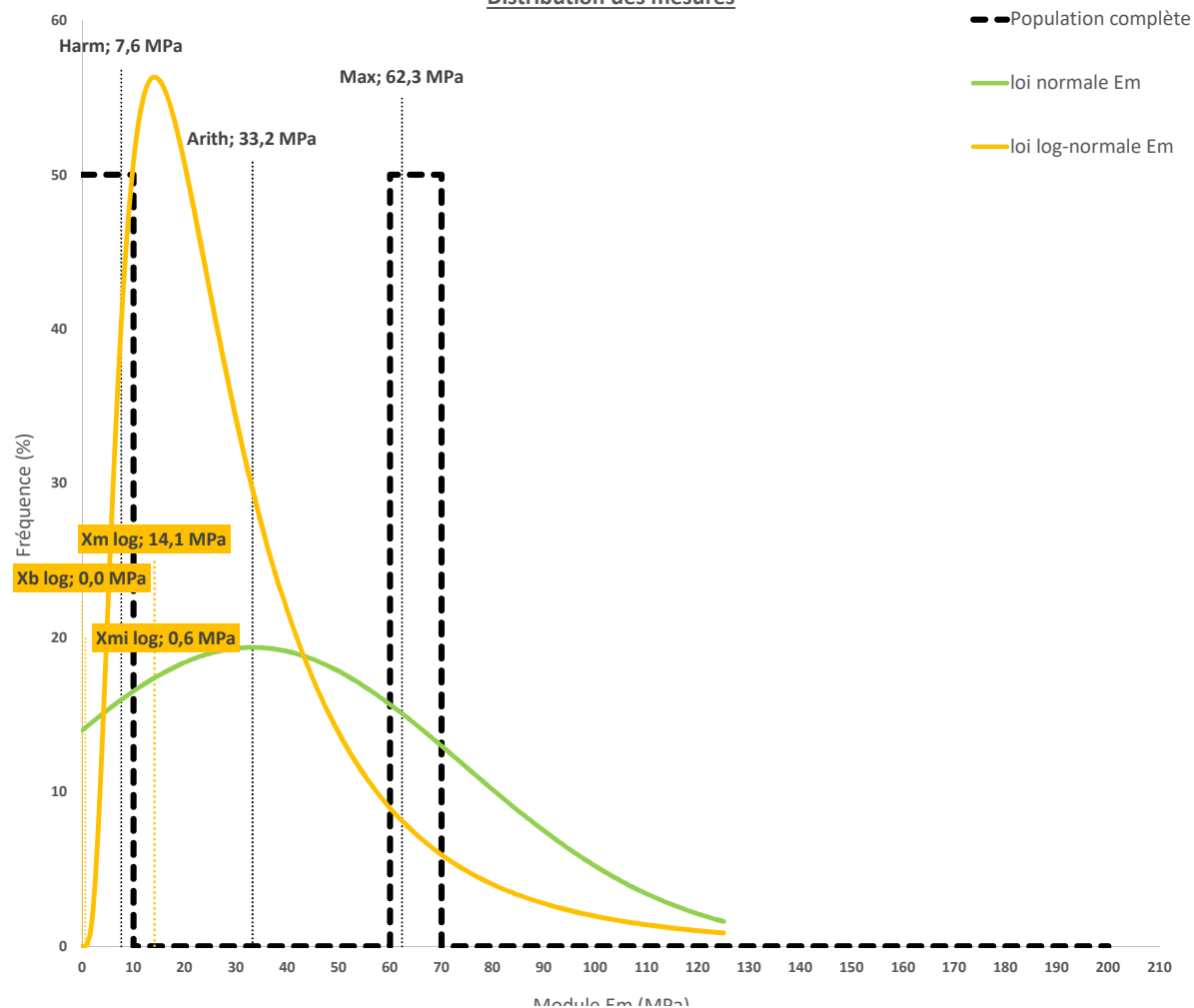
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	-37,1	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	-336,9	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	0,6	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	0,0	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	14,1	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée :

Ra

Paramètre analysé :

Pression limite nette

Choix intervalle de classe :

0,5

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiometriques :	2
Minimum :	0,4
Maximum :	1,8
Moyennes :	
arithmétique	1,1
géométrique	0,8
harmonique	0,6
Médiane :	1,1
Ecart type :	1,0
mx-1/2.sx	0,6
Coefficient de variation :	94%

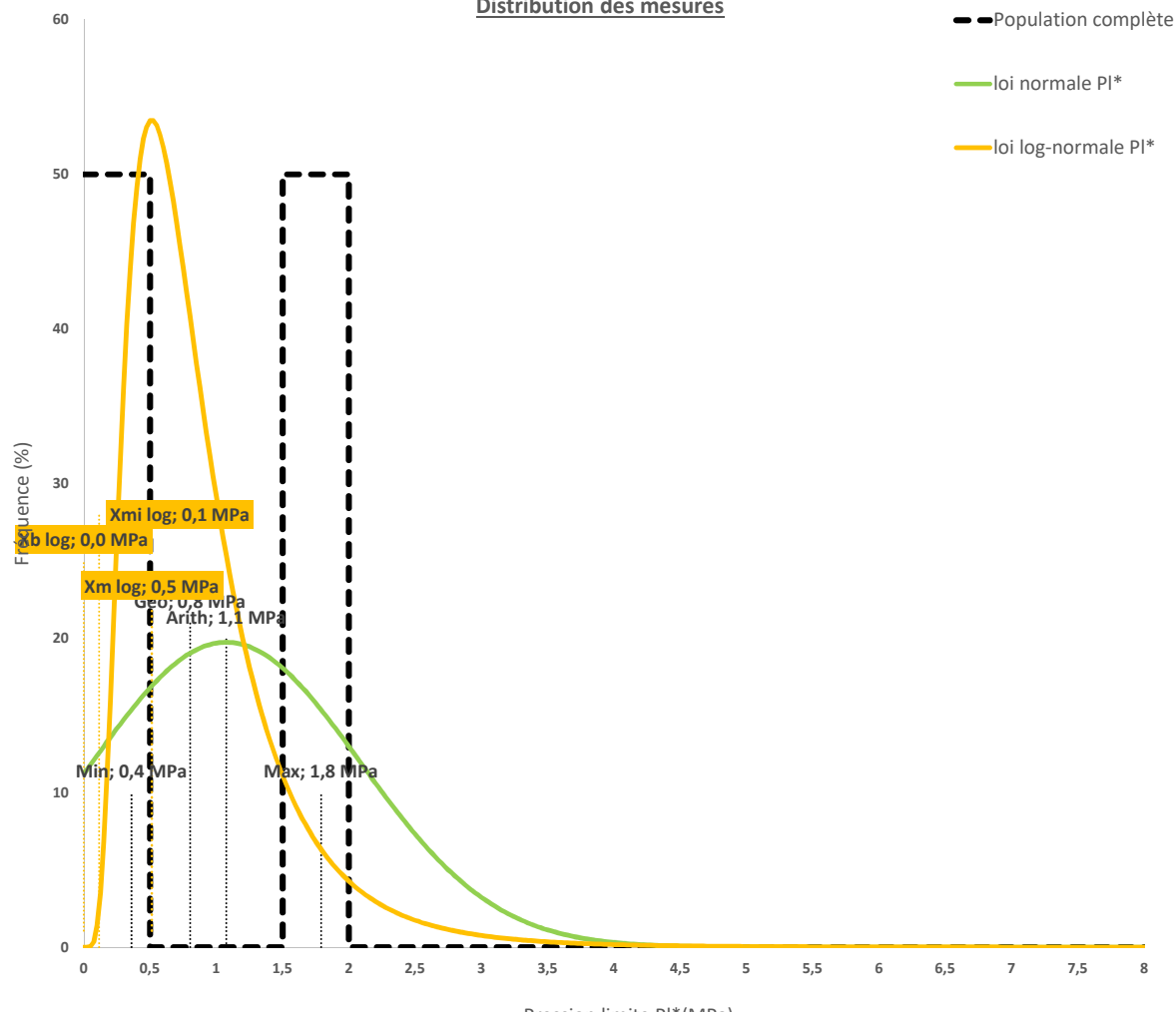
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	-0,7	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	-8,0	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	0,1	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	0,0	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	0,5	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée : Rb

## Module pressiométrique Em :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	12,3	Mpa
ecart type	s	3,7	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		9,6	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		6,4	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	2,5	Mpa
ecart type	s'	0,28	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		9,7	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		7,6	Mpa
Variance empirique	s'	3,2	
Esperance ajustée	$\mu$	2,47	
Variance ajustée	$\sigma$	0,26	
VALEUR MODALE Xm		11,1	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne harmonique	11,5	Mpa
--------------------	------	-----

## Pression limite nette Pl\* :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	1,5	Mpa
ecart type	s	0,2	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		1,3	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		1,1	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	0,4	Mpa
ecart type	s	0,2	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		1,3	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		1,1	Mpa
Variance empirique	s'	0,2	
Esperance ajustée	$\mu$	0,4	
Variance ajustée	$\sigma$	0,15	
VALEUR MODALE Xm		1,4	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne arithm - 1/2 ecart type	1,3	Mpa
moyenne géométrique :	1,4	Mpa

Couche étudiée : Rb  
Paramètre analysé : Module pressiométrique

Choix intervalle de classe : 5

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiométriques :	4
Minimum :	9,2
Maximum :	17,4
Moyennes :	
arithmétique	12,3
géométrique	11,9
harmonique	11,5
Médiane :	11,2
Ecart type :	3,7
mx-1/2.sx	10,4
Coefficient de variation :	30%

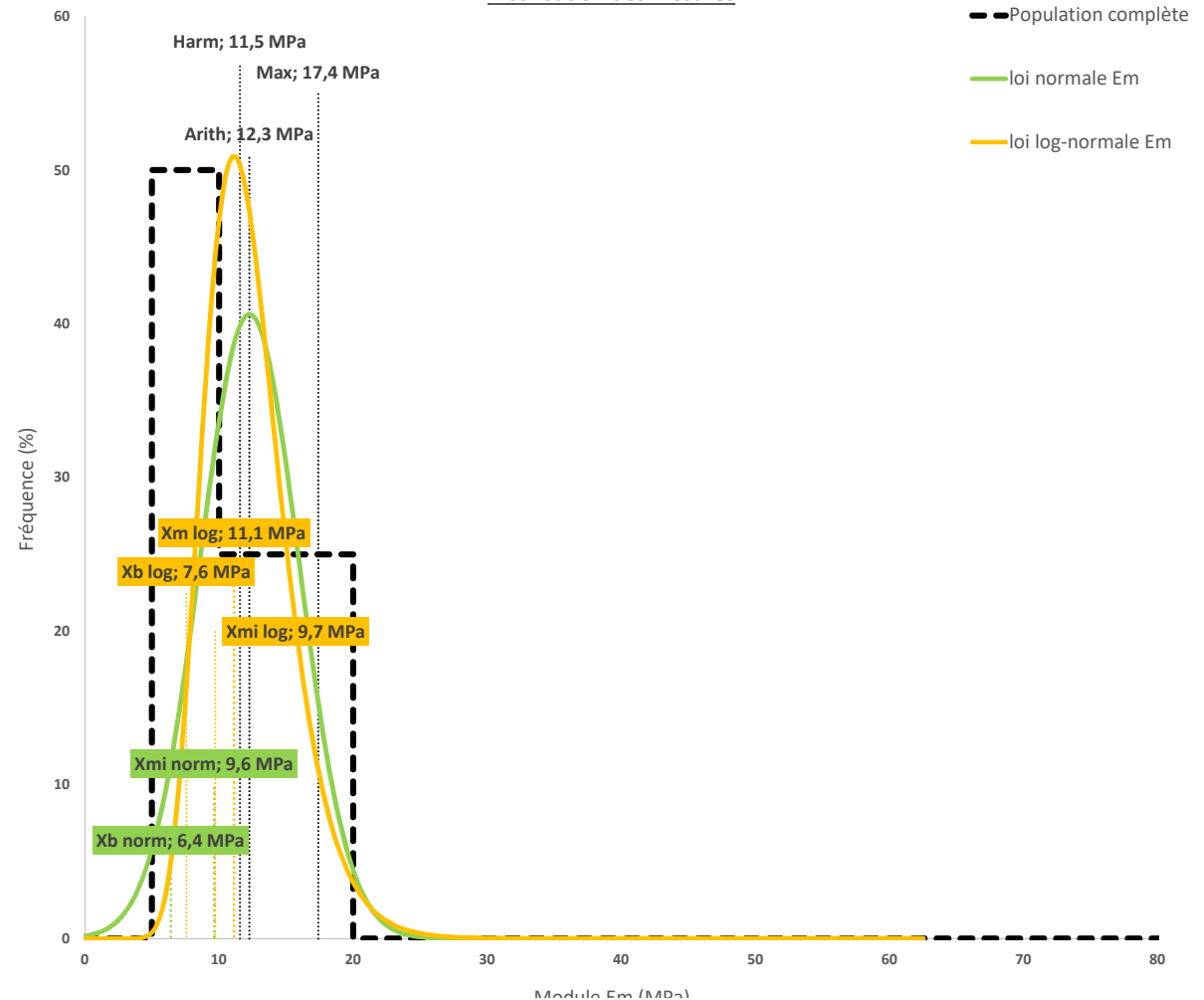
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	9,6	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	6,4	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	9,7	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	7,6	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	11,1	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée :

Rb

Paramètre analysé :

Pression limite nette

Choix intervalle de classe : 0,5

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiometriques :	4
Minimum :	1,2
Maximum :	1,8
Moyennes :	
arithmétique	1,5
géométrique	1,4
harmonique	1,4
Médiane :	1,4
Ecart type :	0,2
mx-1/2.sx	1,3
Coefficient de variation :	17%

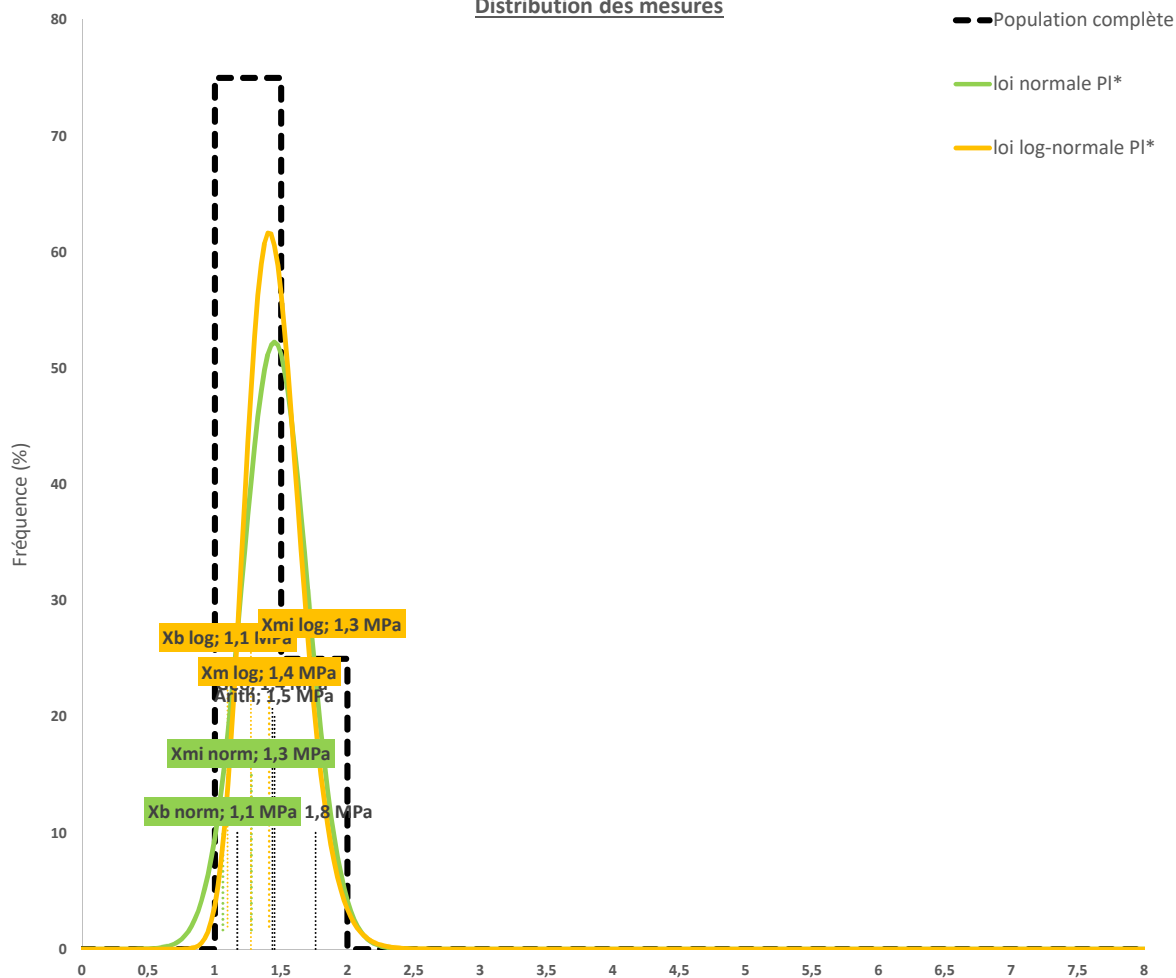
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	1,3	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	1,1	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	1,3	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	1,1	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	1,4	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée : A

## Module pressiométrique Em :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	13,0	Mpa
ecart type	s	40,8	
nombre de valeur	n	28	
degré de liberté	$\nu$	27	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,176	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		3,9	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,052	
VALEUR BASSE Xb		-2,9	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	1,7	Mpa
ecart type	s'	0,79	
nombre de valeur	n	28	
degré de liberté	$\nu$	27	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,176	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		4,8	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,052	
VALEUR BASSE Xb		4,2	Mpa
Variance empirique	s'	40,1	
Esperance ajustée	$\mu$	1,38	
Variance ajustée	$\sigma$	1,53	
VALEUR MODALE Xm		0,4	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne harmonique	4,9	Mpa
--------------------	-----	-----

## Pression limite nette Pl\* :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	0,7	Mpa
ecart type	s	0,9	
nombre de valeur	n	28	
degré de liberté	$\nu$	27	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,176	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		0,5	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,052	
VALEUR BASSE Xb		0,4	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	-0,6	Mpa
ecart type	s	0,5	
nombre de valeur	n	28	
degré de liberté	$\nu$	27	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,176	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		0,5	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,052	
VALEUR BASSE Xb		0,4	Mpa
Variance empirique	s'	0,8	
Esperance ajustée	$\mu$	-0,6	
Variance ajustée	$\sigma$	0,96	
VALEUR MODALE Xm		0,2	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne arithm - 1/2 écart type	0,3	Mpa
moyenne géométrique :	0,5	Mpa

Couche étudiée : A  
Paramètre analysé : Module pressiométrique

Choix intervalle de classe : 2

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiométriques :	28
Minimum :	2,9
Maximum :	221,0
Moyennes :	
arithmétique	13,0
géométrique	5,7
harmonique	4,9
Médiane :	5,1
Ecart type :	40,8
mx-1/2.sx	-7,4
Coefficient de variation :	315%

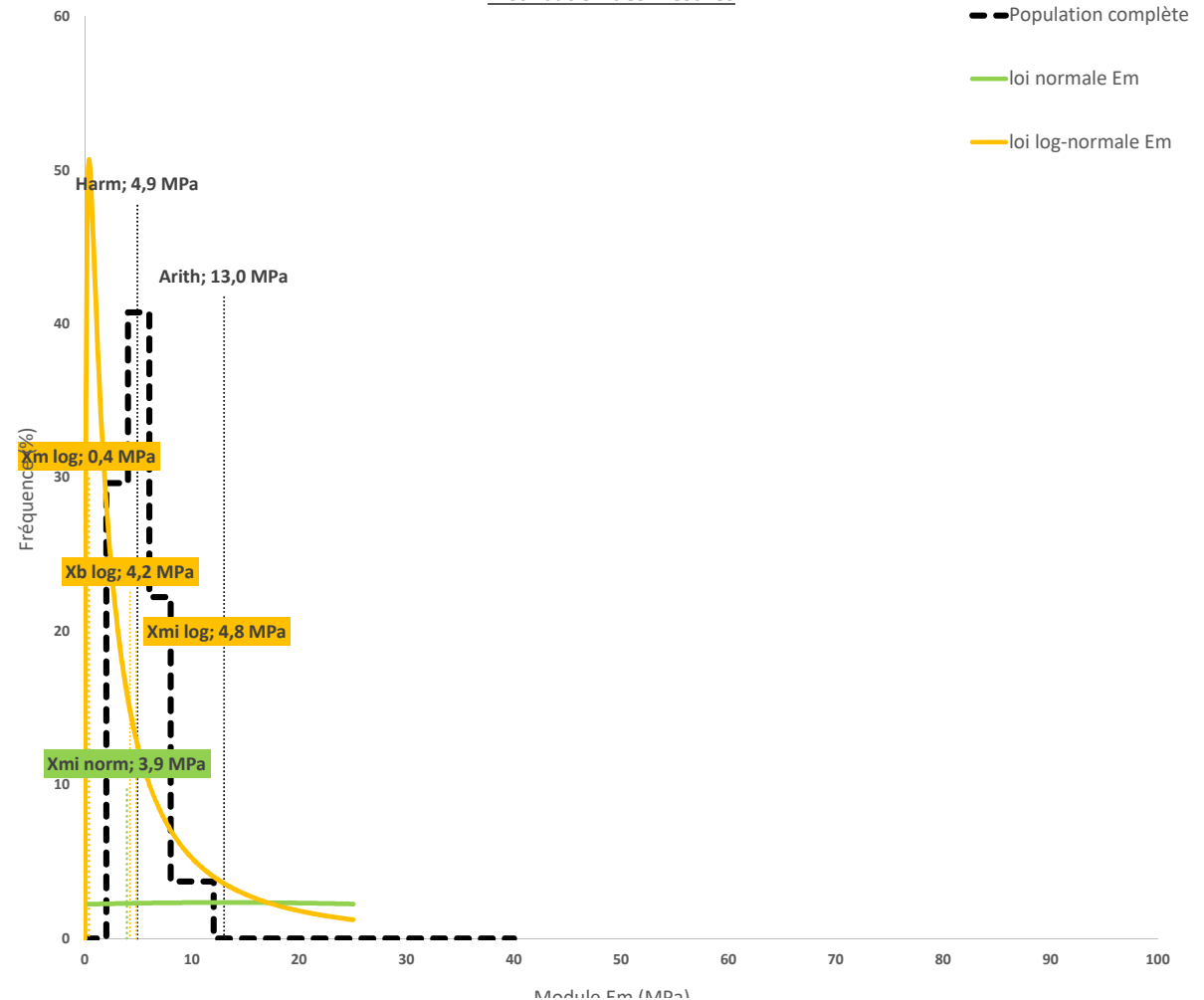
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	3,9	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	-2,9	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	4,8	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	4,2	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	0,4	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée :

A

Paramètre analysé :

Pression limite nette

Choix intervalle de classe :

0,1

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiometriques :	28
Minimum :	0,3
Maximum :	5,0
Moyennes :	
arithmétique	0,7
géométrique	0,5
harmonique	0,5
Médiane :	0,5
Ecart type :	0,9
mx-1/2.sx	0,3
Coefficient de variation :	126%

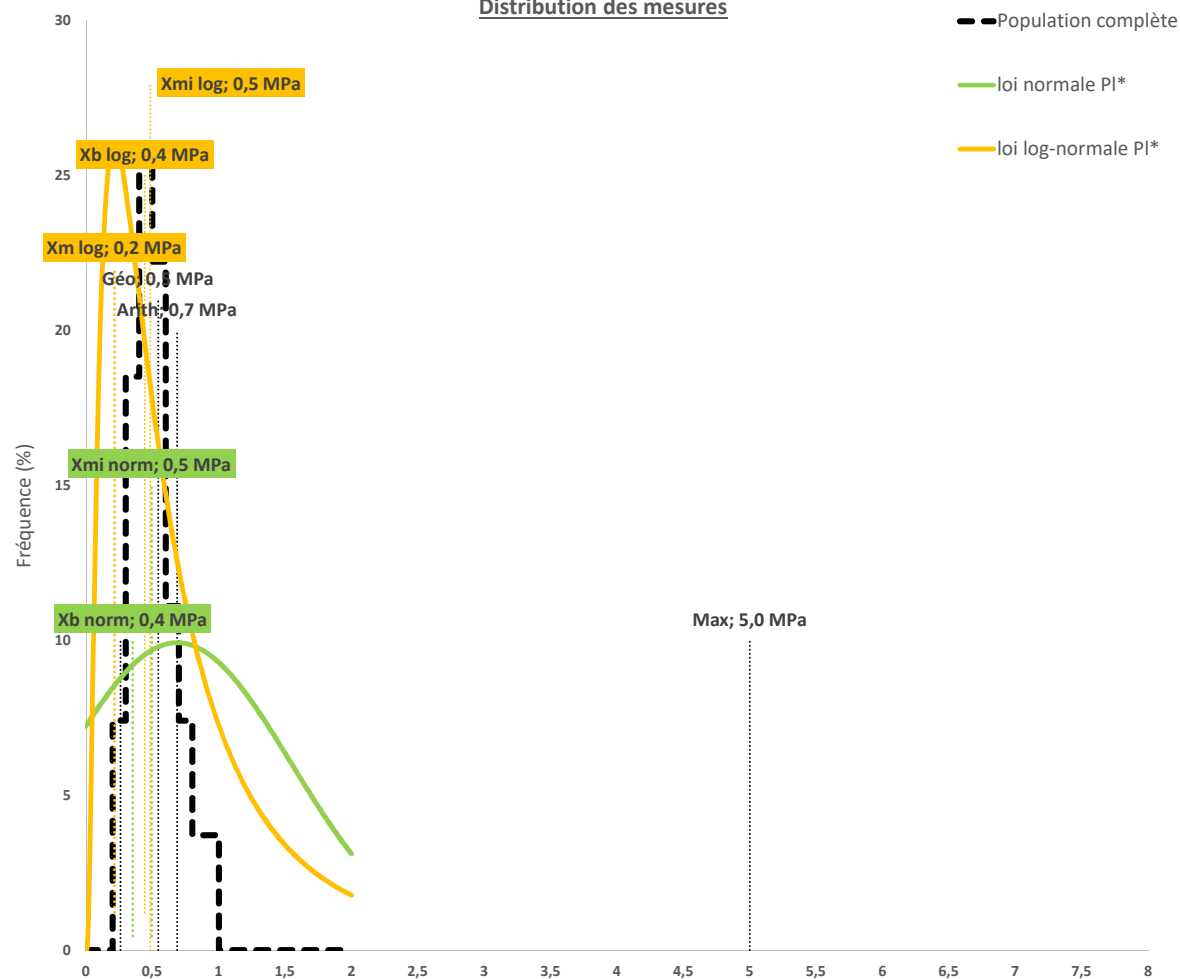
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	0,5	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	0,4	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	0,5	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	0,4	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	0,2	Mpa

## Distribution des mesures





Couche étudiée :

Ag

## Module pressiométrique Em :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	7,6	Mpa
ecart type	s	3,6	
nombre de valeur	n	7	
degré de liberté	$\nu$	6	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,273	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		5,9	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,447	
VALEUR BASSE Xb		4,3	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	1,9	Mpa
ecart type	s'	0,48	
nombre de valeur	n	7	
degré de liberté	$\nu$	6	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,273	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		5,5	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,447	
VALEUR BASSE Xb		4,5	Mpa
Variance empirique	s'	3,3	
Esperance ajustée	$\mu$	1,95	
Variance ajustée	$\sigma$	0,41	
VALEUR MODALE Xm		5,9	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne harmonique	6,3	Mpa
--------------------	-----	-----

## Pression limite nette PI\* :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	0,8	Mpa
ecart type	s	0,3	
nombre de valeur	n	7	
degré de liberté	$\nu$	6	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,273	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		0,6	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,447	
VALEUR BASSE Xb		0,5	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	-0,3	Mpa
ecart type	s	0,4	
nombre de valeur	n	7	
degré de liberté	$\nu$	6	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,273	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		0,6	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		2,447	
VALEUR BASSE Xb		0,5	Mpa
Variance empirique	s'	0,3	
Esperance ajustée	$\mu$	-0,3	
Variance ajustée	$\sigma$	0,35	
VALEUR MODALE Xm		0,6	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne arithm - 1/2 ecart type	0,6	Mpa
moyenne géométrique :	0,7	Mpa

Couche étudiée : Ag  
Paramètre analysé : Module pressiométrique

Choix intervalle de classe : 2

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiométriques :	7
Minimum :	3,4
Maximum :	14,2
Moyennes :	
arithmétique	7,6
géométrique	6,9
harmonique	6,3
Médiane :	7,4
Ecart type :	3,6
mx-1/2.sx	5,9
Coefficient de variation :	47%

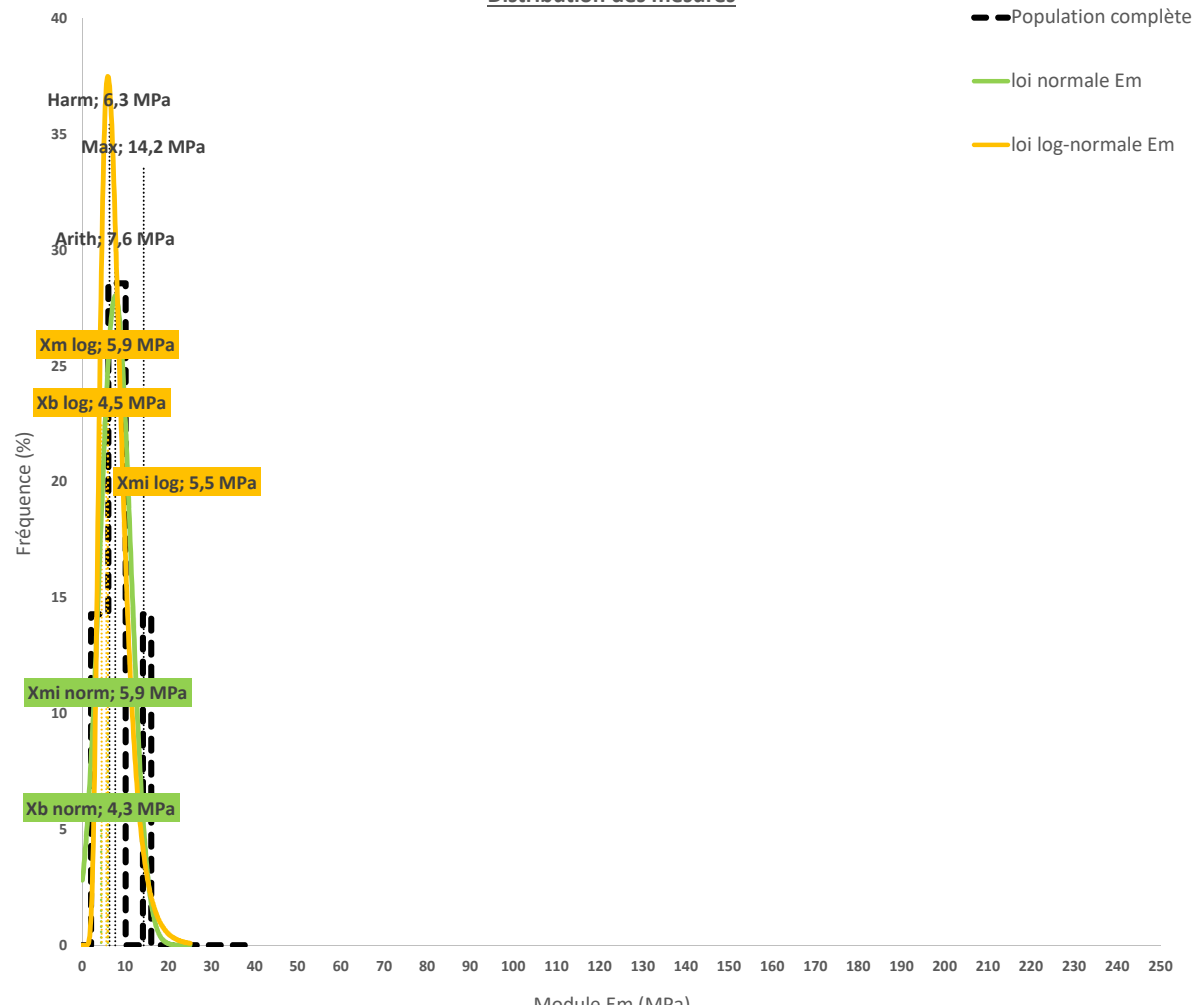
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	5,9	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	4,3	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	5,5	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	4,5	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	5,9	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée :

Ag

Paramètre analysé :

Pression limite nette

Choix intervalle de classe :

0,5

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiometriques :	7
Minimum :	0,5
Maximum :	1,3
Moyennes :	
arithmétique	0,8
géométrique	0,7
harmonique	0,7
Médiane :	0,6
Ecart type :	0,3
mx-1/2.sx	0,6
Coefficient de variation :	39%

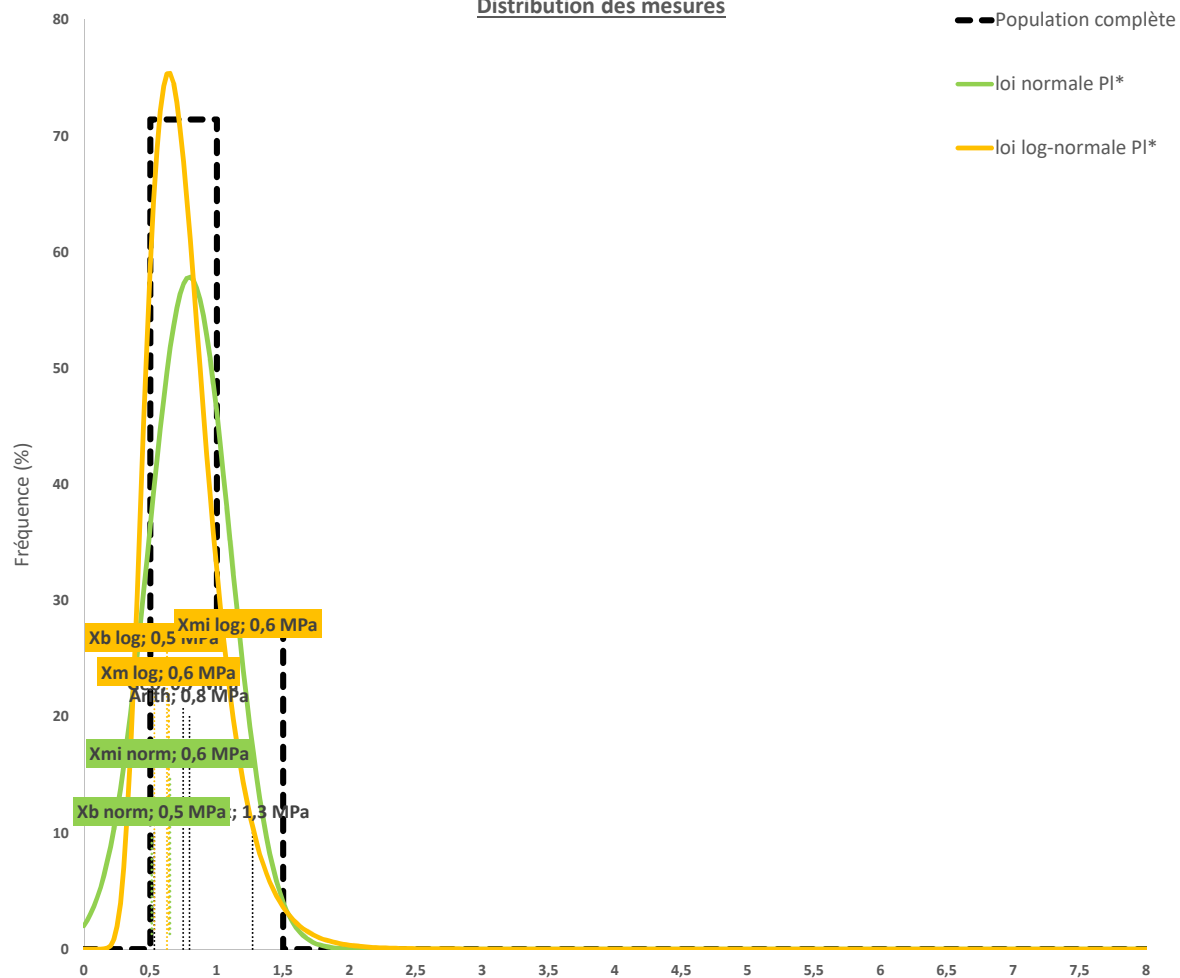
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	0,6	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	0,5	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	0,6	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	0,5	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	0,6	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée : Sg

## Module pressiométrique Em :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	34,3	Mpa
ecart type	s	15,4	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		23,4	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		9,9	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	3,5	Mpa
ecart type	s'	0,42	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		23,7	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		16,3	Mpa
Variance empirique	s'	13,3	
Esperance ajustée	$\mu$	3,47	
Variance ajustée	$\sigma$	0,37	
VALEUR MODALE Xm		27,8	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne harmonique	30,0	Mpa
--------------------	------	-----

## Pression limite nette Pl\* :

Distribution des valeurs selon une loi normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	4,0	Mpa
ecart type	s	1,1	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		3,3	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		2,4	Mpa

Distribution des valeurs selon une loi log normale :

moyenne arithmétique	$\bar{x}$	1,4	Mpa
ecart type	s	0,3	
nombre de valeur	n	4	
degré de liberté	$\nu$	3	
seuil de probabilité recherché		25%	
valeur ts 25%		1,423	
MOYENNE INFERIEURE Xmi		3,2	Mpa
seuil de probabilité recherché		5%	
valeur ts 5%		3,182	
VALEUR BASSE Xb		2,4	Mpa
Variance empirique	s'	0,9	
Esperance ajustée	$\mu$	1,4	
Variance ajustée	$\sigma$	0,22	
VALEUR MODALE Xm		3,8	Mpa

Rappel des valeurs représentatives :

moyenne arithm - 1/2 ecart type	3,5	Mpa
moyenne géométrique :	3,9	Mpa

Couche étudiée : Sg  
Paramètre analysé : Module pressiométrique

Choix intervalle de classe : 25

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

Nombre de mesures pressiométriques :	4
Minimum :	20,1
Maximum :	56,0
Moyennes :	
arithmétique	34,3
géométrique	32,0
harmonique	30,0
Médiane :	30,6
Ecart type :	15,4
mx-1/2.sx	26,6
Coefficient de variation :	45%

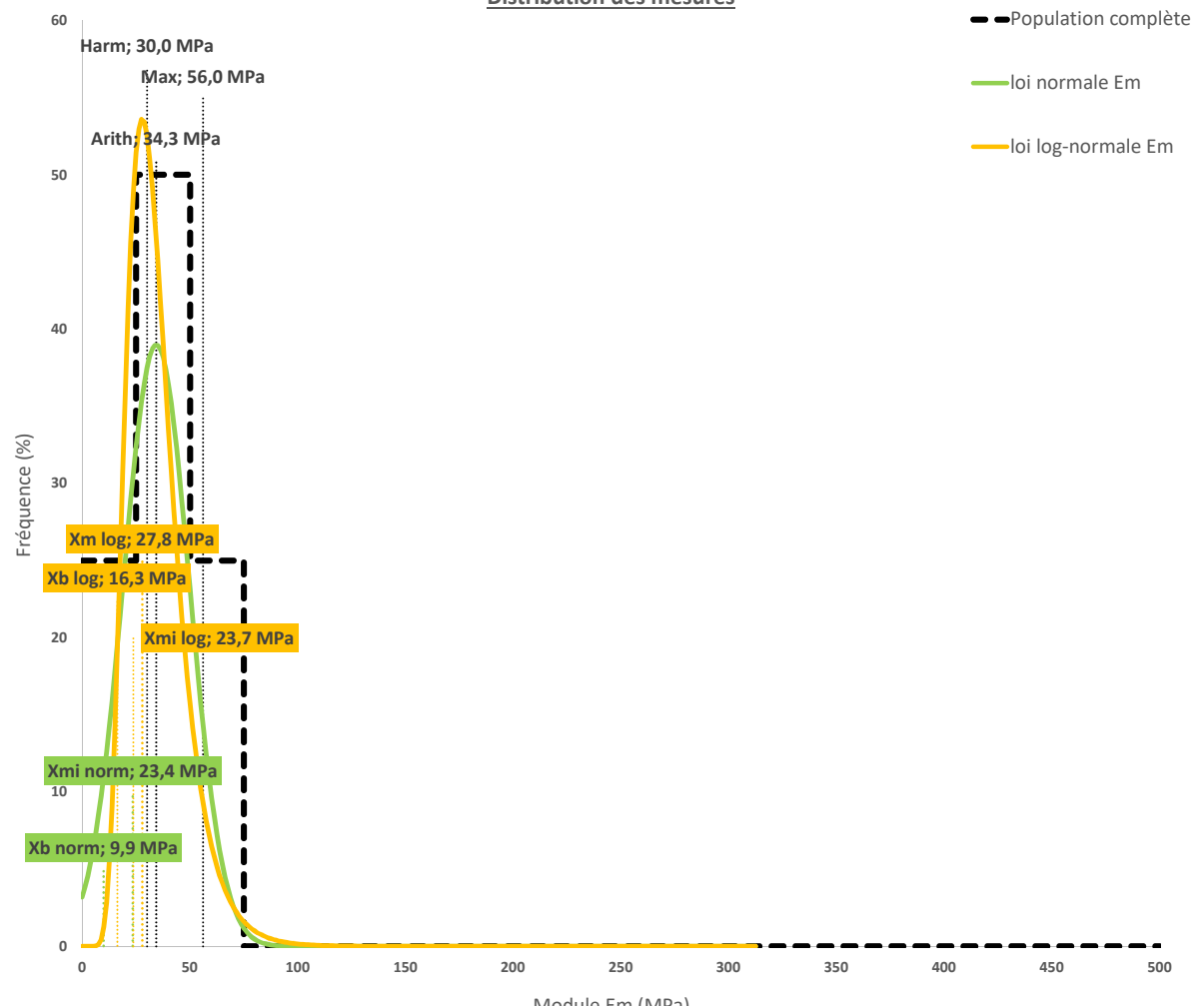
## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	23,4	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	9,9	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	23,7	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	16,3	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	27,8	Mpa

## Distribution des mesures



Couche étudiée :

Sg

Paramètre analysé :

Pression limite nette

Choix intervalle de classe : 0,5

## Mesures de tendance et paramètres de dispersion :

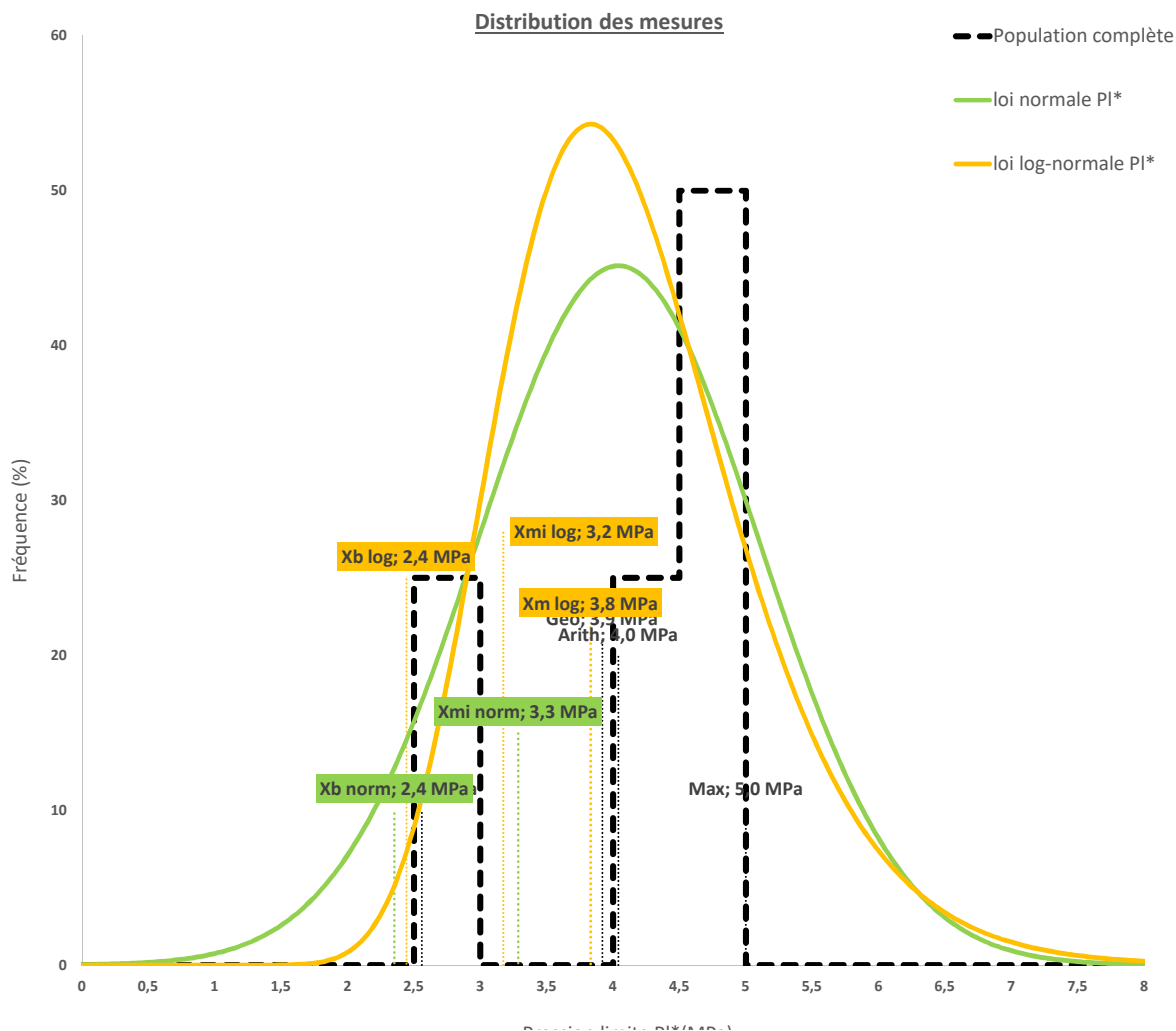
Nombre de mesures pressiometriques :	4
Minimum :	2,6
Maximum :	5,0
Moyennes :	
arithmétique	4,0
géométrique	3,9
harmonique	3,8
Médiane :	4,3
Ecart type :	1,1
mx-1/2.sx	3,5
Coefficient de variation :	26%

## Distribution des valeurs selon une loi normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	3,3	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	2,4	Mpa

## Distribution des valeurs selon une loi log normale :

Xmi : MOYENNE INFÉRIEURE	3,2	Mpa
Xb : VALEUR BASSE	2,4	Mpa
Xm : VALEUR MODALE	3,8	Mpa



# Données du projet

Numéro d'affaire : 20/00952/ANNCY  
Titre du calcul : Stabilité des talus de la digue  
Lieu : THONON-LES-BAINS  
Commentaires : N/A  
Système d'unités : kN, kPa, kN/m3  
 $\gamma_w$  : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	$\gamma$	$\phi$	c	$\Delta c$	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Corps de digue		18,0	42,00	1,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	assise de digue		18,0	35,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Argile sableuse		19,0	0,00	60,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Argile limono-sablo-graveleuse		19,0	0,00	55,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	$\Gamma\gamma$	$\Gamma c$	$\Gamma \tan(\phi)$	Type de cohésion	Courbe
1	Corps de digue		-	-	-	Effective	Linéaire
2	assise de digue		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Argile sableuse		-	-	-	Non drainée	Linéaire
4	Argile limono-sablo-graveleuse		-	-	-	Non drainée	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	367,500	2	50,000	367,500	3	12,000	367,500	4	22,300	374,200	5	26,000	374,200
7	0,000	361,000	8	50,000	361,000	9	22,300	371,200	10	26,000	371,200	12	17,500	367,500

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	5	6	2	6	7	8	7	10	9
9	3	12	10	12	9	14	10	14	16	14	6	17	12	14						

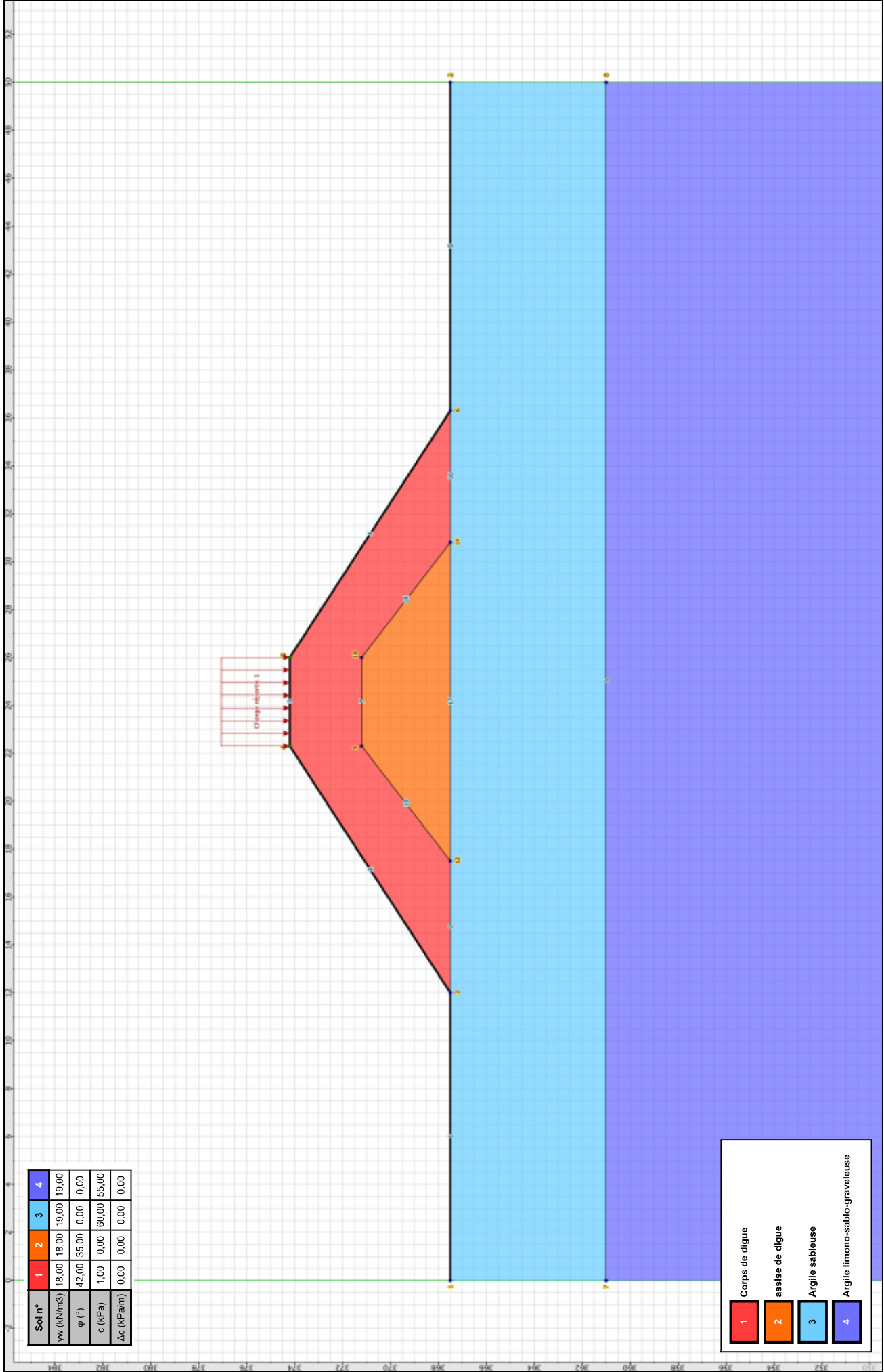
Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	22,300	374,200	10,0	26,000	374,200	10,0	90,00



Talren v5  
v5.2.5

Imprimé le : 4 août 2020 14:34:22  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Stabilité des talus de la digue





# Données de la phase 1

Nom de la phase : Phase 1

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

## Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	3	Argile sableuse	2	3	4	Corps de digue	3	4	5	Corps de digue
4	5	6	Corps de digue	5	6	2	Argile sableuse	6	7	8	Argile limono-sablo-graveleuse
7	10	9	assise de digue	9	3	12	Argile sableuse	10	12	9	assise de digue
14	10	14	assise de digue	16	14	6	Argile sableuse	17	12	14	Argile sableuse

## Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge répartie 1

Conditions hydrauliques : Néant

## Nappe extérieure

	X	Y		X	Y	X	Y	X	Y
1	0,000	371,800	2	50,000	371,800				

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase 1

Nom de la situation : Situation 1

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Traditionnel/Sit. définitive

## Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
$\Gamma_{min}$	1,500	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{\phi}$	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	$\Gamma_{cu}$	1,000
$\Gamma_Q$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
$\Gamma_{pl}$	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	$\Gamma_{buton}$	1,000	$\Gamma_{s3}$	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= 41,243; Y= 389,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 0,500; Y= 0,500

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 0,200

Nombre d'incréments sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite aval : 31,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 36,300; Y= 367,500

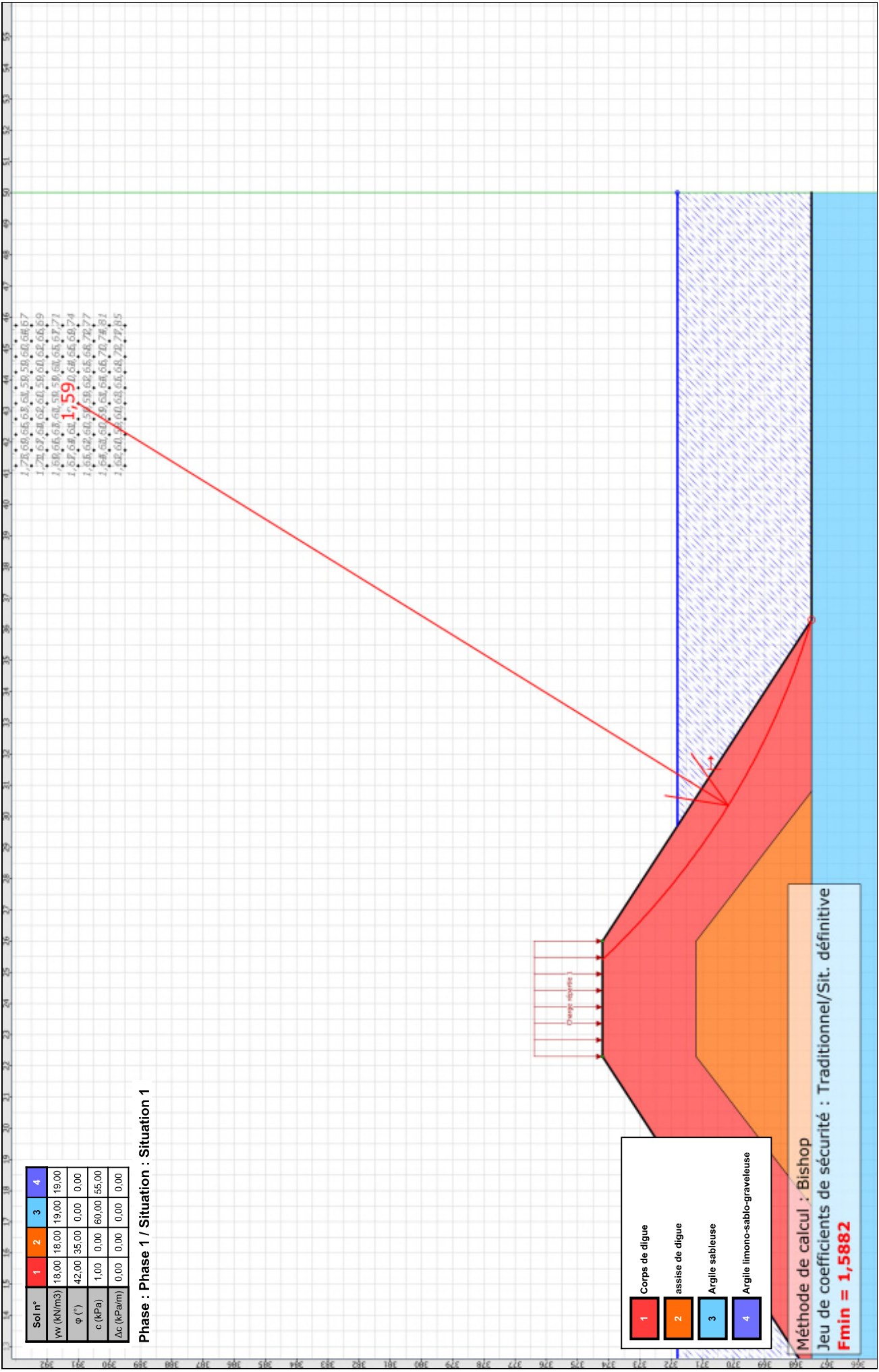
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

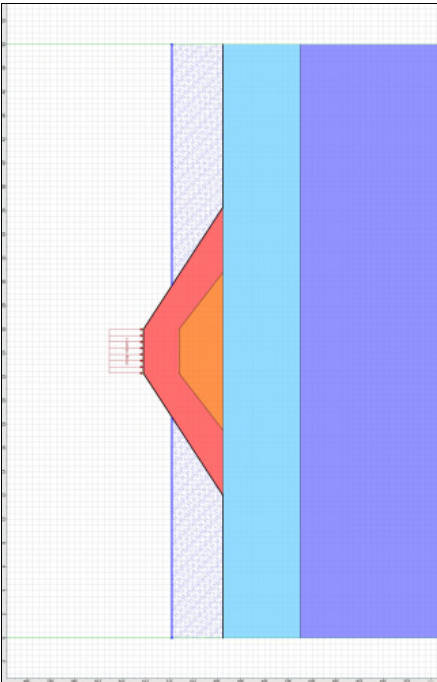
## Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,5882

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 116; X0= 43,24; Y0= 391,00; R= 24,50



# Schéma de phasage



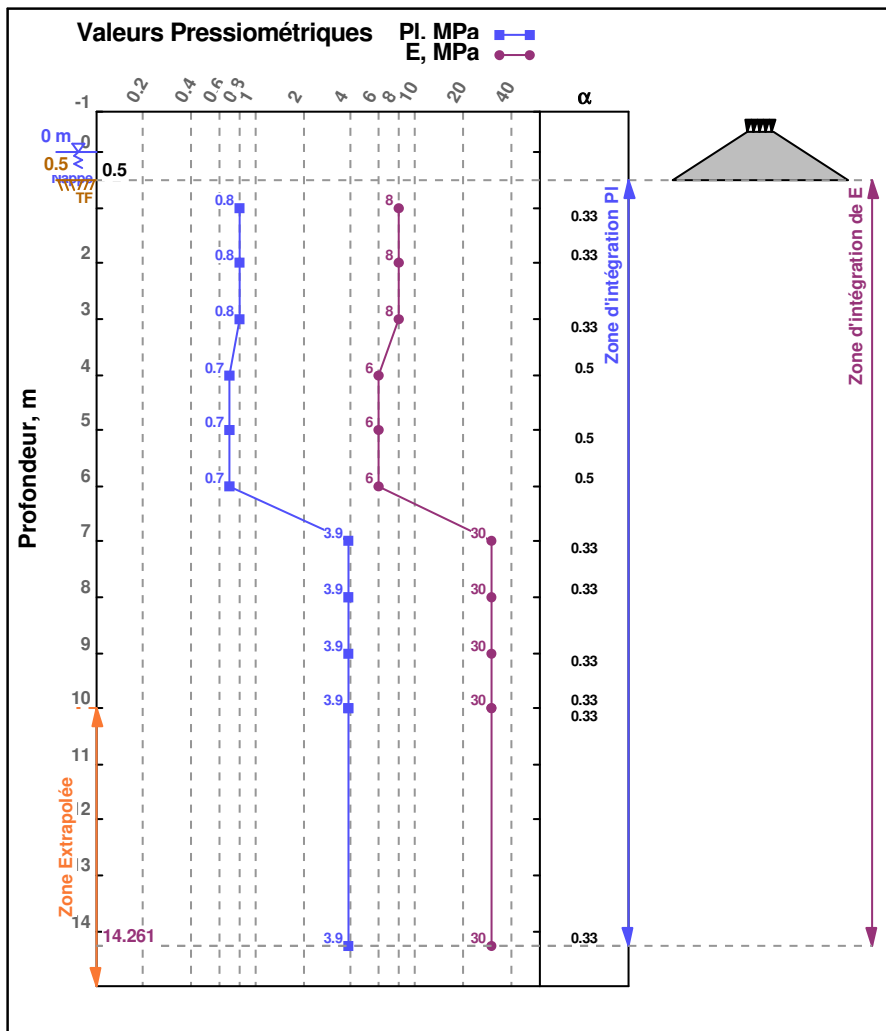
Phase 1: Phase 1



Talren v5  
v5.2.5

Imprimé le : 4 août 2020 14:34:24  
Calcul réalisé par : GEOTEC

Projet : Stabilité des talus de la digue



## Remblai

Largeur de crête : 3.7 m  
 Hauteur de remblai : 6.7 m  
 Pente du talus : 3H/2V  
 Largeur de la base : 23.8 m  
 Poids Volumique : 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Epaisseur de la couche compressible : 2.5 m  
 Surcharge sur le remblai : 10 kPa

## Paramètres des sols

Type de sol sous la fondation :  
 Argiles et limons  
 Poids des terres au-dessus de la fondation :  
 après travaux = 18 kN/m<sup>3</sup>  
 avant travaux = 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Contrainte verticale finale  $q'0$  : 0 kPa (calculée)  
 Contrainte verticale initiale  $\sigma'v0$  : 9 kPa (calculée)

## Conditions d'eau

profondeur : 0 m

Fichier : Tassements - zone 1



GEOFOND© V1.21 du 12/10/2017 développé par GEOS  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 Avenue Marie Curie  
 Bât. Europa 2, Archamps Technopole, 74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
 Fax : 04 50 95 99 36

## Résultats de calcul : Capacité portante

$P_{le} = 1.9$  MPa

FS (Cassan) = 11.6

FS (Cassan modifié) = 13

FS (Terzaghi) = 7.58

FS (Silvestri) = 19.5

FS (Ménard) = 20.1

FS (Mandel & Salençon) = 11.2

## Résultat des tassements

Coefficient correcteur de Menard D61/67

### Remblai seul

	Pos. centre du remblai (en m)
	X = 0 m
$\delta f$ (en cm)	4.877 cm

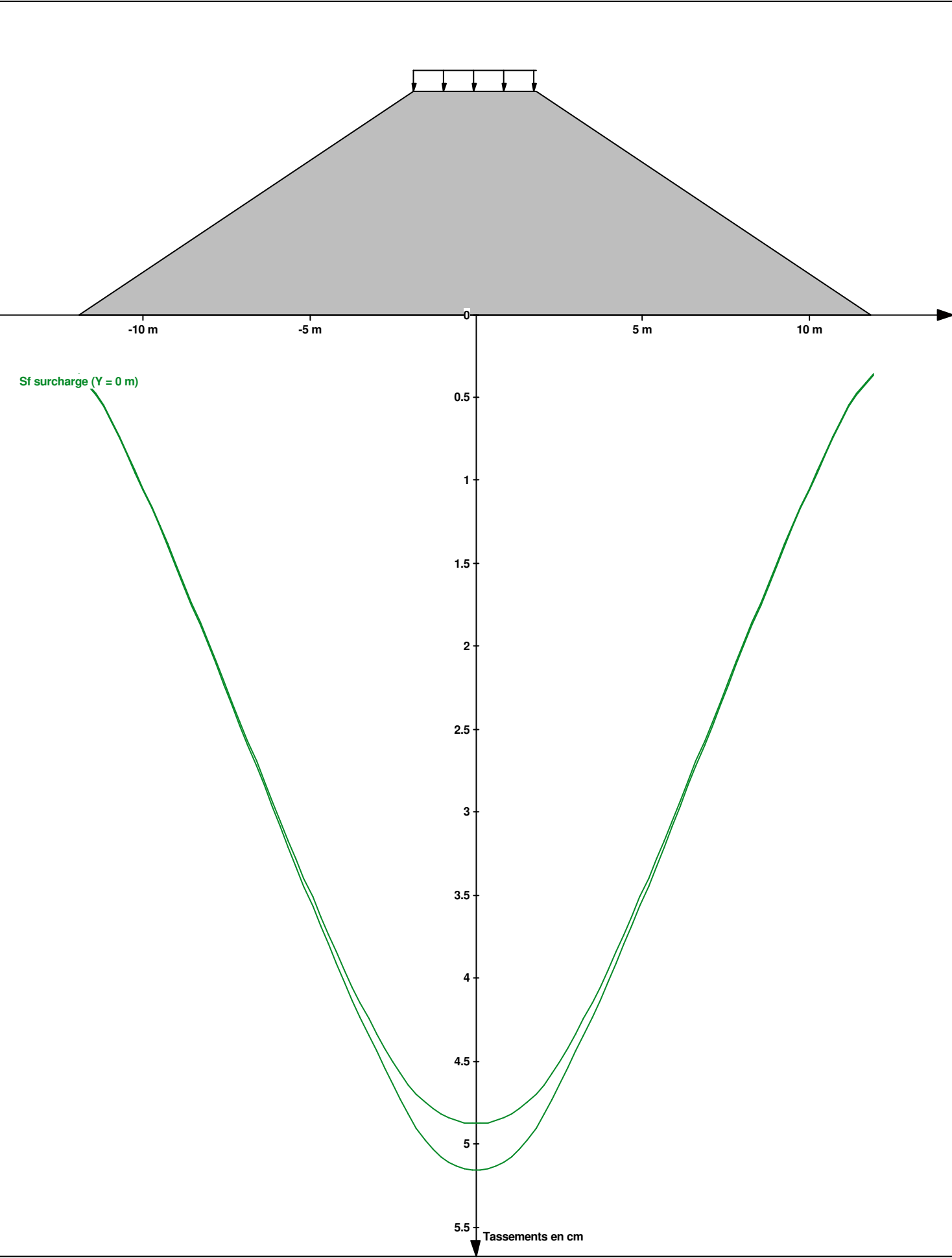
### Remblai avec Surcharge de 10 kPa

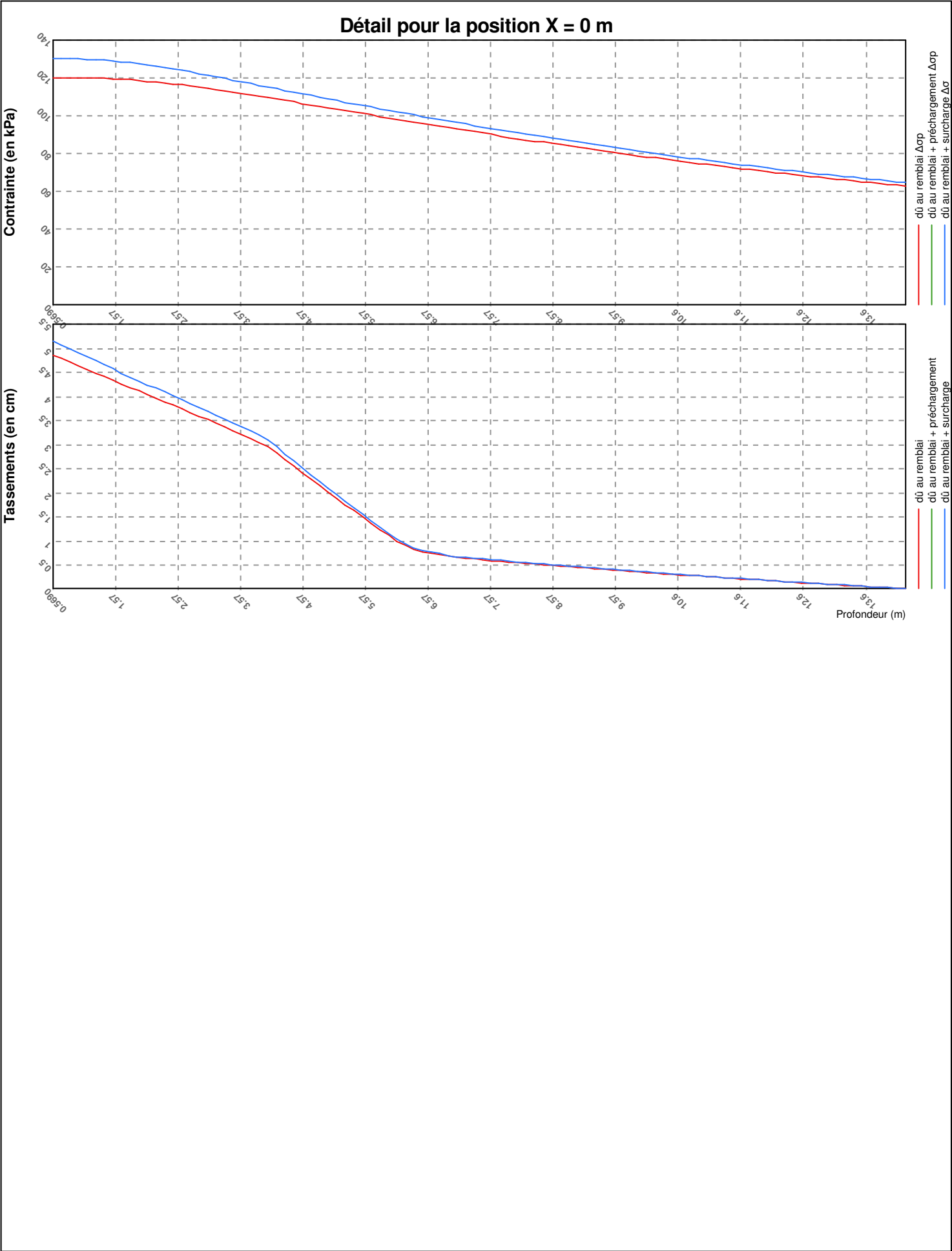
	Pos. centre du remblai (en m)
	X = 0 m
$\delta f$ (en cm)	5.158 cm

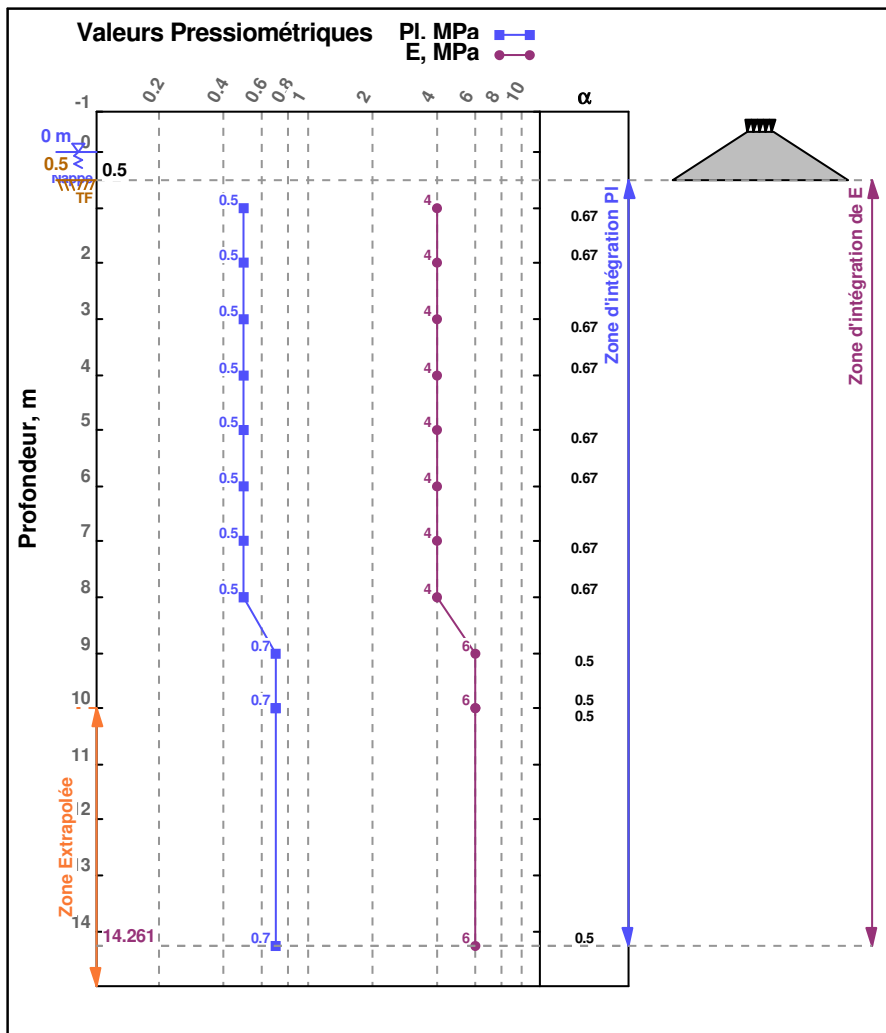
10/08/2020 11:27

Page 1

FIGURE







## Remblai

Largeur de crête : 3.7 m  
 Hauteur de remblai : 6.7 m  
 Pente du talus : 3H/2V  
 Largeur de la base : 23.8 m  
 Poids Volumique : 18 kN/m³  
 Epaisseur de la couche compressible : 8 m  
 Surcharge sur le remblai : 10 kPa

## Paramètres des sols

Type de sol sous la fondation :  
 Argiles et limons

Poids des terres au-dessus de la fondation :  
 après travaux = 18 kN/m³  
 avant travaux = 18 kN/m³

Contrainte verticale finale  $q'0$  : 0 kPa (calculée)  
 Contrainte verticale initiale  $\sigma'v0$  : 9 kPa (calculée)

## Conditions d'eau

profondeur : 0 m

Fichier : Tassements - zone 2



GEOFOND® V1.21 du 12/10/2017 développé par GEOS  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 Avenue Marie Curie  
 Bât. Europa 2, Archamps Technopole, 74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
 Fax : 04 50 95 99 36

## Résultats de calcul : Capacité portante

Pl<sub>e</sub> = 0.576 MPa  
 FS (Cassan) = 3.53  
 FS (Cassan modifié) = 3.52

FS (Terzaghi) = 3.1  
 FS (Silvestri) = 4.34

FS (Ménard) = 6.1  
 FS (Mandel & Salençon) = 3.43

## Résultat des tassements

Coefficient correcteur de Menard D61/67

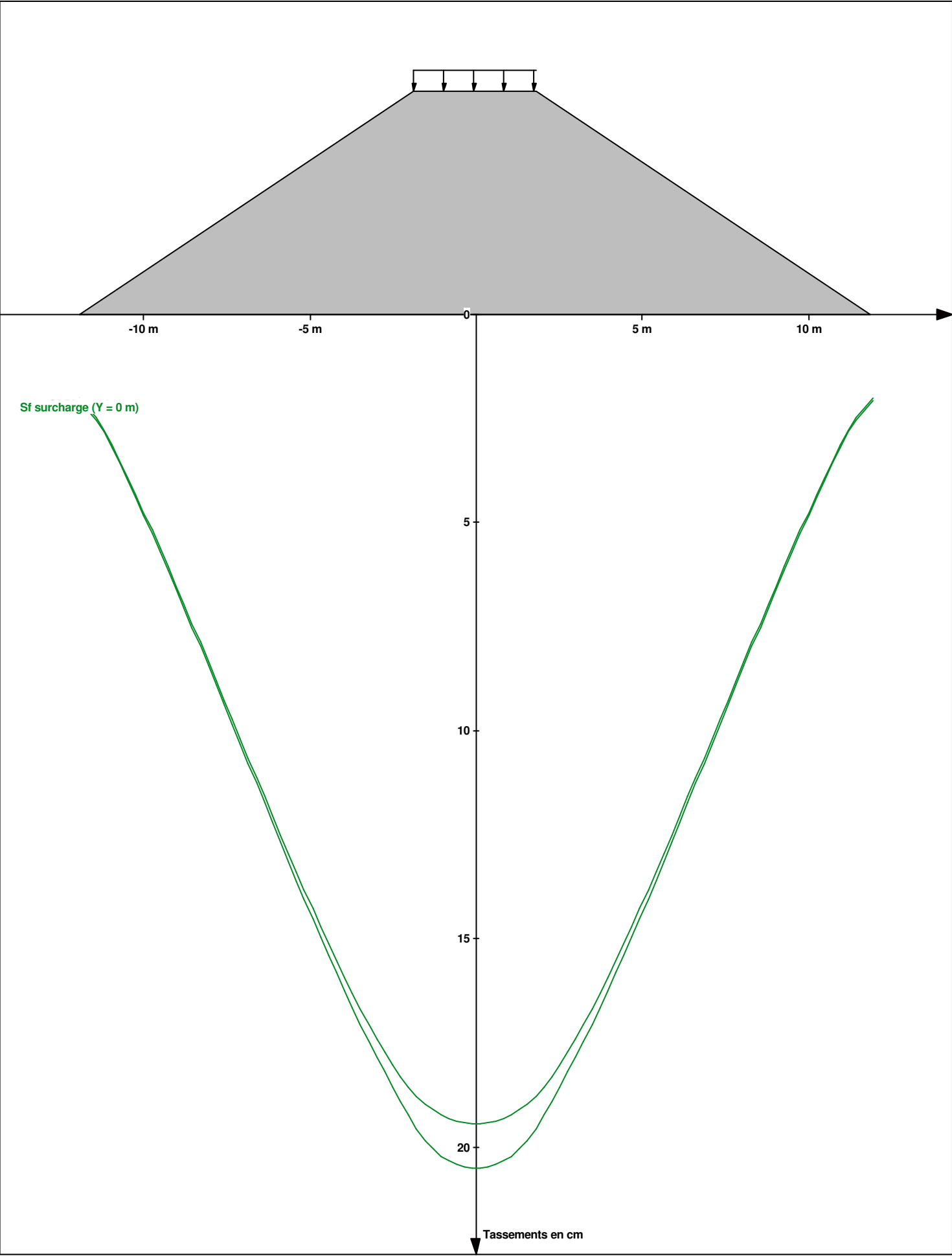
### Remblai seul

	Pos. centre du remblai (en m)
	X = 0 m
δf (en cm)	19.44 cm

### Remblai avec Surcharge de 10 kPa

	Pos. centre du remblai (en m)
	X = 0 m
δf (en cm)	20.5 cm





10/08/2020 11:28	Page 2	FIGURE

Détail pour la position X = 0 m

