



AP-HP

ASSISTANCE
PUBLIQUE  HÔPITAUX
DE PARIS

Hôpital Louis Mourier - Colombes (92)

Construction d'un parc photovoltaïque

Mission géotechnique de conception - G2 AVP



Rapport n°A120831 / version A – 19 janvier 2023

Projet suivi par Matthieu VRAZINIS – 06 74 35 66 97 – matthieu.vrazinis@anteagroup.fr

Fiche signalétique



Hôpital Louis Mourier - Colombes (92)

Construction d'un parc photovoltaïque

Mission géotechnique de conception - G2 AVP

CLIENT	SITE
AP-HP	
Hôpital Louis Mourier 178 rue des renouillers 92700 Colombes CEDEX	Hôpital Louis Mourier 178 rue des renouillers 92700 Colombes CEDEX
Frédéric ROUSSEL Ingénieur Maintenance 01 47 60 67 87 frederic.rousseau@aphp.fr	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Matthieu VRAZINIS
Interlocuteur commercial	Michel BOISSEAU
	Implantation d'Antony
Implantation chargée du suivi du projet	01.57.63.14.00 secretariat.paris-fr@anteagroup.com
Rapport n°	A120831
Version n°	A
Votre commande et date	Bon de commande n°4509660418 du 10/11/2022
Projet n°	IDFP220850

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Matthieu VRAZINIS	Ingénieur de projets géotechniques	Janvier 2023	
Approbation	Laurence HUCHET	Responsable d'activité géotechnique, Île-de-France Centre Normandie	Janvier 2023	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	19/01/2022	42	5	Version initiale <i>1 analyse d'agressivité des eaux manquante</i>

Sommaire

1.	Contexte et objectifs	7
1.1.	Le projet de réhabilitation.....	7
1.2.	Objectifs de la mission.....	7
1.3.	Documents de référence.....	7
2.	Contexte du site.....	9
2.1.	Topographie	9
2.2.	Avoisinants	9
3.	Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique	10
3.1.	Contexte géologique	10
3.2.	Contexte hydrogéologique.....	11
3.3.	Aléas géotechniques recensés	11
3.3.1.	Aléa Inondation.....	11
3.3.2.	Aléa Retrait-gonflement des sols argileux	11
3.3.3.	Aléa Cavités et carrières.....	12
3.3.4.	Aléa sismique	12
4.	Reconnaissances géotechniques	14
4.1.	Campagne d'investigations	14
4.2.	Déroulé de la campagne d'investigations	15
4.3.	Coordonnées des points de sondage	15
4.4.	Limite de la méthode	15
5.	Synthèse géotechnique	16
5.1.	Lithologie.....	16
5.2.	Caractéristiques mécaniques des formations	17
5.2.1.	Remblais.....	18
5.2.2.	Alluvions modernes.....	19
5.2.3.	Alluvions anciennes.....	21
5.2.4.	Calcaire grossier	22
5.3.	Niveaux d'eau	22
5.4.	Agressivité des sols vis-à-vis des bétons	22
5.5.	Agressivité des eaux vis-à-vis des bétons.....	23
5.6.	Modèle géotechnique	24
6.	Prédimensionnement de fondations.....	25
6.1.	Caractéristiques du projet et mode de fondation.....	25
6.2.	Méthodologie de prédimensionnement.....	26
6.3.	Hypothèses sur le sol.....	26

6.4. Caractéristiques des micropieux	27
6.4.1. Type.....	27
6.4.2. Diamètre et espacement.....	27
6.4.3. Longueur des micropieux.....	27
6.4.4. Matériaux.....	27
6.5. Résultats	27
7. Dispositions constructives et recommandations de mise en œuvre	29
7.1. Risques géologiques et géotechniques résiduels.....	29
7.2. Gestion des eaux	29
7.3. Méthodologie générale de justifications de micropieux	29
7.3.1. Justifications.....	29
7.3.2. Essais de contrôle.....	30
7.3.3. Frottement négatif.....	30
8. Enchaînement des missions géotechniques.....	31

Table des figures

Figure 1 : Plan de situation, localisation du projet, source : géoportail.....	7
Figure 2 : Profil altimétrique le long du parking.....	9
Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000e de Paris – Feuille n°183 – Source : Infoterre...	10
Figure 4 : Extrait du zonage de l'aléa Inondation par crue de la Seine (Source : georisques)	11
Figure 5 : Extrait du zonage de l'aléa Retrait-gonflement des sols argileux (Source : georisques)	12
Figure 6 : Extrait du zonage de l'aléa de Cavités et Carrières établi par l'IGC (Source : MAPPEA Antea Group)	12
Figure 7 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France (Source : Géorisques)	13
Figure 8 : Plan d'implantation des investigations réalisées	14
Figure 9 : Photographie de l'atelier de forage en station sur SP2.....	15
Figure 10 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les Alluvions modernes	19
Figure 11 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les Alluvions anciennes.....	21
Figure 12 : Coupe géologique de principe retenue	24
Figure 13 : Extrait du plan d'implantation des panneaux solaires	26

Table des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées approximatives des points de sondages	15
Tableau 2 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude.....	16
Tableau 3 : Synthèse des essais laboratoires dans les remblais	18
Tableau 4 : Caractéristiques pressiométriques mesurées dans les Alluvions modernes.....	19
Tableau 5 : Synthèse des essais en laboratoire réalisés dans les Alluvions modernes.....	20
Tableau 6 : Caractéristiques pressiométriques mesurées dans les Alluvions anciennes.....	21
Tableau 7 : Caractéristiques pressiométriques mesurées dans le Calcaire grossier.....	22
Tableau 8 : Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels – Source : NF EN 206	23
Tableau 9 : Résultats des essais d'agressivité des sols.....	23
Tableau 10 : Modèle géotechnique retenu en phase avant-projet	24
Tableau 11 : Coefficients rhéologiques des sols, extrait de la norme NF P94-261 – Tableau H.2.1.1.124	
Tableau 12 : Frottements latéraux unitaires limites par horizons	26
Tableau 13 : Caractéristiques des tubes aciers des micropieux.....	27
Tableau 14 : Synthèse des résistances en compression des micropieux	28
Tableau 14 : Synthèse des résistances en traction des micropieux.....	28

Table des annexes

Annexe I :	Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013
Annexe II :	Procès-verbaux des investigations in-situ réalisées
Annexe III :	Calcul de la capacité portante des micropieux sous Foxta v4 – Module Fondprof
Annexe IV :	Résultats des essais en laboratoire
Annexe V :	Ordres de grandeurs des descentes de charges, projets connexes

1. Contexte et objectifs

1.1. Le projet de réhabilitation

La présente étude, réalisée à la demande de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), s'inscrit dans le projet de construction d'un parc photovoltaïque sur le parking de l'hôpital Louis Mourier à Colombes (92).

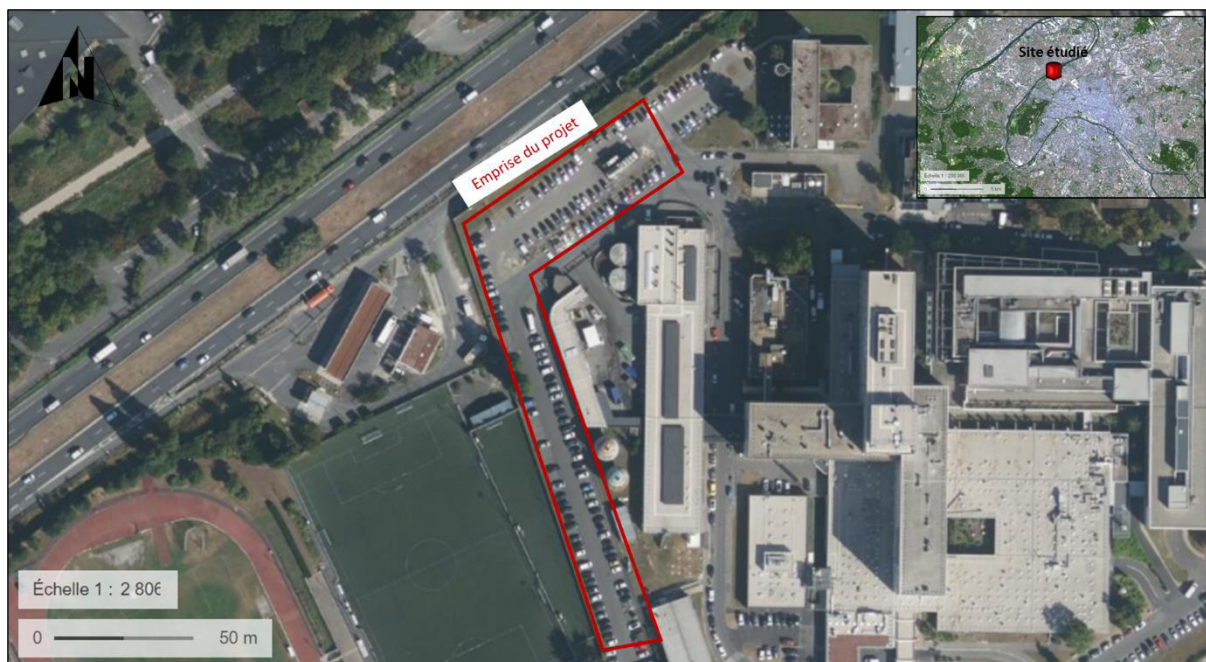


Figure 1 : Plan de situation, localisation du projet, source : géoportail

1.2. Objectifs de la mission

Dans le cadre de ce projet de parc photovoltaïque, l'AP-HP a missionné Antea Group pour la réalisation d'une étude géotechnique de conception en phase Avant-Projet (G2 AVP), au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013, définissant les missions géotechniques.

Un tableau synoptique de cette norme est fourni en **Annexe I** de ce rapport.

Les objectifs de cette étude sont ainsi :

- De définir le contexte géologique, hydrologique, hydrogéologique et géotechnique du site ;
- De fournir une synthèse des investigations réalisées aboutissant à un modèle géotechnique de calcul en phase avant-projet ;
- De réaliser un prédimensionnement des ouvrages de fondations des panneaux ;
- De fournir les préconisations générales pour la réalisation des ouvrages (terrassement, talutage, gestion des eaux, ...) ainsi que les risques géotechniques résiduels.

1.3. Documents de référence

Les documents de référence d'Antea Group pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

Documents mis à disposition par l'AP-HP :

- Plan d'ensemble de l'Hôpital Louis Mourier au 1/500, mai 2017, avec implantation prévisionnelle des panneaux photovoltaïques.

Documents techniques et normatifs :

- Missions d'ingénierie géotechnique – Classifications et Spécification, NF P 94-500, novembre 2013 ;
- Eurocode 7, calcul géotechnique, partie I – Règles générales – NF EN 1997-1, juin 2005 ;
- Norme NF P 94-261, juin 2013, Calcul géotechnique, Fondations superficielles.
- Norme NF P 94-262, juillet 2013, Calcul géotechnique, Fondations profondes.

Documents consultés :

- Le site Géoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr/>) pour :
 - Les cartes IGN ;
 - Les photos satellites ;
- La carte géologique au 1/25 000^{ème} de Paris et de sa proche banlieue, et la notice qui l'accompagne ;
- La Banque de Données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ;
- Les sites du BRGM :
 - Le visualiseur Infoterre pour les cartes géologiques et les cartes d'aléa inondations par débordement de nappe (<http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>) ;
 - L'espace cartographique du Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines en Seine-Normandie (SIGES Seine-Normandie) pour un extrait de la carte hydrogéologique de la France au 1/50 000^{ème} (<http://sigessn.brgm.fr/?page=carto>).
- Le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>) pour les zonages cartographiques des aléas naturels.

2. Contexte du site

2.1. Topographie

La zone d'étude se situe sur le parking de véhicules légers situé sur la partie nord-ouest de l'hôpital Louis Mourier à Colombes (92). La surface impactée par le projet de construction de panneaux solaires est d'environ 2500 m².

La topographie de la zone est relativement plane, l'altimétrie varie entre 28 et 28,5 m NGF, on retiendra une cote moyenne du terrain autour de **28,3 m NGF**.

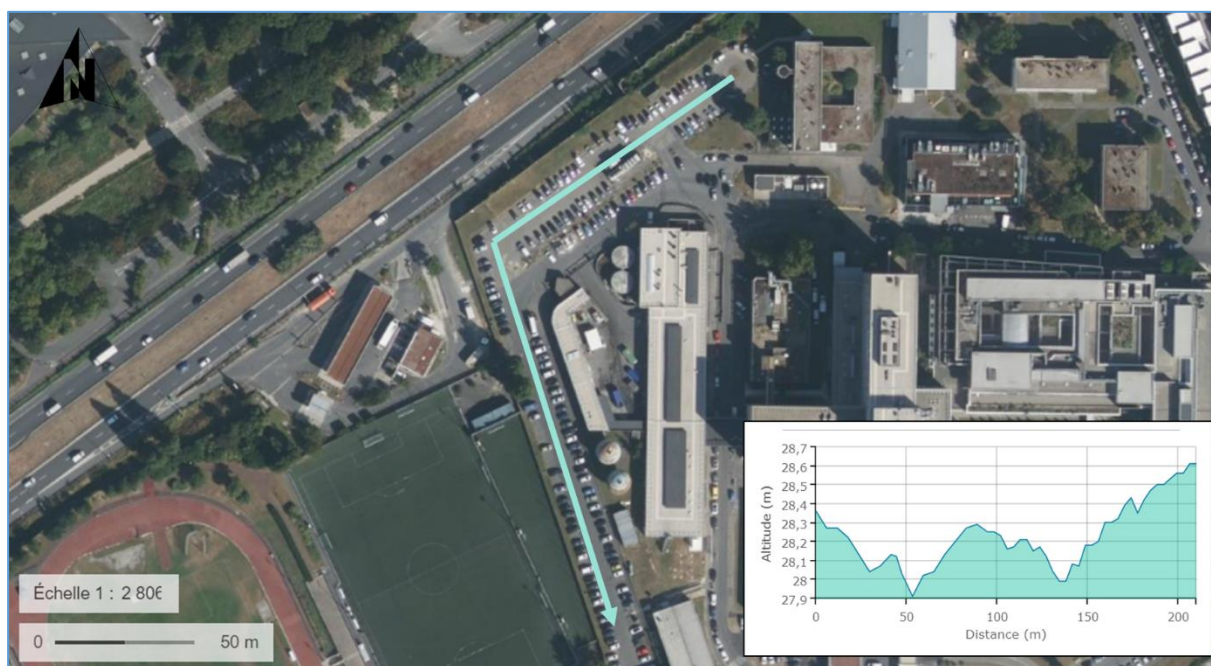


Figure 2 : Profil altimétrique le long du parking

2.2. Avoisinants

L'hôpital est bordé en sa limite nord-ouest par la traversée de l'A86, séparant l'hôpital du Parc Pierre Lagravère en bordure de Seine.

Des réseaux ENEDIS et GRDF sont localisés à proximité des implantations des panneaux, sans générer d'interface avec le projet.

3. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique

3.1. Contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/50 000^e de Paris, feuille n°183, et les données de la BSS, la stratigraphie attendue au droit du site est la suivante :

- **Remblais** : Formation superficielle d'origine anthropique, d'épaisseur généralement variable qui serait liée à l'aménagement du site.
- **Alluvions modernes (Fz)** : Formation géologique argilo-sableuse, parfois vasarde, peut être rencontrée sur des épaisseurs variables de 5 à 10 m.
- **Alluvions anciennes (Fy)** : Formation géologique sablo-graveleuse, pouvant contenir des blocs siliceux ou calcaires de tailles variables, sur une épaisseur d'environ 5 m.
- **Calcaire grossier (e_{sc})** : Ici présente sous son étage inférieur, cette formation se caractérise par des bancs calcaires plus ou moins facturés, au faciès glauconieux, elle est attendue sur une épaisseur minimum de 5 m.
- **Sables de Cuise (Y)** : Un sable généralement gris noir assez fin, argileux et très homogène.

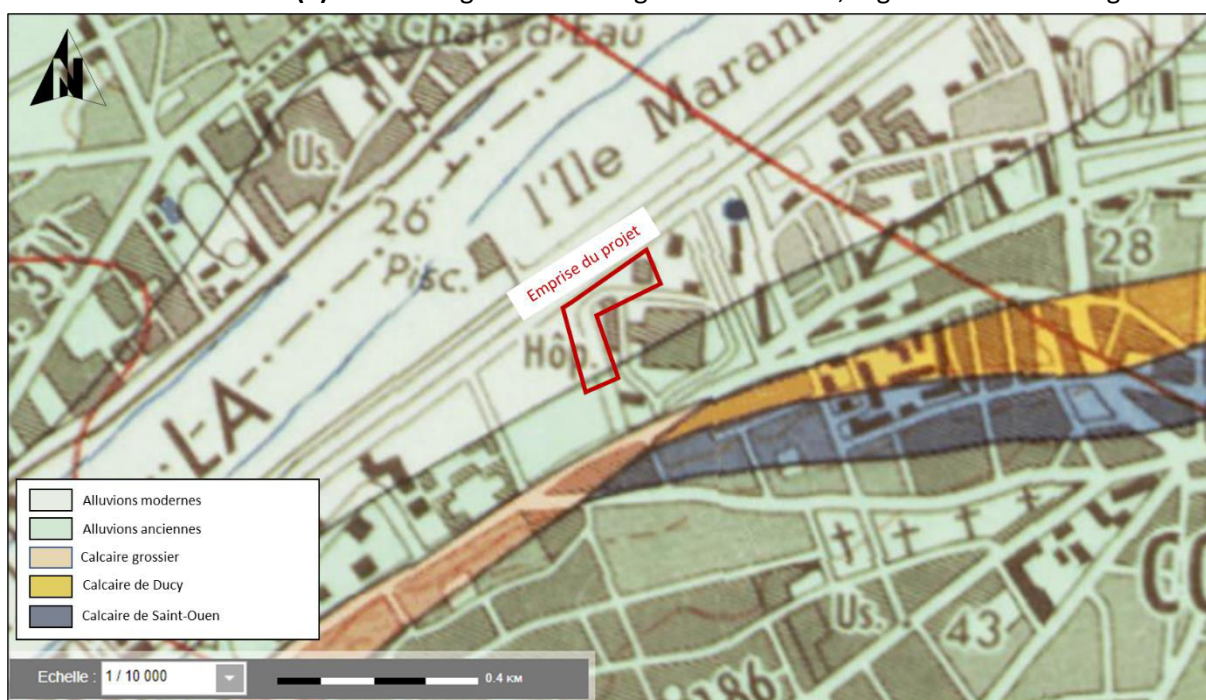


Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000^e de Paris – Feuille n°183 – Source : Infoterre

3.2. Contexte hydrogéologique

Le site est concerné par la nappe du Lutétien, s'établissant dans le Calcaire grossier et susceptible de remonter dans les Alluvions. Le projet étant localisé à près de 200 m au sud-est de la Seine, il sera supposé une communication directe entre la nappe et le cours d'eau.

3.3. Aléas géotechniques recensés

Les différents aléas géotechniques identifiés au droit du site sont présentés ci-après.

3.3.1. Aléa Inondation

D'après les données cartographiques issues de la banque de données Géorisques, la zone d'étude n'est pas concernée par l'aléa Inondation par remontée de nappe.

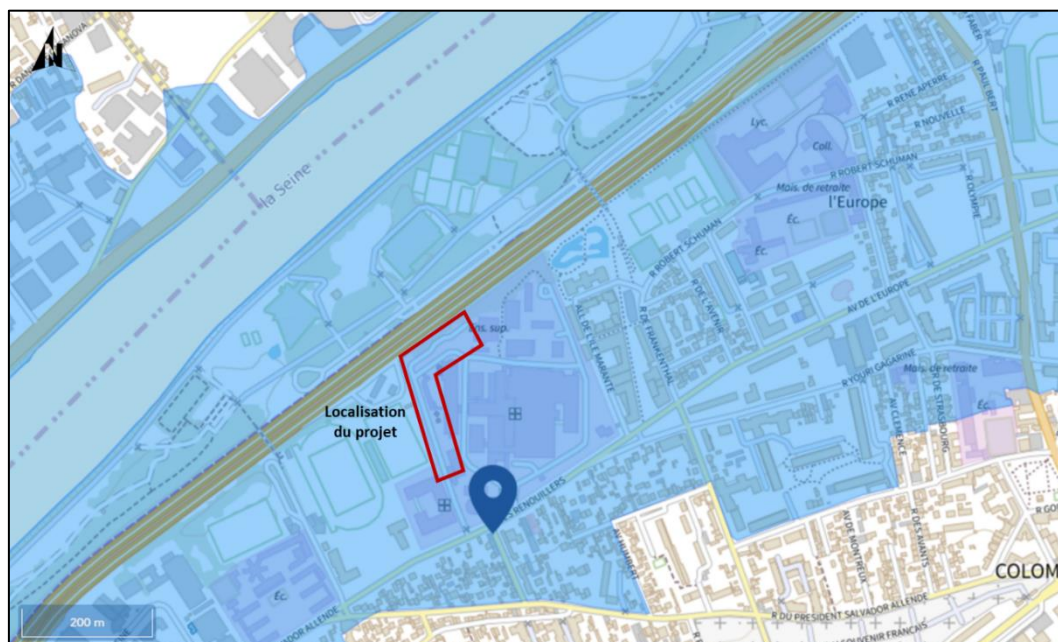


Figure 4 : Extrait du zonage de l'aléa Inondation par crue de la Seine (Source : georisques)

3.3.2. Aléa Retrait-gonflement des sols argileux

Les matériaux argileux voient leur consistance modifier en fonction de leur teneur en eau. L'argile passe d'un état dur et cassant à celui de plastique et malléable dès qu'un certain niveau d'humidité est atteint. Ce phénomène s'accompagne d'une variation de volume dont l'amplitude est fonction du type d'argile.

Si les variations de volume des argiles sont conséquentes, elles peuvent se manifester verticalement par des tassements et horizontalement par l'ouverture de fissures. L'importance de ce phénomène est fonction de la proportion de minéraux gonflants dans la composition de l'argile et de l'épaisseur de la couche sujette au retrait gonflement.

L'aléa retrait-gonflement des sols argileux est caractérisé comme moyen au droit de la zone d'étude.

La principale formation géologique susceptible de présenter un risque de retrait-gonflement est ici l'horizon des Alluvions modernes, de nature argileuse.

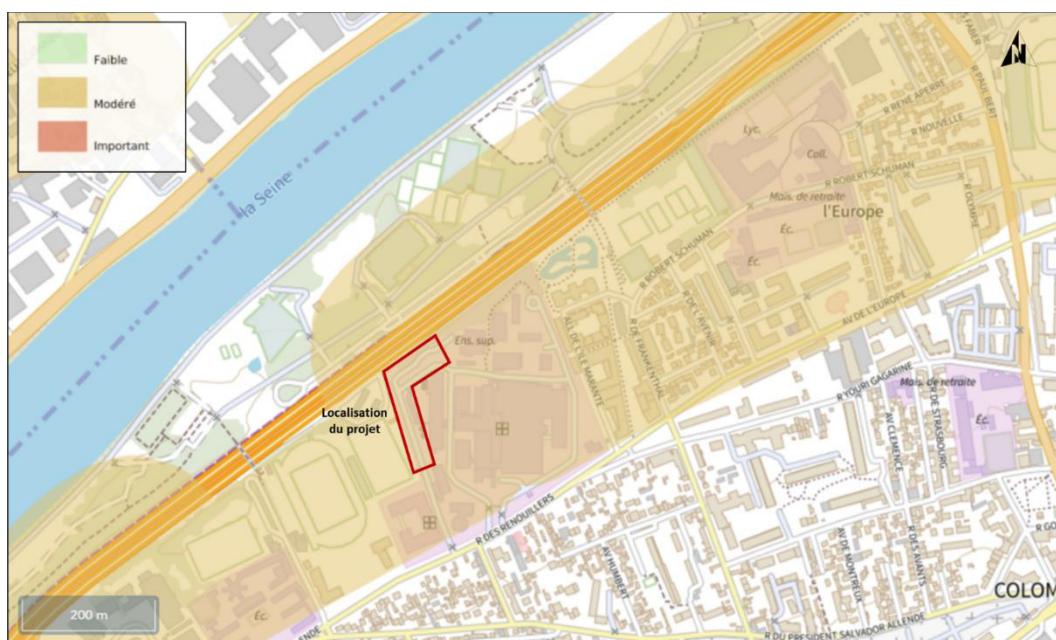


Figure 5 : Extrait du zonage de l'aléa Retrait-gonflement des sols argileux (Source : georisques)

3.3.3. Aléa Cavités et carrières

D'après les données de l'Inspection Générale des Carrières (IGC), la zone d'étude n'est pas concernée par d'anciennes exploitations du Calcaire grossier. En revanche, il se situe à proximité d'une zone de remblais dus à d'anciennes sablières.

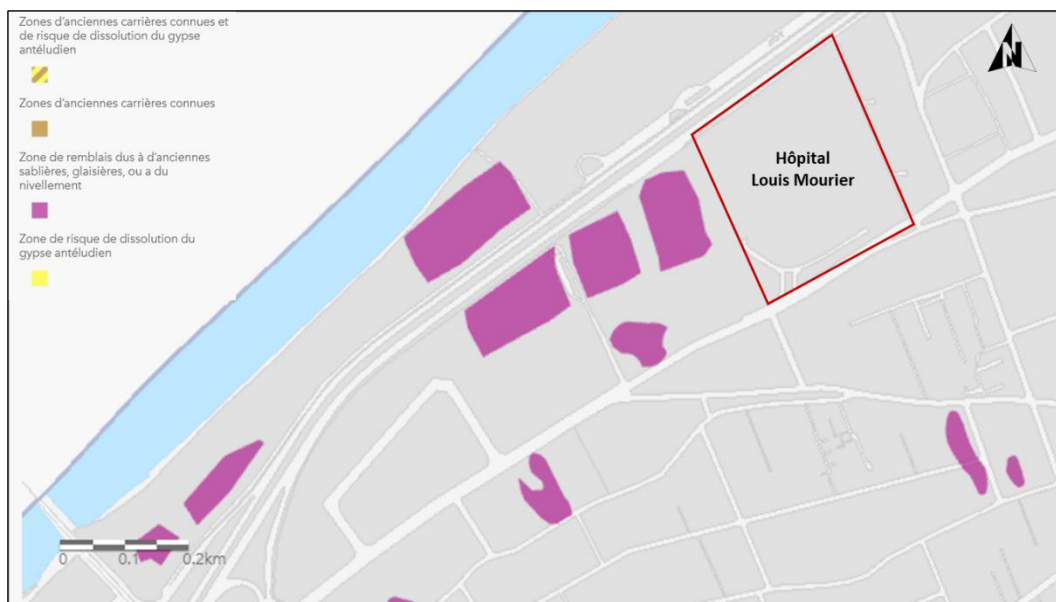


Figure 6 : Extrait du zonage de l'aléa de Cavités et Carrières établi par l'IGC (Source : MAPPEA Antea Group)

3.3.4. Aléa sismique

La commune de Colombes est située en zone de sismicité 1, très faible d'après le zonage de la France, applicable depuis le 1^{er} mai 2011. Les sollicitations sismiques n'ont pas à être prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages projetés.

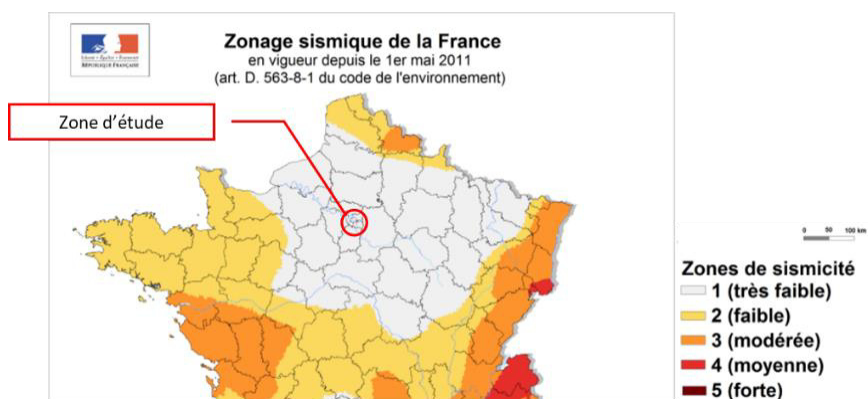


Figure 7 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France (Source : Géorisques)

4. Reconnaissances géotechniques

4.1. Campagne d'investigations

Dans le cadre de la mission géotechnique de conception phase Avant-Projet (G2 AVP) les investigations suivantes ont été réalisées :

- **3 sondages pressiométriques**, notés SP1 à SP3, dont deux descendus à 15 m de profondeur et un à 20 m de profondeur (SP2) avec enregistrement des paramètres de foration ;
- **3 sondages à la tarière mécanique**, notés ST1 à ST3, descendus à 8 m de profondeur avec prélèvement d'échantillons pour réalisation d'essais en laboratoire ;
- **1 piézomètre**, noté PZ1, foré en destructif et crépiné toute hauteur.

Le programme d'essais en laboratoire est le suivant :

- **3 packs d'essais d'identification des sols** (teneur en eau, limites d'Atterberg et granulométrie), pour classification GTR.
- **2 essais d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons ;**
- **1 essai d'agressivité des eaux vis-à-vis des bétons.**

Le plan d'implantation des investigations réalisées est présenté ci-dessous.

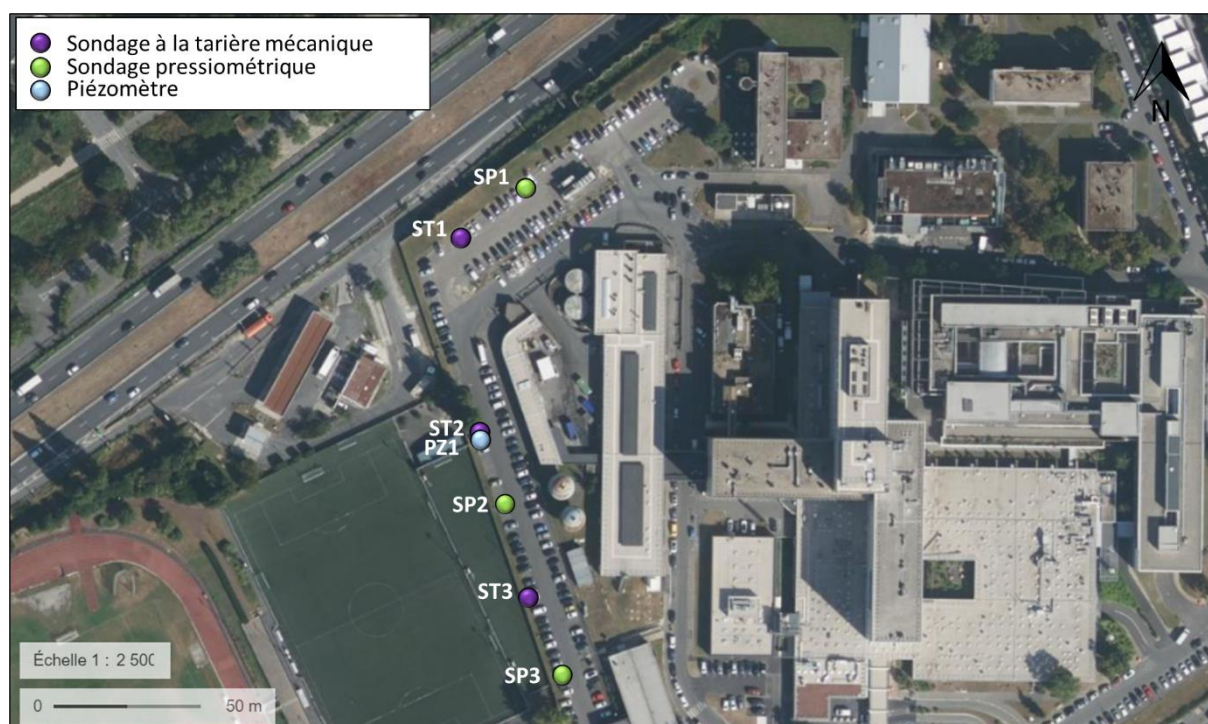


Figure 8 : Plan d'implantation des investigations réalisées

4.2. Déroulé de la campagne d'investigations

L'intervention pour la réalisation de ces sondages s'est déroulée du 21 au 25 novembre. Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée.

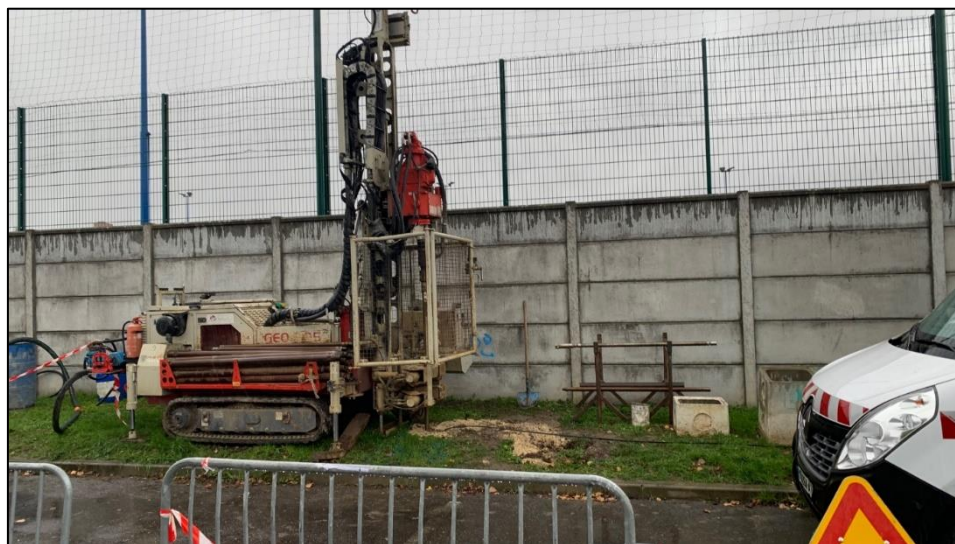


Figure 9 : Photographie de l'atelier de forage en station sur SP2

4.3. Coordonnées des points de sondage

Les coordonnées approximatives des points de sondage sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Coordonnées approximatives des points de sondages

Coordonnées Lambert 93			
Sondage	X	Y	Z
n°	m	m	m NGF
SP1	643920	6869806	28,0
SP2	643909	6869702	28,5
SP3	643932	6869640	28,8
PZ1	643900	6869738	28,0
ST1	643898	6897890	28,3
ST2	643900	6869738	28,0
ST3	643924	6869665	28,6

Nota : La précision de ces coordonnées est relative et fournie avec une incertitude de mesure. Tout relevé précis devra être réalisé par un géomètre expert.

4.4. Limite de la méthode

Les sondages sont des reconnaissances ponctuelles qui ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains. Leur implantation et leur densité, guidées par la reconnaissance que nous avons du site et limitées par la présence de bâtis, permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages, l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappée aux mailles de nos investigations.

5. Synthèse géotechnique

5.1. Lithologie

La détermination de la lithologie et sa succession stratigraphique est basée sur la description des terrains tels qu'ils peuvent être observés sur les tarières mécaniques et sur les remontées de cuttings des sondages pressiométriques.

Pour mémoire, la cote du terrain naturel est de l'ordre de 28,3 NGF.

Ainsi, la lithologie rencontrée au droit de la zone d'étude est la suivante :

- **Remblais** : Les remblais n'ont été rencontrés que sur les sondages réalisés sur enrobé (SP1, et l'ensemble des tarières). D'une nature plutôt sablo-graveleuse, ils s'établissent sur 1 à 2 mètres d'épaisseur jusqu'à la cote de 27,3/26,3 m NGF. Les paramètres pressiométriques mesurés dans cet horizon sont plutôt bon ($PI^* > 1,0$ MPa), signe qu'il s'agit probablement d'une structure de chaussée épaisse, en raison de la couche molle sous-jacente, et bien compactée.
- **Alluvions modernes** : A partir d'1 m jusqu'à 7 à 9 m de profondeur (21,3/19,3 m NGF) est rencontré un horizon sablo-argileux en tête puis argileux gris et mou. Cet horizon présente un passage particulièrement compressible entre 4 et 6 m de profondeur (24,3/22,3 m NGF). On retiendra le caractère généralement compressible de l'horizon et sa faible compétence sur toute son épaisseur.
- **Alluvions anciennes** : En se basant sur les sondages MXDZ de la BSS, on distinguera entre 9 et 13 m de profondeur l'horizon des Alluvions anciennes. L'horizon contraste relativement peu avec le Calcaire grossier par la seule analyse des essais pressiométriques. Il sera toutefois noté une vitesse d'avancement basse et homogène sur tout l'horizon a contrario du Calcaire grossier.

Sur le sondage MXDZ, les Alluvions anciennes sont décrites comme d'une nature graveleuse avec éléments centimétriques et blocs calcaires, ce qui explique les paramètres mécaniques élevés mesurés dans cet horizon.

- **Calcaire grossier** : Cette formation est rencontrée dès 13 m de profondeur (15,3 m NGF) probablement jusqu'aux profondeurs maximales investiguées. Les paramètres de foration et pressiométriques révèlent un horizon calcaire plutôt sain avec des passages altérés, des remontées de cutting vertes ont été rencontrées, révélant un faciès plutôt glauconieux propre au Calcaire grossier inférieur.

Nota : D'après le sondage MXDZ de la BSS, les Sables de Cuise devraient être reconnus à partir de 16 à 17 m de profondeur. Seulement, les paramètres mécaniques très élevés mesurés sur SP2 laissent à penser qu'il s'agit toujours du Calcaire grossier ou d'un faciès de transition.

A partir de ces éléments, il est possible d'établir un modèle stratigraphique de terrain préliminaire :

Tableau 2 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude

Formation lithologique	Base	Cote moyenne de la base	Epaisseur	Epaisseur moyenne
	m NGF	m NGF	m	m
Remblais	27,3 à 26,3	27,3	1,0 à 2,0	1,0
Alluvions modernes	20,3 à 18,3	19,3	6,0 à 8,0	7,0
Alluvions anciennes	16,3 à 14,3	14,3	4,0 à 6,0	5,0
Calcaire grossier	< 8,0	-	> 5,0	-

5.2. Caractéristiques mécaniques des formations

Les caractéristiques géomécaniques des sols sont données par les valeurs pressiométriques. Les sondages et essais pressiométriques sont réalisés selon la norme NF EN ISO 22476-4. Les résultats des essais pressiométriques sont caractérisés par :

- Le module pressiométrique Ménard E_M (MPa), définit le comportement pseudo-élastique du sol. Il entre dans les calculs de tassements des fondations ;
- La pression de fluage P_f (MPa), correspond à la fin de la phase pseudo élastique ;
- La pression limite nette PI^* (MPa), qui représente la résistance du sol à la rupture et entre dans le calcul des contraintes admissible.

Pour chaque formation géologique, les modules pressiométriques E_M et pressions limites nettes PI^* sont analysés de manière statistique. Sont ainsi donnés :

- Le nombre d'essais réalisés dans la formation (NB) ;
- La valeur moyenne (moyenne arithmétique en MPa) ;
- La moyenne harmonique pour les modules de déformation (MPa) ;
- La moyenne géométrique pour les pressions limites (MPa) ;
- L'écart type σ en MPa ;
- Les valeurs minimales et maximales mesurées pour les modules de déformation et les pressions limites ;
- Le rapport E_M/PI^* .

Pour l'établissement de cette synthèse, nous avons analysé les données des 3 sondages pressiométriques réalisés au droit du site étudié.

Au droit de ces sondages, la délimitation des différentes formations lithologiques a été réalisée à partir des cuttings. En effet, les remontées de forage sous forme de boues ne permettent pas d'identifier avec précision les interfaces entre les différentes couches géologiques.

Les coupes des trois sondages pressiométriques sont disponibles en annexe.

5.2.1. Remblais

5.2.1.1. Caractéristiques pressiométriques

Trois (3) essais pressiométriques ont été réalisés dans les remblais ou terrains superficiels du site, dont la synthèse est reportée dans le tableau ci-dessous. On retiendra une assez bonne compacité pour ce type d'horizon anthropique, avec une pression limite supérieure à 1,0 MPa mesurés sur deux des trois essais.

Remblais	E_M	PI^*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	3	3
Moyenne Arithmétique	14	1,3
Valeur Min	7	0,7
Valeur Max	19	1,8
Ecart-Type	5,98	0,53
Moyenne Harmonique	12	-
Moyenne Géométrique	-	1,2
Rapport E_M/PI^*	10	

On retiendra comme valeurs caractéristiques, à titre sécuritaire tenant compte de l'hétérogénéité de la formation, les paramètres pressiométriques les plus faibles mesurés dans l'horizon, soit :

- Pression limite $PI^* = 0,7$ MPa
- Module pressiométrique $E_M = 7$ MPa

5.2.1.2. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire réalisés dans les remblais sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Synthèse des essais laboratoires dans les remblais

Sondage			ST3
Profondeur (m)			1,0 - 2,0
Nature des matériaux			Marne sableuse lâche brune
Teneur en eau	W_N	%	10,4
Poids volumique sec	γ_d	kN/m ³	12,3
Poids volumique humide	γ	kN/m ³	-
Granulométrie	Dmax	mm	8
	< 50 mm	%	100
	< 2 mm	%	84,7
	< 80 μ m	%	40,3
	< 2 μ m	%	-
Valeur au bleu	VBS	%	1,5
Indice de plasticité	IP	-	-
Classification GTR			A1

5.2.2. Alluvions modernes

5.2.2.1. Caractéristiques pressiométriques

Les Alluvions modernes constituent ici un horizon argileux mou aux paramètres pressiométriques mauvais à très mauvais. 20 essais ont été conduits dans cette couche, dont la synthèse est présentée dans les tableaux et graphes ci-dessous.

Tableau 4 : Caractéristiques pressiométriques mesurées dans les Alluvions modernes

Alluvions modernes	E_M	PI^*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	20	20
Moyenne Arithmétique	11	0,7
Valeur Min	1	0,2
Valeur Max	30	2,8
Ecart-Type	9,43	0,72
Moyenne Harmonique	4	-
Moyenne Géométrique	-	0,5
Rapport E_M/PI^*	7	

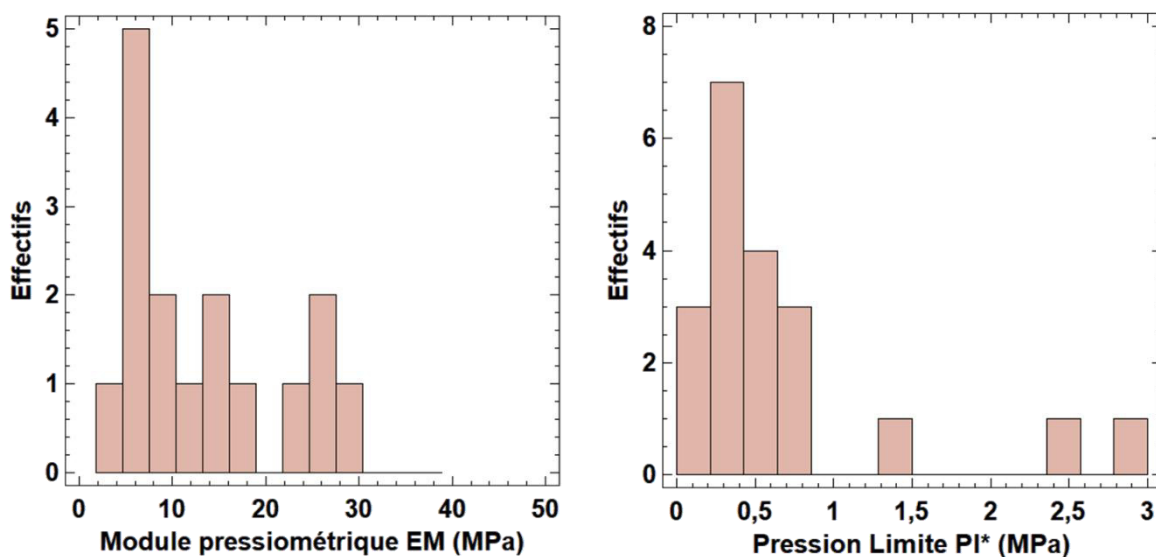


Figure 10 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les Alluvions modernes

Les valeurs pressiométriques caractéristiques retenues pour cette formation sont :

- Pression limite $PI^* = 0,4$ MPa
- Module pressiométrique $E_M = 4$ MPa

5.2.2.2. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire réalisés dans les Alluvions modernes sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Synthèse des essais en laboratoire réalisés dans les Alluvions modernes

Sondage			ST1	ST2
Profondeur (m)			5,0 - 6,0	3,0 - 4,0
Nature des matériaux			Silt marno-argileux brun	Silt marno-argileux brun
Teneur en eau	W_N	%	28,7	20,9
Poids volumique sec	γ_d	kN/m ³	16	14,9
Poids volumique humide	γ	kN/m ³	-	-
Granulométrie	Dmax	mm	<5	7
	< 50 mm	%	100	100
	< 2 mm	%	99,6	98,7
	< 80 μ m	%	78,5	66,7
	< 2 μ m	%	-	-
Valeur au bleu	VBS	%	-	-
Indice de plasticité	IP	-	25	17
Classification GTR			A2	A2

5.2.3. Alluvions anciennes

Les Alluvions anciennes identifiées au cours des investigations présentent des paramètres pressiométriques très bons, caractérisés par une pression limite $PI^* > 4,0$ MPa et des modules plus dispersés entre 30 et 100 MPa. 16 essais ont été conduits dans cet horizon.

Tableau 6 : Caractéristiques pressiométriques mesurées dans les Alluvions anciennes

Alluvions anciennes	E_M	PI^*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	16	16
Moyenne Arithmétique	65	4,7
Valeur Min	37	3,2
Valeur Max	0	5,0
Ecart-Type	20,99	0,45
Moyenne Harmonique	60	-
Moyenne Géométrique	-	4,7
Rapport E_M/PI^*	13	

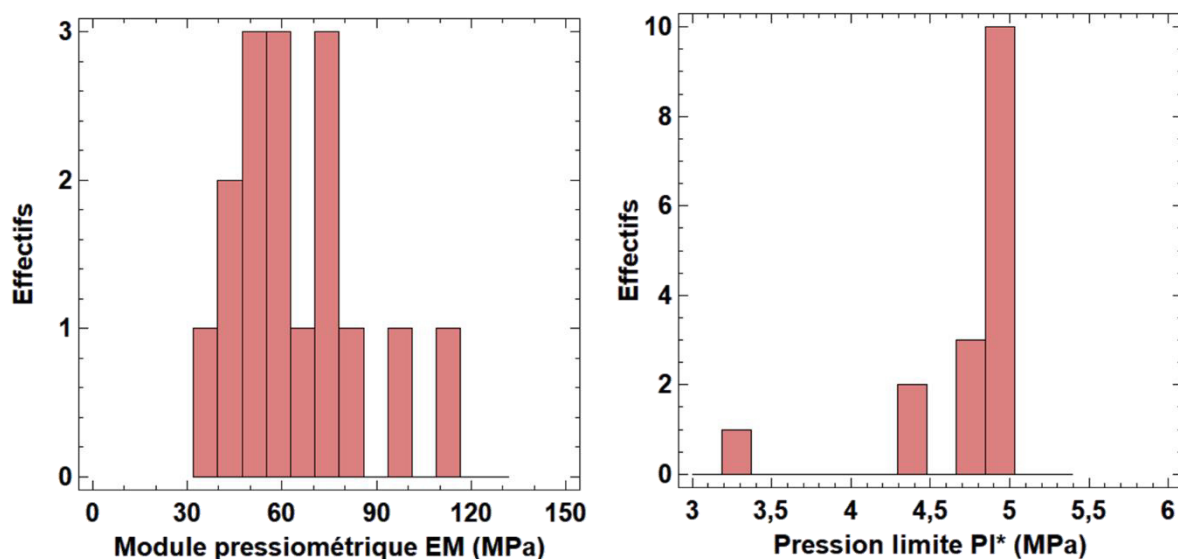


Figure 11 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les Alluvions anciennes

Les valeurs pressiométriques caractéristiques retenues pour cet horizon sont :

- Pression limite $PI^* = 4,0$ MPa
- Module pressiométrique $E_M = 50$ MPa

5.2.4. Calcaire grossier

8 essais pressiométriques ont été réalisés dans cette formation. Ces essais mettent en évidence des caractéristiques pressiométriques très bonnes et homogènes, avec un écart type relativement faible pour les pressions limites.

Tableau 7 : Caractéristiques pressiométriques mesurées dans le Calcaire grossier

Calcaire grossier	E_M	PI^*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	8	8
Moyenne Arithmétique	103	4,9
Valeur Min	48	4,9
Valeur Max	171	5,0
Ecart-Type	41,83	0,06
Moyenne Harmonique	88	-
Moyenne Géométrique	-	4,9
Rapport E_M/PI^*	18	

Ainsi, les valeurs pressiométriques retenues pour cette formation sont les suivantes :

- Pression limite $PI^* = 4,9$ MPa
- Module pressiométrique $E_M = 90$ MPa.

5.3. Niveaux d'eau

Les niveaux d'eau mesurés sur l'ensemble des forages et sur le piézomètre PZ1 à la fin de l'intervention sont à une cote proche de 23,5 m NGF. Des relevés piézométriques sont prévus tous les mois entre janvier et juin 2023.

5.4. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons

Les valeurs limites pour les classes d'exposition données dans la norme NF EN 206 sont présentées dans la figure suivante :

Tableau 8 : Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels –
Source : NF EN 206

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Mg ²⁺ , en mg/l	ISO 7980	≥ 300 et ≤ 1 000	> 1 000 et ≤ 3 000	> 3 000 jusqu'à saturation
Sol				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^{a)} total	EN 196-2 ^{b)}	≥ 2 000 et ≤ 3 000 ^{c)}	> 3 000 ^{c)} et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

a) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10⁻⁵ m/s peuvent être classés dans une classe inférieure.

b) La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO₄²⁻ à l'acide chlorhydrique ; alternativement il est possible de procéder à cette extraction à l'eau si c'est l'usage sur le lieu d'utilisation du béton.

c) La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Un prélèvement de sol a été prélevé dans les remblais dans le sondage carotté A-SC2 dont les résultats d'analyse sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Résultats des essais d'agressivité des sols

Taux	Unité	ST1 (2,0 à 3,0 m)	ST3 (0,0 à 1,0 m)	Seuil de classe d'agressivité
Degré d'acidité	ml/kg MS	34	24	< XA1
Sulfates (SO4) calc.	mg/kg MS	1 200	13 000	XA1 et XA3

On retiendra des sols plutôt agressifs, avec une classe d'agressivité plutôt de l'ordre de XA3, au moins pour les sols superficiels.

5.5. Agressivité des eaux vis-à-vis des bétons

Ce paragraphe sera complété à réception des résultats d'analyse d'agressivité.

5.6. Modèle géotechnique

A ce stade de l'étude, il est possible d'établir le modèle géotechnique suivant pour un terrain d'étude pris à une cote de 28,3 m NGF :

Tableau 10 : Modèle géotechnique retenu en phase avant-projet

Formation	Épaisseur	Cote base	γ	E_M	PI^*	E_M/PI^*	α
Unité	m	m NGF	kN/m ³	MPa	MPa	-	-
Remblais	1	27,3	19	7	0,7	10	1/2
Alluvions modernes	9,0	18,3	18	4	0,4	10	2/3
Alluvions anciennes	5,0	13,3	20	50	4	13	1/3
Calcaire grossier	-	<12,3	20	90	4,9	18	2/3

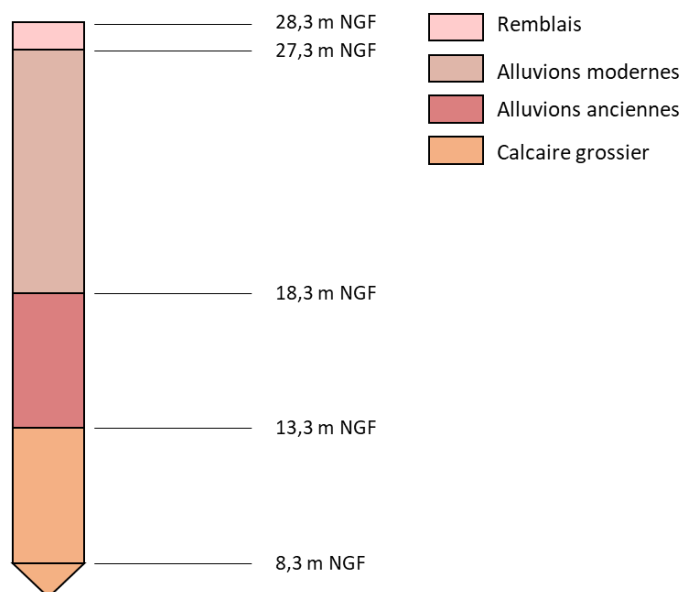
Nota : Le paramètre α correspond au coefficient rhéologique du terrain, défini à partir du tableau de Ménard, Tableau H.2.1.1.1 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles.

Tableau 11 : Coefficients rhéologiques des sols, extrait de la norme NF P94-261 – Tableau H.2.1.1.1

Type	Tourbe	Argile		Limon		Sable		Grave	
	α	E_M/p_l	α	E_M/p_l	α		α	E_M/p_l	α
surconsolidé ou très serré	-	>	1	>14	2/3	>12	1/2	>10	1/3
normalement consolidé ou normalement serré	1	9 - 16	2/3	8 - 14	1/2	7 - 12	1/3	6 - 10	1/4
surconsolidé altéré et remanié ou lâche	1	9 - 16	2/3	8 - 14	1/2	5 - 7	1/3	-	-

On retiendra la coupe géologique de principe, moyenne, reportée dans la figure ci-dessous.

Figure 12 : Coupe géologique de principe retenue



6. Prédimensionnement de fondations

6.1. Caractéristiques du projet et mode de fondation

Le projet consiste en la création de panneaux photovoltaïques de type ombrières simples ou doubles. Aucun plan d'architecte n'a été diffusé pour illustrer ce projet.

Un ordre de grandeur des descentes de charges par type d'ombrière et au droit de chaque appui est reporté dans le tableau de synthèse ci-dessous. Ces valeurs sont extraites de projets analogues à Saint-Aubin-de-Blaye (33) et Sablons (33), ces documents figurent en **Annexe V** du présent rapport.

Ombrières	F_z	$F_{z,ACC}$	F_t	M_{max}
Type	kN	kN	kN	kN.m
Double	52	115	67	30
Simple	22	48	34	155

Avec :

F_z , le chargement vertical à l'ELS avec un cas de neige courant

$F_{z,ACC}$, le chargement vertical avec un cas de neige accidentel, à rapprocher d'un ELU

F_t , l'effort de traction maximal noté à l'ELS

M_{max} , le moment de flexion maximal relevé à l'ELS

Les efforts ici indiqués constituent des maximums extraits des descentes de charges diffusées et sont mentionnées à titre indicative pour le prédimensionnement. Celles-ci n'ont pas été pondérées et seront par conséquent traitées comme des charges à l'ELS.

On retiendra la prédominance de la résistance en traction dans le dimensionnement des fondations, et la possible importance des moments de flexion.

Etant donné les très faibles caractéristiques mécaniques des Alluvions modernes, leur caractère compressible et leur épaisseur, on retiendra une solution de fondations profondes ancrées dans les Alluvions anciennes voire dans le toit du Calcaire grossier.

On privilégiera la **technique de micropieux**, qui présente l'avantage d'être réalisable dans tout type de terrain.

Nota : Etant donné le caractère compressible des terrains jusqu'à 10 m de profondeur environ, il pourrait être étudié la technique de **profilés métalliques battus**, ancrés dans le toit des Alluvions anciennes. Néanmoins, la forte résistance mécanique de ceux-ci ($PI^* > 4,5$) pourrait rendre très difficile la pénétration des profilés dans cet horizon.

Toute solution de fondation superficielle est, par ailleurs, proscrite.

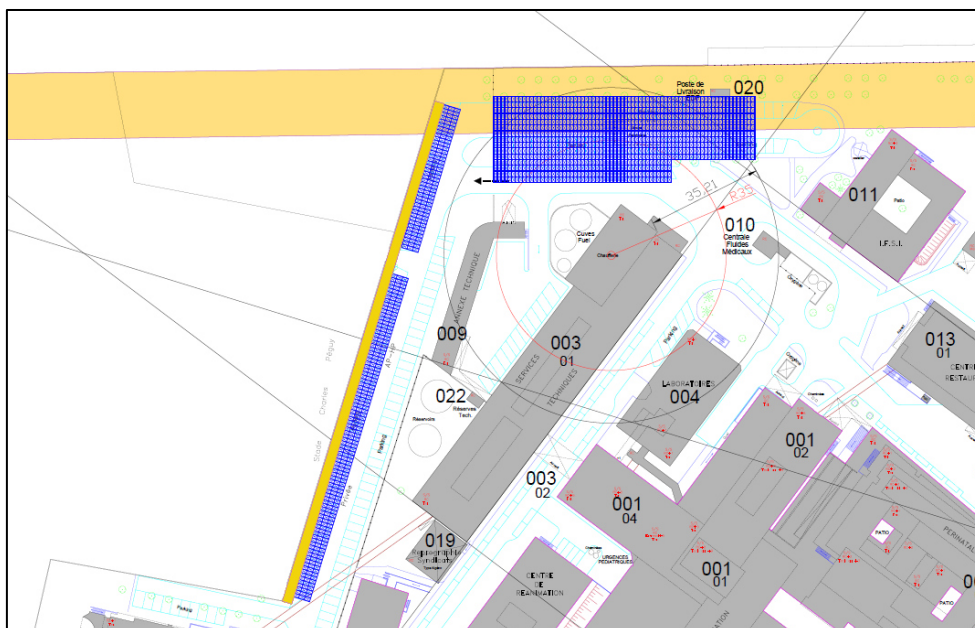


Figure 13 : Extrait du plan d'implantation des panneaux solaires

6.2. Méthodologie de prédimensionnement

On propose au stade de cette étude phase avant-projet d'estimer la capacité portante de micropieux de 0,2 m de diamètre d'une longueur variable entre 11 et 16 m de profondeur.

Ces vérifications seront conduites conformément à la norme NF P 94-262 relative aux fondations profondes, en application de la méthode dite du modèle de terrain, associée aux résultats des essais pressiométriques.

Ce calcul sera mené à l'aide du module FondProf du logiciel Foxta v4.

6.3. Hypothèses sur le sol

Étant donné sa nature argileuse, très compressible, et ses très faibles paramètres mécaniques, les Alluvions modernes seront considérées comme **non-frottantes** sur les micropieux. Les micropieux devront être ancrés d'au moins trois diamètres dans les Alluvions anciennes, soit un ancrage minimal à 17,7 m NGF.

Les valeurs de frottement latéral unitaire limite par horizon sont reportés dans le tableau ci-dessous, fonction du modèle géotechnique du §5.6 et de la technique de pieux employée (classe 1 – catégorie 18) d'après la norme NF P 94-262.

Tableau 12 : Frottements latéraux unitaires limites par horizons

Formation	Classe de sol	Épaisseur	Cote base	q_s
Unité	NF P 94-262	m	m NGF	kPa
Remblais	Argile, limons	1	27,3	0*
Alluvions modernes	Argile, limons	9,0	18,3	0*
Alluvions anciennes	Sables, graves	5,0	13,3	90
Calcaire grossier	Roche altérée	-	-	200

Par ailleurs, la technique des micropieux suppose une absence de résistance en pointe considérée dans le calcul de la résistance en compression.

6.4. Caractéristiques des micropieux

6.4.1. Type

Les micropieux seront considérés de type II, soit la classe 1 – catégorie 18 selon la norme NF P 94-262

6.4.2. Diamètre et espacement

Le diamètre de forage des micropieux sera de 200 mm.

Les tubes en acier seront d'un diamètre extérieur de 101,6 mm.

Un enrobage minimal de 50 mm en béton est donc assuré entre le tube acier et le sol.

Les micropieux seront considérés espacés d'au minima 3 diamètres, ainsi, tout effet de groupe sera négligé dans la suite de l'étude.

6.4.3. Longueur des micropieux

Il sera considéré une longueur de micropieux variant entre 11 et 16 m, soit un ancrage entre 17,3 et 12,3 m NGF, dans les Alluvions anciennes ou le Calcaire grossier.

6.4.4. Matériaux

Les micropieux seront constitués d'un pieu foré tubé, scellé au coulis de ciment.

6.4.4.1. Béton

Il sera considéré un coulis de ciment avec une résistance à la compression à 28 jours égale à 30 MPa

6.4.4.2. Acier

Les micropieux devront être armés à l'aide de tubes métalliques. Pour ce prédimensionnement, on considèrera les caractéristiques ci-dessous.

Le module d'Young à long terme de l'acier est de **E = 210 GPa**, la nuance d'acier choisie est **S355**, soit une limite d'élasticité garantie égale à **f_y = 355 MPa**.

La contrainte admissible de l'acier sera prise égale à 50% de la limite élastique sous les sollicitations ELS et 68% sous les sollicitations ELU.

Soit une contrainte limite en compression de **845 kN aux ELU** et **621 kN aux ELS**.

Compte-tenu de la garantie d'un enrobage minimal de 5 cm, il n'est pas nécessaire de considérer une épaisseur sacrifiée à la corrosion, conformément à la note du §12.3.2 de la norme NF P 94-262 ;

Les paramètres retenus pour le prédimensionnement sont ainsi reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Caractéristiques des tubes aciers des micropieux

Dimensions du tube		Caractéristiques de l'acier		Section du tube (mm ²)	Charge maximale admissible (kN)	
Ø (mm)	Epaisseur (mm)	Limite d'élasticité f _y (MPa)	Module E (MPa)		ELS	ELU
101,6	12,5	355	210000	3499	621	845

6.5. Résultats

Les résultats des calculs de résistance en compression et traction sont reportés en **Annexe III** du présent rapport. Une synthèse des résultats figure dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Synthèse des résistances en compression des micropieux

Z_a	L	Φ	$R_{c,ELS-QP}$	$R_{c,ELS-CAR}$	$R_{c,ELU-FON}$	$R_{c,ELU-ACC}$
m NGF	m	mm	kN	kN	kN	kN
17,3	11	200	16	20	23	25
16,3	12	200	32	40	46	51
15,3	13	200	49	60	70	77
14,3	14	200	65	80	93	102
13,3	15	200	81	100	116	128
12,3	16	200	118	144	168	185

Tableau 15 : Synthèse des résistances en traction des micropieux

Z_a	L	Φ	$R_{t,ELS-QP}$	$R_{t,ELS-CAR}$	$R_{t,ELU-FON}$	$R_{t,ELU-ACC}$
m NGF	m	mm	kN	kN	kN	kN
17,3	11	200	12	16	22	24
16,3	12	200	24	32	44	49
15,3	13	200	36	49	67	73
14,3	14	200	48	65	89	97
13,3	15	200	59	81	111	122
12,3	16	200	86	118	161	176

Avec :

Z_a , la cote d'ancrage des micropieux

L , la longueur des micropieux

Φ , le diamètre des micropieux

R_c , la résistance en compression des micropieux selon les 4 combinaisons de charges ELS et ELU

R_t , la résistance en traction des micropieux selon les 4 combinaisons de charges ELS et ELU

On retiendra à ce stade que des micropieux de 14 m de longueur permettent de reprendre les efforts de compression et de traction pour les ordres de grandeurs usuels des ombrières simple ou double. Le cas de charge avec Neige Accidentelle, à rapprocher d'un état limite ultime, pourrait nécessiter un approfondissement jusqu'au toit du Calcaire grossier (16 m de longueur).

Nota : Ces capacités portantes sont valables dans l'hypothèse de charges purement verticales et centrées sur les massifs. Il appartiendra à l'entreprise en charge des travaux ou au rapport de mission G2 PRO d'adapter la conception des micropieux en fonction des descentes de charges réelles.

En particulier, la justification du tube d'armature conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5) relatif aux pieux et palplanches, l'estimation des tassements du micropieux, et les déplacements horizontaux des pieux soumis à un torseur d'effort plus complexe.

7. Dispositions constructives et recommandations de mise en œuvre

7.1. Risques géologiques et géotechniques résiduels

A ce stade, les aléas et incertitudes persistantes et dimensionnantes pour le projet concernant les points suivants :

- Succession Lithologique : les sondages sont des reconnaissances ponctuelles et le modèle de calcul exposé pour le prédimensionnement prend en compte la cote la plus basse pour le toit des Alluvions anciennes. Des surépaisseurs d'Alluvions modernes ne sont pas à exclure et le cas échéant nécessiteront des adaptations de longueurs des fondations profondes.
- Retrait-gonflement des argiles : Le système de fondation des panneaux devra s'affranchir de tout ancrage dans les Alluvions modernes.
- Agressivité des sols et des eaux vis-à-vis du béton : un essai d'agressivité réalisé dans les remblais témoigne d'une classe XA3 du sol dans les remblais. Cette classe sera retenue à ce stade pour l'ensemble des horizons traversés par les fondations.
- Technique de fondation : La technique de fondation retenue est une solution micropieux, qui dispose de l'avantage de s'adapter à tout types de terrain. La technique des pieux battus semble à ce stade mal adapté car la pénétration des profilés dans les Alluvions anciennes n'est pas garantie à cause de leurs caractéristiques mécaniques trop élevées.

Par ailleurs, il n'est pas exclu de rencontrer les Alluvions anciennes à une moindre profondeur et donc, de rencontrer des difficultés très tôt en cours de battage.

- Niveaux d'eau : Le niveau de nappe attendu s'établit à 5,0 m de profondeur, aux alentours de 23,5 m NGF. Les relevés piézométriques du premier semestre 2023 permettront d'appréhender les variations du niveau de la nappe.
- Pour mémoire, ce rapport est une étude géotechnique de conception phase avant-projet qui ne prend pas en compte d'éventuelles problématiques liées à la pollution des sols.

7.2. Gestion des eaux

Le niveau de la nappe n'impactera que peu le projet étant donné le mode de fondation et la faible profondeur des terrassements.

En cas de réalisation de fouilles ou de tranchées, il sera nécessaire de surveiller l'évolution du niveau de la nappe durant le chantier, qui peut être influencé par les précipitations.

Pour des fouilles ne concernant pas directement le niveau de nappe, des circulations erratiques d'eaux peuvent se produire localement.

7.3. Méthodologie générale de justifications de micropieux

7.3.1. Justifications

Le prédimensionnement présenté dans le cadre de cette mission G2-AVP a été réalisé sans descentes de charges prévisionnelles, dans l'hypothèse d'un chargement purement vertical centré sur les micropieux.

Il appartiendra à l'entreprise en charge des travaux de mener, dans le cadre des études d'exécution qui lui incombent (mission G3 au sens de la norme NF P94-500), les vérifications suivantes sur les micropieux, dès lors que les torseurs d'efforts en tête seront connus :

- Justification de la capacité portante des pieux, soumis aux efforts de compression et de traction ;
- Calcul du torseur d'effort dans les armatures et justification des tubes d'armatures conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5), relatif aux pieux et palplanche, avec notamment la vérification de l'admissibilité des efforts de compressions, du moment de flexion et de la résistance au flambement.
- L'estimation des tassements du micropieu le plus chargé

La méthodologie d'exécution des fondations profondes est proposée en phase G2-AVP, il conviendra d'affiner ce dimensionnement en phase G2-PRO. Le choix définitif de la méthodologie d'exécution et les justifications afférentes relèvent de la responsabilité de l'entreprise en charge des travaux.

7.3.2. Essais de contrôle

Des essais de contrôles seront également à prévoir par l'entreprise. A défaut, les descentes de charges devront être majorées de 50%.

7.3.3. Frottement négatif

Dans le cadre du projet, on recommandera de transférer l'intégralité des charges aux micropieux et de ne pas solliciter les couches de surfaces pour s'affranchir du risque de frottement négatif sur les micropieux dû au tassement des Alluvions modernes.

Dans le cas contraire, l'entreprise en charge des travaux devra prendre en compte cet aléa dans ses vérifications de pieux.

8. Enchaînement des missions géotechniques

La présente mission géotechnique, dont ce rapport constitue sa conclusion, correspond à une étude géotechnique d'avant-projet de type G2 AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013. Elle a permis de donner les principes généraux d'adaptation du projet.

Une fois le plan masse défini et les descentes de charges connues, la nécessaire mise au point du projet sous l'angle géotechnique rend indispensable la mission G2 d'étude de projet géotechnique (G2 PRO), afin de réduire les incertitudes sur les données géotechniques et de compléter les indications générales données dans ce rapport.

Pour la phase de réalisation des travaux, une mission de supervision géotechnique (mission G4) devra être réalisée. Elle comportera, d'une part, la validation des documents géotechniques produits par l'entreprise, et d'autre part le suivi géotechnique du chantier, permettant de s'assurer que les terrains rencontrés présentent des caractéristiques géotechniques cohérentes avec les hypothèses faites dans le cadre des études, et le cas échéant définir en concertation avec l'entreprise les adaptations nécessaires.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



ANNEXES

- Annexe I : Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013
- Annexe II : Procès-verbaux des investigations in-situ réalisées
- Annexe III : Calcul de la capacité portante des micropieux sous Foxta v4 – Module Fondprof
- Annexe IV : Résultats des essais en laboratoire
- Annexe V : Ordres de grandeurs des descentes de charges, projets connexes

Annexe I : **Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique –** **Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

Schéma d'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 1/2)

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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 2/2)

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

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Etablir 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).

Annexe II : **Procès-verbaux des investigations in-situ réalisées**

Forage: SP1

Dossier : OR037012

Type : Pressiomètre

Machine : GEO 305

Date : 24/11/2022

Ville : COLOMBES (92)

Outils : Tricône Ø 66 mm

Début : 0,00 m

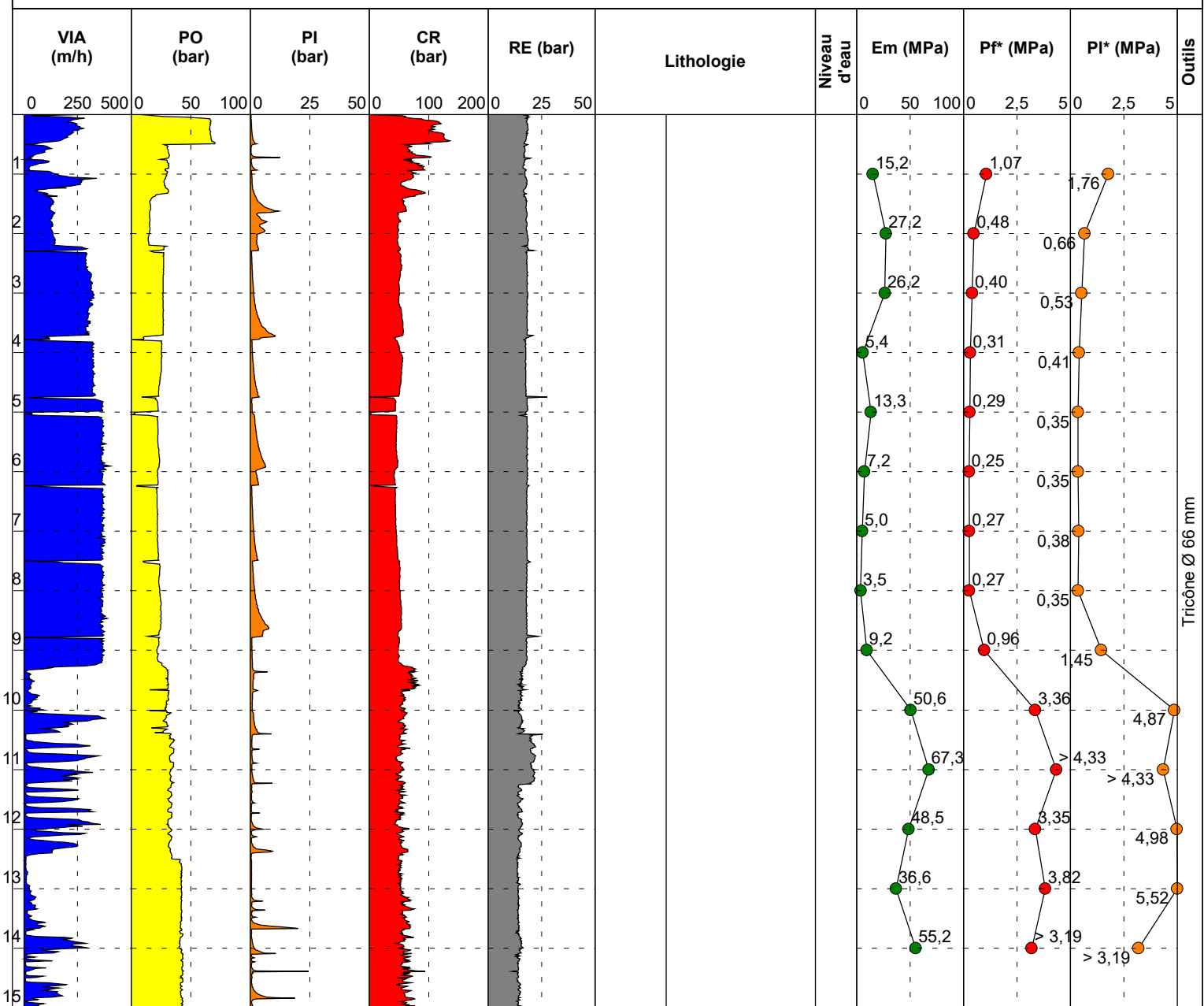
Client : ANTEAGROUP

Fin : 15,01 m

Etude : Sondages

Echelle : 1/100

Remarques : Tubage NW jusqu'à 7.50 m. Pas de perte de fluide de forage





Forage: SP1 Etal T

Dossier : OR037012

Type : Destructif

Machine : GEO 305

Outils : Tricône Ø 66 mm

Date : 24/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 2,47 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

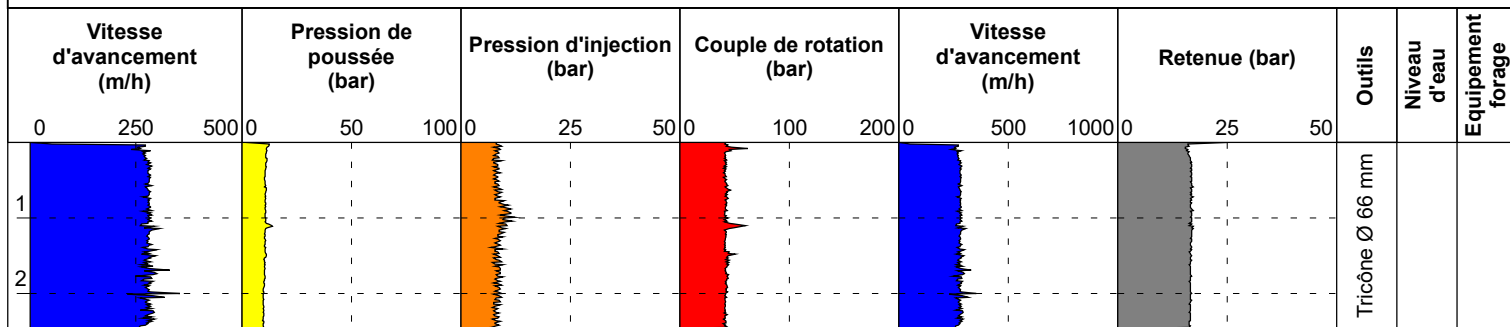
Etude : Sondages

X :

Y :

Z :

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR



Forage: SP1 Etal V

Dossier : OR037012

Type : Destructif

Machine : GEO 305

Outils : Tricône Ø 66 mm

Date : 24/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 2,48 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

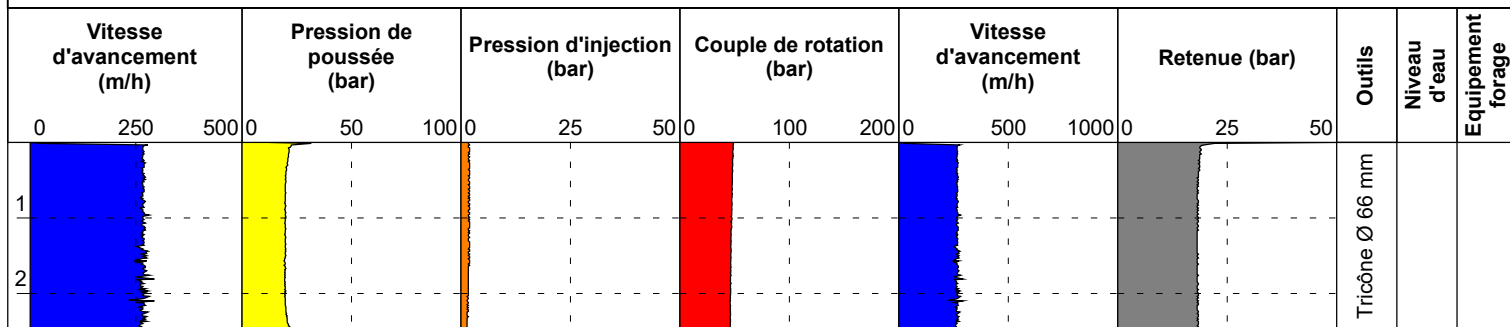
Etude : Sondages

X :

Y :

Z :

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR

Forage: SP2

Dossier : OR037012

Type : Pressiomètre

Machine : GEO 305

Date : 24/11/2022

Ville : COLOMBES (92)

Outils : Tricône Ø 66 mm

Client : ANTEAGROUP

X :

Début : 0,00 m

Etude : Sondages

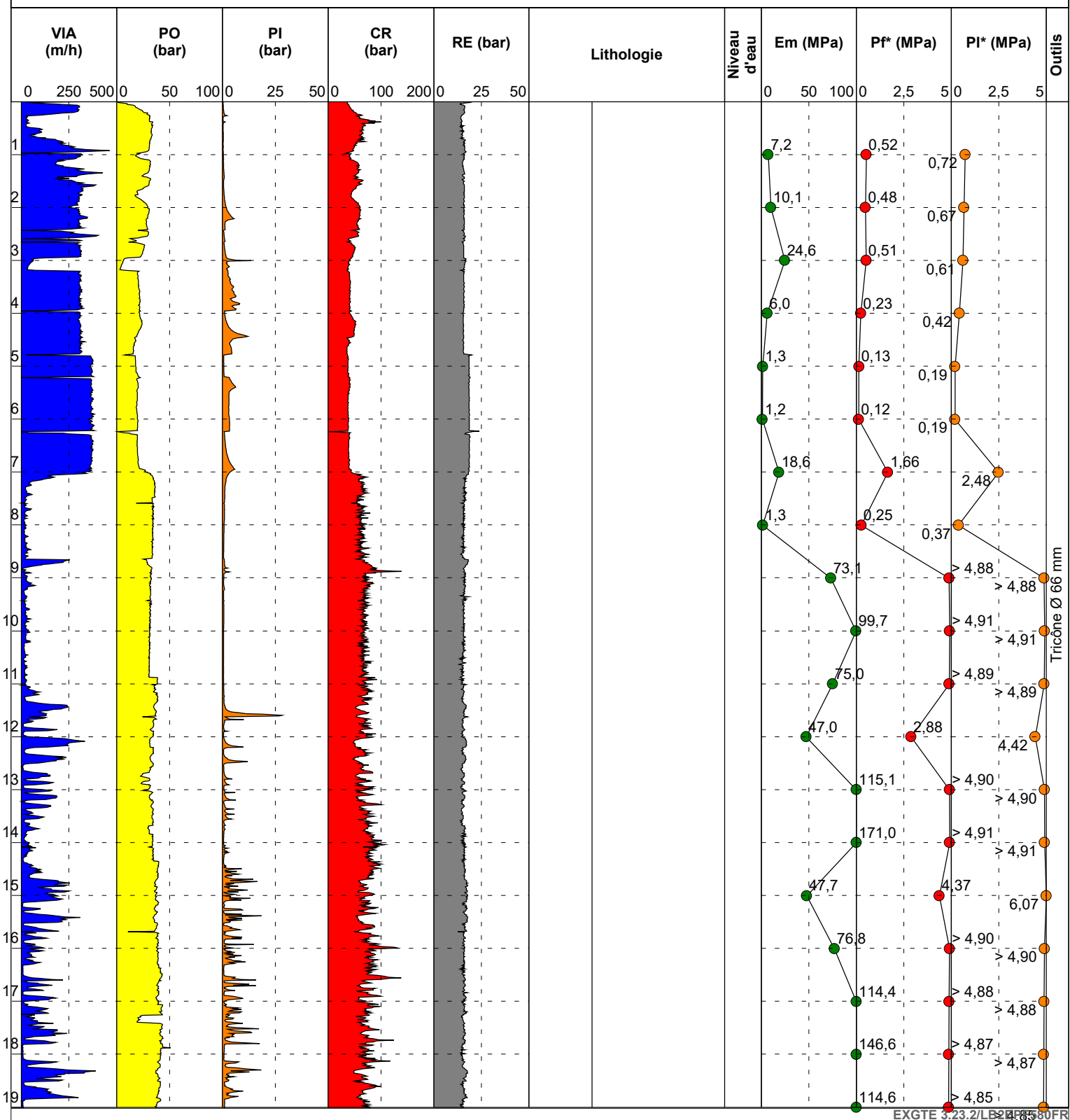
Y :

Fin : 20,20 m

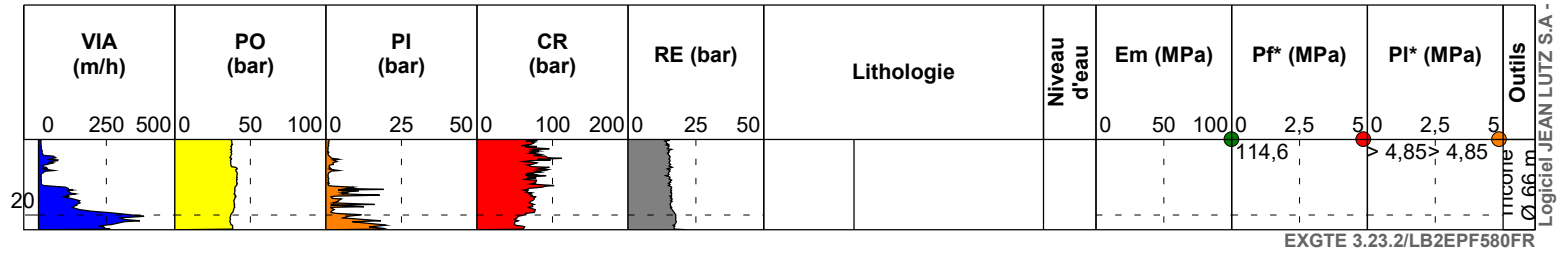
Echelle : 1/100

Remarques : Tubage NW jusqu'à 7.50 m. Pas de perte de fluide de forage

Z :



EXGTE 5.23.2/LB24.850FR





Forage: SP2 Etal T

Dossier : OR037012

Type : Destructif

Machine : GEO 305

Outils : Tricône Ø 66 mm

Date : 23/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 2,46 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

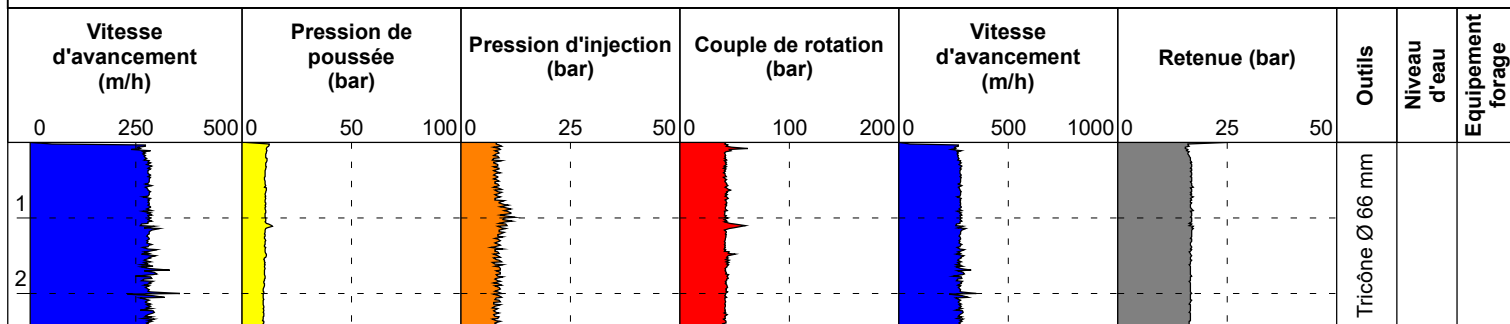
Etude : Sondages

X :

Y :

Z :

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR



Forage: SP2 Etal V

Dossier : OR037012

Type : Destructif

Machine : GEO 305

Outils : Tricône Ø 66 mm

Date : 22/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 2,47 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

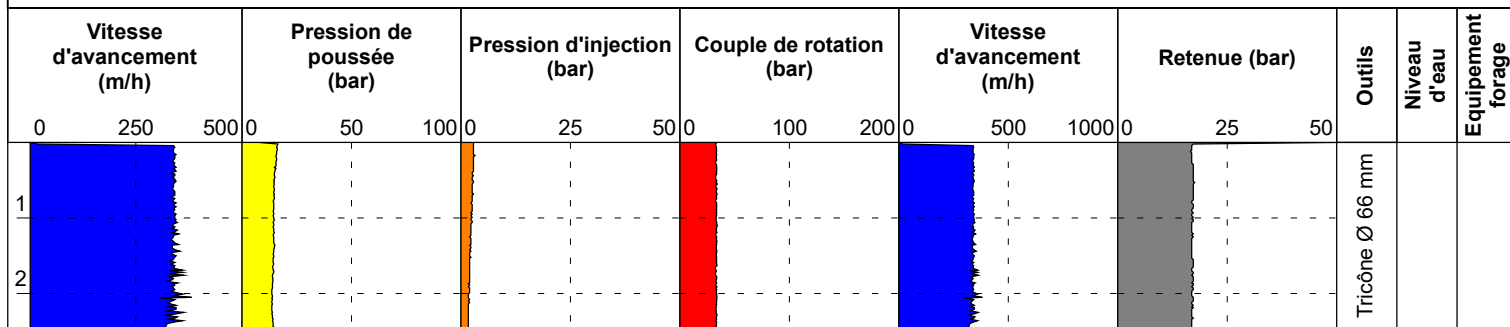
Etude : Sondages

X :

Y :

Z :

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR

Forage: SP3

Dossier : OR037012

Type : Pressiomètre

Machine : GEO 305

Date : 21/11/2022

Ville : COLOMBES (92)

Outils : Tricône Ø 66 mm

Client : ANTEAGROUP

X :

Début : 0,00 m

Etude : Sondages

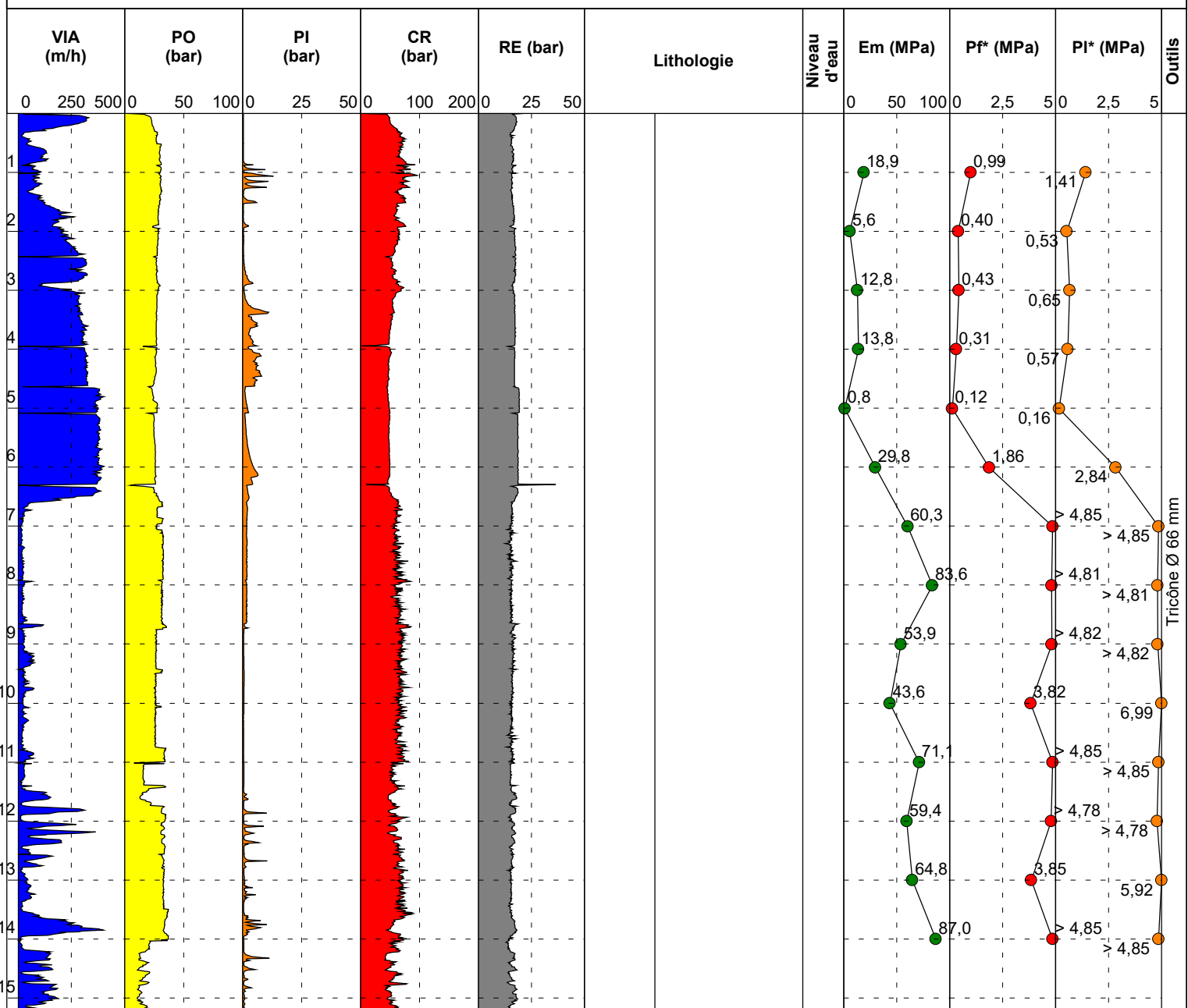
Y :

Fin : 15,19 m

Echelle : 1/100

Remarques : Tubage NW jusqu'à 7.50 m. Pas de perte de fluide de forage

Z :





Forage: SP3 Etal T

Dossier : OR037012

Type : Destructif

Machine : GEO 305

Outils : Tricône Ø 66 mm

Date : 22/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 2,47 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

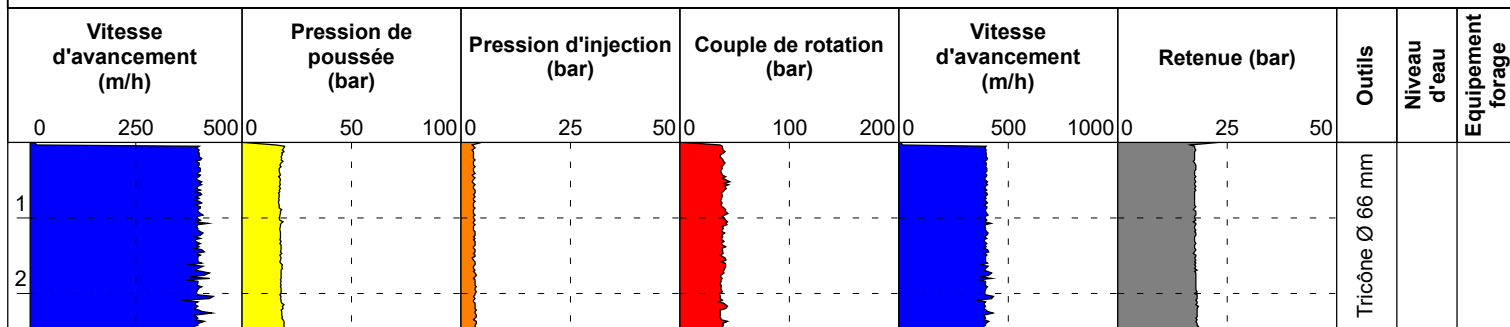
Etude : Sondages

X :

Y :

Z :

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR



Forage: SP3 Etal V

Dossier : OR037012

Type : Destructif

Machine : GEO 305

Outils : Tricône Ø 66 mm

Date : 21/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 2,48 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

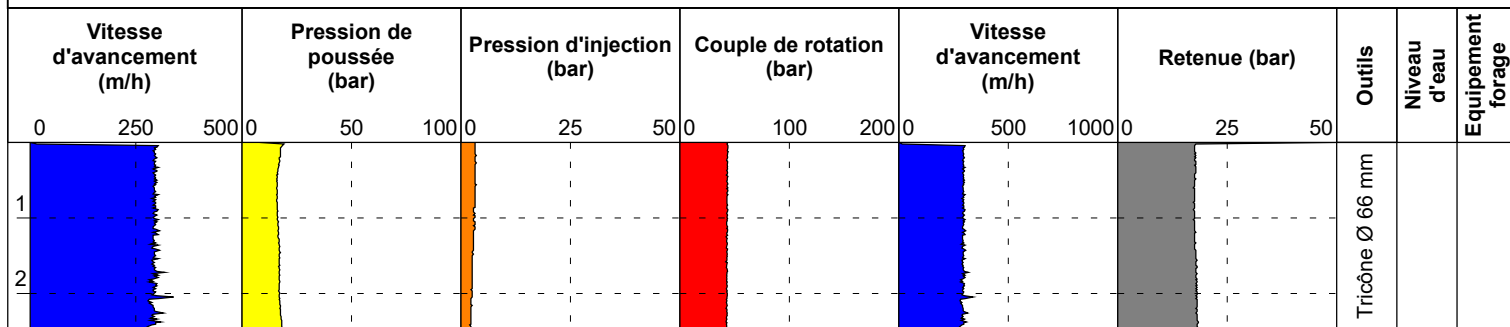
Etude : Sondages

X :

Y :

Z :

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR



Forage: ST1

Dossier : OR037012

Type : Tarière

Machine : GEO 305

Outils : Tarière Ø 89 mm

Date : 25/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

Etude : Sondages

Remarques : Arrêt sondage à 8.00 m

X :

Y :

Z :

Profondeur	Lithologie	Equipement forage	Niveau d'eau	Outil
0	Enrobé noire			Tarière Ø 89 mm
1	Sable			
2	Sable argileux légèrement humide			
3	Argile grise			
4	Argile très humide			
5				
6				
7				
8				

EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR



Forage: ST2

Dossier : OR037012

Type : Tarière

Machine : GEO 305

Date : 25/11/2022

Outils : Tarière Ø 89 mm

Début : 0,00 m

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP

Fin : 8,00 m

Etude : Sondages











Echelle : 1/100

Remarques : Arrêt sondage à 8.00 m

X :

Y :

Z :

Profondeur	Lithologie		Equipement forage	Niveau d'eau	Outil
0		Limon argileux, racines	PVC Crépiné Ø 52/60 mm	5,10 m 	Tarière Ø 89 mm
1		Sable argileux graveleux			
2					
3					
4		Argile grise humide			
5					
6		Argile humide			
7					
8					

EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR



Forage: ST3

Dossier : OR037012

Type : Tarière

Machine : GEO 305

Outils : Tarière Ø 89 mm

Date : 25/11/2022

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1/100

Ville : COLOMBES (92)

Client : ANTEAGROUP










Etude : Sondages

Remarques : Arrêt sondage à 8.00 m

X :

Y :

Z :

Profondeur	Lithologie		Equipement forage	Niveau d'eau	Outil
0		Limon argileux, racines			Tarière Ø 89 mm
1		Sable			
2					
3		Sable avec petits cailloutis légèrement argileux			
4		Argile grise humide			
5					
6		Argile humide			
7					
8					

EXGTE 3.23.2/LB2EPF580FR

Annexe III : **Calcul de la capacité portante des micropieux sous
Foxta v4 – Module Fondprof**

Données

Titre du projet : G2 AVP Louis Mourier

Numéro d'affaire : IDFP220850

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux 16m/0,2 (pieu n°1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262 (juillet 2012)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,20

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 18 [M2] - Micropieu type II

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs	0,289	0,354	0,413	0,455
Pondérations combinées sur Qp	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 28,30

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax
1	Remblais		Argile, limons	27,30	700,00	0,00	1,15
2	Alluvions modernes		Argile, limons	18,30	400,00	0,00	1,15
3	Alluvions anciennes		Sables, graves	13,30	4000,00	90,00	0,00
4	Calcaire grossier		Roche altérée et fragmentée	8,30	4900,00	200,00	0,00

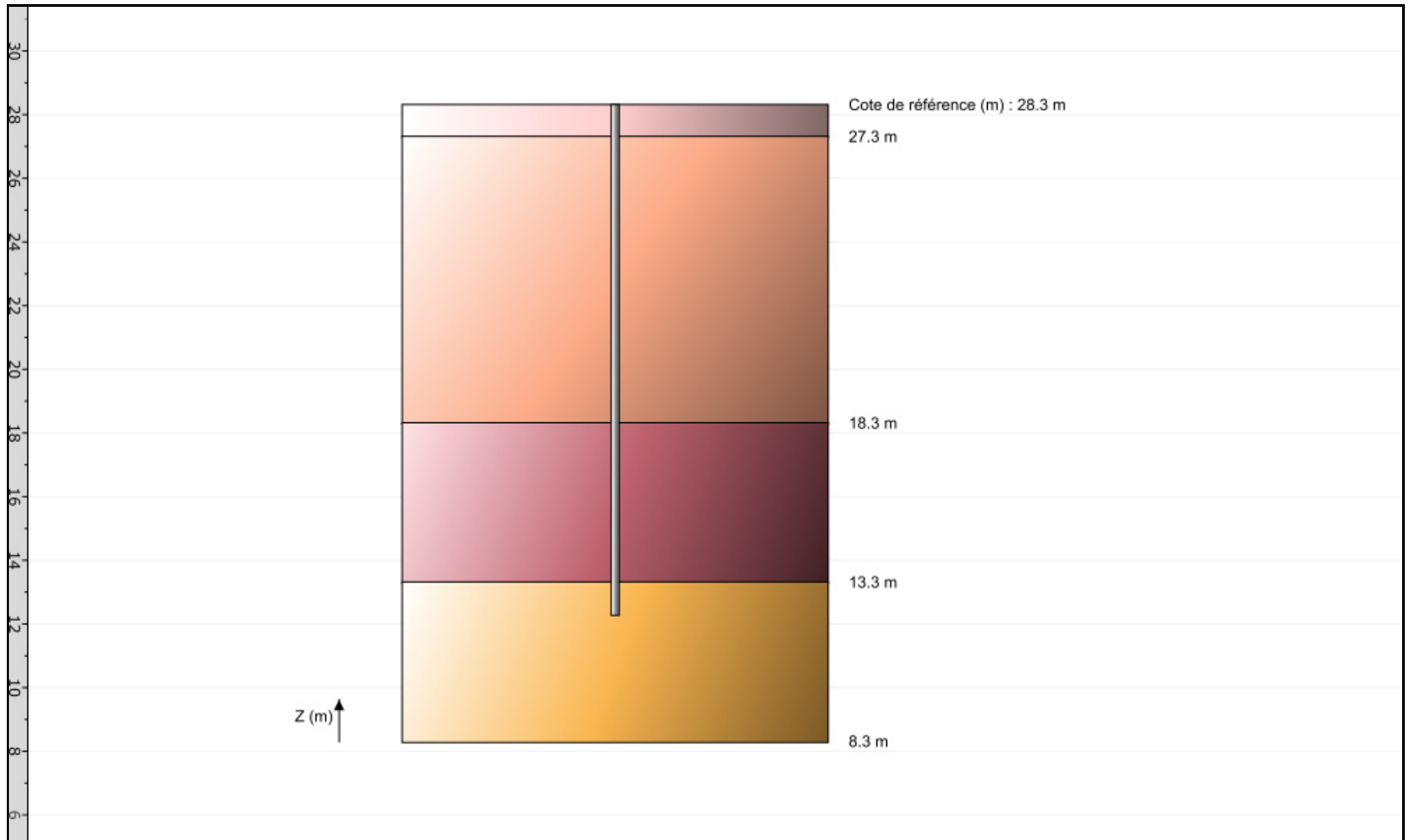
Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 16,00

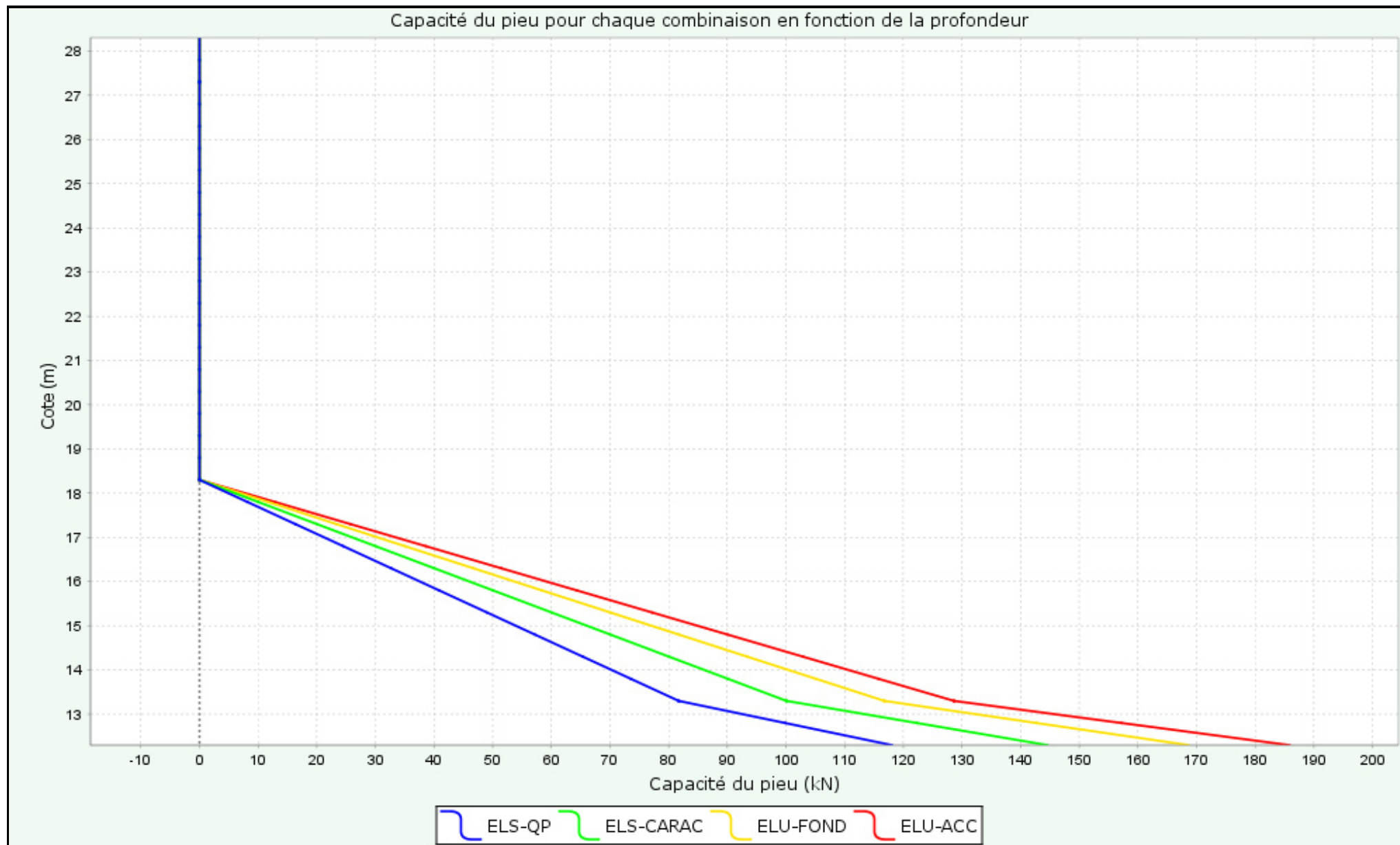
Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

Onglet "Calcul"



Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : G2 AVP Louis Mourier
Numéro d'affaire : IDFP220850
Commentaires : N/A
Titre du calcul : Micropieux 16m/0,2 (pieu n°1)
Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262 (juillet 2012)
Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques
Traitement des données : Traitement par couches
Pas du calcul (m) : 0,50
Section de calcul : Section de calcul circulaire
Diamètre de calcul (m) : 0,20
Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré
Catégorie du pieu : 18 [M2] - Micropieu type II
Mode de chargement : Travail en traction

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs	0,212	0,289	0,395	0,433
Pondérations combinées sur Qp	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 28,30

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax
1	Remblais		Argile, limons	27,30	700,00	0,00	0,00
2	Alluvions modernes		Argile, limons	18,30	400,00	0,00	0,00
3	Alluvions anciennes		Sables, graves	13,30	4000,00	90,00	0,00
4	Calcaire grossier		Roche altérée et fragmentée	8,30	4900,00	200,00	0,00

Critère de calcul : Longueur imposée
Longueur du pieu (m) : 16,00
Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non
Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

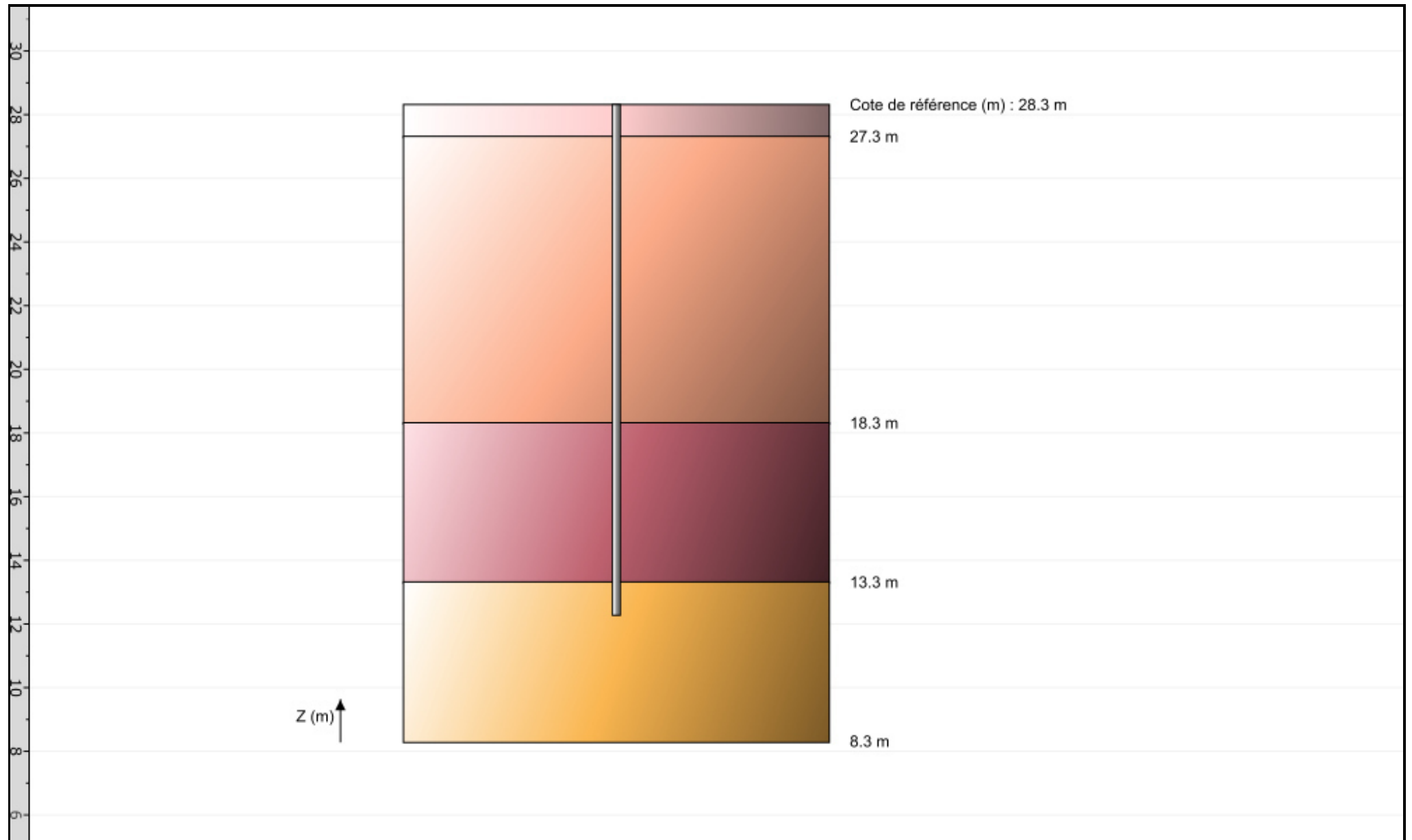


FoXta v4
v4.1.12

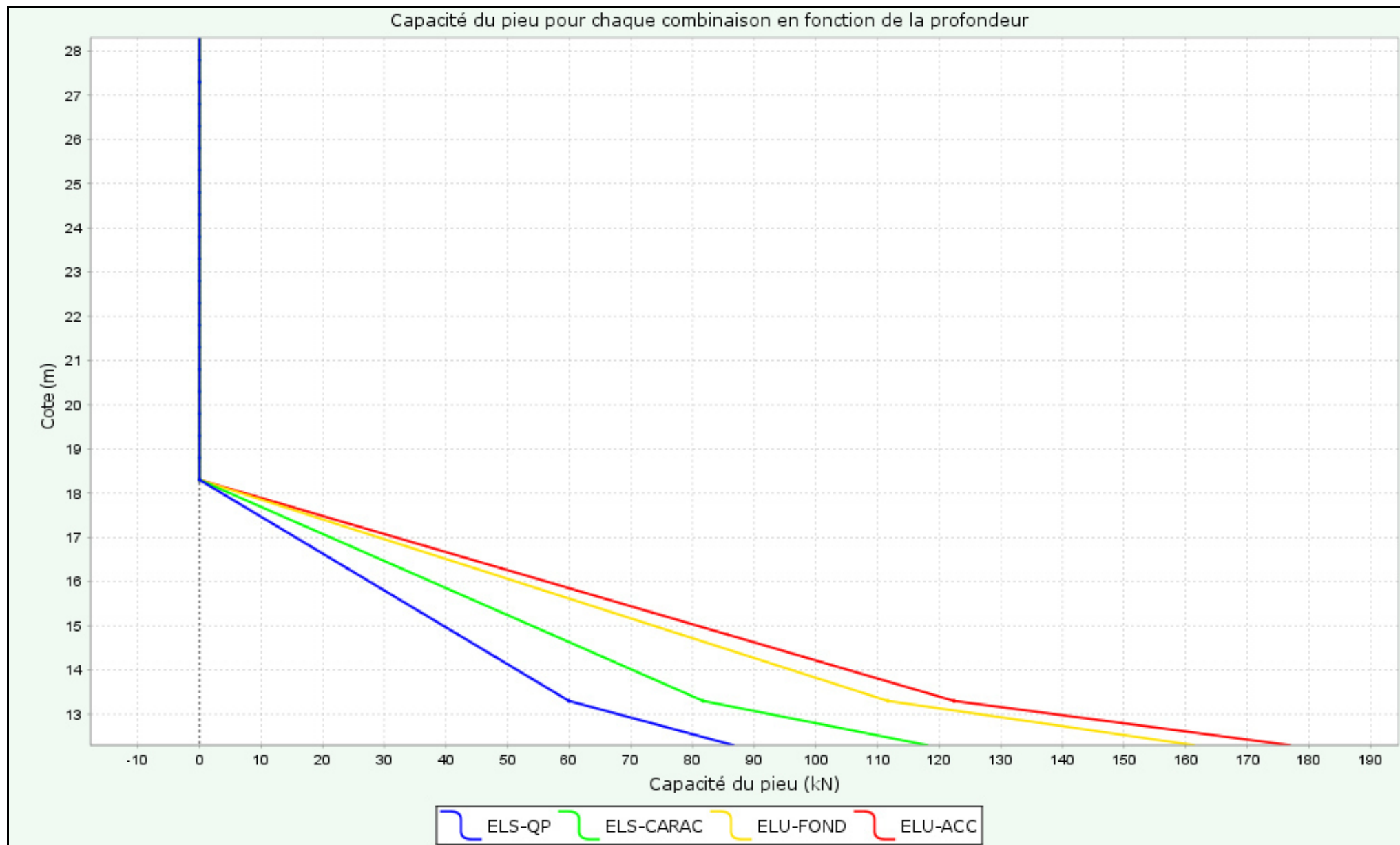
Imprimé le : 19/01/2023 - 15:36:28
Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

Projet : Colombes Louis Mourier
Module : Fondprof (Pieu 1/1)
Titre du calcul : Micropieux 16m/0,2

Onglet "Paramètres généraux"



Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Annexe IV : Résultats des essais en laboratoire

Nom et adresse du client
AP-HP

Hôpital Louis Mourier
IDFP220850
Antea Group ANTONY - M. VRAZINIS
matthieu.vrazinis@anteagroup.fr

Date de réception Echantillons réceptionnés

07/12/2022 7 échantillons en vrac en sac plastique

Sommaire du rapport

1 tableau de résultats d'essais en laboratoire.

10 pages d'annexes dont :

- Bordereau d'essais d'identification de sol (1 page).
- Bordereaux d'analyse granulométrique (3 pages).
- Bordereau d'essai au bleu de méthylène (1 page).
- Bordereaux d'essai de limite d'Atterberg (2 pages).
- Bordereaux de classification GTR (3 pages).

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
Sauf accord écrit préalable, le présent rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité.
Sauf demande expresse du donneur d'ordre, les échantillons ne sont pas conservés au delà de deux mois après l'envoi du rapport.
L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec les échantillons définis ci-dessus, mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats font l'objet d'un document séparé ou n'ont pas été demandés par le donneur d'ordre.

Le responsable des essais

T. LAMBO

Le responsable technique

E. ANTOINET

fichier : Lab22261 - BE_GES-03_Lab22261_IDFP220850.xls

Contact pour le suivi des essais

E. BOURGUIGNON



Laboratoire d'essais géomécaniques

Synthèse des Résultats d'Essais

N° Rapport : Lab22261

Date de Mise-à-jour : 13/01/2023

N°Projet : IDFP220850

Projet : Hôpital Louis Mourier

Client : AP-HP

Unité : ANTONY

Chef de Projet : M. VRAZINIS

	Code	S 102	S 103	S 111				S 114	S 105				
	Intitulé	Teneur en eau pondérale NF P94-050	Masse volumique sèche du sol NF P94-053	Analyse granulométrique NF P94-056				Essai au bleu de méthylène NF P94-068	Limite d'Atterberg (liquidité et plasticité) NF P94-052-1/NF P90-051				Classification GTR NF P11-300
	Symbole	W _n	pd	D _{max}	<50mm	<2mm	<80µm	VBS	W _L	W _p	IP	IC	GTR
Référence de l'échantillon / description visuelle	Unité	(%)	(Mg/m ³)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
ST1 de 5.00 à 6.00 m Silt marno-argileux plastique, brun à rare éléments millimétriques carbonatés.		28.7	1.60	< 5	100.0	99.6	78.5		56	31	25	1.1	A ₂
ST2 de 3.00 à 4.00 m Silt marno-argileux plastique, brun à rares éléments millimétriques carbonatés.		20.9	1.49	7	100.0	98.7	66.7		48	31	17	1.6	A ₂
ST3 de 1.00 à 2.00 m Marne sableuse lâche, brune, à éléments carbonatés blanchâtres millimétriques et siliceux millimétriques à centimétriques.		10.4	1.23	18	100.0	84.7	40.3	1.5					A ₁

Projet : Hôpital Louis Mourier
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : 22_2758 à 22_2762
Nature : cf. tableau de synthèse des essais
Observation :

N° de projet : IDFP220850

Client : AP-HP

Date de prélèv. : 25/11/2022

Date de réception : 07/12/2022

Etat : Vrac

Mesure de la teneur en eau W (%) - NF P94-050 (sol) OU NF P94-410-1 (roche)

Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	ρ_s (Mg/m ³)	M _{humide} + tare (g)	M _{sèche} + tare (g)	M _{tare} (g)	M _{sèche} (g)	W (%)
ST1 de 5.00 à 6.00 m	105	2.65	373.52	314.20	107.74	206.46	28.7
ST2 de 3.00 à 4.00 m	105	2.65	383.49	335.93	107.89	228.04	20.9
ST3 de 1.00 à 2.00 m	105	2.65	674.48	621.91	115.19	506.72	10.4
						0.00	

(en rouge) : valeur fixée à 2.65 par défaut si non mesurée par l'essai défini par la NF P94-054

Mesure des masses volumiques (Mg/m³) - NF P94-053 (à la trousse coupante §6.1 et au moule §6.2 - sol) OU NF P94-410-2 (roche)

Référence de l'échantillon	M _{humide} (g)	M _{trousse} (g)	D (cm)	H (cm)	V_0/V_{grains} e (1)	W/(1/(ρ_s -1/ ρ_w)) Sr (%)	ρ_h (Mg/m ³)	ρ_d (Mg/m ³)	e/(1+e) n _t (porosité) (%)
ST1 de 5.00 à 6.00 m	470.83	202.24	7.00	3.98	0.95	81.0	1.75	1.36	0.49
ST2 de 3.00 à 4.00 m	478.08	202.24	7.00	3.98	0.78	71.0	1.80	1.49	0.44
ST3 de 1.00 à 2.00 m	2269.60	1096.50	8.28	16.03	1.15	24.0	1.36	1.23	0.54

Mesure des masses volumiques (Mg/m³) - NF P94-053 (par immersion dans l'eau §6.3 - sol)

OU NF P94-512-2 (méthode par déplacement d'un fluide §5.3) OU NF P94-410-2 (roche)

Référence de l'échantillon	M _{épr. sèche} (g)	M _{épr. + para} ou M _{tare} (g)	M _{immergée} ou M _{tare} + eau (g)	V _{échantillon} (cm ³)	Temp. (°C)	W/(1/(ρ_s -1/ ρ_w)) Sr (%)	ρ_h (Mg/m ³)	W (%)	ρ_d (Mg/m ³)

Mesure de la masse volumique absolue (Mg/m³) - NF P94-054 (au pycnomètre)

Référence de l'échantillon	M _{pycnomètre} (g)	M _{pycno+eau} (g)	T1 (°C)	V _{pycnomètre} (cm ³)	M _{pycno+echan} (g)	M _{pycno+ech+eau} (g)	T2 (°C)	V _{échantillon} (cm ³)	ρ_s (Mg/m ³)
ST1 de 5.00 à 6.00 m									
ST2 de 3.00 à 4.00 m									
ST3 de 1.00 à 2.00 m									

Mesure de la porosité connectée - NF P94-410-3 (§7.2)

Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	M _{sèche} (g)	M _{saturée} (g)	M _{immergée} (g)	W _{sat} (%)	ρ_d (Mg/m ³)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ_{sat} (Mg/m ³)	n _c (porosité) (1)
ST1 de 5.00 à 6.00 m									
ST2 de 3.00 à 4.00 m									
ST3 de 1.00 à 2.00 m									

	Opérateur	Contrôleur
	E. BOURGUIGNON	T. LANDO

ficier : Lab22261 - BE_IDE-02_W & Gd_IDFP220850.xls

Analyse Granulométrique

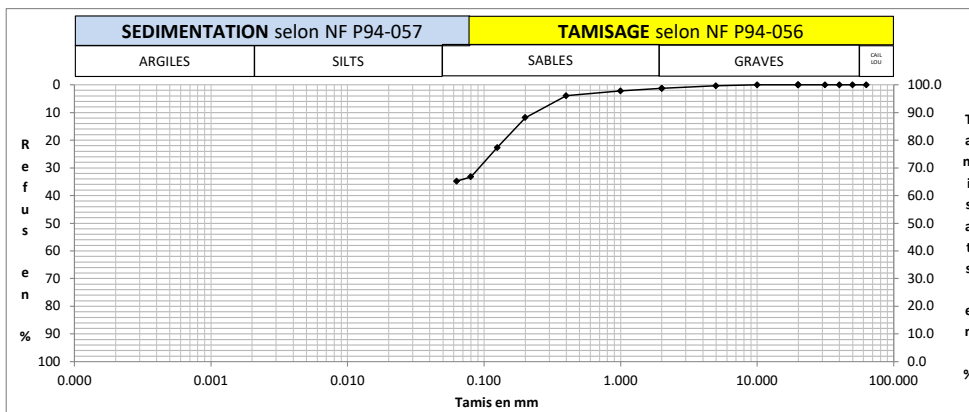
BE_IDE-04a-V10

NF P94-056
 NF P94-057
 NF EN ISO 17892-4

Date : 06/01/2023

Projet : Hôpital Louis Mourier
Sondage : ST2
N° d'échantillon :
 Profondeur : de 3.00 à 4.00 m
 N° d'archivage : 22_2760
 Nature : Silt marno-argileux, plastique, brun, à rares éléments millimétriques carbonatés.
 Observation :

N° de projet : IDFP220850
Client : AP-HP
 Date de prélèv. : 25/11/2022
 Date de réception : 07/12/2022
 Etat : Vrac



Valeur au Bleu de Méthylène

Essai à la tache

NF P94-068

Date : 11/01/2023

Projet : Hôpital Louis Mourier
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : 22_2762
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP220850
Client : AP-HP
Date de prélèv. : 25/11/2022
Date de réception : 07/12/2022
Etat : Vrac

Mesure de la teneur en eau W (%) - NF94-050

Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	M _{humide+tare} (g)	M _{totale sèche} (g)	M _{tare} (g)
ST3 de 1.00 à 2.00 m	50	674.48	621.91	115.19

W (%)
10.4

Valeur au Bleu de Méthylène (Essai à la tache) - NF P94-068

Référence de l'échantillon	M _{humide} (g)	V _{bleu introduit} Solution à 10 g/L (cc)	Tamisé à 5 mm (%)	Description
ST3 de 1.00 à 2.00 m	85.06	130	91.4	Marne sableuse lâche, brune, à éléments carbonatés blanchâtres et siliceux.

VBS (gramme de bleu pour 100 g de matériaux sec)
1.5

		Opérateur	Contrôleur
		A. TANG	T. LANDO
fichier :	Lab22261 - BE_IDE-05_VBS_IDFP220850.xls		

Projet : Hôpital Louis Mourier
Sondage : ST1

N° d'échantillon :

Profondeur : de 5.00 à 6.00 m

N° d'archivage : 22_2758

Nature : Silt marno-argileux plastique, brun à rares éléments millimétriques carbonatés.

Observation :

N° de projet : IDFP220850

Client : AP-HP

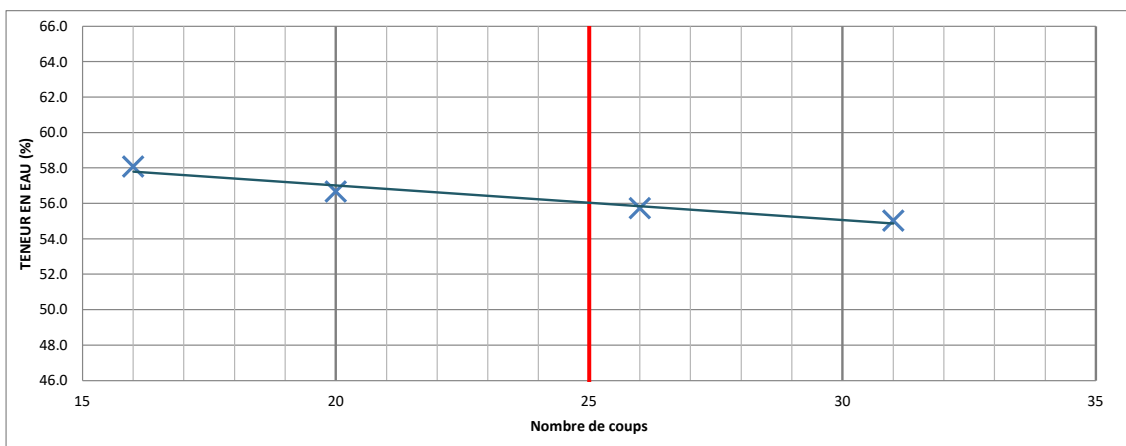
Date de prélèv. : 25/11/2022

Date de réception : 07/12/2022

Etat : Vrac

Etuvage après essai : 50°C

	LIMITE DE LIQUIDITE W_L				LIMITE DE PLASTICITE W_p		
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Nombre de coups	16	20	26	31			
N° tare	1	2	3	4	5	6	
$M_{\text{totale humide + tare}}$ A	24.62	22.22	23.80	26.26	1.73	1.75	
$M_{\text{totale sèche + tare}}$ B	15.71	14.32	15.42	17.07	1.40	1.44	
M_{tare} C	0.37	0.38	0.38	0.37	0.40	0.39	
M_{eau} (A-B)	8.91	7.9	8.38	9.19	0.33	0.31	
$M_{\text{sol sec}}$ (B - C)	15.34	13.94	15.04	16.7	1	1.05	
Teneur en eau W (Meau/Msol sec)	58.1	56.7	55.7	55.0	33.0	29.5	



Calculée avec la moy. des W_L mesurées entre 20 et 30 coups (cf. norme ASTM D4318-10 §14.1)

W_L	55.6
W_{nat}	28.7
Indice de consistance (WL - W)/IP	1.1

(*) : paramètre à prendre en compte lorsque $IP > 12$ et particules inférieures ou égales à $80\mu\text{m} > 35\%$

Teneur en eau à 25 coups

W_L	56
W_p	31
Indice de plasticité (WL - WP)	25

	Opérateur	Contrôleur
	A. PITHON	T. LANDO
fichier :	Lab22261 - BE_IDE-06_IDFP220850_22_2758_ST1_de 5.00 à 6.00 m.xls	

Limite de liquidité Limite de plasticité

BE_IDE-06a

Norme NF P 94-051
Méthode à la coupelle de Casagrande

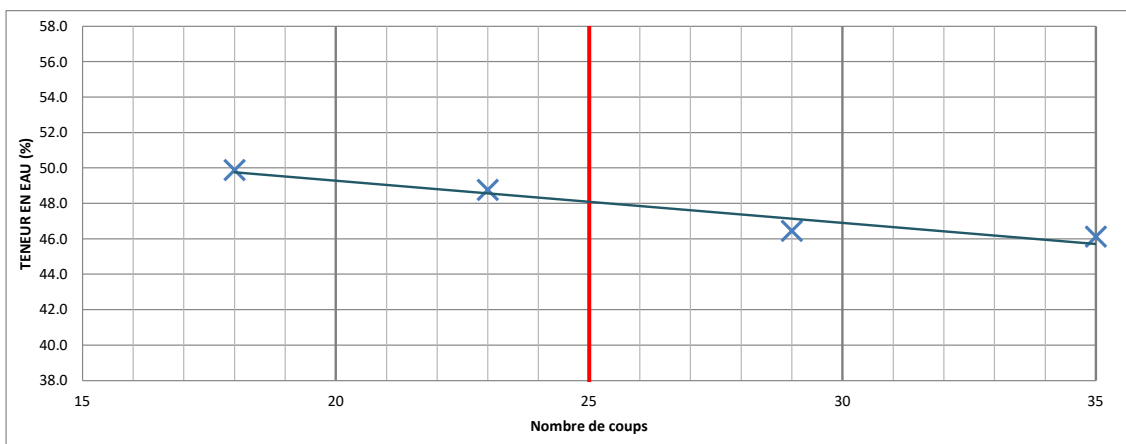
Date : 11/01/2023

Projet : Hôpital Louis Mourier
Sondage : ST2
N° d'échantillon :
Profondeur : de 3.00 à 4.00 m
N° d'archivage : 22_2760
Nature : Silt marno-argileux, plastique, brun, à rares éléments millimétriques carbonatés.
Observation :

N° de projet : IDFP220850
Client : AP-HP
Date de prélèv. : 25/11/2022
Date de réception : 07/12/2022
Etat : Vrac

Etuvage après essai : 50°C

	LIMITE DE LIQUIDITE W_L				LIMITE DE PLASTICITE W_p		
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Nombre de coups	18	23	29	35			
N° tare	1	2	3	4	5	6	
$M_{\text{totale humide + tare}}$ A	25.80	24.82	25.26	21.99	1.90	1.79	
$M_{\text{totale sèche + tare}}$ B	17.34	16.81	17.37	15.17	1.54	1.47	
M_{tare} C	0.38	0.38	0.38	0.38	0.40	0.42	
M_{eau} (A-B)	8.46	8.01	7.89	6.82	0.36	0.32	
$M_{\text{sol sec}}$ (B - C)	16.96	16.43	16.99	14.79	1.14	1.05	
Teneur en eau W (Meau/Msol sec)	49.9	48.8	46.4	46.1	31.6	30.5	



Calculée avec la moy. des W_L mesurées entre 20 et 30 coups (cf. norme ASTM D4318-10 §14.1)

W_L	47.8
W_{nat}	20.9
Indice de consistance (WL - W)/IP	1.6

(*) : paramètre à prendre en compte lorsque $IP > 12$ et particules inférieures ou égales à $80\mu\text{m} > 35\%$

Teneur en eau à 25 coups

W_L	48
W_p	31
Indice de plasticité (WL - WP)	17

	Opérateur	Contrôleur
	A. PITHON	T. LANDO

fichier : Lab22261 - BE_IDE-06_IDFP220850_22_2760_ST2_de 3.00 à 4.00 m.xls

Projet : Hôpital Louis Mourier

Sondage : ST1

N° d'échantillon :

Profondeur : de 5.00 à 6.00 m

N° d'archivage : 22_2758

Nature : Silt marno-argileux plastique, brun à rares éléments millimétriques carbonatés.

Observation :

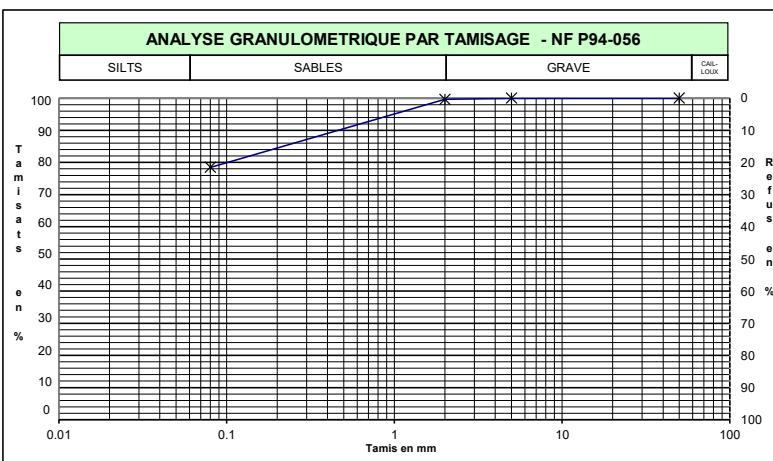
N° de projet : IDFP220850

Client : AP-HP

Date de prélèv. : 25/11/2022

Date de réception : 07/12/2022

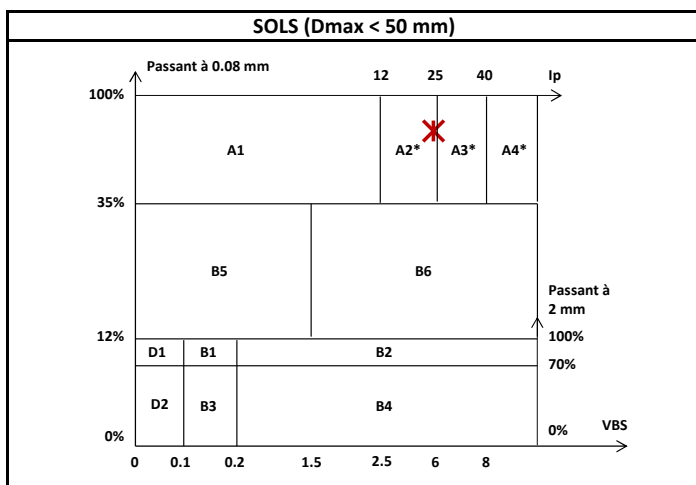
Etat : Vrac



Paramètres de Nature

Granularité			
NF P94056	Dmax (mm)		< 5
	Fraction 0/50 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/50 (%)	50	100.0
		5	100.0
		2	99.6
		0.08	78.5

Argilosité			
NF P94-068	Valeur de bleu de méthylène	VBS (g/100g)	
NF P94-051	Indice de plasticité	IP (%)	25



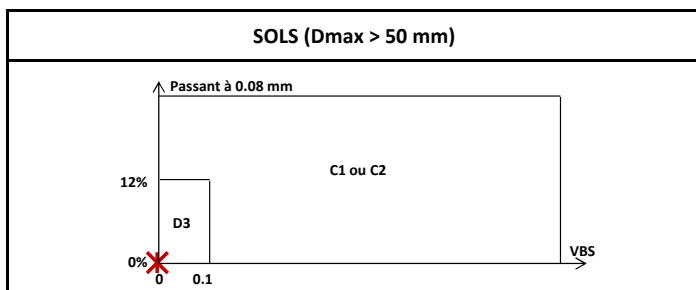
* Matériaux pour lesquels la mesure de l'Ip est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux, la VBS sera retenue.

Paramètres d'Etat

NF P94-050	Teneur en eau	W (%)	28.7
NF P94-053	Masse Volumique	ρ_d (Mg/m ³)	1.60
NF P94-051	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W _{OPN} (%)	
NF P94-074	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

ESSAIS SUR SOL ET ROCHE			
NF EN1097-2	Los Angeles	L _A (%)	
NF EN1097-1	Micro Deval	M _{DE} (%)	
P18-576	Friabilité des sables	F _S (%)	
NF EN933-8	Equivalent de sable	ESV (-)	
		ESP (-)	
ESSAIS SUR ROCHE			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	



CLASSE DU SOL			
NF P11-300	Classification	GTR 92	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes... A2

	Opérateur	Contrôleur
	E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab22261 - BE_IDE-08_IDFP220850_22_2758_ST1_de 5.00 à 6.00 m.xls

Projet : Hôpital Louis Mourier

Sondage : ST2

N° d'échantillon :

Profondeur : de 3.00 à 4.00 m

N° d'archivage : 22_2760

Nature : Silt marno-argileux, plastique, brun, à rares éléments millimétriques carbonatés.

Observation :

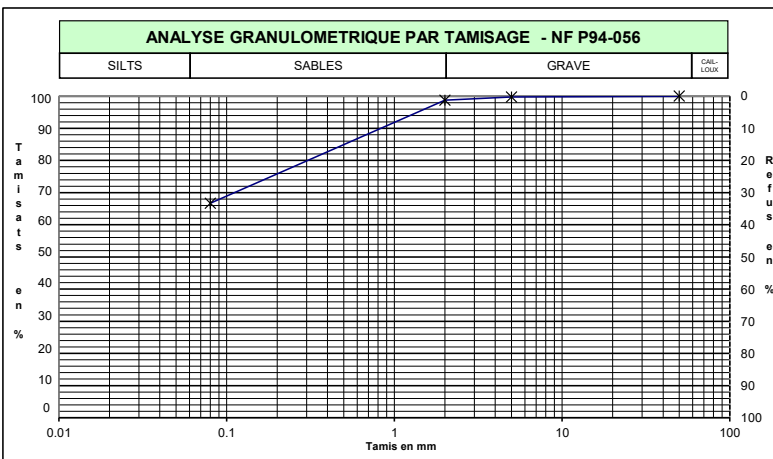
N° de projet : IDFP220850

Client : AP-HP

Date de prélèv. : 25/11/2022

Date de réception : 07/12/2022

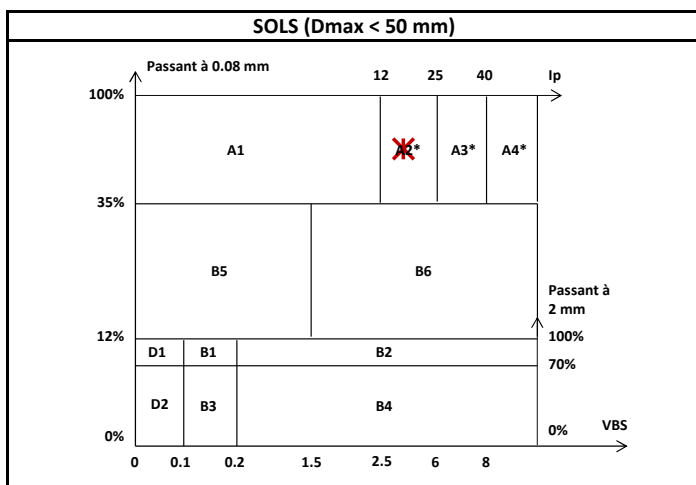
Etat : Vrac



Paramètres de Nature

Granularité			
NF P94056	Dmax (mm)		7
	Fraction 0/50 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/50 (%)	50	100.0
		5	99.7
		2	98.7
		0.08	66.7

Argilosité			
NF P94-068	Valeur de bleu de méthylène	VBS (g/100g)	
NF P94-051	Indice de plasticité	IP (%)	17



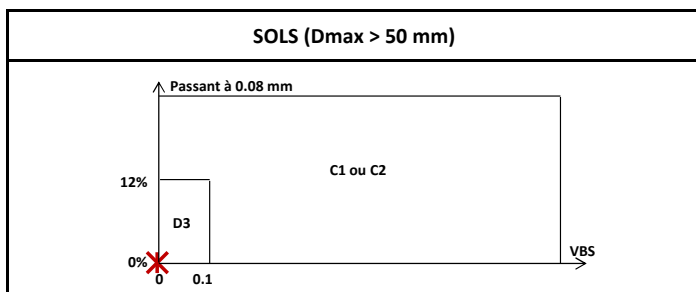
* Matériaux pour lesquels la mesure de l'Ip est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux, la VBS sera retenue.

Paramètres d'Etat

NF P94-050	Teneur en eau	W (%)	20.9
NF P94-053	Masse Volumique	ρ_d (Mg/m ³)	1.49
NF P94-051	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W _{OPN} (%)	
NF P94-074	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

ESSAIS SUR SOL ET ROCHE			
NF EN1097-2	Los Angeles	L _A (%)	
NF EN1097-1	Micro Deval	M _{DE} (%)	
P18-576	Friabilité des sables	F _S (%)	
NF EN933-8	Equivalent de sable	ESV (-)	
		ESP (-)	
ESSAIS SUR ROCHE			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	



CLASSE DU SOL			
NF P11-300	Classification	GTR 92	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes... A2

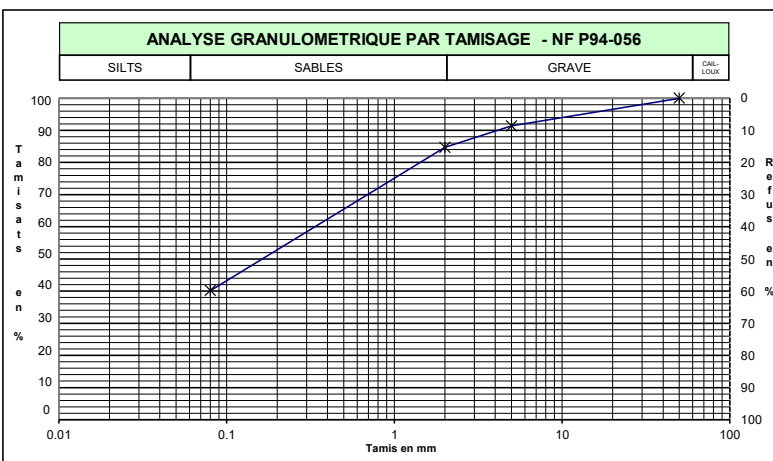
	Opérateur	Contrôleur
	E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab22261 - BE_IDE-08_IDFP220850_22_2760_ST2_de 3.00 à 4.00 m.xls

Projet : Hôpital Louis Mourier
Sondage : ST3
N° d'échantillon :
Profondeur : de 1.00 à 2.00 m
N° d'archivage : 22_2762
Nature : Sable marneux lâche, brun, à éléments carbonatés blanchâtres et siliceux.
Observation :

N° de projet : IDFP220850

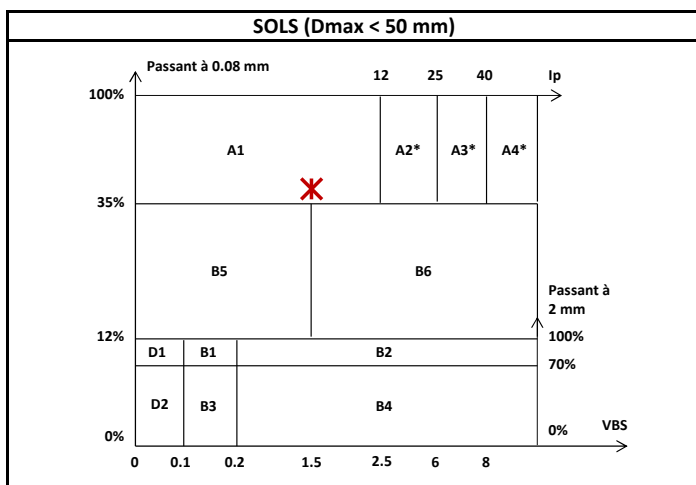
Client : AP-HP
Date de prélèv. : 25/11/2022
Date de réception : 07/12/2022
Etat : Vrac



Paramètres de Nature

Granularité			
NF P94056	Dmax (mm)		18
	Fraction 0/50 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/50 (%)	50	100.0
		5	91.4
		2	84.7
		0.08	40.2

Argilosité			
NF P94-068	Valeur de bleu de méthylène	VBS (g/100g)	1.5
NF P94-051	Indice de plasticité	IP (%)	



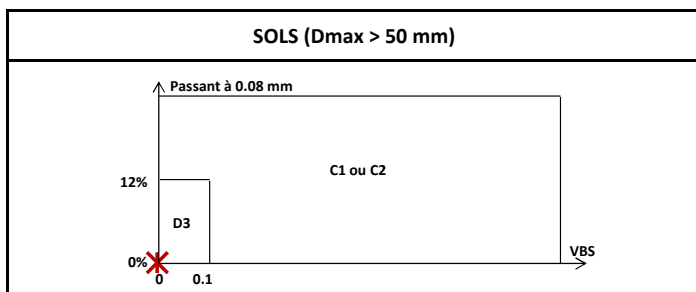
* Matériaux pour lesquels la mesure de l'Ip est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux, la VBS sera retenue.

Paramètres d'Etat

NF P94-050	Teneur en eau	W (%)	10.4
NF P94-053	Masse Volumique	ρ_d (Mg/m ³)	1.23
NF P94-051	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W _{OPN} (%)	
NF P94-074	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

ESSAIS SUR SOL ET ROCHE			
NF EN1097-2	Los Angeles	L _A (%)	
NF EN1097-1	Micro Deval	M _{DE} (%)	
P18-576	Friabilité des sables	F _S (%)	
NF EN933-8	Equivalent de sable	ESV (-)	
		ESP (-)	
ESSAIS SUR ROCHE			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	




CLASSE DU SOL			
NF P11-300	Classification	GTR 92	Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques... A1

	Opérateur	Contrôleur
	E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab22261 - BE_IDE-08_IDFP220850_22_2762_ST3_de 1.00 à 2.00 m.xls

Annexe V : Ordres de grandeurs des descentes de charges, projets connexes

Indice	Date	
↑	MODIFICATIONS	↑
Affaire <div style="text-align: center;"> PROJET SDE Sablons (33) <u>Ombrière</u> </div>		
Entreprise <div style="text-align: center;"> ICnergie </div>		
Titre document <div style="text-align: center;"> <u>DESCENTE DE CHARGES</u> </div>		Etabli par J. IGUAL
BET Charpente <div style="text-align: center;">  16 avenue du Maréchal Joffre 33700 MERIGNAC ☎ 05.56.91.51.52 contact@cesma.fr Fax : 05.56.92.72.77 </div>		Le 07/02/2020 Document N° 10783.DC1

HYPOTHESES DE CALCUL

CHARGES PERMANENTES

- Poids propre des aciers

TOITURE

- Panneau Photo Voltaïques	11 kg/m²
- Adiwatt	6 kg/m²

CHARGES D'EXPLOITATION

TOITURE

- Divers	3 kg/m²
----------	---------------------------

NEIGE (EC1-3)

		<i>Alt. min</i>	<i>Alt. max</i>
Zone A2	Altitude 10 m	1m	16m
	Altitude moyenne 10 m		
	Charge caractéristique	<i>S</i> _k =	46 kg/m²
	Charge exceptionnelle	<i>S</i> _{ad} =	102 kg/m²

Accumulation neige prises en compte

VENT (EC1-4)

Zone 1

Vitesse de référence	<i>v</i> _{b,0} =	22 m/s	q_p(z)=42.7 kg/m²
Coefficient de direction	<i>C</i> _{dir} =	1	
Coefficient de saison	<i>C</i> _{season} =	1	
Catégorie de terrain (Campagne avec haies, vignobles)		<i>IIIa</i>	
Orographie	<i>C</i> _o	1.0000	
Hauteur Bâtiment	<i>h</i> =	4.2 m	
Coefficient structurel (suivant revue CM n°4-2011 p.117)	<i>C</i> _s <i>C</i> _d =	1	

REGLEMENTS DE CALCULS

- Référentiels considérés

Eurocodes

LIMITES DE DEFORMATIONS

- Flèches des éléments de toiture

flèche sous totalité des charges et surcharges **I/200**

flèche sous surcharges seules **I/250**

- Déplacements horizontaux

H/150 *Hauteur Totale*

flèches verticale et horizontale **L/150**

QUALITE DES ACIERS

Sauf indication contraire :

- Profils IPE, HEA, HEB, UPN, UPE

acier S275

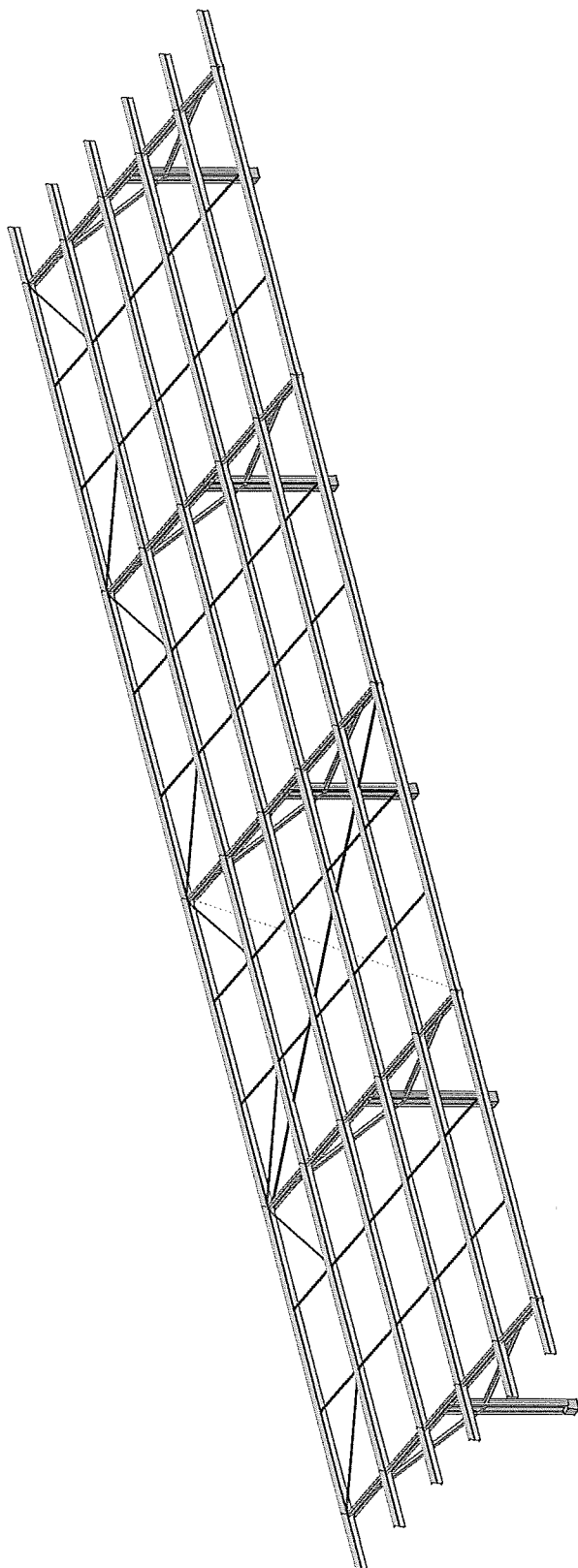
- Profils PRS

acier S355

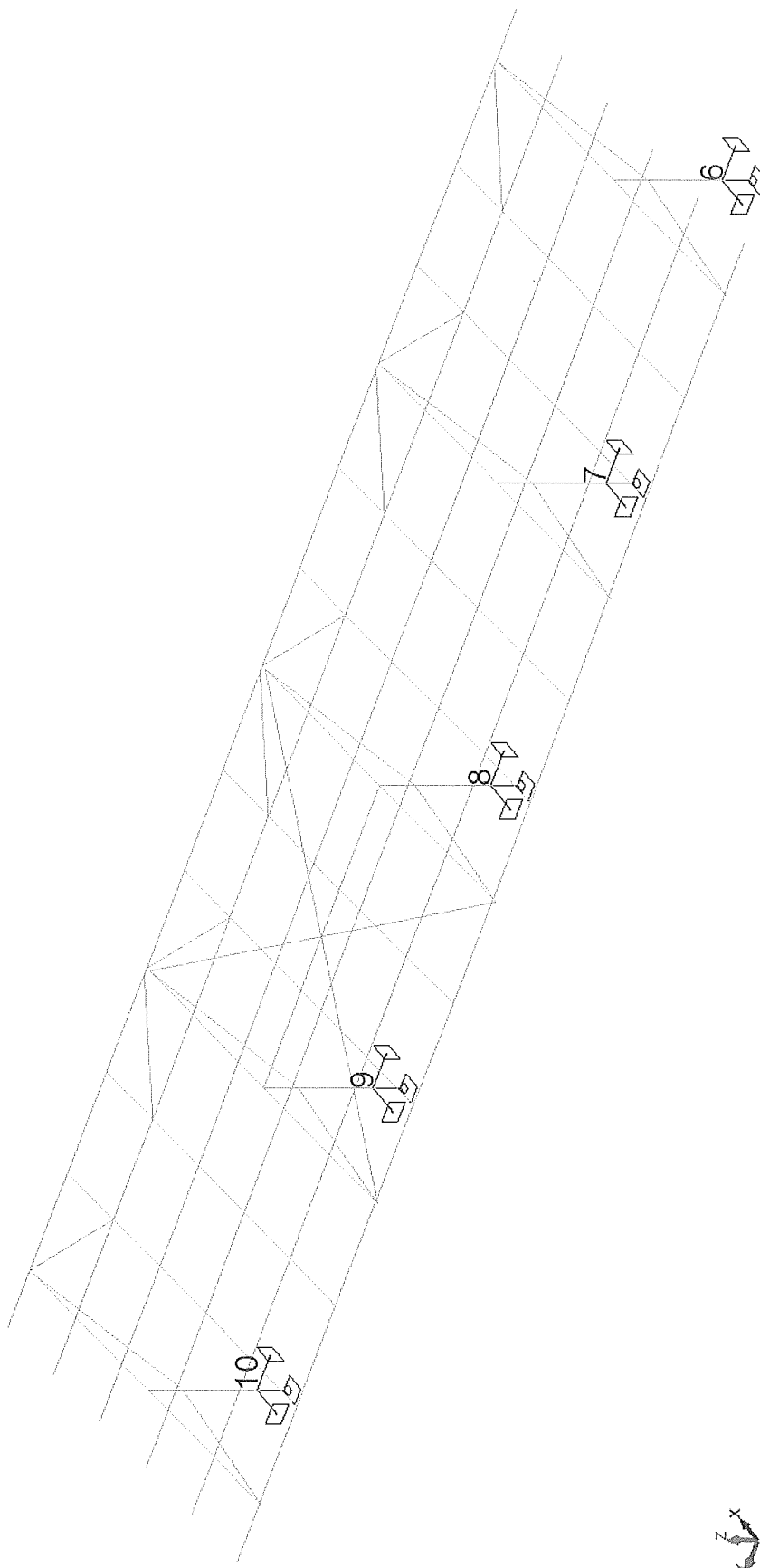
- Profils cornières, tubes et plats

acier S235

STRUCTURE_3D



Vue:2 - Cas: 1 (Charges Permanentes)



DESCENTES DE CHARGES

Les charges sont indiquées en kg et sont non pondérées

Noeuds	Charges Permanentes					
	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-100	-100	-3100	100	-100	0
7	100	0	-4900	-100	100	0
8	0	0	-4400	0	-200	0
9	100	0	-5000	100	300	0
10	-100	100	-3100	-100	-100	0
Noeuds	Divers					
	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	0	0	-300	0	-100	0
7	0	0	-500	0	0	0
8	0	0	-400	0	-100	0
9	0	0	-500	0	0	0
10	0	0	-300	0	-100	0
Noeuds	Neige A2					
	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-100	-100	-2800	100	-200	0
7	100	0	-5200	-100	-100	0
8	-100	0	-4500	0	-300	0
9	100	0	-5200	100	-100	0
10	-100	100	-2800	-100	-200	0
Noeuds	Neige Accidentelle					
	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-100	-100	-6200	200	-500	0
7	100	100	-11500	-100	-200	0
8	-100	0	-9900	0	-500	0
9	100	-100	-11500	100	-200	0
10	-100	100	-6200	-200	-500	0

DESCENTES DE CHARGES


Les charges sont indiquées en kg et sont non pondérées

VENT +X Cpe<0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	1400	100	3600	-100	15900	0
7	1600	0	6600	100	25400	0
8	1800	0	5700	0	24600	0
9	1600	0	6600	-100	25400	0
10	1400	-100	3600	100	15900	0
VENT +X Cpe>0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	6700	0	-1200	100	10900	0
7	7500	0	-2300	0	10300	0
8	7400	0	-1900	0	10800	0
9	7500	0	-2300	0	10300	0
10	6700	0	-1200	-100	10900	0
VENT -X Cpe<0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-2100	100	3300	-100	-18500	0
7	-2900	0	6200	100	-29900	0
8	-2900	0	5300	0	-28800	0
9	-2900	0	6200	-100	-29900	0
10	-2100	-100	3300	100	-18500	0
VENT -X Cpe>0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-1600	0	-1500	100	-1400	0
7	-2300	0	-2700	0	-500	0
8	-2300	0	-2400	0	-1100	0
9	-2300	0	-2700	0	-500	0
10	-1600	0	-1500	-100	-1400	0

DESCENTES DE CHARGES

Les charges sont indiquées en kg et sont non pondérées

VENT +Y Cpe<0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-300	400	3000	-1100	-1100	0
7	-600	400	5500	-1100	-2000	0
8	-600	400	4700	-1100	-2100	0
9	-500	400	5500	-1100	-1700	0
10	-400	400	3000	-1100	-1200	0
VENT +Y Cpe>0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	100	400	-700	-1100	400	0
7	200	400	-1300	-1100	500	0
8	100	400	-1100	-1100	200	0
9	300	400	-1300	-1100	800	0
10	100	400	-700	-1100	200	0
VENT -Y Cpe<0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	-400	-400	3000	1000	-1300	0
7	-600	-400	5500	1100	-2000	0
8	-400	-400	4700	1100	-1600	0
9	-700	-400	5500	1100	-2300	0
10	-300	-400	3000	1200	-1100	0
VENT -Y Cpe>0						
Noeuds	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Mz (kg.m)
6	100	-400	-700	1100	200	0
7	200	-400	-1300	1100	500	0
8	300	-400	-1100	1100	800	0
9	100	-400	-1300	1100	200	0
10	100	-400	-700	1100	400	0

Indice	Date	
↑ MODIFICATIONS ↑		
Affaire <div style="text-align: center;"> PEPIN 534 Saint-Aubin-de-Blaye (33) </div>		
<div style="text-align: center;"> <u>Ombrières</u> </div>		
Entreprise <div style="text-align: center;"> ICnergie </div>		
Titre document <div style="text-align: center;"> <u>DESCENTE DE CHARGES</u> </div>		Etabli par G. BERNARD
BET Charpente <div style="text-align: center;">  16 avenue du Maréchal Joffre 33700 MERIGNAC 📞 05.56.91.51.52 contact@cesma.fr Fax : 05.56.92.72.77 </div>		Le 05/12/2019 Document N° 10750.DC1

Hypothèses de calculs

CHARGES PERMANENTES

- Poids propre des aciers

Couverture panneaux Photovoltaïque

- Panneaux REC TP2 320WC

12 kg/m²

- support panneaux

3 kg/m²

CHARGES D'EXPLOITATION

Couverture panneaux Photovoltaïque

- Divers

3 kg/m²

NEIGE (EC1-3)

		Alt. min	Alt. max
Zone A2	Altitude 37 m	2m	37m
	Altitude moyenne 37 m		
	Charge caractéristique	S _{ke} =	46 kg/m ²
	Charge exceptionnelle	S _{ad} =	102 kg/m ²

VENT (EC1-4)

Zone 1				
Vitesse de référence	v _{b,0} =	22 m/s		
Coefficient de direction	C _{dir} =	1		
Coefficient de saison	C _{season} =	1		
Catégorie de terrain (Zones urbanisées ou industrielles)		IIIb		q _{p(z)} = 40.7 kg/m ²
Orographie	C _o	1.0000		
Hauteur Bâtiment	h =	5.0 m		
Coefficient structurel (suivant revue CM n°4-2011 p.117)	C _s C _d =	1		

SEISME (EC8)

Zone de sismicité	2	
Catégorie de terrain	E	NEANT
Catégorie d'importance du bâtiment	II	
Coefficient de comportement	1.5	

REGLEMENTS DE CALCULS

- Référentiels considérés

Eurocodes

LIMITES DE DEFORMATIONS

- Flèches des éléments de toiture		
flèche sous totalité des charges et surcharges	I/200	
flèche sous surcharges seules	I/250	
- Déplacements horizontaux	H/150	Hauteur Totale

QUALITE DES ACIERS

Sauf indication contraire :

- Profils IPE, HEA, HEB, UPN, UPE

acier S275

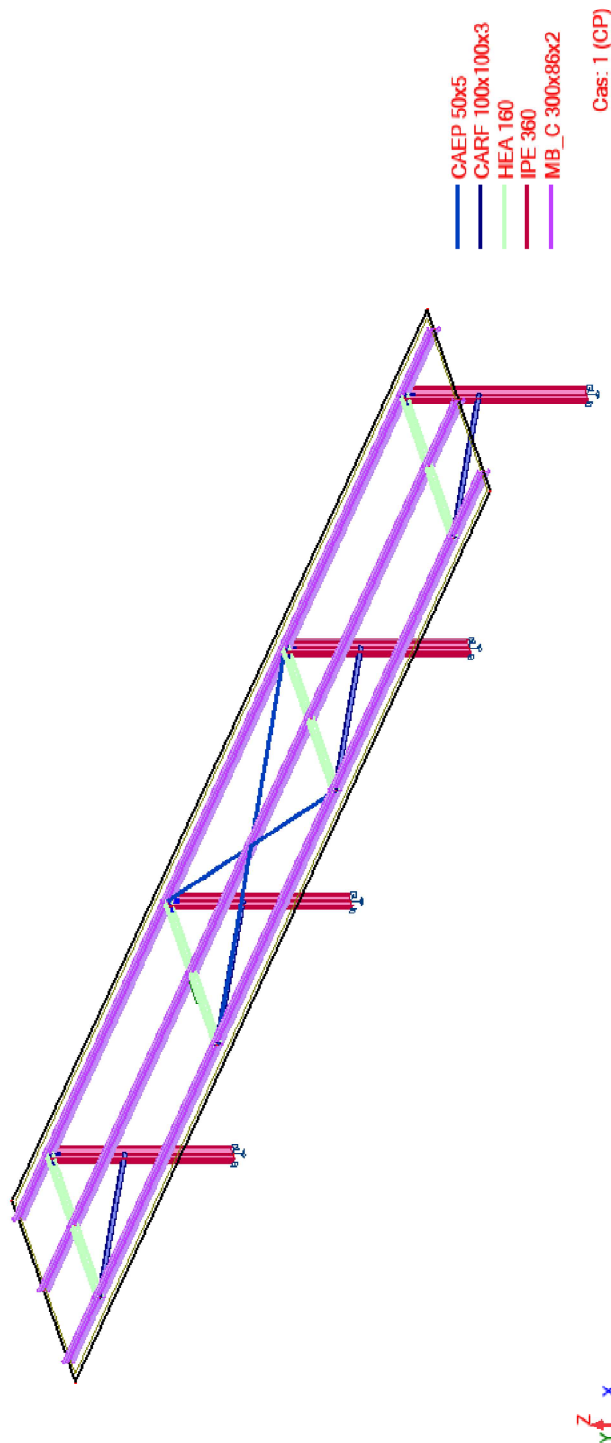
- Profils PRS

acier S355

- Profils cornières, tubes et plats

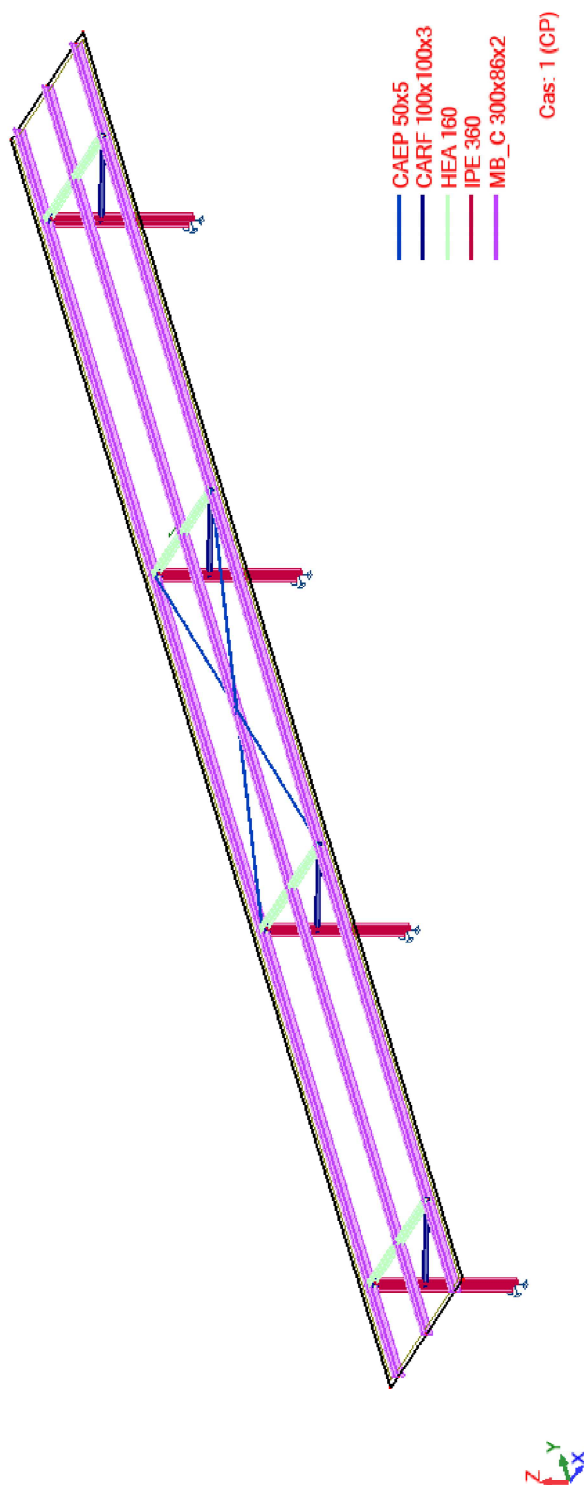
acier S235

OMBRIERE 35.167m

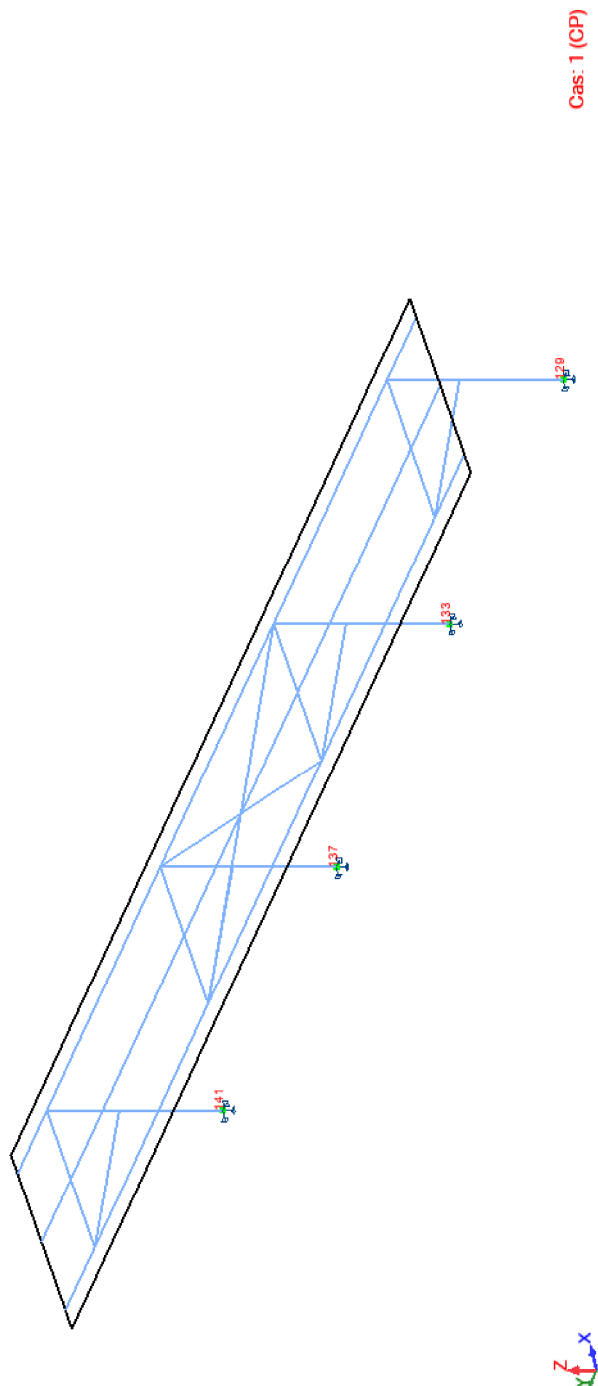


OMBRIERE

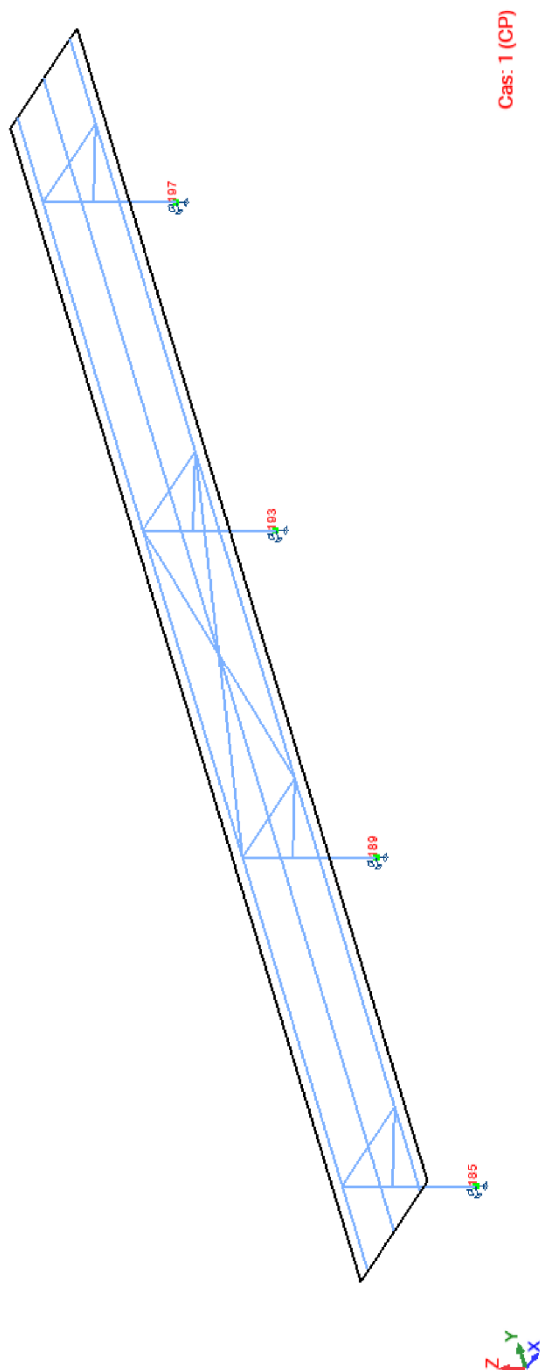
34.162m



APPUIS OMBRIERE 35.167m



APPUIS OMBRIERE 34.162m



Descente de charges

Les charges sont indiquées en daN et sont non pondérées

Noeuds	CP					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	0	0	-1300	100	-2000	0
133	0	0	-1700	0	-2800	0
137	0	0	-1700	0	-2800	0
141	0	0	-1300	-100	-2000	0
185	0	0	-1300	100	1900	0
189	0	0	-1700	0	2900	0
193	0	0	-1700	0	2900	0
197	0	0	-1300	-100	1900	0

Noeuds	SURCHARGES					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	0	0	-200	0	-300	0
133	0	0	-200	0	-400	0
137	0	0	-200	0	-400	0
141	0	0	-200	0	-300	0
185	0	0	-200	0	300	0
189	0	0	-200	0	400	0
193	0	0	-200	0	400	0
197	0	0	-200	0	300	0

Noeuds	NEIGE					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	0	-100	-1500	200	-3100	0
133	0	0	-2200	0	-4200	0
137	0	0	-2200	0	-4200	0
141	0	100	-1500	-200	-3100	0
185	0	-100	-1500	200	2800	0
189	0	0	-2200	0	4500	0
193	0	0	-2200	0	4500	0
197	0	100	-1500	-200	2800	0

Noeuds	NEIGE ACC					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	-100	-200	-3300	300	-6700	0
133	100	0	-4800	0	-9300	0
137	100	0	-4800	0	-9300	0
141	-100	200	-3300	-300	-6700	0
185	-100	-300	-3300	300	6200	0
189	100	0	-4800	0	9900	0
193	100	0	-4800	0	9900	0
197	-100	300	-3300	-300	6200	0

Noeuds	VENT +X Si CPE>0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	800	100	-600	-200	1300	0
133	900	0	-1000	0	600	0
137	900	0	-1000	0	600	0
141	800	-100	-600	200	1300	0
185	800	0	-600	0	3600	0
189	900	0	-1000	0	4200	0
193	900	0	-1000	0	4200	0
197	800	0	-600	0	3600	0

Noeuds	VENT +X Di CPE<0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	500	100	2400	-200	9500	0
133	500	0	3500	0	13000	0
137	500	0	3500	0	13000	0
141	500	-100	2400	200	9500	0
185	500	400	2500	-500	300	0
189	500	0	3400	0	-900	0
193	500	0	3400	0	-900	0
197	500	-400	2500	500	300	0

Noeuds	VENT -X Si CPE>0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	-700	-200	-800	200	-3400	0
133	-700	0	-1000	0	-3700	0
137	-700	0	-1000	0	-3700	0
141	-700	200	-800	-200	-3400	0
185	-700	-200	-800	200	-500	0
189	-700	0	-1100	0	600	0
193	-700	0	-1100	0	600	0
197	-700	200	-800	-200	-500	0

Noeuds	VENT -X Di CPE<0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	-1000	200	2300	-200	-2500	0
133	-1100	0	3300	0	-2300	0
137	-1100	0	3300	0	-2300	0
141	-1000	-200	2300	200	-2500	0
185	-1000	-100	2200	200	-11200	0
189	-1100	0	3400	0	-15500	0
193	-1100	0	3400	0	-15500	0
197	-1000	100	2200	-200	-11200	0

Noeuds	VENT +Y Si CPE>0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	100	400	-600	-900	-1100	0
133	-100	400	-1100	-900	-2200	0
137	300	400	-1000	-900	-900	0
141	100	400	-800	-900	-1000	0
185	100	400	-600	-800	1600	0
189	300	400	-1000	-800	3000	0
193	-100	400	-1000	-800	1700	0
197	100	400	-700	-900	1600	0

Noeuds	VENT +Y Di CPE<0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	-300	500	2400	-1000	3500	0
133	-500	400	3300	-900	4700	0
137	-200	400	3400	-900	6000	0
141	-300	300	2300	-700	3600	0
185	-300	500	2400	-1000	-5400	0
189	-200	400	3400	-800	-7500	0
193	-500	400	3400	-800	-8800	0
197	-300	300	2300	-700	-5500	0

Noeuds	VENT -Y Si CPE>0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	100	-400	-700	900	-1000	0
133	300	-400	-900	900	-900	0
137	-100	-400	-1000	900	-2200	0
141	100	-400	-600	900	-1000	0
185	100	-400	-700	900	1600	0
189	-100	-400	-1000	800	1700	0
193	300	-400	-1000	800	2900	0
197	100	-400	-600	800	1600	0

Noeuds	VENT -Y Di CPE<0					
	Fx (daN)	Fy (daN)	Fz (daN)	Mx (daN.m)	My (daN.m)	Mz (daN.m)
129	-300	-300	2300	700	3600	0
133	-200	-400	3400	900	6000	0
137	-500	-400	3300	900	4700	0
141	-300	-500	2400	1000	3500	0
185	-300	-300	2300	700	-5500	0
189	-500	-400	3400	800	-8800	0
193	-200	-400	3400	800	-7500	0
197	-300	-500	2400	1000	-5400	0



Le changement climatique n'implique pas seulement un monde plus chaud, il annonce un monde qui change.



Inondations



Raréfaction de la ressource en eau



Sécheresse des sols



Pollutions



Trait de côte

Notre métier, vous accompagner pour gérer ces enjeux.



Infrastructures résilientes



Industrie responsable



Transition énergétique



Économie circulaire



Biodiversité

Références :



0831 - version 2 - 15 janvier 2023



Portées
communiquées
sur demande

