



Sécurisation du mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac



Rapport

Sécurisation du mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac (33)

Etude de conception géotechnique – Mission G2 PRO
pour DCE



Rapport n°A126755– Version B – Avril 2024

Projet suivi par Romain FERNANDEZ – romain.fernandez@anteagroup.fr

Fiche signalétique

Sécurisation du mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac (33)

Etude de conception géotechnique – Mission G2 PRO pour DCE

CLIENT

Sécurisation du mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac

89 rue Cazeaux-Cazalet,
33410 CADILLAC-SUR-GARONNE

Tél : 05.56.76.54.61

SITE

Centre Hospitalier de Cadillac

89 rue Cazeaux-Cazalet,
33410 CADILLAC-SUR-GARONNE

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Mikael FORTUNEL

Interlocuteur commercial

Mikael FORTUNEL

Implantation chargée du suivi du projet

Implantation de Bordeaux

05.57.26.02.80

secretariat.bordeaux-fr@anteagroup.com

Rapport n°

A126755

Version n°



B

Votre commande et date

N° 230263 du 23/06/2023

Projet n°

AQUP230369

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	FERNANDEZ Romain	Ingénieur d'études	Avril 2024	
Approbation	DAVRANCHE Florent	Ingénieur de projet	Avril 2024	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	Novembre 2023	36	9	Version finale
B	Avril 2024	37	10	Actualisation du dimensionnement des fondations et révision des estimations financières

Sommaire

1.	Introduction	7
1.1	Textes normatifs applicables	7
1.2	Documentation technique	8
2.	Données générales	9
2.1.	Localisation du projet	9
2.2.	Contexte géologique régional	10
2.3.	Documents transmis	11
2.4.	Hydrogéologie	11
2.4.1.	Contexte hydrogéologique	11
2.4.2.	Réseau hydrographique	12
2.5.	Aléas naturels	12
3.	Description du projet	15
3.1.	Préambule	15
3.2.	Contrainte du projet	15
3.3.	Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)	16
3.4.	Géométrie de l'ouvrage reconstruit	17
4.	Investigations géotechniques	19
4.1.	Investigation géotechnique G5 et G2 AVP – GINGER CEBTP	19
4.1.1.	Rappel des sondages et essais	19
4.1.2.	Caractéristiques géomécaniques des formations de la section 1	19
4.1.3.	Reconnaissance des fondations de la section 2	20
4.1.4.	Essais en laboratoire	20
4.2.	Investigation géotechnique complémentaire	21
4.3.	Modèles géotechniques de synthèse	22
5.	Dimensionnement des fondations	24
5.1.	Mode et géométrie des fondations	24
5.2.	Méthodologie de calcul	24
5.2.1.	Fondation profonde	24
5.2.2.	Descentes de charges	24
5.2.3.	Préambule	25
5.2.4.	Vérification des tubes	25
5.2.5.	Longueur d'ancrage	26
5.2.6.	Vérification du flambement	27
5.2.7.	Modélisation et dimensionnement	27
6.	Justification de l'ouvrage	29

6.1. Solution n°1 : Mur en moellon calcaire	29
6.2. Solution n°2 : Mur en béton armé	29
7. Description des travaux et recommandations constructives	30
7.1. Déconstruction du mur existant.....	30
7.1.1. Travaux de fondation (Sections 1 et 2)	30
7.1.2. Reconstruction du mur d'enceinte (Sections 1, 2-B et 2-C)	31
7.1.3. Confortement des parties endommagées (sections 2-A et 2-D).....	32
8. Enchaînement des missions géotechniques.....	33

Table des figures

Figure 1 : Plan de situation du mur d'enceinte	9
Figure 2 : Extrait de carte géologique – Feuille de « LANGON »	10
Figure 3: Contexte hydrologique de la région	12
Figure 4 : Extrait de la carte d'aléa de remontée de nappe	12
Figure 5 : Carte des aléas sismique	13
Figure 6 : Carte des aléas de mouvement de terrain	13
Figure 7 : Carte des aléas des cavités souterraines.....	14
Figure 8 : Carte des expositions aux retrait et gonflement des argiles.....	14
Figure 9 : Localisation des deux sections à conforter et reconstruire	15
Figure 10 : ZIG du secteur 1.....	16
Figure 11 : ZIG de la partie à reconstruire du secteur 2.....	16
Figure 12 : Géométries retenues pour le mur d'enceinte.....	17
Figure 13 : Résultats de la capacité portante des micropieux – Section 1.....	26
Figure 14 : Résultats de la capacité portante des micropieux – Section 2.....	26
Figure 15 : Exemple de boutisse permettant de renforcer la structure du mur.....	31
Figure 16 : Exemple de chaperon.....	31

Table des tableaux

Tableau 1 : Documents mis à disposition pour l'étude	11
Tableau 2 : Synthèse des résultats des essais de GINGER CEBTP – Section 1.....	19
Tableau 3 : Synthèse des résultats des reconnaissances de fondation de la section 2	20
Tableau 4 : Résultats des essais en laboratoire pour la section 2.....	20
Tableau 5 : Synthèse des caractéristiques géomécaniques du sondage complémentaire – Section 2	21
Tableau 6 : Modèle de sol - Section 1	22
Tableau 7 : Modèle de sol - Section 2	22
Tableau 8 : Modèle géotechnique - Section 2.....	22
Tableau 9 : Descentes de charge estimées	25
Tableau 10 : Capacité portante des micropieux.....	27
Tableau 11 : Vérification des barres d'armature.....	27
Tableau 12 : Justification du flambement.....	28
Tableau 13 : Résultats de la vérification du dimensionnement de la solution n°1.....	29
Tableau 14 : Résultats de la vérification du dimensionnement de la solution n°1.....	29

Table des annexes

Annexe I :	Classification des missions d'ingénierie géotechnique (norme NF P 94-500- Novembre 2013) – 3 pages
Annexe II :	Plan d'implantation du sondage complémentaire
Annexe III :	Résultats du sondage géotechnique supplémentaire
Annexe IV :	Résultats des capacités portantes des micropieux (FONDPROF)
Annexe V :	Résultats des calculs Foxta (TASPIE+)
Annexe VI :	Note de calcul - Solution n°1
Annexe VII :	Note de calcul - Solution n°2
Annexe VIII :	Rapport hydrogéologique n°110904

1. Introduction

À la suite de l'effondrement d'une partie du mur d'enceinte du **Centre Hospitalier de Cadillac** au début de l'année 2023, le long de la rue Cazeaux Cazalet, dans la commune de Cadillac (33), le **Centre Hospitalier de Cadillac** envisage la reconstruction et le confortement de l'ensemble de l'édifice existant.

Antea Group a été missionné pour la réalisation d'une mission géotechnique de conception de type G2 PRO, conformément à la norme NF P94 500, de novembre 2013, présentée en Annexe I. Cette mission fait suite au rapport G2 AVP n°125171 d'Octobre 2023, précédemment remis par Antea Group, concernant le dimensionnement des fondations et la quantification des travaux de reconstruction et de confortement des ouvrages.

Conformément à la norme NF P94 500 de novembre 2013, la présente étude géotechnique G2 phase PRO comprend les éléments suivants :

- La précision des solutions techniques retenues et leurs natures, la quantité des matériaux, les caractéristiques des équipements et leurs conditions de mise en œuvre ;
- Fixer les hypothèses de dimensionnement des différents ouvrages de la solution d'ensemble, ainsi que leur implantation topographique en vue de leur exécution ;
- Vérifier au moyen de note de calculs appropriées que la stabilité et la résistance des ouvrages et matériaux soient assurées dans les conditions d'exploitation auxquelles ils seront soumis ;
- Définir et quantifier précisément les caractéristiques techniques des équipements annexes éventuellement nécessaires ;
- Fixer le calendrier détaillé d'exécution des travaux dans le respect du délai global de réalisation en tenant compte du délai des différents lots ;
- Etablir, le cas échéant, un coût prévisionnel des travaux décomposés en éléments techniquement homogènes ;
- S'assurer que les solutions techniques proposées respectent l'enveloppe budgétaire affectée aux travaux ;
- Préciser les dispositions environnementales et de sécurité prises en compte dans la conception des ouvrages ;
- Préparer la consultation des entreprises.

1.1 Textes normatifs applicables

- Norme NF P 94-500, novembre 2013, Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications ;
- Norme NF EN 1997-1 (Eurocode 7), Calcul Géotechnique – Partie 1 : Règles générales ;
- Norme NF P 94-261 et NF P 94-262 (normes d'application de l'Eurocode 7) respectivement pour le dimensionnement des fondations superficielles et des fondations profondes ;
- Norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8), Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes.

1.2 Documentation technique

- Le plan topographique au 1/25 000ème, IGN ;
- La carte géologique à l'échelle 1/50 000ème et sa notice explicative, BRGM ;
- Guide technique du SETRA – LCPC, Réalisation des remblais et couches de forme (GTR92), Fascicules I et II, Principes Généraux ;
- R. Frank, Calcul des fondations superficielles et profondes, Edition des Presses ENPC, janvier 2003 ;
- G. Philipponnat et B. Hubert, Fondations et ouvrages en terre, édition Eyrolles, octobre 1997 ;
- G. Filliat, La pratique des sols et fondations, éditions du Moniteur, 1981 ;
- F. Schlosser, Eléments de mécanique des sols, Edition des Presses ENPC, octobre 1988.

2. Données générales

2.1. Localisation du projet

Le mur d'enceinte concerné par les travaux de sécurisation se situe sur la partie Sud et Sud-Est du Centre Hospitalier de Cadillac, longeant la rue Cazeaux Cazalet.



Figure 1 : Plan de situation du mur d'enceinte

(Source : Géoportail)

Ce mur maçonné, datant du XIX^{ème} siècle est composé d'un assemblage de moellons calcaires sur joint terreux, d'une hauteur variante entre 4,7 et 5,3 mètres et parcourant la périphérie du Centre Hospitalier.

À la suite de l'effondrement de la partie Est du mur au niveau de la blanchisserie et au vu des différents désordres observés sur l'ensemble de l'ouvrage (fissure, flambement, basculement, etc...), le Centre Hospitalier de Cadillac a mis en place des dispositifs de confortement provisoire (étais) pour assurer la stabilité de l'ouvrage en attendant les travaux de reprise du mur.

Le Centre Hospitalier de Cadillac profite des travaux de reprise du mur Sud-Est pour intervenir également sur un second ouvrage, situé le long de la rue Cazeaux Cazalet, marqué par d'importantes fissures, un bombement en partie basse et un fruit conséquent.

2.2. Contexte géologique régional

D'après l'extrait de la carte géologique au 1/50 000^{ème} de LANGON feuille n°852, des données de la Banque de Données du Sous-Sol (BSS BRGM) et notre connaissance du site, la géologie de ce secteur est caractérisée par des **formations fluviatiles** de l'Holocène, composées d'argiles limoneuses et sables argileux, notés Fyb sur une épaisseur de 3,0 à 10,0 m pour la partie Sud et Ouest du mur.

La partie Nord-Est se situe au droit d'une **formation fluviatile du Riss**, composée de sables peu argileux, graviers et galets, notés Fxc. Ces formations surmontent un substratum de Calcaire à Astéries datant de l'Oligocène supérieur.



Figure 2 : Extrait de carte géologique – Feuille de « LANGON »

(Source : InfoTerre)

Les données de BSS permettent de préciser la nature des formations rencontrées. Deux sondages (BSS002 AEFK et BSS002AEFL) situés à environ 200 m à l'Ouest et dans le même contexte géologique que la zone d'étude, sont composés des formations suivantes :

- **BSS002AEFK :**
 - De 0,0 à 4,6 m : Argile ;
 - De 4,6 à 5,4 m : Gravier et sable ;
 - De 5,4 m à 21,5 m : Roche (sans précision).
- **BSS002AEFL :**
 - De 0,0 à 3,5 m : Remblai ;
 - De 3,5 à 6,1 m : Calcaire graveleux ;
 - De 6.1 à 28,6 m Calcaire.

L'ensemble de ces informations indique un contexte géologique constitué de terrain superficiel argileux reposant sur une couche gravo-sableuse surmontant un substratum calcaire.

2.3. Documents transmis

Dans le cadre de cette étude, il nous a été fourni les documents suivants (cf. Tableau 1) :

N°	Désignation/Sujet	Format	Date	Référence	Auteur
[1]	Plans des réseaux		23/06/2023	-	Centre Hospitalier de Cadillac
[2]	Plans de la Blanchisserie	PDF	06/11/2009	91001	BERT
[3]	Plan d'emprise des travaux	PDF	17/02/2023	2023021701417T6X	INERIS
[4]	Diagnostic géotechnique	PDF	22/05/2023	SB2X.N.0028	GINGER CEBTP
[5]	Mission d'examen visuel	PDF	01/02/2023	SBX3.N.0010.0001	GINGER CEBTP
[6]	Etude géotechnique de conception G2 AVP	PDF	2/05/2023	SBX2.N.0028	GINGER CEBTP

Tableau 1 : Documents mis à disposition pour l'étude

Ce rapport s'appuie également sur l'étude géotechnique G2 AVP antérieure réalisée par Antea Group (rapport n°125171_AQUP230369) pour la sécurisation du mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac.

2.4. Hydrogéologie

2.4.1. Contexte hydrogéologique

D'après les données de la BD LISA, l'aquifère rencontré est une entité hydrogéologique en milieu poreux nommé « **Alluvions de la Garonne aval, depuis la confluence du Lot à la confluence de la Dordogne** ».

Considérant la faible quantité de données disponibles sur cet aquifère, Antea Group avait préconisé la réalisation de piézomètres au droit du projet dans le cadre des investigations géotechniques d'une étude antérieure (2021).

Cette étude a permis d'identifier la présence d'une nappe superficielle à environ 13 m NGF, avec de faibles fluctuations du niveau piézométrique sur la période étudiée (Septembre – Mai 2021). Ces données sont présentées dans le rapport hydrogéologique n°A110904 précédemment remis par Antea Group et présenté en Annexe X.

2.4.2. Réseau hydrographique

Au droit du site étudié dans un rayon de 1 km, le réseau hydrographique se compose de :

- La Garonne qui se situe en aval hydraulique du site, à 350 m environ ;
- Le cours d'eau du Rau de l'Euille situé à environ 300 m au Nord-Ouest.

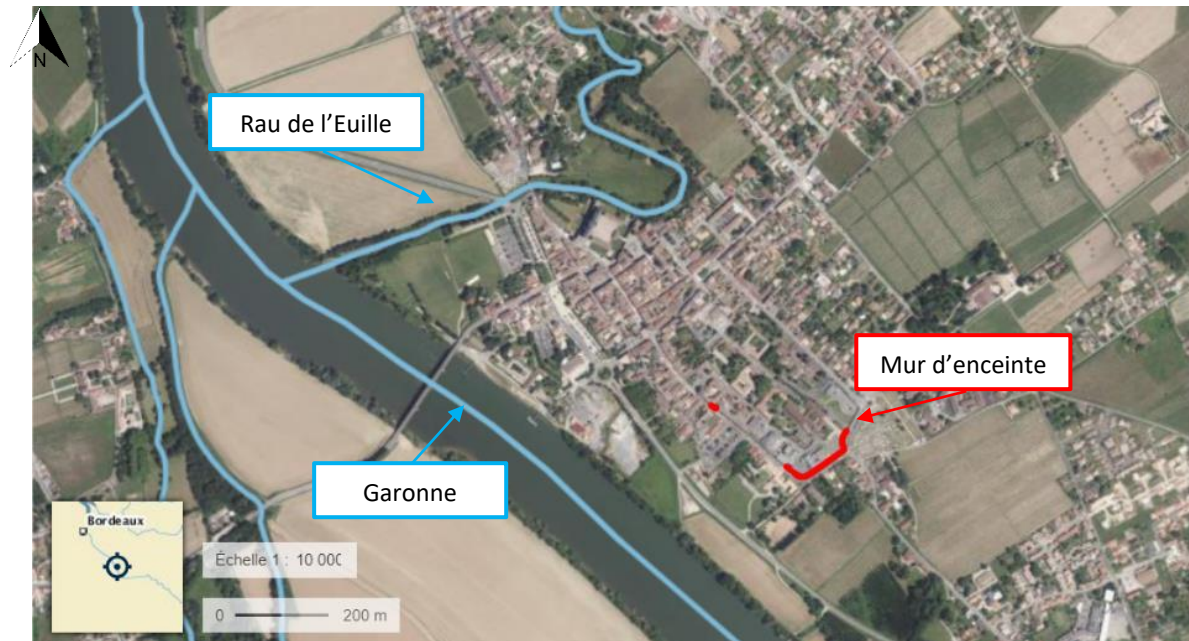


Figure 3: Contexte hydrologique de la région

(Source : Géoportail)

2.5. Aléas naturels

Les présents éléments sont extraits des bases de données publiques (Source : Géorisques et BRGM).

Aléa remontée de nappe et inondation

La commune de Cadillac n'est pas soumise à un territoire à risque important d'inondation (TRI). En revanche, elle est soumise à un plan de prévention des risques d'inondation (33DREAL20170018 – PPR Cadillac) et fait l'objet d'un programme de prévention (33DREAL20130136 – PAPI intention Garonne Gironde). Le site d'étude est notamment considéré comme une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe et inondations potentielles des cours d'eau.

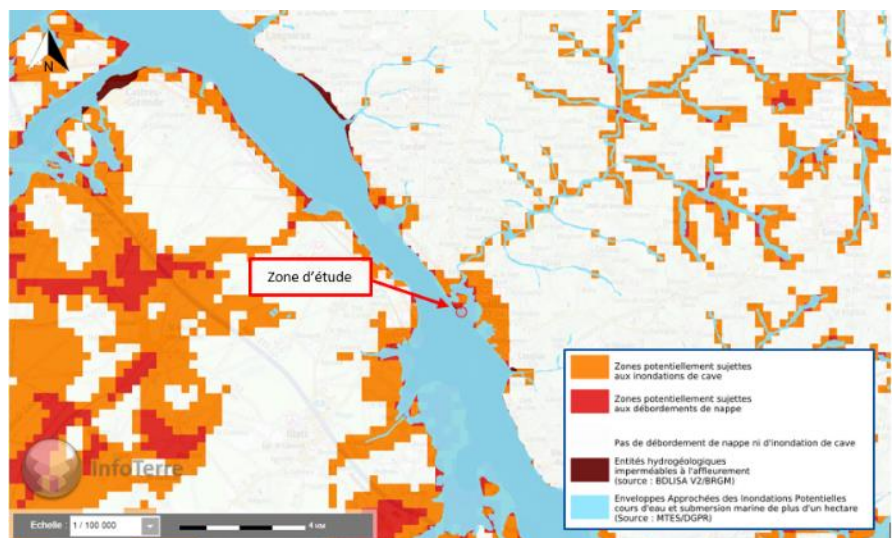


Figure 4 : Extrait de la carte d'aléa de remontée de nappe

(Source : InfoTerre)

Aléa sismique

La commune de Cadillac (33) est classée en zone d'aléa **très faible** (Zone 1/5).

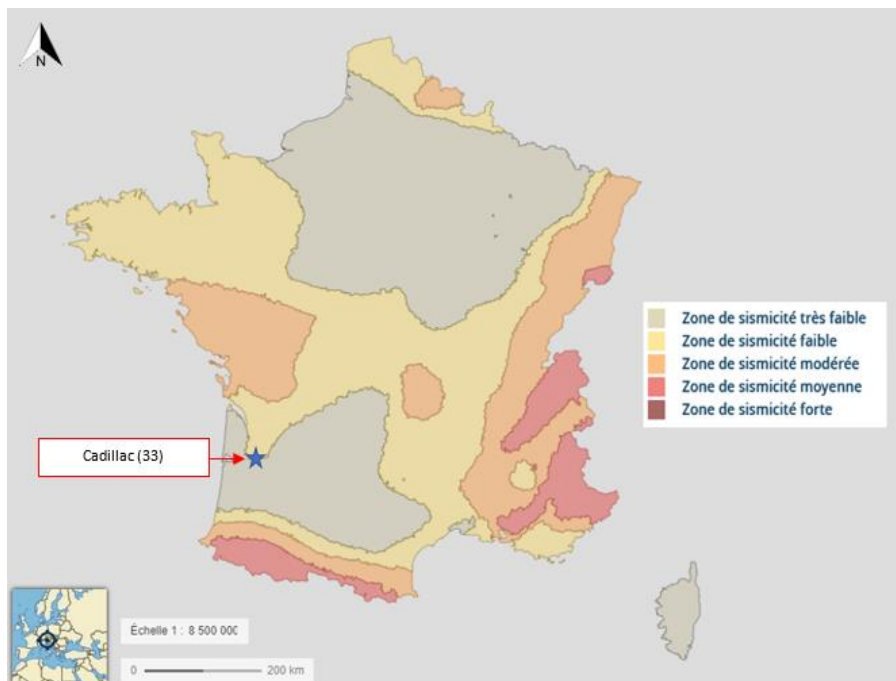


Figure 5 : Carte des aléas sismique

(Source : Géoportail)

Risque de mouvement de terrain

La commune n'est pas soumise à un plan de prévention des risques de mouvement de terrain.

Seul un mouvement de terrain, situé à 850 m à l'Ouest de site et correspondant à l'érosion de la berge est recensé, n'impactant pas la zone d'étude.



Figure 6 : Carte des aléas de mouvement de terrain

(Source : InfoTerre)

Risque de cavités souterraines

La commune n'est pas soumise à un plan de prévention des risques de cavité souterraine.

Sont recensées à 800 m du site, une carrière et d'une cave.

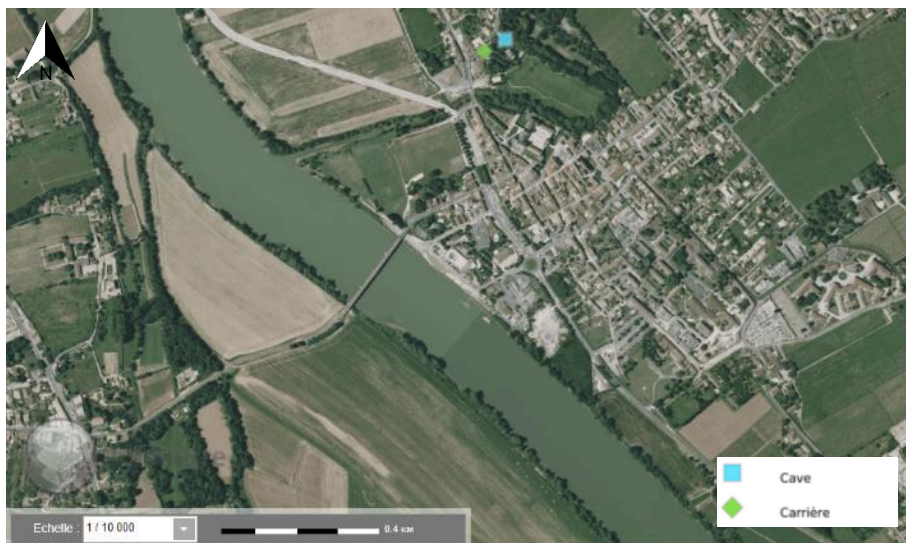


Figure 7 : Carte des aléas des cavités souterraines

(Source : InfoTerre)

Aléa retrait gonflement des argiles

L'aléa retrait/gonflement des sols argileux est considéré comme **moyen** au droit de la zone d'étude, mais la commune n'est pas soumise à un plan de prévention des risques de retrait et gonflement des sols argileux.

Une attention particulière sera portée aux terrains à dominante argileuse.

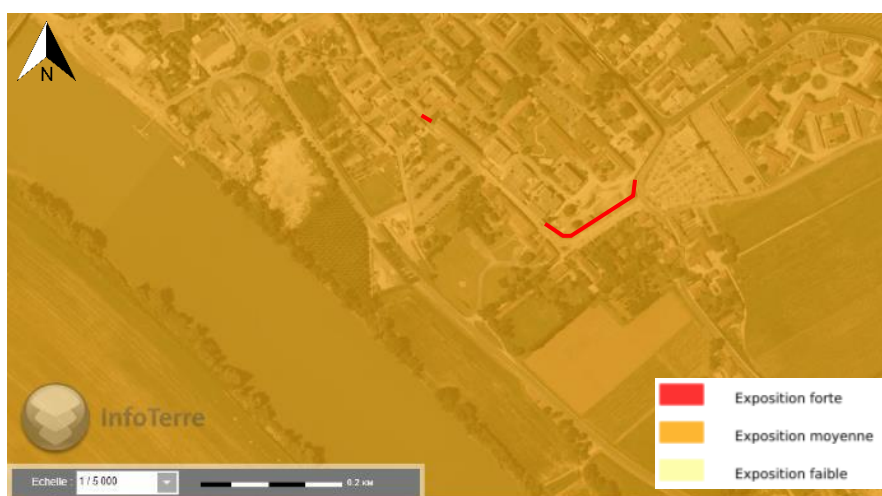


Figure 8 : Carte des expositions aux retrait et gonflement des argiles

(Source : InfoTerre)

3. Description du projet

3.1. Préambule

Le projet consiste en la reconstruction et le confortement du mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac, à la suite de l'effondrement d'une partie de l'ouvrage et la mise en place de dispositifs de confortement provisoire. Les deux sections concernées par ces travaux sont présentées dans la figure suivante. La section 2 est divisée quant à elle en sous-parties (allant de A à D) présentant des typologies de désordres différentes.

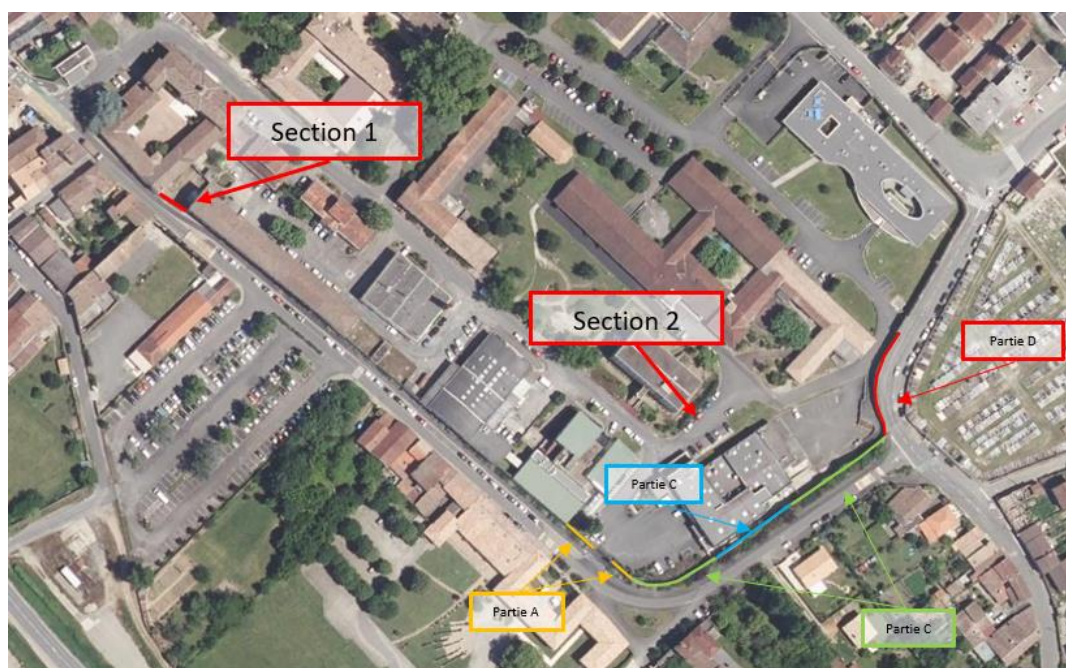


Figure 9 : Localisation des deux sections à conforter et reconstruire

3.2. Contrainte du projet

Le projet prévoit la reconstruction de la section 1 et d'une partie de la section 2, soit environ 130 m de linéaire, ainsi que le confortement des autres parties de la section 2. Les principales contraintes rencontrées à ce stade du projet sont les suivantes :

- Présence de bâtiment avoisinant en R+1, R+2, présentant un niveau enterré (sections 1 et 2) ;
- La classification de l'ouvrage (patrimoine) nécessitant une reconstruction proche de l'état initial afin de ne pas dénaturer le mur d'enceinte (sections 1 et 2) ;
- Profondeur importante de l'assise des fondations du mur (supérieure 1,4 m) (sections 1 et 2) ;
- Destruction des parties dont l'état ne permet pas leur reprise (flambement, fruit et fissuration importante) (section 1 et 2) ;
- La présence d'un réseau d'eau pluviale proche de l'assise du mur actuel (section 2) ;
- La sécurisation des zones en travaux, celles-ci se situant proche de voies communales (sections 1 et 2) et d'une zone en coactivité (section 2).

3.3. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

La ZIG est le volume de terrain au sein duquel il y a des interactions entre l'ouvrage projeté et son environnement. La forme de l'extension de cette zone d'influence géotechnique est spécifique à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain.

Dans le cas de la reconstruction du mur d'enceinte, trois bâtiments, ainsi que la rue Cazeaux Cazalet sont concernés par cette ZIG et sont présentés dans les figures suivantes.

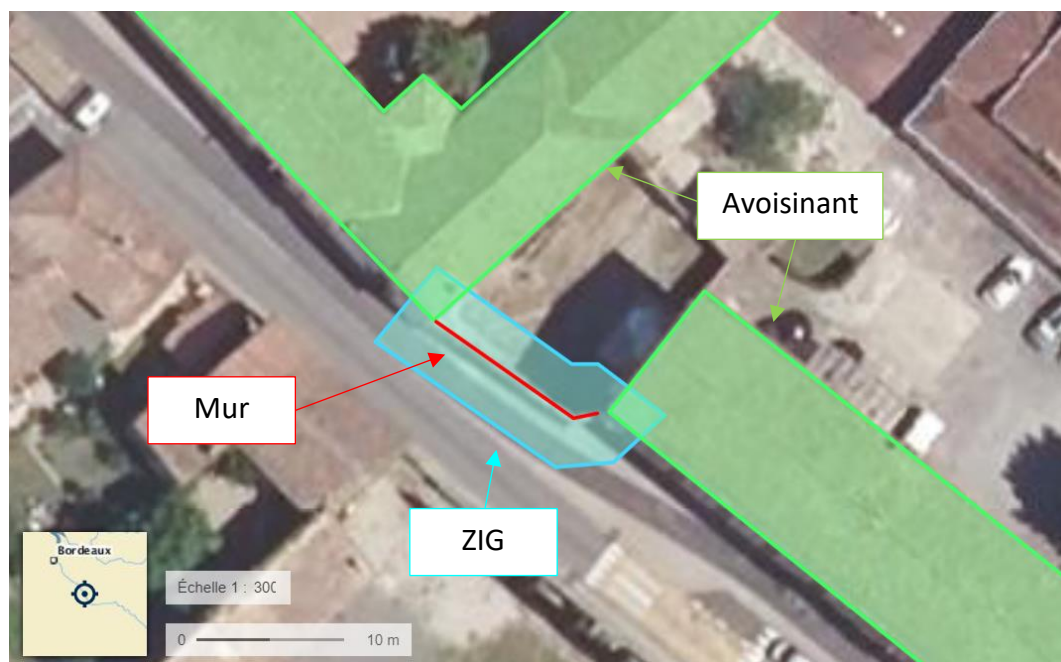


Figure 10 : ZIG du secteur 1

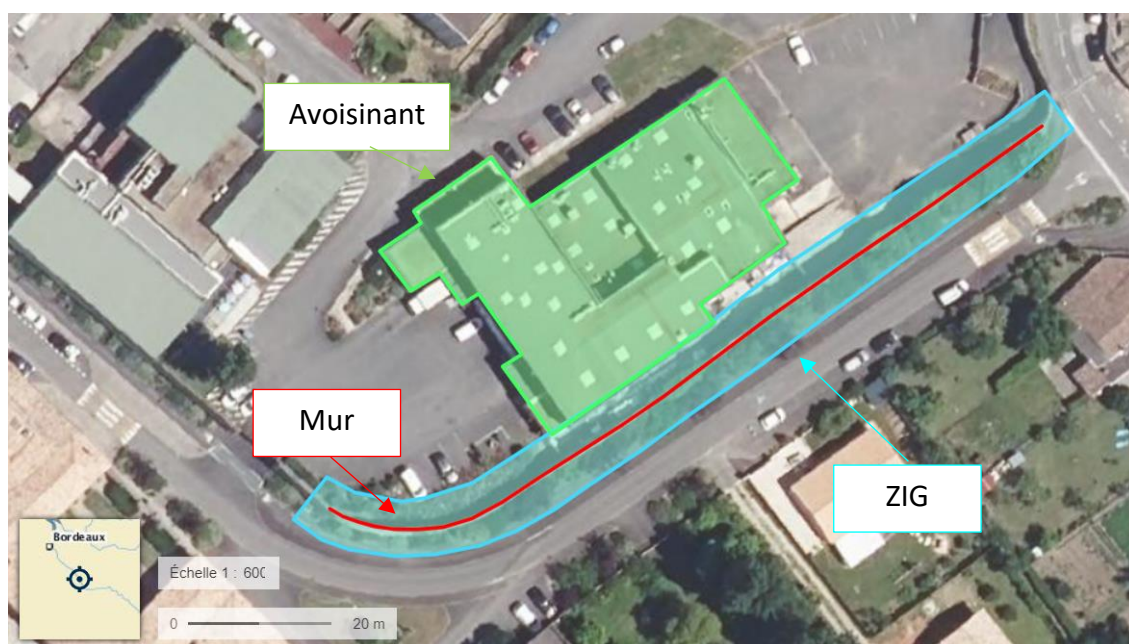


Figure 11 : ZIG de la partie à reconstruire du secteur 2

Des dispositifs de soutènements et protection provisoires devront être mis en œuvre afin d'éviter l'apparition de désordres sur les bâtiments mitoyens et/ou des mouvements de terrain sous les fondations des avoisinants, dans la mesure où celles-ci seraient situées à une profondeur inférieure aux terrassements.

3.4. Géométrie de l'ouvrage reconstruit

Le mur d'enceinte du Centre Hospitalier de Cadillac fait partie du prolongement d'un ouvrage classé comme un ouvrage historique et nécessite une **reconstruction à l'identique** afin de ne pas dénaturer l'apparence de l'ensemble de l'ouvrage.

De ce fait, Antea Group a proposé deux géométries pour ce nouvel ouvrage dans le rapport G2 AVP n°125171. Ces deux solutions envisagent :

- La construction d'un mur maçonné en moellon calcaire, identique au mur en place (solution 1) ;
- La construire d'un mur en béton armé, jouant un rôle structurel, habillé d'un parement en moellon calcaire issu en partie de la déconstruction du mur, s'appuyant sur des corbeaux ou bardages, positionné le long du mur en béton armé (solution 2).

Une coupe schématique des géométries retenues est donnée dans la figure ci-dessous.

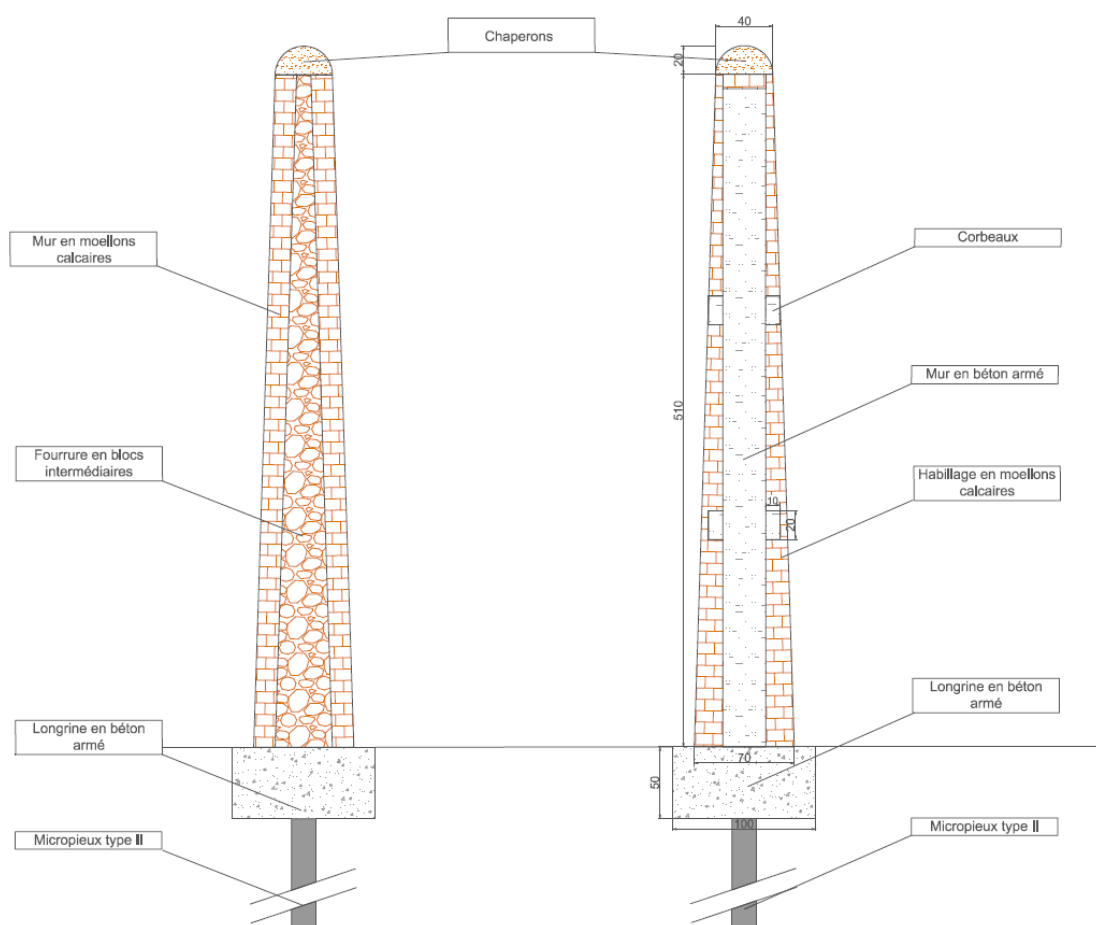


Figure 12 : Géométries retenues pour le mur d'enceinte

Remarque :

Les ouvrages actuels présents au droit des sections 1 et 2 ne présentent pas les mêmes géométries. Le mur d'enceinte de la section 1, mesure environ 4,7 m de haut, tandis que le mur de la section 2 mesure environ 5,3 m.

Les ouvrages projetés pourront ainsi varier sensiblement entre les deux solutions, en concertation avec le Maître d'Ouvrage et l'architecte du Patrimoine.

4. Investigations géotechniques

4.1. Investigation géotechnique G5 et G2 AVP – GINGER CEBTP

4.1.1. Rappel des sondages et essais

Dans le cadre de cette mission G2 AVP n°SBX2.N.002828 du 02/05/2023, réalisée par GINGER CEBTP, une série d'investigations géotechniques a été effectuée pour identifier les caractéristiques géomécaniques de sols en présence dans la zone d'étude.

Ces investigations sont composées des sondages suivants :

- Un (1) sondage pressiométrique descendu à 10 m de profondeur et comprenant 6 essais (un essai tous les 1,5 m) au droit de la section 1 ;
- Quatre (4) reconnaissances de fondations réalisées sur la section 2 ;
- Quatre (4) essais au pénétromètre dynamique lourd descendus jusqu'à 5,0 m de profondeur ou au refus sur l'ensemble de la section 2.

Des essais en laboratoire ont également été effectués lors des deux missions, soit :

- Une (1) classification GTR au droit de la section 1 ;
- Deux (2) classifications GTR au droit de la section 2.

4.1.2. Caractéristiques géomécaniques des formations de la section 1

Les caractéristiques géomécaniques des différentes formations identifiées, sont déduites des sondages pressiométriques et pénétrométriques réalisés dans les missions géotechniques. L'analyse et la synthèse des résultats sont présentées dans le tableau suivant :

Formation	Profondeur de la base (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	E_m (MPa)	P_1^* (MPa)
Terre végétale	0,0	0,5	-	
Argile sableuse	0,5	2,5	3,0	> 0,2
Argile sablo-graveleuse	2,5	4,6	5,0	> 0,4
Calcaire altéré	4,6	7,5	1,5	0,1
Calcaire compacte	7,5	< 10,0	200,0	> 4,5

Tableau 2 : Synthèse des résultats des essais de GINGER CEBTP – Section 1

Avec :

- γ_h : Le poids volumique humide (kN/m^3),
- p_l^* : La pression limite nette (MPa),
- E_M : Le module pressiométrique (MPa),
- α : Le coefficient rhéologique du sol (sans dimension).

4.1.3. Reconnaissance des fondations de la section 2

Quatre reconnaissances de fondations du mur d'enceinte de la section 2 ont été réalisées et ont permis d'identifier les types de fondation, soit **des fondations superficielles en maçonnerie de moellons calcaires et pierres de taille**, dont la profondeur et l'épaisseur varient en fonction de leurs positions.

Les résultats de ces sondages sont donnés dans le tableau suivant :

Sondage	RF1	RF2	RF3	RF4
Type de fondation	Maçonnerie de moellons calcaires	Maçonnerie de moellons calcaires	Pierres de taille et moellons calcaires	Maçonnerie de moellons calcaires
Epaisseur (m)	>0,62	>0,95	0,6	>0,5
Largeur du débord (m)	0,17	0,1	0,12	0,18
Profondeur de l'assise (m)	>1,45	>1,4	0,97	>1,45
Nature des sols	-	-	Argile remaniées	
Observations / remarques	Assise et profondeur de la fondation non reconnue	Assise et profondeur de la fondation non reconnue	Fondation sous un chaînage vertical en pierres de taille calcaires	Assise et profondeur de la fondation non reconnue

Tableau 3 : Synthèse des résultats des reconnaissances de fondation de la section 2

Nota :

Les reconnaissances de fondation ont dû être arrêtées prématurément pour des raisons de sécurité, aucun dispositif de soutènement n'ayant été mis en place.

4.1.4. Essais en laboratoire

Au total, trois classifications GTR ont été réalisées sur l'ensemble du site. A ce stade, seulement deux résultats sont disponibles, correspondant à des échantillons de sol issus de la section 2 et sont présentés dans le tableau suivant :

Référence	Formation	Profondeur (m)	W (%)	VBS	Tamiséat < 80 μm	Dmax (mm)	Classe GTR
RF1	Argile sableuse à graves marron	1,3	12,4	1,0	42,9	25	A ₁
RF2	Argile sableuse à graves marron	1,3	13,3	0,64	45,2	20	A ₁

Tableau 4 : Résultats des essais en laboratoire pour la section 2

4.2. Investigation géotechnique complémentaire

Dans le cadre du présent rapport (mission G2 PRO), des investigations complémentaires ont été réalisées en novembre 2023, afin d'identifier les caractéristiques géomécaniques des formations du secteur 2.

Un sondage pressiométrique, descendu à 10 m de profondeur et comprenant 9 essais a été réalisé à l'Est de la blanchisserie, proche du mur d'enceinte. Ce sondage a permis de préciser la nature et l'épaisseur des couches lithologiques au droit de cette zone. La synthèse des résultats de cet essai sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Formation	Profondeur de la base (m/TN)	Epaisseur (m)	E_m (MPa)	P_l^* (MPa)
Remblais calcaires	1,0	1,0	16,0	0,8
Argile calcaireuse à cailloutis calcaires	3,0	1,5	12,0 - 17,0	0,7 – 1,2
Calcaire altéré à induré	6,0	3,0	13,0 – 22,0	1,2 – 1,8
Calcaire compact	>10,0	>4,0	31,0 – 40,0	2,2 - 2,6

Tableau 5 : Synthèse des caractéristiques géomécaniques du sondage complémentaire – Section 2

Avec :

- γ_h : Le poids volumique humide (kN/m³),
- p_l^* : La pression limite nette (MPa),
- E_m : Le module pressiométrique (MPa),
- α : Le coefficient rhéologique du sol (sans dimension).

Le plan d'implantation et les résultats du sondage pressiométrique complémentaire sont présentés en Annexe 2 et Annexe 3.

Remarques :

Le sondage supplémentaire SP1 est significativement plus favorable que les sondages antérieurs, le modèle géotechnique de sol a été adapté au stade PRO.

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

4.3. Modèles géotechniques de synthèse

Les caractéristiques géomécaniques des formations rencontrées sur l'ensemble de la zone sont divisées en deux modèles géotechniques, correspondant aux deux sections de murs :

Formation	Profondeur de la base (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	E_m (MPa)	P_l^* (MPa)	Q_s (kPa)	k_{pmax}
Remblais	0,6	0,6	-			
Argile sableuse	2,5	1,9	3,0	> 0,2	22,0	1,15
Argile sablo-graveleuse	4,6	2,1	5,0	> 0,4	34,0	1,15
Calcaire altéré	7,5	2,9	1,5	0,1	31,0	1,45
Calcaire compact	< 10,0	< 2,5	200,0	> 4,5	170,0	1,45

Tableau 6 : Modèle de sol - Section 1

Formation	Profondeur de la base (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	E_m (MPa)	P_l^* (MPa)	Q_s (kPa)	k_{pmax}
Remblais	0,5	0,5	-			
Sable graveleux	1,0	0,5	16,0	0,5	-	
Argile graveleuse	3,0	2,0	14,0	0,5	-	
Calcaire altéré à induré	6,0	3,0	14,0	1,2	143,0	1,45
Calcaire fracturé	>10,0	>4,0	32,0	2,4	149,0	1,45

Tableau 7 : Modèle de sol - Section 2

Dans le cas de la section 2, la présence d'un réseau d'eau pluviale en pied de l'ouvrage, dont l'état n'est à ce jour pas connu, contraint le modèle géotechnique en neutralisant les trois premiers mètres de sols, celui-ci pouvant être affectés par des circulations dues à un réseau défectueux (réseau fuyard).

Formation	Profondeur de la base (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	E_m (MPa)	P_l^* (MPa)	Q_s (kPa)	k_{pmax}
Sol neutralisé	3,0	3,0	-			
Calcaire altéré à induré	6,0	3,0	14,0	1,2	143,0	1,45
Calcaire fracturé	>10,0	>4,0	32,0	2,4	149,0	1,45

Tableau 8 : Modèle géotechnique - Section 2

Avec :

- γ_h : Le poids volumique humide (kN/m³),
- p_l^* : La pression limite nette (MPa),
- E_M : Le module pressiométrique (MPa),
- α : Le coefficient rhéologique du sol (sans dimension).

Remarque :

Les investigations complémentaires ont permis de préciser les épaisseurs des calcaires altérés, et d'améliorer leurs caractéristiques géomécaniques au droit du secteur 2.

Les sols superficiels ont été neutralisés pour considérer une défaillance du réseau d'eau pluviale longeant parallèlement l'ouvrage. L'utilisation de fondations profondes permet de s'affranchir des éventuelles dégradations de l'état des sols. La réalisation d'un diagnostic du réseau, pourrait permettre d'optimiser la profondeur d'ancrage des micropieux en confirmant l'intégrité du réseau et en prenant en compte cette hauteur de sol dans les calculs de dimensionnement.

Cette inspection concerne un réseau public, ce diagnostic devra ainsi être réalisé par la mairie de Cadillac-sur-Garonne le cas échéant.

5. Dimensionnement des fondations

5.1. Mode et géométrie des fondations

L'étude de conception géotechnique en phase avant-projet (Mission G2-AVP – rapport n°125171 d'Octobre 2023) recommande de fonder l'ouvrage sur des fondations profondes de type micropieux, ancrées dans les calcaires compacts situés à 7,5 m de profondeur pour la section 1 et dans les calcaires altérés situés à partir de 3,0 m de profondeur pour la section 2.

Les micropieux utilisés seront considérés de type II, assimilé à la classe 1, catégories 18 selon la norme NF P 94-262. Le diamètre de forage de ces micropieux sera de 180 mm, les tubes en acier les composant possède un diamètre de 73,0 mm et 5,5 mm d'épaisseur. L'espace annulaire entre les aciers et le sol sera complet d'une épaisseur de béton de 53,5 mm.

Ces fondations profondes seront associées à une longrine sur laquelle le mur sera construit. Les dimensions de cette longrine sont les suivantes :

- Hauteur : 0,5 m ;
- Largeur : 1,0 m.

5.2. Méthodologie de calcul

5.2.1. Fondation profonde

Les fondations profondes de type pieux ou micropieux sont dimensionnées selon l'Annexe Nationale Fondations Profondes NF P 94-262 de juillet 2012, associée à l'Eurocode 7. Les calculs sont menés selon la méthode pressiométrique qui est détaillée en Annexe F de la norme NF P 94-262, selon la méthode de calcul « Modèle de terrain ».

Les fondations seront dimensionnées selon l'approche de calcul 2, aux ELU et ELS conformément au tableau 8.1 de la norme NF P 94-262.

5.2.2. Descentes de charges

Au vu de la géométrie et de la composition de la longrine et du mur d'enceinte envisagé, des estimations des contraintes en tête des micropieux peuvent être réalisées.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Poids volumique du béton armé : 25 kN/m³ ;
- Poids volumique des moellons calcaires : 23 kN/m³ ;
- Longrine : 0,5 x 1,0 m ;
- Epaisseur du mur en béton armé : 0,3 m ;
- Hauteur du mur : 4,7 pour la section 1 et 5,3 m pour la section 2.

Les résultats des calculs de descentes de charge est résumé dans le tableau suivant :

Descentes de charges (kN/ml)		
Géométrie 1	Section 1	83,0
	Section 2	87,0
Géométrie 2	Section 1	92,0
	Section 2	96,0

Tableau 9 : Descentes de charge estimées

Remarque :

Dans l'hypothèse que le mur est centré sur la longrine, les micropieux travaillent uniquement en compression dans le cas de la géométrie n°1. **Dans le cas de la géométrie n°2, le mur étant fixé à la longrine, des efforts horizontaux dus aux vents, apporteront des contraintes supplémentaires à l'ouvrage, influençant les descentes de charge et les fondations.**

5.2.3. Préambule

Les micropieux ont été dimensionnés sans prendre en compte l'effet de groupe la distance entre les micropieux étant supérieurs à 3 fois leur diamètre, soit 540 mm.

5.2.4. Vérification des tubes

5.2.4.1. Vérification au cisaillement

Il convient de vérifier la relation suivante :

$$V_{Ed} \leq V_{pl}$$

Avec :

- V_{Ed} est la valeur de calcul de l'effort tranchant,
- V_{pl} est la résistance plastique à l'effort : $V_{pl} = 0,58 \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{M0}$
- A_v est la section de résistance au cisaillement des tubes d'armatures : $A_v = 2 \times A / \pi$ où
- f_y est la limite élastique de l'acier.

5.2.4.2. Vérification en flexion composée

Il convient de vérifier la relation suivante :

$$N_{ED} / N_{C,Rd} + M_{ED} / M_{Pl,Rd} < 1$$

Avec :

- N_{ED} correspond à l'effort normal ELU appliqué aux tubes d'armatures ;
- $N_{C,Rd}$ la résistance de calcul de la section à la compression égale à $A \times f_y / \gamma_{M0}$;
- M_{ED} correspond au moment maximal induit ou appliqué ;
- $M_{Pl,Rd}$ la valeur de calcul de la résistance de la section à la flexion égale à $W_{pl} \times f_y / \gamma_{M0}$;
- W_{pl} le module de flexion plastique réduit.

5.2.5. Longueur d'ancrage

La détermination des longueurs d'ancrage a été réalisée à l'aide du logiciel FOXTA, module FONDPROF, en considérant les caractéristiques géomécaniques des sols, présentées en § 4.3, les descentes de charge estimées et un entraxe de 1,0 m pour la section 1 et 1,5 m pour la section 2 entre chaque micropieu. Ce module permet de calculer la capacité portante des micropieux en fonction de leur longueur.

Les résultats des capacités portantes des micropieux en compression sont présentés en Annexe 4 et dans les figures suivantes :

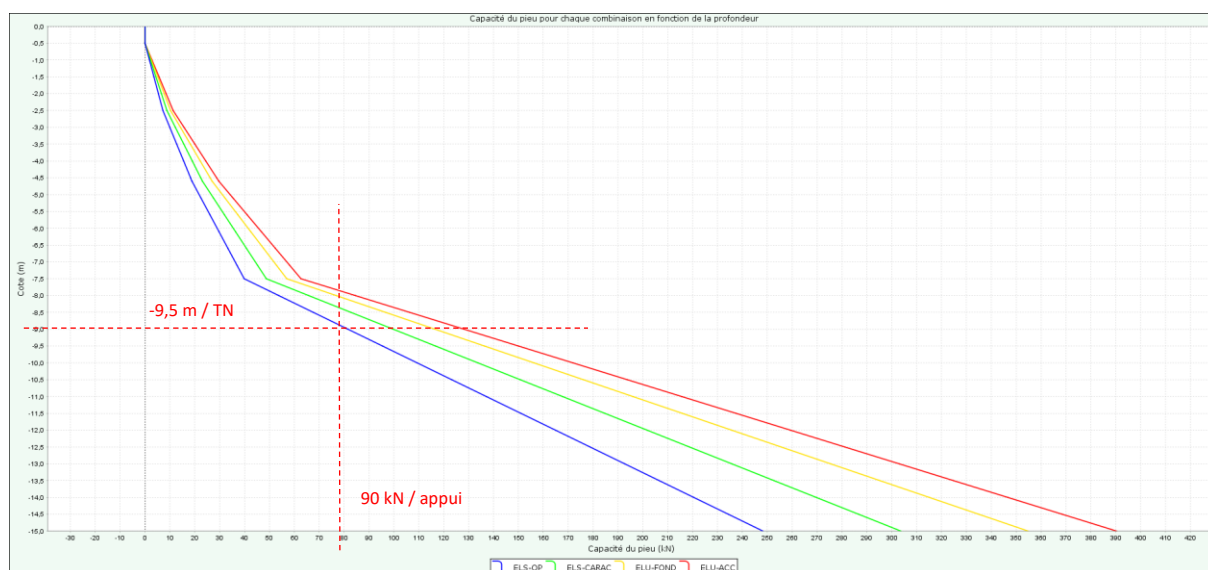


Figure 13 : Résultats de la capacité portante des micropieux – Section 1

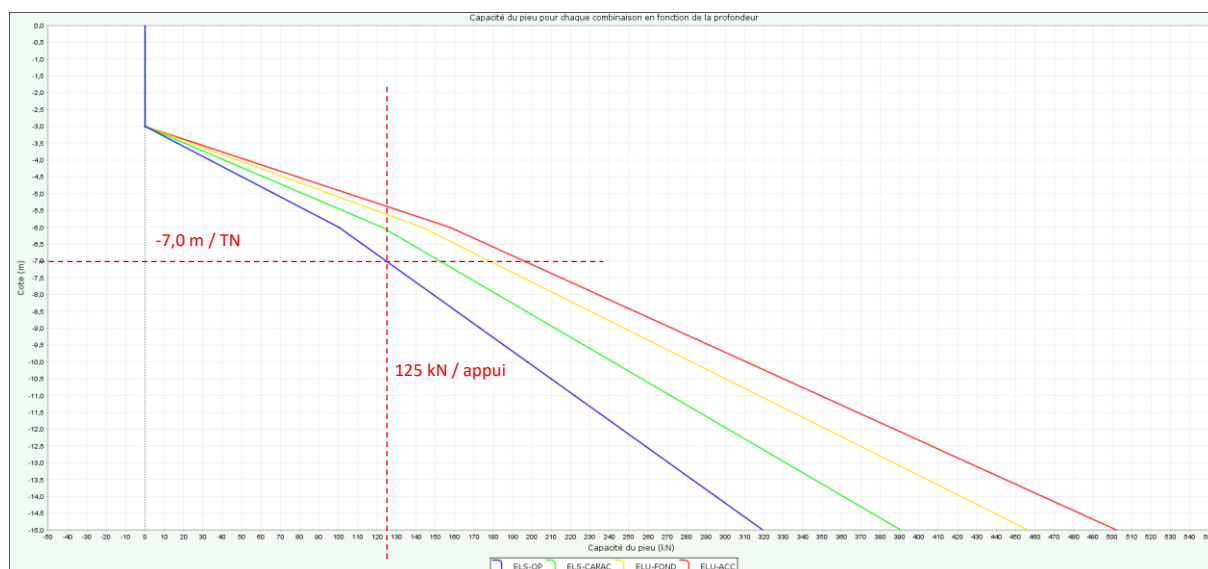


Figure 14 : Résultats de la capacité portante des micropieux – Section 2

Selon les calculs réalisés un micropieu de type II, d'une longueur de 9,5 m pour la section 1 et 7,0 m pour la section 2, d'un diamètre de 180 mm et une longueur minimale dans la formation des calcaires de 1,0 m est suffisant pour reprendre les descentes de charges estimées à ce stade.

5.2.6. Vérification du flambement

La vérification au flambement est étudiée selon la méthode de MANDEL. Cette méthode permet de déterminer la charge critique d'un micropieu au sein d'un milieu caractérisé par son module de réaction linéique K_f . La charge critique N_c est déterminée par abaque suivant la condition aux limites retenue pour la courbe n°2 (pieu encastré aux deux extrémités).

Sous état limite de service (ELS), un coefficient de sécurité de 2,5 entre la charge appliquée (QELS) et la charge critique (N_c) est suffisant pour écarter le risque de flambement. Le résultat de ces calculs est donné dans le chapitre § 5.2.7.4.

5.2.7. Modélisation et dimensionnement

5.2.7.1. Capacité portante des micropieux

Les résultats des calculs de capacité portante des micropieux en compression sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Section	Micropieux	Diamètre	Longueur	Longueur ancrée	Capacité portante			
					ELS		ELU	
					QP	CARA	FOND	ACC
1	Type II	0,18	9,5	2,0	96	115	137	151
2			7,0	1,0	126	152	179	196

Tableau 10 : Capacité portante des micropieux

5.2.7.2. Tassement des micropieux

Les tassements ont été analysés à l'aide du logiciel FOXTA, module TASPIE+, en considérant un module de béton long terme $E = 10$ GPa. Ce module permet de calculer les comportements d'une fondation profonde en intégrant le volume de sol qui lui est associé.

Ces calculs sont basés sur les lois de Franck et Zao, établissant les relations entre déplacement du micropieu et frottement latéral, et la mobilisation de la pointe en fonction du déplacement (ces lois sont décrites dans l'annexe L de la norme NF P 94-262).

Selon les calculs réalisés des tassements de l'ordre du millimètre sont attendus selon les descentes de charges estimées. L'ensemble des résultats TASPIE+ relatifs aux modélisations des fondations est présenté en Annexe 5 du présent rapport.

5.2.7.3. Justification des tubes

Le tableau suivant récapitule les calculs réalisés pour justifier les barres d'armatures des micropieux :

Section	Descentes de charges		Ø MP (mm)	Tubage principal			Paramètres de calculs				Compression	
	ELS	ELU		Ø [mm]	E_p [mm]	Ép. corrodé [mm]	f_y (Mpa)	Section (mm²)	I (cm⁴)	W_{el} (cm³)	$N_{c,Rd}$ [kN]	$N_{max} / N_{c,Rd}$
1	115	137	180,0	73,0	5,5	0,0	500,0	11,66	66,87	18,32	583	0,25
2	152	179										0,31

Tableau 11 : Vérification des barres d'armature

Remarque :

Les tubes devront être vérifiés et recalculés avec des descentes de charges définitives de l'ouvrage, en prenant en compte les efforts horizontaux dus aux paramètres extérieurs. Ces éléments seront vérifiés au stade G3 par un bureau structure.

5.2.7.4. Justification du flambement

Le tableau ci-dessous récapitule les calculs réalisés pour justifier le flambement des micropieux.

Section	Ø MP (mm)	Tubage principal		Paramètres de calculs							Vérif. Q _{ELS} < N _c /2,5
		Ø [mm]	E _p [mm]	I (cm ⁴)	k _H (kN/m ²)	λ	φ	N _c (MN)	N _c /2,5 (kN)	Q _{ELS} (kN)	
1	180	73,0	5,5	66,87	31,06	5,78	2.25	1,99	797	115	Oui
2		73,0				3,77	2,62	2,32	930	152	Oui

Tableau 12 : Justification du flambement

Les détails des calculs sont donnés en Annexe 6.

Remarque :

Les tubes devront être vérifiés et recalculés avec les descentes de charges définitives de l'ouvrage, en prenant en compte les efforts horizontaux dus aux paramètres extérieurs. Ces éléments seront vérifiés au stade G3 par un bureau structure.

6. Justification de l'ouvrage

6.1. Solution n°1 : Mur en moellon calcaire

La justification de l'ouvrage a été réalisée à l'aide du logiciel GO5 développé par FINE SPOL et vérifie le dimensionnement des murs maçonnés (en pierres), selon la norme EN 1996-1-1 de l'Eurocode 6. Les résultats des calculs sont synthétisés dans le tableau suivant :

Vérification	
Résistance au renversement	Admissible
Résistance au glissement	Admissible
Cisaillement	Admissible
Compression	Admissible
Flexion	Admissible
Stabilité	Admissible

Tableau 13 : Résultats de la vérification du dimensionnement de la solution n°1

Les résultats des calculs de justification de l'ouvrage sont donnés en Annexe 6.

Remarque :

Le dimensionnement du mur devra être redimensionné et recalculé avec les descentes de charges définitives de l'ouvrage, en prenant en compte les efforts horizontaux dus aux paramètres extérieurs. Ces éléments seront vérifiés au stade G3 par un bureau structure.

6.2. Solution n°2 : Mur en béton armé

La justification de l'ouvrage a été réalisée à l'aide du logiciel GO5 développé par FINE SPOL et vérifie le dimensionnement des murs en maçonnerie armée, selon la norme EN 1996-1-1 de l'Eurocode 6. Les résultats des calculs sont synthétisés dans le tableau suivant :

Vérification	
Résistance au renversement	Admissible
Résistance au glissement	Admissible
Cisaillement	Admissible
Compression	Admissible
Flexion	Admissible
Stabilité	Admissible

Tableau 14 : Résultats de la vérification du dimensionnement de la solution n°1

Les résultats des calculs de justification de l'ouvrage sont donnés en Annexe 7.

Remarque :

Le dimensionnement du mur devra être redimensionné et recalculé avec les descentes de charges définitives de l'ouvrage, en prenant en compte les efforts horizontaux dus aux paramètres extérieurs. Ces éléments seront vérifiés au stade G3 par un bureau structure.

7. Description des travaux et recommandations constructives

7.1. Déconstruction du mur existant

La déconstruction du parement des sections 1 et 2, parties B et C, se fera de haut en bas par lits successifs de moellons. Après piquage des enduits et des mortiers de hourdage, les moellons non altérés seront récupérés et stockés provisoirement, ils serviront à réaliser en partie le nouveau parement de l'ouvrage projeté.

L'ensemble de l'ouvrage devra être déconstruit jusqu'à une profondeur de 0,5 par rapport au terrain naturel. Dans le cas de terrassement en dessous de l'assise des fondations des bâtiments avoisinants, il sera nécessaire de mettre en œuvre des blindages provisoires afin d'éviter tout mouvement des sols sous l'édifice.

Une attention particulière sera portée aux venues d'eaux en fond de fouille, le niveau piézométrique stabilisé n'ayant pas été identifié au droit de la zone d'étude et la présence d'un réseau d'eaux pluviales, potentiellement fuyard ayant été constatée au pied de l'ouvrage.

De façon générale, les terrassements devront être exécutés avec des conditions météorologiques favorables. Le drainage provisoire de la fouille pourra être assuré par un pompage en fond de fouille.

7.1.1. Travaux de fondation (Sections 1 et 2)

L'assise du mur sera construite sur une longrine portée par des micropieux ancrés dans les calcaires compacts pour la section 1 et les calcaires fracturés pour la section 2. La mise en œuvre des micropieux nécessitera de prendre les dispositions suivantes pour le suivi de la bonne exécution des travaux :

- L'emplacement de chaque élément sera vérifié par un géomètre, avec une tolérance de 5 cm maximum au niveau de la plateforme de travail ;
- Les paramètres de foration et de bétonnage des micropieux seront enregistrés à 100 % et vérifiés dans le cadre d'une mission de contrôle et suivi géotechnique (mission G4 au sens de la norme NF P 94-500) ;
- La réalisation d'une vérification de la qualité des bétons par une série de 3 essais de compression à 7 jours et 28 jours.

7.1.2. Reconstruction du mur d'enceinte (Sections 1, 2-B et 2-C)

La reconstruction du mur d'enceinte du Centre Hospitalier, utilisera pour partie les moellons stockés issus de la déconstruction du mur historique. Dans le cas où les moellons réutilisés ne pourraient être réemployés à cause de leurs dimensions, de leur altération ou part lacunes de moellons nécessaires à la reconstruction, l'entreprise choisira un calcaire d'apport présentant une *forte similarité* avec les pierres d'origines, en termes d'aspect et de taille, soumis à VISA du Maître d'œuvre.

La reconstruction du mur nécessitera également l'approvisionnement de moellons de plus grande taille pour réaliser les boutisses voire des boutisses parpaigues, notamment dans les zones de raccordement à l'existant, mais également pour les pierres de couronnement du mur (chaperon) pour éviter toute infiltration des eaux dans le mur.

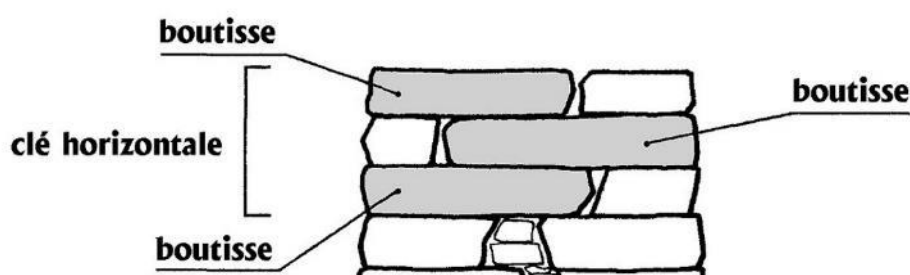


Figure 15 : Exemple de boutisse permettant de renforcer la structure du mur



Figure 16 : Exemple de chaperon

7.1.2.1. Solution 1 : Mur maçonné en boutisses

Cette solution consiste en la reconstruction de l'édifice à l'identique avec l'utilisation de moellons calcaires issus du mur déconstruit et de moellons d'apports de type boutisses pour renforcer le mur, liés par mortier à la chaux. Ce mur sera surmonté d'un chaperon en pierre de taille, sur toute sa largeur pour assurer qu'aucune infiltration parasite ne vienne saturer l'ouvrage.

Ce mur, fondé sur la longrine en béton armé, sera un mur poids de 0,7 m d'épaisseur à la base et 0,4 m en tête. La hauteur moyenne de l'ouvrage est de 4,7 m pour la section 1 et 5,3 m pour la section 2.

7.1.2.2. Solution 2 : Mur en béton armé et habillage en moellon

Cette solution consiste en la construction d'un mur en béton armé d'une épaisseur de 0,3 m, liaisonné à la longrine par reprise de ferrailage. Ce mur sera habillé d'un parement calcaire de part et d'autre soutenu par la longrine en partie basse et par des éléments en béton (ou corbeau) sur la hauteur de l'ouvrage. Cet habillage permettra de garder une continuité visuelle avec les autres parties conservées du mur.

L'épaisseur du mur totale (parement et mur en béton armé) aura une épaisseur de 0,7 m à la base et de 0,4 m en tête pour une hauteur identique à la solution 1.

7.1.2.3. Insertion paysagère et patrimoniale

Cette partie des travaux consistera à assurer la bonne continuité visuelle du projet afin de ne pas dénaturer l'ouvrage dans sa globalité. Cette phase des travaux sera précisée par l'architecture du patrimoine afin d'identifier les principes de raccordement avec reprise de chaînage en pierre de taille pourra être entre l'ouvrage projeté et les murs existants (scellement, boutisses, aspect, etc...).

7.1.3. Confortement des parties endommagées (sections 2-A et 2-D)

Les travaux de confortement de la section 2, des parties A et D, commenceront par la dévégétalisation et la purge généralisée des blocs instables (déposes en conservation si possible) sur l'ensemble du linéaire concerné, afin de permettre la bonne réalisation des confortements.

Cette phase des travaux se poursuivra par le remplacement des éléments purgés et le rejointoiement des moellons calcaire sur l'ensemble de l'ouvrage. Un traitement anti-mousse pourra également être appliqué sur l'ouvrage pour éviter la repousse de la végétation de façon durable et éviter des nouvelles dégradations.

8. Enchaînement des missions géotechniques

Nous rappelons que, selon la norme NF P 94-500, version de novembre 2013, l'étude d'ingénierie géotechnique d'avant-projet (mission G2 AVP) est suivie par l'étude d'ingénierie géotechnique de projet (mission G2 PRO). Ce présent rapport en phase G2 PRO prend en compte les caractéristiques des fondations (descentes de charge et prédimensionnement des massifs de fondation ou radiers réalisés par le BE Structures).

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

Antea Group reste à la disposition du Maître d'ouvrage et des Responsables du projet pour assurer ces différentes missions, avec l'avancement global du projet.

Observations sur l'utilisation du rapport

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

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

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

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

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

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

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



ANNEXES

- Annexe I : Classification des missions d'ingénierie géotechnique (norme NF P 94-500-
Novembre 2013) – 3 pages
- Annexe II : Plan d'implantation du sondage complémentaire
- Annexe III : Résultats du sondage géotechnique supplémentaire
- Annexe IV : Résultats des capacités portantes des micropieux (FONDPROF)
- Annexe V : Résultats des calculs Foxta (TASPIE+)
- Annexe VI : Note de calcul - Solution n°1
- Annexe VII : Note de calcul - Solution n°2
- Annexe VIII : Planning prévisionnel – Solution n°1
- Annexe IX : Planning prévisionnel – Solution n°2
- Annexe X : Rapport hydrogéologique n°110904

Annexe I : Classification des missions d'ingénierie géotechnique (norme NF P 94-500- Novembre 2013) – 3 pages

Schéma d'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

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

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

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 avoisnants), 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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

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

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

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

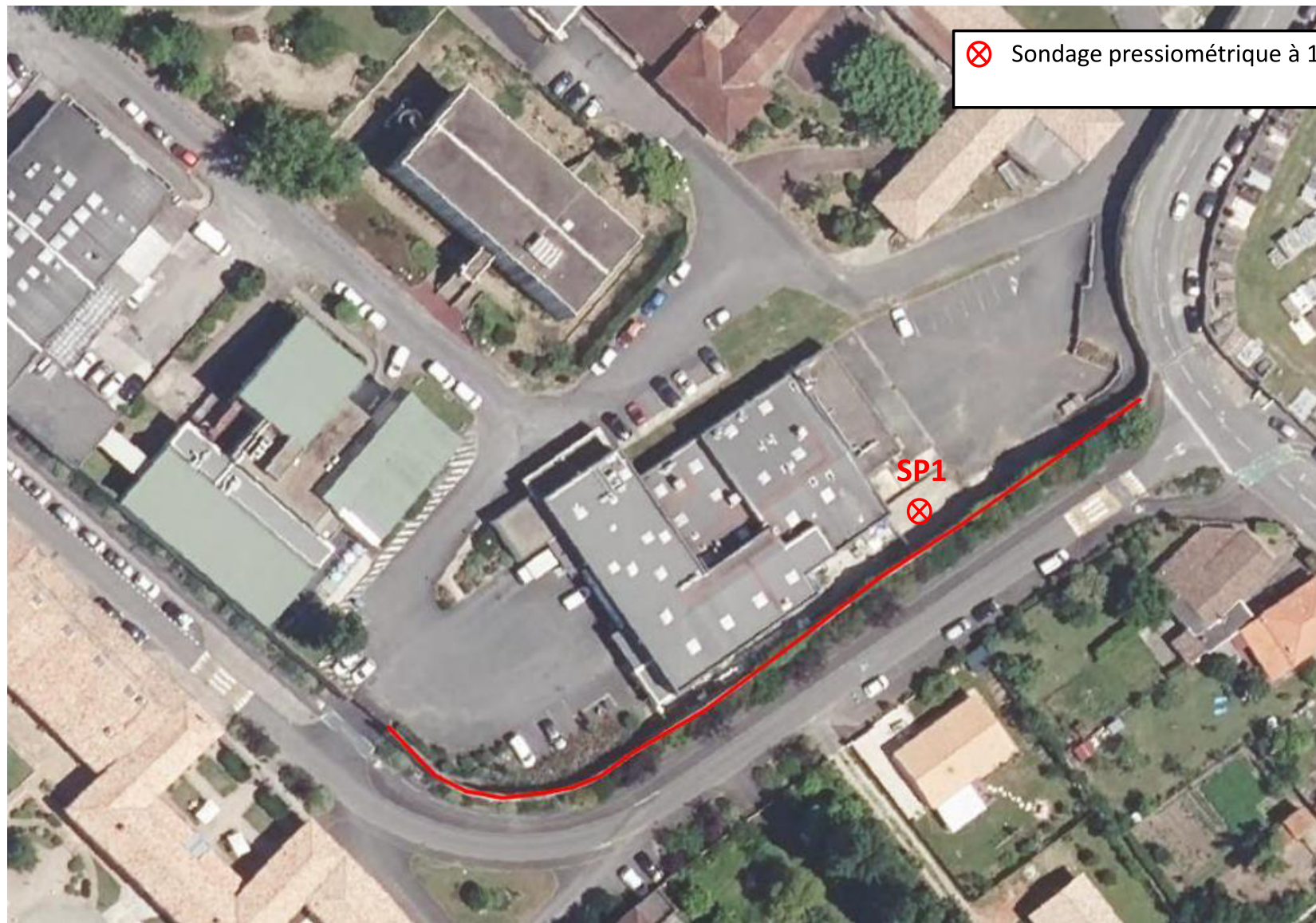
DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

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

Annexe II : **Plan d'implantation du sondage complémentaire**

Plan d'implantation du sondage:

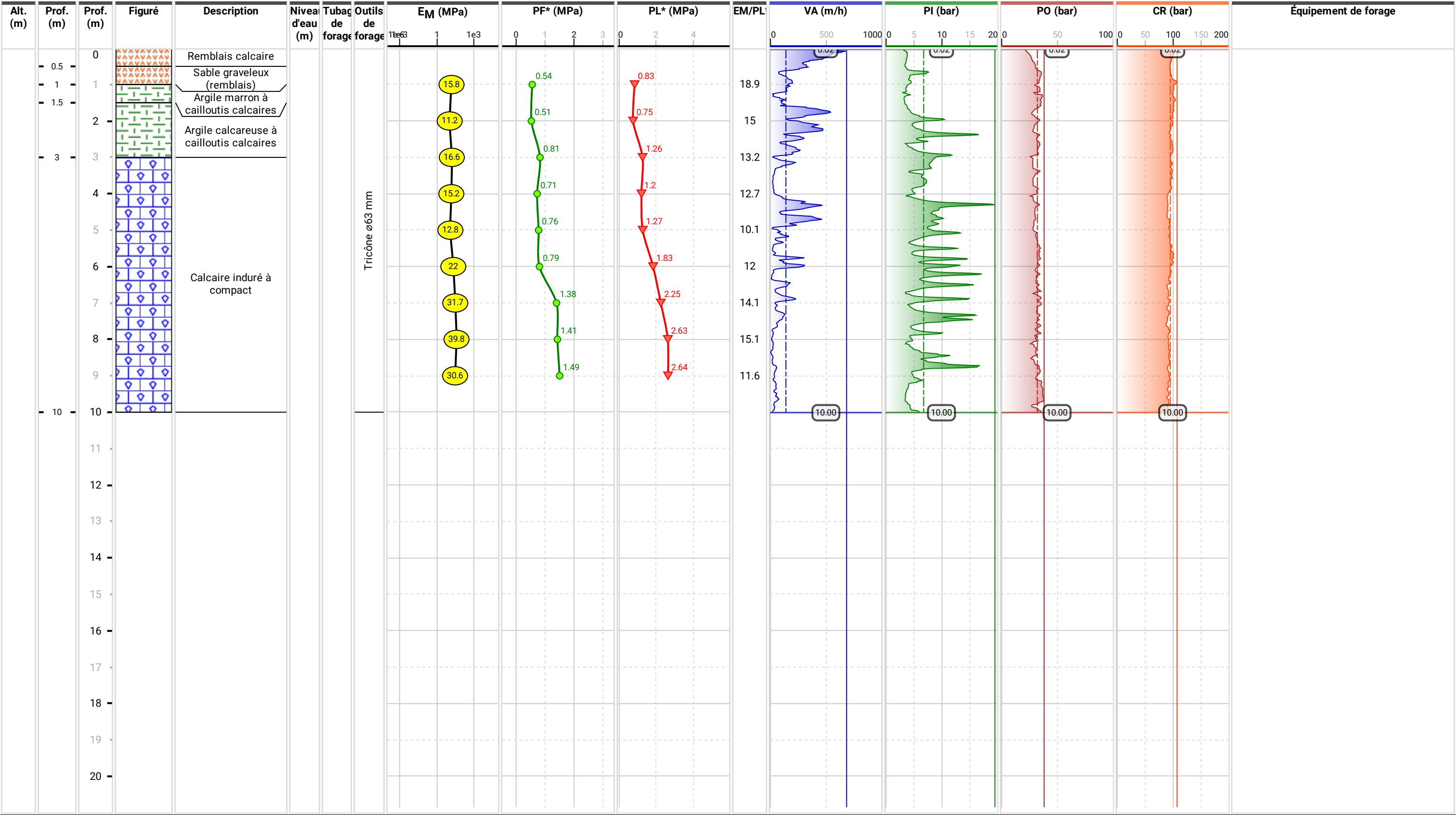


⊗ Sondage pressiométrique à 10 m (SP) : 1 unité

SP1



Annexe III : **Résultats du sondage géotechnique
supplémentaire**



Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD


ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
1 m

SONDE
Nom de la sonde Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C 210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C 58 mm
Tube fendu 
Gaine Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m 0,05 MPa

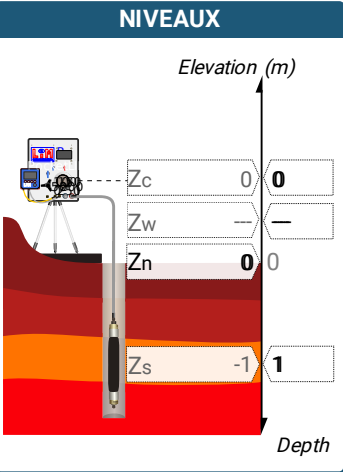
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i 66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C 609 cm3
Coefficient d'étalonnage a 4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_e 0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

FLUIDES
Poids volumique du liquide 10 kN/m3
Compressibilité du gaz 0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:39:5
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique 0,01 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60} MPa	V_{15} cm3	V_{30} cm3	V_{60} cm3	p MPa	V_{30c} cm3	V cm3	$\Delta V^{60/30}$ cm3	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$ cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	
1	0,050	0	42	68	0,000	41,8	67,8	26,0	1 065,6
2	0,100	68	85	102	0,032	84,6	101,6	17,0	380,3
3	0,150	102	115	119	0,076	114,4	118,4	4,0	209,6
4	0,200	119	125	129	0,123	124,2	128,2	4,0	99,1
5	0,300	129	135	139	0,220	133,8	137,8	4,0	141,9
6	0,400	139	145	153	0,315	143,4	151,4	8,0	141,6
7	0,500	153	159	167	0,411	157,0	165,0	8,0	298,4
8	0,600	167	175	195	0,504	172,6	192,6	20,0	439,2
9	0,700	195	214	235	0,594	211,2	232,2	21,0	571,0
10	0,800	235	254	286	0,683	250,8	282,8	32,0	1 076,1
11	0,900	286	325	375	0,765	321,4	371,4	50,0	4 119,8
12	1,000	375	451	622	0,825	447,0	618,0	171,0	

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

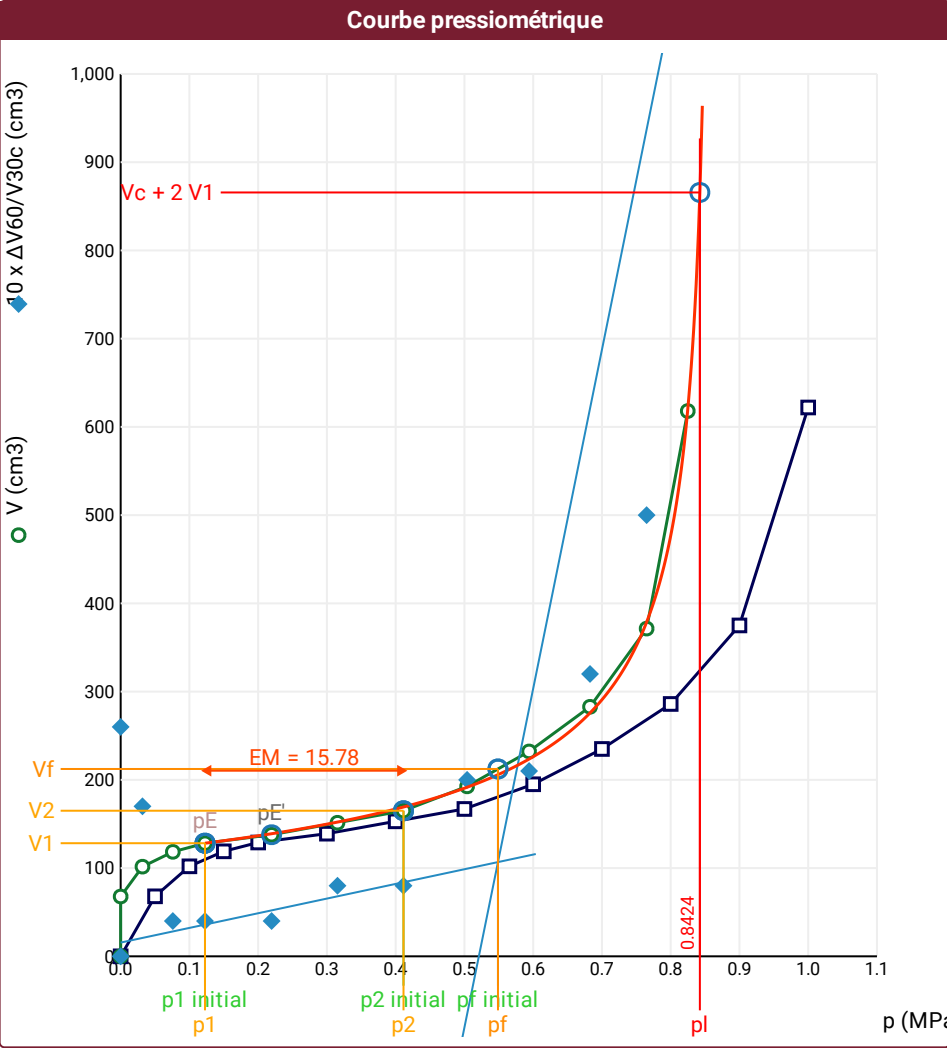
ESSAI EN PLACE - RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
1 m



Légende

Courbes brutes :	Courbes corrigées :	Courbes extrapolées :	Résultats :
<input checked="" type="checkbox"/> Pr60/V60	<input type="checkbox"/> Pe(Vr)	<input type="checkbox"/> Extrapolation	<input checked="" type="checkbox"/> Résultats
	<input checked="" type="checkbox"/> P/V	<input type="checkbox"/> courbe inverse	<input type="checkbox"/> normatifs calculés
	<input checked="" type="checkbox"/> ΔV ^{60/30}	<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation	
	<input type="checkbox"/> 1/V	<input type="checkbox"/> courbe quadratique hyperbolique	
		<input type="checkbox"/> Extrapolation	
		<input type="checkbox"/> courbe double hyperbole	

RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS

σ_{hs}	0,01 MPa		
$p1\ initial$	0,12 MPa	$V1$	128 cm ³
		i	
$p1$	0,12 MPa	$V1$	128 cm ³
pE	0,12 MPa	VE	128 cm ³
$p2\ initial$	0,41 MPa	$V2$	165 cm ³
		i	
$p2$	0,41 MPa	$V2$	165 cm ³
$pf\ initial$	0,55 MPa	$Vf\ i$	212 cm ³
pf	= 0,55 MPa	Vf	212 cm ³
pf^*	= 0,54 MPa		
pL	= 0,84 MPa	VL	866 cm ³
pL^*	= 0,83 MPa		
EM	15,78 MPa	Méthode de calcul de EM	
		Gaine souple	
EM/pL	18,726		
EM/pL^*	18,928		
pL^*/pf^*	1,544		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
<i>PL direct</i>		
Méthode utilisée	Quadratique hyperbolique	
Méthode volumes inverses	<i>A</i>	0 MPa
	<i>B</i>	0 cm3
	Erreur moyenne	28 cm3
	<i>PLR</i>	0,87 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	<i>C</i>	0,86 MPa
	<i>D</i>	2572 cm3
	Erreur moyenne	5 cm3
	<i>PLH</i>	0,84 MPa
Méthode double hyperbole	<i>A</i> ₁	81,211
	<i>A</i> ₂	-14,543
	<i>A</i> ₃	58,794
	<i>A</i> ₄	837,67
	<i>A</i> ₅	-0,571
	<i>A</i> ₆	9,543
	Erreur moyenne	9 cm3
	<i>PLDH</i>	0,86 MPa

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI


Conformément à l'ISO 22476-4

Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
2 m

SONDE
Nom de la sonde Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C 210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C 58 mm
Tube fendu 
Gaine Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m 0,05 MPa

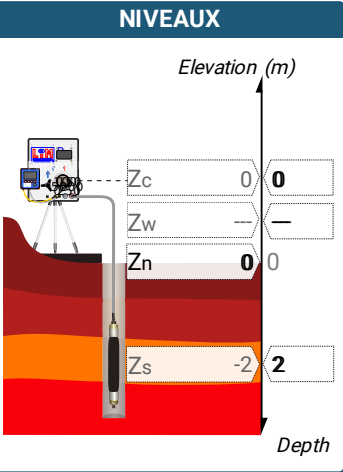
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i 66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C 609 cm3
Coefficient d'étalonnage a 4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_{el} 0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

FLUIDES
Poids volumique du liquide 10 kN/m3
Compressibilité du gaz 0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique 0,02 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60} MPa	V_{15} cm3	V_{30} cm3	V_{60} cm3	p MPa	V_{30c} cm3	V cm3	$\Delta V^{60/30}$ cm3	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$ cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	2 351,5
1	0,050	0	12	42	0,018	11,8	41,8	30,0	5 123,4
2	0,100	42	86	125	0,034	85,6	124,6	39,0	375,8
3	0,150	125	135	142	0,079	134,4	141,4	7,0	373,3
4	0,200	142	156	159	0,124	155,2	158,2	3,0	130,8
5	0,300	159	167	172	0,220	165,8	170,8	5,0	141,3
6	0,400	172	175	186	0,316	173,4	184,4	11,0	297,2
7	0,500	186	195	214	0,409	193,0	212,0	19,0	473,9
8	0,600	214	235	257	0,499	232,6	254,6	22,0	844,1
9	0,700	257	286	329	0,584	283,2	326,2	43,0	1 565,2
10	0,800	329	375	451	0,662	371,8	447,8	76,0	3 263,6
11	0,900	451	532	669	0,728	528,4	665,4	137,0	

Légende			
Courbes brutes :	Courbes corrigées :	Courbes extrapolées :	Résultats :
<input checked="" type="checkbox"/> Pr ₆₀ /V ₆₀	<input type="checkbox"/> P _e (V _r)	<input type="checkbox"/> Extrapolation	<input checked="" type="checkbox"/> Résultats
	<input checked="" type="checkbox"/> P/V	courbe inverse	normatifs calculés
	<input checked="" type="checkbox"/> ΔV _{60/30}	<input type="checkbox"/> Extrapolation	
	<input type="checkbox"/> 1/V	courbe quadratique	
		hyperbolique	
		<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation	
		courbe double	
		hyperbole	

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI

Conformément à l'ISO 22476-4

Procédure A

Référence dossier


CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage

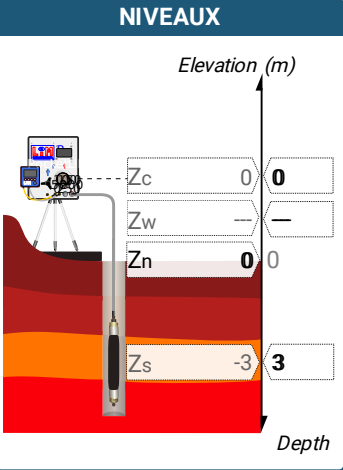
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)

3 m

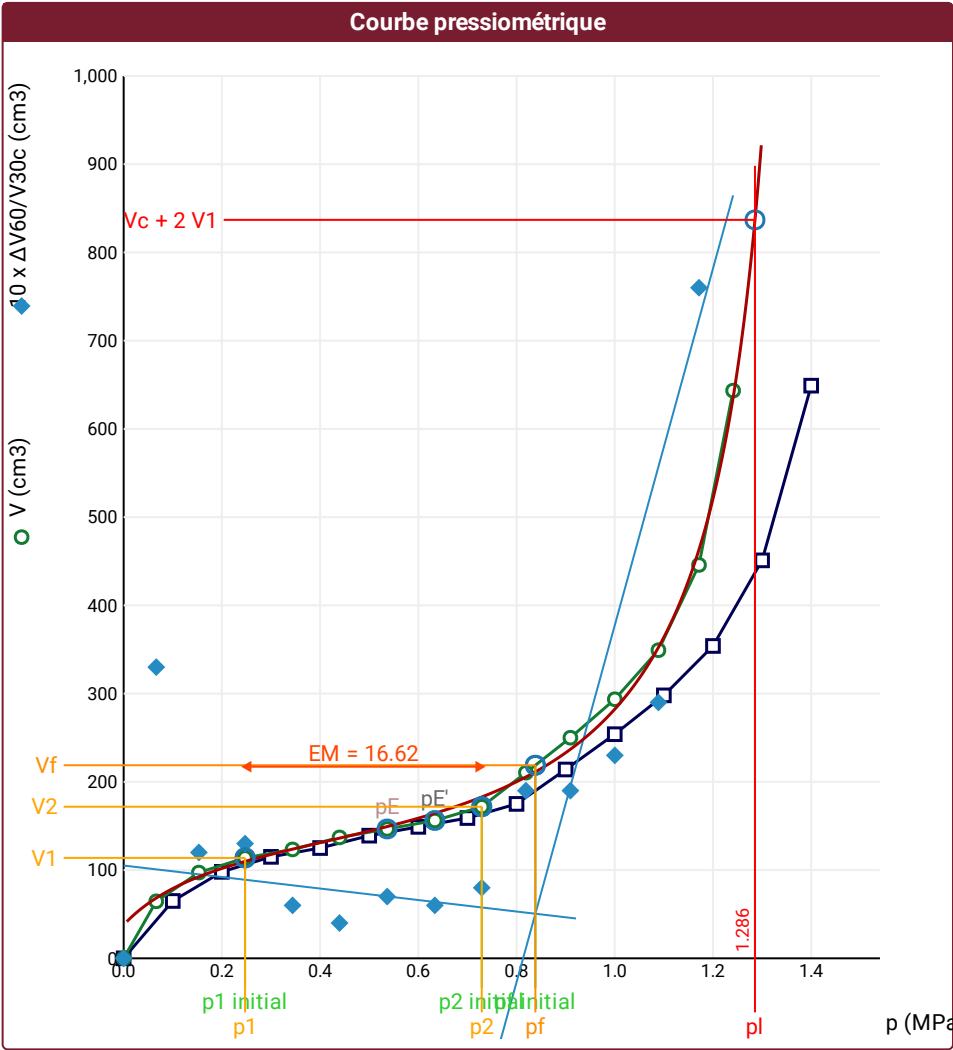
SONDE	ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)	ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Nom de la sonde Sonde 60_Soltechnic	Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:51	Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Longueur de la cellule centrale l_C 210 mm	Opérateur CadillacMurEnceinte	Opérateur CadillacSP1
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C 58 mm	Nom de fichier	Nom de fichier
Tube fendu 	Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i 66 mm	Résistance propre de la sonde p_{el} 0,2 MPa
Gaine Caoutchouc	Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C 609 cm3	TUBULURE
MEMBRANE	Coefficient d'étalonnage a 4 cm3/MPa	Type tubulure
Type de membrane		Tubulure longueur totale
Résistance propre de la membrane p_m 0,05 MPa		FLUIDES
		Poids volumique du liquide 10 kN/m3
		Compressibilité du gaz 0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique 0,03 MPa
Pression différentielle
Observation



LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60} MPa	V_{15} cm3	V_{30} cm3	V_{60} cm3	p MPa	V_{30c} cm3	V cm3	$\Delta V^{60/30}$ cm3	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$ cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	973,1
1	0,100	0	32	65	0,066	31,6	64,6	33,0	375,7
2	0,200	65	86	98	0,153	85,2	97,2	12,0	176,5
3	0,300	98	102	115	0,247	100,8	113,8	13,0	99,3
4	0,400	115	119	125	0,344	117,4	123,4	6,0	142,2
5	0,500	125	135	139	0,440	133,0	137,0	4,0	99,0
6	0,600	139	142	149	0,537	139,6	146,6	7,0	98,9
7	0,700	149	153	159	0,634	150,2	156,2	6,0	163,3
8	0,800	159	167	175	0,729	163,8	171,8	8,0	429,3
9	0,900	175	195	214	0,819	191,4	210,4	19,0	437,2
10	1,000	214	235	254	0,910	231,0	250,0	19,0	482,0
11	1,100	254	275	298	1,000	270,6	293,6	23,0	626,0
12	1,200	298	325	354	1,089	320,2	349,2	29,0	1 170,0
13	1,300	354	375	451	1,172	369,8	445,8	76,0	2 844,0
14	1,400	451	542	649	1,241	536,4	643,4	107,0	


FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

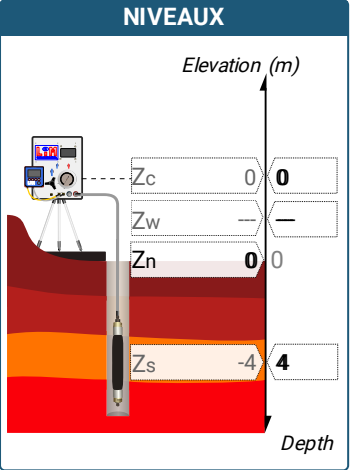


RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS			
σ_{hs}	0,03 MPa		
p_1 initial	0,25 MPa	V_1	114 cm³
		i	
p_1	0,25 MPa	V_1	114 cm³
p_E	0,54 MPa	V_E	147 cm³
p_2 initial	0,73 MPa	V_2	172 cm³
		i	
p_2	0,73 MPa	V_2	172 cm³
p_f initial	0,84 MPa	$V_{f i}$	219 cm³
p_f	= 0,84 MPa	V_f	219 cm³
p_f^*	= 0,81 MPa		
p_L	= 1,29 MPa	V_L	837 cm³
p_L^*	= 1,26 MPa		
E_M	16,62 MPa	Méthode de calcul de E_M	
		Gaine souple	
E_M/p_L	12,932		
E_M/p_L^*	13,209		
p_L^*/p_f^*	1,551		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
PL direct		
Méthode utilisée	Double hyperbole	
Méthode volumes inverses	A	0 MPa
	B	0 cm³
	Erreur moyenne	13 cm³
	PLR	1,29 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	C	1,3 MPa
	D	15428 cm³
	Erreur moyenne	49 cm³
	PLH	1,26 MPa
Méthode double hyperbole	A1	83,254
	A2	-5,658
	A3	279,31
	A4	1186,9
	A5	-2,173
	A6	14,26
	Erreur moyenne	9 cm³
	PLDH	1,29 MPa

Légende			
Courbes brutes :	Courbes corrigées :	Courbes extrapolées :	Résultats :
<input checked="" type="checkbox"/> Pr_{60}/V_{60}	<input type="checkbox"/> $Pe(V_r)$	<input type="checkbox"/> Extrapolation	<input checked="" type="checkbox"/> Résultats
	<input checked="" type="checkbox"/> P/V	courbe inverse	normatifs calculés
	<input checked="" type="checkbox"/> $\Delta V_{60}/30$	<input type="checkbox"/> Extrapolation	
	<input type="checkbox"/> $1/V$	courbe quadratique hyperbolique	
		<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation	
		courbe double hyperbole	

SONDE	ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)	ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)	ESSAI
Nom de la sonde Sonde 60_Soltechnic	Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:51	Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:22	Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Longueur de la cellule centrale l_C 210 mm	Opérateur CadillacMurEnceinte	Opérateur CadillacSP1	Nom de fichier
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C 58 mm	Nom de fichier	Nom de fichier	Controleur Pression Volume
Tube fendu 	Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i 66 mm	Résistance propre de la sonde p_{el} 0,2 MPa	Appareil
Gaine Caoutchouc	Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C 609 cm3	TUBULURE	Opérateur
MEMBRANE	Coefficient d'étalonnage a 4 cm3/MPa	Type tubulure	Pression hydrostatique 0,04 MPa
Type de membrane		Tubulure longueur totale	Pression différentielle
Résistance propre de la membrane p_m 0,05 MPa		FLUIDES	Observation
		Poids volumique du liquide 10 kN/m3	
		Compressibilité du gaz 0,00015 1/m	



LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60} MPa	V_{15} cm3	V_{30} cm3	V_{60} cm3	p MPa	V_{30c} cm3	V cm3	$\Delta V^{60/30}$ cm3	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$ cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	1 646,2
1	0,100	0	50	102	0,062	49,6	101,6	52,0	176,3
2	0,200	102	115	119	0,156	114,2	118,2	4,0	99,2
3	0,300	119	125	129	0,253	123,8	127,8	4,0	99,1
4	0,400	129	135	139	0,350	133,4	137,4	4,0	131,1
5	0,500	139	145	152	0,446	143,0	150,0	7,0	152,5
6	0,600	152	159	167	0,541	156,6	164,6	8,0	196,1
7	0,700	167	175	186	0,636	172,2	183,2	11,0	297,2
8	0,800	186	195	214	0,729	191,8	210,8	19,0	216,9
9	0,900	214	229	235	0,824	225,4	231,4	6,0	435,3
10	1,000	235	254	275	0,915	250,0	271,0	21,0	566,0
11	1,100	275	295	326	1,004	290,6	321,6	31,0	536,6
12	1,200	326	342	375	1,095	337,2	370,2	33,0	3 210,7
13	1,300	375	451	585	1,160	445,8	579,8	134,0	

FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
<i>PL direct</i>		
Méthode utilisée	Double hyperbole	
Méthode volumes inverses	<i>A</i>	0 MPa
	<i>B</i>	0 cm ³
	Erreur moyenne	27 cm ³
	<i>PLR</i>	1,24 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	<i>C</i>	1,24 MPa
	<i>D</i>	10274 cm ³
	Erreur moyenne	16 cm ³
	<i>PLH</i>	1,2 MPa
Méthode double hyperbole	<i>A₁</i>	115,7
	<i>A₂</i>	-11,058
	<i>A₃</i>	351,79
	<i>A₄</i>	1283
	<i>A₅</i>	-2,608
	<i>A₆</i>	13,782
	Erreur moyenne	12 cm ³
	<i>PLDH</i>	1,23 MPa

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI

Conformément à l'ISO 22476-4

Procédure A

Référence dossier

CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage

SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)

5 m

SONDE
Nom de la sonde
Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C
210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C
58 mm
Tube fendu
<input type="checkbox"/>
Gaine
Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m
0,05 MPa

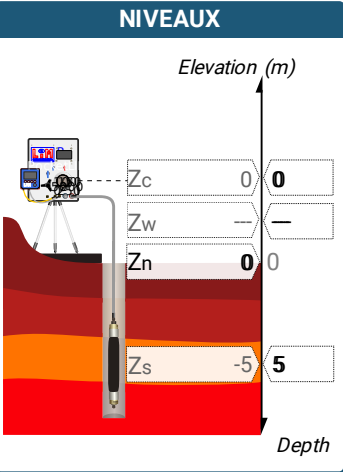
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur
CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i
66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C
609 cm3
Coefficient d'étalonnage a
4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur
CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_e
0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

FLUIDES
Poids volumique du liquide
10 kN/m3
Compressibilité du gaz
0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique
0,05 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60}	V_{15}	V_{30}	V_{60}	p	V_{30c}	V	$\Delta V^{60/30}$	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$
	MPa	cm3	cm3	cm3	MPa	cm3	cm3	cm3	cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	657,4
1	0,100	0	24	59	0,089	23,6	58,6	35,0	712,0
2	0,200	59	86	115	0,167	85,2	114,2	29,0	99,3
3	0,300	115	119	125	0,264	117,8	123,8	6,0	142,2
4	0,400	125	135	139	0,360	133,4	137,4	4,0	141,9
5	0,500	139	145	153	0,455	143,0	151,0	8,0	141,6
6	0,600	153	159	167	0,551	156,6	164,6	8,0	185,0
7	0,700	167	175	185	0,647	172,2	182,2	10,0	285,7
8	0,800	185	195	212	0,740	191,8	208,8	17,0	239,3
9	0,900	212	225	235	0,834	221,4	231,4	10,0	435,3
10	1,000	235	254	275	0,925	250,0	271,0	21,0	248,7
11	1,100	275	286	299	1,020	281,6	294,6	13,0	466,3
12	1,200	299	321	342	1,111	316,2	337,2	21,0	1 353,3
13	1,300	342	375	451	1,192	369,8	445,8	76,0	2 418,2
14	1,400	451	532	627	1,264	526,4	621,4	95,0	

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

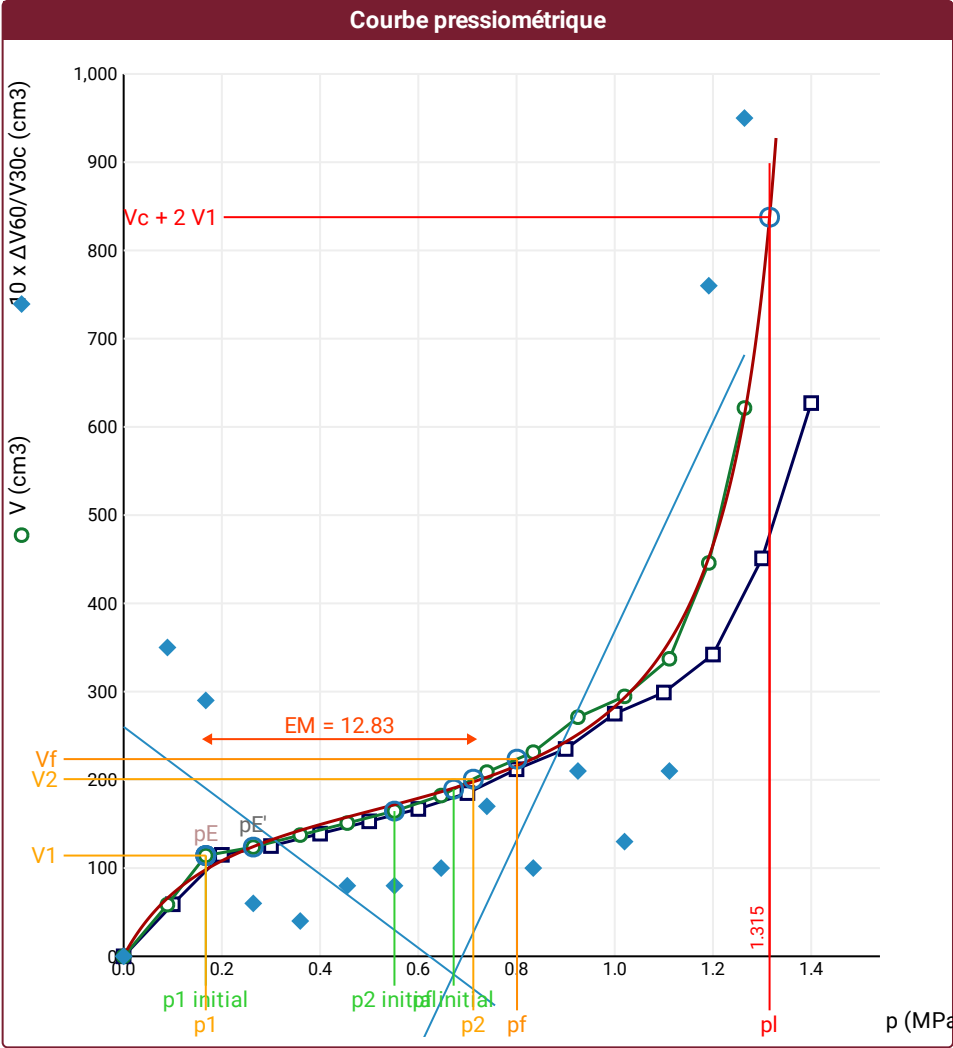
ESSAI EN PLACE - RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
5 m



Légende

Courbes brutes :

☒ Pr60/V60

Courbes corrigées :

☐ Pe(Vr)

☒ P/V

☒ ΔV^{60/30}

☐ 1/V

Courbes extrapolées :

☐ Extrapolation
courbe inverse

☐ Extrapolation
courbe quadratique
hyperbolique

☒ Extrapolation
courbe double
hyperbole

Résultats :

☒ Résultats
normatifs calculés

RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS			
σ_{hs}	0,05 MPa		
$p1\ initial$	0,17 MPa	$V1$	114 cm3
		i	
$p1$	0,17 MPa	$V1$	114 cm3
pE	0,17 MPa	VE	114 cm3
$p2\ initial$	0,55 MPa	$V2$	165 cm3
		i	
$p2$	0,71 MPa	$V2$	201 cm3
$pf\ initial$	0,67 MPa	$Vf\ i$	189 cm3
pf	= 0,8 MPa	Vf	224 cm3
pf^*	= 0,76 MPa		
pL	= 1,32 MPa	VL	838 cm3
pL^*	= 1,27 MPa		
EM	12,83 MPa	Méthode de calcul de EM	
		Gaine souple	
EM/pL	= 9,755		
EM/pL^*	= 10,101		
pL^*/pf^*	= 1,68		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
$PL\ direct$		
Méthode utilisée	Double hyperbole	
Méthode volumes inverses	A	0 MPa
	B	0 cm3
	Erreur moyenne	30 cm3
	PLR	1,31 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	C	1,36 MPa
	D	17432 cm3
	Erreur moyenne	14 cm3
	PLH	1,31 MPa
Méthode double hyperbole	A1	156,64
	A2	-6,696
	A3	493,54
	A4	1040,5
	A5	-2,163
	A6	14,451
	Erreur moyenne	8 cm3
	PLDH	1,32 MPa

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI

Conformément à l'ISO 22476-4

Procédure A

Référence dossier

CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage

SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)

6 m

SONDE
Nom de la sonde
Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C
210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C
58 mm
Tube fendu
<input type="checkbox"/>
Gaine
Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m
0,05 MPa

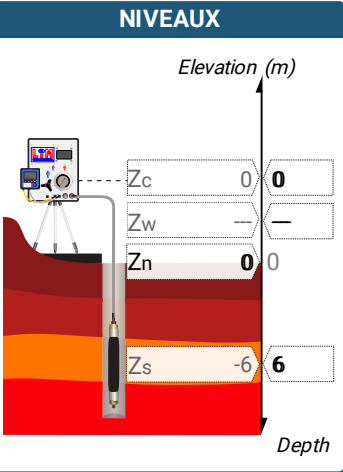
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur
CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i
66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C
609 cm3
Coefficient d'étalonnage a
4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur
CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_{el}
0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

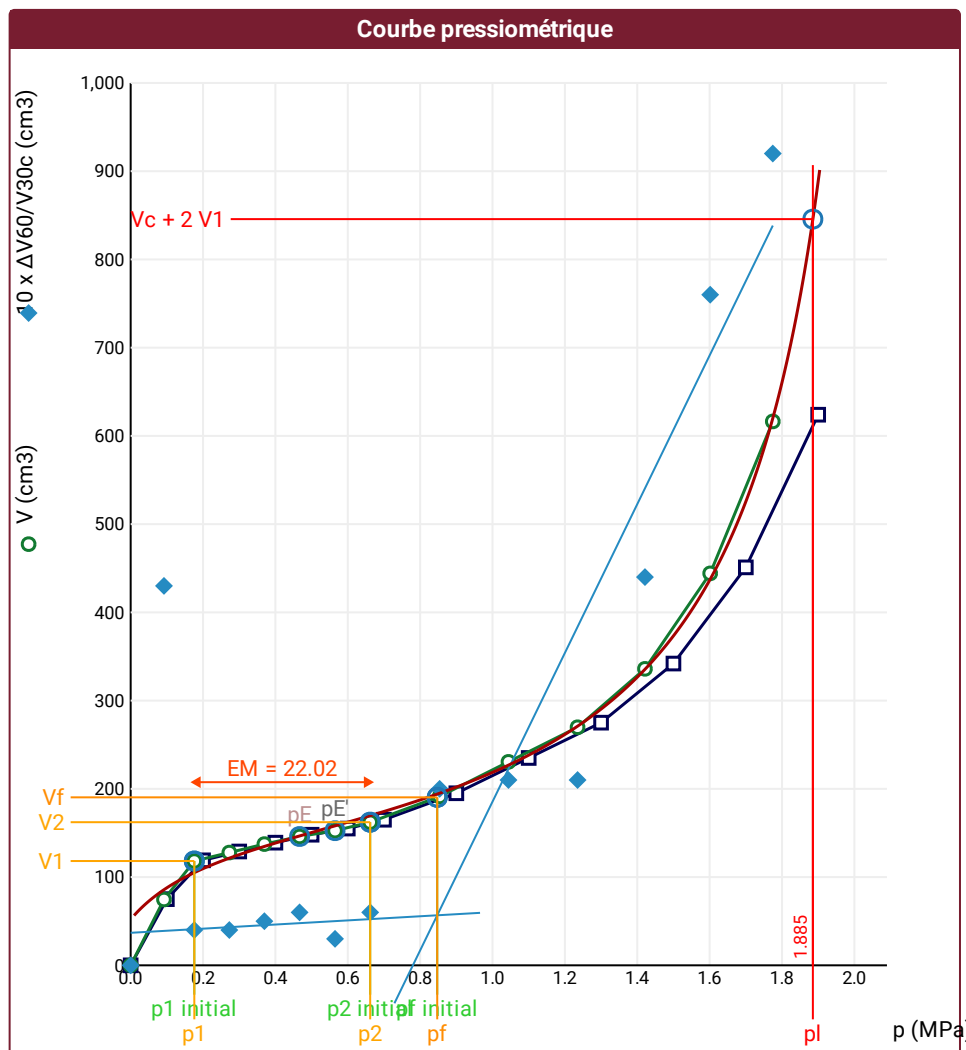
FLUIDES
Poids volumique du liquide
10 kN/m3
Compressibilité du gaz
0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique
0,06 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60}	V_{15}	V_{30}	V_{60}	p	V_{30c}	V	$\Delta V^{60/30}$	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$
	MPa	cm3	cm3	cm3	MPa	cm3	cm3	cm3	cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	810,1
1	0,100	0	32	75	0,092	31,6	74,6	43,0	520,2
2	0,200	75	115	119	0,176	114,2	118,2	4,0	99,2
3	0,300	119	125	129	0,273	123,8	127,8	4,0	99,1
4	0,400	129	134	139	0,370	132,4	137,4	5,0	88,4
5	0,500	139	142	148	0,467	140,0	146,0	6,0	67,4
6	0,600	148	152	155	0,565	149,6	152,6	3,0	98,8
7	0,700	155	159	165	0,662	156,2	162,2	6,0	152,1
8	0,900	165	175	195	0,854	171,4	191,4	20,0	206,1
9	1,100	195	214	235	1,044	209,6	230,6	21,0	205,3
10	1,300	235	254	275	1,235	248,8	269,8	21,0	355,4
11	1,500	275	298	342	1,421	292,0	336,0	44,0	600,3
12	1,700	342	375	451	1,602	368,2	444,2	76,0	995,1
13	1,900	451	532	624	1,775	524,4	616,4	92,0	



RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS

σ_{hs}	0,05 MPa		
$p1$ initial	0,18 MPa	V_1	118 cm3
		i	
$p1$	0,18 MPa	V_1	118 cm3
pE	0,47 MPa	V_E	146 cm3
$p2$ initial	0,66 MPa	V_2	162 cm3
		i	
$p2$	0,66 MPa	V_2	162 cm3
pf initial	0,85 MPa	$V_{f\ i}$	190 cm3
pf =	0,85 MPa	V_f	190 cm3
pf^* =	0,79 MPa		
p_L =	1,89 MPa	V_L	846 cm3
p_L^* =	1,83 MPa		
EM	22,02 MPa	Méthode de calcul de EM	
		Gaine souple	
EM/p_L =	11,682		
EM/p_L^*	12,026		
p_L^*/p_f^*	2,309		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE

<i>PL direct</i>		
Méthode utilisée	Double hyperbole	
Méthode volumes inverses	<i>A</i>	0 MPa
	<i>B</i>	0 cm3
	Erreur moyenne	4 cm3
	<i>PLR</i>	1,89 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	<i>C</i>	1,91 MPa
	<i>D</i>	21700 cm3
	Erreur moyenne	29 cm3
	<i>PLH</i>	1,83 MPa
Méthode double hyperbole	<i>A1</i>	42,007
	<i>A2</i>	-2,518
	<i>A3</i>	272,54
	<i>A4</i>	2673,1
	<i>A5</i>	-2,438
	<i>A6</i>	21,947
	Erreur moyenne	4 cm3
	<i>PLDH</i>	1,89 MPa

Légende

Courbes brutes :	Courbes corrigées :	Courbes extrapolées :	Résultats :
<input checked="" type="checkbox"/> Pr60/V60	<input type="checkbox"/> Pe(Vr)	<input type="checkbox"/> Extrapolation courbe inverse	<input checked="" type="checkbox"/> Résultats normatifs calculés
	<input checked="" type="checkbox"/> P/V	<input type="checkbox"/> Extrapolation courbe quadratique hyperbolique	
	<input checked="" type="checkbox"/> $\Delta v^{60/30}$	<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation courbe double hyperbole	
	<input type="checkbox"/> 1/V		

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD


ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
7 m

SONDE
Nom de la sonde Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C 210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C 58 mm
Tube fendu 
Gaine Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m 0,05 MPa

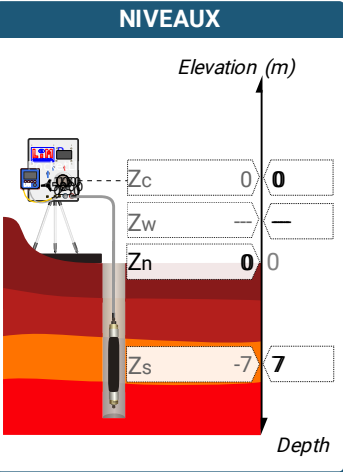
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i 66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C 609 cm3
Coefficient d'étalonnage a 4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_e 0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

FLUIDES
Poids volumique du liquide 10 kN/m3
Compressibilité du gaz 0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique 0,07 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60} MPa	V_{15} cm3	V_{30} cm3	V_{60} cm3	p MPa	V_{30c} cm3	V cm3	$\Delta V^{60/30}$ cm3	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$ cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	491,7
1	0,100	0	33	55	0,111	32,6	54,6	22,0	475,9
2	0,200	55	75	95	0,194	74,2	94,2	20,0	257,5
3	0,300	95	115	119	0,286	113,8	117,8	4,0	99,2
4	0,400	119	125	129	0,383	123,4	127,4	4,0	99,1
5	0,500	129	135	139	0,480	133,0	137,0	4,0	41,6
6	0,700	139	142	148	0,677	139,2	145,2	6,0	51,8
7	0,900	148	153	159	0,874	149,4	155,4	6,0	77,7
8	1,100	159	167	175	1,069	162,6	170,6	8,0	98,6
9	1,300	175	186	195	1,264	180,8	189,8	9,0	206,1
10	1,500	195	214	235	1,454	208,0	229,0	21,0	205,3
11	1,700	235	254	275	1,645	247,2	268,2	21,0	259,5
12	1,900	275	298	325	1,835	290,4	317,4	27,0	319,6
13	2,100	325	354	386	2,023	345,6	377,6	32,0	1 371,4
14	2,300	386	451	611	2,186	441,8	601,8	160,0	

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

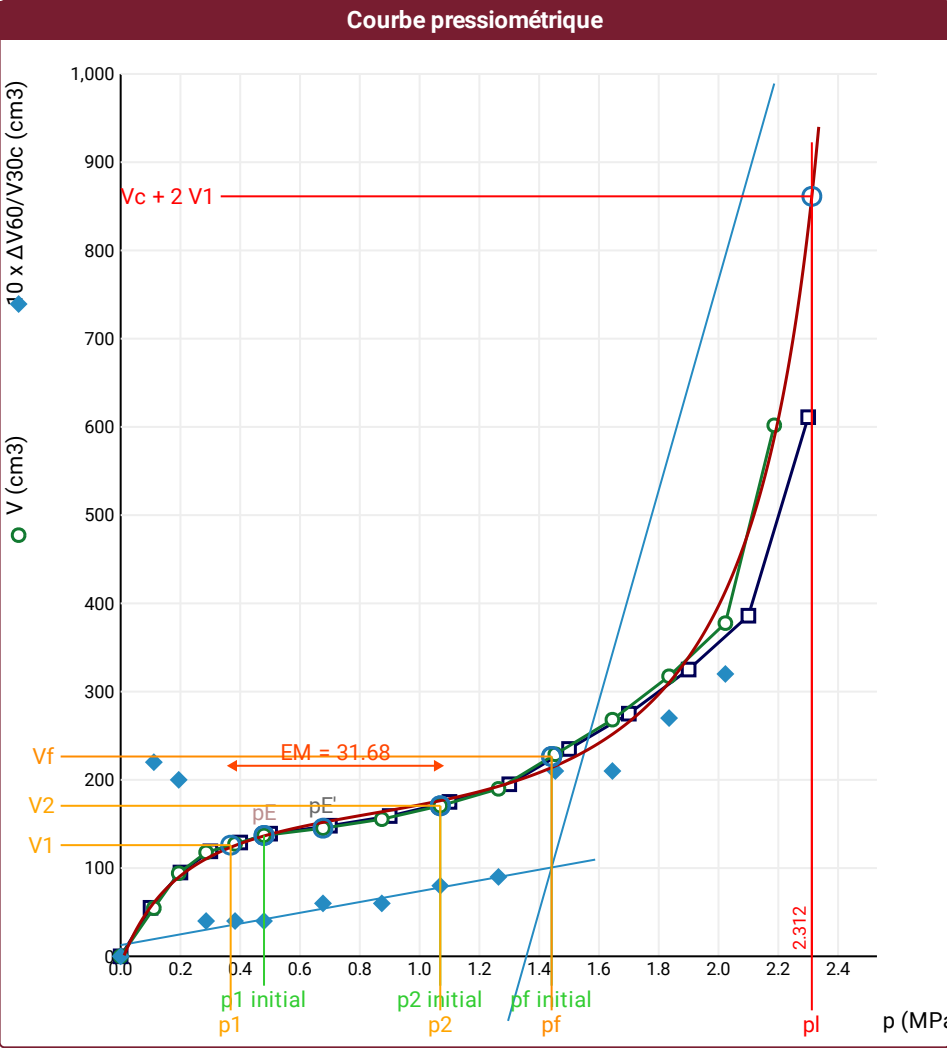
ESSAI EN PLACE - RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
7 m



Légende

Courbes brutes :	Courbes corrigées :	Courbes extrapolées :	Résultats :
<input checked="" type="checkbox"/> P_{r60}/V_{60}	<input type="checkbox"/> $P_e(V_r)$	<input type="checkbox"/> Extrapolation	<input checked="" type="checkbox"/> Résultats
	<input checked="" type="checkbox"/> P/V	<input type="checkbox"/> courbe inverse	<input type="checkbox"/> normatifs calculés
	<input checked="" type="checkbox"/> $\Delta V^{60/30}$	<input type="checkbox"/> Extrapolation	
	<input type="checkbox"/> $1/V$	<input type="checkbox"/> courbe quadratique	
		<input type="checkbox"/> courbe double	
		<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation	
		<input type="checkbox"/> courbe double	
		<input type="checkbox"/> hyperbole	
		<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation	
		<input type="checkbox"/> courbe double	
		<input type="checkbox"/> hyperbole	

RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS

σ_{hs}	0,06 MPa		
p_1 initial	0,48 MPa	V_1	137 cm³
		i	
p_1	0,37 MPa	V_1	126 cm³
p_E	0,48 MPa	V_E	137 cm³
p_2 initial	1,07 MPa	V_2	171 cm³
		i	
p_2	1,07 MPa	V_2	171 cm³
p_f initial	1,44 MPa	$V_{f i}$	226 cm³
p_f	= 1,44 MPa	V_f	226 cm³
p_f^*	= 1,38 MPa		
p_L	= 2,31 MPa	V_L	861 cm³
p_L^*	= 2,25 MPa		
E_M	31,68 MPa	Méthode de calcul de E_M	
		Gaine souple	
E_M/p_L	13,702		
E_M/p_L^*	14,086		
p_L^*/p_f^*	1,631		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
<i>PL direct</i>		
Méthode utilisée	Double hyperbole	
Méthode volumes inverses	<i>A</i>	0 MPa
	<i>B</i>	0 cm3
	Erreur moyenne	21 cm3
	<i>PLR</i>	2,33 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	<i>C</i>	2,3 MPa
	<i>D</i>	5871 cm3
	Erreur moyenne	13 cm3
	<i>PLH</i>	2,24 MPa
Méthode double hyperbole	<i>A</i> ₁	133,73
	<i>A</i> ₂	-8,428
	<i>A</i> ₃	657,63
	<i>A</i> ₄	2802,1
	<i>A</i> ₅	-2,629
	<i>A</i> ₆	26,078
	Erreur moyenne	11 cm3
	<i>PLDH</i>	2,31 MPa

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI


Conformément à l'ISO 22476-4

Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
8 m

SONDE
Nom de la sonde Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C 210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C 58 mm
Tube fendu 
Gaine Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m 0,05 MPa

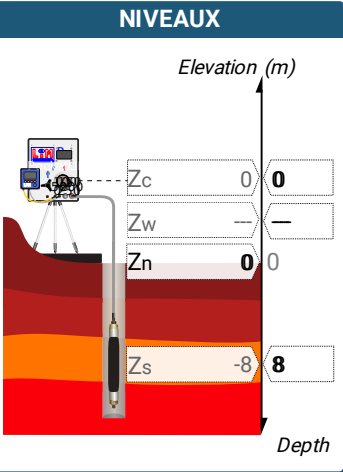
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i 66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C 609 cm3
Coefficient d'étalonnage a 4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_{el} 0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

FLUIDES
Poids volumique du liquide 10 kN/m3
Compressibilité du gaz 0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique 0,08 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60} MPa	V_{15} cm3	V_{30} cm3	V_{60} cm3	p MPa	V_{30c} cm3	V cm3	$\Delta V^{60/30}$ cm3	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$ cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	344,2
1	0,100	0	12	44	0,127	11,6	43,6	32,0	767,6
2	0,200	44	86	102	0,202	85,2	101,2	16,0	176,3
3	0,300	102	115	119	0,296	113,8	117,8	4,0	99,2
4	0,400	119	125	129	0,393	123,4	127,4	4,0	57,1
5	0,500	129	132	135	0,491	130,0	133,0	3,0	31,3
6	0,700	135	139	142	0,689	136,2	139,2	3,0	26,2
7	0,900	142	145	148	0,887	141,4	144,4	3,0	51,8
8	1,100	148	153	159	1,084	148,6	154,6	6,0	62,1
9	1,300	159	165	172	1,280	159,8	166,8	7,0	114,5
10	1,500	172	185	195	1,474	179,0	189,0	10,0	206,1
11	1,700	195	214	235	1,664	207,2	228,2	21,0	205,3
12	1,900	235	254	275	1,855	246,4	267,4	21,0	265,0
13	2,100	275	286	326	2,044	277,6	317,6	40,0	314,0
14	2,300	326	354	386	2,233	344,8	376,8	32,0	478,0
15	2,500	386	421	475	2,418	411,0	465,0	54,0	1 131,9
16	2,700	475	532	669	2,588	521,2	658,2	137,0	

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

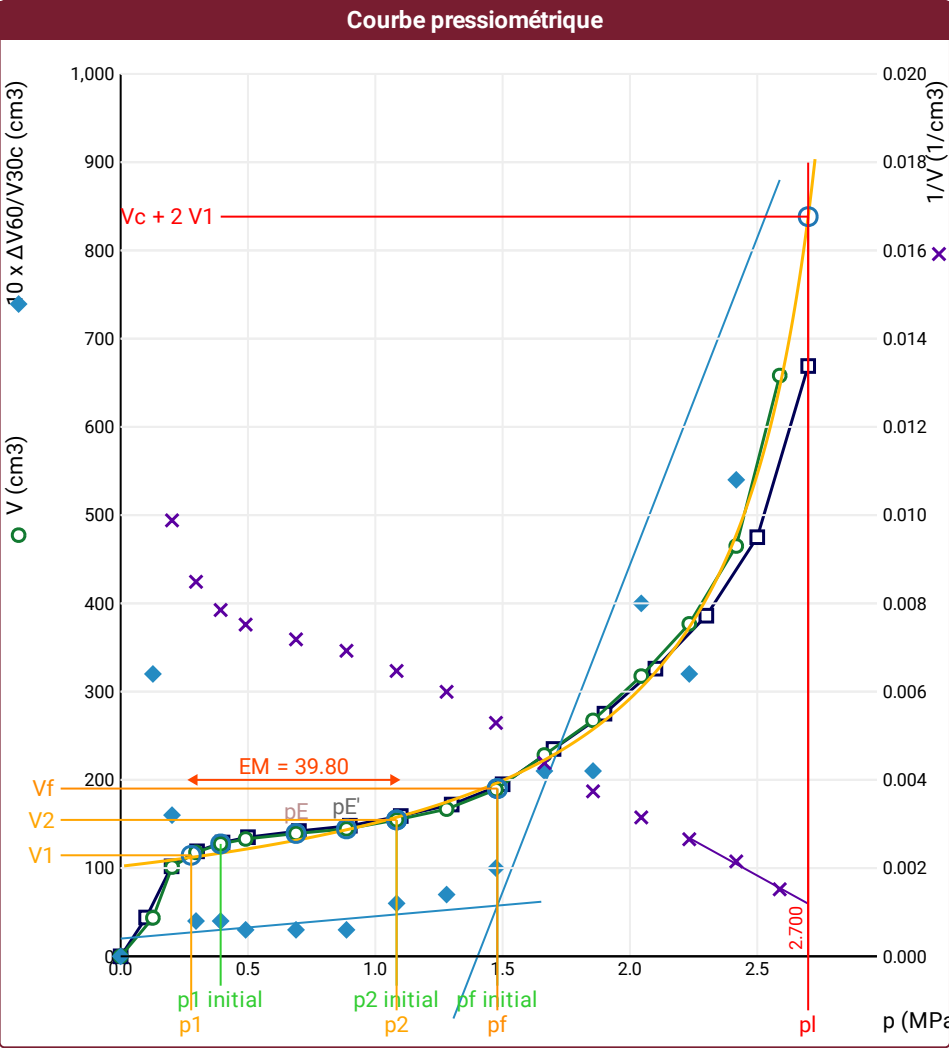
ESSAI EN PLACE - RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
8 m



Légende

Courbes brutes :

☒ P_{r60}/V_{60}

Courbes corrigées :

☐ $P_e(V_r)$

☒ P/V

☒ $\Delta V^{60/30}$

☒ $1/V$

Courbes extrapolées :

☒ Extrapolation
courbe inverse

☐ Extrapolation
courbe quadratique
hyperbolique

☐ Extrapolation
courbe double
hyperbole

Résultats :

☒ Résultats
normatifs calculés

RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS

σ_{hs}	0,07 MPa		
p_1 initial	0,39 MPa	V_1	127 cm³
		i	
p_1	0,28 MPa	V_1	115 cm³
p_E	0,69 MPa	V_E	139 cm³
p_2 initial	1,08 MPa	V_2	155 cm³
		i	
p_2	1,08 MPa	V_2	155 cm³
p_f initial	1,48 MPa	V_{fi}	190 cm³
p_f	= 1,48 MPa	V_f	190 cm³
p_f^*	= 1,41 MPa		
p_L	= 2,7 MPa	V_L	838 cm³
p_L^*	= 2,63 MPa		
E_M	39,8 MPa	Méthode de calcul de E_M	
		Gaine souple	
E_M/p_L	14,742		
E_M/p_L^*	15,145		
p_L^*/p_f^*	1,867		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
<i>PL direct</i>		
Méthode utilisée	Volumes inverses	
Méthode volumes inverses	<i>A</i>	0 MPa
	<i>B</i>	0 cm3
	Erreur moyenne	8 cm3
	<i>PLR</i>	2,7 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	<i>C</i>	2,69 MPa
	<i>D</i>	10033 cm3
	Erreur moyenne	26 cm3
	<i>PLH</i>	2,61 MPa
Méthode double hyperbole	<i>A</i> ₁	74,751
	<i>A</i> ₂	-4,373
	<i>A</i> ₃	457,22
	<i>A</i> ₄	3459,1
	<i>A</i> ₅	-2,562
	<i>A</i> ₆	30,741
	Erreur moyenne	10 cm3
	<i>PLDH</i>	2,69 MPa

Société

Client

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

ESSAI EN PLACE - DONNÉES D'ESSAI

Conformément à l'ISO 22476-4

Procédure A

Référence dossier

CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage

SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)

9 m

SONDE
Nom de la sonde
Sonde 60_Soltechnic
Longueur de la cellule centrale l_C
210 mm
Diamètre extérieur de la cellule centrale (y compris le tube fendu) d_C
58 mm
Tube fendu
<input type="checkbox"/>
Gaine
Caoutchouc

MEMBRANE
Type de membrane
Résistance propre de la membrane p_m
0,05 MPa

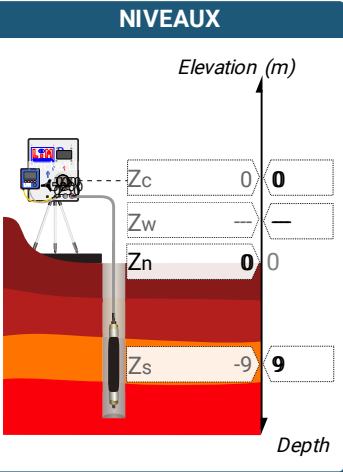
ESSAI DE DILATATION PROPRE À L'APPAREILLAGE (CALIBRAGE)
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:44:51
Opérateur
CadillacMurEnceinte
Nom de fichier
Diamètre intérieur du tube de calibrage d_i
66 mm
Volume initial conventionnel de la cellule centrale V_C
609 cm3
Coefficient d'étalonnage a
4 cm3/MPa

ESSAI DE RÉSISTANCE PROPRE À LA SONDE (INERTIE)
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:44:22
Opérateur
CadillacSP1
Nom de fichier
Résistance propre de la sonde p_{el}
0,2 MPa

TUBULURE
Type tubulure
Tubulure longueur totale

FLUIDES
Poids volumique du liquide
10 kN/m3
Compressibilité du gaz
0,00015 1/m

ESSAI
Date et heure
vendredi 27 octobre 2023 07:39:4
Nom de fichier
Controleur Pression Volume
Appareil
Opérateur
Pression hydrostatique
0,09 MPa
Pression différentielle
Observation



FORAGE
Machine de forage
Méthode de forage
Fluide de forage
Outil de forage
Diamètre de l'outil de forage d_t
Base du tubage
Passe de forage avant l'essai
Inclinaison du forage

LECTURES SUR SITE				DONNÉES APRÈS CORRECTION					
Palier	Pr_{60}	V_{15}	V_{30}	V_{60}	p	V_{30c}	V	$\Delta V^{60/30}$	$\Delta V^{60/60}/\Delta P$
	MPa	cm3	cm3	cm3	MPa	cm3	cm3	cm3	cm3/MPa
0	0,000	0	0	0	0,000	0,0	0,0	0,0	435,1
1	0,100	0	36	57	0,130	35,6	56,6	21,0	546,3
2	0,200	57	86	102	0,212	85,2	101,2	16,0	176,3
3	0,300	102	115	119	0,306	113,8	117,8	4,0	99,2
4	0,400	119	122	129	0,403	120,4	127,4	7,0	99,1
5	0,500	129	134	139	0,500	132,0	137,0	5,0	41,6
6	0,700	139	142	148	0,697	139,2	145,2	6,0	51,8
7	0,900	148	153	159	0,894	149,4	155,4	6,0	77,7
8	1,100	159	167	175	1,089	162,6	170,6	8,0	98,6
9	1,300	175	185	195	1,284	179,8	189,8	10,0	67,2
10	1,500	195	200	209	1,480	194,0	203,0	9,0	98,4
11	1,700	209	215	229	1,675	208,2	222,2	14,0	124,6
12	1,900	229	235	254	1,870	227,4	246,4	19,0	248,9
13	2,100	254	278	302	2,059	269,6	293,6	24,0	270,0
14	2,300	302	335	354	2,249	325,8	344,8	19,0	526,9
15	2,500	354	375	451	2,432	365,0	441,0	76,0	1 149,8
16	2,700	451	542	647	2,601	531,2	636,2	105,0	

ESSAI AU PRESSIOMÈTRE MÉNARD

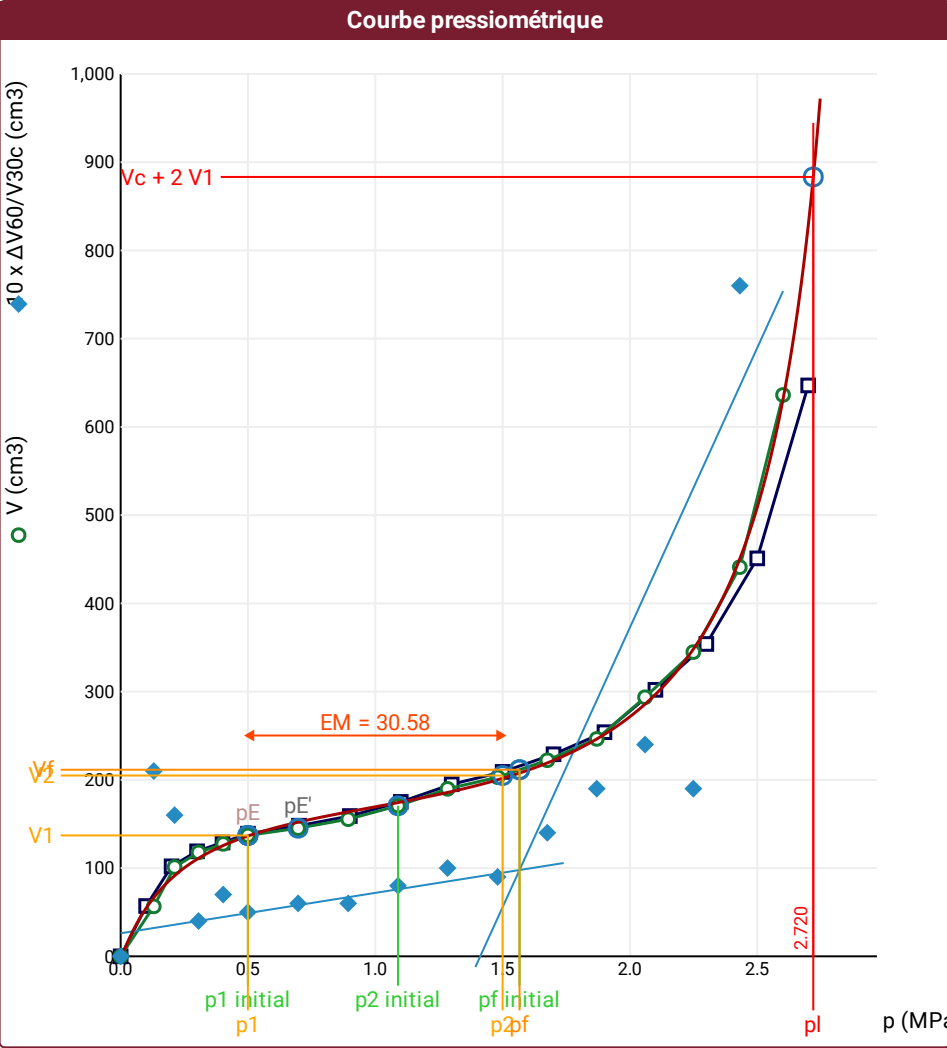
ESSAI EN PLACE - RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Conformément à l'ISO 22476-4
Procédure A

Référence dossier
CADILLAC Mur enceinte

Nom du forage
SP1

Profondeur de l'essai (axe du forage)
9 m



Légende

Courbes brutes :	Courbes corrigées :	Courbes extrapolées :	Résultats :
<input checked="" type="checkbox"/> P_{r60}/V_{60}	<input type="checkbox"/> $P_e(V_r)$	<input type="checkbox"/> Extrapolation courbe inverse	<input checked="" type="checkbox"/> Résultats normatifs calculés
	<input checked="" type="checkbox"/> P/V	<input type="checkbox"/> Extrapolation courbe quadratique hyperbolique	
	<input checked="" type="checkbox"/> $\Delta V^{60/30}$	<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolation courbe double hyperbole	
	<input type="checkbox"/> $1/V$		

RÉSULTATS NORMATIFS CALCULÉS

σ_{hs}	0,08 MPa		
p_1 initial	0,5 MPa	V_1	137 cm ³
		i	
p_1	0,5 MPa	V_1	137 cm ³
p_E	0,5 MPa	V_E	137 cm ³
p_2 initial	1,09 MPa	V_2	171 cm ³
		i	
p_2	1,5 MPa	V_2	205 cm ³
p_f initial	1,57 MPa	V_{fi}	211 cm ³
p_f	= 1,57 MPa	V_f	211 cm ³
p_f^*	= 1,49 MPa		
p_L	= 2,72 MPa	V_L	883 cm ³
p_L^*	= 2,64 MPa		
E_M	30,58 MPa	Méthode de calcul de E_M	
		Gaine souple	
E_M/p_L	= 11,243		
E_M/p_L^*	= 11,588		
p_L^*/p_f^*	= 1,777		

DÉTERMINATION DE LA PRESSION LIMITE		
<i>PL direct</i>		
Méthode utilisée	Double hyperbole	
Méthode volumes inverses	<i>A</i>	0 MPa
	<i>B</i>	0 cm3
	Erreur moyenne	23 cm3
	<i>PLR</i>	2,72 MPa
Méthode quadratique hyperbolique	<i>C</i>	2,76 MPa
	<i>D</i>	10049 cm3
	Erreur moyenne	12 cm3
	<i>PLH</i>	2,67 MPa
Méthode double hyperbole	<i>A1</i>	139,32
	<i>A2</i>	-5,501
	<i>A3</i>	673,47
	<i>A4</i>	2782,1
	<i>A5</i>	-2,862
	<i>A6</i>	30,237
	Erreur moyenne	5 cm3
	<i>PLDH</i>	2,72 MPa

Annexe IV : **Résultats des capacités portantes des micropieux
(FONDPROF)**

Données

Titre du projet : Mur d'enceinte CH Cadillac (pieu n°1)

Numéro d'affaire : AQUP230369

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux_Section1

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,18

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

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

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Sol neutralisé		Argile, limons	-0,50	0,00	0,00	1,15	2,200
2	Argile sableuse		Argile, limons	-2,50	200,00	22,00	1,15	2,200
3	Argile sablo-graveleuse		Argile, limons	-4,60	400,00	34,00	1,15	2,200
4	Calcaire altéré		Roche altérée et fragmentée	-7,50	100,00	31,00	1,45	1,540
5	Calcaire compact		Marne et calcaire marneux	-15,00	4500,00	170,00	1,45	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 15,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

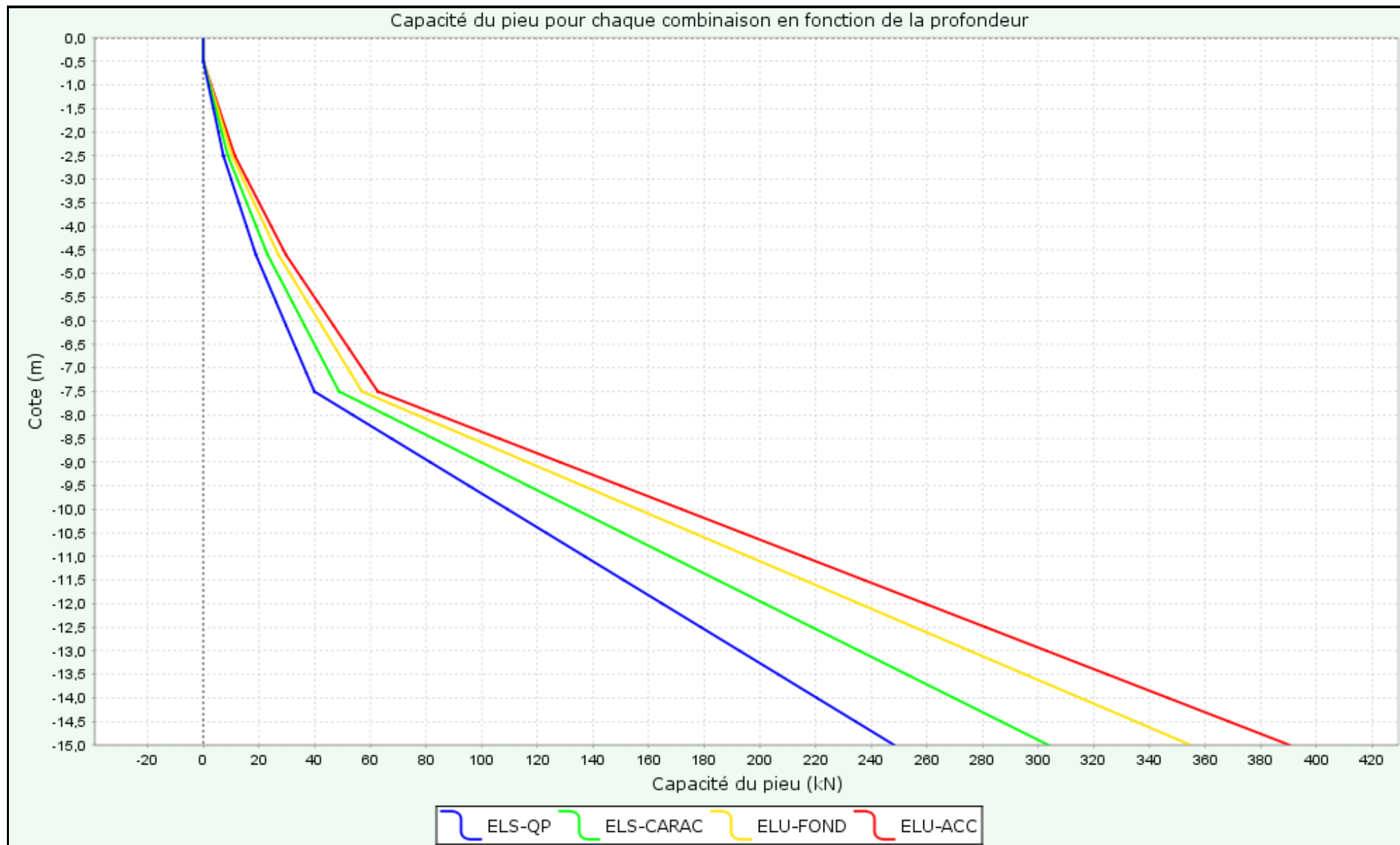


FoXta v4
v4.1.8

Imprimé le : 18/04/2024 - 10:38:05
Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

Projet : Micropieux
Module : Fondprof (Pieu 1/2)

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Mur d'enceinte CH Cadillac (pieu n°2)

Numéro d'affaire : AQUP230369

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux_Section2

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,18

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

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

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Sol neutralisé		Argile, limons	-3,00	0,00	0,00	1,15	2,200
2	Calcaire altéré		Roche altérée et fragmentée	-6,00	1200,00	143,00	1,45	1,540
3	Calcaire fracturé		Marne et calcaire marneux	-15,00	2400,00	149,00	1,45	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 15,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

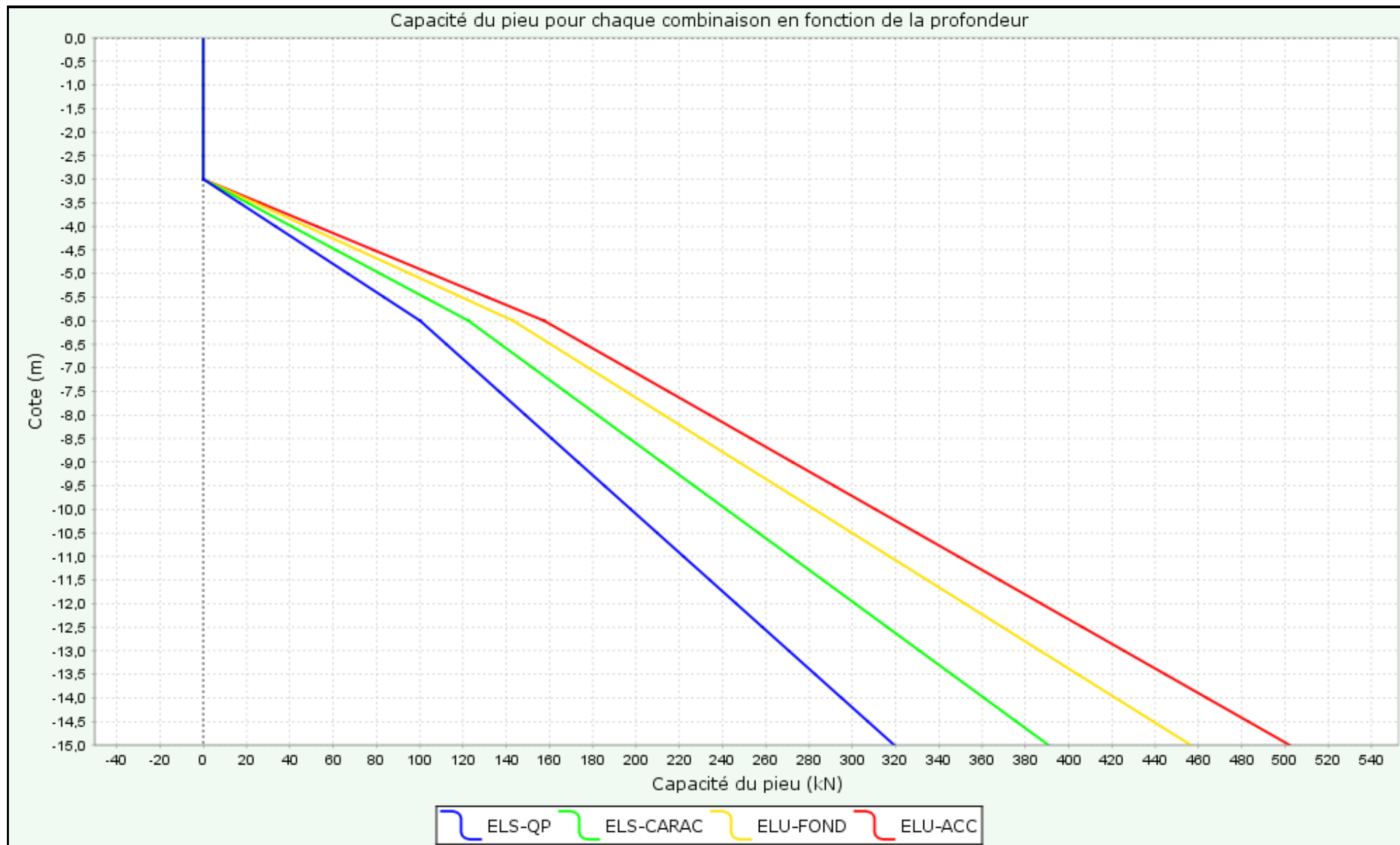


FoXta v4
v4.1.8

Imprimé le : 18/04/2024 - 10:38:27
Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

Projet : Micropieux
Module : Fondprof (Pieu 2/2)

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Annexe V : Résultats des calculs Foxta (TASPIE+)

Données

Paramètres principaux

Titre du projet : Mur d'enceinte CH Cadillac

Numéro d'affaire : AQUP230369

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux section 1 (pieu n°1)

Type de calcul : Pieu isolé

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	n
1	Sol neutralisé		-0,50	10
2	Argile sableuse		-2,50	10
3	Argiles sablo-graveleuse		-4,60	10
4	Calcaire altéré		-7,50	10
5	Calcaire compact		-15,00	10

Mode de mise en oeuvre du pieu : sans refoulement

Type de section du pieu : circulaire

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Définition du pieu dans chaque couche

Nom	Zbase	Epieu	D
Sol neutralisé	-0,50	2,10E08	0,18
Argile sableuse	-2,50	2,10E08	0,18
Argiles sablo-graveleuse	-4,60	2,10E08	0,18
Calcaire altéré	-7,50	2,10E08	0,18
Calcaire compact	-15,00	2,10E08	0,18

Type de loi de mobilisation : A partir des valeurs pressiométriques (Loi de Frank & Zhao)

Définition du frottement dans le sol

Nom	Z	EM	qsl	Type de sol
Sol neutralisé	-0,50	1,00E-05	0,00	Sol fin
Argile sableuse	-2,50	3,00E03	22,00	Sol fin
Argiles sablo-graveleuse	-4,60	5,00E03	34,00	Sol granulaire
Calcaire altéré	-7,50	1,50E03	31,00	Sol granulaire
Calcaire compact	-15,00	2,00E05	170,00	Sol granulaire

Contrainte limite en pointe (kPa) : 0,0

Type de loi : Sol granulaire

Chargement

Charge en tête (kN) : 90,0

Paramètres avancés

Tolérance (m) : 1,00E-04

Nombre de pas : 20

Coeff. frottement0 : 1,00

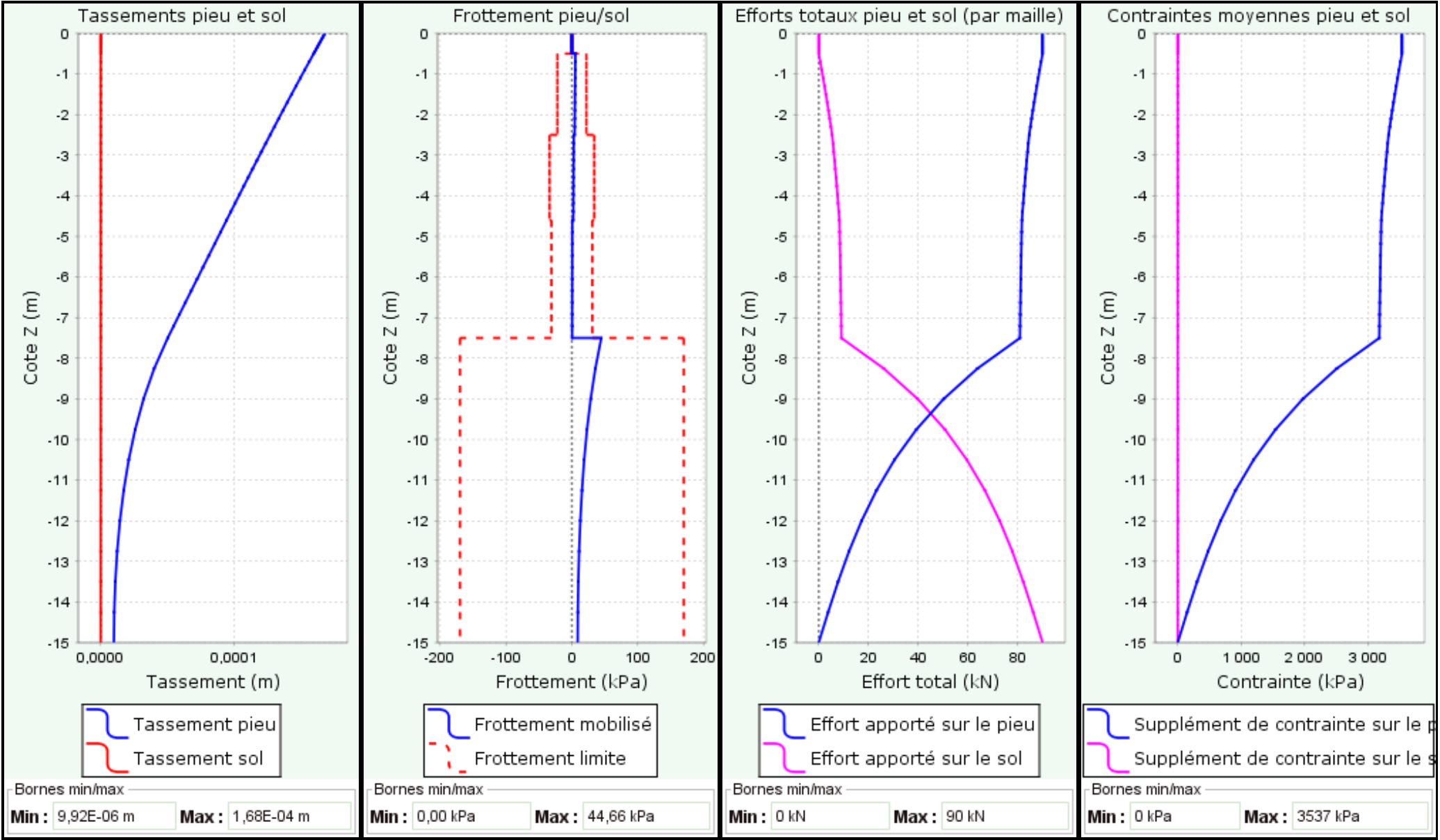


FoXta v4
v4.1.8

Imprimé le : 18/04/2024 - 10:39:35
Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

Projet : Micropieux
Module : Taspie+ (Pieu 1/2)
Titre du calcul : Micropieux section 1

Courbes principales



Données

Paramètres principaux

Titre du projet : Mur d'enceinte CH Cadillac

Numéro d'affaire : AQUP230369

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux section 2 (pieu n°2)

Type de calcul : Pieu isolé

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	n
1	Sol neutralisé		-3,00	10
2	Calcaire altéré		-6,00	10
3	Calcaire compact		-15,00	10

Mode de mise en oeuvre du pieu : sans refoulement

Type de section du pieu : circulaire

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Définition du pieu dans chaque couche

Nom	Zbase	Epieu	D
Sol neutralisé	-3,00	2,10E08	0,18
Calcaire altéré	-6,00	2,10E08	0,18
Calcaire compact	-15,00	2,10E08	0,18

Type de loi de mobilisation : A partir des valeurs pressiométriques (Loi de Frank & Zhao)

Définition du frottement dans le sol

Nom	Z	EM	qsl	Type de sol
Sol neutralisé	-3,00	1,00E-05	0,00	Sol fin
Calcaire altéré	-6,00	1,40E04	143,00	Sol granulaire
Calcaire compact	-15,00	3,20E04	149,00	Sol granulaire

Contrainte limite en pointe (kPa) : 0,0

Type de loi : Sol granulaire

Chargement

Charge en tête (kN) : 125,0

Paramètres avancés

Tolérance (m) : 1,00E-04

Nombre de pas : 20

Coeff. frottement0 : 1,00

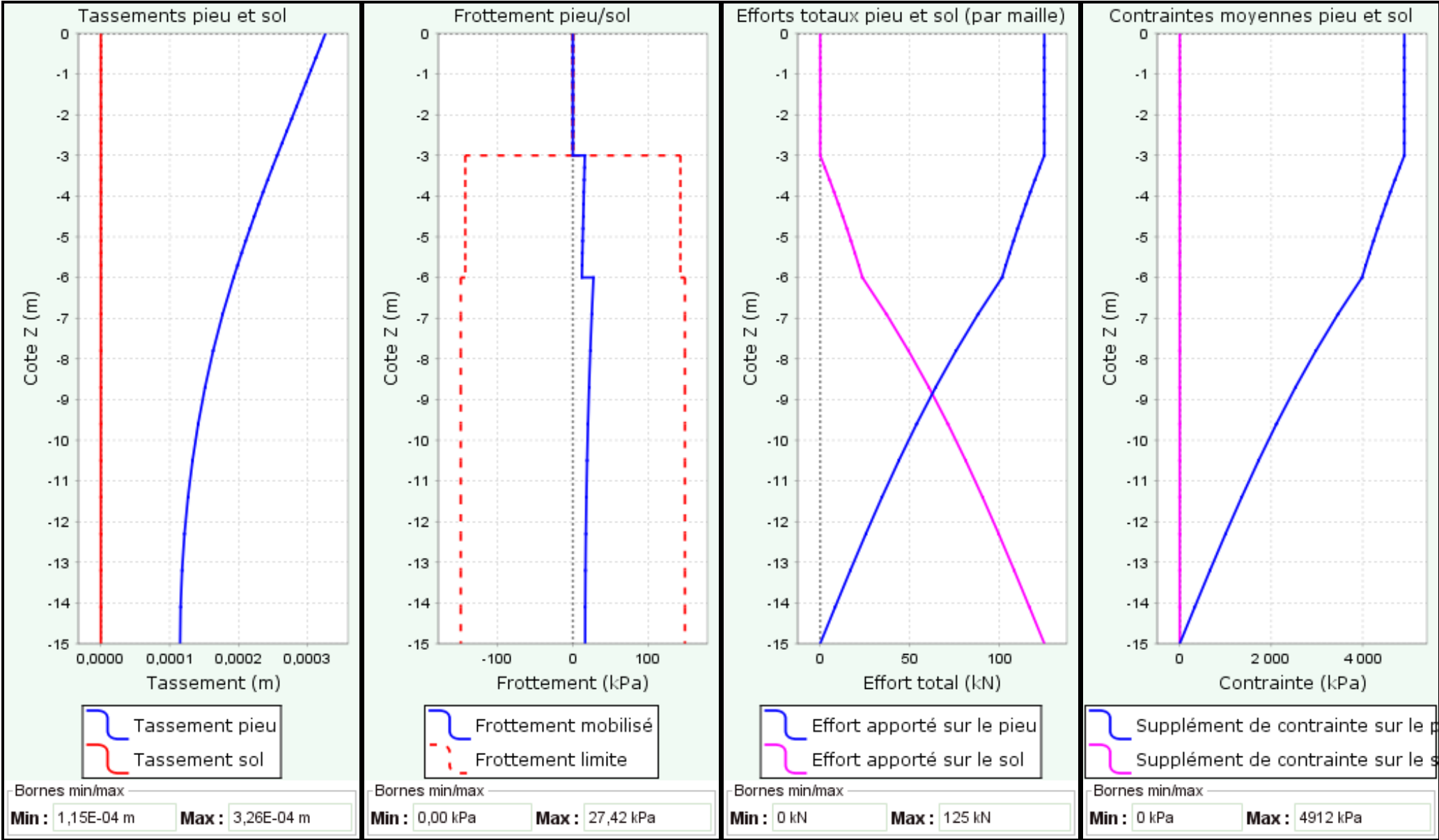


FoXta v4
v4.1.8

Imprimé le : 18/04/2024 - 10:40:00
Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

Projet : Micropieux
Module : Taspie+ (Pieu 2/2)
Titre du calcul : Micropieux section 2

Courbes principales



Annexe VI : **Note de calcul - Solution n°1**

Calcul du mur poids

Données d'entrée

Paramètres

France - EN 1997

Matériaux et normes

Structures en béton : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Mur maçonné (en pierres) : EN 1996-1-1 (EC6)

Calcul des murs

Méthode de vérification : calcul selon EN 1997

Calcul de la pression active : Théorie de Coulomb (norme CSN 730037)

Calcul de la pression passive : Théorie de Caquot-Kerisel

Calcul du séisme : Mononobe-Okabe

Forme du coin de sol : calculer comme incliné

Excentricité admissible : 0,333

Approche de calcul : 2 - réduction de la charge et de la résistance

Coefficient de réduction de la charge (F)			
Situation de calcul permanente			
		Défavorable	Favorable
Charge permanente :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Charge variable :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Action de l'eau :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	

Coefficient de réduction de la résistance (R)			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de réduction de la résistance au renversement :	$\gamma_{Rv} =$	1,40 [-]	
Coefficient de réduction de la résistance au glissement :	$\gamma_{Rh} =$	1,10 [-]	
Coefficient de réduction de la résistance du sol de fondation :	$\gamma_{Re} =$	1,40 [-]	

Coefficients de combinaison pour les charges variables			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de valeur de combinaison :	$\psi_0 =$	0,70 [-]	
Coefficient de valeur fréquente :	$\psi_1 =$	0,50 [-]	
Coefficient de valeur quasi-permanente :	$\psi_2 =$	0,30 [-]	

Ancrages

Méthode de vérification : états limites

Coefficients de réduction			
Coefficient de fiabilité de l'acier :	$\gamma_s =$	1,35 [-]	
Coefficient de réduction à l'arrachement du sol :	$\gamma_e =$	1,35 [-]	
Coefficient de réduction à l'arrachement du coulis de ciment :	$\gamma_c =$	1,35 [-]	

Matériau de la structure

Poids volumique $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Maçonnerie en pierre : Catégorie I

Origine de mortier : Réglementé

Résistance de la maçonnerie $f_b = 2,00 \text{ MPa}$

Résistance du mortier $f_m = 2,50 \text{ MPa}$

Paramètres

Résistance à la compression $f_k = 0,96$ MPa
Résistance au cisaillement $f_{vko} = 0,10$ MPa
Résistance à la traction en flexion $f_{xk} = 0,05$ MPa
Coefficient partiel $\gamma_M = 2,20$

Géométrie de la structure

Num.	Coordonnée X [m]	Profondeur Z [m]
1	-0,20	-5,30
2	-0,05	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,05
5	-0,80	0,05
6	-0,80	0,00
7	-0,75	0,00
8	-0,60	-5,30

L'origine [0,0] se trouve dans le coin supérieur droit du mur.
Profil du mur = 2,96 m².

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.
Profondeur du terrain au-dessous du bord supérieur de la structure h = 5,30 m.

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente
Le mur peut se déplacer, la charge de la pression active est prise en compte dans le calcul.
Réduction de l'angle de frottement sol/sol : ne pas réduire

Vérification n° 1

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F _{hor} [kN/m]	Point z [m]	F _{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. renv.	Coef. transl.	Coef. contrainte
Poids - mur	0,00	-2,42	68,14	0,40	1,000	1,000	1,350
Pression active	0,00	-0,05	0,00	0,80	1,000	1,000	1,350

Vérification du mur entier

Vérification de la résistance au renversement

Moment résistant $M_{res} = 19,54$ kNm/m
Moment de renversement $M_{ovr} = 0,00$ kNm/m

Résistance du mur au renversement ADMISSIBLE

Vérification de la résistance au glissement

Force horizontale résistante $H_{res} = 50,67$ kN/m
Force horizontale sollicitante $H_{act} = 0,00$ kN/m

Résistance du mur au glissement ADMISSIBLE

Vérification globale - MUR ADMISSIBLE

Contrainte maximale à la base de la fondation : 114,58 kPa

Dimension. n° 1

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. moment	Coef. effort normal	Coef. force motr.
Poids - mur	0,00	-2,41	67,40	0,40	1,000	1,000	1,000
Pression active	0,00	-0,01	0,00	0,80	1,000	1,000	1,000

Vérification du voile du mur

Hauteur de la section $h = 0,80$ m

Excentricité admissible de la section $e_{\text{lim}} = 0,36$ m > $0,00$ m = e

Force de compression limite ultime $N_{\text{Rd}} = 351,18$ kN/m > $67,40$ kN/m = N_{Ed}

Moment limite ultime $M_{\text{Rd}} = 21,86$ kNm/m > $0,00$ kNm/m = M_{Ed}

Capacité portante de la section ADMISSIBLE

Annexe VII : **Note de calcul - Solution n°2**

Calcul du mur armé

Données d'entrée

Paramètres

France - EN 1997

Matériaux et normes

Structures en béton : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Maçonnerie armée : EN 1996-1-1 (EC6)

Calcul des murs

Méthode de vérification : calcul selon EN 1997
Calcul de la pression active : Théorie de Coulomb (norme CSN 730037)
Calcul de la pression passive : Théorie de Caquot-Kerisel
Calcul du séisme : Mononobe-Okabe
Forme du coin de sol : calculer comme incliné
Bêche : considérer la bêche comme la base de fondation inclinée
Excentricité admissible : 0,333
Approche de calcul : 2 - réduction de la charge et de la résistance

Coefficient de réduction de la charge (F)			
Situation de calcul permanente			
		Défavorable	Favorable
Charge permanente :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Charge variable :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Action de l'eau :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	

Coefficient de réduction de la résistance (R)			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de réduction de la résistance au renversement :	$\gamma_{Rv} =$	1,40 [-]	
Coefficient de réduction de la résistance au glissement :	$\gamma_{Rh} =$	1,10 [-]	
Coefficient de réduction de la résistance du sol de fondation :	$\gamma_{Re} =$	1,40 [-]	

Coefficients de combinaison pour les charges variables			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de valeur de combinaison :	$\psi_0 =$	0,70 [-]	
Coefficient de valeur fréquente :	$\psi_1 =$	0,50 [-]	
Coefficient de valeur quasi-permanente :	$\psi_2 =$	0,30 [-]	

Matériau de la structure

Poids volumique $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Le calcul des structures en béton a été effectué selon la norme EN 1992-1-1 (EC2).

Béton: C 20/25

Résistance cylindrique à la compression $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$
Résistance à la traction $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$

Acier longitudinal: B500B

Limite d'élasticité $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Géométrie de la structure

Num.	Coordonnée X [m]	Profondeur Z [m]
1	-0,35	-5,10
2	-0,35	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,50
5	-0,41	0,50
6	-0,41	0,55
7	-0,59	0,55
8	-0,59	0,50
9	-1,00	0,50
10	-1,00	0,00
11	-0,65	0,00
12	-0,65	-5,10

L'origine [0,0] se trouve dans le coin supérieur droit du mur.

Profil du mur = 2,04 m².

Géométrie de la maçonnerie

Nombre de blocs dans la 1ère série : 1 (type: Solution 2)

Résistance caractéristique à la compression $f_k = 12,00$ MPa

Résistance caractéristique au cisaillement $f_{vk} = 0,27$ MPa

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.

Profondeur du terrain au-dessous du bord supérieur de la structure $h = 5,10$ m.

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Le mur peut se déplacer, la charge de la pression active est prise en compte dans le calcul.

Réduction de l'angle de frottement sol/sol : ne pas réduire

Vérification n° 1

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. renv.	Coef. transl.	Coef. contrainte
Poids - mur	0,00	-2,35	50,97	0,50	1,000	1,000	1,350
Pression active	0,00	-0,50	0,00	1,00	1,000	1,000	1,350

Vérification du mur entier

Vérification de la résistance au renversement

Moment résistant $M_{res} = 18,21$ kNm/m

Moment de renversement $M_{ovr} = 0,00$ kNm/m

Résistance du mur au renversement ADMISSIBLE

Vérification de la résistance au glissement

Force horizontale résistante $H_{res} = 59,72$ kN/m

Force horizontale sollicitante $H_{act} = 0,00$ kN/m

Résistance du mur au glissement ADMISSIBLE

Vérification globale - MUR ADMISSIBLE

Contrainte maximale à la base de la fondation : 68,82 kPa

Dimension. n° 1

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. moment	Coef. effort normal	Coef. force motr.
Poids - mur	0,00	-2,54	38,50	0,50	1,000	1,350	1,000
Pression au repos	0,00	-0,01	0,00	1,00	1,000	1,000	1,350

Vérification du joint du mur à 0,00 m à partir de la tête du mur

Armature en aval du mur n'a pas été saisie.

Armature en amont du mur :

profil 20,0 mm, enrobage 30,0 mm, distance 300,0 mm

Effort normal de compression additionnelle saisie $N = 70,00$ kN/m

Elancement du mur : 17,00

L'élancement du mur est supérieur à 12 =>

Moment de flexion additionnel $M_{ad} = 4,70$ kNm/m

Vérification de la résistance à la compression :

Effort normal limite $N_{Rd} = 6818,88$ kN/m $> 108,50$ kN/m = N_{Ed}

Vérification de la section à la compression ADMISSIBLE

Vérification de la résistance à la flexion :

Moment ultime $M_{Rd} = 481,62$ kNm/m $> 4,70$ kNm/m = M_{Ed}

Résistance de la section à la flexion ADMISSIBLE

Vérification de la résistance au cisaillement :

Force de cisaillement limite $V_{Rd} = 170,23$ kN/m $> 0,00$ kN/m = V_{Ed}

Vérification de la résistance de la section au cisaillement ADMISSIBLE

Annexe VIII : **Rapport hydrogéologique n°110904**



**Centre Hospitalier
de Cadillac**



Rapport

Déconstruction, construction et restructuration de bâtiments sur le site principal et le site de l'UMD à Cadillac (33)

Note de suivi piézométrique : Septembre 2020 à Mai 2021



Rapport n°A110904/version A – Mai 2021

Projet suivi par Mikael FORTUNEL – mikael.fortunel@anteagroup.fr



Fiche signalétique

Déconstruction, construction et restructuration de bâtiments sur le site principal et le site de l'UMD à Cadillac (33)

Note de suivi piézométrique : Septembre 2020 à Mai 2021

CLIENT	SITE
CH de Cadillac (33) – Direction des Travaux	CH de Cadillac (33)
89, rue Cazeaux-Cazalet 33410 CADILLAC SUR GARONNE	89, rue Cazeaux-Cazalet 33410 CADILLAC SUR GARONNE
Tél : 05 56 76 54 61 @ : 05 56 76 52 52	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Mikael FORTUNEL
Interlocuteur commercial	Mikael FORTUNEL
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Bordeaux 05.57.26.02.80 secretariat.bordeaux-fr@anteagroup.com
Rapport n°	A110904
Version n°	version A
Votre commande et date	Commande du 09/05/2019
Projet n°	AQUP180572

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Bocar SOW	Ingénieurs d'étude	Mai 2021	
Approbation	Mikael FORTUNEL	Adjoint au Responsable Grand Ouest équipe Ingénierie Géotechnique	Mai 2021	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	21/05/2020	15	1	Première émission

Table des annexes

Annexe I : Logs des sondages

Sommaire

1. Introduction	6
2. Données générales	7
2.1. Localisation de la zone d'étude	7
2.2. Contexte géologique	8
2.2.1. Contexte géologique au droit du site TRELAT	8
2.2.2. Contexte géologique au droit du site MOREAU	9
2.3. Contexte hydrogéologique	10
2.4. Contexte hydrologique	10
3. Données piézométriques disponibles	11
3.1. Présentation du réseau de suivi	11
3.2. Exploitation des données piézométriques	13

Table des figures

Figure 1 : Localisation de la zone projet (extrait du DCE)	6
Figure 2 : Localisation des bâtiments du CH de Cadillac concernés par l'étude (<i>Source Géoportail</i>)	7
Figure 3 : Extrait de la carte géologique imprimée au 1/50 000 (Feuille 852 – LANGON). (<i>Source : Infoterre</i>)	8
Figure 4 : Contexte hydrologique (<i>Source : Géoportail</i>)	10
Figure 5 : Plan d'implantation des piézomètres	12
Figure 6 : Chronique piézométrique du piézomètre PZ Trelat pour la période du 07/09/2020 au 21/05/2021	14
Figure 7 : Chronique piézométrique du piézomètre PZ UMD pour la période du 07/09/2020 au 21/05/2021	15

Table des tableaux

Tableau 1 : Niveaux d'eau au droit des forages	11
Tableau 2 : Fluctuations des niveaux piézométriques pour chaque ouvrage	13

1. Introduction

Dans le cadre de sa réorganisation et de sa rénovation, le Centre Hospitalier de Cadillac souhaite réaliser des travaux sur 3 de ses bâtiments actuels :

- Sur le site principal, déconstruction et reconstruction total du bâtiment TRELAT ;
- Sur le site de l'UMD, déconstruction partielle, restructuration et extension du bâtiment CLAUDE ;
- Sur le site de l'UMD, déconstruction et reconstruction totale du bâtiment MOREAU.



Figure 1 : Localisation de la zone projet (extrait du DCE)

Le CH Cadillac a sollicité ANTEA GROUP pour la réalisation d'une mission géotechnique de faisabilité (G1-PGC), conformément à la norme NF P 94-500 (version de novembre 2013, jointe en annexe 1), au droit des zones à réorganiser et rénover.

Cette prestation concerne l'étude des fondations du projet et comprendra :

- La caractérisation de la lithologie et des propriétés géomécaniques des sols au droit du projet ;
- La reconnaissance et le suivi des niveaux d'eau.

A ce stade, le projet n'est pas précisé. Aucun mode de fondations des ouvrages n'est fixé à ce stade.

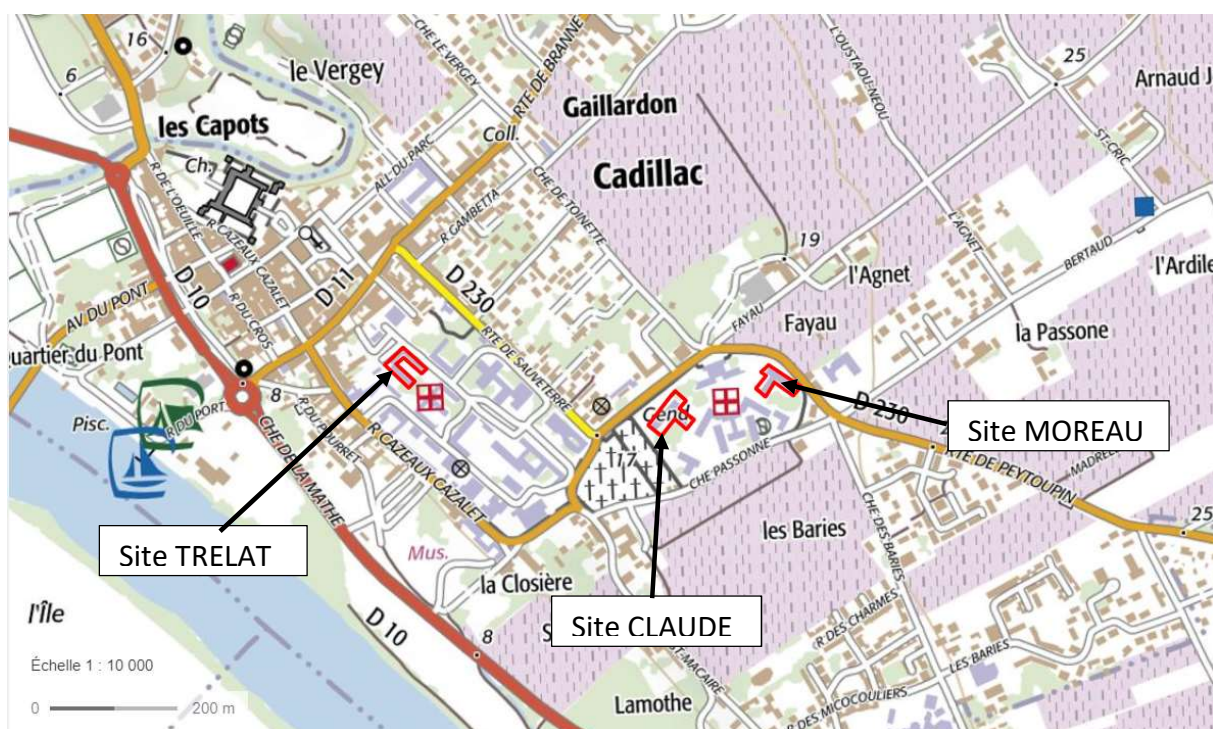
Le présent rapport présente le suivi des niveaux d'eau des 2 piézomètres sur la période de septembre 2020 à Mai 2021 (8 mois).

2. Données générales

2.1. Localisation de la zone d'étude

Le site est localisé sur la commune de Cadillac dans le département de la Gironde (33). Le complexe hospitalier se subdivise en plusieurs bâtiments de type RDC à R+1. Il comprend notamment les 3 bâtiments concernés par l'étude.

D'après la carte IGN au 1/10 000ème et les visites réalisées aux abords, l'emprise des bâtiments concernés par l'étude est la suivante :



2.2. Contexte géologique

D'après l'extrait de la carte géologique au 1/50 000^{ème} de LANGON feuille n°852, les données de la Banque de Données du Sous-Sol (BSS BRGM) et notre connaissance du site, la géologie de ce secteur est caractérisée par des formations fluviales du Riss. Il s'agit de Sables peu argileux, graviers et galets, notés Fxc.



Figure 3 : Extrait de la carte géologique imprimée au 1/50 000 (Feuille 852 – LANGON). (Source : Infoterre)

D'après la coupe géologique relevée lors de la réalisation d'un forage permettant un point d'eau proche du site (référence 08521X0244/F sur le site de la BSS), les terrains rencontrés au droit du secteur d'étude sont :

- Argile quaternaire (alluvions récents), de 0 à 5 m
- Marno-calcaires du Stampien, de 5 à 9 m
- Calcaire induré, de 9 à 12m
- Argile Bleu, de 12 à 14 m
- Calcaire grisâtre à passés coquilleuses, de 14 à 25 m

Les investigations menées dans le cadre de l'étude G2AVP ont permis d'affiner la succession lithologique réelle au droit des zones étudiées.

2.2.1. Contexte géologique au droit du site TRELAT

Les sondages SP1, T1 et T2 permettent de dresser la coupe géologique suivante, les terrains étant décrits du haut vers le bas :

- Une couche de terre végétale sableuse noire jusqu'à -0.2m/TN ;
- Une argile graveleuse marron jusqu'à -2m/TN ;
- Une argile calcaireuse issue de l'altération du calcaire sous-jacent jusqu'à -5m/TN ;
- Un calcaire induré compact présent jusqu'à la fin du forage (-15m/TN).

Les logs des sondages sont disponibles en [Annexe I](#).

2.2.2. Contexte géologique au droit du site MOREAU

Les sondages SP3 et T4 permettent de dresser la coupe géologique suivante, les terrains étant décrits du haut vers le bas :

- Une couche de terre végétale sableuse noire jusqu'à -0.4m/TN ;
- Une argile sablo-graveleuse jusqu'à -1.8m/TN ;
- Un calcaire altéré jusqu'à -6.0m/TN ;
- Un calcaire induré compact présent jusqu'à la fin du forage (-15m/TN).

Les logs des sondages sont disponibles en [Annexe I](#).

2.3. Contexte hydrogéologique

D'après la Base de Données des Limites de Systèmes Aquifères (BD LISA), la zone étudiée fait partie de l'entité hydrogéologique, alluviale et poreuse, des alluvions de la Garonne aval, depuis la confluence du Lot à la confluence de la Dordogne (référence 946AA07). Il s'agit d'une entité à nappes libres et captives.

2.4. Contexte hydrologique

Au droit du site étudié dans un rayon de 500 m le réseau hydrographique se compose de :

- La Garonne qui se situe en aval hydraulique du site, à 300 m environ.
- Le rejet de la station d'épuration située à environ 1,5 km plus au Nord.



Figure 4 : Contexte hydrologique (Source : Géoportail)

3. Données piézométriques disponibles

3.1. Présentation du réseau de suivi

Le dispositif de suivi piézométrique installé sur la zone du projet est composé de deux piézomètres dénommés PZ Trelat (5 ml) mis en place dans le sondage T1 et PZ UMD mis en place dans le sondage T4(5 ml).

Leur localisation sur le site est précisée sur le plan ci-après (cf. Figure 5). Les coupes des piézomètres sont présentées en annexe 1.

Les piézomètres ont été posés entre le 07 et le 08 juillet 2020 par un sous-traitant (SOLTECHNIC), sous le contrôle d'Antea Group. Ils ont été équipés d'enregistreurs de niveau de type DIVER (modèle Junior N10 - SOLINST) par un opérateur Antea Group le 07/09/2020.

Le pas de mesure choisi est : 1 mesure toutes les 4 heures.

Les niveaux d'eau mesurés à la sonde piézométrique manuelle au droit des ouvrages sont les suivants :

Date	PZ Trelat (z = 16.64 mNGF)	PZ UMD (z = 17.99 mNGF)
08/07/2020 (Niveau d'eau fin de forage)	Pas de niveau d'eau	Pas de niveau d'eau
29/01/2021	Pas de niveau d'eau	16,46 mNGF (Soit 1,53 m/TN)
21/05/2021	Pas de niveau d'eau	15,61 mNGF (Soit 2,38 m/TN)

Tableau 1 : Niveaux d'eau au droit des forages

Nota : les niveaux d'eau mesurés en fin de forage correspondent à des niveaux d'eau non stabilisés, liés au mode de foration : sondage destructif à l'eau.

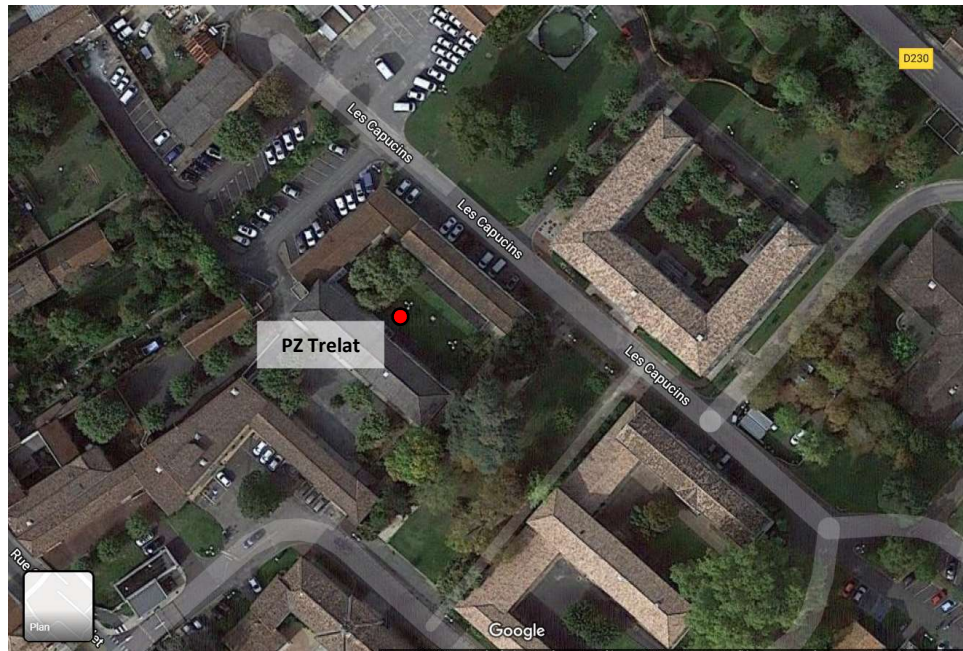


Figure 5 : Plan d'implantation des piézomètres

3.2. Exploitation des données piézométriques

Les piézomètres **PZ Trelat** (sondage T1) et **PZ UMD** (sondage T4) mis en place sur la zone du projet permettent d'avoir une chronique piézométrique sur une durée à ce jour de l'ordre de 8 mois, du 07/09/2020 au 21/05/2021.

Le tableau suivant répertorie les fluctuations piézométriques mesurées pendant cette période pour chaque ouvrage.

Date	PZ Trelat (z = 16.64 mNGF)	PZ UMD (z = 17.99 mNGF)
Niveau minimal	12,75m NGF	13,73m NGF
Niveau maximal	12,94m NGF	17,42m NGF
Battement de la nappe	0,19m	3,69m
Niveau moyen	12,8 m NGF	15,9 m NGF

Tableau 2 : Fluctuations des niveaux piézométriques pour chaque ouvrage

Les figures ci-après illustrent les chroniques piézométriques de PZ Trelat et PZ UMD et la pluviométrie de la ville de Frontenac située à 19 km du site de Septembre 2020 à Mai 2021.

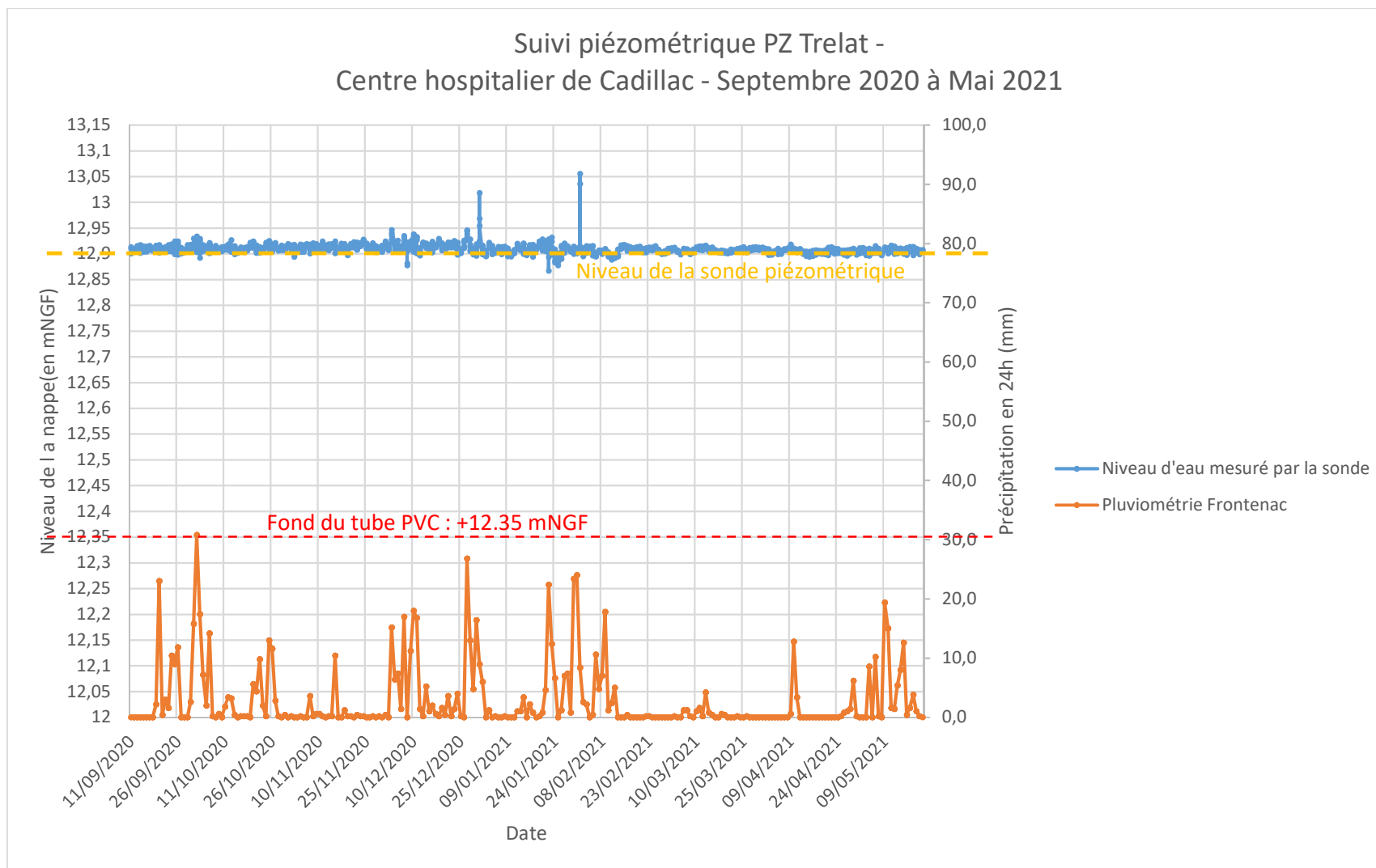


Figure 6 : Chronique piézométrique du piézomètre PZ Trelat pour la période du 07/09/2020 au 21/05/2021

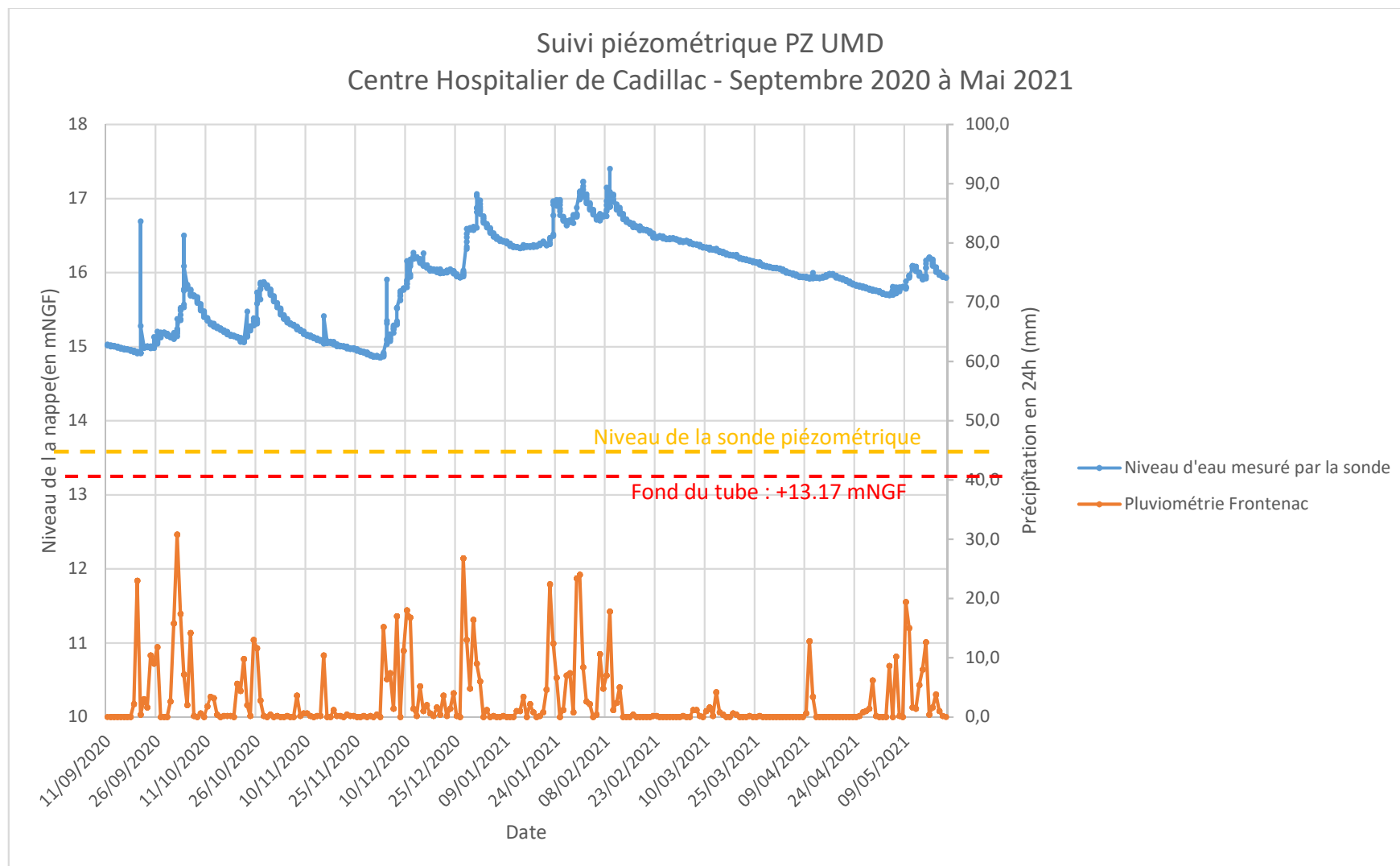


Figure 7 : Chronique piézométrique du piézomètre PZ UMD pour la période du 07/09/2020 au 21/05/2021

Observations sur l'utilisation du rapport

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

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

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

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

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

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

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



ANNEXES

Annexe I : Logs des sondages

Annexe I : **Logs des sondages**



Références :



Portées
communiquées
sur demande



Références :



Portées
communiquées
sur demande



Références :



Portées
communiquées
sur demande