

Etude géotechnique d'avant-projet (Mission G2 AVP)

Extension d'un poste source

Lieu-dit « Les Malgarnis »
LE DONJON 03 130



Dossier 6904581 v0 - Juillet 2022



ENEDIS
DR Sillon Rhodanien
Bureau Régional d'Ingénierie Postes Source (BRIPS)
AURA -Pôle de Montluçon
7, rue Marcel Paul
03100 MONTLUCON

Client



Nom	ENEDIS – BRIPS AURA – Pôle de Montluçon
Adresse	7, rue Marcel Paul 03100 MONTLUÇON
Maître d'ouvrage/ Interlocuteur	M. MOREAU Vincent

ECR Environnement

Responsable de région	F. COME
Chargé d'affaires	C. NICOLAS

Agence de	LYON
Adresse	11, avenue Gaspard Monge – Z.A. du Chanay 69 720 SAINT-BONNET-DE-MURE
Téléphone	04.78.67.00.16
Mail	lyon@ecr-environnement.com

Date	Indice	Observation / Modification	Rédacteur	Vérificateur
29/07/2022	0	Première diffusion	C. NICOLAS	F. COME

Rédacteur	Contrôle interne
 C. NICOLAS Chargé d'affaires géotechnique	 F. COME Responsable de région

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	4
1.1.	OPERATION – INTERVENANTS	4
1.2.	MISSIONS	4
1.3.	INVESTIGATIONS REALISEES.....	5
1.4.	DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.	SITE ET PROJET	6
2.1.	PLANS DE SITUATION	6
2.2.	DESCRIPTION DU SITE.....	6
2.3.	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	7
2.4.	RISQUES NATURELS	7
2.5.	DESCRIPTION DU PROJET.....	9
3.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	11
3.1.	IMPLANTATION ET NIVELLEMENT	11
3.2.	LITHOLOGIE	11
3.3.	CARACTERISTIQUES GEOMECHANQUES	12
3.4.	ESSAIS EN LABORATOIRE	12
3.5.	HYDROGEOLOGIE	14
3.6.	PERMEABILITE.....	14
3.7.	MESURE DE RESISTIVITE ELECTRIQUE	15
3.8.1	<i>Principe des mesures de résistivité</i>	<i>15</i>
3.8.2	<i>Résultats</i>	<i>16</i>
3.8.	DONNEES PARASISMIQUES REGLEMENTAIRES	16
4.	SYNTHESE.....	17
5.	PRECONISATIONS POUR L'AVANT-PROJET	19
5.1.	TERRASSEMENTS GENERAUX.....	19
5.1.1.	<i>Principe</i>	<i>19</i>
5.1.2.	<i>Conditions de terrassement</i>	<i>19</i>
5.1.3.	<i>Drainage en phase chantier.....</i>	<i>19</i>
5.1.4.	<i>Réemploi des matériaux en remblais et/ou couche de forme</i>	<i>20</i>
5.1.5.	<i>Talutages</i>	<i>20</i>
5.1.6.	<i>Ouvrages de soutènement provisoires</i>	<i>21</i>
5.1.7.	<i>Avoisinants/Mitoyennetés</i>	<i>21</i>
5.1.8.	<i>Préparation des plateformes pour les radiers et les voiries.....</i>	<i>21</i>
5.1.9.	<i>Mise en place du remblai technique</i>	<i>23</i>
5.1.10.	<i>Contrôle du remblai technique</i>	<i>23</i>
5.2.	VOIRIES.....	24
5.2.1.	<i>Principe</i>	<i>24</i>

5.2.2.	<i>Couches de forme</i>	24
5.2.3.	<i>Contrôle</i>	24
5.3.	NIVEAUX BAS	25
5.4.	FONDATEMENTS DES OUVRAGES.....	25
5.4.1.	<i>Principe</i>	25
5.4.2.	<i>Méthodologie pour le dimensionnement des fondations</i>	26
5.4.3.	<i>Contraintes de calcul sous charge verticale centrée (Etats limites)</i>	27
5.4.4.	<i>Estimation des tassements</i>	28
5.4.5.	<i>Structure des radiers</i>	28
5.4.6.	<i>Hypothèse de dimensionnement des radiers</i>	28
5.4.7.	<i>Estimation des tassements des radiers</i>	29
5.4.8.	<i>Recommandations constructives spécifiques vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles</i>	29
5.4.9.	<i>Dispositions constructives et recommandations pour les fondations</i>	30
5.5.	REMARQUES, SUJETIONS D'EXECUTION ET DRAINAGE	31
6.	OBSERVATIONS	32

ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500
- Annexe 2 : Conditions particulières
- Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages
- Annexe 4 : Résultats des sondages et essais in situ
- Annexe 5 : Résultats des essais en laboratoire
- Annexe 6 : Résultats des mesures de résistivité

1. INTRODUCTION

1.1. Opération – Intervenants

Opération : Extension du poste source du Donjon

Adresse : RD 166, lieu-dit « Les Malgarnis » – 03 130 LE DONJON

Maître d'ouvrage : ENEDIS

1.2. Missions

La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude ECR Environnement, agence de Lyon, à la demande et pour le compte de ENEDIS. Elle honore notre offre du 24/05/2022.

Il s'agit d'une mission de type G2 AVP au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique jointe en Annexe 1.

L'étude répond aux objectifs suivants :

- préciser le contexte géologique et hydrogéologique général du site ;
- reconnaître la nature et les caractéristiques géomécaniques des sols au droit des ouvrages projetés ;
- reconnaître les niveaux d'eau (nappe, circulations ...) ;
- étudier la réutilisation des matériaux du site ;
- suggérer la réalisation de travaux liés à la présence d'eau et au type de sol (mise hors d'eau, drainage, ...) ;
- définir les modes de fondation envisageables en fonction des éléments communiqués ;
- étudier les conditions de faisabilité et de mise en œuvre des dallages et des voiries ;
- fournir les paramètres de dimensionnement des fondations proposées (niveaux d'assise, taux de travail admissible du sol, contraintes de calcul aux ELU et aux ELS, ...) ;
- définir la catégorie des sols et les données parasismiques réglementaires vis-à-vis des règles sismiques de l'Eurocode 8 et les préconisations ;
- indiquer les caractéristiques intrinsèques des sols (cohésion et angle de frottement) pour l'étude des ouvrages de soutènements ;
- évaluer les sujétions d'exécution des travaux de terrassements, de traitement et de fondations liées aux conditions géotechniques du site et aux caractéristiques du projet (talutages, soutènements, avoisinants, protection vis-à-vis de l'eau ...).

1.3. Investigations réalisées

La campagne d'investigations suivante a été réalisée pour les besoins de l'étude :

Essais in situ :

- 3 sondages pressiométriques (SP1 à SP3) descendus à 7.0 m de profondeur ;
- 1 piézomètre (PZ) en PVC vissé Ø 52/60 mm descendu à 6.9 m de profondeur ;
- 6 essais au pénétromètre dynamique lourd type DPSHB (PN1 à PN6) descendus à 7.0 m de profondeur ;
- 8 sondages à la pelle hydraulique (PU1 à PU8) descendus entre 2.3 et 3.3 m de profondeur ;
- 3 essais d'infiltration à niveau variable de type MATSUO (EP1 à EP3) réalisés au droit des sondages PU1, PU7 et PU8 entre 1.6 et 3.0 m de profondeur ;
- 14 mesures de résistivité électrique extension réalisée au droit de la future du poste source réalisée selon la méthode Wenner.

Essais en laboratoire :

- 2 identifications GTR des sols (teneur en eau, analyse granulométrique, VBS ou limites d'Atterberg) réalisées au droit des sondages PU2 et PU4 prélevés respectivement à 1.5 et 2.2 m de profondeur ;
- 1 essai PROCTOR + 1 mesure IPI réalisés au droit du sondage PU2 sur un échantillon prélevé à 1.5 m de profondeur.

L'implantation des sondages est reportée sur le plan joint en Annexe 3. Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ sont joints en Annexe 4. Les résultats des essais en laboratoire sont joints en annexe 5. Les résultats des mesures de résistivité sont joints en annexe 6.

1.4. Documents de référence

Les documents suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- mail de consultation daté du 13/05/2022 ;
- plans de situation, de masse de l'existant et de la situation projetée établis par ENEDIS.

2. SITE ET PROJET

2.1. Plans de situation

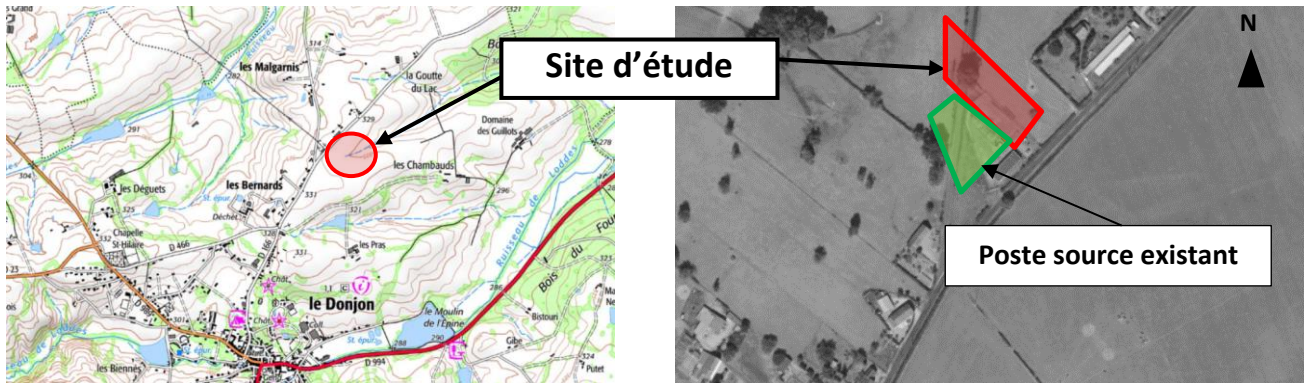


Fig. 1 - Extraits de la carte topographique 1/25 000 et de la vue aérienne du site, Géoportail (IGN)

2.2. Description du site

Le site est localisé au lieu-dit « Les Malgarnis », le long de la route de Montenay, au Nord de la commune du Donjon (03), parcelles cadastrées 961 et 962 section A.

Le poste existant est clôturé et délimité par :

- le chemin des Malgarnis au Nord et à l'Ouest ;
- la route de Monetay au Sud ;
- une parcelle enherbée à l'Est.

Le site est actuellement occupé par les ouvrages du poste existant (bâtiments, pylônes, transformateurs, réseaux enterrés ...) et un champ de 4500 m² environ.

La topographie du site se répartie de la manière suivante :

- au droit du poste source existant : la topographie du site est sensiblement plane. Son altitude est d'environ 330 m NGF ;
- au droit du champ existant : la topographie du site présente une pente moyenne (+/- 5 %) orientée vers le nord-Ouest. Son altitude varie d'environ 225 à 330 m NGF.

2.3. Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique du Donjon à l'échelle 1/50 000 et nos connaissances locales, le sous-sol du site est constitué, sous d'éventuels remblais, par des alluvions fluvio-lacustre (FL2 et FL3 : formation du Bourbonnais composée de sables et argiles).

D'après le contexte géographique du site et la banque de données du sous-sol du BRGM, ces formations ne sont pas le siège d'une nappe à faible profondeur (< 10 m).

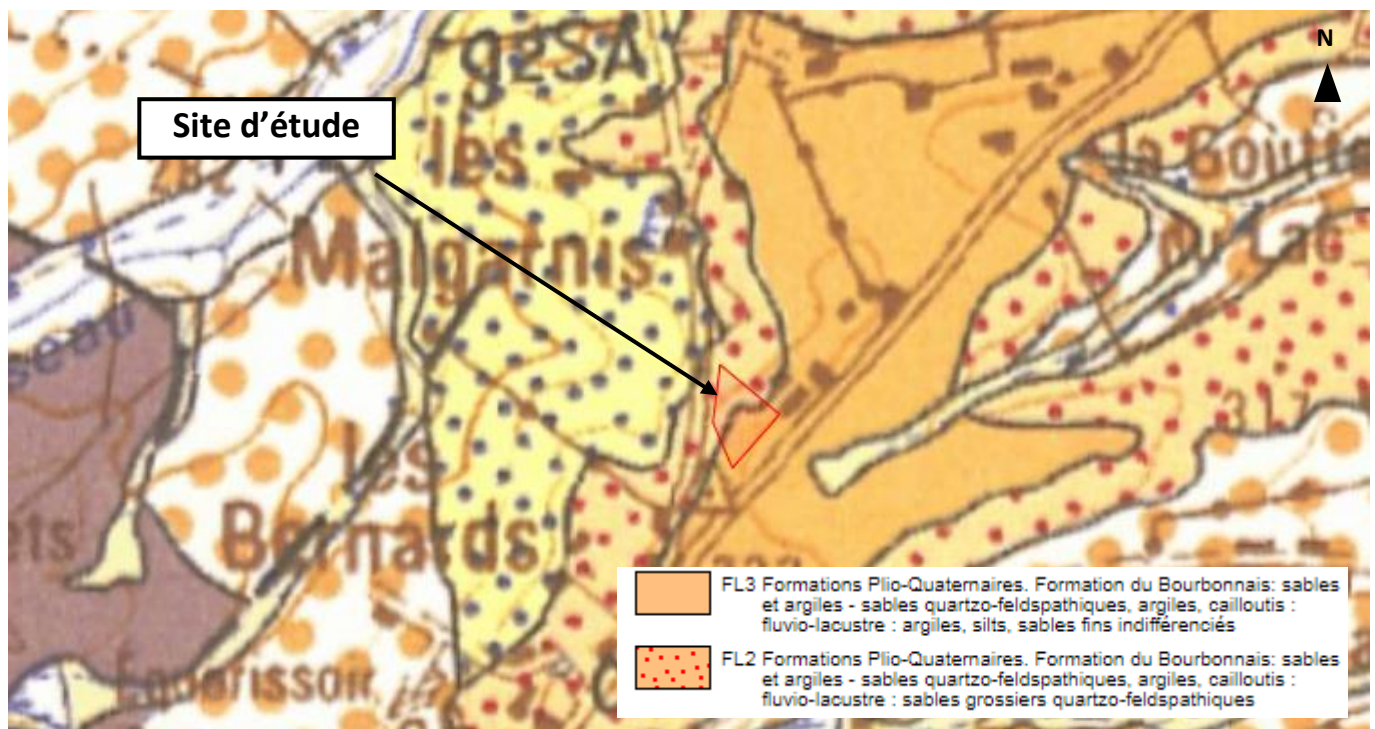


Fig. 2 - Extrait de la carte géologique 1/50 000, Infoterre (BRGM)

2.4. Risques naturels

Sismique (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) :

La commune du Donjon (03) est située en zone de sismicité 2 (aléa faible).

La catégorie d'importance des ouvrages et bâtiments sera a priori de classe IV. Dans ces conditions, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 sera obligatoire. La classe des ouvrages et bâtiments devra être validée par le maître d'ouvrage.

Inondation et coulées de boue :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv.fr », trois arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune du Donjon (03) entre 1982 et 2000 suite à des inondations et des coulées de boue.

D'après le site du BRGM « georisques.gouv.fr », le site est classé en zone sans débordement de nappe, ni inondation de cave (fiabilité moyenne).

Mouvement de terrain :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv.fr », un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle a été pris sur la commune du Donjon (03) en 1999 suite à des mouvements de terrain.

Sécheresse :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv.fr », quatre arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune du Donjon (03) entre 2004 et 2021 suite à la sécheresse.

Retrait gonflement des sols argileux :

D'après le site du BRGM « infoterre.fr », le site est classé en zone d'exposition moyenne vis-à-vis du risque de retrait gonflement des argiles (cf. Fig. 3).

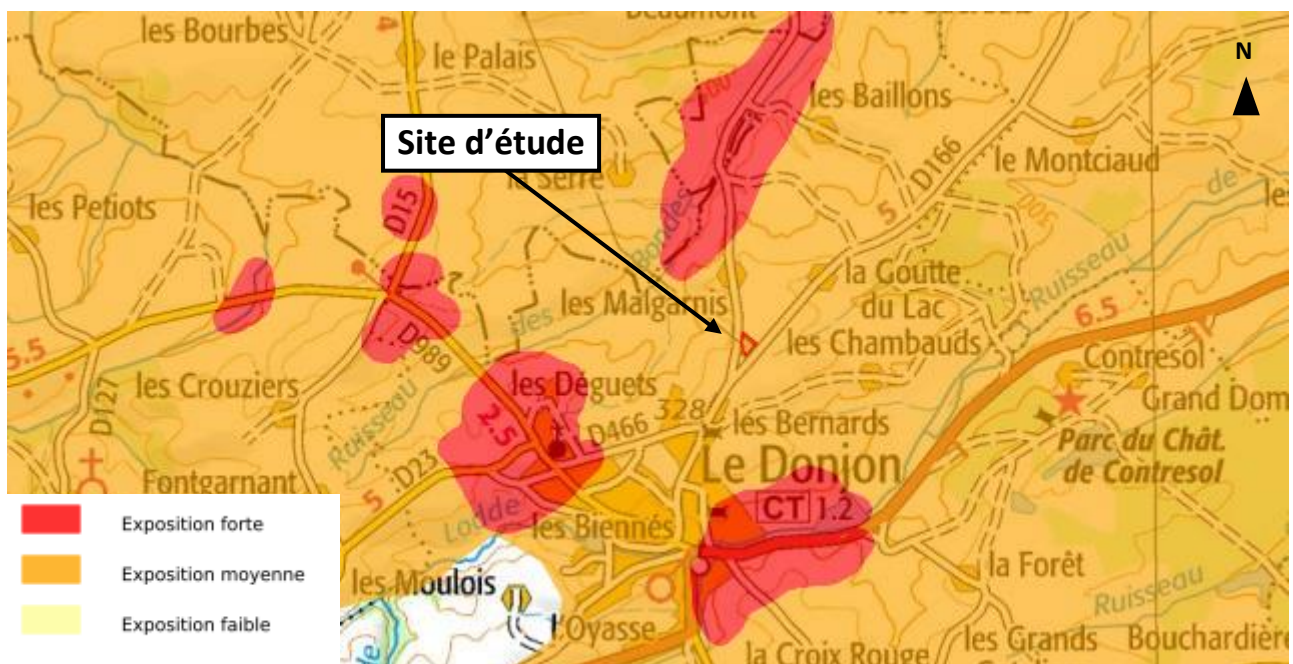


Fig. 3 - Extrait de la carte du phénomène de retrait gonflement des argiles, Infoterre (BRGM)

2.5. Description du projet

Le projet prévoit la modification et l'extension du poste existant. Dans ce cadre, Il est prévu la réalisation des nouveaux ouvrages suivants (cf. Fig. 4) :

- deux grilles HTA et bancs transformateurs ;
- deux disjoncteurs et jeux de barres ;
- un éventuel bassin d'orage (étude hydraulique en cours) ;
- des voiries légères et lourdes.

Les ouvrages projetés pourront être avoisinants et/ou mitoyens à d'autres ouvrages existants (pylône HT, bâtiment existant, clôture ...) en fonction de leur implantation définitive.

Les niveaux bas des ouvrages projetés et les descentes de charges du projet ne sont pas connus à ce stade du projet. Toutefois, compte tenu des caractéristiques techniques des ouvrages électriques classiquement retenus dans les postes sources (disjoncteurs, grilles HTA/bancs transformateurs, bâtiments HTA ...), ces ouvrages seront essentiellement enterrés entre 1.0 et 3.0 m de profondeur.

Dans ces conditions, des terrassements en déblais +/- importants seront nécessaires pour insérer les ouvrages sur le site. Les terres seront maintenues par des talus adaptés et/ou des ouvrages de soutènement.

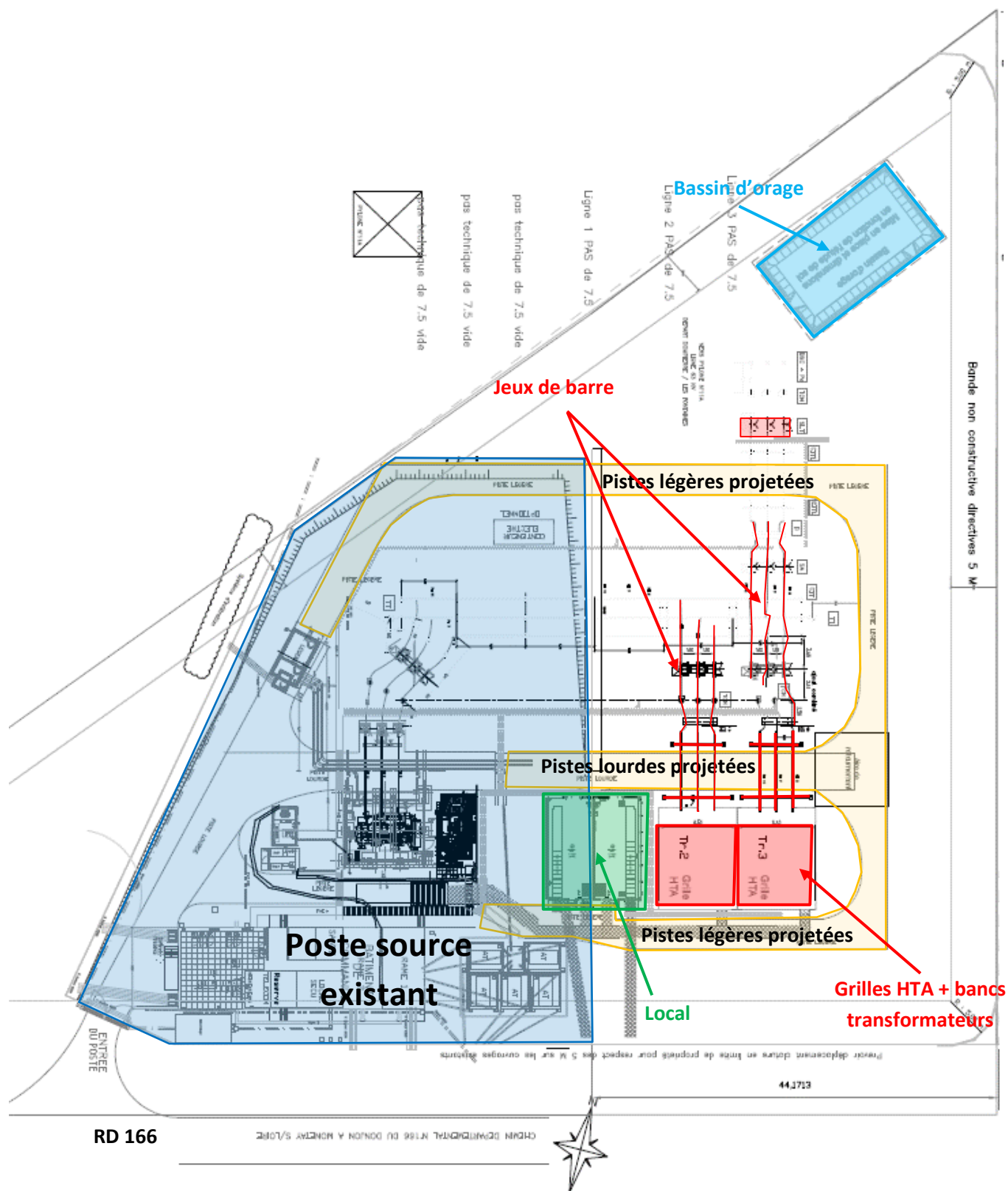


Fig. 4 – plan de masse du projet, ENEDIS

3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Implantation et nivellement

La position des sondages et du repère topographique figure sur le plan d'implantation joint en Annexe 3. L'implantation des sondages a été réalisée avec l'accord du client en fonction du plan du projet, des conditions d'accès et de la présence des réseaux aériens et enterrés.

Les points de sondage ont été nivelés en prenant référence sur la base du portail au Sud de la parcelle (cf. plan d'implantation). Nous lui avons attribué la cote altimétrique de 100.00 m NI (Nivellement Indépendant).

La cote altimétrique de la tête du sondage est reportée dans le tableau suivant :

Sondage	SP1	SP2	SP3	PZ
Cote (m NI)	99.69	99.84	99.52	99.78

Sondage	PU1/PN1	PU2/PN2	PU3/PN3	PU4/PN4	PU5/PN5	PU6/PN6	PU7	PU8
Cote (m NI)	99.79	99.51	98.48	98.44	99.80	99.79	95.77	94.75

3.2. Lithologie

Les coupes des sondages sont jointes en Annexe 4. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au niveau du terrain tel qu'il était lors de nos interventions (juillet 2022).

Les sondages ont permis d'établir la coupe lithologique suivante :

Formation 1 : terre végétale

Cette formation est composée de terre végétale sablo-argileuse brune. Elle a été reconnue au droit de l'ensemble des sondages sur une faible épaisseur de 10 à 30 cm.

Formation 2 : argiles sableuses

Cette formation est composée d'argiles sableuses +/- graveleuses marron à grises. Elle a été reconnue au droit de l'ensemble des sondages (hormis PU8) jusqu'à une profondeur comprise entre 3.4 et 7.0 m/TA (Terrain Actuel). Elle présente des caractéristiques géomécaniques globalement moyennes avec ponctuellement des passages de meilleurs compacité (notamment entre 2.5 et 4.0 m /TA).



Formation 3 : sables (sondage PU8 au Nord du site)

Cette formation est composée de sables beiges à marron. Elle a été reconnue jusqu'au terme du sondage PU8 uniquement (> 3.0 m/TA).

Il est important de noter que cette formation n'a été reconnue qu'au Nord du site en contre-bas du site.

Remarque :

Les essais au pénétromètre dynamique ne permettent pas de reconnaître la nature des terrains traversés (essais dits « aveugles ») mais ils permettent de mesurer la compacité des différents horizons rencontrés.

3.3. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques des formations sont reportées dans le tableau suivant :

Formation	Prof. toit (m/TA)	Pression limite pl^* (MPa)		Module pressiométrique E_M (MPa)		Résistance dynamique de pointe q_d (MPa)	
		Mini	Maxi	Mini	Maxi		
2 – argiles sableuses	0.1 à 0.3	0.80	2.20	8.5	24.1	2	23

3.4. Essais en laboratoire

Pour identifier les sols du site selon la classification GTR 2000, des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons de sol prélevés au droit des sondages à la pelle PU2 et PU4.

Les tableaux suivants présentent les principaux résultats des essais de laboratoire :

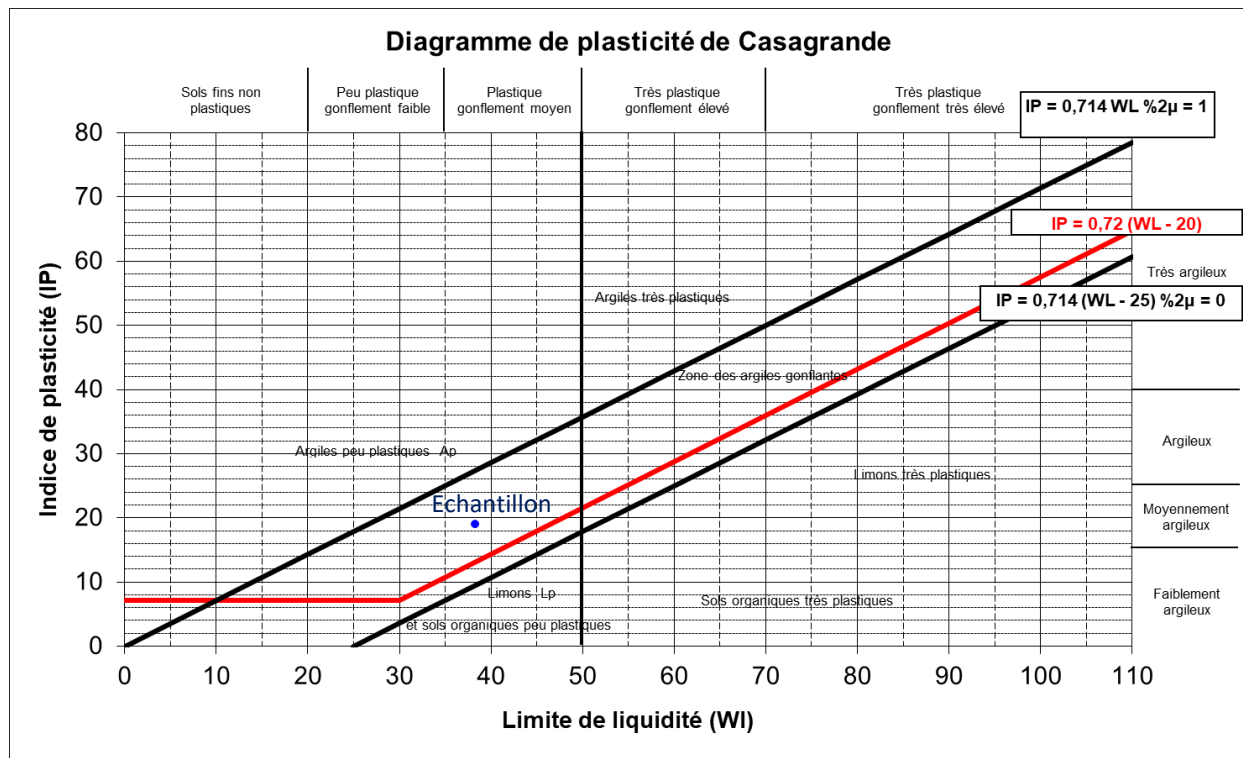
Sondage	Prof. (m/TA)	Formation	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg			VBS	Teneur en eau (%)	Classe GTR
			% passant à 80 μm	% passant à 2 mm	% passant à 50 mm	WL %	WP %	IP			
PU2	1.5	2 – argiles sableuses	48.8	89.5	100	38.3	19.3	19.0	-	13.7	A2s
PU4	2.2		87.7	98.0	100	-	-	-	2.99	20.73	A2



Sondage	Prof. (m/TA)	Formation	IPI	Teneur en eau (%)
PU2	1.5	2 – argiles sableuses	9.32 9.3	15.8

D'après les résultats des essais d'identification, les argiles sableuses (formation 2) sont classées en A2 et A2s. Les sols classés A2 sont sensibles à l'eau pour leur fraction fine.

Nous avons placé les résultats des échantillons au droit du diagramme de plasticité de Casagrande :



Il en ressort que les argiles sableuse (formation 2) sont situées dans la « zone des plastiques moyennement gonflants ».

Les résultats complets et les procès-verbaux des essais de laboratoire sont présentés en Annexe 5.

3.5. Hydrogéologie

Au moment des investigations, une arrivée d'eau a été rencontrée au droit du sondage à la pelle PU4 à 3.1 m/TA au sein des argiles sableuses (formation 2).

Aucun niveau d'eau n'a été mesuré au droit des autres sondages descendus jusqu'à 7.0 m de profondeur.

Ces données mettent en évidence la présence de circulations d'eau aléatoire et ponctuelle au sein des argiles sableuses (formation 2) mais de véritable nappe.

la présence d'autres circulations aléatoires et ponctuelles d'eau non recoupées et/ou non reconnues au moment des sondages est toujours possibles, notamment après des périodes de précipitations et/ou à la faveur de passages plus sableux.

Il est rappelé qu'un piézomètre a été posé à 7 m de profondeur. En l'absence d'eau, le suivi initialement prévu ne pourra pas être réalisé.

Remarques importantes :

Le niveau piézométrique d'une nappe est directement influencé par les conditions météorologiques, l'environnement et la perméabilité de l'aquifère. Ce qui peut se traduire par des remontées lors des périodes d'apport ou au contraire conduire à des baisses à la suite de périodes déficitaires.

3.6. Perméabilité

Trois essais d'infiltration à charge variable de type MATSUO (EP1 à EP3) ont été réalisés au droit des sondages PU1, PU7 et PU8 entre 1.6 et 3.0 m/TA.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Essai	Sondage	Profondeur (m)	Formation	Perméabilité (m/s)
EP1	PU1	2.0	2 – argiles sableuses	< 1.10 ⁻⁸
EP2	PU7	1.6		
EP3	PU8	3.0	3 – sables	2.10 ⁻⁴

Les valeurs de perméabilité mesurées sont très faibles dans les argiles sableuses (formation 2) et bonnes dans les sables (formation 3).



D'après les valeurs caractéristiques des perméabilités du tableau ci-dessous, les argiles sableuses (formation 2) sont quasi imperméables, et les sables (formation 3) sont perméables.

K (m/s)	Type de matériaux	Niveau de perméabilité
$1 > k > 10^{-2}$	Graviers sans éléments fins	Très perméable
$10^{-2} > k > 10^{-4}$	Sables grossiers, graviers sableux sans éléments fins	Perméable
$10^{-4} > k > 10^{-6}$	Sables moyens à fins, limons peu argileux, loess	Peu perméable
$10^{-6} > k > 10^{-8}$	Sables argileux, roche altérée à fracturée	Très peu perméable
$k < 10^{-8}$	Argiles homogènes, roche non fracturée	Quasi imperméable

Valeurs caractéristiques des perméabilités usuelles en milieu saturé

3.7. Mesure de résistivité électrique

3.8.1 Principe des mesures de résistivité

Une mesure de la résistivité électrique des sols selon deux axes perpendiculaires a été réalisé au droit de la future extension du poste source, le 05/07/2022. Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un appareil de mesure de résistivité Chauvin Arnoud CA 6460.

La méthode mesure de la résistivité du sol utilisé est la méthode Wenner. Quatre électrodes sont disposées en ligne avec une distance identique « a » entre les quatre piquets. Entre les deux électrodes extrêmes (E et H), on injecte un courant de mesure et entre les deux électrodes centrales (S et ES), on mesure le potentiel δV grâce à un voltmètre. La valeur de résistance R lue sur l'ohmmètre permet de calculer la résistivité :

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R$$

Avec :

ρ : résistivité ($\Omega.m$) au point O situé à une profondeur de $h = 3/4 \times a$;

R : Résistance mesurée (Ω) ;

A : distance entre les piquets.

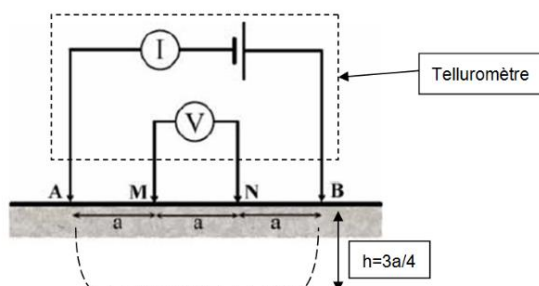


Fig. 5 - Schéma de principe de la méthode Wenner

3.8.2 Résultats

L'implantation des mesures est présentée sur le plan d'implantation joint en annexe 3.

Les résultats sont présentés dans le tableau en Annexe 6.

3.8. Données parasismiques réglementaires

Selon la norme EC8, les principales données parasismiques déduites des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Données parasismiques réglementaires	
Zone de sismicité	Zone 2 – aléa faible
Catégorie du bâtiment	IV
Accélération	$a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$
Classe de sol	C
Coefficient de sol S	1.5
Coefficient d'importance YI	1.4 (pour un bâtiment de classe IV)

La classe des ouvrages et bâtiments devra être validée par le maître d'ouvrage.

4. SYNTHÈSE

Il est prévu la réalisation des nouveaux ouvrages suivants (cf. Fig. 4) :

- deux grilles HTA et bancs transformateurs ;
- deux disjoncteurs et jeux de barres ;
- un éventuel bassin d'orage (étude hydraulique en cours) ;
- des voiries légères et lourdes.
- des voiries lourdes et légères.

Contexte géotechnique :

- terre végétale (formation 1), sur une faible épaisseur ;
- argiles sableuses (formation 2), classés en GTR A2s et de caractéristiques géomécaniques globalement moyennes au-delà ;
- sables (formation 3) reconnus uniquement au droit de PU8, au-delà ;
- circulations d'eau reconnues uniquement au droit de PU4, au sein des argiles sableuses (formation 2) à 3.1 m/TA au moment des investigations (juillet 2022) ;
- zone de sismicité 2 (aléa faible) mais ouvrage de catégorie IV.

Éléments importants à prendre en compte :

- caractéristiques géomécaniques globalement moyennes des argiles sableuses (formation 2) ;
- argiles sableuses (formation 2) moyennement gonflantes et rétractables au droit du projet ;
- pente générale moyenne (+/- 5 %) au droit de la future extension ;
- circulations d'eau localisée uniquement au Nord-est du poste source existant mesurées à 3.1 m/TA, lors des investigations (juillet 2022) ;

Orientations à prendre en compte pour le projet :

Compte tenu des éléments précédents, on pourra s'orienter vers les solutions suivantes :

- fondations superficielles (préférentiellement filantes) ancrées uniformément soit dans les argiles sableuses (formation 2) soit dans un remblai technique sous réserve de limiter la contrainte ;
- niveaux bas traités en plancher porté compte tenu de la présence d'argiles sensibles au phénomène de retrait/gonflement ;
- voiries : mises en œuvre sur couche de forme ou d'un remblai technique après préparation de la plateforme.

Des terrassements en déblais +/- importants seront à prévoir, notamment pour l'aménagement du site d'extension du poste en deux plateformes haute et basse, pour la réalisation des ouvrages enterrés (fosses déportés, grilles HTA/bancs transformateurs, locaux HTA, ...). Les terres seront maintenues par des talus adaptés et/ou des ouvrages de soutènements.

Une étude G2 PRO devra être réalisée pour valider le système de fondation lorsque que les caractéristiques des ouvrages (niveaux et descentes de charges notamment) seront connues.

5. PRECONISATIONS POUR L'AVANT-PROJET

5.1. Terrassements généraux

5.1.1. Principe

Compte tenu de la nature du projet, le projet impliquera la réalisation de terrassements en déblai et en remblai sur une hauteur de +/- 3.0 m pour insérer la plateforme.

Après décapage de la terre végétale (formation 1), les terrassements en déblais concerneront les argiles sableuses (formation 2) et/ou les sables (formation 3).

En principe, les terrassements du site (formation 2) ne devraient pas recouper de venues d'eau importantes.

5.1.2. Conditions de terrassement

Les argiles sableuses (formation 2) sont classées en GTR A2s et sont donc sensibles à l'eau. Il est donc recommandé de réaliser les terrassements en période favorable (par temps sec) pour faciliter la circulation des engins de chantier sans détériorer les plateformes. Dans le cas contraire, des dispositions particulières pourront être nécessaires (ajout de matériaux granulaires insensibles à l'eau, cloutage du fond de forme ...).

Les terrassements des matériaux du site ne présenteront a priori pas de difficultés particulières et pourront être réalisés avec une pelle de moyenne puissance. Toutefois, la démolition d'ouvrages enterrés existants (notamment à l'intérieur du poste existant : structures enterrées, anciennes fondations, réseaux ...) pourra nécessiter l'emploi d'engins adaptés (pelle puissante associée à un BRH ...). Nous attirons l'attention sur le fait que ces procédés génèrent des vibrations dont il faudra tenir compte notamment vis-à-vis des avoisinants et mitoyens.

5.1.3. Drainage en phase chantier

Il est rappelé que la présence de circulations d'eau localisée a été mise en évidence lors de nos investigations (juillet 2022) au Nord-est, au droit du sondages à la pelle PU4 à 3.1 m/TA.

Les terrassements des matériaux ne devraient pas recouper de venues d'eau importantes. Toutefois, à tout moment du chantier, toutes les dispositions seront prises pour garder la plateforme au sec (fossés latéraux dirigés vers un exutoire pérenne, pompages, évacuation des eaux en dehors des fouilles ...). Toute venue d'eau en talus sera captée (drains, éperons drainant, masques) et dirigé vers un exutoire pérenne.



5.1.4. Réemploi des matériaux en remblais et/ou couche de forme

Il est rappelé que les argiles sableuses (formation 2) du site sont classés selon le GTR A2s.

- Réemploi en remblais

Les sols classés en A2s ont une faible teneur en eau qui rend obligatoire le compactage intense pour leur réutilisation en remblai. L'humidification nécessitera un malaxage soigné avec un apport important en quantité d'eau.

- Réemploi en couche de forme

Les sols classés en A2s nécessitent un temps sec pour leur réemploi en couche de forme. Il est aussi nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et de les traiter avec un liant hydraulique associé à la chaux.

5.1.5. Talutages

Il est rappelé que les terrassements en déblais seront compris entre 1.0 et 3.0 m environ.

En phase provisoire, et pour des talus de hauteur < 3.0 m, hors d'eau et hors mitoyenneté, les terres pourront être maintenues par des talus adaptés.

En premier approche, les pentes maximales des talus dans les terrains du site (formations 2 et 3) sont les suivantes :

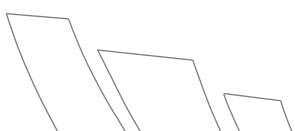
- Pente talus provisoires : 1/1 (1 de base pour 1 de hauteur) ;
- Pente talus définitifs : 3/2 (3 de base pour 2 de hauteur).

Les dispositions suivantes devront être respectées :

- limiter la durée d'ouverture des excavations ;
- éviter tout dépôt de matériel ou circulation d'engins de chantier à proximité des excavations et en tête de talus ;
- protéger les talus contre les eaux de ruissèlement et les intempéries par la mise en place de bâches polyanes soigneusement fixées ;
- collecter les eaux et les évacuer en dehors des fouilles et vers un exutoire adapté (pompage éventuel à prévoir en cas de drainage gravitaire irréalisable) ;
- garder une banquette minimale de 2.0 m entre la tête des talus et les avoisinants.

Compte tenu de la nature des sols du site, il pourra être nécessaire d'adapter la pente des talus au moment des terrassements en fonction de la tenue des terrains.

Dans le cas où les pentes de talus ne peuvent être respectées (mitoyenneté directe notamment), en présence d'eau ou pour des talus de hauteur > 3.0 m, un ouvrage de soutènement provisoire pourra être à prévoir.



5.1.6. Ouvrages de soutènement provisoires

Compte tenu de la présence d'avoisinants et de mitoyens (ouvrages existants, voiries, ...) et de la présence de circulations d'eau, des ouvrages de soutènement provisoires pourront être à prévoir.

Les hypothèses géotechniques à retenir au stade de l'avant-projet sont les suivantes :

Formation	α	Caractéristiques géomécaniques		
		γ_h (kN/m ³)	ϕ' (°)	C' (kPa)
2 – argiles sableuses	2/3	20	20	15

Le dimensionnement des éventuels ouvrages de soutènement provisoires devra absolument être étudié en phase projet lors d'une mission de type G2 PRO. Les travaux de soutènement devront impérativement être réalisés par une entreprise spécialisée en parfaite coordination avec le lot terrassement.

5.1.7. Avoisinants/Mitoyennetés

Il est rappelé la proximité du projet avec des ouvrages du poste existant.

Dans ces conditions, toutes les précautions (blindages, reprises en sous-œuvre, ...) seront prises pour éviter les désordres sur les fondations existantes tant en phase provisoire qu'en phase définitive.

5.1.8. Préparation des plateformes pour les radiers et les voiries

Nous rappelons la présence matériaux sensibles aux variations hydriques (cf. chapitre 3.4). Par conséquent, avant le début du chantier, toutes les dispositions nécessaires au drainage efficace des eaux superficielles et à l'assainissement de la plateforme de travail devront être prises (cf. chapitre 5.1.3).

Il s'agira notamment :

- d'éviter une accumulation en fonds de fouille qui modifierait irrémédiablement les caractéristiques du sol d'assise ;
- de limiter les problèmes de traficabilité et de mise en œuvre.

Les dispositifs mis en place seront entretenus dans le temps afin que leur efficacité soit assurée durablement (y compris jusqu'à l'achèvement des travaux).

Afin de limiter les contraintes d'exécution qui résulteraient de la présence de venues d'eau lors des ouvertures, nous recommandons de :

- privilégier une exécution des travaux de terrassements en période climatique favorable (sans pluie, après et pendant une période de temps sec) ;
- drainer les plateformes (cf. chapitre 5.1.3).

Après décapage de la terre végétale (formation 1), il conviendra de purger les éléments suivants sur toute leur épaisseur au droit des ouvrages :

- les éventuels remblais ;
- les éventuels matériaux évolutifs ;
- les éventuelles structures enterrées ;
- les gros blocs ($D > 50$ cm) présents en fond de fouille pouvant générer un phénomène de point dur ;
- les éventuelles poches de matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés.

Le rattrapage éventuel des cotes du projet devra être réalisé avec des matériaux granulaires, bien graduées, durs, non gélifs, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent) et soigneusement compactés par couches conformément aux recommandations du GTR 2000.

Les terrains en place sont sensibles à l'eau, il est donc recommandé de :

- réaliser les terrassements en situation météorologique favorable ;
- terrasser la dernière couche en rétro sans faire évoluer d'engins sur la pleine masse ;
- régler les plateformes avec des pentes suffisantes pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté ;
- mettre en place la couche de forme à l'avancement des terrassements ;
- protéger les plateformes des intempéries (fermeture rapide, protection avec bâches en polyane, ...).

À tout moment du chantier, toutes les dispositions seront prises pour que les voies d'accès et les plateformes restent au sec.

***Remarque :** si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, un cloutage du fond de forme pourra s'avérer nécessaire.*



5.1.9. Mise en place du remblai technique

Principe :

Le remblai technique sera réalisé après une préparation soignée de la plateforme (cf. chapitre 5.1.8.). Il aura une épaisseur de +/- 3.0 m.

Matériaux d'apport :

Le remblai sera constitué de matériaux granulaires, durs, insensibles à l'eau et soigneusement compactés (0/100 mm classés D3, R2, ou équivalent), drainants ($D_{10} > 1$ mm) et non gélifs. Les matériaux seront conformes au GTR2000. Les fiches matériaux devront être fournies avant le démarrage du chantier

Mise en œuvre du remblai technique :

La réalisation du remblai technique nécessitera les dispositions suivantes :

- mettre en place un géotextile à l'interface entre le fond de forme et le remblai technique afin d'assurer un rôle anticontaminant ;
- mettre en place les matériaux par couches successives conformément aux prescriptions du GTR2000, l'épaisseur de chacune des couches du remblai ne dépassera pas les valeurs indiquées dans les recommandations du GTR2000, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé ;
- réaliser des redans d'accrochage à la pente en base de remblai ;
- contrôler régulièrement la portance et la qualité du remblai par des essais de chargement à la plaque au minimum tous les 1.0 m ;
- contrôler le remblai technique finalisé à l'aide d'essais au pénétromètre dynamique et d'essais à la plaque en tête de remblai.

5.1.10. Contrôle du remblai technique

La structure du remblai sera contrôlé en cours de réalisation par des essais de chargement à la plaque réalisés selon le mode opératoire du LCPC. En fonction des objectifs, les critères de réception à atteindre seront les suivants :

Corps du remblai :

- $EV2 > 30$ MPa ;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

Tête du remblai (voirie et dallage) :

- $EV2 > 50$ MPa ;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

Base des fondations :

- $EV2 > 80$ MPa ;
- $EV2/EV1 < 2.0$.

Des valeurs supérieures pourront être demandées par le concepteur.



5.2. Voiries

5.2.1. Principe

Après préparation des plateformes (cf. chapitre 5.1.8), les PST se situeront dans les argiles sableuses (formation 2). Il est important de réaliser les terrassements en situation météorologique favorable et de contrôler la teneur en eau de la PST au moment des travaux.

5.2.2. Couches de forme

Les couches de forme seront :

- mises en œuvre sur un géotextile anticontaminant sur un fond de forme constitué d'argiles sableuses (formation 2) ;
- compactées par couches selon les recommandations pour les terrassements routiers du guide technique "Réalisation des remblais et des couches de forme" du SETRA/LCPC édition 2000 avec contrôles impératifs par couche.

Il faudra prévoir une couche de forme d'au minimum 40 cm d'épaisseur pour une voirie légère et une couche de forme d'au minimum 60 cm d'épaisseur pour une voirie lourde. En tête du remblai technique, la couche de forme consistera en la mise en œuvre d'une couche de régalaie en matériaux 0/31.5 mm de 10 cm d'épaisseur minimum.

La couche de forme sera constituée de matériaux granulaires type graves ou concassés calcaires D3 suivant GTR ou équivalent, bien gradués, drainants et insensibles à l'eau (passant à 80µm inférieur à 12 % ; VBS < 0.1), non gélifs, cliniquement inertes et durs (LA/MDE < 45).

Ces valeurs sont valables en conditions météorologiques favorables.

Les couches de forme seront dimensionnées et réalisées conformément aux recommandations du GTR 2000.

5.2.3. Contrôle

La portance de la couche de forme devra être contrôlée par des essais à la plaque suivant le mode opératoire du LCPC. Les critères de réception de la plateforme à atteindre sont :

Voirie légère :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

Voirie lourde :

- $EV2 > 80 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

En phase chantier, une planche d'essai permettra de valider l'ensemble des hypothèses avec les valeurs EV2 du fond de terrassement, les matériaux mis en place et les moyens de compactage retenus.



5.3. Niveaux bas

Il est rappelé qu'à ce stade du projet les niveaux bas des ouvrages ne sont pas connus.

Compte tenu de la sensibilité forte au phénomène de retrait gonflement (cf. chapitre 3.6.) au droit du site, les ouvrages devront impérativement être traités en plancher porté dans les zones assises dans le terrain naturel.

En fonction du calage réelles des niveaux bas, ils pourront éventuellement être traités en dallage sur terre-plein dans les zones assise sur le remblai technique (cf. chapitre 5.1.5.), sous réserve d'une analyse au cas par cas des ouvrages dans la suite du projet (G2 PRO). En tête du remblai technique, la couche de forme consistera en la mise en œuvre d'une couche de régalaie en matériaux 0/31.5 mm de 20 cm d'épaisseur minimum. Les dallages seront conçus et réalisés conformément au DTU 13.3.

5.4. Fondations des ouvrages

5.4.1. Principe

Compte tenu des caractéristiques du projet et des conditions hydrogéologiques, et en fonction des descentes de charges des ouvrages, les futurs ouvrages pourront être fondés par l'intermédiaire de fondations superficielles (préférentiellement filantes) ancrées uniformément dans les argiles sableuses (formation 2).

Les fondations des ouvrages devront respecter les critères restrictifs suivants :

- un ancrage minimum de 0.3 m dans le sol support (formation 2 ou remblai technique) ;
- encastrement minimum de 1.2 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries (condition de mise hors gel des fondations et hors dessiccation des sols), notamment par la mise en œuvre d'une bêche périphérique pour les radiers ;
- respect des dispositions constructives spécifiques relatives aux sols gonflants et rétractables (cf. chapitre 5.4.8.)
- les dispositions constructives de conception et de mise en œuvre (cf. chapitre 5.3.9), notamment les règles de l'Eurocode 8 et de sa norme d'application PS 92 pour les fondations assises à des niveaux décalés (pente de 3 de base pour 1 de hauteur entre fondations).

5.4.2. Méthodologie pour le dimensionnement des fondations

La justification par calcul des fondations superficielles sera établie selon les dispositions relatives au calcul des fondations superficielles aux ELS et ELU (Etats Limites de Service et Etats Limites Ultimes) suivant les recommandations de l'Eurocode 7 (NF P 94-261).

Portance (ELS et ELU)

La vérification de l'état-limite de portance s'effectue en satisfaisant l'inégalité suivante pour tous les cas de charge et de combinaisons de charge aux états limites ultimes et de services :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.1}]$$

Avec :

V_d : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$R_0 = A \cdot q_0$ avec A , la surface de la semelle et q_0 , la contrainte totale verticale à la base de la fondation après travaux en faisant abstraction de celle-ci ;

$R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle.

Pour une fondation superficielle, $R_{v;d}$ se détermine au moyen de la formule suivante :

$$R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R,v}} \quad \text{Et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d,v}} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.3 et 9.1.4}]$$

Au final, on obtient :

$$V_d \leq \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R,v} \gamma_{R;d,v}}$$

Avec :

A' : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation (cf. NF P 94-261 Annexe Q) ;

q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain ;

$\gamma_{R,v}$: facteur partiel de portance (1.4 à l'ELU fondamental, 1.2 à l'ELU accidentel, 2.3 à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)) ;

$\gamma_{R;d,v}$: facteur de résistance partiel (1.2 à l'ELU fondamental, à l'ELU accidentel et à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)).

Détermination de la contrainte nette du terrain (q_{net}) sous les fondations superficielles à partir des essais pressiométriques

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta \quad [NF P 94-261 Equation D.2.1]$$

Avec :

k_p : facteur de portance ;

p_{le}^* : pression limite nette équivalente ;

i_δ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement. Ici $i_\delta = 1$ (charges supposées verticales) ;

i_β : coefficient de réduction lié à la proximité d'un talus. Ici, $i_\beta = 1$ (charges éloignées de tout talus).

Glissement (ELU)

En fonction des efforts horizontaux prévus sur l'ouvrage, il conviendra également de satisfaire les conditions de non-glissement. Ce point pourra être étudié en phase projet (mission G2 PRO).

Excentricité

La vérification des excentricités s'effectue en satisfaisant les inégalités données aux paragraphes 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles.

5.4.3. Contraintes de calcul sous charge verticale centrée (Etats limites)

D'après les différentes vérifications présentées ci-dessus, il vient, dans le cas du projet étudié, que les conditions à satisfaire sont :

- V_d ELU Accidentelles / $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 285$ kPa ;
- V_d ELU Fondamental / $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 245$ kPa ;
- V_d ELS Quasi Permanent et Caractéristique / $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 150$ kPa.

Avec :

V_d : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

A' : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation : cf. NF P 94-261 Annexe Q).

A titre d'information, pour une charge verticale centrée (sans excentricité) et une surface effective $A'=1m^2$, il vient :

Formation	Contraintes de calcul (kPa)		
	ELU A	ELU F	ELS QP et C
2 – argiles sableuses Remblai technique	285	245	150



Pour rappel, les conditions d'excentricité données au paragraphe 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles devront également être satisfaites.

5.4.4. Estimation des tassements

Conformément aux recommandations de l'EC7, les tassements ont été estimés avec la formule Ménard à partir des résultats des essais pressiométriques.

Pour des contraintes verticales centrées de l'ordre de celle données à l'ELS (150 kPa pour des fondations superficielles), et pour autant que les conditions de sols et d'eau rencontrées soient en accord avec les hypothèses retenues, les tassements ne devraient pas dépasser le centimètre.

5.4.5. Structure des radiers

La structure des radiers sera réalisée de la manière suivante :

- purge et substitution des zones décomprimées ou détériorées par les engins de chantier ;
- pose d'un géotextile anticontaminant ;
- compactage de la plateforme à 95 % de l'optimum Proctor Normal (OPN) avec des engins adaptés ;
- mise en œuvre d'une couche de réglage d'au minimum 20 cm d'épaisseur en matériaux d'apport type 0/31.5 mm.

Ces valeurs sont valables en conditions météorologiques favorables.

La structure des radiers devra être réalisée en matériaux granulaires, durs, non gélifs, bien triés, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent) et soigneusement compactés par couches selon les recommandations du GTR 2000.

5.4.6. Hypothèse de dimensionnement des radiers

Les hypothèses à retenir pour le dimensionnement des radiers sont les suivantes :

Formation	Epaisseur (m)	α	Module E_s (MPa)
Couche de réglage – remblai technique	0.2 à 3.0	1/4	50
2 – argiles sableuses	> 3.2 à > 6.8	2/3	15



5.4.7. Estimation des tassements des radiers

Les tassements des radiers peuvent être évalués à partir des essais pressiométriques grâce à la relation suivante :

$$S = \frac{\alpha \times q \times h}{E_M}$$

Avec :

S : tassement (m) ;

α : coefficient rhéologique du sol ;

h : hauteur de sol déformable (m) ;

q : contrainte appliquée sur le sol (t/m²) ;

E_M : Module pressiométrique du sol (t/m²).

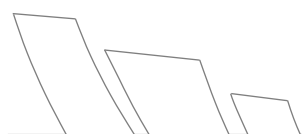
Pour des contraintes verticales centrées de l'ordre de celles données aux ELS, et pour autant que les conditions de sols et d'eau rencontrées soient en accord avec les hypothèses retenues, le tassement maximum des radiers sera inférieur au centimètre.

5.4.8. Recommandations constructives spécifiques vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles

Compte tenu de la sensibilité moyenne des sols supports de fondation au phénomène de retrait-gonflement, les dispositions particulières suivantes seront prises pour éviter toute variation de la teneur en eau au niveau des sols d'assise et pour permettre à la structure de s'adapter aux déformations (cf. chapitre 1.4 – Documents de référence) :

- ancrage à une profondeur homogène pour l'ensemble des fondations ;
- renforcement / rigidification de la structure (chaînages horizontaux et verticaux notamment) ;
- encastrement minimum des fondations de 1.2 m/TF (Terrain fini) ;
- fondations coulées pleine fouille sur toute leur hauteur pour éviter toute infiltration préférentielle dans le remblai des fouilles ;
- éloigner au maximum les arbres et arbustes des constructions (distance minimale de 1.5 fois la hauteur adulte de l'arbre ou de l'arbuste) ;
- système de drainage indépendant et éloigné des fondations (distance minimum de 3.0 m) ;
- éviter tout épandage d'eau aux abords des fondations ;
- soigner la conception et la réalisation des réseaux EP/EU (prévoir des systèmes de fourreau pour désolidariser les réseaux de la structure).

Il est également important de prévoir de drainer les eaux de ruissellement et les eaux infiltrées en amont des constructions par des dispositifs adaptés (cunette, tranchées drainantes ...).



5.4.9. Dispositions constructives et recommandations pour les fondations

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- réaliser des fondations les moins chargées de largeur minimum 0.5 pour des semelles filantes, 0.7 m pour des semelles isolées ;
- régler horizontalement les fonds de fouille et les finir manuellement ou au godet de curage ;
- contrôler la qualité et l'homogénéité du fond de fouille (sans éléments évolutifs) ;
- purger les éventuelles poches de matériaux médiocres, compressibles ou impropres, remaniés, foisonnés, décomprimés et les substituer par du gros béton coulé pleine fouille afin d'obtenir un sol d'assise de compacité et d'homogénéité satisfaisante ;
- purger les éventuelles structures enterrées ou blocs au minimum 50 cm sous la base des fondations pour éviter tout phénomène de point dur ;
- vérifier soigneusement les matériaux extraits des fouilles pour s'assurer du bon ancrage dans les sols requis ;
- mise en place d'un béton de propreté immédiatement après l'ouverture des fouilles de fondation sur une épaisseur minimum de 5 cm ;
- couler pleine fouille les fondations immédiatement après ouverture de manière à limiter la durée d'exposition aux intempéries et éviter toute altération et décompression des terrains et sols d'assise ;
- radiers : mettre en œuvre une bèche périphérique pour éviter tout glissement plan de l'ouvrage et respecter la conditions de mise hors gel des fondations ;
- en cas de présence d'eau dans les sols du site, le bétonnage se fera au tube plongeur selon la technique pieu (norme NF P 94-262) et avec un béton immergé fortement dosé ;
- prévoir d'éventuels dispositifs de blindage des fouilles dans le cas de sols instables et bouillants (tenues précaires des parois des fouilles au travers des remblais (formation 1) et des limons +/- argilo-sableux (formation 2) ;
- mettre en place des joints de construction (y compris au niveau des fondations) entre les parties d'un même bâtiment présentant des descentes de charge et/ou un mode de fondations hétérogène et entre le bâtiment et les ouvrages mitoyens ;
- respecter les règles de l'Eurocode 8 concernant les fondations assises à des niveaux décalés ou à proximité de talus (pente de 3 pour 1 entre les fondations) ; cette remarque est valable notamment entre les fondations à créer et celles existantes (ouvrages avoisinants ou mitoyens).

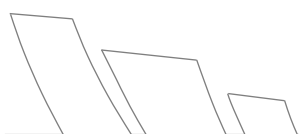
5.5. Remarques, sujétions d'exécution et drainage

Compte tenu de la sensibilité à l'eau des terrains d'assise des fondations, il est impératif de procéder rapidement aux opérations de bétonnage et de pose des ouvrages. Cela permettra de limiter la durée d'ouverture de l'excavation ainsi que les aléas inhérents aux contraintes d'exécution liés à la profondeur à atteindre.

Le dimensionnement des ouvrages enterrés devra prendre en compte la poussée des terres, les poussées dues aux éventuelles surcharges et les sous-pressions hydrostatiques dans le cas le plus défavorables.

En cas de fortes précipitations lors de périodes défavorables, des niveaux d'eau pourraient s'établir au sein des couches et impacter les niveaux bas. Dans ces conditions, des dispositions structurelles devront être prévues pour permettre d'évacuer les eaux qui atteignent le vide sous dalle portée, sous couche de forme et sous remblai technique (fond de terrassement penté vers un drain axial au drainage périphérique et dirigé vers un exutoire pérenne pour éviter l'effet « piscine »).

Le drainage et les remblaiements périphériques seront réalisés suivant les recommandations du DTU 20.1. et devront impérativement répondre aux dispositions constructives vis-à-vis du phénomène des argiles potentiellement plastiques et rétractables (cf. chapitre 5.4.8.), notamment l'éloignement du système de drainage de 2.0 m minimum des fondations. Le drainage périphérique devra faire l'objet d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement dans le temps.



6. OBSERVATIONS

Cette étude a été réalisée au stade de l'avant-projet (mission G2 AVP). Nous rappelons que conformément à la norme NF P 94 500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, des études complémentaires doivent être réalisées au stade de projet et l'exécution pour une analyse détaillée des ouvrages géotechniques.

Les entreprises devront remettre avant le démarrage des travaux leurs études et plans d'exécution au Bureau de Contrôle et au Géotechnicien pour VISA.

Lors que les caractéristiques des ouvrages seront connues, il conviendra notamment de préciser lors d'une mission G2 PRO :

- les conditions de réalisation des terrassements ;
- les conditions de traitement des niveaux bas ;
- le dimensionnement des fondations ;
- la vérification des déformations sous charges (tassements) à partir des descentes de charges réelles des ouvrages projetés ;
- la stabilité des talus de déblai par la réalisation d'au minimum deux profils de calcul.

Annexe 1

Extrait de la norme NF P 94 500

Extrait de la Norme NF P 94-500 – 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



Annexe 2

Conditions particulières

CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou procès-verbal ainsi que toutes annexes constituent un ensemble indissociable.

La société ECR Environnement serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR Environnement ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à ECR Environnement qui pourra reconsidérer tout ou une partie du rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du rapport et doivent être portés à la connaissance d'ECR Environnement.

La société ECR Environnement ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

Annexe 3

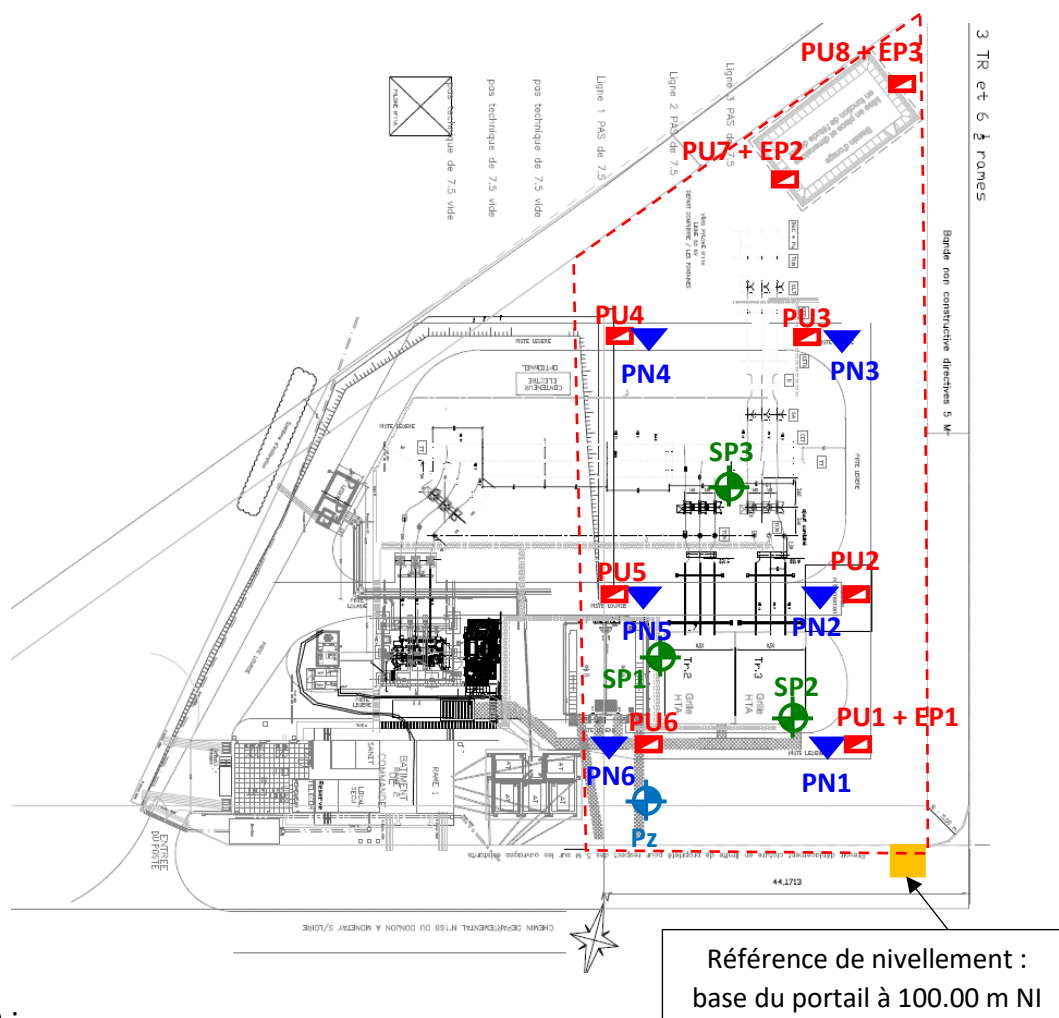
Implantation des sondages

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Affaire : Le Donjon (03) – Extension d'un poste source

Client : ENEDIS

N° Dossier : 6904581



Légende :

Sondages pressiométriques (SP) :

Piézomètre (Pz) :

Essais au pénétromètre dynamique (PN) :

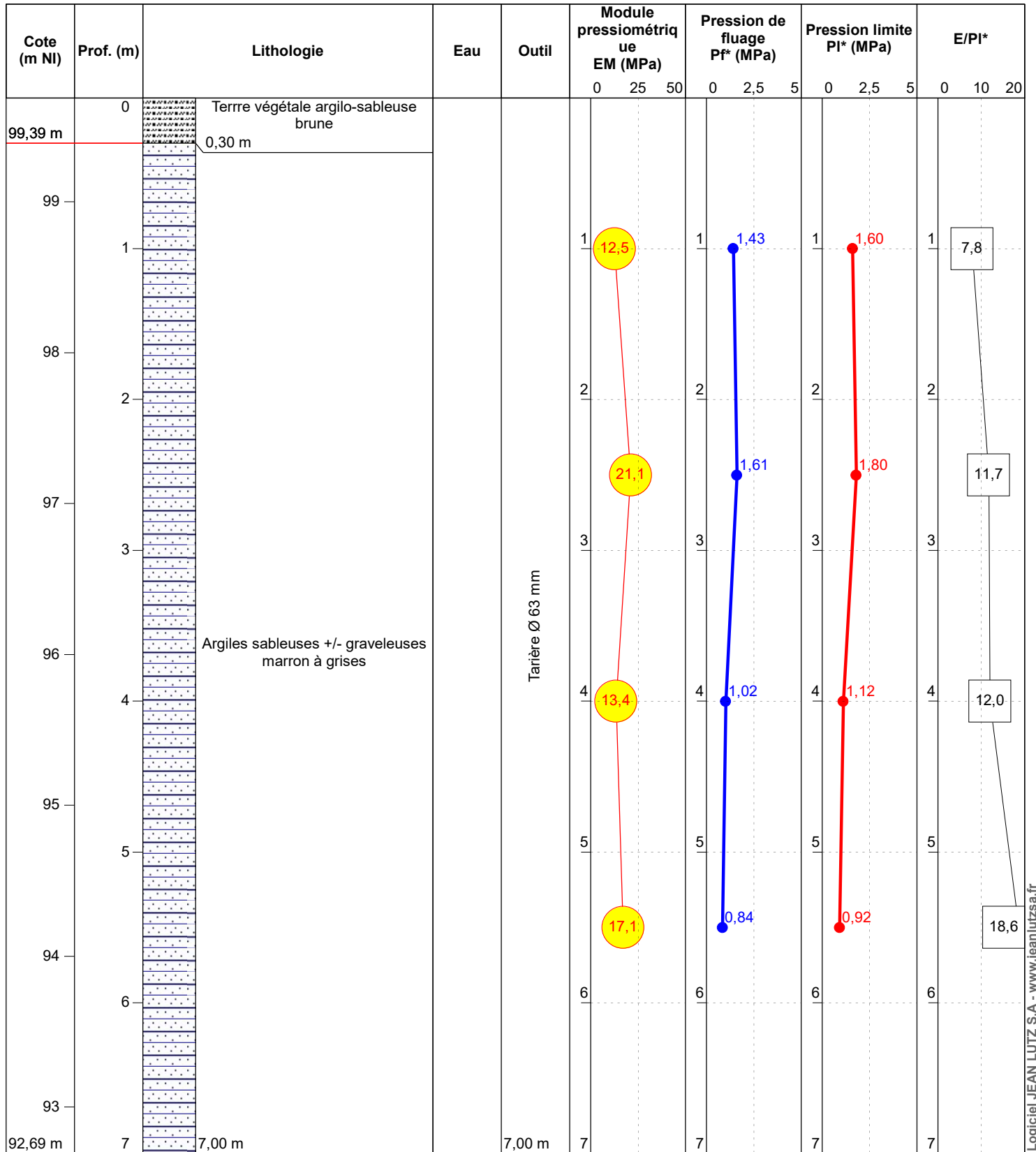
Sondages à la pelle hydraulique (PU) et essais d'infiltration d'eau (EP) :

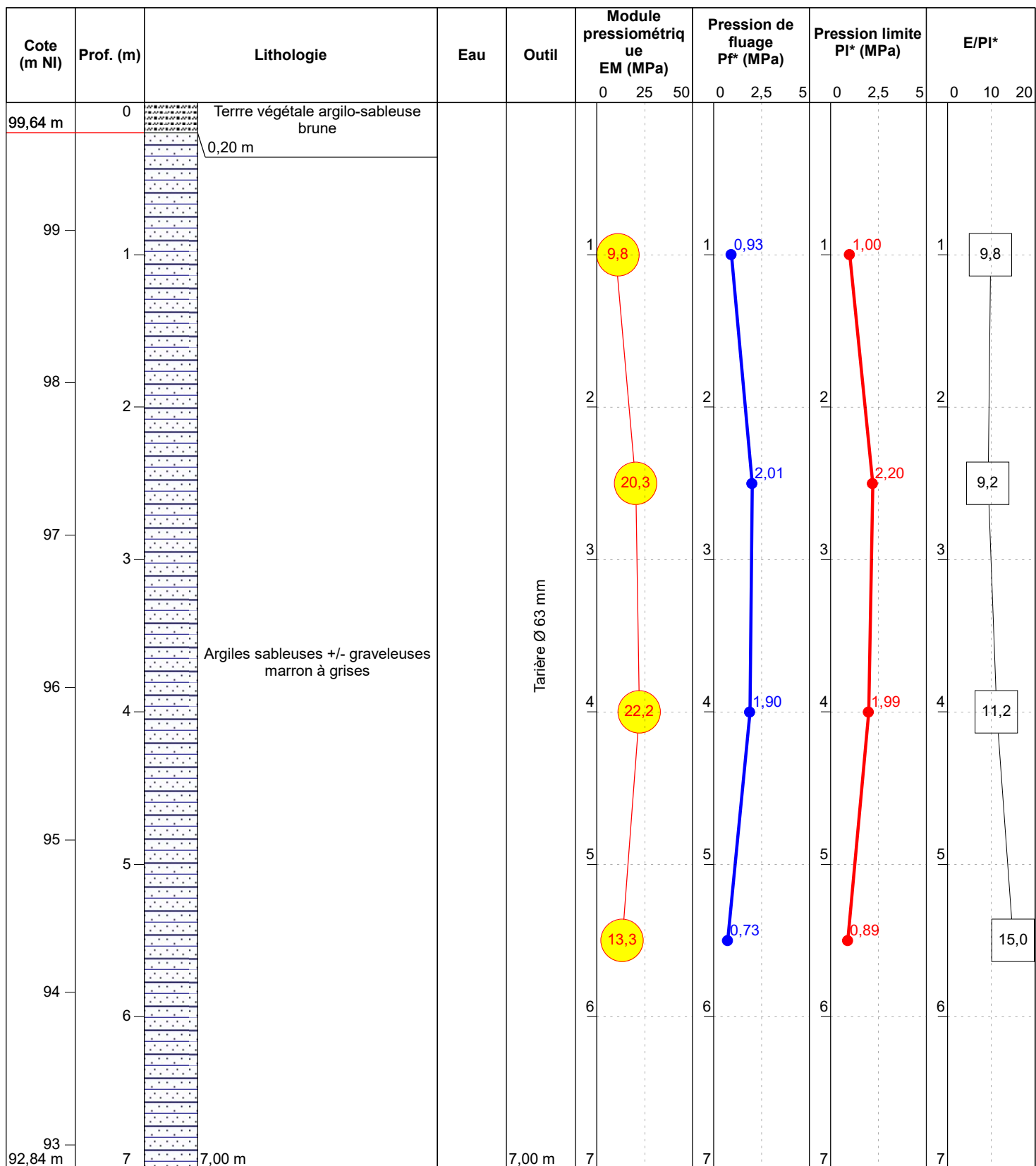
Référence de nivellement (m NI) :

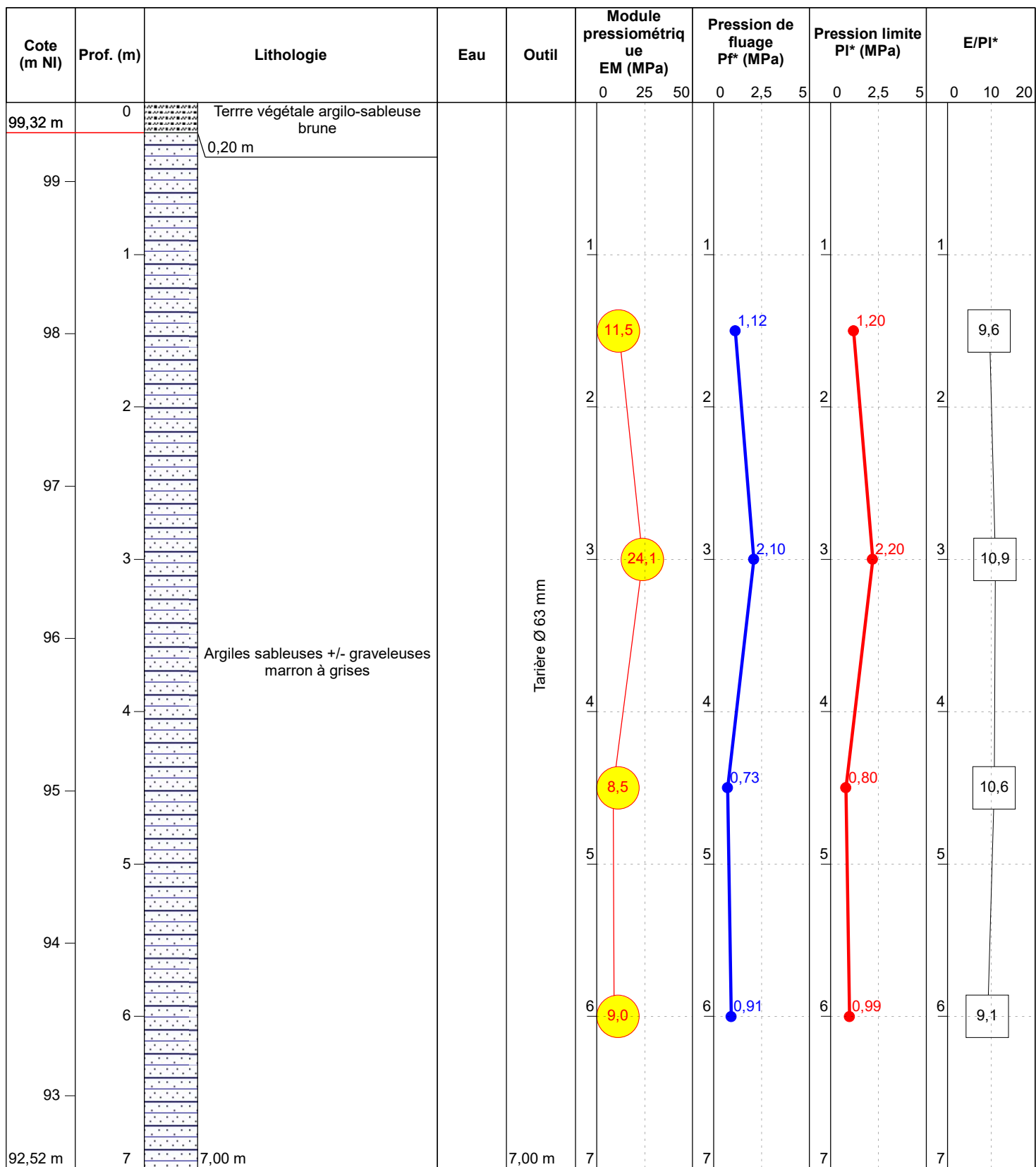
Emprise approximative du projet :



Annexe 4


Résultats des sondages et essais in situ











Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
99,49 m	0	Terre végétale sablo-argileuse brune			
	0,30 m				
99	1	Argiles sableuses marron		Mini-pelle 2.7T	
98	2				
97	3				
96,79 m	3	3,00 m		3,00 m	



Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
99,21 m	0	Terre végétale sablo-argileuse brune			
	0,30 m				
99					
	1				
98					
	2	Argiles sableuses marron			
97					
96,51 m	3	3,00 m		3,00 m	



Mini-pelle 2.7T



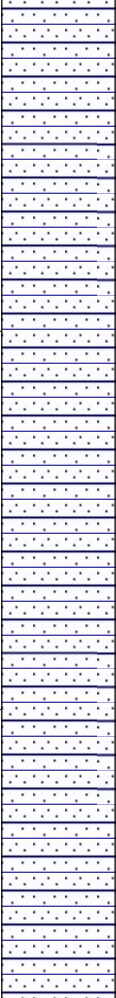
Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
	0	Terre végétale sablo-argileuse brune			
98,18 m	0,30 m				
98				Mini-pelle 2.7T	
	1				
97		Argiles sableuses +/- graveleuses marron			
	2				
96					
95,58 m	2,90 m			2,90 m	


Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
98,14 m	0	Terre végétale sablo-argileuse brune			
98	0,30 m				
97	1	Argiles sableuses +/- graveleuses marron à grises		Mini-pelle 2.7T	
96	2				
	3				
95,24 m	3,20 m				

Venue d'eau
3,1 m

Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
99,50 m	0	Terre végétale sablo-argileuse brune			
	0,30 m				
99	1	Argiles sableuses marron		Mini-pelle 2.7T	
98	2				
97	3				
96,80 m	3	3,00 m		3,00 m	

Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
99,59 m	0	Terre végétale sablo-argileuse brune			
	0,20 m				
99	1			Mini-pelle 2.7T	
98	2	Argiles sableuses marron			
97	3				
96,49 m	3,30 m				

Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie		Eau	Outil	Photos
95,67 m	0		Terre végétale sablo-argileuse brune 0,10 m			
			Argiles sablo-graveleuses grises		Mini-pelle 2.7T	
92.87 m	2.90 m				2.90 m	

Cote (m NI)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
94,65 m	0	Terre végétale sablo-argileuse brune 0,10 m			
94	1	Argiles sableuses +/- graveleuses marron		Mini-pelle 2.7T	
93	2				
92,45 m		2,30 m			
92		Sables beiges à marron			
91,75 m	3	3,00 m		3,00 m	

PENETROMETRE DYNAMIQUE PN1

Chantier : Le Donjon (03)
Extension d'un poste source

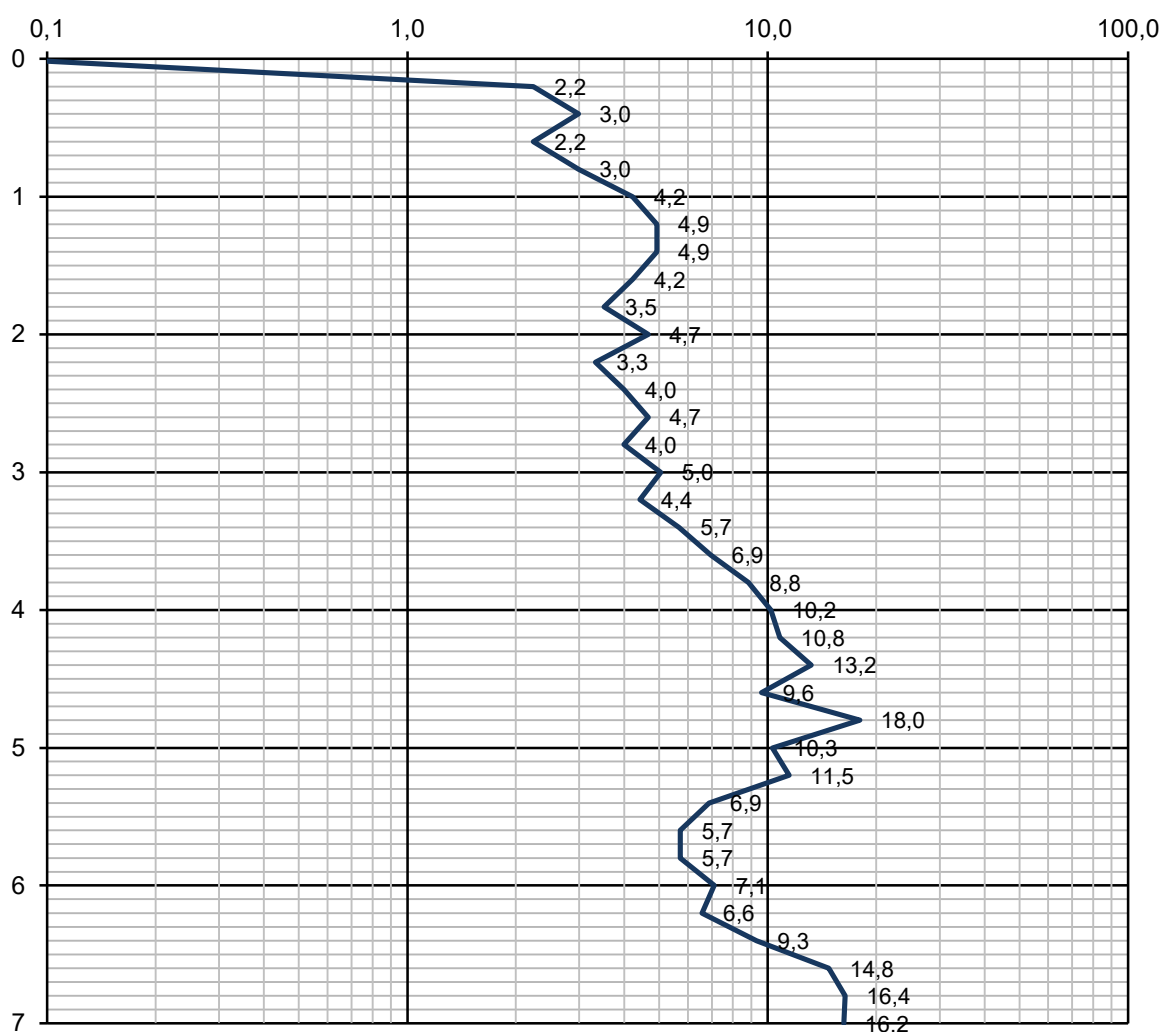
N° dossier : 6904581

Date essai : 05/07/2022

Client : ENEDIS

Cote NI : 99,79 m

qd (Mpa)



Profondeur d'arrêt : 7,0 m (arrêt)

Profondeur (m)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointe : 20 cm²

PENETROMETRE DYNAMIQUE PN2

Chantier : Le Donjon (03)
Extension d'un poste source

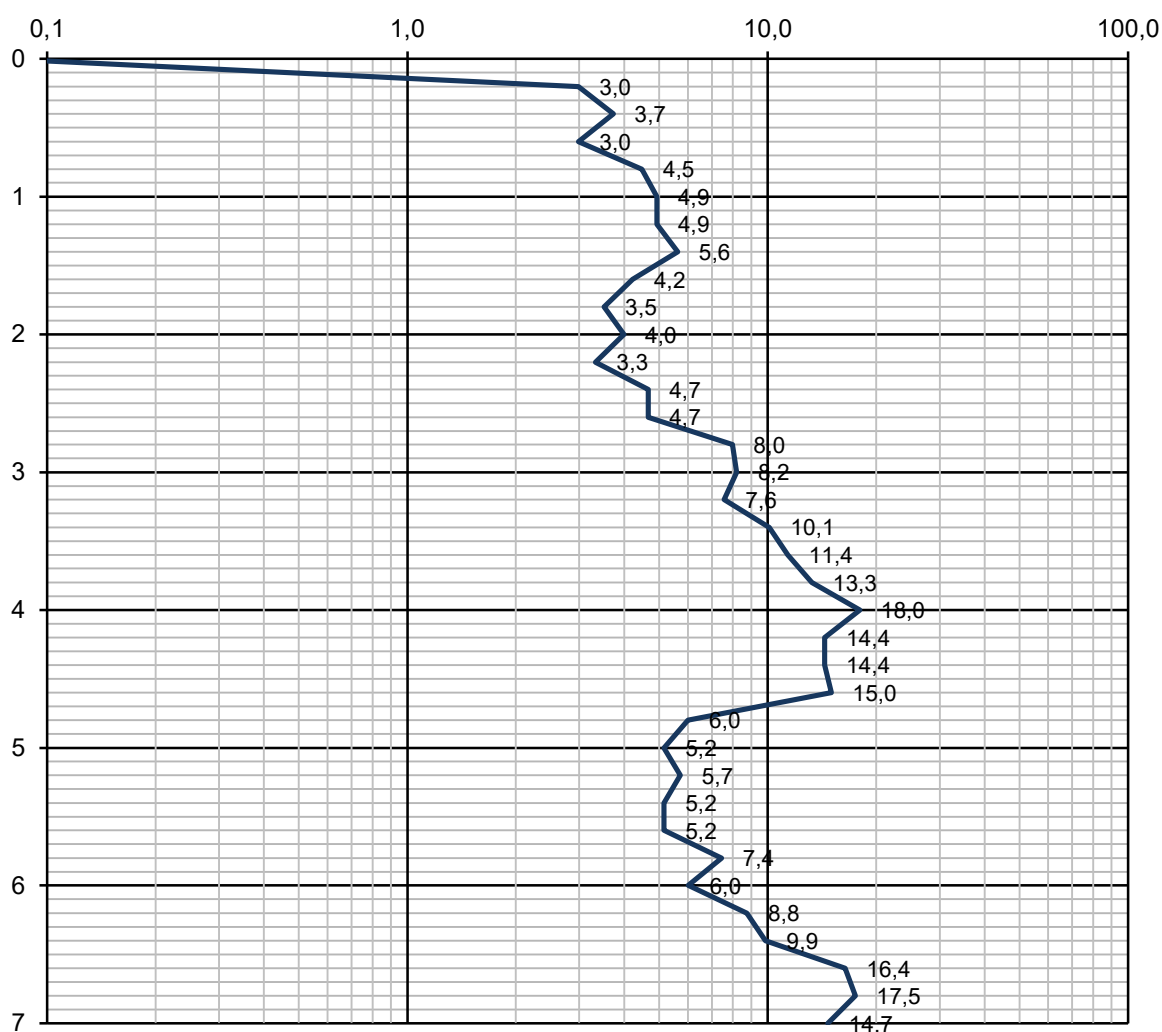
N° dossier : 6904581

Date essai : 05/07/2022

Client : ENEDIS

Cote NI : 99,51 m

qd (Mpa)



Profondeur d'arrêt : 7,0 m (arrêt)

Profondeur (m)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointe : 20 cm²

PENETROMETRE DYNAMIQUE PN3

Chantier : Le Donjon (03)
Extension d'un poste source

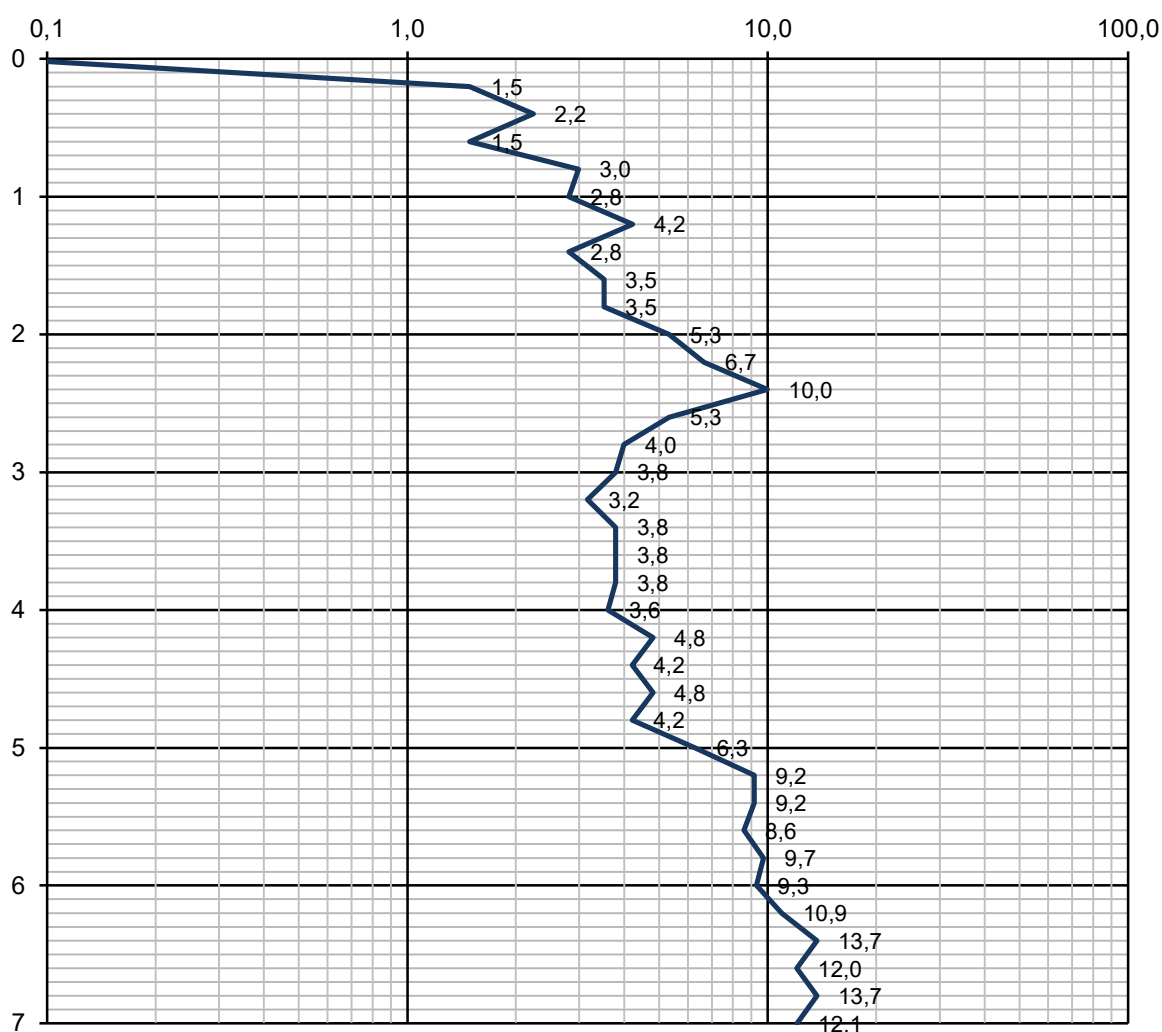
N° dossier : 6904581

Date essai : 05/07/2022

Cliant : ENEDIS

Cote NI : 98,48 m

qd (Mpa)



Profondeur d'arrêt : 7,0 m (arrêt)

Profondeur (m)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointe : 20 cm²

PENETROMETRE DYNAMIQUE PN4

Chantier : Le Donjon (03)
Extension d'un poste source

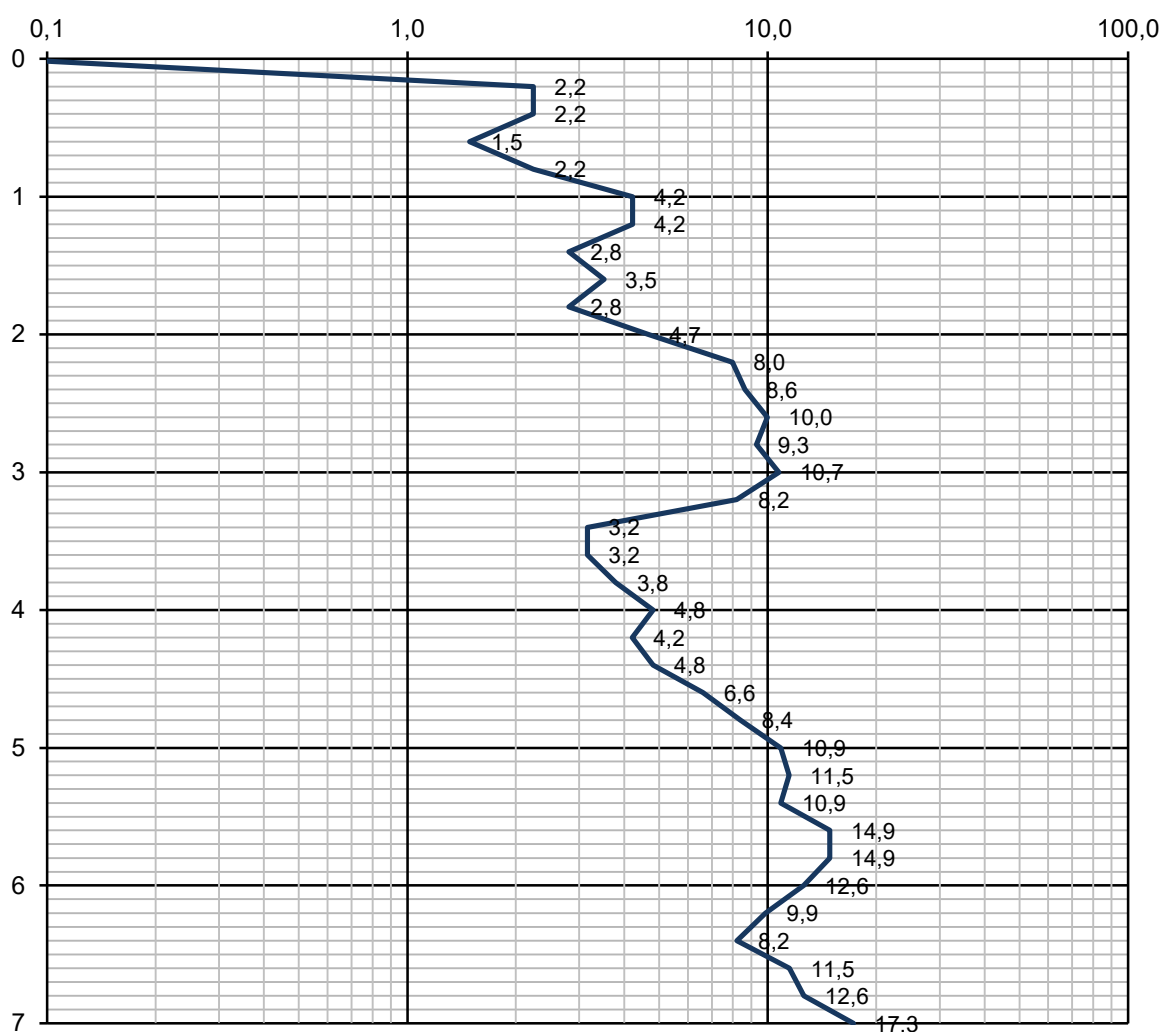
N° dossier : 6904581

Date essai : 05/07/2022

Cliant : ENEDIS

Cote NI : 98,44 m

qd (Mpa)



Profondeur d'arrêt : 7,0 m (arrêt)

Profondeur (m)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointe : 20 cm²

PENETROMETRE DYNAMIQUE PN5

Chantier : Le Donjon (03)
Extension d'un poste source

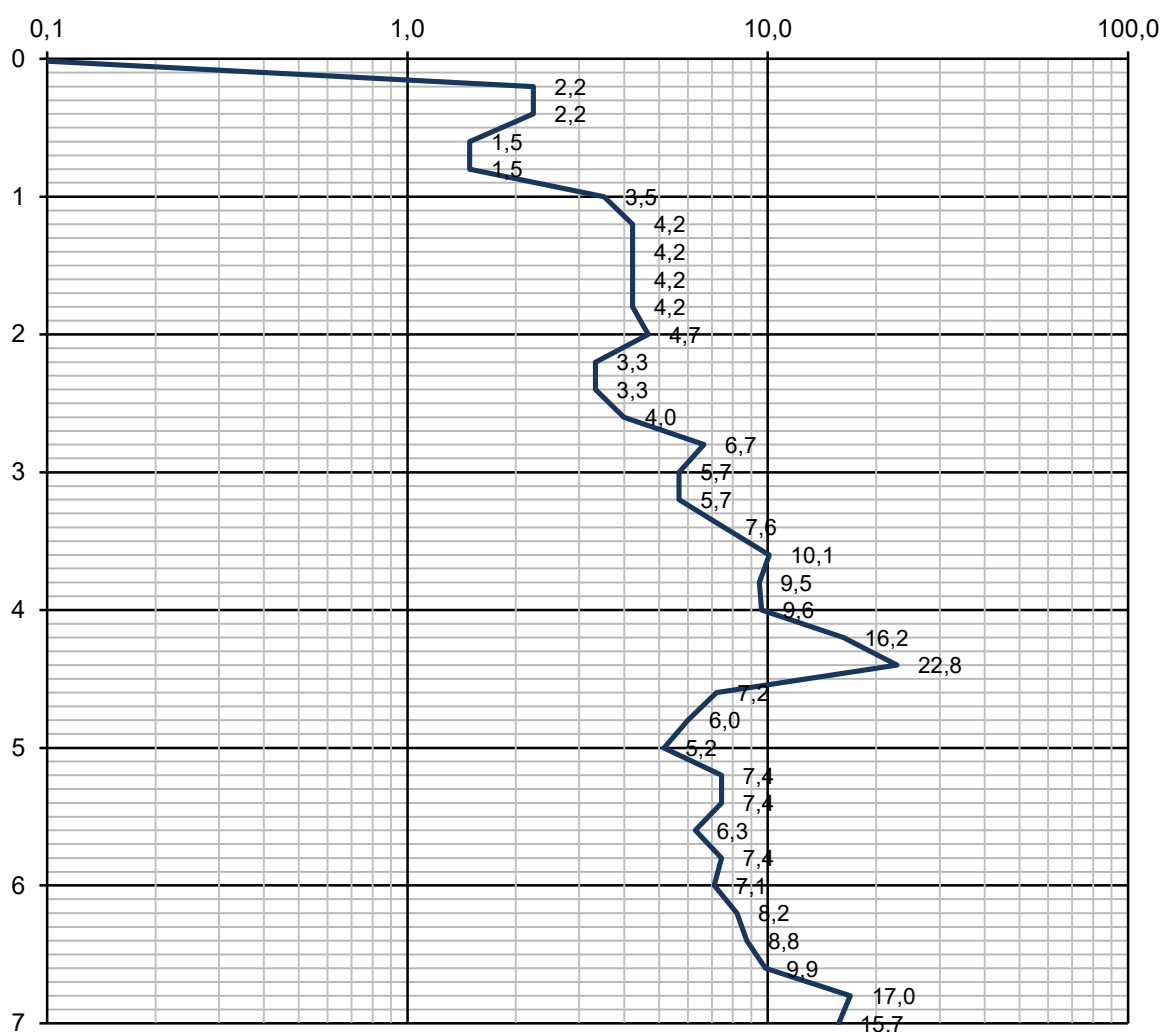
N° dossier : 6904581

Date essai : 05/07/2022

Client : ENEDIS

Cote NI : 99,80 m

qd (Mpa)



Profondeur d'arrêt : 7,0 m (arrêt)

Profondeur (m)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointe : 20 cm²

PENETROMETRE DYNAMIQUE PN6

Chantier : Le Donjon (03)
Extension d'un poste source

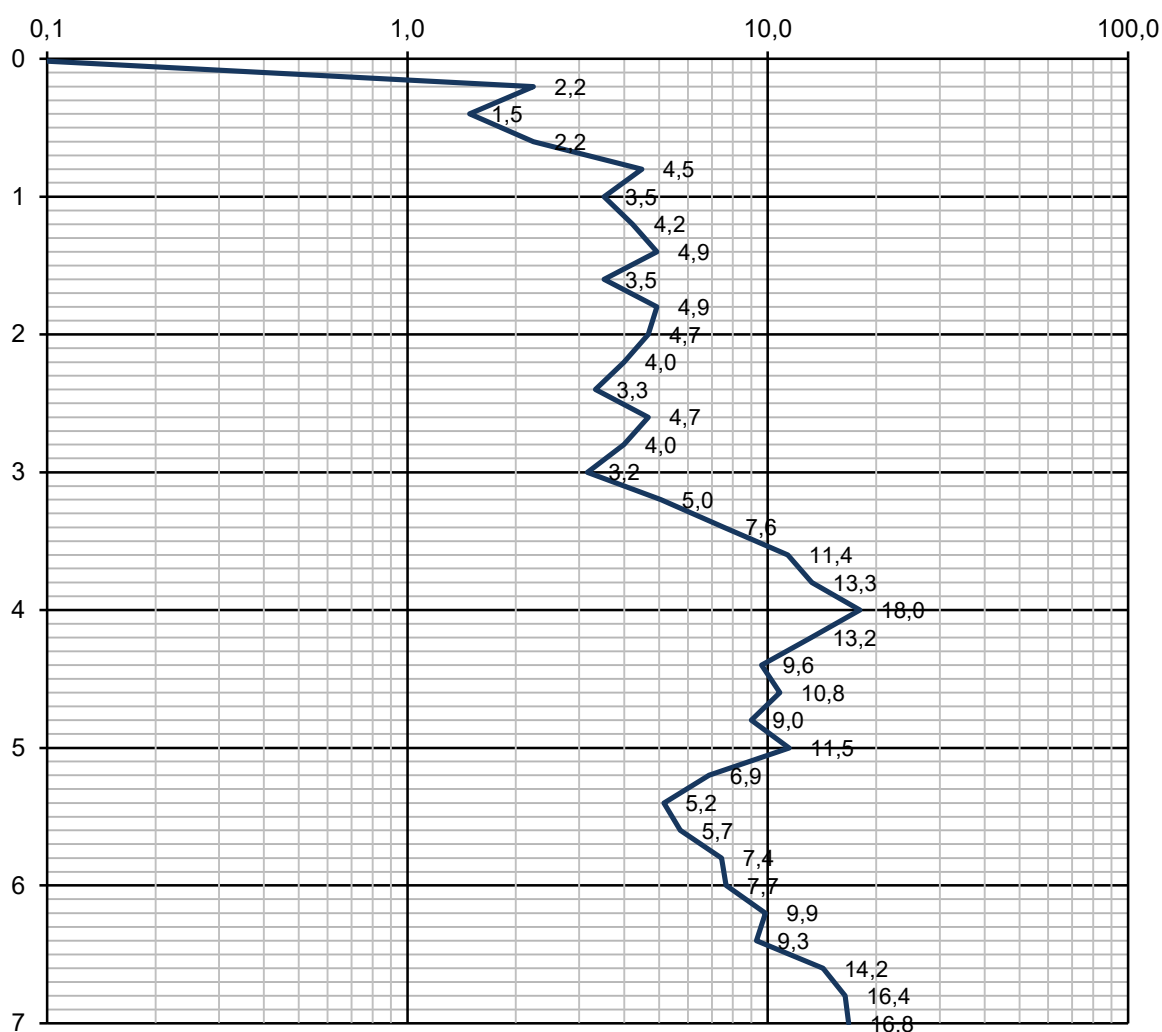
N° dossier : 6904581

Date essai : 05/07/2022

Client : ENEDIS

Cote NI : 99,79 m

qd (Mpa)



Profondeur d'arrêt : 7,0 m (arrêt)

Profondeur (m)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointe : 20 cm²

Annexe 5

Résultats des essais en laboratoire

PROCES-VERBAL D'ESSAI
CLASSIFICATION D'UN SOL
 NF P11-300



REFERENCES

N° affaire 6904581
Localisation Le Donjon (03)

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Sondage PU 2
Profondeur 1,50 m
Dmax 4 mm
Description argile sableuse orangée

INFORMATIONS GENERALES

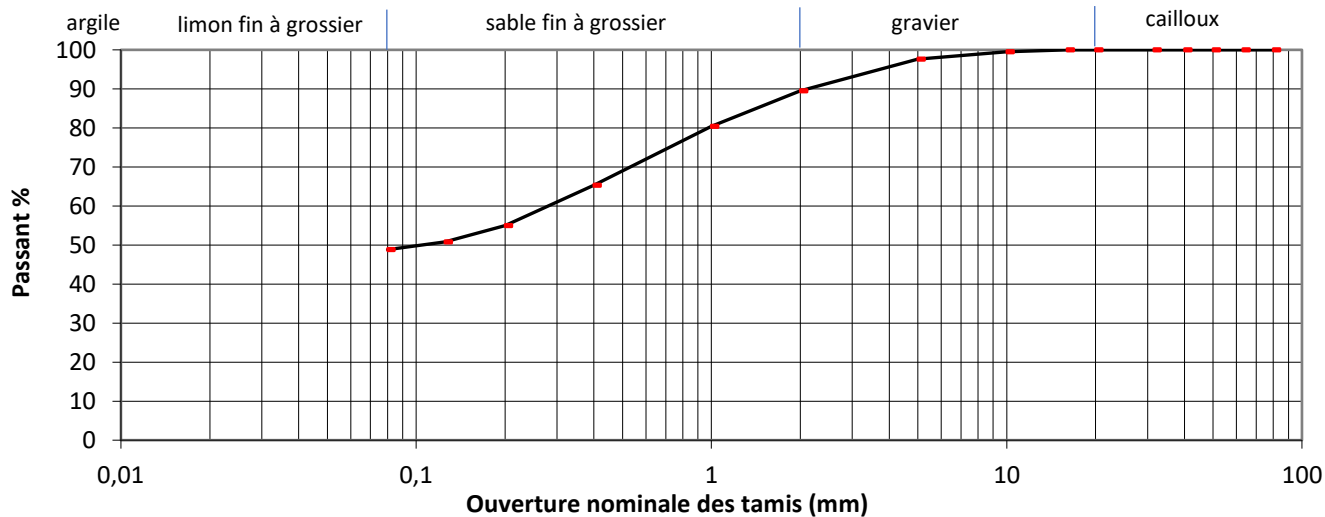
Date de prélèvement 05/07/2022
Réception labo 18/07/2022
Mode prélèvement pelle mécanique
Conservation sac

Température étuve 105°C

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94-056

Ø Tamis (en mm)	80	63	50	40	31,5	20	16	10	5	2	1	0,4	0,2	0,125	0,08
% Passant	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,5	97,7	89,5	80,4	65,3	55,0	50,8	48,8
% Passant sur 0/50mm															

Courbe granulométrique



TENEUR EN EAU NF P 94-050

W_{nat} = 13,7 %

LIMITES D'ATTERBERG NF P 94-051

W_L % =	38,3	IP =	19,0
W_p % =	19,3	IC =	-

REMARQUES

Passant à 400 µm < 80 % IC sans objet
 Teneur en eau à l'optimal Proctor 15,8%

Classe matériau

A2s

L'opérateur des essais
 Pierre-Yves BOYER

PROCES-VERBAL D'ESSAI

DETERMINATION DES REFERENCES DE COMPACTAGE D'UN MATERIAU

Essai Proctor Normal - Essai Proctor Modifié
NF P 94-093

INDICE PORTANT IMMEDIAT / CBR IMMEDIAT / CBR APRES IMMERSION

Mesure sur un échantillon compacté
dans le moule CBR
NF P 94-078

RÉFÉRENCES

Dossier n°: 680481

Chantier : Le Donjon

IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON

Sondage n° : PU 2

Profondeur : 1,50 m

Description : argile sableuse orangée

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Date de prélèvement chantier : 05/07/2022

Date d'analyses au laboratoire : 18/07/2022

Mode de prélèvement sur site : pelle méca

Mode de conservation : sac

Température étuve : 105 °C

Informations sur l'essai

Moule utilisé : CBR

Energie de compactage : normale

Mode de malaxage : manuel

Traitement du matériau : -

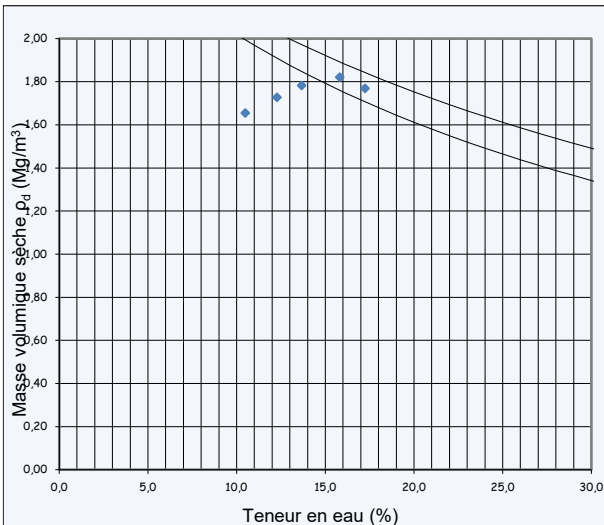
Type de traitement : -

Dosage : -

Teneur en eau

Wnat = **13,7** %

(suivant NF P 94-050)



Essai PROCTOR

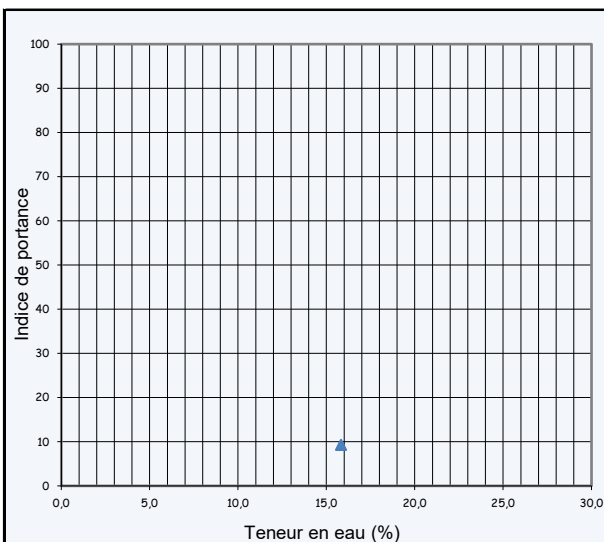
Point	n°	1	2	3	4	5
Teneur en eau	W %	15,8	17,2	13,7	12,3	10,5
Masse vol. sèche	ρ_d Mg/m³	1,82	1,77	1,78	1,73	1,66

Résultats

0/20mm		0/D*	
W optimum	15,8 %	W' optimum	15,8 %
ρ_d optimum	1,82 Mg/m³	ρ'_d optimum	1,82 Mg/m³

* Applicable si proportion $0\% < 20/D < 30\%$:

Proportion > 20mm : **0,0** %



Détermination des INDICES

Point n°	1	2	3	4	5
Teneur en eau W (%)	15,8				
IPI	9,32				
ICBR immédiat	/	/	/	/	/
ICBR après immersion	/	/	/	/	/
ICBR/IPI	/	/	/	/	/
Gonfl à 4j d'imm (%)	/	/	/	/	/
W(%) après imm	/	/	/	/	/

Observations

L'opérateur des essais

INDICE PORTANT IMMEDIAT / CBR **IMMEDIAT / CBR APRES IMMERSION**

Mesure sur un échantillon compacté
dans le moule CBR
NF P 94-078

RÉFÉRENCES

Dossier n°: 680481
Chantier : Le Donjon

IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON

Sondage n° : PU 2
Profondeur : 1,50 m
Description : argile sableuse orangée

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Date de prélèvement chantier : 05/07/2022
Date d'analyses au laboratoire : 18/07/2022
Mode de prélèvement sur site : pelle méca
Mode de conservation : sac

Informations sur l'essai

Moule utilisé : CBR
Energie de compactage : normale
Mode de malaxage : manuelle

Traitement du matériau : -
Type de traitement : -
Dosage : -

Résultats du poinçonnement



Enfoncement (mm)	Force (kN)	Correction de la force (kN)
0	0,00	0,00
1,25	0,74	0,74
2	1,07	1,07
2,5	1,24	1,24
3	1,38	1,38
4	1,64	1,64
5	1,79	1,79
7,5	2,18	2,18
9	2,40	2,40
10	2,45	2,45

Résultats obtenus

Teneur en eau

Confection	15,82	%
% optimum	100,0	%
après immersion	NC	%

Densité sèche

Confection	1,82	Mg/m ³
% optimum	100,0	%

Indices

IPI	9,3	%
I. CBR immédiat	-	%
I.CBR immersion	-	%

G (gonflement linéaire relatif)	-	%
---------------------------------	---	---

PROCES-VERBAL D'ESSAI
CLASSIFICATION D'UN SOL
 NF P11-300



Température étuve 105°C

REFERENCES

N° affaire 6904581
 Localisation Le Donjon (03)

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Sondage PU 4
 Profondeur 2,20 m
 Dmax 4 mm
 Description argile limoneuse
 beige/blanchâtre

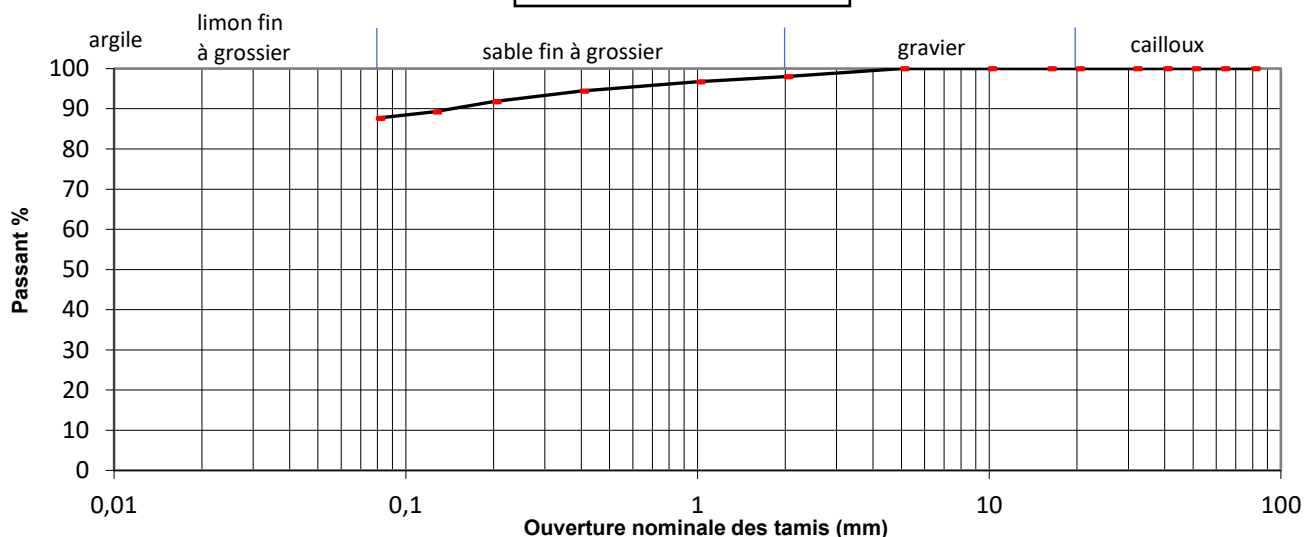
INFORMATIONS GENERALES

Date de prélèvement 05/07/2022
 Réception labo 18/07/2022
 Mode prélèvement pelle mécanique
 Conservation sac

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94-056

Ø Tamis (en mm)	80	63	50	40	31,5	20	16	10	5	2	1	0,4	0,2	0,125	0,08
% Passant	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,0	96,7	94,4	91,8	89,2	87,7
% Passant sur 0/50mm															

COURBE GRANULOMETRIQUE



TENEUR EN EAU NF P 94-050

$W_{nat} = 20,73 \%$

VALEUR AU BLEU NF P 98-068

VBS = 2,99 g de bleu/100g sol

REMARQUES

Classe matériau

A2

L'opérateur des essais
 Pierre-Yves BOYER

Annexe 6

Résultats des mesures de résistivité électrique

PLAN D'IMPLANTATION DES MESURES DE RESISTIVITE

Affaire : Le Donjon (03) – Extension d'un poste source

Client : ENEDIS

N° Dossier : 6904581



Légende :

Axes de mesures de résistivité : — Axe A ; — Axe B

Mesure de Résistivité

Poste source : Le Donjon (03)

Intervenants : Virgile SAURAT

Température : 24°C

Taux d'humidité : 4%

Angle Ø : 58°

Résistivité - Ecartement entre électrodes 3 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	5,00	2,25	94,25
Axe B	2,20		41,47

Résistivité - Ecartement entre électrodes 5 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	3,40	3,75	106,81
Axe B	1,20		37,70

Résistivité - Ecartement entre électrodes 9 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	1,60	6,75	90,48
Axe B	1,00		56,55

Résistivité - Ecartement entre électrodes 15 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	0,68	11,25	64,09
Axe B	1,00		94,25

Résistivité - Ecartement entre électrodes 25 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	0,50	18,75	78,54
Axe B	0,50		78,54

Résistivité - Ecartement entre électrodes 33 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	0,28	24,75	58,06
Axe B	0,30		62,20

Résistivité - Ecartement entre électrodes 50 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	0,12	37,50	37,70
Axe B	0,20		62,83

Résistivité - Ecartement entre électrodes 75 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	0,11	56,25	51,84
Axe B			

Résistivité - Ecartement entre électrodes 100 mètres

	Résistance R (Ω)	Profondeur h = 3/4 a (m)	Résistivité ρ (Ωm)
Axe A	0,08	75,00	50,27
Axe B			