



GÉotechnique
sciences de la terre sas

AGENCE DE BIARRITZ
25, allée du Moura
64200 BIARRITZ

Tél : 07.83.57.14.87
contact64@geotechnique-sas.com

RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2 PHASE AVP

Localisation

HENDAYE (64)

Rue Santiago

Projet

Construction d'une nouvelle piscine

Maître d'ouvrage

Commune d'Hendaye

Place de la république

64 700 HENDAYE



REFERENCE : 2023-03-85/1-G2 AVP

Ind.	Date	Contenu	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	30/06/2023	39 pages + annexes	Joceran DEBREUCQ	Anaïs ANTIGNY	1 ^{ère} diffusion

Référentiel document : v2.1 08/03/2021

PLAN DU RAPPORT

1. PRESENTATION	3
1.1. Définition de l'opération	3
1.2. Contrat – Mission géotechnique	3
1.3. Cadre réglementaire	4
1.4. Caractéristiques du projet	4
1.5. Documents communiqués	6
1.6. Caractéristiques générales du site	6
2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	11
2.1. Implantation et nivellement.....	11
2.2. Investigations réalisées.....	11
3. SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	13
3.1. Stratigraphie du terrain	13
3.2. Caractéristiques mécaniques	14
3.3. Résultats d'essais en laboratoire	15
3.4. Sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux.....	15
3.5. Agressivité des eaux sur le béton	16
3.6. Niveaux des eaux souterraines	16
3.7. Conditions sismiques.....	17
3.8. Reconnaissances sur ouvrages existants et avoisinants	19
4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES A L'AVANT-PROJET	20
4.1. Modèle géotechnique retenu	20
4.2. Niveaux caractéristiques des eaux souterraines	20
4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG).....	20
4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques	21
4.5. Principes généraux de terrassements	22
4.6. Ouvrages de soutènement.....	27
4.7. Conception des niveaux-bas du bâtiment.....	28
4.8. Conception des voiries et parkings	28
4.9. Etude des fondations superficielles du bâtiment (Norme NF P94-261)	29
4.10. Etude de fondation par radier général des bassins	32
4.11. Protection des ouvrages contre l'eau.....	35
4.12. Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols	36
4.13. Protection vis-à-vis du risque sismique	37
5. ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES	38
6. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT	39



- Annexe 1 : **Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013**
- Annexe 2 : **Conditions de validité de l'étude**
- Annexe 3 : **Implantation des sondages**
- Annexe 4 : **Coupes de sondages**
- Annexe 5 : **Reconnaissance de fondations**
- Annexe 6 : **Essais en laboratoire**

Le présent document devient la propriété du client uniquement après paiement intégral de la prestation correspondante.

1. PRESENTATION

1.1. Définition de l'opération

La commune d'Hendaye en tant que Maître d'Ouvrage envisage la construction d'une piscine municipale sur un terrain situé rue Santiago.

Les principaux intervenants du projet sont :

- Maître d'ouvrage : Commune d'Hendaye
- Maître d'œuvre : Gruet Ingénierie

1.2. Contrat – Mission géotechnique

À la demande de **la commune d'Hendaye (Maître d'Ouvrage)**, notre société, **GEOTECHNIQUE SAS**, a été mandaté afin de réaliser une mission géotechnique.

Notre offre d'étude géotechnique référencée JDn2023-03-85/1 en date du 02/03/2023 a été acceptée le 05/04/2023 (bon de commande n°BA230314).

Conformément à notre offre, la mission qui nous a été confiée intègre les études suivantes :

- JDn2023-03-85/1 : Mission G2 AVP (présent document),
- JDn2023-03-85/2 : Mission G2 AVP complémentaire après démolition des existants,
- JDn2023-03-85/3 : Mission G2 PRO.

Le présent document concerne la réalisation d'une **mission géotechnique de conception** comprenant uniquement la **phase Avant-Projet** (G2 AVP), selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013.

Elle consiste à :

- Réaliser une enquête documentaire sur les sites institutionnels : GEOPORTAIL, INFOTERRE, GEORISQUES, ADES... ;
- Définir la zone d'influence géotechnique (ZIG) du projet ;
- Donner la classification du site vis-à-vis de la réglementation sismique en vigueur et préciser le risque de liquéfaction des sols sous séisme si nécessaire ;
- Réaliser un programme d'investigations géotechniques et en assurer le suivi technique ;
- Établir la synthèse géotechnique à l'issue des investigations et le(s) modèle(s) géotechnique(s) ;
- Préciser les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet et donner les principes de construction envisageables concernant les terrassements, les fondations, le mode d'assise des structures au sol ;
- Fournir une ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques sur la base des modèles géotechniques retenus ;
- Donner les dispositions générales vis-à-vis des eaux de surface, des eaux souterraines et des avoisinants ;
- Examiner la pertinence d'application de la méthode observationnelle si nécessaire.

Il convient de rappeler que les aspects non exhaustifs suivants ne font pas partie de la mission :

- Les études environnementales éventuelles (diagnostic de pollution, voisinage, etc...) ;
- Le diagnostic structurel des existants et des avoisinants.
- La reconnaissance des anomalies géotechniques en dehors de l'emprise des investigations.

Concernant les eaux souterraines, les informations hydrogéologiques intégrées à la présente mission sont limitées à l'enquête documentaire générale et au report des niveaux d'eaux mesurés en cours d'investigations.

Si ces éléments peuvent être de nature à induire un éventuel impact sur le projet, une étude hydrogéologique spécifique pourra être réalisée dans les phases ultérieures d'études en adéquation avec les objectifs et les enjeux au regard du projet.

1.3. Cadre réglementaire

Les textes normatifs et documents de référence appliqués dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Eurocode 7 – Calculs géotechniques
- Norme NF P94-261 – Calcul Géotechnique – Fondations superficielles (février 2017)
- NF P 11-211 – DTU 13.1 Fondations superficielles
- NF P 11-213 – DTU 13.3 partie 3 - Dallages
- Guide Technique SETRA-LCPC « réalisation des remblais et des couches de formes » Fascicules I et II
- Normes AFNOR en vigueur concernant les travaux de sondages et essais in-situ ou de laboratoire
- Manuel de conception Chaussées neuves à faible trafic du Ministère des transports

1.4. Caractéristiques du projet

Les caractéristiques principales du projet dont nous disposons sont les suivantes :

- Démolition de la piscine existante,
- Construction d'une nouvelle piscine sur un niveau de sous-sol et un R+1 partiel,
- Emprise au sol de 2 100 m² environ,
- Niveau bas calé à la cote altimétrique de :
 - 40,0 m NGF pour le rdc (hall d'entrée, vestiaires, sanitaire),
 - 36,0 à 37,0 m NGF pour le sous-sol (locaux techniques),
 - 38,0 à 39,0 m NGF pour les bassins.

Les ouvrages annexes sont constitués par des voiries et parkings destinés à recevoir un trafic VL. Les voiries seront calées entre 36,0 et 40,0 m NGF.

Au voisinage du projet, nous avons identifié les ouvrages suivants :

- Une résidence de type R+3 sans sous-sol à 20 m de distance côté Est,
- Un parking en limite de parcelle côté Nord.

Compte tenu de la topographie du site et/ou de la configuration du projet, les terrassements induits seront en déblai sur une profondeur de 4,0 m maximum.

PLAN SOUS-SOL 1/200

PLAN RDC 1/200

PRINCIPES DE PLAN D'ACCÈS, CIRCULATION.

- PRINCIPES DE PLAN D'ACCÈS, CIRCULATION.
- LOCALS DE RÉCEPTION.
- ADMINISTRATION.
- ESPACES SAUVES.
- LOCALS D'ACCÈS ET DE SERVICES.
- PLANS SCHEMATIQUES D'ACCÈS.
- FLUX ÉPARGNÉS EN CIRCULATION.
- FLUX ÉPARGNÉS EN CIRCULATION ET DE MANUTENTION.

PAGE 5

1.5. Documents communiqués

Les documents suivants nous ont été communiqués :

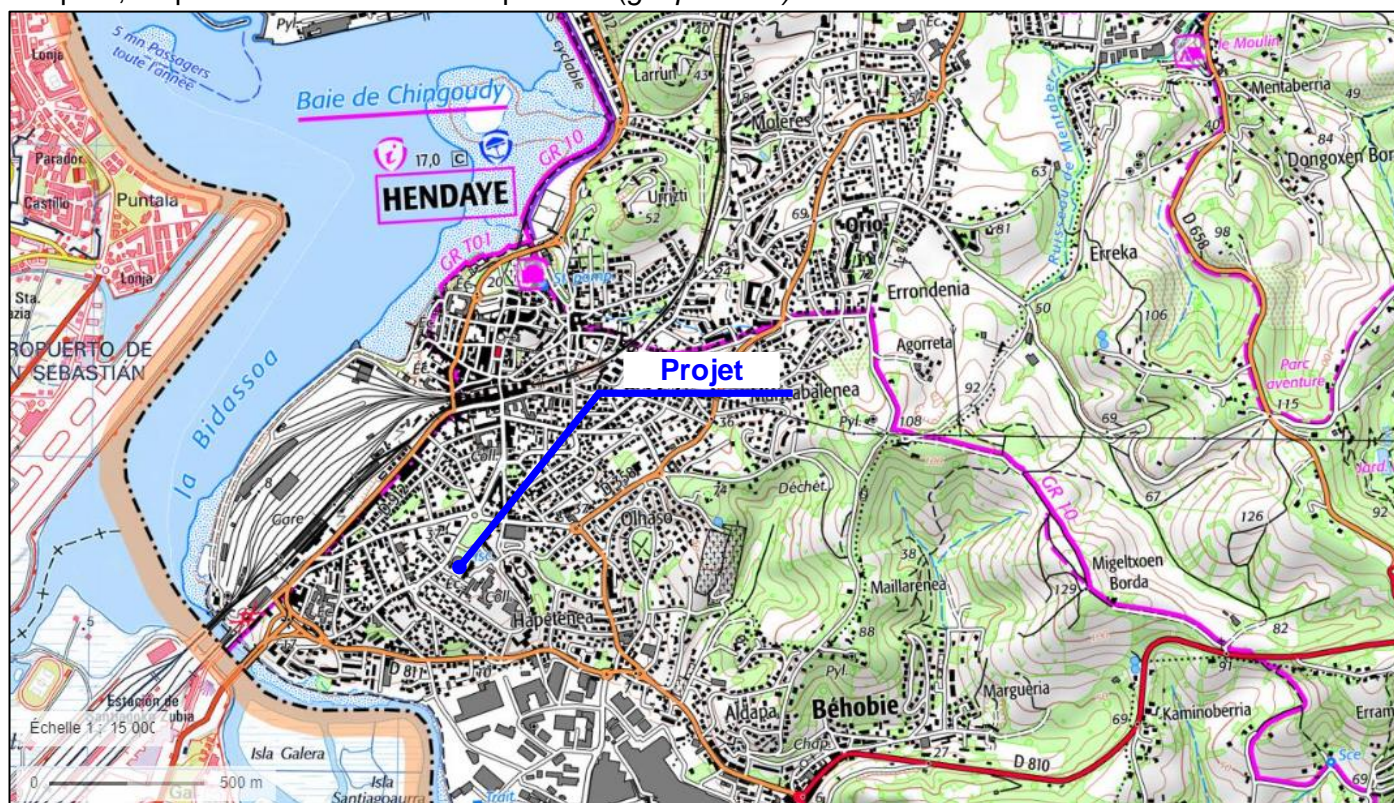
Document	Fourni par	Référence	Format	Date
Mémoire architecturale	Gruet Ingénierie	-	Pdf	-
Etude G1PGC	ECR Environnement	6403825	Pdf	01/07/2022
Coupe et plan de masse projet	Gruet Ingénierie	-	Pdf	-
Plan de masse projet			dwg	-
Plan topographique	Isabelle MONEDERO Géomètre-Expert foncier DPLG	-	Dwg	04/04/2022

1.6. Caractéristiques générales du site

1.6.1. Localisation

Le terrain concerné par la présente étude se situe rue Santiago sur la commune d'Hendaye (64) et correspond à la parcelle cadastrale n°381 de la section AK d'une surface de 4 300m² environ.

Ci-après, un plan de localisation de l'opération (geoportail.fr) :



Ci-après, un extrait d'image aérienne avec localisation du projet (geoportail.fr) :



1.6.2. Caractéristiques de la zone d'étude

Les éléments principaux à retenir concernant la configuration du site sont les suivants :

- Le terrain est occupé par l'actuelle piscine de type « Tournesol » d'un diamètre de 35m et abritant un bassin de 25x10m (dont la profondeur est inconnue) datant des années 70 et d'un bâtiment technique qui feront l'objet d'une démolition complète,
- L'altimétrie de la parcelle varie de 38,0 à 40,0 m NGF avec un dénivelé de 2,0 m environ du Nord-Ouest vers le Sud-Est d'après le plan qui nous a été communiqué,
- La parcelle est délimitée par :
 - La rue Santiago à l'Ouest,
 - Un parking privé au Nord,
 - Une résidence à L'Est,
 - Un chemin piéton au Sud.



Bâtiment technique existant



Piscine existante



Limite Ouest



Parking Sud

1.6.3. Contextes géologique & hydrogéologique

D'après les données de la carte géologique au 1/50000 du secteur (cf. extrait inséré ci-après), la succession lithologique attendue est la suivante :

- Couverture superficielle végétale et/ou remblais d'aménagement,
- Des argiles de recouvrement pouvant présenter une plasticité importante,
- Le substratum rocheux représenté par « les flysch » [C₆₋₂], généralement altéré en tête (frange supérieure de nature argilo-marneuse).

Extrait de la carte géologique au 1/50000 (Infoterre) :



Une enquête préliminaire a été réalisée sur les sites institutionnels. Aucune donnée piézométrique n'est disponible sur les sites INFOTERRE / ADES / GEORISQUE dans la zone d'étude et dans le même contexte géologique.

1.6.4. Risques naturels

1.6.4.1. Risque d'inondation

Nous rappelons que, d'après les données dont nous disposons (Géorisques), la parcelle présente une sensibilité « très faible » aux risques d'inondations par débordement de rivière.

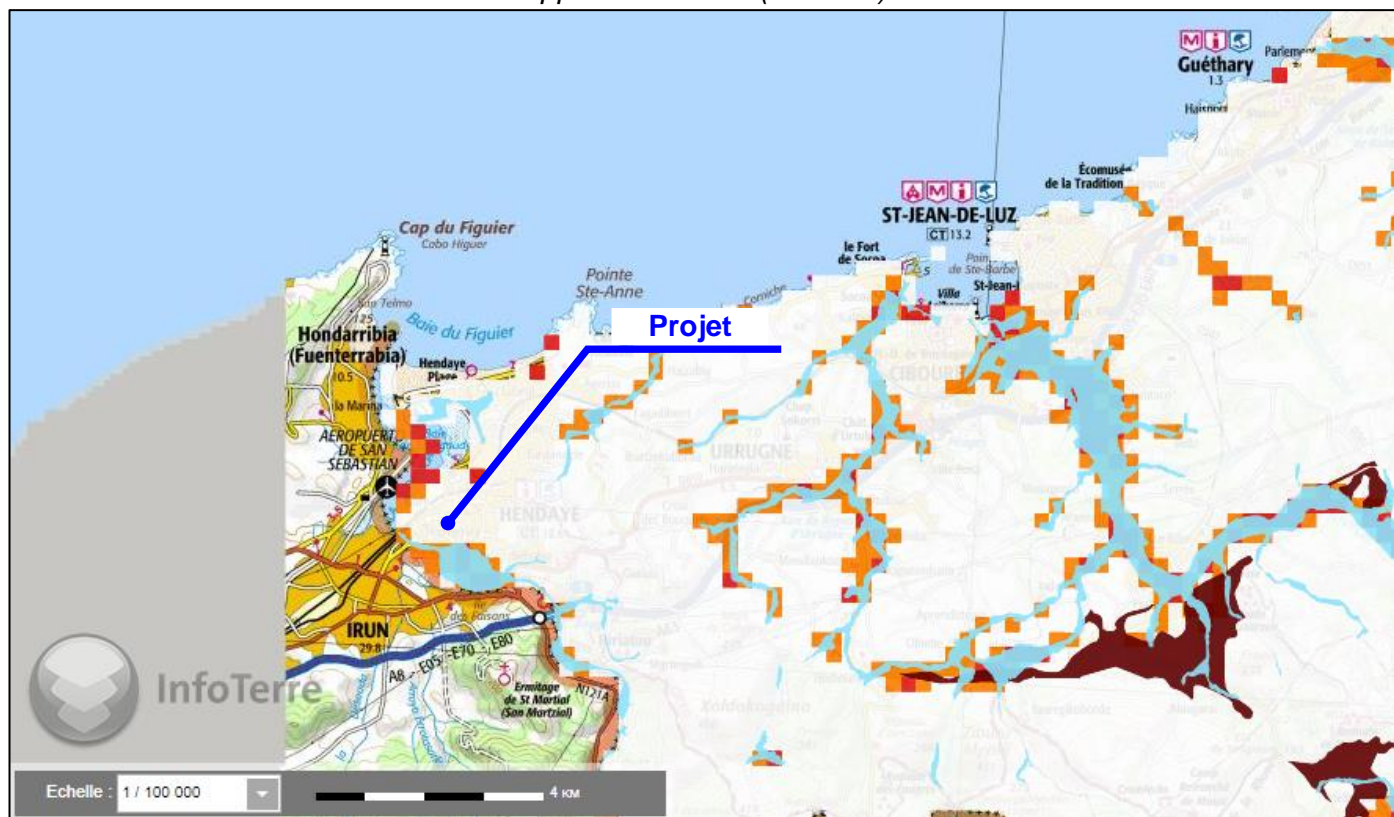
D'après les indications recueillies dans le PPRi local, (n°64DDTM20110003) le site est en dehors des zones d'inondation.

Il est de la responsabilité du Maître d'Ouvrage de se renseigner sur le risque réel d'inondation auprès des services d'urbanisme (P.L.U. notamment). Des dispositions de protection des ouvrages peuvent être prescrites et devront être dimensionnées par un bureau d'étude hydraulique.

1.6.4.2. Risque de remontée de nappe

D'après les données issues du BRGM, le site se situe dans une zone sans débordement de nappe ni d'inondation de cave.

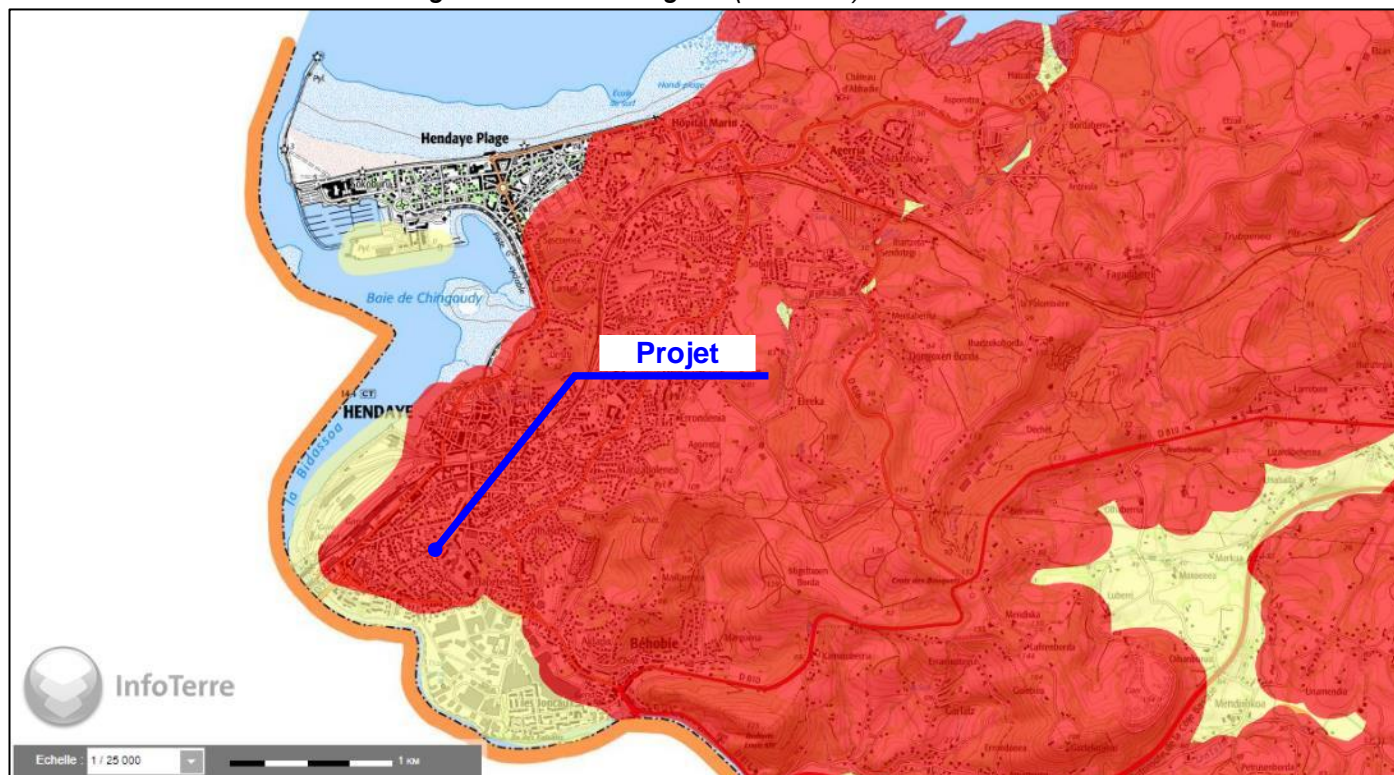
Extrait de la carte de « Remontées de nappe » du BRGM (Infoterre) :



1.6.4.3. Sensibilité au retrait-gonflement des argiles

D'après les indications du BRGM, le projet se trouve dans une zone d'aléa **Fort**, vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Extrait de la carte d'aléa retrait / gonflement des argiles (Infoterre) :



1.6.4.4. Présence de cavités

Aucune cavité n'est signalée sur le site INFOTERRE dans un rayon de 500m autour du projet.

1.6.4.5. Mouvements des terrains

Aucun mouvement de terrain n'est signalé sur le site INFOTERRE dans un rayon de 500m autour du projet.

1.6.4.6. Risque sismique

Selon la nouvelle réglementation parasismique applicable depuis le 1^{er} mai 2011, le projet se trouve sur une commune classée en zone de sismicité 3.

Selon la catégorie des bâtiments pour cette zone d'aléa le décret le décret n°2010-1255 peut imposer des exigences parasismiques.

1.6.4.7. Arrêtés de catastrophes naturelles

A titre informatif, ci-dessous, la liste des arrêtés de catastrophes naturelles survenues sur la commune :

- Inondations et/ou Coulées de Boue : 10 de 1982 à 2021,
- Sécheresse : 2 de 1991 à 2012.

2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

2.1. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 3. Elle a été définie en fonction de la configuration du projet, des emprises disponibles sur le site et de la localisation des réseaux enterrés.

Les têtes de sondages ont été nivelées en prenant comme référence plusieurs repères cotés. Leurs emplacements sont indiqués sur le plan d'implantation des sondages.

Sondages	Cote (m NGF)
SP1	40,21
SP2	40,02
SP3-Pz3	38,75
SD4	39,57

Sondages	Cote (m NGF)
P1	39,77
P2	39,09
P3	38,30
PM1	39,48

Sondages	Cote (m NGF)
PM2	39,09
PM3	38,96
RF1	40,21
RF2	40,15

Remarque : Il conviendra de faire réaliser le rattachement en cotes N.G.F. à partir du référentiel que nous avons considéré.

2.2. Investigations réalisées

Les investigations suivantes ont été réalisées dans le cadre de la présente mission G2 AVP :

Type de sondage	Référence	Prof. / TN	Nb
Sondages destructifs Enregistrement des paramètres de forage en continu	SD	15,0	4
Profils pressiométriques Norme NF P 94-110 Méthode de forage : tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	SP	15,0	3
Sondages géologiques à la pelle mécanique	PM	3,6	3
Fouilles de reconnaissance de fondations	RF	1,6	2
Essais au pénétromètre dynamique lourd Norme NF EN ISO 22476-2 Méthode : DPSH-B avec un chenillard de type GEOTOOL 750	PDB	8,0 ou refus	3

Les résultats détaillés des sondages et essais sont insérés en annexe 4.

2.2.1. Equipements piézométriques

<i>Équipement piézométrique</i>	<i>Référence</i>	<i>Sondage</i>	<i>Prof. / TN</i>	<i>Cote NGF</i>
Piézomètre définitif fermé avec bouche à clé Norme NF P94-157-2	PZ3	SP3	8,0	38,75

2.2.2. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire décrits dans le tableau ci-dessous ont été effectués :

<i>Type d'essai</i>	<i>Quantité</i>
Classification des sols (GTR) - NF P11-300 comprenant :	2
• Teneur en eau naturelle - NF P94-050	2
• Analyse granulométrique par tamisage - NF P94-056	2
• Limites d'Atterberg Wl et Wp déterminées à la coupelle et au rouleau NF P94-051	2
Cisaillement direct consolidé lent (CD) - NF P94-071	1

3. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

La description lithologique des terrains a été établie à partir des résultats des investigations effectuées et par corrélation entre les éléments suivants :

- les échantillons remaniés prélevés à la tarière hélicoïdale avec une précision verticale de +/- 20 cm ;
- les cuttings de forage ;
- la visualisation des sols dans les sondages à la pelle (généralement limitée à 3 m de profondeur maximum ou au refus pour des raisons de capacité d'outils et de sécurité) ;
- les valeurs pressiométriques qui permettent de définir la compacité des sols ;
- les diagrammes de résistance dynamique de pointe qui permettent d'apprécier la compacité des sols meubles jusqu'au refus éventuel avec une mesure tous les 10 cm ;
- les essais en laboratoire, notamment la valeur au bleu ou les limites d'Atterberg qui permettent d'appréhender le degré d'argilosité des sols ;
- les analyses granulométriques des sols.

Les limites de couches au droit des essais au pénétromètre dynamique sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes de résistance dynamique de pointe. Il s'agit d'essais complémentaires pour resserrer la maille inter-sondages.

Nota : la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment des investigations.

3.1. Stratigraphie du terrain

Nos sondages pressiométriques et géologiques ont mis en évidence les faciès suivants :

- **TV/Rb : Terre végétale et/ou remblais**
Cette formation correspond au recouvrement superficiel du terrain ou à des remblais d'aménagement. Elle est impropre à toute construction.
- **H1 : Limons argileux**
Ce faciès correspond à des limons argileux de couleur marron présentant des passées plus sableuses. Cet horizon est potentiellement remblayé ou remanié.
- **H2 : Argile plastique**
Ce faciès correspond à des argiles plastique de couleur marron à ocre. Ces faciès apparaissent peu à moyennement consistants.
- **H3 : Argile graveleuse bariolée**
Cette formation correspond à des argiles bariolées graveleuses pouvant s'apparenter à l'altération du substratum sous-jacent.
- **H4 : Faciès des flyschs**
Cette formation correspond aux « Flyschs » correspondant aux falaises de la côte basque, composé de bancs de calcaire dur gréseux et d'inter bancs marneux.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des sondages réalisés lors de notre campagne de terrain et permet de mettre en évidence les variations des faciès rencontrés :

Id.	Description		SP1	SP2	SP3	SD4	PM1	PM2	PM3
		Cote	40,21	40,02	38,75	39,57	39,48	39,09	38,96
Tv	Terre végétale / Remblais	Profondeur de la base (m/TA)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
H1	Limons argilo-graveleux		0,6	0,9	1,7	1,0	0,9	0,7	0,6
H2	Argile plastique		3,0	3,0	3,6	-	3,0	2,8	2,5
H3	Argile graveleuse		4,9	5,8	5,5	4,7	≥ 3,6	≥ 3,5	≥ 3,5
H4	Marno-calcaire		≥ 15,0	≥ 15,0	≥ 15,0	≥ 15,0	-	-	-

Remarques :

- Des variations d'épaisseur, parfois importantes, de la couche de **terre végétale** (TV) sont à attendre dans l'emprise du projet.
- Des variations de nature et d'épaisseur des **remblais** (Rb) sont à attendre dans l'emprise du projet. Le site n'étant pas complètement vierge (présence de réseaux enterrés, démolitions,...), nous attirons l'attention des différents intervenants sur les points suivants :
 - Un potentiel remaniement partiel ou général du terrain en surface lors des différents aménagements successifs,
 - La mise en œuvre antérieure de remblais autochtones et/ou d'apports sur des épaisseurs différentes,
 - La nécessité de comparer le plan topographique originel du site à l'actuel afin d'apprécier les épaisseurs de terrain remanié.
- Compte tenu du type de formation composant le substratum local, des variations de nature et altimétriques du toit sont à attendre dans l'emprise du projet.**

3.2. Caractéristiques mécaniques

L'ensemble des essais in-situ, pressiométriques et pénétrométriques mettent en évidence les caractéristiques suivantes :

Id.	Description	Résistance de pointe q_d (MPa)	Valeurs pressiométriques				
			Nombre d'essais	p_l^* (MPa)		E_m (MPa)	
				min	max	min	max
Tv	Terre végétale / structure de chaussée	Hétérogène	/	-	-	-	-
H1	Limons argilo-graveleux	1,5 à 3,0	1	0,43		5,8	
H2	Argile plastique marron	1,5 à 3,0	6	0,38	1,02	3,1	14
H3	Argile graveleuse bariolée	1,0 à 6,0	4	0,59	1,97	3,6	46
H4	Marno-calcaire	> 30 (refus)	18	> 5,00		255	762

3.3. Résultats d'essais en laboratoire

Le tableau suivant présente les résultats des essais en laboratoire :

Sondage		PM1	PM2	PM3	ECR (G1-2022)
Id. formation		H3	H2	H2	H2
Nature de sol		Argile bariolée	Argiles plastiques	Argiles plastiques	Argiles plastiques
Profondeur		3,6	1,5	2,0	2,0-3,5
Teneur en eau naturelle W_{nat} (%)		54,7	54,1	47,2	41,1
Limites d'Atterberg	W_L (%)	73	72	-	70,2
	W_P (%)	42	46,7	-	24,0
	IP	31	25,3	-	46,2
Granulométrie	D_{max}	2	1	-	5
	% ≥ 2 mm	100	100	-	99,8
	% ≥ 80 μm	97,3	97,8	-	97,7
Classe GTR		A ₃	A ₃	-	A ₄
Cisaillement	Type	-	-	CD	-
	ϕ' (°)	-	-	23	-
	c' (kPa)	-	-	11	-

Les essais mettent en évidence des matériaux fins très plastiques à très plastiques avec des teneurs en eau naturelles mesurées élevées.

Ces terrains présentent des cohésions moyennes et un angle de frottement qui correspond à une gamme de matériau comprise entre des argiles limoneuses plastiques et des argiles plastiques.

3.4. Sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux

Les résultats des essais en laboratoire détaillés précédemment permettent d'évaluer le risque de retrait-gonflement des argiles en période sèche en se basant sur le référentiel établi par le LCPC en 2000 dans son bulletin de liaison 229 (bl229) et sur notre retour d'expérience alliant la nouvelle cartographie du BRGM d'août 2019 et les diagnostics géotechniques effectués ces dernières années :

Passant à 80 μm (%)	Valeur au bleu VBS	Indice de plasticité	Activité des argiles A_{CB}	Sensibilité du sol à la variation de volume
> 80	> 4	> 20	> 10	Forte
> 40	1.5 à 4	10 à 20	4 à 10	Moyenne
< 40	< 1.5	< 10	< 4	Faible

L'Activité des argiles selon LAUTRIN correspond à la VBS divisée par le passant à 2 μm (établi par sédimentométrie : 100 VBS / % $_{2\mu m}$)

Le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques obtenues :

Sol	Passant à 80 μm (%)	Valeur au bleu VBS	Indice de plasticité	Sensibilité du sol à la variation de volume
H2	> 95	-	25 à 46	Forte
H3	> 95	-	31	Forte

Il résulte que les sols en place sont fortement sensibles au phénomène du retrait-gonflement. Il y a donc lieu de prévoir des dispositions constructives spécifiques concernant les ouvrages au sol et des précautions concernant l'aménagement général de la propriété (végétation, gestion des eaux...). Ces éléments seront présentés ultérieurement dans ce rapport.

3.5. Agressivité des eaux sur le béton

Compte tenu de l'absence de niveau d'eau dans les ouvrages piézométriques, les prélèvements d'échantillon d'eau sont rendus impossibles.

Enfonçons des variations des niveaux de nappe, les prélèvements pourront être réalisés ultérieurement, lors du suivi des ouvrages piézométriques.

3.6. Niveaux des eaux souterraines

Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations. Toutefois, nous précisons qu'elles ont été réalisées courant mai suite à une longue période de déficit hydrique.

Cependant, des circulations erratiques d'eaux ne sont pas à exclure au sein des formations superficielles notamment en période pluvieuse.

Le délai de réponse des eaux souterraines (nappe massique ou circulations isolées), au droit d'un forage ou d'une excavation de surface limitée est variable en fonction de la perméabilité du sol. Dans les sols fins, ce délai peut atteindre plusieurs jours, notamment dans le cas des sols fortement argileux.

Nous rappelons que le régime hydrogéologique est variable dans le temps, en fonction notamment des caractéristiques des formations géologiques en place et de la pluviométrie régionale.

Pour cela, le sondage SP3 a été équipé en piézomètre. Un suivi manuel mensuel de la nappe est actuellement en cours sur une période de 12 mois afin de connaître les variations de la nappe au cours du temps.

Des circulations d'eau peuvent également se produire au sein des remblais en zone urbanisée. De même, en milieu urbain, la présence de venues d'eau ponctuelles peut être associée à des fuites de réseaux enterrés ou à des circulations induites par les tranchées de réseaux.

Nota : ces relevés restent ponctuels. Un suivi piézométrique associé à une étude hydrogéologique doit être effectué dans les phases ultérieures d'études afin de définir les niveaux caractéristiques de la nappe.

3.7. Conditions sismiques

3.7.1. Données réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), le niveau d'aléa ainsi que l'accélération du sol « au rocher » de référence sont indiqués dans le tableau ci-après pour le site objet de la présente étude :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr} (m/s ²)
Zone 3	Modéré	1.1

3.7.2. Influence du sol

L'Eurocode 8 distingue 5 classes de sols pour lesquelles sont définis des coefficients de sol S permettant de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par le sol. La classe de sol ainsi que le coefficient S associé correspondant au contexte géologique mis en évidence au droit du projet sont précisés dans le tableau suivant :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Coef. De sol S	
		Zone 1 à 4	Zone 5
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistants	1.0	1.0

À noter qu'en l'absence d'investigations spécifiques (essais Cross-Hole, essais en laboratoire, essais CPTu, essais SPT...). La classe de sol donnée est estimative.

3.7.3. Catégorie de bâtiment





Les bâtiments à risque normal sont classés en 4 catégories d'importance en fonction de l'activité hébergée ou du nombre de personnes pouvant être accueilli dans les locaux.

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance Y_I qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8. Le tableau suivant précise le cas dans lequel le projet se trouverait d'après les informations qui nous ont été transmises. Ce point devra être confirmé ou modifié par le Maître d'ouvrage.

Catégorie d'importance	Description	Coef. Y_I
III	<p>■ ERP de catégorie 1, 2 et 3.</p> <p>■ Habitations collectives et bureaux, $h > 28$ m.</p> <p>■ Bâtiment pouvant accueillir plus de 300 personnes.</p> <p>■ Établissements sanitaires et sociaux.</p> <p>■ Centres de production d'énergie.</p> <p>■ Établissements scolaires.</p>	1.2

3.7.4. Exigences sur le bâti neuf

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité.

	I	II	III	IV
				
Zone 1	aucune exigence			Eurocode 8 ³ $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$
Zone 2				
Zone 3		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5		CP-MI ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application possible du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

3.7.5. Risque de liquéfaction des sols

La liquéfaction des sols sous séisme est un mécanisme de rupture brutal qui advient dans les sols peu consistants saturés, durant des mouvements oscillatoires sismiques forts et qui se traduit par une forte réduction de la contrainte verticale effective qui règne dans le sol et par conséquent par une perte de la capacité portante du sol.

Le site étant classé en zone sismique supérieure à 2, le risque de liquéfaction des sols sous séisme doit être vérifié d'après l'arrêté n°2010-1255 du 22/10/2010.

Le contexte géotechnique mis en évidence, caractérisé par la présence des sols de bonne consistance et l'absence de nappe, permet d'écarter ce risque.

3.8. Reconnaissances sur ouvrages existants et avoisinants

Les coupes des fouilles de reconnaissance des fondations sont présentées en annexe. Le tableau inséré ci-après présente les principaux résultats :

Excavation	RF 1	RF 2
Ouvrage concerné	Mur Nord Support de la structure circulaire type « Tournesol »	Mur Ouest Support de la structure circulaire type « Tournesol »
Dimensions de l'élément porté	≈ 0,60 m	≈ 0,60 m
Cote du terrain actuel (m NGF)	40,21	40,15
Type de fondation	Superficielle Filante ou radier	
Hauteur du soubassement (m)	0,60	0,60
Débord extérieur (m)	0,70	0,67
Épaisseur de semelle (m)	0,80	0,80
Profondeur d'assise (m)	1,40	1,40
Cote d'assise (m NGF)	38,81	38,75
Sol d'assise correspondant	Limons argileux	Limons argileux
Observations	-	-

Remarque : En raison des emprises restreintes disponibles ces reconnaissances sont limitées. Les relevés effectués sont ponctuels et ne représentent pas la totalité des fondations existantes. Des variations de géométrie et de profondeur sont donc possibles. Des reconnaissances complémentaires seront probablement nécessaires en phase PRO et EXE.

Compte tenu des caractéristiques de la structure supportée par la fondation examinée, celle-ci est supposée symétrique, D'après nos relevés géométriques du mur supporté, on déduit une largeur approximative de 2,40m. C'est une première approche étant entendu que seule une reconnaissance exhaustive permettra de relever la dimension précise de la fondation.

4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES A L'AVANT-PROJET

4.1. Modèle géotechnique retenu

Le modèle géotechnique a pour but de fixer la coupe de sols et les propriétés mécaniques caractéristiques que nous avons retenues pour chaque faciès, en vue de réaliser les calculs de prédimensionnement des ouvrages géotechniques.

Les paramètres indiqués dans le modèle sont les plus représentatifs au regard des résultats des essais, des hétérogénéités observées dans chaque sol et du nombre d'essais.

Les caractéristiques retenues sont données dans le tableau ci-après :

Id.	Description	Prof.de base Cote NGF (m)	Résistance de pointe q_d (MPa)	Valeurs pressiométriques		α
				p_l^* (MPa)	E_M (MPa)	
Tv	Terre végétale / structure de chaussée	-	1,0 à 30	-	-	0,67
Rb/H1	Limons argilo-graveleux / Remblais	37,1 à 39,6	1,0	0,4	5,0	0,67
H2	Argile plastique marron	35,2 à 38,6	1,5	0,5	6,0	0,67
H3	Argile graveleuse bariolée	31,7 à 35,3	4,0	0,7	12,0	0,50
H4	Marno-calcaire	< 25,0	> 30	5,0	500	0,25

p_l : pression limite nette / E_M : Module pressiométrique / α : Coefficient rhéologique du sol

q_d : résistance dynamique de pointe

Note importante : la profondeur et la cote altimétrique des différentes limites de couches étant variables, elles seront considérées au cas par cas en fonction du type de structure considéré et du modèle de calcul le plus pertinent (type « modèle de terrain » ou sondage spécifique).

4.2. Niveaux caractéristiques des eaux souterraines

En absence de données historiques suffisantes concernant les eaux souterraines, les niveaux piézométriques caractéristiques nécessaires au projet, notamment le niveau des eaux exceptionnelles - EE, le niveau des eaux hautes – EH, le niveau des eaux fréquents - EF, ne sont pas connus. La détermination de ces niveaux doit être effectuée dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique indépendante des études géotechniques.

Un suivi des piézomètres mis en place est en cours, avec au moins un relevé mensuel sur 12 mois.

4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG)

Compte tenu de la localisation de la parcelle dans un versant en pente, les travaux à réaliser, notamment l'aménagement d'une plate-forme en déblai avec des talus à l'amont et à l'aval et la réalisation d'une fouille avec des talus de 4,0 m de hauteur, pourront avoir un impact sur la stabilité des terrains en amont vis-à-vis

du glissement et ce, au-delà des limites de la parcelle. En première approche, les distances d'influence sont de l'ordre de 3 fois la hauteur des talus amont et aval, soit environ 12 m à compter des bords de fouille.

Les conditions d'aménagement des talus sont à définir par une étude de stabilité spécifique en vue de déterminer les coefficients de sécurité au glissement et les dispositions constructives d'accompagnement (renforcements, drainage, végétalisation, entretien...) en phase de réalisation et en service.

4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques

4.4.1. Synthèse

Ci-après, nous récapitulons les principales contraintes du projet au regard des conditions géotechniques du terrain et du contexte local :

- La réalisation de niveaux de sous-sol avec emprise de terrain disponible limitée par endroit et en bordure de voirie avec des réseaux enterrés, dont il conviendra d'assurer la stabilité tant en phase travaux qu'au stade définitif. Ceci conduira le projet vers la réalisation d'ouvrages de soutènement provisoires et/ou définitifs, solidaires ou non de la superstructure.
- La nécessité de réaliser une fouille en déblais sur 4,0 m de profondeur avec un toit du substratum compact potentiellement proche de la surface du terrain naturel,
- La présence de remblais hétérogènes sur de fortes épaisseurs.
- La présence possible de vestiges de fondations et/ou d'ouvrages enterrés dans l'emprise de l'ouvrage après démolition des existants.
- L'hétérogénéité lithologique et/ou mécanique des terrains dans l'emprise de l'ouvrage.
- La sensibilité des sols aux phénomènes de retrait et/ou de gonflement. Les variations de teneur en eau au niveau de ces sols provoquent des phénomènes de variation volumique (tassements et/ou réhausses) qui peuvent être préjudiciables aux bâtiments qui sont fondés superficiellement. Les causes des variations de teneur en eau peuvent être diverses :
 - Naturelles lorsque l'on se trouve dans la zone de variation du profil hydrique,
 - Artificielles (fuite de canalisation, modification du régime de circulation des eaux superficielles, plantation d'arbres, etc...),
- La publication de plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle sur la commune.
- La sensibilité des terrains à l'eau et au remaniement.
- Une déclivité prononcée du site avec des mouvements de déblai importants induisant les vérifications suivantes :
 - La stabilité des talus provisoires et/ou définitifs en déblai.
 - La stabilité générale des terrains au grand glissement.

4.4.2. Adaptations techniques envisageables

Compte tenu de ces éléments, les orientations techniques au stade de notre étude et avant démolition qu'il convient de retenir sont les suivantes :

- La mise en œuvre d'un drainage des sols pour assainissement de la plateforme de travail,
- La réalisation d'un mode de soutènement des terres,
- La réalisation d'un mode de fondations superficielles de type :
 - Semelles filantes et/ou isolées pour le bâtiment,
 - Radier général pour les bassins,

- La réalisation d'un niveau-bas de type plancher porté sur vide sanitaire.

Nous précisons que toute modification du projet, ou du terrain, ultérieure à la présente étude, est de nature à entraîner une nouvelle étude partielle ou complète, qui prendra en compte les modifications apportées et la validité des adaptations constructives préconisées dans le présent rapport.

4.5. Principes généraux de terrassements

4.5.1. Travaux préparatoires

4.5.1.1. Décapage de surface

Avant tous travaux de terrassement en déblai, il conviendra de recenser la position de l'ensemble des réseaux enterrés et de veiller à leur neutralisation, à leur pontage ou à leur dévoiement.

Ensuite, il s'agira de procéder au décapage intégral de la végétation y compris l'abattage des arbres et l'arrachage complet des souches puis de la terre végétale.

4.5.1.2. Travaux de démolitions

Les démolitions prévues devront comprendre l'extraction complète des soubassements et ouvrages enterrés avec comblement des cavités induites à l'aide de matériaux d'apport correctement compactés.

Des précautions devront être prises afin de ne pas engendrer de mouvements de terrain ni de dommages envers les ouvrages existants à conserver ni envers les avoisinants.

La purge de l'ensemble des ouvrages et fondations laisseront à nu des plateformes à une côte située entre 38 et 39m NGF. En cas d'arrêt de chantier entre la phase de démolition et les travaux de construction, les talus et plateformes devront être protégés et respecter l'ensemble des préconisations des paragraphes 4.5.2 « Aménagement des plateformes » et 4.5.5 « Conditions de talutage » énoncés ci-après.

Nous recommandons de prévoir un relevé par un géomètre de toutes les fondations et infrastructures enterrées qui seront démolies et purgées. Ce relevé permettra de connaître le positionnement et la profondeur des anciens éléments enterrés pour le calepinage des fondations projetées.

La présence de blocs, maçonneries, ouvrages ou obstacles enterrés pourra engendrer des difficultés de terrassements, mais devront être purgés obligatoirement afin d'éviter tout phénomène de "point dur".

Aucune nouvelle fondation ne prendra appui dans ces zones purgées ou substituées.

En fonction des éléments obtenus ci-avant, des adaptations des ouvrages géotechniques du projet pourront être nécessaires (purges, substitution, choix des techniques...).

Note importante : l'étude des conditions de stabilité des travaux de démolition ne fait pas partie de notre mission. Elle peut faire l'objet d'une étude spécifique (mission de type G5).

4.5.2. Aménagement des plateformes

Nous rappelons que la mise à niveau des plateformes de chantier nécessitera des mouvements de terres en déblais d'une hauteur comprise entre 0,00 m et 4,00 m.

Compte tenu des altitudes fixées pour le niveau bas du projet, des épaisseurs de structures au sol et de la couche de forme, le niveau de fond de forme devrait se situer vers la cote 35,5 m NGF au plus bas.

4.5.2.1. Drainage du terrain

Les sols impactés par les terrassements sont sensibles à l'eau et leur portance peut se dégrader rapidement.

Compte tenu de la situation du projet dans un versant et la possibilité de voir apparaître des circulations d'eau anarchiques, il faudra procéder au drainage du terrain par un dispositif de collecte et d'évacuation des eaux au moyen de tranchées, fossés, rigoles.

L'importance du dispositif, en termes de densité et de profondeur des ouvrages ainsi que de capacité de pompage, devra être adaptée à l'importance des arrivées d'eau et aux sources de réalimentation. Les eaux captées devront être évacuées vers un exutoire stable et pérenne, par gravité ou par un système de pompage sur puisards.

Pour éviter toute stagnation d'eau et faciliter l'écoulement des eaux vers les drains, les plateformes devront être réglées en conservant des pentes latérales suffisantes ($\geq 1.5\%$).

En cas de remontée de nappe importante, il faudra prévoir un dispositif de rabattement dont les modalités et les dimensions sont à déterminer dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique.

4.5.2.2. Réalisation des déblais

Les terrassements en déblai pourront être réalisés à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance. Pour éviter d'altérer les sols en place, il sera préférable d'avancer le déblaiement « en rétro ».

Cependant leur aspect collant et plastique pourra rendre fastidieux leur extraction en motte et présenter des problèmes de traficabilité en période pluvieuse.

En cas de remonté du toit du substratum local, les déblais à réaliser pourront concerner des matériaux très compacts, nécessitant l'utilisation d'engins ou de procédés adaptés (éclateur, pelle puissante, brise-roche hydraulique, marteau pneumatique,...). L'incidence des vibrations induites par ces procédés devra être prise en compte vis-à-vis des avoisinants. Le cas échéant, des mesures de protection devront être mises en œuvre.

4.5.2.3. Fond de forme

D'après le calage altimétrique du projet et en tenant compte des terrassements nécessaires et des remblais techniques, il apparaît que le niveau de fond de forme devrait se situer vers la cote 35,5 m NGF.

A ce niveau altimétrique, on devrait rencontrer des sols argileux de moyenne consistance.

En cas de portance insuffisante du fond de forme après décapage et drainage du terrain (en cas de conditions météorologiques défavorables par exemple), il faudra envisager son renforcement par une des techniques suivantes :

- Un cloutage à l'aide de matériaux d'apport grossiers, type 50/150 à 100/300, à mettre en place par compactage intense et par roulement des engins de chantier,
- Une purge généralisée ou localisée et substitution avec des matériaux granulaires non sensibles à l'eau, à mettre en place par compactage,

Ces aménagements devront conduire à l'obtention d'une portance minimale EV2 de 30 MPa.

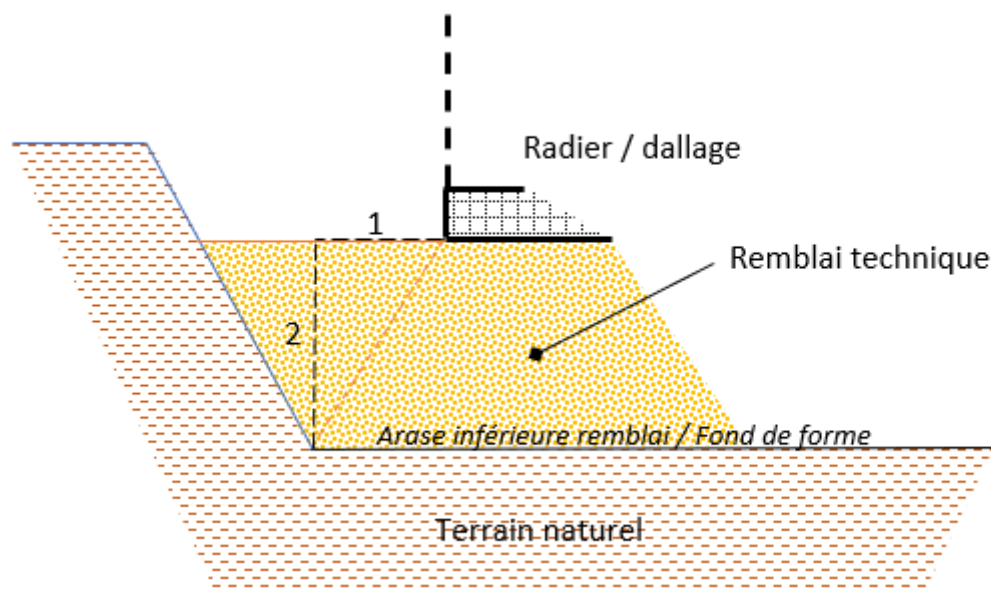
D'une manière générale, en vue de préserver la qualité des plateformes, il sera nécessaire de réaliser les travaux par temps sec. Lors des intempéries des arrêts de chantier sont à respecter.

La surveillance de l'évolution des conditions météorologiques incombe au terrassier, qui devra programmer à l'avance les mesures et dispositions conservatoires visant à protéger la qualité et la compacité de la plateforme en prévision d'évènements pluvieux (arrêt anticipé du chantier, protection et fermeture du fond de fouille, conservation d'une garde protectrice de terrassement, etc...).

4.5.2.4. Réalisation des remblais techniques

Les remblais techniques serviront de support des radiers des bassins.

Ils devront déborder de part et d'autre du projet. La largeur minimale de débord par rapport aux arêtes extérieures des structures au sol devra correspondre à la moitié de la hauteur de remblais technique du projet (cf. schéma ci-dessous).



Afin de préserver la qualité du sol d'assise des remblais (terrain naturel), les travaux devront être réalisés par temps sec.

Les conditions d'exécution des remblais devront être conformes au « Guide des Terrassements Routiers – Réalisation des remblais et des couches de forme (LCPC-SETRA de septembre 1992 et modificatif de

2000) » et/ou aux recommandations « Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations » du L.C.P.C.

L'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé.

Un contrôle régulier sera nécessaire au fur et à mesure de l'avancement de l'élévation du remblai. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport, et au minimum tous les 50 cm d'épaisseur.

Les critères de réception du remblai par essais à la plaque \varnothing 60 cm, selon le mode opératoire du L.C.P.C., devront être les suivantes :

- Sur la première couche (inférieure) :
 - un module $EV2 \geq 30$ MPa,
 - $EV2/EV1 \leq 2$.
- Sur les couches suivantes :
 - un module $EV2 \geq 50$ MPa,
 - $EV2/EV1 \leq 2$.

Ces travaux doivent faire l'objet de contrôles réguliers de portance au moyen d'essais à la plaque et de contrôle final au pénétromètre ou au pressiomètre selon la nature des matériaux et l'épaisseur des remblais mis en œuvre.

Les critères de réception à obtenir sont :

- Contrôle au pénétromètre dynamique : résistance dynamique de pointe $q_d > 8$ MPa,
- Contrôle au pressiomètre :
 - Pression limite $p_l > 1.2$ MPa,
 - Module pressiométrique $E_M > 15$ MPa.

Ces critères pourront être adaptés dans les phases ultérieures d'étude.

4.5.3. Conditions de réemploi des matériaux du site

Nous rappelons que les sols du site qui seront recoupés par les opérations de terrassement en déblais sont les suivants :

- La terre végétale,
- Les remblais,
- Argiles plastiques marron/ocre de classe A_3/A_4

La terre végétale ainsi que les matériaux organiques seront mis en dépôt ou réutilisés uniquement dans le cadre des aménagements paysagers.

Les sols Argileux plastique de classe A_3/A_4 sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire), Leur perméabilité très réduite rend leurs variations de teneur en eau très lentes, s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retraits ou gonflements.

Leur emploi en remblai ou en couche de forme n'est normalement pas envisagé mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vraie grandeur.

Si les sols doivent faire l'objet d'un traitement préalable (chaux et/ou liant hydraulique), il conviendra notamment de vérifier que les matériaux ne contiennent pas de sulfates, pouvant entraîner la formation de sels expansifs.

Les modalités de mise en œuvre des matériaux devront respecter les principes et exigences du Guide de réalisation des remblais et des couches de forme – GTR, et du Guide de traitement des sols – GTS.

4.5.4. Conditions d'utilisation de matériaux d'apport

4.5.4.1. Utilisation en remblai de compensation altimétrique

La mise en œuvre de matériaux d'apport de carrière, dont la qualité sera maîtrisée, est conseillée pour la réalisation des remblais techniques.

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D_2 / D_3 ou R_{21} / R_{61} .

La granulométrie des matériaux employés devra diminuer progressivement au fur et à mesure de l'élévation du remblai. Nous recommandons de retenir les faisceaux granulométriques suivants :

- 0/150 sur le 1^{er} mètre de remblais,
- 0/100 en couches intermédiaires,
- 0/80 sur le dernier mètre.

4.5.4.2. Utilisation en couche de forme

La mise en œuvre de matériaux d'apport de carrière, dont la qualité sera maîtrisée, est conseillée pour la réalisation de la couche de forme.

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D_2 / D_3 ou R_{21} / R_{61} .

La granulométrie des matériaux employés en couche de forme doit être comprise entre 0/40 et 0/80. La couche de réglage doit être de granulométrie 0/31.5.

4.5.5. Conditions de talutage

Nous rappelons que l'aménagement du terrain nécessite la réalisation de déblais et des talus provisoires et définitifs de 4,0 m de hauteur maximum.

Pour ces hauteurs, les caractéristiques géotechniques des sols et les emprises disponibles ne permettent pas la réalisation de talus. En conséquence, il conviendra de prévoir la réalisation d'ouvrages de soutènement, dont les types et les sujétions de conception et de réalisation sont examinés dans le chapitre suivant.

Pour des hauteurs inférieures, les caractéristiques géotechniques des sols et les emprises disponibles peuvent permettre la réalisation de talus.

En première approche, moyennant des dispositions destinées à préserver la stabilité, portant notamment sur la protection des surfaces, sur l'absence de chargements provisoires et définitifs et sur le drainage des eaux susceptibles d'atteindre les talus, ceux-ci peuvent être dressés avec des pentes de 3 H / 2 V pour une hauteur maximale de 2,5 m.

Les dispositions générales à prendre en compte sont les suivantes :

- Proscrire les chargements même provisoires à proximité des crêtes des talus,
- Protéger les surfaces en pente, au moyen de nappes de polyane, ou, selon les conditions hydriques, avec des géotextiles drainants, solidement fixés au sol,
- Aménager des fosses étanches de captage des eaux de ruissellement en crête et en pied de talus,
- Mettre en place un réseau de drainage relié à un exutoire stable (sans possibilité de refoulement) en cas de venues d'eau en fond de fouille,
- Réaliser les talus en remblai par excès et débordant de l'emprise définitive, afin d'obtenir une compacité optimale.

Lors du profilage des talus, des éboulements ou des affouillements peuvent se produire notamment à la faveur de variations latérales de faciès, d'anomalies ponctuelles ou de venues d'eau localisées. Dans ce cas, il faudra suspendre les travaux et mettre en place, si nécessaire, un système de confortement provisoire (remblais d'épaulement, étaies, etc...) et prévenir le géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution en vue de proposer des mesures de confortement adaptées.

En phase d'études PRO, la stabilité des talus devra être vérifiée par le calcul.

4.6. Ouvrages de soutènement

Compte tenu de la configuration du projet (la réalisation d'un sous-sol avec des mouvements de terres en déblai) et compte tenu de l'impossibilité de réaliser des talutages en toute sécurité, la construction d'un ouvrage de soutènement des terres est nécessaire.

Ce soutènement pourra être

- Soit provisoire.
- Soit définitif et pourra être solidaire ou indépendant de la structure du projet.

Les solutions envisageables à ce stade des études sont les suivantes :

- Parois blindées butonnées,
- Parois berlinoises ou similaires (parisiennes, moscovites, ...),
- Pieux sécants,
- Parois clouées,

Le choix définitif du type d'ouvrages de soutènement devra être impérativement précédé d'une concertation technique entre les différents intervenants (géotechnicien, BET Structure, Maitrise d'œuvre) afin de retenir la méthode constructive la mieux adaptée au contexte technique et économique.

Pour les remblaiements à l'arrière des ouvrages de soutènement, il est conseillé de retenir des matériaux granulaires, drainants. Les remblaiements sont à effectuer selon les exigences du Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme – GTR.

Note importante : la réalisation de parois clouées ou tirantées implique que le projet dispose des autorisations de tréfonds. Les autorisations ou non de tréfonds devront être communiquées au géotechnicien avant exécution de sa mission G2 PRO.

Les ouvrages de soutènement devront être dimensionnés et justifiés dans le cadre d'une étude en phase projet (G2 PRO) en adoptant des hypothèses géotechniques issues des essais in-situ et en laboratoire. De même, les niveaux d'eaux souterraines à prendre en compte, eaux hautes et eaux exceptionnelles devront être déterminés par une étude hydrogéologique spécifique.

4.7. Conception des niveaux-bas du bâtiment

Nous rappelons que, compte tenu de la présence de sols sensibles au retrait / gonflement, la réalisation d'une structure au sol de type plancher porté par les fondations est nécessaire, sur vide sanitaire.

4.8. Conception des voiries et parkings

Ce paragraphe traite spécifiquement des voiries (stationnements et circulations) associées au projet de construction. Nous rappelons qu'il est envisagé de réaliser une zone de stationnement pour VL.

4.8.1. Assise de la structure de voirie (P.S.T.)

La partie supérieure des terrassements correspond actuellement à un cas de PST1 avec une portance de l'arase de classe AR1, après purge des sols de couverture impropres. Pour ces conditions il conviendra de réaliser une couche de forme de forte épaisseur (60 à 80 cm) à moins de mettre en œuvre préalablement un cloutage ou un traitement du sol en place.

La partie supérieure des terrassements correspond actuellement à un cas de PST2 avec une portance de l'arase de classe AR1, après purge des sols de couverture impropres. Une couche de forme devra être réalisée.

Dans tous les cas, un compactage du fond de forme devra être effectué à 95 % de l'OPN avec un engin adapté à la nature des sols.

Une vérification de la portance de la P.S.T. est conseillée par essais à la plaque (**Objectif EV2 > 30 MPa**), ainsi qu'une vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, vestiges enterrés, pointement rocheux...).

4.8.2. Couche de forme sous voirie

La structure d'assise de la voirie de type VL respectera les préconisations données ci-après :

Sur une P.S.T. de nature argileuse – classe GTR A3/A4 (sol H2)	
Mise en œuvre de la structure support de voirie	<ul style="list-style-type: none">• Géotextile anti-contaminant*• 0,50m de couche de forme en concassé R₂₁ / R₆₁ ou GNT D₂ / D₃, de granulométrie 0/40 ou 0/80• Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM• Mise en œuvre de la couche d'assise (base et fondation) à définir par la Maitrise d'œuvre
* non obligatoire (épaisseur de couche de forme à réduire de 10 cm si géotextile mis en œuvre)	
** à valider par une vérification au gel / dégel notamment	

4.8.3. Critères de réception

Dans le cas d'une couche de forme en matériaux d'apport granulaires, les critères de réception à retenir sur la couche de forme, à l'aide d'essais à la plaque, pour une PF2- (VL) sont :

- Module EV2 ≥ 50 MPa,
- Rapport EV2/EV1 < 2 .

Dans le cas où les portances souhaitées ne seraient pas atteintes, une adaptation de la structure support devra être envisagée. Une étude particulière sera effectuée en phase travaux dans le cadre des missions G3 et G4.

4.9. Etude des fondations superficielles du bâtiment (Norme NF P94-261)

Nous rappelons que les caractéristiques géotechniques du terrain permettent d'envisager un mode de fondations superficielles au moyen de semelles isolées et/ou filantes.

4.9.1. Sol d'assise et conditions d'ancrage

Les fondations seront ancrées dans la couche d'**Argile graveleuse bariolée – H3**.

La profondeur d'assise des fondations devra respecter simultanément toutes les conditions suivantes :

- Assurer la mise hors gel recommandée pour la région, soit 0,50 m de profondeur à partir des surfaces finies du projet exposées au froid,
- Assurer un ancrage d'au moins 0,3 m dans la couche d'assise désignée ci-dessus et au-delà de tout remblai éventuel et/ou terrains remaniés par les travaux ou les intempéries,
- Assurer une profondeur d'assise de 2,0 m minimum à compter du niveau extérieur du terrain fini (profondeur de garde au retrait-gonflement).

La profondeur d'assise des fondations sera calculée à l'aide des coupes de sondages et sera fonction du calage altimétrique du projet et notamment du niveau inférieur et du niveau du terrain fini extérieur. Au droit de nos sondages la profondeur d'assise devrait être située entre 2,5 et 4,5 de profondeur.

L'aménagement des plateformes compactées devra permettre d'ajuster les profondeurs d'assise des fondations en fonction des épaisseurs de déblais et de remblais.

Lors de la réalisation des fondations, il faudra vérifier la conformité du sol au niveau de chaque fond de fouille ainsi que l'ancrage dans la couche d'assise.

4.9.2. Contraintes admissibles

Les contraintes admissibles ont été évaluées par la méthode pressiométrique.

Compte tenu de la nature des sols d'assise des fondations et des résultats des essais effectués, les contraintes à retenir au stade de l'avant-projet, sont :

ELS caractéristiques	ELU fondamentaux	ELU acc (sismique)
200 kPa $\times i\delta \times i\beta$	325 kPa $\times i\delta \times i\beta$	380 kPa $\times i\delta \times i\beta$

Remarque : ces valeurs sont valables dans le cas de charges verticales. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur $i\delta$ qui tient compte de l'inclinaison de la charge, de la nature du sol et de l'encastrement requis (cf. les recommandations de la norme NF P94-261). De même, un coefficient minorateur $i\beta$ doit être appliqué à proximité d'un talus en aval de la fondation.

4.9.3. Evaluation préliminaire des tassements

Pour une contrainte admissible aux ELS de 200 kPa, le tableau suivant présente les tassements prévisibles pour plusieurs dimensions et charges :

Type de semelle	Dimensions		Charge admissible ELS (kN et kN/ml)	Tassement prévisible (mm)
	B (m)	L (m)		
Filante	0,45	∞	90	2,6
	0,60	∞	120	2,8
	1,00	∞	200	3,0
Isolée	0,7	0,7	98	2,0
	1,0	1,0	200	2,4
	1,5	1,5	450	2,6

Des descentes de charges contrastées donneront lieu à des tassements différentiels pouvant être du même ordre que les tassements absolus. En phase d'études G2PRO, il faudra effectuer des calculs détaillés prenant en compte les descentes de charges définitives du projet.

4.9.4. Conditions et précautions d'exécution des fondations

L'interprétation géologique présentée dans ce rapport à partir des résultats des sondages ponctuels, correspond à la structure lithologique la plus probable du sous-sol, étant entendu que variations d'altitude ainsi que latéralement peuvent exister et découvertes au moment des travaux.

Dans la mesure du possible, nous proposons de commencer les travaux de fondation par les semelles situées à proximité de nos sondages pour permettre un étalonnage visuel du faciès du sol support.

Le dimensionnement des fondations est du ressort du BET structure. Cependant, les points suivants sont à signaler pour les semelles :

- Pour des raisons de bonne exécution, la largeur des fondations doit être supérieure à 0.45 m pour des semelles filantes et à 0.7 m pour des semelles isolées (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards).
- En cas d'attente forcée entre la fin de l'excavation et le bétonnage, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin d'éviter l'altération du sol de fondation.
- **En cas d'un substratum rocheux présent partiellement sur le terrain, les semelles concernées, seront coulées sur un lit de sable disposé en fond de fouille sur 0.4 m d'épaisseur minimum pour limiter l'effet de point dur.**

Par ailleurs, les adaptations structurelles suivantes doivent être prises en compte :

- En cas de sols compressibles présents sur une partie du terrain, des joints toute hauteur et rapprochés peuvent être envisagés en vue de réduire l'effet des tassements différentiels.
- En vue de limiter l'effet des tassements différentiels prévisibles, le soubassement de la construction devra être rigidifié.
- En cas de deux bâtiments ou de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre différent de niveaux, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter aux tassements différentiels. Le recours à des joints de construction est à envisager.

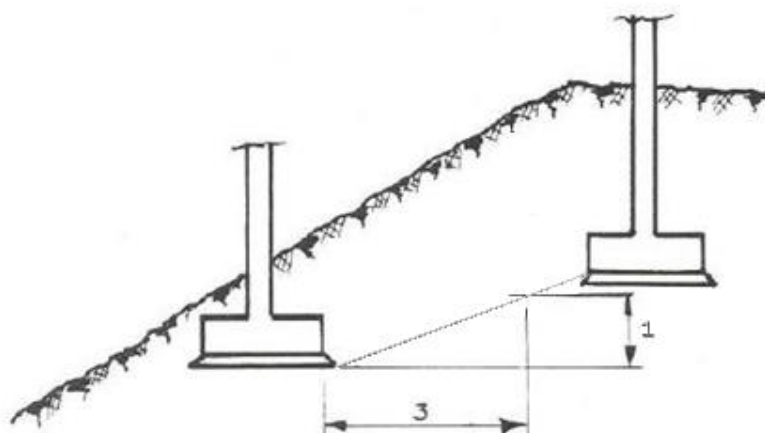
En cas de sur-profondeurs du toit de la couche d'ancrage il faudra approfondir la fouille autant que nécessaire pour assurer l'ancrage dans la couche désignée comme assise des fondations. Le rattrapage pourra être réalisé avec un béton grossier.

De même, les poches molles ou remaniées qui subsisteraient en fond de fouille seront purgées et comblées par un béton grossier.

Les travaux seront réalisés en dehors des périodes de pluie.

En cas de venue d'eau en fond de fouille par remontée de nappe notamment, un drainage ou rabattement sera nécessaire pour travailler à sec. Ces dispositifs seront adaptés et contrôlés pour s'assurer de l'absence de tout départ de fines.

Dans les zones soumises à la réglementation sismique (Eurocode 8), des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus doivent respecter une règle des 3 de base pour 1 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus.



A noter que l'exécution des fondations doit également respecter les prescriptions du DTU 13-1 en date de septembre 2019.

4.10. Etude de fondation par radier général des bassins

La faisabilité d'un radier nécessite qu'il repose sur une assise homogène, de bonne compacité, et que les amplitudes de tassements absolus et différentiels prévisibles soient compatibles avec la destination de l'ouvrage.

Nous rappelons que l'altitude du niveau bas du projet est fixée entre la cote 38,0 à 39,0 m NGF.

4.10.1. Modèle géotechnique spécifique

A partir des résultats des sondages et compte tenu des caractéristiques du projet, notamment du niveau fini du radier et des mouvements des terres nécessaires à l'aménagement de la plateforme support, les hypothèses à retenir pour le dimensionnement des radiers et l'évaluation des tassements sont les suivantes :

<i>Id.</i>	<i>Description</i>	<i>Prof. de base (m/niveau bas)</i>	<i>E_M (MPa)</i>	<i>α</i>	<i>E_s (MPa)</i>
H1	Remblais/Limons argilo-graveleux	Purgé en intégralité			
CDF*	Couche de forme	≈ 1,0	-	-	0,9 x EV2
H2	Argile plastique marron	≈ 3,0	6,0	0,67	9,0
H3	Argile graveleuse bariolée	≈ 4,5	12,0	0,50	24
H4	Marno-calcaire	≈ 13,0	500	0,33	1 500

* valeurs généralement retenues dans le cadre d'une mise en œuvre de la couche de forme support du dallage conformément aux règles de l'Art (précisées au paragraphe précédent)

4.10.2. Assise du radier, couche de forme

Les caractéristiques géotechniques du terrain permettent d'envisager de fonder l'ouvrage par l'intermédiaire d'un radier général assis sur les **Argile plastique marron – H1** rencontrés à la cote 37,1 m NGF au plus bas.

Nous n'excluons pas que des sols mous puissent être rencontrés localement lors des terrassements, auquel cas il faudra procéder à leur purge et substitution.

La plateforme devant recevoir le radier sera aménagée en respectant les « *principes généraux de terrassements* ».

La conception du radier devra suivre les recommandations suivantes après décapage de la terre végétale :

Sur les Argile marron (sol H1)	
Préparation du fond de forme	<ul style="list-style-type: none"> Purge des sols de mauvaise qualité ou impropres à la destination du dallage Compactage du fond de forme à 95 % de l'OPN avec un engin adapté à la nature du fond de forme
Contrôle du fond de forme	<ul style="list-style-type: none"> Vérification de portance minimale par essais à la plaque (Objectif EV2 > 30 MPa) Vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, vestiges, pointement rocheux...)
Mise en œuvre de la couche de forme	<ul style="list-style-type: none"> Géotextile anti-contaminant* 0,50 m de couche de forme en concassé R₂₁ / R₆₁ ou GNT D₂ / D₃, de granulométrie 0/40 ou 0/80 Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM 0.05 m de couche de réglage en concassé R₂₁ / R₆₁ ou GNT D₂ / D₃, de granulométrie 0/31.5
* non obligatoire (épaisseur de couche de forme à réduire de 10 cm si géotextile mis en œuvre)	

En zone à risque de retrait / gonflement des argiles, l'épaisseur de la couche de forme donnée est indépendante de la portance souhaitée. Une surépaisseur (0,80 m) est nécessaire pour se prémunir contre le risque de déformation liée aux variations volumétriques du sol.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR.

Au début de la phase d'exécution, nous recommandons de réaliser des planches d'essais afin de valider les hypothèses de conception ainsi que les modalités de mise en œuvre et le choix des engins de compactage proposé par l'entreprise.

4.10.3. Critères de réception

Les critères de réception à retenir sur la couche de forme sont les suivants à partir d'essais à la plaque :

- Module EV2 ≥ 50 MPa,
- Rapport EV2/EV1 < 2.

4.10.4. Contraintes admissibles

Les contraintes admissibles ont été évaluées par la méthode pressiométrique.

Compte tenu de la nature des sols d'assise des fondations et des résultats des essais effectués, les contraintes à retenir au stade de l'avant-projet, sont de **100 kPa** pour les justifications aux ELS et de 160 kPa pour les justifications aux ELU.

Cependant, pour ce type de fondation, le critère dimensionnant ne sera pas la contrainte de calcul mais les tassements engendrés et/ou la reprise des efforts de soulèvement dus à la nappe.

4.10.5. Evaluation préliminaire des tassements

En absence de données concernant les charges sur le radier, nous avons calculé les tassements sous l'action d'une charge répartie prévisible.

Les tassements obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

<i>Charge répartie (kPa)</i>	<i>Tassements induits (mm)</i>
20	6,0
40	12,0

Une évaluation de tassements en différents points du radier (centre, bordures...) est à faire une phase d'études PRO avec la descente des charges définitive.

4.10.6. Remarques complémentaires

Une bêche périphérique au radier peut être nécessaire dans les cas suivants (à définir en collaboration avec le BET Structure en phase Projet) :

- La mise hors gel du radier (profondeur minimale de 0,6 m par rapport à la surface exposée aux intempéries),
- La garde au retrait – gonflement des sols (profondeur minimale de 2,0 m par rapport à la surface exposée aux intempéries),
- Le non glissement du radier.

En cas d'avoisinant au radier, une étude d'impact des tassements devra être menée en phase Projet (mission G2 PRO).

4.11. Protection des ouvrages contre l'eau

En phase travaux, les terrassements en déblais pourront recouper des venues d'eau ponctuelles. Outre les sujétions liées à la stabilité des talus et/ou à la réalisation des ouvrages de soutènement, dans la mesure où un rabattement de la nappe par pompage est envisagé, les conséquences de la modification des conditions hydrogéologiques des sols sur les ouvrages environnants devront être examinées avant le démarrage de travaux.

À long terme, des dispositions techniques seront à prévoir vis à vis de la nappe et des venues d'eau. Elles sont évoquées ci-après.

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents des conditions d'inondabilité du terrain objet du projet.

Aucune arrivée d'eau n'a été mise en évidence au moment des sondages. Cependant, on ne peut exclure des circulations d'eau dans le sol qui peuvent être aggravées par l'infiltration des eaux de ruissellement. Dans ces conditions, il est conseillé de mettre en œuvre une protection des murs enterrés contre l'humidité selon les règles de l'art (cf. DTU 20.1) avec système drainant périphérique.

L'évacuation des eaux récupérées se fera soit gravitairement si les pentes et les exutoires le permettent, soit à l'aide de fosses de récupération associées à des pompes de relevage. Les eaux de ruissellement des plateformes au pourtour du bâtiment ne devront préférentiellement pas être dirigées vers le bâtiment.

Les conditions d'étanchéité des sous-sols devront être définies par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le bureau de contrôle en fonction de la destination des ouvrages.

Les drainages devront être raccordés à un exutoire adapté par gravitation ou par l'intermédiaire de pompes de relevage.

Le rejet des eaux de drainage dans les réseaux sera soumis à l'autorisation des services compétents concernés.

Un entretien régulier des ouvrages de drainage devra être assuré par le maître d'ouvrage afin de garantir la pérennité de son fonctionnement.

Dans les zones réputées pour la sensibilité des sols au retrait / gonflement saisonnier, il conviendra de respecter également les principes suivants :

- Lorsque les infrastructures sont conçues pour se prémunir contre ce phénomène (fondations approfondies et niveau-bas porté) : drainage périphérique descendu 0.5 m sous la cote du niveau bas, soit suffisamment au-dessus du niveau d'ancrage des semelles pour éviter tout risque d'hydratation du sol support de fondation.
- Dans le cas contraire : se reporter au paragraphe spécifique : « *Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des argiles* ».

4.12. Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols

Au droit du projet, nous rappelons que les sols argileux superficiels présentent une sensibilité forte au risque de retrait / gonflement des sols.

Les variations de teneur en eau peuvent donc provoquer des phénomènes de tassement par retrait et éventuellement (plus rarement) des phénomènes de (re)gonflement en période humide. Ces changements volumiques peuvent être préjudiciables aux bâtiments qui sont fondés superficiellement avec un ancrage insuffisant. Les bâtiments qui sont implantés dans une pente avec un niveau enterré à l'amont et de plain-pied ou en remblai à l'aval sont particulièrement exposés.

Nota : les profondeurs de sensibilité des argiles peuvent varier au fil du temps en fonction de l'amplitude des périodes de sécheresse.

En complément des conditions retenues pour l'ancrage des fondations et pour les niveaux-bas, les recommandations générales suivantes doivent également être prises en compte.

4.12.1. Recommandations structurelles complémentaires

Les parties de construction dont les niveaux-bas sont légèrement décalés en altitude devront être désolidarisées au moyen d'un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction (semelles comprises).

Afin d'améliorer la résistance de la structure aux mouvements différentiels, les murs porteurs et planchers seront liaisonnés par des chaînages horizontaux et verticaux. Ces chaînages seront fermés au niveau de chaque plancher ainsi qu'au couronnement des murs. On devra s'assurer de la continuité et du recouvrement des armatures de chaînage concourants en un même nœud.

D'autre part, un renforcement structurel complémentaire (semelle en béton armé en T renversé, soubassement liaisonné, etc...) peut être adopté pour diminuer les profondeurs d'ancrage des fondations. Il doit, en principe, être défini par un Bureau d'Etude spécialisé.

Concernant les projets sur sous-sol partiel, les parties non enterrées doivent être fondées en respectant conjointement la règle des 3/1 (zone sismique) et la garde au retrait – gonflement des sols. Par ailleurs, le niveau-bas doit être traité en plancher porté par les fondations.

4.12.2. Recommandations vis-à-vis d'un niveau-bas sur plancher porté

Le niveau bas devra être conçu sur vide sanitaire avec utilisation éventuelle d'un coffrage provisoire biodégradable en sous-face.

4.12.3. Recommandations vis-à-vis des réseaux enterrés

L'étanchéité des canalisations (compris pluviales) devra strictement être vérifiées et l'on procédera à la mise en œuvre de joints souples aux raccordements pour encaisser les déformations liées au sol.

Le captage des eaux superficielles ou le positionnement des drains selon le DTU 20.1 devra se faire à une distance minimale de 2 m de la construction de manière à ne pas aggraver la dessiccation des sols à cet

endroit en période sèche. Le rejet des eaux pluviales devra se faire à une distance suffisante de la construction.

4.12.4. Recommandations vis-à-vis de l'environnement proche

Les ouvrages extérieurs susceptibles d'impacter l'humidité du terrain : drains, puits de pompage, système d'infiltration ou similaires, doivent être implantés le plus loin possible de fondations,

La plantation d'arbres devra se faire à une distance de la construction d'au moins 1,5 fois la hauteur présumée de l'arbre adulte.

Toutes ces dispositions devront être appréhendées et contrôlées par le bureau de contrôle ou par le géotechnicien, dans le cadre d'une mission G4 selon la NF P94-500. Ceci permettra de s'assurer de la bonne exécution de nos recommandations.

4.13. Protection vis-à-vis du risque sismique

Afin de se conformer aux prescriptions de l'Eurocode 8, les dispositions générales à respecter en zone sismique supérieure à 1 sont les suivantes :

- Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des blocs par joints parasismiques.
- Ne pas fonder un même ouvrage sur des discontinuités géologiques naturelles : fractures, failles, etc...
- Encastrer fortement les fondations dans les sols meubles et veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale.
- Préférer la présence de niveaux enterrés homogènes sur l'emprise de la construction ou, à défaut, sur un bloc indépendant dissocié par un joint parasismique.
- Encastrer toutes les fondations dans une même couche géologique en cas de stratification.
- Ne pas fonder les ouvrages sur des sols liquéfiables.
- Rigidifier la structure d'assise des ouvrages (à définir par le BET Structure).

5. ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES

A l'issue de la présente étude, les aléas et incertitudes géologiques subsistants concernent principalement :

- Les variations d'épaisseur des couches identifiées. Au stade de l'exécution, la supervision géotechnique doit intervenir pour vérifier la présence des sols conformes aux résultats des études, ou, à défaut, pour définir en coordination avec la Maîtrise d'œuvre, les adaptations à envisager.
- Le niveau effectif de la nappe en situation extrême (eaux hautes et eaux exceptionnelles) et en phase travaux. Un suivi piézométrique est en place pour suivre les fluctuations de la nappe.
- La présence de vestiges enterrés non identifiés. En cas de rencontre il faudra évaluer l'importance des vestiges en vue de déterminer les mesures à prendre.
- Les variations altimétriques du toit du substratum.
- Les éventuels remaniements du terrain ultérieurs à notre intervention dus à la démolition des ouvrages existants.

Ces aléas et incertitudes résiduels peuvent présenter des risques pour le projet aussi bien en termes de coût que de délais. Ils peuvent être réduits par des investigations et prestations complémentaires tels que :

- Recherches historiques,
- Sondages complémentaires après démolition des ouvrages existants,
- Étude hydrogéologique spécifique.

6. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT

Le présent rapport a été établi en fonction des données transmises. Il conclut la mission G2 phase AVP qui nous a été confiée par la commune d'Hendaye.

Nous rappelons que, conformément à notre offre, notre prestation est encadrée par la norme NF P94-500 de novembre 2013 dont un extrait est donné en annexe 1 et par les conditions de validité de l'étude propres à GEOTECHNIQUE SAS, fournies en annexe 2.

Selon l'enchaînement des missions géotechniques préconisées par la norme NF P94-500, une étude géotechnique de conception phase projet (G2 PRO) doit être envisagée en collaboration avec les différents intervenants du projet afin de réduire les aléas géotechniques.

GEOTECHNIQUE SAS reste donc à la disposition de la Maitrise d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire et pour la réalisation des missions ultérieures (études G2 PRO et G4 notamment).

REDACTEUR
Joceran DEBREUCQ
Responsable d'agence

VERIFICATEUR
Anaïs ANTIGNY
Ingénieur géotechnicien

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques 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 GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

Annexe 2 : Conditions de validité de l'étude

1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à GEOTECHNIQUE SAS au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.

2 - Ce rapport ne peut pas prendre en compte les variations éventuelles entre sondages. L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à GEOTECHNIQUE SAS.

3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.

4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à GEOTECHNIQUE SAS qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.

5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux de fondations et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à GEOTECHNIQUE SAS afin d'étudier les adaptations nécessaires.

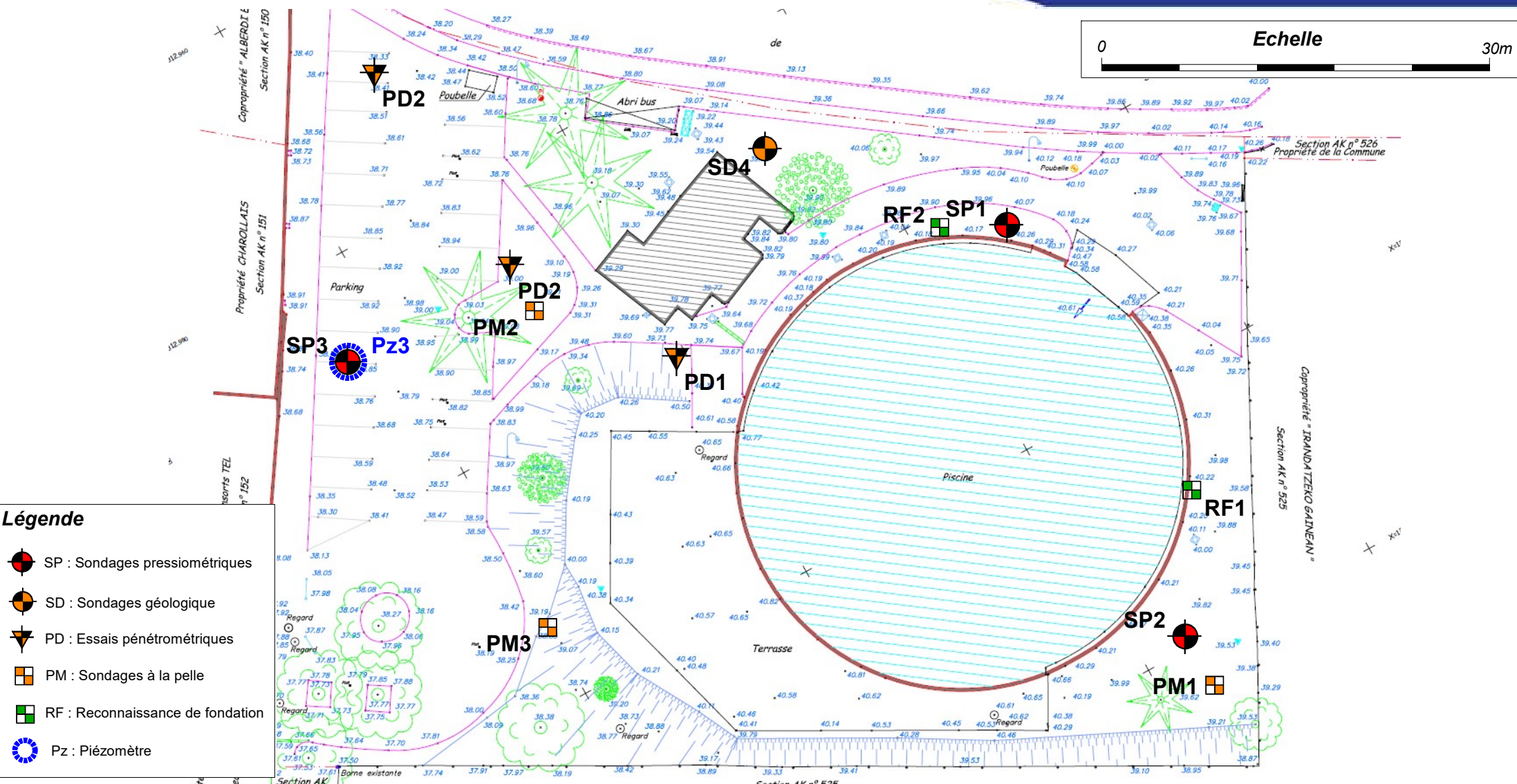
6 - Nous recommandons que toutes les opérations de construction en relation avec les terrassements et les fondations soient inspectées par un ingénieur géotechnicien afin d'assurer que les dispositions constructives soient totalement accomplies pendant les travaux.

Annexe 3 : Implantation des sondages

PLAN DE LOCALISATION DES SONDAGES



GÉotechnique
sciences de la terre sas



Projet JDn2023-03-85-HENDAYE (64)

Commune d'Hendaye - Rue Santiago - Piscine communale

Ind.A - Juin 2023

Annexe 4 : Coupes de sondages

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Chantier : **HENDAYE (64)**

Dossier : **JDn2023-03-85**

Client : **Commune d'Hendaye**

Echelle : **1/75**

X :

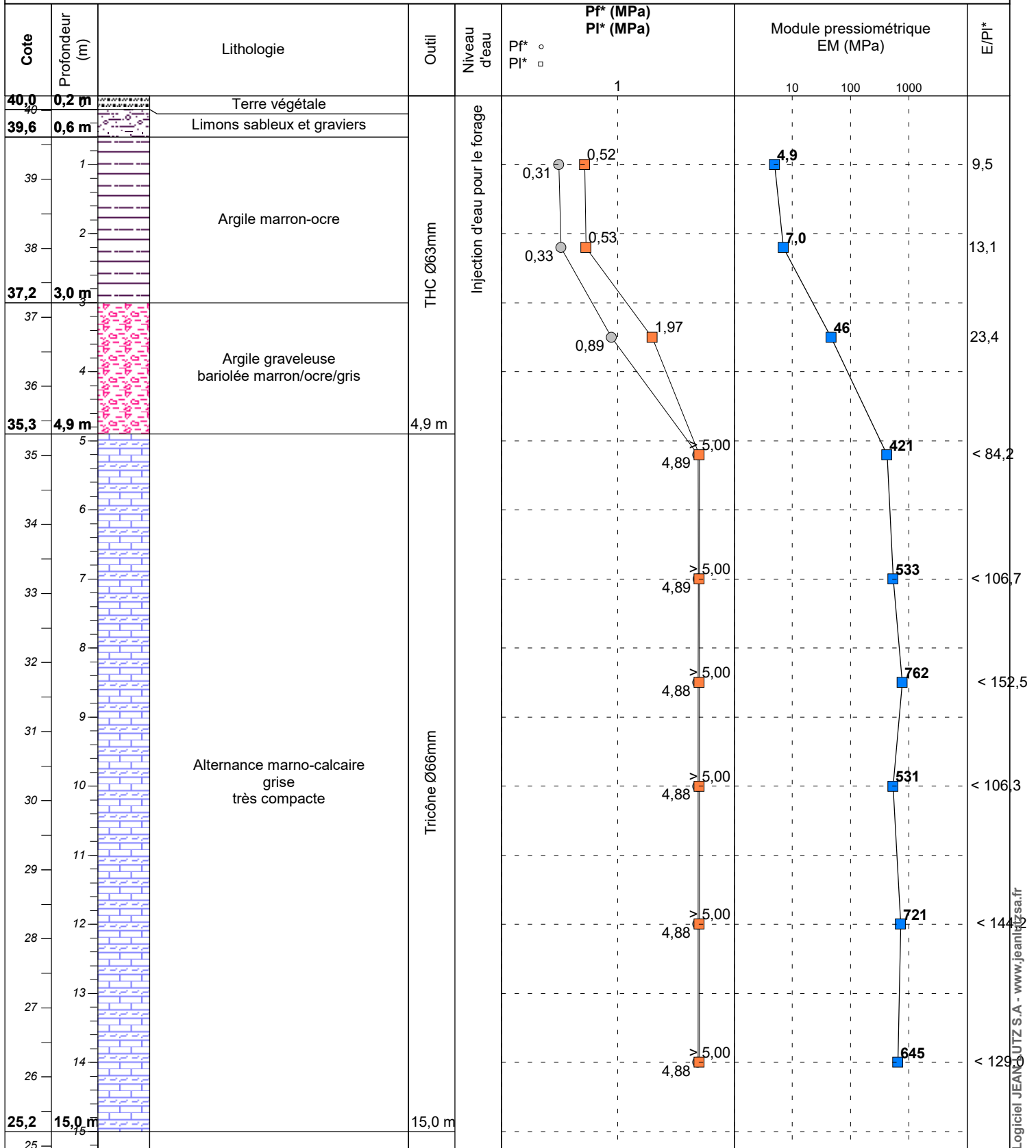
Y :

Z : **40.21 mNGF**

Date début de forage : **22/05/2023**

Profondeur : **15.0m**

Angle : **0°**



Observation : Niveau d'eau mesuré en fin de forage

EXGTE 3.23

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Chantier : **HENDAYE (64)**

Dossier : **JDn2023-03-85**

Client : **Commune d'Hendaye**

Echelle : **1/75**

X :

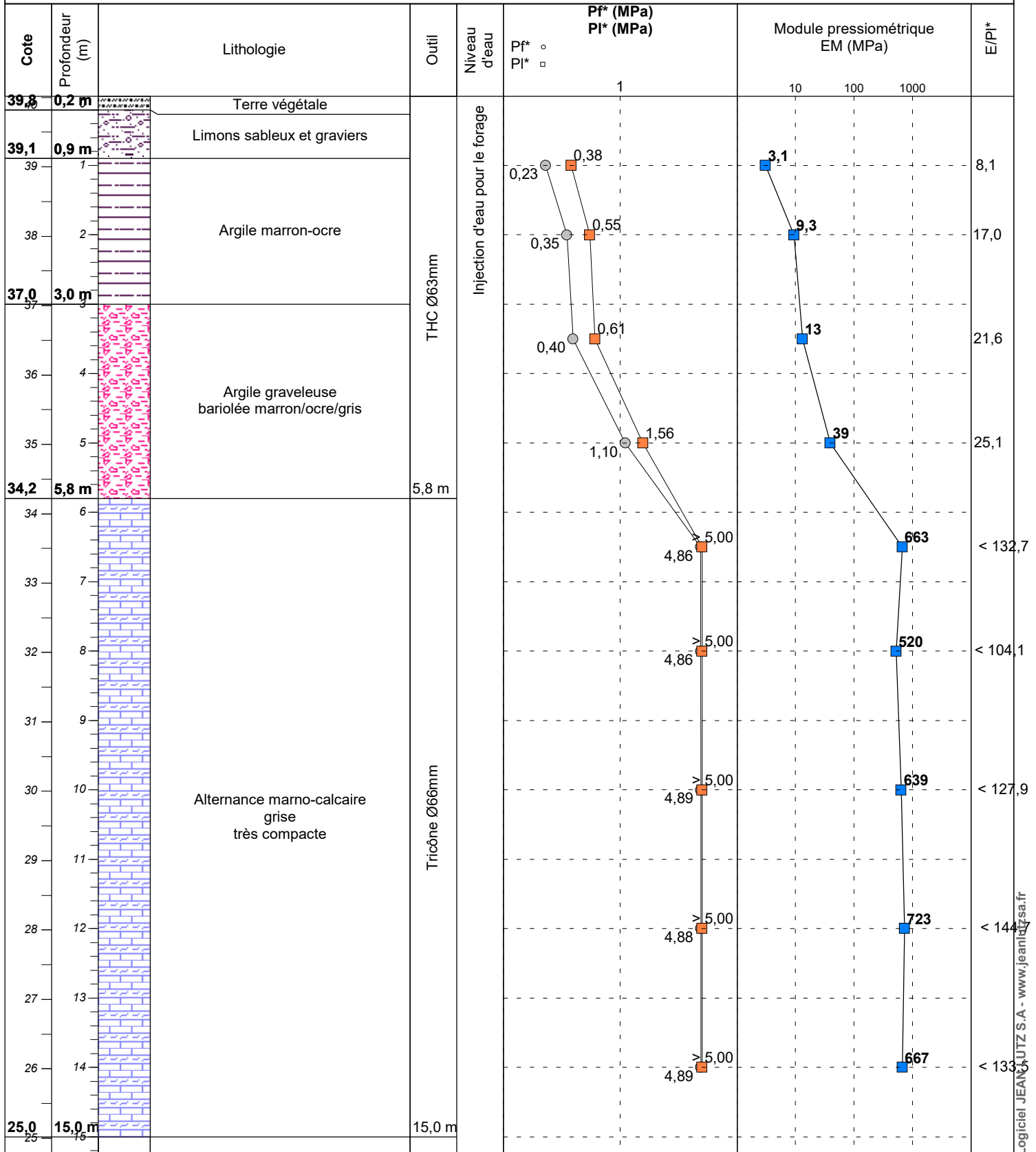
Y :

Z : **40.02 mNGF**

Date début de forage : **23/05/2023**

Profondeur : **15.0m**

Angle : **0°**



Observation : Niveau d'eau mesuré en fin de forage

EXGTE 3.23

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP3

Chantier : **HENDAYE (64)**

Dossier : **JDn2023-03-85**

Client : **Commune d'Hendaye**

Echelle : **1/75**

X :

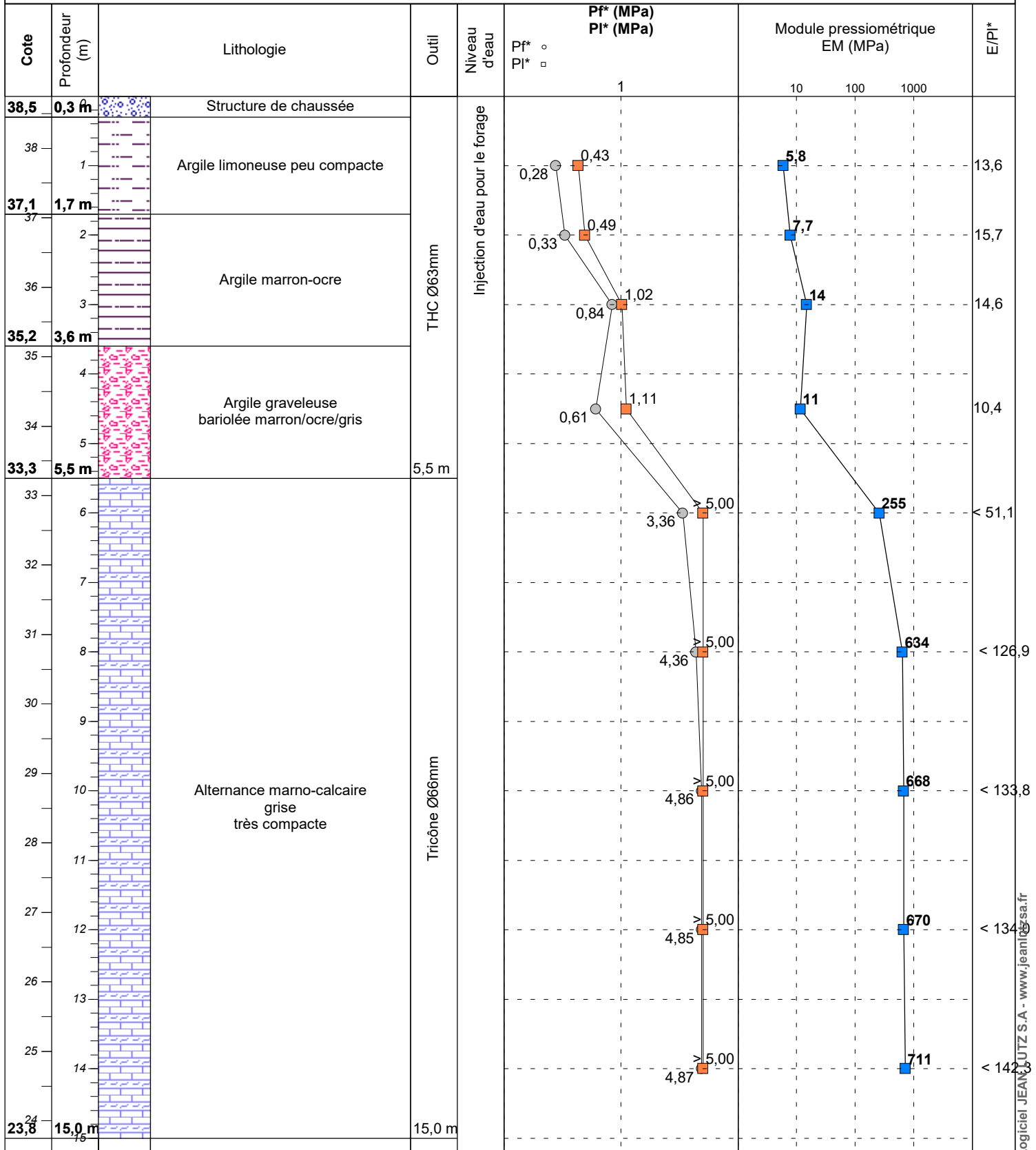
Y :

Z : **38.75 mNGF**

Date début de forage : **24/05/2023**

Profondeur : **15.0m**

Angle : **0°**



Observation : Niveau d'eau mesuré en fin de forage

EXGTE 3.23

Log pressiométrique - E158

SONDAGE GEOLOGIQUE SD4

Chantier : **HENDAYE (64)**

Dossier : **JDn2023-03-85**

Client : **Commune d'Hendaye**

Echelle : **1/75**

X :

Y :

Z : **39.57 mNGF**

Date du sondage : **25/05/2023**

Machine

Cote (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Refus
39,3	0,3 m	Terre végétale	Tricône Ø66mm	Injection d'eau pour le forage	
38,6	1,0 m	Argile marron-ocre			
34,95	4,7 m	Argile graveleuse bariolée marron/ocre/gris			
24,6	15,0 m	Alternance marno-calcaire grise très compacte	Tricône Ø66mm		

EXGTE 3.23

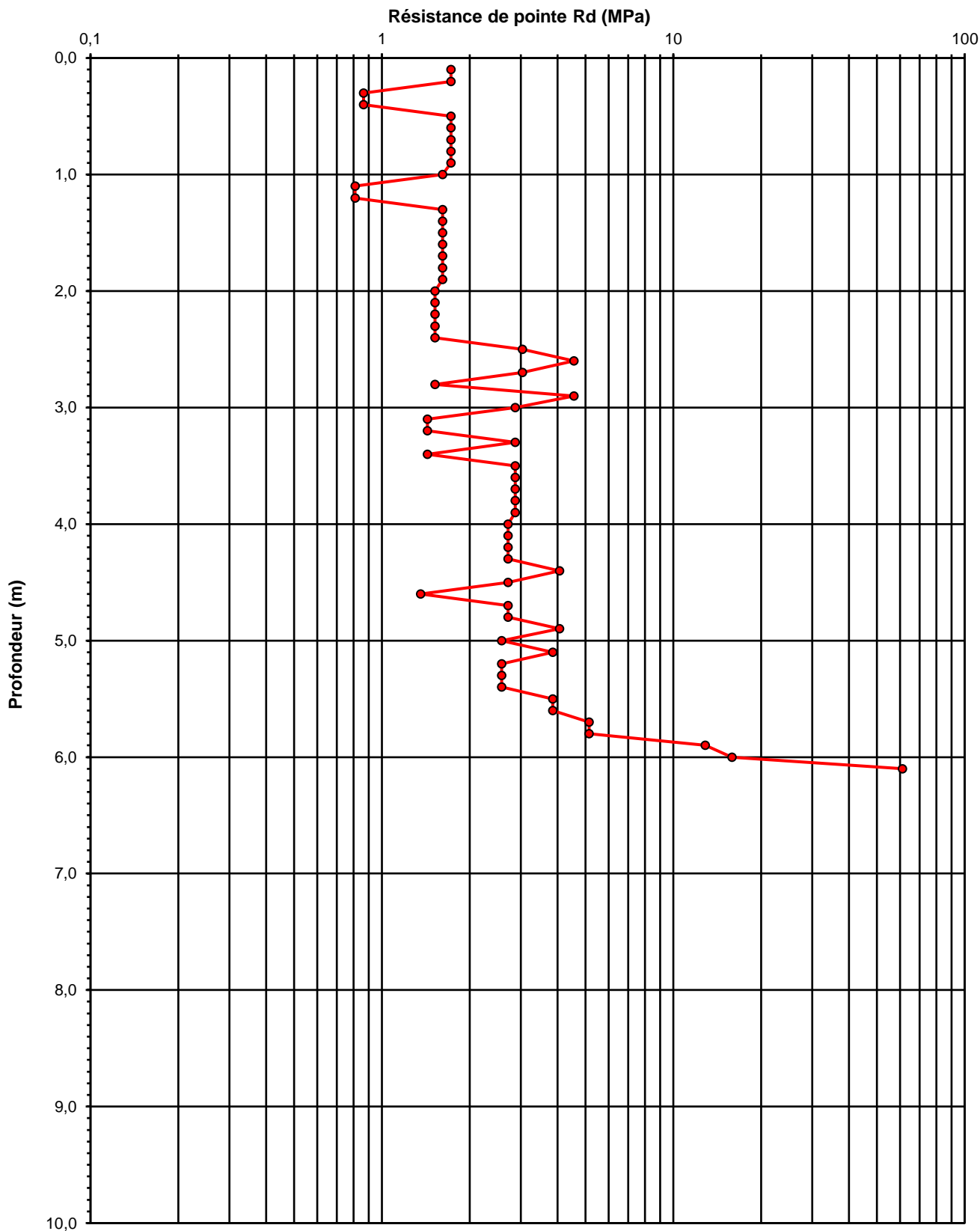
Observations :

Client : Mairie
 Lieu : HENDAYE (64)
 Dossier n° : JDn2023-03-85
 Date : 19/05/23

Caractéristiques du pénétromètre : GEOTOOL

Poids du mouton (kg) : 63,5
 Poids d'une tige (kg) : 6
 Poids de l'enclume (kg) : 18
 Hauteur de chute (cm) : 75
 Section de la pointe (cm²) : 20

Cote (NGF) : **39,77**
 Profondeur atteinte (m) : **6,10**
 Prof. niveau d'eau (m) : -

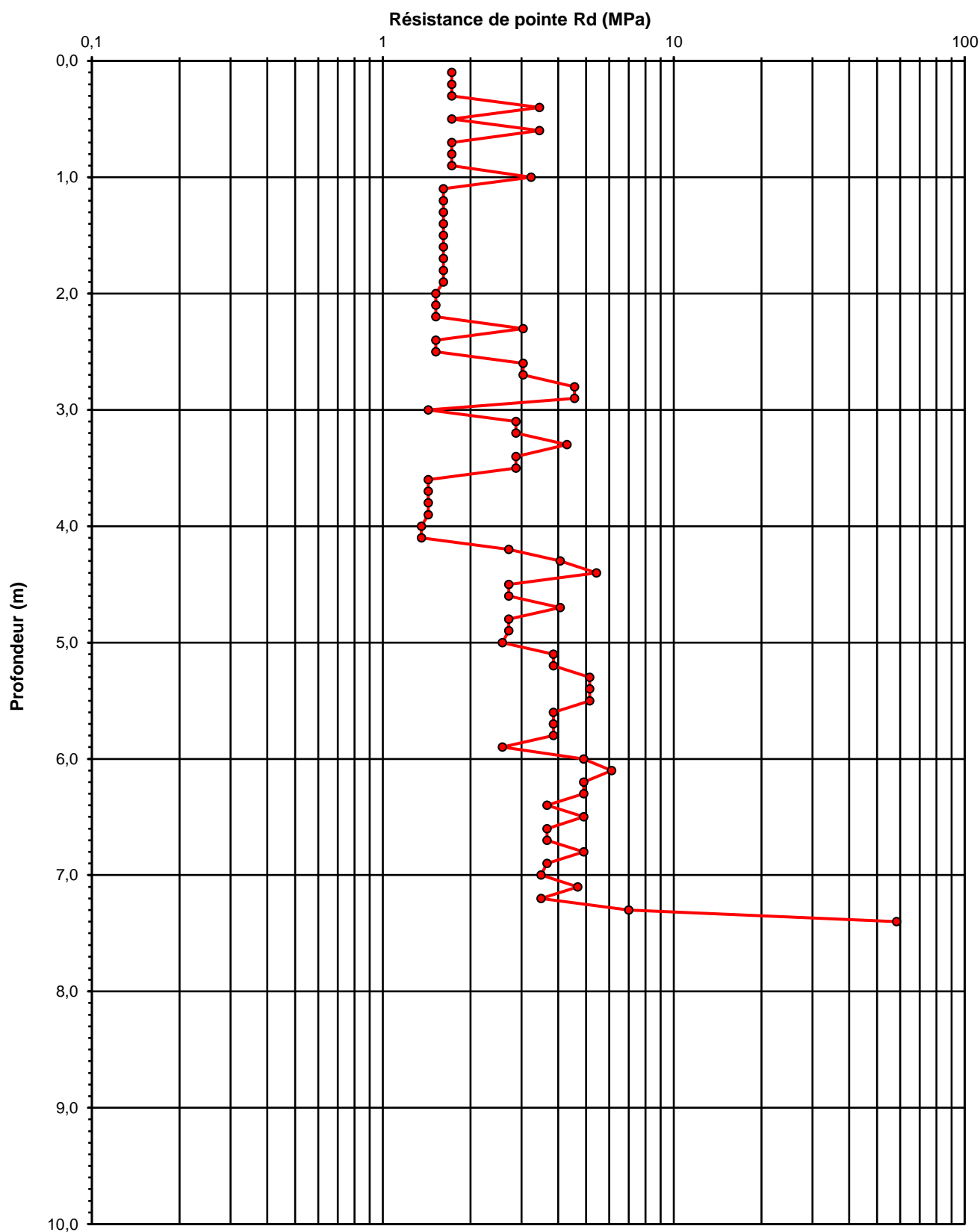


Client : Mairie
 Lieu : HENDAYE (64)
 Dossier n° : JDn2023-03-85
 Date : 19/05/23

**Caractéristiques du pénétromètre :
GEOTOOL**

Poids du mouton (kg) : 63,5
 Poids d'une tige (kg) : 6
 Poids de l'enclume (kg) : 18
 Hauteur de chute (cm) : 75
 Section de la pointe (cm²) : 20

Cote (NGF) : **39,09**
 Profondeur atteinte (m) : **7,40**
 Prof. niveau d'eau (m) : -



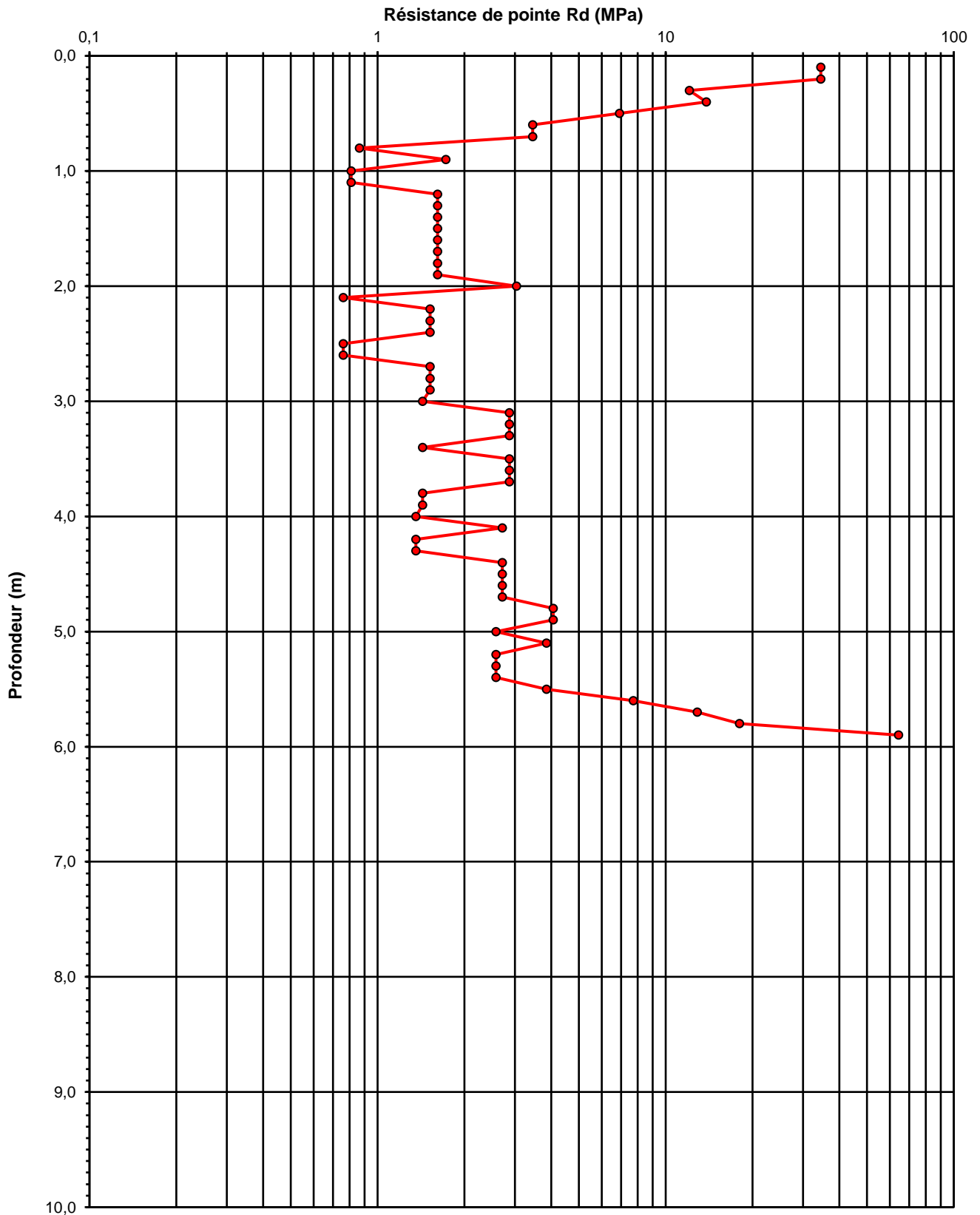


Client : Mairie
Lieu : HENDAYE (64)
Dossier n° : JDn2023-03-85
Date : 19/05/23

**Caractéristiques du pénétromètre :
GEOTOOL**

Poids du mouton (kg) : 63,5
Poids d'une tige (kg) : 6
Poids de l'enclume (kg) : 18
Hauteur de chute (cm) : 75
Section de la pointe (cm²) : 20

Cote (NGF) : **38,30**
Profondeur atteinte (m) : **5,90**
Prof. niveau d'eau (m) : -



SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier : HENDAYE (64)
Affaire : JDn2023-03-85
Client : Commune d'Hendaye

Date : 06/06/2023 **Opérateur :** JDn **Côte :** 39,48 m NGF

PM1

Profondeur (m/TA)	Cote (NGF)	Description des faciès	Référence des faciès	Niv. D'eau	
				Prof. (m/TA)	Cote (NGF)
0,0	0,00	39,48	Terre végétale limoneuse brune	Tv	
-0,2	0,30	39,18			
-0,4			Argile limoneuse marron à brune	H1	
-0,6					
-0,8	0,90	38,58			
-1,0					
-1,2					
-1,4					
-1,6					
-1,8					
-2,0					
-2,2			Argile graveleuse bariolée ocre / marron / gris	H2	
-2,4					
-2,6					
-2,8					
-3,0					
-3,2					
-3,4					
-3,6	3,70	35,78			
-3,8					
-4,0					

Photographies



SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier : HENDAYE (64)
Affaire : JDn2023-03-85
Client : Commune d'Hendaye

Date : 06/06/2023 **Opérateur :** JDn **Côte :** 39,09 m NGF

PM2

Profondeur (m/TA)	Cote (NGF)	Description des faciès	Référence des faciès	Niv. D'eau	
				Prof. (m/TA)	Cote (NGF)
0,0	0,00	39,09	Terre végétale limoneuse brune	Tv	
-0,2	0,20	38,89			
-0,4			Argile limoneuse marron à brune	H1	
-0,6					
-0,8	0,70	38,39			
-1,0					
-1,2					
-1,4					
-1,6					
-1,8					
-2,0			Argile graveleuse bariolée ocre / marron / gris	H2	
-2,2					
-2,4					
-2,6					
-2,8					
-3,0					
-3,2					
-3,4	3,40	35,69			
-3,6					
-3,8					
-4,0					

Photographies



SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier : HENDAYE (64)
Affaire : JDn2023-03-85
Client : Commune d'Hendaye

Date : 06/06/2023 **Opérateur :** JDn **Côte :** 38,96 m NGF

PM3

Profondeur (m/TA)	Cote (NGF)	Description des faciès	Référence des faciès	Niv. D'eau	
				Prof. (m/TA)	Cote (NGF)
0,0	0,00	38,96	Terre végétale limoneuse brune	Tv	
-0,2	0,20	38,76			
-0,4			Argile limoneuse marron à brune	H1	
-0,6	0,60	38,36			
-0,8					
-1,0					
-1,2					
-1,4					
-1,6					
-1,8					
-2,0			Argile graveleuse bariolée ocre / marron / gris	H2	
-2,2					
-2,4					
-2,6					
-2,8					
-3,0					
-3,2	3,20	35,76			
-3,4					
-3,6					
-3,8					
-4,0					

Photographies



Annexe 5 : Reconnaissance de fondations

RECONNAISSANCE DE FONDATION



Chantier : **HENDAYE - Piscine**
 Affaire : **JDn2023-03-85**
 Client : **Commune d'Hendaye**

RF1

Date : 15/06/2023 Operateur : JDn Côte : 40,21 m NGF

Profondeur (m)	Cote (NGF)	Schema de la fondation	Description des faciès géologiques
0,2			
0,0	0,00		Terre végétale
-0,2			0,20
-0,4			Remblais limoneux
-0,6	0,60		0,70
-0,8		Fondation en béton	Argile limoneuse marron/ocre
-1,0			
-1,2			
-1,4	1,40		1,60
-1,6			
-1,8			
-2,0			

Photographies



RECONNAISSANCE DE FONDATION



Chantier : **HENDAYE - Piscine**
 Affaire : **JDn2023-03-85**
 Client : **Commune d'Hendaye**

RF2

Date : 15/06/2023 Operateur : JDn Côte : 40,15 m NGF

Profondeur (m)	Cote (NGF)	Schema de la fondation	Description des faciès géologiques
0,2			
0,0	0,00		Terre végétale
-0,2			0,20
-0,4			
-0,6	0,60		Remblais limoneux
-0,8			0,80
-1,0			
-1,2			Argile limoneuse marron/ocre
-1,4	1,40		1,60
-1,6			
-1,8			
-2,0			

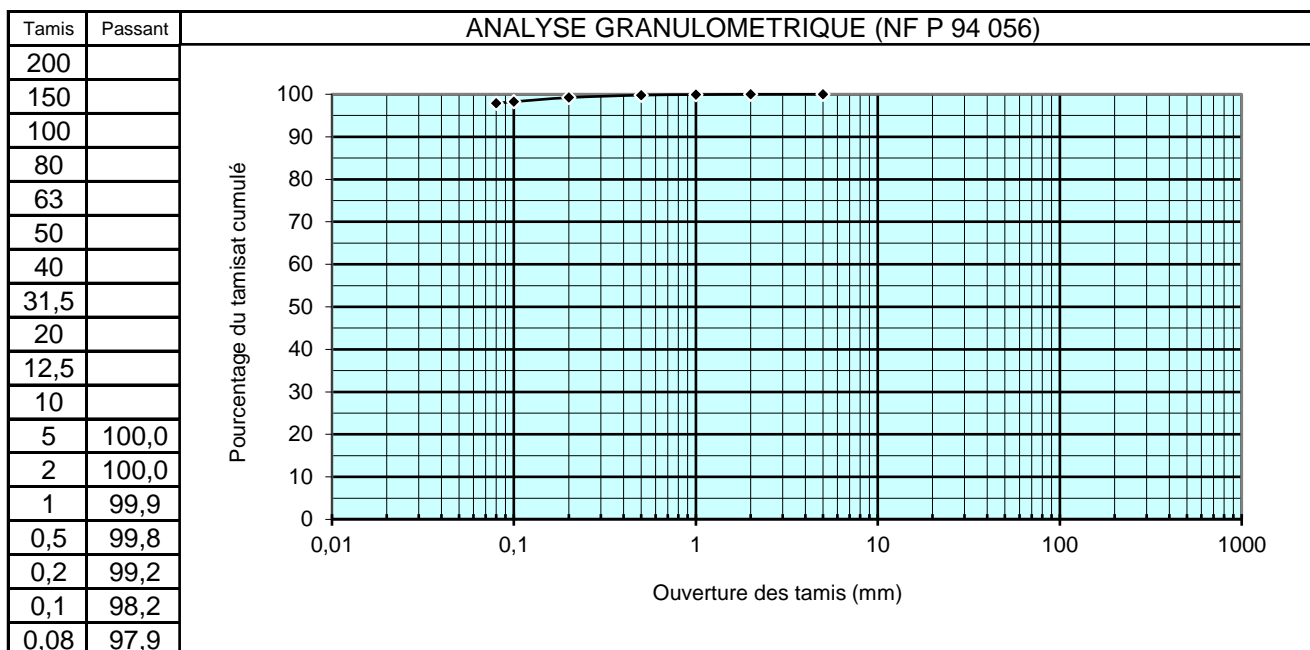
Photographies



Annexe 6 : Essais en laboratoire

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Argile limoneuse	Date du prélèvement :	06/06/2023
Provenance des matériaux :	PM1	Date des essais :	21/06/2023
Profondeurs :	3,6m	Opérateurs :	MDm
Observations :	marron orangé		



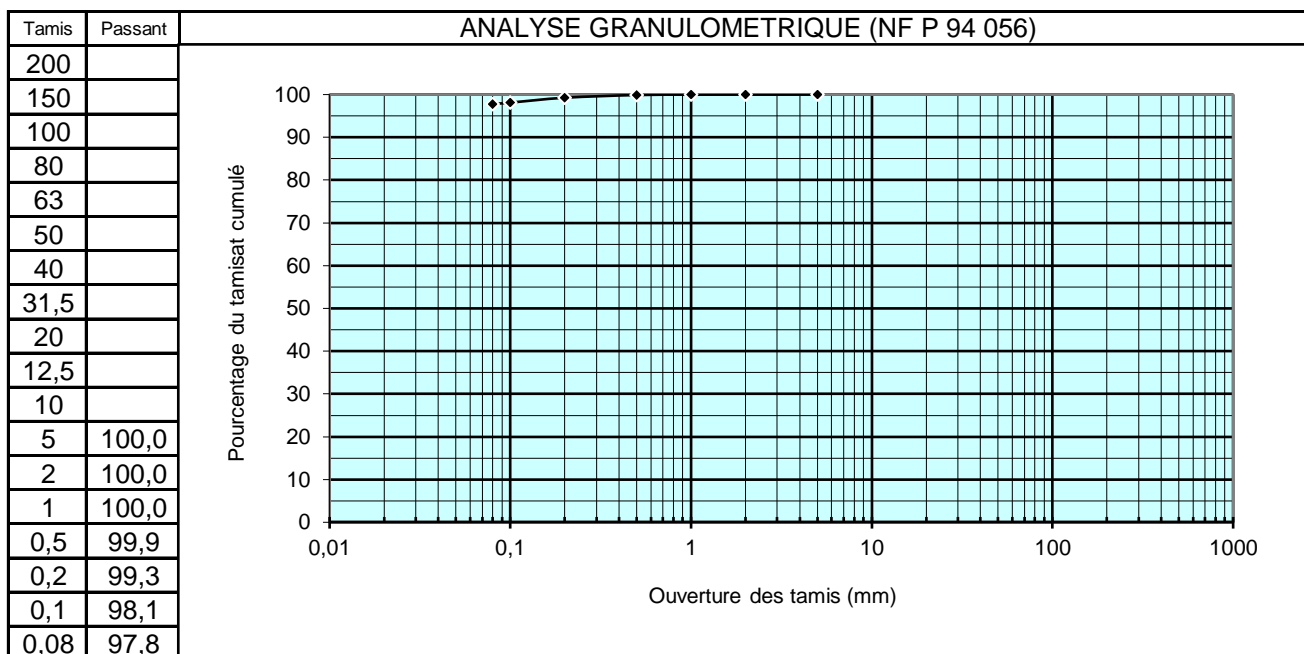
AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	97,9%	
NF P 94 056	D max =	5,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	54,7 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =	73	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =	42	
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =	31	
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =	0,59	
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	/	t/m ³
CLASSIFICATION GTR :		A3	

Observations :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Argile limoneuse	Date du prélèvement : 06/06/2023
Provenance des matériaux :	PM2	Date des essais : 21/06/2023
Profondeurs :	1,5m	Opérateurs : MDm
Observations :	marron orangé	



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	97,8%	
NF P 94 056	D max =	5,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	54,1 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =	72	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =	46,7	
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =	25,3	
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =	0,71	
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	/	t/m ³
CLASSIFICATION GTR :		A3	

Observations :

COMPTE RENDU D'ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE CISAILLEMENT DIRECT - NF EN ISO 17892-10

Type d'essai : CD

bati n° : 2

Anneau : 5kN

Sondage : PM3

Profondeur : 2,0m

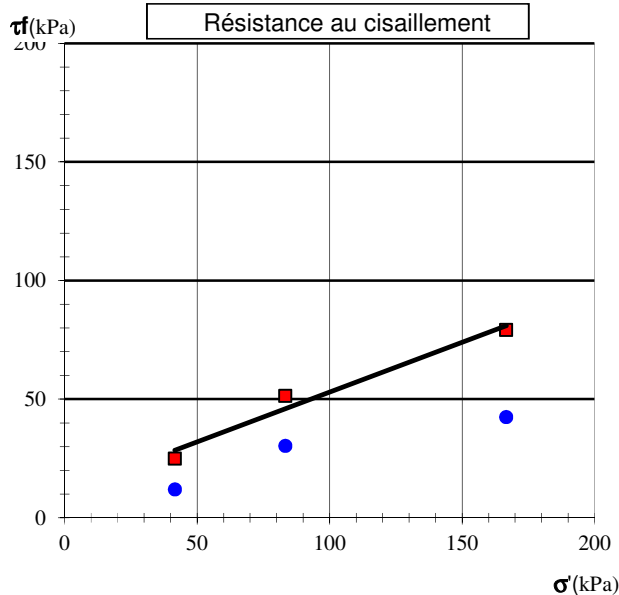
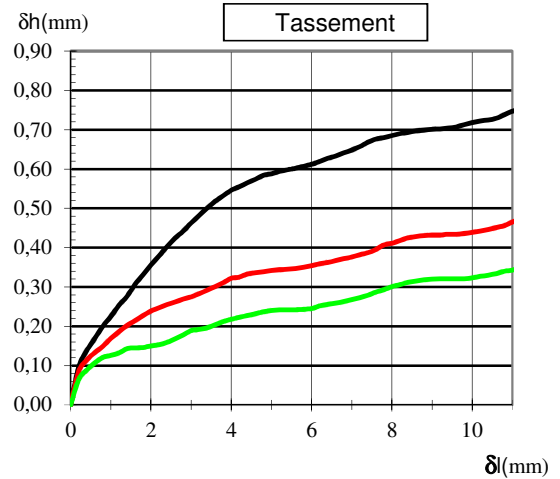
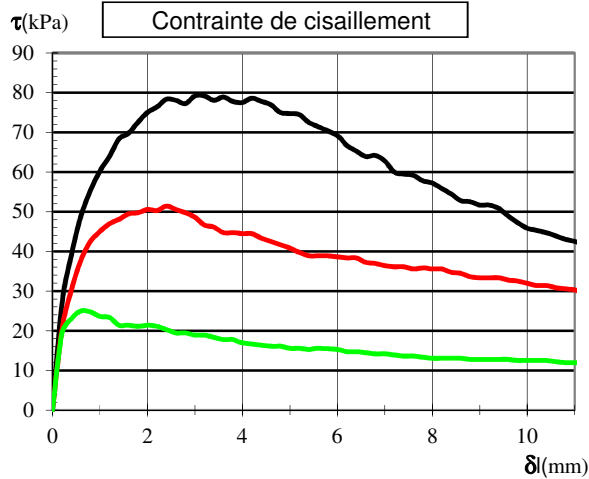
Nature du sol : Argile limoneuse marron clair

Date de prélèvement :

Date de l'essai : 28/06/23

Opérateurs : FTr

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisail.	Vitesse	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	Dim. ép. ρ_s est (kg/m3)	ρ_d (kg/m3)	w (%)	e	Sr (%)	ρ_d (kg/m3)	t100 (min)	w (%)	mm/mn		$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,r}$ (kPa)	$\delta l_{f,r}$ (mm)
1	2700	787	45,4%	2,43	50,3	838	4,82	56,0	0,025	166,7	79,2	3,0	42,5	11,0
2	2700	791	47,9%	2,41	53,6	809	2,82	55,5	0,025	83,3	51,4	2,4	30,3	11,0
3	2700	790	48,3%	2,42	53,9	809	2,02	56,2	0,025	41,7	25,0	0,6	11,9	11,0
4														
5														



■ Résistances pour le critère de pic ◆ Résistances à l'état final

Résultats	c' (kPa)		ϕ' (°)	
	c'	c'_f	ϕ'	ϕ'_f
	11	6	23	13

c' Cohésion effective
 ϕ' Angle de frottement effectif
pour le critère de pic

c'_f Cohésion à l'état final
 ϕ'_f Angle de frottement à l'état final

Le laboratoire :

Observations :

Intact

NOTRE SIÈGE SOCIAL

170 rue du Traité de Rome CS 80131
84918 AVIGNON Cedex 9
Tél. : 04 90 01 39 02
contact@geotechnique-sas.com

Retrouvez toutes nos agences sur
www.geotechnique-sas.com

0 805 690 989



GÉOtechnique
sciences de la terre sas