EGSA btp

EXPERTISE GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Dossier n° 19-361-A1
LUNEL (34)

Extension et réhabilitation de la STEP

Etude géotechnique de conception
Phase projet
Mission G2-PRO (NF P94-500)

Client : **MAIRIE**
240, Avenue Victor Hugo
34 403 LUNEL

Vos réf. : 294/07.2019

Rédigé par
Florence RONCIER

Contrôlé par
Rémy CAPO

A Jacou, le 24 octobre 2019

E.G.S.A. btp - Parc d'activités Clément Ader - 19, rue Louis Breguet - 34830 JACOU
Tél : 04.67.13.86.80 - Fax : 04.67.13.86.82 - E-mail : contact@egsa.fr - Site web : www.egsa-btp.com
SAS au capital de 80 000 € - Code Naf 7112 B - Siret 448 678 706 000 20 - RCS Montpellier 2003 B 887 - T.V.A / FR 13448678706

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE CERTIFICAT N° 13 02 2532

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

19-361-A		Tableau de suivi	
Indice	Date	Modifications apportées à l'indice précédent	
		Texte	Annexes
1-initiale	24/10/19	*Première diffusion*	

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2

AVANT-PROPOS : CONSISTANCE DE LA MISSION ET DOCUMENTS TRANSMIS 3

I – DESCRIPTION DU SITE (ENQUETE DOCUMENTAIRE) 4

I.1. SITUATION, TOPOGRAPHIE ET ETAT ACTUEL 4
I.2. GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE ET PRINCIPAUX RISQUES NATURELS 5

II – INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES 6

II.1. DESCRIPTION 6
II.2. RESULTATS 7
II.2.1 Caractérisation lithologique et géomécanique du sous-sol 7
II.2.2 Reconnaissance de fondation 9
II.2.3 Analyses en laboratoire 9
II.2.4 Hydrogéologique du site 10
II.2.4.1 Contexte 10
II.2.4.2 Perméabilités 11
II.2.5 Sismicité 11

III – ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (MISSION G2-PRO) 12

III.1. DESCRIPTION DU PROJET 12
III.2. DEFINITION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT 14
III.2.1 Terrassement généraux 14
III.2.2 Terrassement à l'abri de soutènements 15
III.2.3 Bassin d'aération 17
III.2.4 Bâtiment d'exploitation 19
III.2.5 Bâtiment traitement tertiaire 21
III.2.6 Bâtiment traitement des boues 23
III.3. DEFINITION DES MODES DE FONDATIONS 24
III.3.1 Définition général du mode de fondation 24
III.3.2 Définition du mode de fondation du bâtiment d'exploitation 24
III.3.4 Estimation des tassements des fondations et vérification du non-soulèvement 25
III.3.4.1 Bassin d'aération 25
III.3.4.2 Bâtiment d'exploitation 26
III.3.4.3 Bâtiment traitement tertiaire 26
III.3.4.4 Bâtiment traitement des boues 27
III.3.4.5 Plateforme panoramique 27
III.3.4.6 Vérification du non-soulèvement du bassin d'aération transformé en bassin d'orage 27
III.3.5 Sujétions d'exécution des fondations superficielles 27
III.3.6 Sujétions d'exécution des fondations profondes et des pieux des parois sécantes 28
III.3.7 Ancrage des ouvrages ne satisfaisant pas la condition de non-soulèvement 28
III.4 GESTION DES EAUX ET PREPARATION DE L'ASSISE DES NIVEAUX BAS 29
III.5 NOTES IMPORTANTES 30

ANNEXES (cf. page 31)

AVANT-PROPOS : CONSISTANCE DE LA MISSION ET DOCUMENTS TRANSMIS

Le présent rapport concerne la reconnaissance de sol et la prestation d'ingénierie géotechnique que nous avons réalisées dans le cadre du projet d'extension et de réhabilitation de la station d'épuration (STEP) sur la commune de LUNEL (34).

Il s'agit d'une mission de type **G2-PRO** (étude géotechnique de conception) au sens de la norme NF P94-500 de novembre 2013 (cf. extrait joint en annexe) limitée aux prestations suivantes :

- Définition, réalisation et interprétation d'un programme d'investigations géotechniques
- Etablissement d'un rapport de synthèse de faisabilité des travaux géotechniques

L'approche des « quantités/ coûts / délais » n'est pas comprise dans notre prestation.

L'étude a été effectuée à la demande et pour le compte de **Mairie de Lunel - 240, Avenue Victor Hugo - 34 403 Lunel**

Les documents qui nous ont été transmis pour mener à bien cette mission sont listés ci-après :

- Plan topographique, sans référence
- Plan de recollement :
  - de l'aire de stockage des boues - Département de l'Hérault
    Réf. Lunel-REC-02-STEP-01-bou du 04/07/2002
  - du bassin d'aération existant (coupe sans référence)
  - du bassin d'aération n°1 – Département de l'Hérault
    Réf. Lunel-REC-02-13-aerl du 20/06/2002
- Plan de masse (sans référence),
- Plan du bassin d'aération (sans référence),
- Coupes A et B sur le bâtiment tertiaire (sans référence),
- Coupes A et B sur le bassin d'aération (sans référence),
- Plan des niveaux au droit du bâtiment d'exploitation (sans référence),
- Coupe sur le bâtiment d'exploitation (sans référence),
- Plan de masse et coupe du bâtiment de traitement des boues (sans référence),
- Note sur les descentes de charges, éditée par IRH, sans référence

D'autre part, il nous a été remis :

- Le cahier des clauses particulières relatif à la rédaction de l'offre de mission G2-PRO (établi par IRH, sans référence)
- Le rapport de mission G2-AVP, réalisés par GINGER CEBTP référencé CMO2.G.2015, indice 1 datant du 29/04/2019

I – DESCRIPTION DU SITE (ENQUETE DOCUMENTAIRE)

I.1. SITUATION, TOPOGRAPHIE ET ETAT ACTUEL

Le terrain intéressé par le projet est situé chemin du Gazon, au Sud de LUNEL (34).

Nord

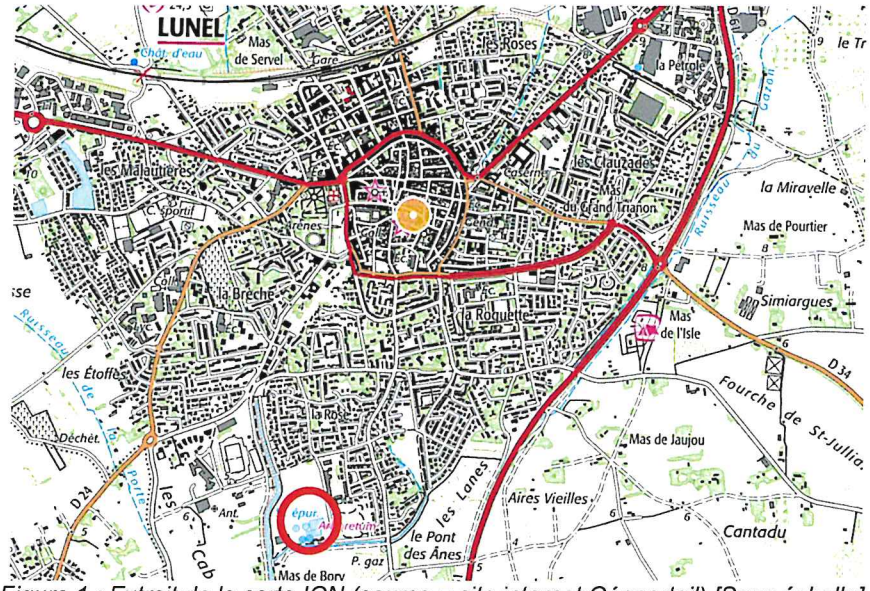


Figure 1 : Extrait de la carte IGN (source = site internet Géoportail) [Sans échelle]

Le terrain est occupé par l'actuelle station d'épuration de la ville (comprenant des bâtiments, des bassins en béton…).

La STEP occupe un terrain ayant une surface de l'ordre de 240 m x 110 m. celui-ci est relativement plat (les cotes altimétriques sont comprises entre 3.5 et 4.1 NGF en général).

La parcelle est délimitée :

- Au Sud par le ruisseau du Gazon,
- A l'Ouest par le Canal de Lunel,
- A l'Est par le chemin du Gazon,
- Au Nord, par un terrain agricole.

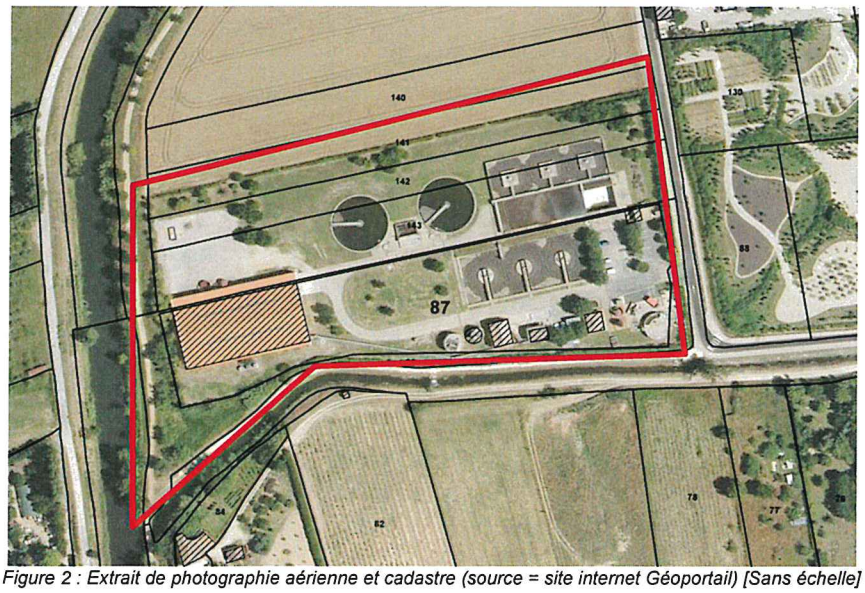


Figure 2 : Extrait de photographie aérienne et cadastre (source = site internet Géoportail) [Sans échelle]

I.2. GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE ET PRINCIPAUX RISQUES NATURELS

D'après la carte géologique de la France au 1/50 000, feuille de Lunel, le sous-sol est constitué par des colluvions datant du Quaternaire ancien. Elles recouvrent des alluvions anciennes du Villafranchien. Des remblais d'aménagement sont à attendre en surface.

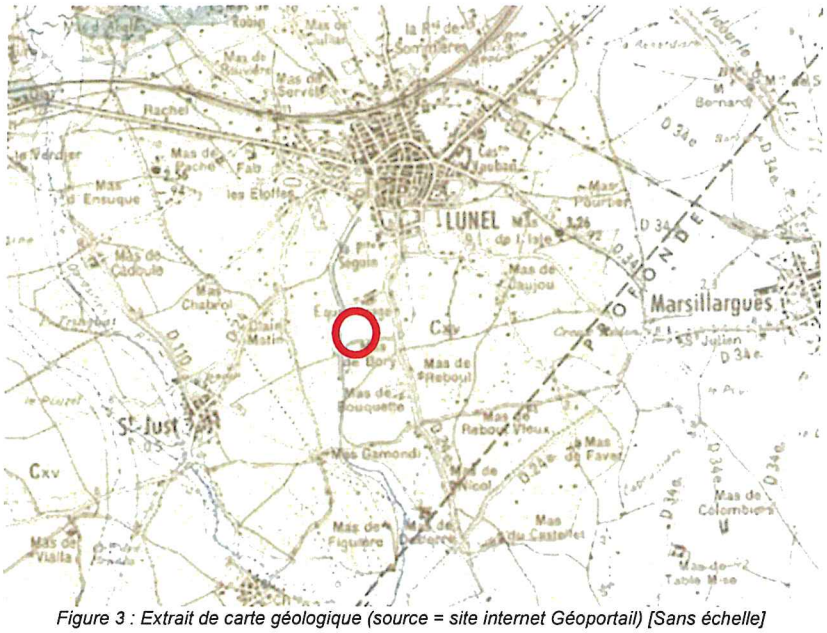


Figure 3 : Extrait de carte géologique (source = site internet Géoportail) [Sans échelle]

La cartographie établie par le BRGM indique que le terrain étudié est en zone d'exposition « forte » vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles.

Le contexte hydrogéologique et le risque sismique sont respectivement abordés dans les § II.2.4 et II.2.5 du présent rapport.

II – INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

II.1. DESCRIPTION

Des investigations ont été menées lors de la mission G2 AVP par le bureau d'étude GINGER CEBTP. Les résultats de ces investigations sont disponibles en annexe.

Pour la présente mission G2-PRO, nous avons réalisé les investigations suivantes :

- **6 sondages pressiométriques**, notés **Sp11** à **Sp16**, de 12 m de profondeur avec essai pressiométrique tous les 1.5 m environ (39 unités au total).
  Les essais pressiométriques permettent de déterminer les caractéristiques géomécaniques des terrains traversés (capacité portante et déformabilité notamment). La foration a été menée en rotopercussion à l'aide d'une tarière ∅ 63 mm avec enregistrement des principaux paramètres de forage (VIA : Vitesse Instantanée d'Avancement ; PO : Pression sur Outil ; CR : Couple de Rotation).
  Les sondages Sp11 et Sp12 ont été équipés de **tubes piézométriques** coiffés d'un bouchon PVC.

- **2 sondages carottés**, notés **Sc11 et Sc12**, de 10.0 m de profondeur, exécuté au moyen d'un carottier double enveloppe Ø116 mm de manière à identifier visuellement les terrains traversés et prélever des échantillons remaniés et intacts. Les échantillons intacts sont les suivants :
  - Entre -2.0 et -3.0 m/TA, et entre -4.0 et -5.0 m/TA en Sc11
  - Entre -3.0 et -4.0 m/TA en Sc12

  Les sondages Sc1 et Sc2 ont servis de supports à **3 essais de perméabilité Lefranc**, réalisés aux profondeurs suivantes :
  - Entre -7.0 et -8.0 m/TA (terrain actuel) en Sc11 (entre -3.7 et – 4.7 NGF)
  - Entre -4.0 et -5.0 m/TA en Sc12 (entre -0.4 et – 1.4 NGF)
  - Entre -7.0 et -7.5 m/TA en Sc12 (entre -3.4 et – 3.9 NGF)

- **1 test de pompage** réalisé au droit du sondage Sc11 afin d'évaluer la perméabilité des terrains en place. Cet essai a été réalisé par le BE ANTEA (rapport fourni en annexe).

- **6 essais de pénétration dynamique**, notés **Pd11** à **Pd16**, pour préciser la géométrie et la capacité portante des différents horizons traversés à partir de la mesure en continu de la résistance dynamique apparente q_d. Ils ont été exécutés au moyen d'un matériel normalisé de type B de marque GEOTOOL GTR 790.
  Ils ont été poussés jusqu'au refus de la pointe pour les essais Pd14 et Pd15 (à -4.2 et -4.4 m/TA) ou arrêtés volontairement à -10.0 m/TA pour les 4 autres sondages.

- Des **analyses de laboratoire** sur des échantillons intacts prélevés au droit des sondages carottés Sc11 et Sc12, et consistant en :
  - 4 identifications complètes selon le GTR (analyse granulométrique, limite d'Atterberg ou valeur au bleu, et teneur en eau naturelle des sols)
  - 1 essai odométrique
  - 1 essai à la boite de Casagrande de type CD
  - Des analyses chimiques sur des échantillons d'eau prélevés au droit des sondages Sc11 et Sc12 afin de déterminer le niveau d'agressivité des eaux vis-à-vis des bétons. Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire EUROFINS (agréé COFRAC).

Les analyses de laboratoire sont en cours et feront l'objet d'une note complémentaire, ou d'une révision du rapport.

Les altitudes des têtes de nos investigations ont été déduites (par simple extrapolation) des cotes indiquées sur le plan topographique en notre possession, qui est rattaché au Nivellement Général Français (NGF). Elles sont donc approchées (+/- 0.3 m).

II.2. RESULTATS

La synthèse suivante est établie sur la base de tous les sondages disponibles réalisés sur ce site lors de la mission G2 AVP et de la présente mission G2-PRO.

II.2.1 Caractérisation lithologique et géomécanique du sous-sol

1/ Terrains de couverture (remblais)

Les terrains de couvertures sont constitués d'enrobé, de terre végétale mêlée de déchets (béton, grillages, gaine électrique, blocs, sac plastiques) avec des graviers et des racines. Ils peuvent aussi être de nature limoneuse et sableuse avec des blocs et des déchets.

Ces remblais sont présents dès la surface du site et sont mis en évidence au droit des sondages à la pelle F1, F1b, F2, F3, Sp13 et Sc12 sur une épaisseur comprise entre 0.2 et 0.7 m.
Les remblais sont rencontrés plus en profondeur au droit des sondages Sp15 et Sp16 (-3.8 à -4.0 m/TA), mais aussi au droit des sondages F4, F9 et F10 (sondages arrêtés entre -2.0 et -3.0 m/TA).

Les sondages Sp11, Sp12, Sp14, Sc11, F5, F6, F7 et F8 n'ont pas mis en évidence de remblai mais de la terre végétale pouvant être assimilée à la formation sous-jacente.

Les caractéristiques géomécanique de cette formation sont faibles et aléatoires (de par sa nature) avec :

Pression limite nette :	**Pl* = 0.16 à 0.83 MPa (4 mesures)**
Modules pressiométriques :	**E_M = 1.3 à 7.3 MPa**
Résistance dynamique de pointe :	**qd # 1.5 à 2 MPa**

Les mesures des valeurs géomécaniques au sein des remblais ne sont pas représentatives. Les remblais peuvent varier en nature (notamment être évolutifs) et en caractéristiques très rapidement.

2/ Alluvions

2.1/ Alluvions à dominante fine

Ces alluvions sont constituées d'alternance et de mélange de limons et de sables plus ou moins argileux avec des passées à galets ou sableux. Les couleurs variant du marron au beige deviennent jaunes et grises.

Cette formation est reconnue au droit de tous les sondages ayant traversés les remblais.
Elle est présente jusqu'à des profondeurs comprises entre -4 et -6.8 m/TA.

Les caractéristiques géomécanique de cette formation sont faibles à modérées, et variables, avec :

Pression limite nette :	**Pl* = 0.22 à 2.05 MPa (19 mesures)**
Modules pressiométriques :	**E_M = 1.8 à 22.1 MPa**
Résistance dynamique de pointe :	**q_d = 1 à 6.4 MPa avec des pics**

2.2/ Alluvions à dominante grossière

Ces alluvions sont constituées de galets à matrice sableuses beige (pouvant être limoneuse). Elles sont observées au-delà de -4.0 et -6.8 m/TA.

Les caractéristiques géomécanique de cette formation sont bonnes avec :

Pression limite nette :	**Pl* = 0.7 à 6.0 (31 mesures[1])**
Modules pressiométriques	**E_M = 5.9 à 44.6**
Résistance dynamique de pointe :	**q_d généralement supérieur à 10 MPa**

[1] La mesure de pl* = 0.3 MPa au droit de Sp14 ne semblant pas représentative et n'a pas été considérée.

Les mesures des valeurs géomécaniques au sein des alluvions, qu'elles soient fines ou grossières, sont disparates. Ces variations sont normales dans ce type de formation. La genèse aléatoire des alluvions, et donc leur nature, changeante sera prise en compte dans la suite du rapport.

Les tableaux suivants synthétisent la stratigraphie déduite des investigations (les limites fournies entre les formations au droit des essais de pénétration sont indicatives en l'absence d'identification visuelle):
r : refus
av : Arrêt volontaire

- Bassin d'aération

		SP1	Sp11	Sp12	Sc11	P7	P8	Pd11	Pd12	F7	F8
Altitude approximative du terrain	NGF	3,3	3,3	3,4	3,3	3,3	3,2	3,3	3,4	3,3	3,4
Base des terrains de couverture = Toit des alluvions fines	m/TA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,3
	NGF	3,3	3,3	3,4	3,3	3,3	3,2	3,3	3,4	3,0	3,1
Base des alluvions fines = Toit des alluvions grossières	m/TA	-6,8	-6,6	-6,5	-6,4	-6,4	-4,8	-6,6	-6,4	≥ -3,0	≥-3,1
	NGF	-3,5	-3,3	-3,1	-3.1	-3.2	-1,6	-3,3	-3,0	≥0,3	≥0,3
Profondeur d'arrêt	m/TA	-10,0	-12,0	-12,0	-10,0	-6,4	-6,6	-10,0	-10,0	≥-3,0	≥-3,1
	NGF	-6,7	-8,7	-8,6	-6,7	-3,1	-3,4	-6,7	-6,6	≥0,3	≥0,3
Remarque sur la condition d'arrêt		av	av	av	av	r	r	av	av	av	av

- Local d'exploitation

		Sp13	Sp14	Sc12	P1	P2	P3	Pd13	Pd14	F1	F1bis	F2
Altitude approximative du terrain	NGF	3,6	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,6	3,7	3,7	3,7
Base des terrains de couverture = Toit des alluvions fines	m/TA	-0,2	0,0	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,3	-0,3
	NGF	3,4	3,7	3,1	3,6	3,6	3,6	3,7	3,6	3,2	3,4	3,4
Base des alluvions fines = Toit des alluvions grossières	m/TA	-4,0	-5,0	-5,0	<-3,6	<-4,0	-6,4	-5,6	<-4,2	-	-2,8	≥-3,0
	NGF	-0,4	-1,3	-1,4	<0,0	<-0,4	-2,8	-1,9	<-0,6	-	0,9	≥0,7
Profondeur d'arrêt	m/TA	-12,0	-12,0	-10,0	-4,0	<-4,0	-6,4	-10,0	<-4,2	-0,5	-2,8	≥-3,0
	NGF	-8,4	-8,3	-6,4	-0,4	<-0,4	-2,9	-6,3	<-0,6	3,2	0,9	≥0,7
Remarque sur la condition d'arrêt		av	av	av	r	r	r	av	r	r	av	av

- Traitement tertiaire

		Sp15	P9	Pd15	F9
Altitude approximative du terrain	NGF	4,1	4,1	4,2	4,1
Base des terrains de couverture = Toit des alluvions fines	m/TA	0,0	0,0	0,0	≥-2,6
	NGF	4,1	4,1	4,2	≥1,5
Base des alluvions fines = Toit des alluvions grossières	m/TA	-4,0	<-4,0	<-4,4	-
	NGF	0,1	<0,1	<-0,2	-
Profondeur d'arrêt	m/TA	-12,0	-4,0	-4,4	≥-2,6
	NGF	-7,9	0,1	-0,2	≥1,5
Remarque sur la condition d'arrêt		av	r	r	av

- Bâtiment Boue, Désodorisation / déshydratation / silo

		Sp16	P4	Pd16	F4
Altitude approximative du terrain	NGF	3,8	3,9	3,9	3,9
Base des terrains de couverture = Toit des alluvions fines	m/TA	-3,8	0,0	0,0	≥-2,0
	NGF	0,0	3,9	3,9	≥ 1,9
Base des alluvions fines = Toit des alluvions grossières	m/TA	-5,3	<-5,8	-5,4	-
	NGF	-1,5	<-1,9	-1,5	-
Profondeur d'arrêt	m/TA	-12,0	-5,8	-10,0	≥-2,0
	NGF	-8,2	-1,9	-6,1	≥1,9
Remarque sur la condition d'arrêt		av	r	av	av

- Panoramique

		PD10	F10
Altitude approximative du terrain	NGF	4.15	4.1
Base des terrains de couverture = Toit des alluvions fines	m/TA	≥ 3.8	≥ 3.0
	NGF	≥ 0.35	2.6
Base des alluvions fines = Toit des alluvions grossières	m/TA	-	-
	NGF	-	-
Profondeur d'arrêt	m/TA	≥ 4.0	3.0
	NGF	≥ 0.1	2.6
Remarque sur la condition d'arrêt		av	r

II.2.2 Reconnaissance de fondation

Il a été réalisé une reconnaissance de fondation à l'Est du hangar de stockage des boues, au droit du sondage F4.
Le voile enterré de l'ouvrage a été découvert jusqu'à -1.9 m/TA (soit 2.00 m NGF). A cette profondeur, il a été observé le débord de la semelle sur 0.75 m de large.
Cette semelle a été vue en continue sur la largeur de la fouille, soit 0.9 ml. Il n'est pas possible de conclure sur le type de fondation : isolée ou filante ?

La base de la semelle n'a pas été découverte car le sondage a été arrêté à -2.0 m/TA compte tenu de la présence de réseaux enterrés gênants la progression.

II.2.3 Analyses en laboratoire

Des analyses en laboratoire ont été effectuées sur un échantillon de sol remanié, prélevé en F7 (entre -0.5 et -0.6 m/TA) dans les alluvions fines.

Les essais suivants ont été pratiqués sur l'échantillon :
- Mesure de la teneur en eau naturelle
- Mesure de la valeur au bleu des sols
- Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage

Les résultats complets relatifs à ces analyses sont annexés.

Les principales informations obtenues sont récapitulées ci-dessous :

		F7
Profondeur de prélèvement (m/TA)		-0.5 et -0.6
Teneur en eau naturelle (%)	W_{nat}	19.5
Passant à 80 µm (teneur en fine en %)	P_{80}	81.9
Valeur au bleu des sols (g/100g)		3.65
Classification GTR		**A_{2S}**

D'après la nomenclature du Guide du Terrassement Routier (GTR), l'échantillon prélevé en F7 se classe **A_{2s}** : il s'agit d'un matériau fin moyennement plastique.

La fraction fine de cet échantillon (représentant 82 % de la totalité du matériau) peut changer radicalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau (la portance du sol chute significativement en cas d'imbibition).

Compte tenu de la valeur au bleu des sols, l'échantillon prélevé en F7 présente une sensibilité certaine vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement par dessiccation-imbibition.

Des analyses de laboratoire sur les échantillons prélevés en Sc11 et Sc12 sont en cours et seront diffusées ultérieurement.

II.2.4 Hydrogéologique du site

II.2.4.1 Contexte

La parcelle accueillant la STEP est bordée par le ruisseau du Gazon et par le canal de Lunel.
Les relevés de terrain ont permis de confirmer que les alluvions sont le siège d'une nappe phréatique.
Il a été réalisé les mesures piézométriques suivantes au droit du sondage SP1 ayant été équipé d'un piézomètre :

Date du relevé		03/04/2019	23/05/2019	28/06/2019	25/07/2019	19/08/2019
Niveau d'eau	m/TA	-2.89	-2.9	-2.95	-2.96	-2.98
	NGF	0.41	0.40	0.35	0.34	0.32

Lors des sondages réalisés entre le 26 aout et 05 septembre 2019, nous avons relevé les niveaux d'eau suivants au sein des sondages :

Sondages		Sp11	Sp12	Sp15
Altitude TA	NGF	3.3	3.4	4.1
Niveau d'eau	m/TA	-2.9	-3.05	-3.5
	NGF	0.4	0.35	0.6

Entre Avril et Septembre 2019, les mesures piézométriques ont mis en évidence que le niveau du toit de la nappe était proche de 0.35 à 0.6 NGF. Peu de variations altimétriques du toit de la nappe sont à noter entre les deux mesures réalisées.

La note éditée par IRH indique un niveau des plus hautes eaux, NPHE = +0.6 m/terrain naturel (avec une cote de terrain naturel généralement inférieur à 3.7 NGF).

A ce stade du projet, nous avons considéré une nappe ayant les caractéristiques suivantes :

- **Niveau des Plus Hautes eaux = 4.3 NGF** (donnée fournie par le client)
- **Niveau des Hautes eaux = 2.0 NGF** (valeur à réévaluer avec l'ensemble des relevés piézométriques[2])
- **Niveau des Basses eaux = 0.3 NGF**

II.2.4.2 Perméabilités

Des tests de perméabilités ont été réalisées au droit des sondages SC11 et SC12.
Les essais Lefranc ont permis de mesurer les perméabilités suivantes :

Sondages	Sc11	Sc12	
Profondeur d'essai	-7.0 à -8.0 m/TA	-4.0 à -5.0 m/TA	-7.0 à -7.5 m/TA
Cote d'essai	-3.7 à -4.7 m NGF	-0.4 à -1.4 m NGF	-3.4 à -3.9 m NGF
Perméabilité K moyenne (test Lefranc)	$3.05 .10^{-06}$ m.s^{-1}	$3.42 .10^{-06}$ m.s^{-1}	$4.16 .10^{-06}$ m.s^{-1}

Un essai de pompage a été réalisé au droit du sondage Sc11, positionné sur le futur bassin d'aération, entre -5 et -10 m/TA donc principalement au sein des alluvions grossières.
Le rapport du test de pompage est disponible en annexe.

ANTEA, compte tenu de son retour d'expérience, indique que la gamme de perméabilité à considérer pour le chantier est comprise entre 10^{-4} et 10^{-5} m/s.

Nous retenons les perméabilités suivantes en pompage :

- Alluvions fines **$k = 5.10^{-06}$ m.s^{-1}**
- Alluvions grossières **$k = 5.10^{-05}$ m.s^{-1} à 1.10^{-04} m.s^{-1}**

II.2.5 Sismicité

Selon le décret n° 2010-1255 du 22/10/2010, applicable depuis le 01/05/2011, **Lunel (34)** se situe en zone de sismicité « 2 » dite « faible ».

Le sous-sol est a priori de classe « C » selon la nomenclature de l'Eurocode 8 (dépôt profond de sable de densité moyenne, de graviers ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres).

En fonction de la catégorie d'importance des ouvrages, il pourra être nécessaire de justifier et vérifier les ouvrages au séisme. Le Maitre d'Ouvrage devra valider la catégorie d'importance des ouvrages au stade du DCE. A ce jour, les règles fournies dans le rapport le sont uniquement en statique (cas de bâtiment de catégorie d'importance ≤ II).

[2] Nous rappelons que seule une étude hydrogéologique complète avec suivi de piézomètres sur une longue durée associée à une étude réalisée par un BE d'hydrogéologie compétant pourra permettre de fixer cette valeur. Il ne s'agit ici que d'une hypothèse.

III – ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (MISSION G2-PRO)

III.1. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet prévoit l'extension et la réhabilitation de la STEP de la ville de LUNEL. Les travaux concernent[3] :

→ **Un bassin d'aération**
Bassin de 47 x 20 m environ (Surface S # 850 m²) avec une cote de niveau bas à -0.4 NGF (soit -3.9 m/TA), et une annexe en RdC accolée au bassin (calé au niveau du terrain actuel).

Les descentes de charge fournies sont les suivantes :
Poids à vide : 1 100 tonnes
Poids en charge : 3 800 tonnes
Surcharge d'exploitation : 0.5 tonnes/m²
Nous retenons donc :
ELS plein : (38 000 + 40ml*1.5m*5) kN /850 m² = 45.06 kN/m²
ELU vide : 11 000 kN /850 m² = 12.94 kN/m²

→ **Un bâtiment d'exploitation**
Bâtiment de 35 x 17 m environ, (S # 595 m²), type R+1 (Rdc calé au niveau du terrain actuel) avec une zone enterrée dont le niveau bas est prévu à -3.7 NGF (-7.3 m/TA) sur 11.5 x 15.5 m environ d'emprise.

Les descentes de charge fournies sont les suivantes :
Poids à vide : 3 000 tonnes
Poids en charge : 3 600 tonnes
Surcharge d'exploitation variant de 0.25 à 2 tonnes/m² (zone technique à 2 tonnes/m² étant majoritaire pour le bâtiment, on retient cette surcharge sur les 2 niveaux du projet)
Nous retenons donc :
ELS plein : (36 000 + 2 * 20 * 595) kN /595 m² = 100.50 kN/m²
ELU vide : 30 000 kN /595 m² = 50.42 kN/m²

→ **Un bâtiment traitement tertiaire**
Bâtiment de 12 x 4 m en moyenne (S # 67 m²), de type RdC calé au niveau du terrain actuel, et avec une bâche de stockage dont le niveau bas est prévu à -2.0 NGF (-6 m/TA)

Les descentes de charge fournies sont les suivantes :
Poids à vide : 280 tonnes
Poids en charge : 500 tonnes
Surcharge d'exploitation : 0.5 tonnes/m²
Nous retenons donc :
ELS plein : (5 000 +67m²*5) kN /67 m² = 79.63 kN/m²
ELU vide : 2 800 kN /67 m² = 41.80 kN/m²

→ **Un bâtiment traitement des boues**
Bâtiment de 14 x 8 m en moyenne (S # 100 m²), de type RdC calé au niveau du terrain actuel.

Les descentes de charge fournies sont les suivantes :
Poids à vide : 300 tonnes
Poids en charge : 400 tonnes
Surcharge d'exploitation : 2 tonnes/m²
Nous retenons donc :
ELS plein : (4 000+20*130) kN /130 m² = 50.77 kN/m²
ELU vide : 3 000 kN /130 m² = 23.08 kN/m²

---

[3] La précision des éléments de géométrie fournie dans ce rapport est relative à la précision des plans mis à notre disposition.

- **Une plateforme panoramique**
  Plateforme panoramique de visite pour piétons reposant sur 4 appuis a priori.
  La plateforme a une emprise de 5 x 7.5 m.

  Nous considérons les descentes de charges suivantes :
  Ouvrage = 190 kN
  Surcharge = 3 kN/m²

  Nous retenons donc :
  ELS_{CARA} = 300 kN, soit 75 kN/appuis
  ELS_{qp} = 260 kN, soit 65 kN/appuis

- **Réaménagement du bassin d'aération Sud en bassin d'orage**

  Le projet prévoit également le réaménagement du bassin d'aération Sud en bassin d'orage. Il n'est pas prévu de nouveaux appuis mais ce bassin pourra être vide, comme plein.

  Nous considérons un ouvrage béton avec un radier de 0.4 m d'épaisseur calé vers 0.2 NGF.
  La cote haute du bassin avoisine +3.6 NGF et le bas 0.6 NGF.

  Nous retenons donc :
  ELS plein = 40 kN/m²
  ELU vide = 10 kN/m²

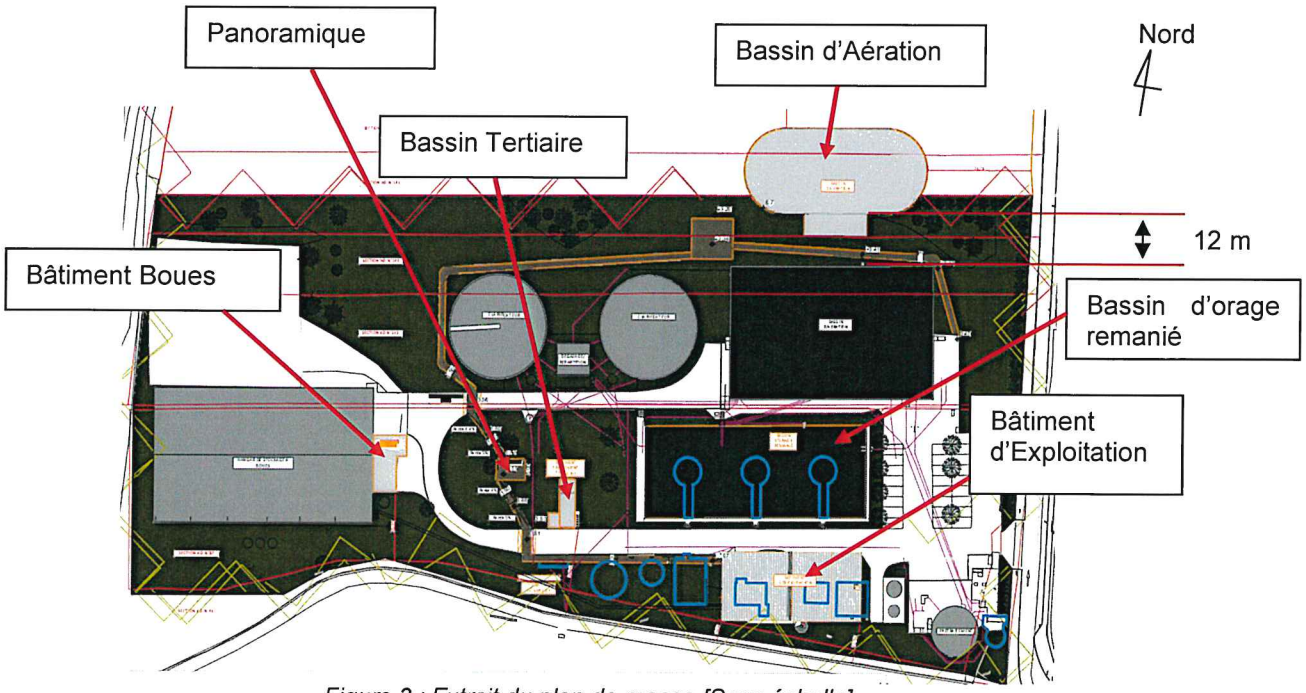


Figure 3 : Extrait du plan de masse [Sans échelle]

III.2. DEFINITION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Compte tenu de la présence d'une nappe à faible profondeur sur le site et de déblais importants nécessaires à l'insertion de plusieurs éléments du projet sur le site, il est proposé de réaliser des soutènements pour les futurs ouvrages enterrés.

Le chapitre III.2.2 fourni les hypothèses de calculs et de suivi d'exécution des soutènements. Les chapitres III.2.3 à III.2.5 fournissent les calculs et justifications de chaque soutènement.

Le chapitre suivant (III.2.1) présente les sujétions de terrassements générales nécessaires au bon déroulement du chantier.

Le phasage global de chaque ouvrage est le suivant :

1. Réalisation du soutènement
2. Terrassement à l'abri du soutènement conjointement à la mise en place du pompage et des butons
3. Réalisation du radier
4. Elévation

III.2.1 Terrassement généraux

- **Talutage**

Les sols recoupés lors des déblais seront constitués de remblai de nature divers (et avec des déchets), d'alluvions fines limono-sableuses/sablo-limoneuses, voire des passages franchement sableux ou à galets, et d'alluvions grossières constituées de galets avec une matrice fine plus ou moins présente.

Les éventuels talus provisoires et au-dessus de la nappe seront réalisés avec la pente suivante :

- → **Remblais** **3H/2V**
- → **Alluvions fines** **1H/1V**
- → **Alluvions grossières (et passages des alluvions fines)** **3H/2V**

Les talus seront systématiquement protégés, à l'avancement, à l'aide d'un polyane résistant correctement épinglé et lesté en pied et en tête pour limiter l'érosion superficielle et la chute de cohésion par imbibition. L'efficacité et la pérennité de cette protection sont primordiales car en cas de saturation des matériaux, les pentes de stabilité précitées ne sont plus assurées.

Les modalités d'exécution des terrassements périphériques doivent être étudiées plus en détail au stade de l'étude géotechnique d'exécution (mission G3), à la charge de l'Entreprise exécutante, en fonction de la configuration réelle du chantier et des choix constructifs de l'Entreprise. Les parois de soutènement seront dimensionnées à cette occasion, tout comme les pompages associés.

Des réseaux étant présents sur le site et étant à conserver, il pourra être nécessaire en phase de préparation de chantier d'envisager un phasage particulier voire des soutènements provisoires à l'approche des réseaux.

- **Outils de déblai**

Les engins nécessaires aux déblais seront adaptés aux sols rencontrés. En première approche, les déblais pourront être exécutés avec des engins de puissance classique. Les déblais pouvant contenir des déchets, voire des vestiges enterrés, les engins seront adaptés à leurs évacuations (utilisation d'engins de forte puissance non exclue).

- **Rabattement de nappe**

La réalisation des déblais jusqu'aux profondeurs du projet nécessite la réalisation d'un pompage pour rabattre la nappe afin de travailler « au sec » (rabattement à -0.5m/PFT). Les pompages sont définis dans la suite du rapport.

Les perméabilités fournies précédemment dans le rapport seront utilisées pour réaliser les calculs de débit au droit des fouilles créées en déblai. Elles seront alors considérées avec un coefficient de sécurité de 2 dans les calculs.

Dès que possible, les concepteurs du projet devront soumettre ce projet à l'application de la Loi sur l'eau (dossier de Déclaration ou d'Autorisation).

Les travaux de terrassement seront réalisés impérativement en période climatique favorable afin de limiter l'imbibition des matériaux constitutifs de la PFT, diminuer les pompages et les débits d'exhaure.

Les pompages à mettre en place ne devront pas entrainer de tassement des sols sous les ouvrages existants. Des justifications seront à réaliser dans le cadre de la mission G3 de l'Entreprise.

Les pompages mis en place ne devront pas entrainer des fines, sources de tassement des sols.

- **Arase des PFT**

Les arases des terrassements seront constituées de remblai de nature divers, de terre végétale, de limons sableux, de sables limoneux et des galets à matrice sableuse à fine plus ou moins présente. Pour assurer la traficabilité, il sera réalisé des formes de pente pour rediriger les eaux vers des points bas relevés. Des drains en épis peuvent aussi être ajouter à cette recommandation, tout comme des fossés proches des pieds de talus, ou encore des merlons en tête de ces derniers.

Il pourra être nécessaire de mettre en place un cloutage du fond de forme avec un ballast mis en place jusqu'au refus. Ce ballast n'est pas considéré comme une couche de forme, ou de réglage, sous les ouvrages, il est perdu.

III.2.2 Terrassement à l'abri de soutènements

Compte tenu de la présence d'existants, d'une nappe baignant le site et des hauteurs de déblai considérés pour insérer les ouvrages enterrés, il sera réalisé des soutènements périphériques relativement étanches (étanchéité relative permettant de réaliser les travaux).

Cette étanchéité relative et la forte inertie de paroi peut être obtenue par la réalisation de paroi moulée ou de paroi en pieux sécants.

Dans la suite du rapport, notre approche de calcul concerne des parois berlinoises (avec pieux sécants) mais l'Enterprise en charge de travaux pourra proposer une solution de type paroi moulée justifiée.

Les caractéristiques géomécaniques à prendre en compte sont les suivantes :

n° sol	Nature du sol	Poids volumique γ (kN/m^3)	Angle de frottement à court terme φ_u (°)	Cohésion à court terme c_u (kPa)	Angle de frottement effectif φ' (°)	Cohésion effective c'(kPa)	Module pressio E_M (MPa)	Coef. Rhéol. α
1	**Terrain de couverture & Alluvions fines**	19	30	5	30	1	6	1/2
2	**Alluvions grossières**	19	33	5	33	1	15	1/3

Tel qu'un indiqué précédemment, nous avons considéré des soutènements de type pieux sécants. Le choix de cette méthode est à considérer par l'Entreprise. En effet, il est impératif que celle-ci assure la verticalité toute hauteur des pieux. De plus, elle devra être en mesure d'assurer le recoupement parfait des pieux primaire/secondaire.

Les calculs des soutènements sont détaillés par la suite.

On retiendra que les valeurs des coefficients de réaction horizontaux k_h prises en compte sont indiquées dans les tableaux récapitulatifs des sorties K-REA (cf. annexe). Elles ont été calculées en appliquant la formule de SCHMITT.

Il a également été intégré les hypothèses complémentaires suivantes :

- inclinaison des contraintes de poussée → $1/3\varphi$
- Inclinaison des contraintes de butée → $-2/3\varphi$

- ***Niveaux piézométriques considérés pour le calcul***

Il est considéré un niveau d'eau inférieur à 2.0 NGF en phase des travaux.
Seule une étude hydrogéologique peut déterminer les niveaux caractéristiques de la nappe et fournir notamment un niveau de nappe en phase chantier, la valeur de 2 NGF est une hypothèse de travaux en période favorable.

Il est recommandé de réaliser les travaux en période de basses eaux, hors intempéries.

Un suivi piézométrique devra été réalisé durant les travaux pour vérifier que cette hypothèse est respectée. Si le niveau de nappe venait à dépasser 2 NGF, il conviendrait alors d'inonder les fouilles en cours (par le biais d'évents par exemple).

1 piézomètre sera mis en place à coté de chaque ouvrage de soutènement à créer. Ces piézomètres seront conservés en phase définitive.

- **Surcharges**

D'après les plans fournis, nous pouvons considérer une surcharge de :
- 40 kPa à +0.6 NGF pour le bassin d'aération conservé au Nord du site
- 40 kPa à +0.2 NGF pour le bassin transformé en bassin d'orage au Sud du site

Une surcharge de chantier de 10 kPa est considérée à 10 cm des têtes de paroi.

- **Tolérance de déplacement**

Les calculs sont réalisés avec un déplacement toléré de 3 cm.

- **Suivi des ouvrages**

Les ouvrages existants et projetés seront suivis durant toute la réalisation du chantier. Ce suivi comportera principalement la pose et le relevé de cibles topographiques. Il convient de prévoir au moins une cible tous les 15 ml de paroi, à positionner idéalement sur la poutre de couronnement (avant tout décaissement) puis sur un lit intermédiaire.
Les ouvrages existants proches seront aussi suivis, avec pose de cibles tous les 15 ml en pied d'ouvrage.

Les seuils d'alerte sont classiquement pris égaux à 80 % des déplacements horizontaux théoriques issus des calculs d'exécution (ou des déplacements admissibles par l'environnement du chantier).
Les seuils d'intervention sont généralement fixés à 100 % des déformées théoriques (ou des déplacements admissibles par l'environnement du chantier).
La **précision de mesure requise** est de +/-1.5 mm. Le point « zéro » sera réalisé avant les 1ers déblais.

Les résultats des mesures du géomètre devront comporter au minimum les éléments suivants :
- → Localisation des cibles
- → Date et heure des mesures
- → Etat de l'avancement des travaux au moment des mesures
- → Déplacements dans un repère absolu et dans un repère relatif à la paroi

En cas de dépassement des seuils d'alerte, la fréquence des mesures est augmentée (passant d'un relevé hebdomadaire à un relevé journalier par exemple).

En cas de dépassement des seuils d'intervention, des mesures d'urgence doivent être mises en œuvre (mises en place de butons, remblaiement de la fouille, ...).

La reprise des travaux (après stabilisation préalable des mouvements par remblaiement par exemple) est alors tributaire d'un redimensionnement des renforcements tenant compte d'hypothèses déduites des observations.

En phase définitive des ouvrages et notamment en cas de vidange, nous recommandons le suivi des parois. Cette recommandation sera formulée dans le Dossier d'Intervention Ultérieures sur l'Ouvrage (DIUO).

D'autre part, l'Entreprise aura bien évidemment à sa charge l'ensemble des prestations visant à contrôler la bonne réalisation des travaux de pieux. Il sera notamment prévu :

- une fiche de forage et de bétonnage par pieu (avec diagraphies)
- le contrôle de la verticalité et du recoupement des pieux primaire/secondaire
- l'écrasement régulier d'éprouvettes de béton coulé
- le suivi topographique de la paroi
- la réalisation du DOE consignant les contrôles concernant la paroi

III.2.3 Bassin d'aération

La PFT sera calée à –4.4 m/TA (-0.9 NGF) au sein des alluvions fines.

Le projet de bassin (hors annexe en RdC) se situe à 12 m de distance du bassin d'aération existant au Sud. Dans la mesure où il est possible que le niveau de la nappe soit proche de 2 NGF en phase courante, nous retiendrons la réalisation de talutage à l'abri d'un soutènement périphérique étanche (ce choix de conception pourra être varianté en EXE, dans le cadre de la mission d'exécution de l'Entreprise).

Nous proposons de réaliser une paroi en pieux sécants ancrée au sein des alluvions grossières.
Le soutènement est dimensionné à l'aide du logiciel K-REA.

- ***Géométrie des sols***

n° sol	Nature du sol	Toit (NGF)
1	**Terrain de couverture & Alluvions fines**	3.5
2	**Alluvions grossières**	-2.7

- ***Surcharges***

Il a été considéré une surcharge de **10 kPa** à l'arrière du soutènement pour tenir compte surcharges de chantier.
En l'absence de données sur le bassin d'aération existant, il est considéré une surcharge de **50 kPa** à 12 m de distance, pour le modéliser. Cette hypothèse sera affinée en EXE (la connaissance de la cote de l'arase basse de l'existant permettra de diminuer considérablement les efforts s'appliquant sur le projet).

- ***Vérifications***

Les soutènements ont été vérifiés selon la norme NF P94-282 en application de l'EC7, à l'ELU et à l'ELS selon les méthodes MEL et MISS.

- ***Pieux sécants***

Les caractéristiques suivantes ont été retenues pour les pieux :

	Profil 1
Diamètre	520 mm
Entraxe des pieux armés (*)	0.84 m (1 pieu sur 2)
Arase supérieure des pieux	3.5 NGF
Arase inférieure des pieux	-6 NGF
Longueur des pieux	9.5 m
Module d'élasticité du béton (court terme)	2.10^7 kPa
Module d'élasticité du béton (long terme)	1.10^7 kPa
Butonnage définitif	Buton en tête de paroi, raideur 10 000 kN/m/ml Radier butonnant, raideur 400 000 kN/m/ml

(*) Recoupement de 10 cm entre les pieux primaires et secondaires

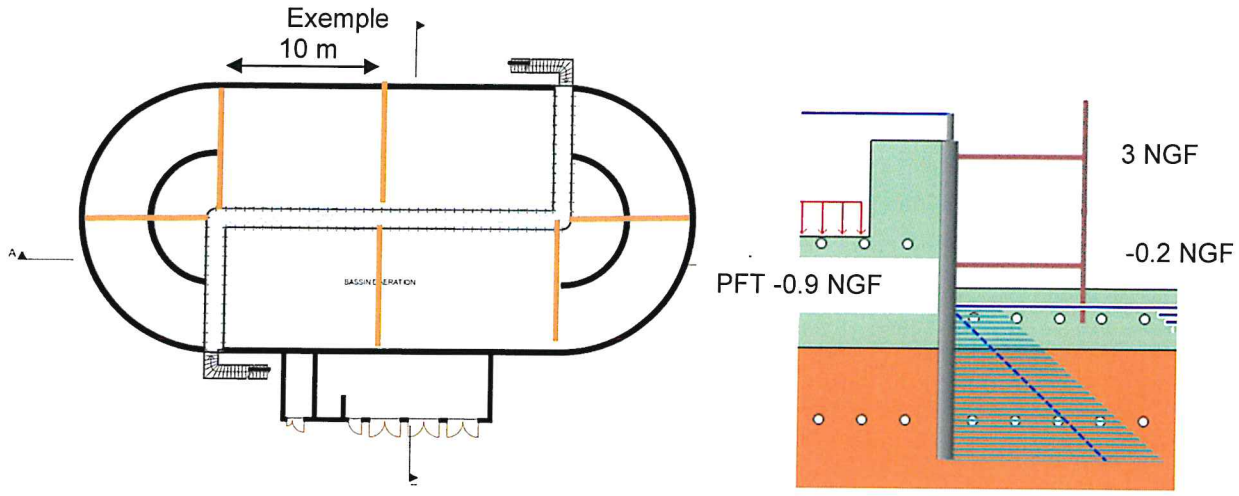


Figure 4 : Schéma d'implantation des butons définitifs avec un entraxe de 10 m en exemple [sans échelle]

- ***Phasage de réalisation simplifié***

Le phasage retenu dans la modélisation est récapitulé ci-dessous :

- Foration des pieux
- Mise en place du pompage, niveau d'eau descendu à -1.4 NGF (pour une PFT à -0.9 NGF)
- Excavation à -1.0 m/TA
- Mise en place d'un butonnage définitif à 3 NGF (exemple entraxe 10 m / longueur 10 m)
- Excavation jusqu'à la PFT supposée à -0.9 NGF
- Réalisation du radier butonnant en fond de fouille
- Elévation
- Mise en charge de l'ouvrage
- Arrêt du pompage[4]

Ensuite, une phase de remontée de nappe jusqu'au niveau NPHE est modélisée.

- ***Modélisations K-REA***

Les principaux résultats issus des calculs K-REA sont récapitulés dans les tableaux suivants :

		ELS				ELU			
		Moment maximal		Effort tranchant maximal		Moment maximal		Effort tranchant maximal	
Profil	Déformée maxi.	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive
	[mm]	[kN.m/ml]		[kN/ml]		[kN.m/ml]		[kN/ml]	
1	6.4	75	39	58	78	103	54	78	106

	Effort de compression dans les radiers et butons [kN/ml]			
	ELS		ELU	
Profil	Radier	Buton	Radier	Buton
1	147	47	198	64

[4] Le phasage de mise en charge et de l'arrêt du pompage sera fonction des dispositions retenues pour le lestage de l'ouvrage

La justification de la paroi a été établie en prenant en compte un gradient hydraulique compte tenu de l'écoulement coté buté.

Il a aussi été vérifié le renard et la boulance. La fiche de justification est fournie en annexe.

La différence de perméabilité étant peu marquée entre les alluvions fines (limono-sableuse) et grossières (galets avec une matrice fine), la vérification du non-soulèvement du fond de fouille n'est pas nécessaire.

Compte tenu de la topographie du site, la stabilité générale est acquise.

L'Entreprise devra proposer une méthode et des engins permettant de garantir la bonne exécution des pieux, un bon ancrage et leur recoupement.

- ***Pompage***

Nous estimons le débit d'exhaure par la formule de Davidenkoff pour un modèle assimilé à un rectangle de 47 x 20 m.
Compte tenu de la variation de perméabilité probable dans les alluvions grossières, le débit est estimé entre **70 et 140 m³/h** pour une **nappe calée à 2 NGF** (avec un coefficient de sécurité de 2 sur la perméabilité de calcul). Cette estimation sera réévaluée en phase EXE en fonction du nveau de la nappe durant le chantier.

III.2.4 Bâtiment d'exploitation

La PFT de la bâche sera calée à -4.2 NGF au sein des alluvions grossières.
L'emprise de la fouille est inférieure à celle du bâtiment et sera de l'ordre de 15.5 x 11.5 m environ.

Le projet se situe à 10 m de distance du bassin d'orage existant au Nord du projet. Dans la mesure où il est possible que le niveau de la nappe soit proche de 2 NGF en phase courante, nous retiendrons la réalisation de talutage à l'abri d'un soutènement périphérique étanche (ce choix de conception pourra être varianté en EXE, dans le cadre de la mission d'exécution de l'Entreprise).

Nous proposons de réaliser une paroi en pieux sécants ancrée au sein des alluvions grossières.
Le soutènement est dimensionné à l'aide du logiciel K-REA.

On note que l'arase supérieure de la bâche est calée à +5 NGF alors que le RdC est rasant avec le niveau du terrain actuel à +3.6 NGF. Un plancher est prévu au-dessus de la bâche à +5 NGF.

- ***Géométrie des sols***

n° sol	Nature du sol	Toit (NGF)
1	**Terrain de couverture & Alluvions fines**	3.6
2	**Alluvions grossières**	-2.5

- ***Surcharges***

En l'absence de données sur le bassin d'aération existant, il est considéré une surcharge de **50 kPa** à 10 m de distance, calé à 0.2 NGF.

- ***Vérifications***

Les soutènements ont été vérifiés selon la norme NF P94-282 en application de l'EC7, à l'ELU et à l'ELS selon les méthodes MEL et MISS.

- ***Pieux sécants***

Les caractéristiques suivantes ont été retenues pour les pieux :

	Profil 2
Diamètre	720 mm
Entraxe des pieux armés (*)	1.04m (1 pieu sur 2)
Arase supérieure des pieux	3.6 NGF
Arase inférieure des pieux	-13 NGF
Longueur des pieux	16.6 m
Module d'élasticité du béton (court terme)	2.10^7 kPa
Module d'élasticité du béton (long terme)	1.10^7 kPa
Butonnage provisoire	Buton à 1.5 NGF, raideur 30000 kN/m/m Buton à - 2.0 NGF, raideur 30000 kN/m/m
Butonnage définitif	Plancher butonnant à 5 NGF, raideur 200 000 kN/m/m Buton à - 0.3 NGF, raideur 40000kN/m/m Radier butonnant à - 4.0 NGF, raideur 400000kN/m/m

(*) Recoupement de 20 cm entre les pieux primaires et secondaires

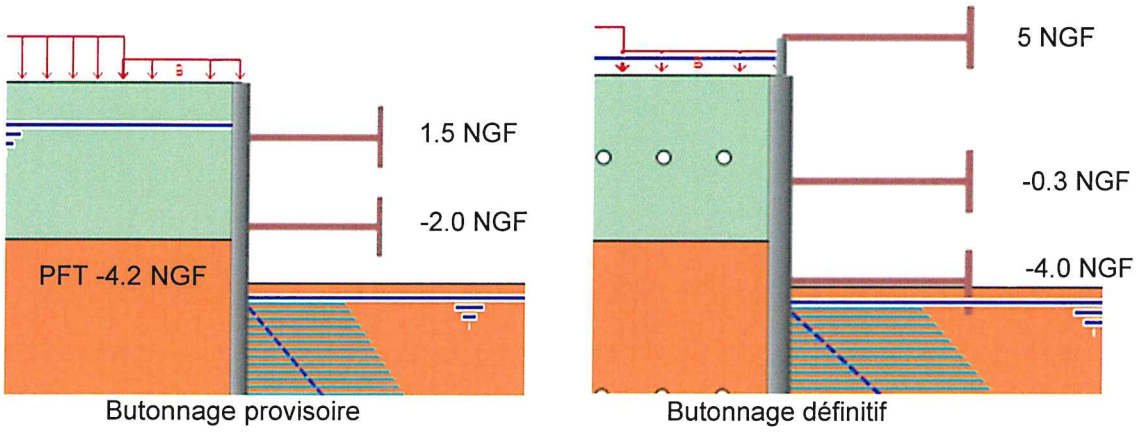


Figure 5 : Schéma d'implantation des butons provisoires et définitifs [sans échelle]

- ***Phasage de réalisation simplifié***

Le phasage retenu dans la modélisation est récapitulé ci-dessous :

- Foration des pieux
- Mise en place du pompage, niveau d'eau descendu à -4.7 NGF (pour une PFT à -4.2 NGF)
- Excavation à 1.0 NGF
- Mise en place d'un butonnage à 1.5 NGF
- Excavation à -2.5 NGF
- Mise en place d'un butonnage à -2.0 NGF
- Excavation à -4.2 NGF
- Rehausse de l'écran à +5 NGF
- Mise en place des butons définitifs à :
  - 5.0 NGF (plancher haut)
  - -0.3 NGF (buton)
  - -4.0 NGF (radier butonnant)
- Retrait des butons provisoires
- Mise en charge de l'ouvrage
- Arrêt du pompage[5]

Ensuite, une phase de remontée de nappe jusqu'au niveau NPHE est modélisée.

[5] Le phasage de mise en charge et de l'arrêt du pompage sera fonction des dispositions retenues pour le lestage de l'ouvrage

- ***Modélisations K-REA***

Les principaux résultats issus des calculs K-REA sont récapitulés dans les tableaux suivants :

		ELS				ELU			
		Moment maximal		Effort tranchant maximal		Moment maximal		Effort tranchant maximal	
Profil	Déformée maxi.	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive
	[mm]	[kN.m/ml]		[kN/ml]		[kN.m/ml]		[kN/ml]	
2	10.46	268	205	197	233	362	276	266	314

	Effort de compression dans les radiers, planchers et butons [kN/ml]									
	ELS					ELU				
Profil	Radier	Plancher	Buton 1.5 NGF	Buton -2 NGF	Buton -0.3 NGF	Radier	Plancher	Buton 1.5 NGF	Buton -2 NGF	Buton -0.3 NGF
2	432	33	81	270	203	583	44	110	364	274

La justification de la paroi a été établie en prenant en compte un gradient hydraulique compte tenu de l'écoulement coté butée.

Il a aussi été vérifié le renard et la boulance. La fiche de justification est en annexe.
Compte tenu de la topographie du site, la stabilité générale est acquise.

D'autre part, la paroi pourra être considérée comme portante dans la mesure où il sera considéré un coefficient de réduction du frottement compte tenu de surface réelle en contact avec le sol, ainsi que le coefficient de prise en compte de l'effet de groupe lui aussi s'appliquant sur le frottement. Ce choix et les justifications seront menés en EXE.

- ***Pompage***

Nous estimons le débit d'exhaure par la formule de Davidenkoff pour un modèle assimilé à un rectangle de 11.5 x 15.5 m.
Compte tenu de la variation de perméabilité probable dans les alluvions grossières, le débit est estimé **entre 50 et 100 m³/h** pour une **nappe calée à 2 NGF** (avec un coefficient de sécurité de 2 sur la perméabilité de calcul). Cette estimation sera réévaluée en phase EXE en fonction du nveau de la nappe durant le chantier.

III.2.5 Bâtiment traitement tertiaire

La PFT de la bâche sera calée vers – 2.5 NGF au sein des alluvions grossières.
L'emprise de la fouille est inférieure à celle du bâtiment dit de traitement tertiaire et sera de l'ordre de 11.5 x 4.2 m environ.

Le projet se situe à 18.5 m de distance du bassin d'orage existant à l'Est du projet. Dans la mesure où il est possible que le niveau de la nappe soit proche de 2 NGF en phase courante, nous retiendrons la réalisation de talutage à l'abri d'un soutènement périphérique étanche (ce choix de conception pourra être varianté en EXE, dans le cadre de la mission d'exécution de l'Entreprise).

Nous proposons de réaliser une paroi en pieux sécants ancrée au sein des alluvions grossières.
Le soutènement est dimensionné à l'aide du logiciel K-REA.

On note que l'arase supérieure de la bâche est calée à 3.9 NGF alors que le niveau du terrain actuel est de 4.1 NGF en moyenne.

- ***Géométrie des sols***

n° sol	Nature du sol	Toit (NGF)
1	**Terrain de couverture & Alluvions fines**	3.8
2	**Alluvions grossières**	-0.0

- ***Surcharges***

Concernant le bassin d'aération existant, il est considéré une surcharge de **40 kPa** à 18.5 m de distance, à la cote de +0.2 NGF.

Il a été considéré un déblai préliminaire de 4.1 NGF à 3.9 NGF.

- ***Vérifications***

Les soutènements ont été vérifiés selon la norme NF P94-282 en application de l'EC7, à l'ELU et à l'ELS selon les méthodes MEL et MISS.

- ***Pieux sécants***

Les caractéristiques suivantes ont été retenues pour les pieux :

	Profil 3
Diamètre	720 mm
Entraxe des pieux armés (*)	1.04 m (1 pieu sur 2)
Arase supérieure des pieux	3.9 NGF
Arase inférieure des pieux	-9 NGF
Longueur des pieux	12.9 m
Module d'élasticité du béton (court terme)	2.10^7 kPa
Module d'élasticité du béton (long terme)	1.10^7 kPa
Butonnage provisoire	Buton à 0.5 NGF, raideur 50 000 kN/m/ml
Butonnage définitif	Plancher butonnant à 3.9 NGF, raideur 200 000 kN/m/ml Radier butonnant à - 2 NGF, raideur 400 000 kN/m/ml

(*) Recoupement de 20 cm entre les pieux primaires et secondaires

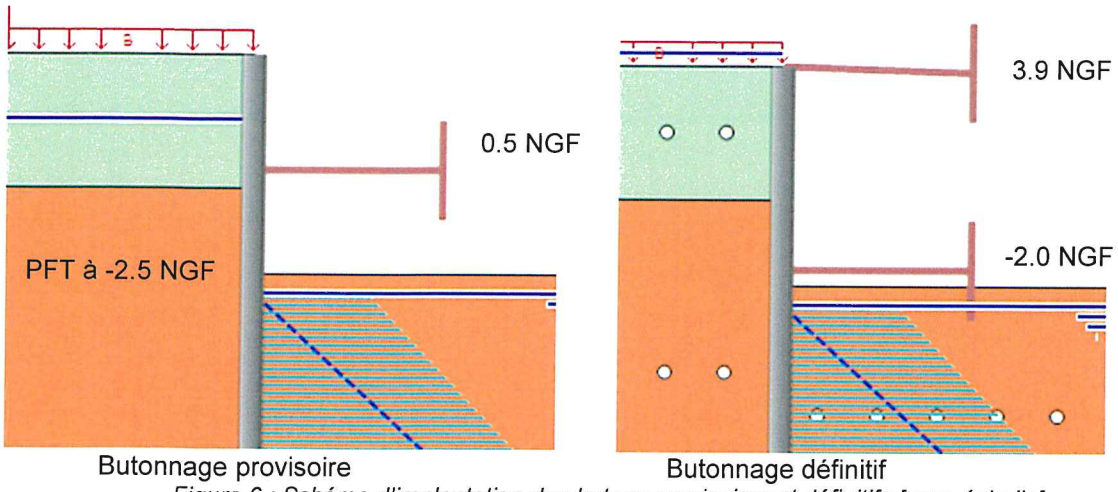


Figure 6 : Schéma d'implantation des butons provisoires et définitifs [sans échelle]

- ***Phasage de réalisation simplifié***

Le phasage retenu dans la modélisation est récapitulé ci-dessous :

- Déblai de 4.1 à 3.9 NGF
- Foration des pieux
- Mise en place du pompage, niveau d'eau descendu à -3 NGF (pour une PFT à -2.5 NGF)
- Excavation à 0.0 NGF
- Mise en place d'un buton provisoire à 0.5 NGF
- Excavation à -2.5 NGF
- Mise en place des butons définitifs à :
  - 3.9 NGF (plancher haut)
  - -2.05 NGF (radier)
- Retrait du buton provisoire
- Mise en charge de l'ouvrage
- Arrêt du pompage[6]

Ensuite, une phase de remontée de nappe jusqu'au niveau NPHE est modélisée.

- ***Modélisations K-REA***

Les principaux résultats issus des calculs K-REA sont récapitulés dans les tableaux suivants :

		ELS				ELU			
		Moment maximal		Effort tranchant maximal		Moment maximal		Effort tranchant maximal	
Profil	Déformée maxi.	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive	Phase provisoire	Phase définitive
	[mm]	[kN.m/ml]		[kN/ml]		[kN.m/ml]		[kN/ml]	
3	10.02	157	127	123	173	211	171	166	234

	Effort de compression dans les butons, radiers et planchers [kN/ml]					
	ELS			ELU		
Profil	Radier	Plancher	Buton	Radier	Plancher	Buton
3	68	336	158	92	453	213

La justification de la paroi a été établie en prenant en compte un gradient hydraulique compte tenu de l'écoulement coté butée.

Il a aussi été vérifié le renard et la boulance. La fiche de justification est en annexe.
Compte tenu de la topographie du site, la stabilité générale est acquise.

- ***Pompage***

Nous estimons le débit d'exhaure par la formule de Davidenkoff pour un modèle assimilé à un rectangle de 11.5 x 4.2 m.
Compte tenu de la variation de perméabilité probable dans les alluvions grossières, le débit est estimé **entre 20 et 50 m³/h** pour une **nappe calée à 2 NGF** (avec un coefficient de sécurité de 2 sur la perméabilité de calcul). Cette estimation sera réévaluée en phase EXE en fonction du nveau de la nappe durant le chantier.

III.2.6 Bâtiment traitement des boues

Le projet se situe en mitoyenneté Est du hangar de stockage des boues.

[6] Le phasage de mise en charge et de l'arrêt du pompage sera fonction des dispositions retenues pour le lestage de l'ouvrage

La reconnaissance de fondation de l'existant (sondage F4) n'a pas abouti mais à découvert une semelle dont le débord de 0.75 m est calé à -1.9 m/TA (soit 2.00 m NGF). Cette semelle est continue sur 0.9 m de large et a donc une arase inférieure à plus de 1.9 m/TA.

Effectivement les plans de l'existant indiquent que le niveau bas du hangar à boues (sur le linéaire en mitoyenneté des travaux) se situe à 1.4 NGF. Il est donc probable que l'arase inférieure de sa fondation se situe vers 1.0 NGF.

Les terrassements nécessaires à l'insertion du projet (RdC) sont peu importants, par contre, les fondations du bâtiment de traitement de boues projeté devront descendre au moins au même niveau que l'arase inférieur des fondations du hangar existant (à moins que les existants soient aptes à reprendre la surcharge induite par l'ajout du bâtiment en mitoyenneté). La reconnaissance de celles-ci est donc impérative, et devra se faire en phase EXE. Les plans disponibles actuellement n'étant pas des plans DOE.

III.3. DEFINITION DES MODES DE FONDATIONS

III.3.1 Définition général du mode de fondation

Les fondations des ouvrages (hors bâtiment d'exploitation) seront ancrées par le biais de semelles superficielles de type semelles filantes ou isolées, ou radier (hormis pour le bâtiment traitement des boues). L'ancrage des fondations se fera dans le sol en place, sous les remblais et les vestiges enterrés pouvant être présents sur le site.
Il peut être réalisé un ancrage d'au moins 0.3 m au sein des alluvions fines, comme au sein des alluvions grossières. Ces ancrages seront réalisés avec un engin de puissance adapté.

Ces semelles peuvent, en première approche, être dimensionnées en limitant les contraintes appliquées au sol d'assise aux valeurs suivantes, pour des charges verticales centrées :

→ **Alluvions fines**
q_{ELS} = 0.15 MPa + R_0
q_{ELU} = 0.25 MPa +R_0

→ **Alluvions grossières**
q_{ELS} = 0.40 MPa + R_0
q_{ELU} = 0.65 MPa +R_0

R_0 étant la contrainte verticale initiale avant travaux à la cote de l'arase inférieure de la fondation

III.3.2 Définition du mode de fondation du bâtiment d'exploitation

Le bâtiment d'exploitation comprend une zone avec une bâche enterrée à -3.7 NGF. Afin de respecter la règle des 3H/2V et ne pas apporter de surcharge aux voiles de cet ouvrage enterré, nous retiendront un mode de fondation profondes, par pieux.

Pour nos calculs nous avons choisis des pieux forés tubés. L'Entreprise pourra proposer d'autres type de pieux, par exemple des pieux à la tarière creuse.

On considère le modèle de sol suivant pour les pieux pourront être des forés tubés (virole récupérée) (FTP, Classe 1, catégorie 4 selon la norme NF P 894-262 en application de l'Eurocode 7) :

	Base (NGF)	$\alpha_{pieu-sol}$	f_{sol} (kPa)	q_s (kPa)	$k_{p\ max}$	p_l^* (MPa)
Terrain actuel à 3.6 NGF						
Mort terrain	2.6	*Couche neutralisée*				
Alluvions fines (courbe Q1)	-2.5	1.25	35	45	1.15	0.6
Alluvions grossières (courbe Q2)	-	1.4	27	87	1.1	1.5

Les calculs de pieux seront réalisés en EXE avec les descentes de charges calculées. En première approche, nous pouvons retenir :

Charge ELS caractéristique maximum	Diamètre (mm)	Cote de l'arase inférieure du pieux depuis la PFT à 3.6 NGF
k1 = 1.3 ; k2 = 1.14 ; k3 = 1 , fc28 = 30 MPa => QELS cara max = 6073 kN/m² 840 kN	420	-7.67

III.3.4 Estimation des tassements des fondations et vérification du non-soulèvement

Les tassements sont estimés par la méthode Mesnard (NF P 94-261 – annexe J4) pour les semelles rigides, et par le bais du module œdométrique pour les radiers.

En ce qui concerne la vérification au non-soulèvement (NFP94-261- UPL), on considère un coefficient de 0.9 sur les efforts stabilisateurs.

III.3.4.1 Bassin d'aération

- **Fondations et tassements**

Le bassin est calé à -0.4 NGF (soit -3.9 m/TA). A cette cote, la PFT sera constituée d'alluvions fines. La contrainte appliquée au sol à l'ELS plein est de 45.06 kN/m², donc inférieure à la capacité portante des sols à l'ELS (150 kN/m²).

Les tassements seront donc nuls compte tenu de l'encastrement par rapport au terrain naturel (cas de déchargement des sols).

L'annexe en RdC accolée au bassin pourra être fondée au sein de alluvions fines en prenant des précautions vis-à-vis de la sensibilité au retrait gonflement des sols (voire les sujétions d'exécution des fondations).

Pour une descente de charge ELS estimée à 1 t/m², ou 5 t/ml, le tassement total sera inférieur au centimètre et le tassement différentiel sera inférieur à 0.5 cm.

Le bassin enterré et son annexe en RdC étant accolés, il est d'usage de respecter la règle des 3H/2V entre les fondations de ces 2 ouvrages. Néanmoins, il peut être aussi être permis de prendre en considération la surcharge de l'annexe RdC sur les voiles et la fondation du bassin afin de ne pas réaliser des fondations trop profondes pour l'annexe. Ce choix devra être considéré par le bureau structure et introduit dans le modèle K Réa s'il est retenu (avec une surcharge surfacique définitive).

- **Justification au soulèvement de l'ouvrage**

Il nous a été indiqué que l'ouvrage ne sera exceptionnellement vidé qu'en période de basse eau.
La descente de charge de l'ouvrage à vide est estimée à 12.94 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
Le nBE retenu est calé à 0.3 NGF. La charge ascendante associée est de 7 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
La vérification de non soulèvement est donc satisfaite pour un ouvrage à vide en période de basse eau.

La descente de charge de l'ouvrage plein est estimée à 45 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
En cas de remontée de nappe au NPHE, la charge ascendante associée est de 47 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
La vérification de non soulèvement n'est donc pas satisfaite pour un ouvrage plein en cas de NPHE. De ce fait, il doit être envisagé :

- Un lestage de l'ouvrage sous l'emprise du radier, associée à un débord de ce dernier par rapport à la surface du bassin,
- Un ancrage du radier du bassin par des ancrages (micropieux ou tirants par exemple)

III.3.4.2 Bâtiment d'exploitation

- **Fondations et tassements**

Les tassements des pieux seront négligeables.
Il sera mis en place des joints de constructions entre les zones chargées différemment, ou de niveaux différents (entre les zones avec et sans partie enterrée).

- **Justification au soulèvement de l'ouvrage**

Il nous a été indiqué que l'ouvrage ne sera exceptionnellement vidé qu'en période de basse eau.
La descente de charge de l'ouvrage à vide est estimée à 50.42 kN/m².
La surface d'emprise où s'applique principalement le soulèvement est de 11.5 x 15.5 m, soit 178 m².
Le nBE retenu est calé à 0.3 NGF. La charge ascendante associée est de 40 kN/m² à la cote de -3.7 NGF.
La vérification de non soulèvement est donc satisfaite pour un ouvrage à vide en période de basse eau.

La descente de charge de l'ouvrage plein est estimée à 100 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
En cas de remontée de nappe au NPHE, la charge ascendante associée est de 47 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
La vérification de non soulèvement est donc satisfaite pour un ouvrage plein.

III.3.4.3 Bâtiment traitement tertiaire

- **Fondations et tassements**

La bâche est calé à -2 NGF. A cette cote, la PFT sera constituée d'alluvions grossières. La contrainte appliquée au sol à l'ELS plein est de 100 kN/m², donc inférieure à la capacité portante des sols à l'ELS (150 kN/m²).

Les tassements seront nuls compte tenu de l'encastrement par rapport au terrain naturel (cas de déchargement des sols).

L'annexe en RdC accolée au bassin pourra être fondée au sein de alluvions fines en prenant des précautions vis-à-vis de la sensibilité au retrait gonflement des sols (voire les sujétions d'exécution des fondations).

Pour une descente de charge ELS estimée à 1 t/m², ou 5 t/ml, le tassement total sera inférieur au centimètre et le tassement différentiel sera inférieur à 0.5 cm.

La bâche et son annexe en RdC étant accolés, il est d'usage de respecter la règle des 3H/2V entre les fondations de ces 2 ouvrages. Néanmoins, il peut être aussi être permis de prendre en considération la surcharge de l'annexe RdC sur les voiles et la fondation de la bâche afin de ne pas réaliser des fondations trop importantes pour l'annexe. Ce choix devra être considéré par le bureau structure et introduit dans le modèle K Réa s'il est retenu (avec une surcharge surfacique définitive).

- **Justification au soulèvement de l'ouvrage**

Il nous a été indiqué que l'ouvrage ne sera exceptionnellement vidé qu'en période de basse eau.
La descente de charge de l'ouvrage à vide est estimée à 42 kN/m² à la cote de -2.0 NGF.
Le nBE retenu est calé à 0.3 NGF. La charge ascendante associée est de 23 kN/m² à la cote de -2.0 NGF.
La vérification de non soulèvement est donc satisfaite pour un ouvrage à vide en période de basse eau.

La descente de charge de l'ouvrage plein est estimée à 80 kN/m² à la cote de -2.0 NGF.
En cas de remontée de nappe au NPHE, la charge ascendante associée est de 63 kN/m² à la cote de -0.4 NGF.
La vérification de non soulèvement est donc satisfaite pour un ouvrage plein.

III.3.4.4 Bâtiment traitement des boues

- **Fondations et tassements**

En considérant une descente de charge à l'ELS de 45 kN/m² (= [3 000+ 0.8 x 1000 + 0.8*(20*130) kN] /130 m²) sur un radier, et une estimation de Ey = E_M/α, on peut considérer un tassement de l'ordre de 1.7 cm au centre du radier. Ce qui n'est pas compatible avec le projet.

Il sera donc réalisé des semelles filantes et des semelles isolées. Dans ce cas :

- la descente de charge peut être estimée à 100 kN/m à l'ELS. Le tassement absolu associé est de moins de 1.0 cm pour une semelle de 0.7 m de large. Ce qui est compatible avec le projet.
- la descente de charge peut être estimée à 450 kN à l'ELS. Le tassement absolu associé est de moins de 1.0 cm pour une semelle de 2.2 m de large. Ce qui est compatible avec le projet.

- **Justification au soulèvement de l'ouvrage**

La descente de charge de l'ouvrage à vide est estimée à 23 kN/m².
Le nPHE retenu est calé à 4.3 NGF. La charge ascendante associée est de 9 kN/m² à la cote de 3.4 NGF.
La vérification de non soulèvement est satisfaite pour un ouvrage à vide pour un niveau NPHE.

III.3.4.5 Plateforme panoramique

On note que si les descentes de charges ne sont pas verticales et/ou centrée, il conviendra d'appliquer un coefficient minorateur sur la contrainte admissible des sols.

En considérant une descente de charge à l'ELS de 65 kN en isolé, il est possible de considérer un tassement inférieur au centimètre.

III.3.4.6 Vérification du non-soulèvement du bassin d'aération transformé en bassin d'orage

Ce bassin pourra être vide à toute période de l'année, tant en nappe basse, qu'en nappe haute.

La descente de charge de l'ouvrage à vide est estimée à 10 kN/m² à la cote de 0.2 NGF.
Le nBE retenu est calé à 0.3 NGF. La charge ascendante associée est de 1 kN/m² à la cote de 0.2 NGF.
Le NPHE retenu est calé à 4.3 NGF. La charge ascendante associée est de 41 kN/m² à la cote de 0.2 NGF.

La vérification de non soulèvement est donc satisfaite pour un ouvrage à vide en période de basse eau, mais pas en période de haute eau. De ce fait, il doit être envisagé :

- → Un lestage de l'ouvrage dans l'emprise du radier,
- → Un ancrage du radier du bassin par des ancrages (micropieux ou tirants par exemple)

III.3.5 Sujétions d'exécution des fondations superficielles

La réalisation des fondations nécessitera l'utilisation d'engins de puissance adaptée capable de garantir l'ancrage minimal de 30 cm dans les formations considérées, sous tout remblai ou sols remaniés.

Toute sur-profondeur engendrée pourra être comblée au gros béton (ou par la mise en place de GNT compactée ou autocompactante en sous face des radiers).

Pour faciliter le bon enrobage des aciers des zones en radier, on préconise la mise en place d'une couche de réglage sous le radier, ou d'un béton de propreté.

Le béton doit être coulé à pleine fouille afin d'éviter toute altération des matériaux d'assise et pour combler les hors-profils. Toute poche décomprimée ou douteuse doit être purgée et substituée à l'aide d'un gros béton de rattrapage. Le support naturel doit être horizontal, sec (pompage particulier à prévoir si nécessaire) et exempt de toute retombée de déblai.

Le béton sera coulé immédiatement après ouverture pour éviter l'altération des matériaux d'assise et l'éboulement des parois des tranchées et fouilles (dans le cas contraire, la mise en œuvre d'un blindage provisoire pourrait être nécessaire).

Le respect de la règle dite des « 3H/2V » entre les différents niveaux d'assise des fondations voisines pourrait se traduire par des approfondissements et / ou nécessiter la création de redans. Il peut aussi être prévu la prise en compte des surcharges amont sur les ouvrages enterrés pour ne pas avoir à respecter cette règle d'approfondissement (cas de l'annexe en RdC proche du bassin, ou du bâtiment de traitement des boues contre le hangar existant).

Les sujétions d'ancrage seront vérifiées durant le chantier dans le cadre du suivi géotechnique d'exécution dans le cadre d'une mission G3 à la charge de l'Entreprise selon la norme NF P94-500.

Le contrôle ponctuel de l'exécution des fondations prévu par la supervision géotechnique d'exécution (mission G4 selon la norme NF P94-500) permettra de vérifier le respect de ces préconisations durant le chantier.

D'autre part, les ouvrages en rez-de-chaussée calé proche du niveau du terrain actuel pourront être fondés au sein de alluvions fines en prenant des précautions vis-à-vis de la sensibilité au retrait gonflement des sols. En effet, il devra être respecté un encastrement des fondations d'au moins -1.5 m/terrain fini extérieur, ainsi que la mise en place d'un trottoir bétonné penté vers l'extérieur sur 2.0 m de large en pourtour de ces bâtiments.

III.3.6 Sujétions d'exécution des fondations profondes et des pieux des parois sécantes

Le matériel utilisé devra être suffisamment puissant pour assurer l'ancrage requis au sein des alluvions grossières. L'enregistrement en continu des paramètres de forage permettra d'adapter les longueurs d'ancrage à la stratigraphie réellement rencontrée si celle-ci est plus défavorable que les prévisions et que les hypothèses prises par l'Entreprise dans le cadre de sa mission G3.

Nous signalons par ailleurs que la bonne verticalité des pieux relève de la seule responsabilité de l'Entreprise qui les exécute tout comme la qualité de leur alignement, recoupement et bétonnage.
Nous recommandons la réalisation de murettes-guide.

III.3.7 Ancrage des ouvrages ne satisfaisant pas la condition de non-soulèvement

Certains ouvrages devront être lestés pour assurer la justification au non-soulèvement hydraulique.
Il peut être réalisé un lestage par mise en place de gros béton lié au radier de l'ouvrage.

Il peut aussi être choisie une solution d'ancrage des radiers.
Il peut être utilisé des tirants, ou des micropieux.

En première approche, nous retenons des micropieux, fonctionnant, en traction avec les caractéristiques suivantes :

Type de micropieux	III
Forage	Diamètre 150 mm
Type de fondation profonde	Classe 8 / Catégorie 19 / MIGU
Frottements unitaire qs des alluvions fines	99 kPa
Frottements unitaire qs des alluvions grossières	181 kPa

III.4 GESTION DES EAUX ET PREPARATION DE L'ASSISE DES NIVEAUX BAS

Il est primordial de faire en sorte que les eaux d'intempéries provenant des surfaces imperméabilisées (toitures, voiries…) soient collectées et redirigées vers un réseau EP (ou un exutoire naturel sécurisé) situé hors de la zone d'influence des fondations, et des dallages des ouvrages.

Le degré de protection des ouvrages enterrés (souhait d'une étanchéité parfaite ou relative) vis-à-vis de l'eau est à préciser par le Maître d'Ouvrage.

Hormis pour le bâtiment d'exploitation où il est exigé de réaliser un plancher porté par les fondations (compte tenu d'un déplacement des sols à proximité de la bâche enterré), l'exécution de éventuels dallages est envisageable sous réserve d'imperméabiliser la périphérie des bâtiments sur une largeur minimale de 2 m pentée vers l'extérieure (avec une géomembrane enterrée, des trottoirs en béton) à moins de réaliser une semelle filante périphérique encastrée d'au moins 1.5 m par rapport au niveau du sol fini après aménagement

Il conviendra de respecter le mode opératoire suivant pour l'exécution des couches de forme en assise des dallages (valable pour des surcharges d'exploitation inférieures ou égale à 10 kPa) :

- Purge de l'intégralité des éventuels remblais, des racines, des terrains imbibés, décomprimés et remaniés,
- Purge des hors profils,
- Compactage en statique lourd du fond de forme hors intempéries et réception au moyen d'essais de chargement à la plaque pour lesquels il sera exigé $Ev_2 \geq 35$ MPa et $k \leq 2$ (si cet objectif n'est pas atteint, un clouage doit être exécuté),
- Interposition d'un géotextile anti-contaminant de fort grammage (≥ 200 g/m²)
- Rattrapage altimétrique éventuel par mise en place et compactage de couches successives de 0.3 m d'épaisseur en GNT 0/50 ou 0/80,
- Mise en place et compactage d'une couche de forme en GNT 0/31[5] ou 0/20 (de classe D_{21} ou D_{31} d'après la nomenclature du GTR) sur une épaisseur minimale de 30 cm,

La plateforme finie sera réceptionnée par des essais à la plaque pour lesquels il sera exigé :

- Module de Westergaard **$k_w \geq 50$ MPa/m**
- Coefficient de compactage **$k = Ev_2 / Ev_1 \leq 2$**

Pour la justification BA des dallages, le module de déformation à long terme des alluvions fines peut être estimé à 9 MPa, et à 45 MPa dans les alluvions grossières.

En variante à une solution de dallage sur terre-plein, le niveau bas RdC des bâtiments peut évidemment être constitué d'un plancher BA sur VS ou d'une dalle portée coulée sur un coffrage biodégradable.

III.5 NOTES IMPORTANTES

Des aléas résiduels persistent au niveau de la connaissance de la nappe baignant le site accueillant le projet, ainsi que sur la valeur de la perméabilité[7] pouvant évoluer sur la durée du chantier. En effet le niveau de la nappe considéré :

- en phase chantier, a une influence sur le dimensionnement des paroi de soutènement,
- en phase définitive, a une influence sur le dimensionnement des ouvrages au non soulèvement.

Le niveau des effluents dans les bâches/ouvrages enterrés a aussi une influence considérable sur le dimensionnement à la reprise des sous-pressions.

Le suivi de la nappe sur site sera réalisé régulièrement (2 fois par semaine au moins) et consigné dans un cahier de suivi avec graphique afin d'anticiper les adaptations à mettre en place rapidement en cas de dépassement de la cote chantier considérée pour les calculs en phase travaux.

La bonne exécution des parois, et notamment la verticalité et le recoupement des pieux à une importance capitale dans la réussite du projet. En effet, les parois doivent être étanches sur toutes leurs hauteurs (fiche hydraulique importante) et avoir l'inertie considérée en calcul pour assurer des déplacements admissibles. L'Entreprise peut proposer une variante en paroi moulée.

En EXE, il ne sera pas proposé de pieux de diamètre inférieur à 520 mm, ni de recoupement de pieux inférieur à 10 cm.

D'autre part, il est impératif de prévoir un phasage d'arrêt de pompage et de mise en charge pour ne pas soulever l'ouvrage. Ce phasage sera cohérent avec le niveau de la nappe relevé sur le site.

Enfin, en phase service des ouvrages, et notamment en cas de vidange, nous recommandons la réalisation du suivi piézométriques (mise en place de piézomètres de surveillance). Cette recommandation sera formulée dans le Dossier d'Intervention Ultérieurs sur les Ouvrages (DIUO) ou tout autre document technique consultés pour le suivi des ouvrages.

- - ◆ - -

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour réaliser les phases « PRO » et « DCE/ACT » de la mission G2, ainsi que la mission G4 (supervision géotechnique d'exécution) afin de respecter l'enchaînement décrit par la norme NF P94-500.
La mission G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) est classiquement à la charge des Entreprises de travaux.

[7] Sur la durée du chantier la perméabilité des sols peut évoluer considérablement et consécutivement au « lavage » des matériaux en cas de pompage intense. Il est donc important de limiter impérativement l'entrainement des fines.

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des investigations **32**

Plan d'implantation des investigations		33
Sondages carottés	Sc11 et Sc12	34 - 39
Sondages pressiométriques	SP1 et Sp11 à Sp16	40 - 47
Essais de pénétration dynamique	P1 à P10 et Pd11 à Pd16	48 - 64
Sondages de reconnaissance géologique	F1 à F9	65 - 73
Essais Lefranc		74 - 76
Analyses en laboratoire		77 - 78

Annexe 2 : Rapport du test de perméabilité par essai de pompage **79 - 89**

Annexe 3 : Calculs relatifs aux soutènements périphériques **90**

3.1 Modélisations K-REA	91
3.1.1 Au droit du bassin d'aération	92 - 106
3.1.2 Au droit du bâtiment d'exploitation	107 - 123
3.1.3 Au droit du bâtiment tertiaire	124 - 141
3.2 Vérification des parois des fiches hydrauliques	142 - 145
3.3 Modélisations FOXTA (pieux du bâtiment d'exploitation)	146 - 150

Annexe 4 : Extrait de la norme NF P94-500 (classification des missions géotechniques) **151 - 154**

EGSA btp
EXPERTISE GEOTECHNIQUE STRUCTURE ARBITRAGE

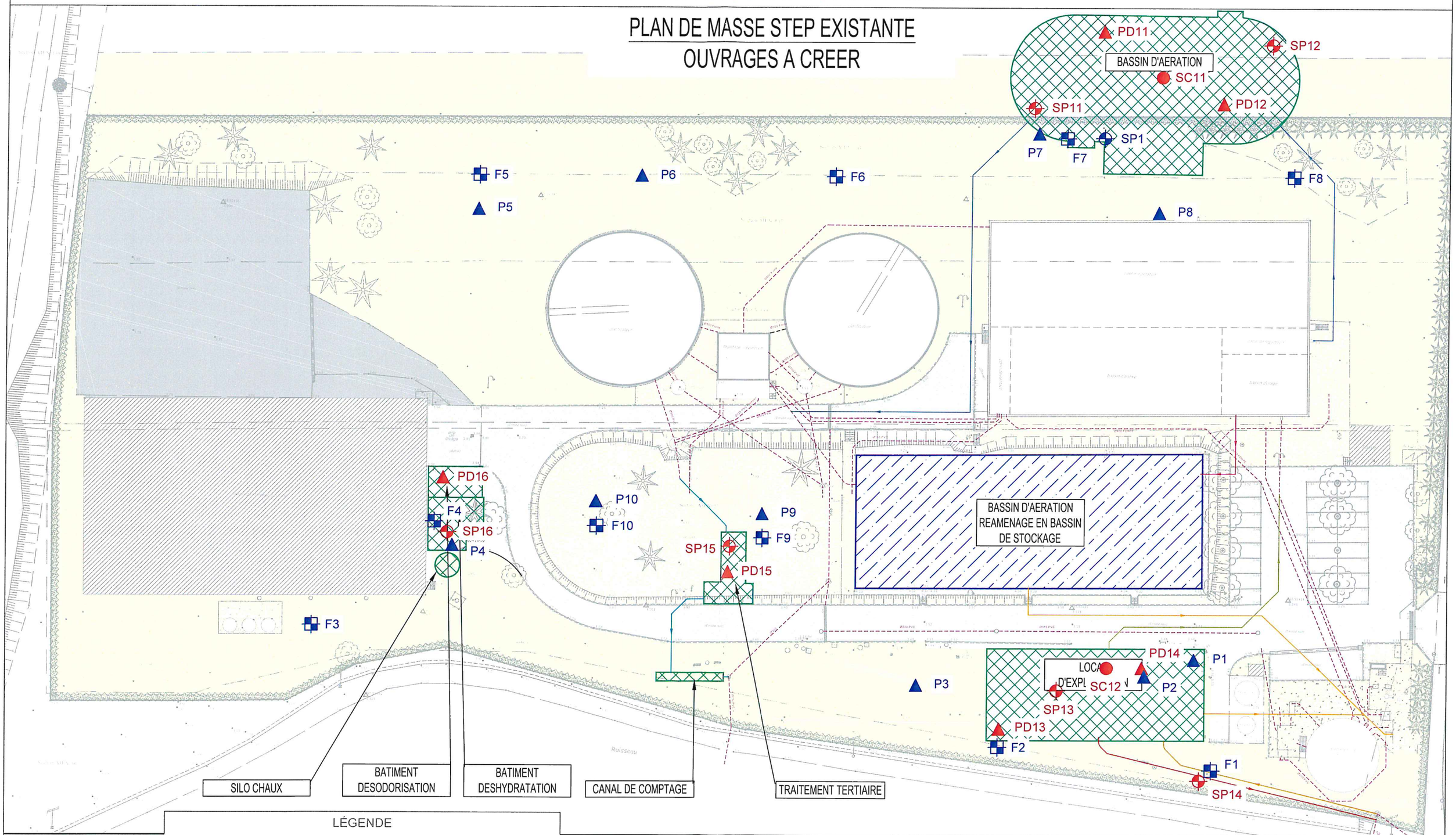
Dossier n° 19-361-A
LUNEL (34)
STEP – Extension
Mission G2-PRO

ANNEXE 1

Résultats des investigations géotechniques

PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS

PLAN DE MASSE STEP EXISTANTE
OUVRAGES A CREER



LÉGENDE

Intervention de EGSA btp (2019)

- SP SONDAGE PRESSIOMÉTRIQUE
- SC SONDAGE CAROTTÉ
- PD ESSAI DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE

Intervention de GINGER CEBTP (2016)

- SP SONDAGE PRESSIOMÉTRIQUE
- F SONDAGE GÉOLOGIQUE SUPERFICIEL
- PD ESSAI DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

EGSA btp
Parc d'activités Clément Ader
19 rue Louis Breguet
34830 JACOU
Tel : 04 67 13 86 80
Fax : 04 67 13 86 82

INDICE	DATE	MODIFICATION
01	17/09/19	Première diffusion

Fond du plan : Annexe 2_Plan_PRO_1-001_Plan_masse_TVX.pdf

N

Echelle : 1/600

Format : A3

19-361
LUNEL
STEP - Extension

Client : MAIRIE

Fait par : S. BEN ROMDHANE

Visé par : Rémy CAPO

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage carotté

Forage
SC11

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

Client
MAIRIE

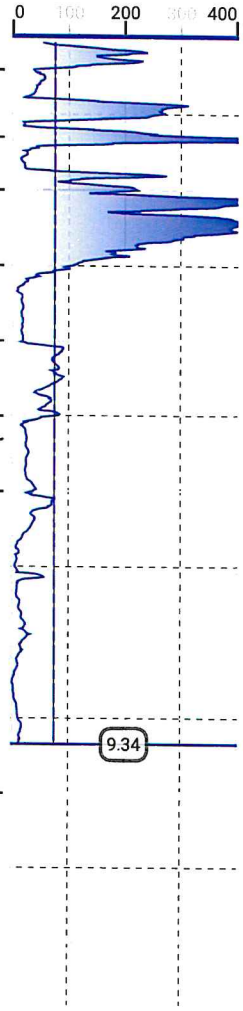
Date de fin
30/08/2019 08:32:36

Altitude (NGF)
3.3 m

Observation
Echelle : 1/100 - Tube PVC Ø 80/90 mm

Niveau d'eau
-2.95 m

Alt. NGF (m)	Prof. (m)	Description
	0.4	Limon finement sableux marron clair
2	1.3	Limon argileux finement sableux marron clair à quelques galets
	2	Sable beige à galets
	3	Limon finement sableux légèrement argileux bariolé beige, marron clair, jaune et gris à concrétions carbonatées
0	4	Limon sableux plus ou moins argileux beige-jaune
	5	Sable limoneux beige-jaune à quelques galets
-2	5.3	Galets à matrice sableuse beige
	6	Sable beige-jaune à quelques galets
-4		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige peu récupérée
-6	10	
-8		

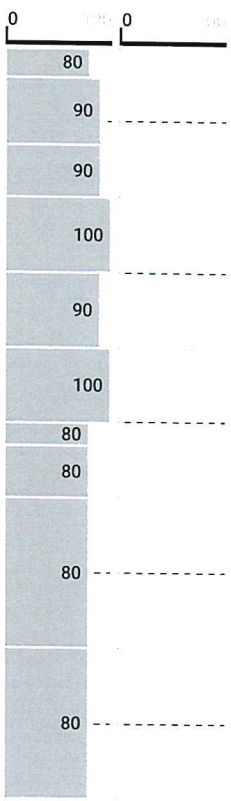


Niveaux d'eau (m): 06/09/20 2.95

Outils de forage: Couronne de carottier ø116 mm

Tubage de forage: Tube PVC ø90 mm

Descrip de l'échant: El, El



RQD: 0

Observatic de forage

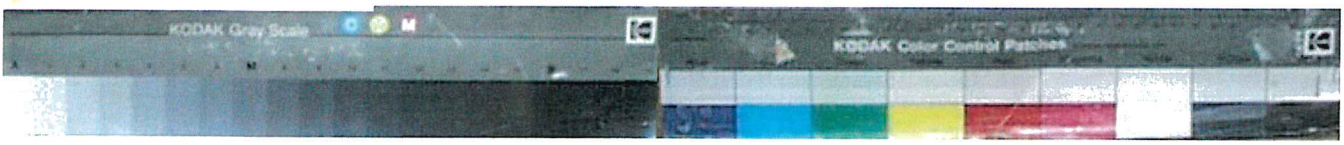
EGSA btp

EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

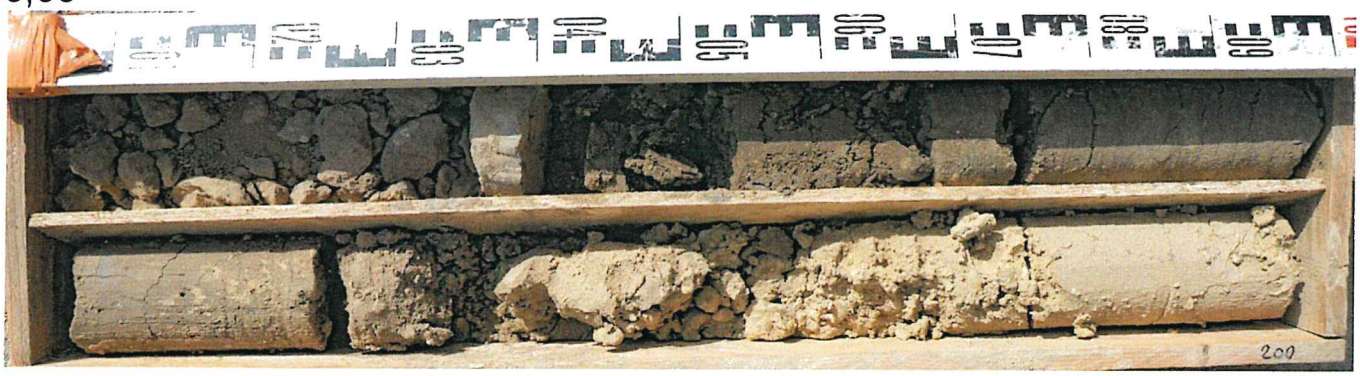
SC11

0,00 à -5,00 m

19-361
LUNEL - STEP
EXTENSION



0,00



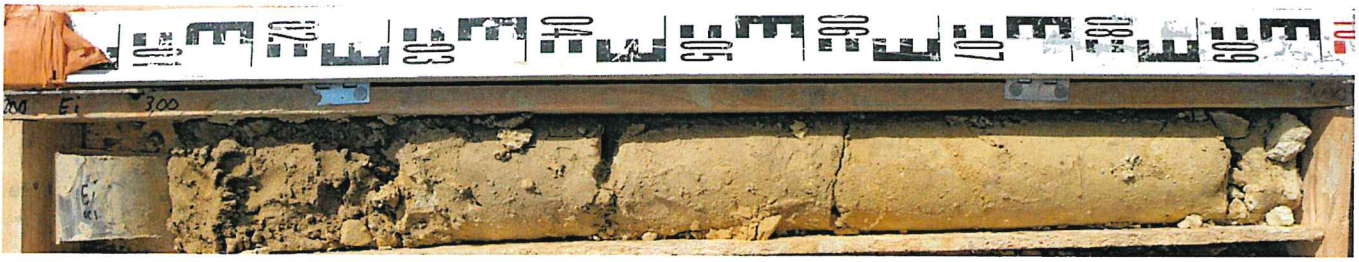
-2,00 m

EI

-2,00m

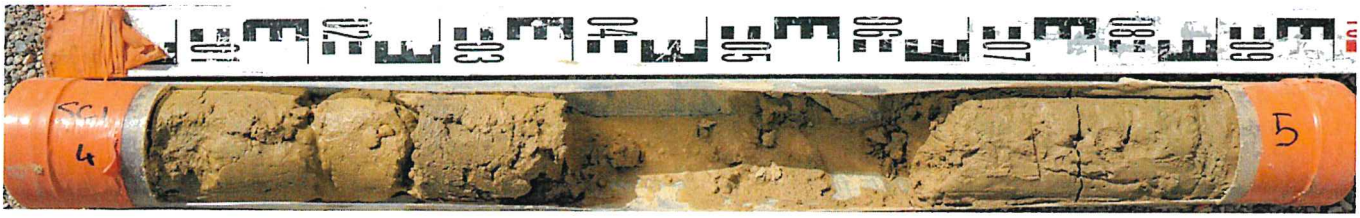
-3,00m

-3,00m



-4,00m

EI



-4,00m

-5,00m

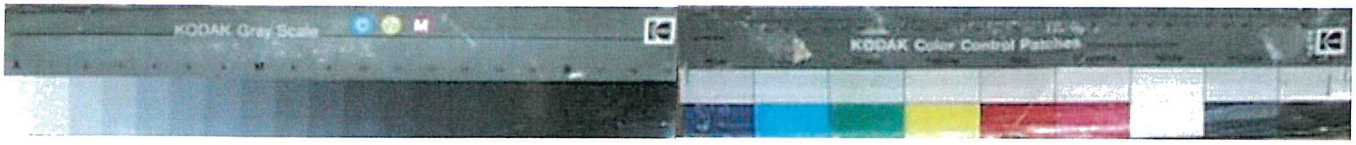
EGSA btp

EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

SC11

-5,00m à -10,00 m

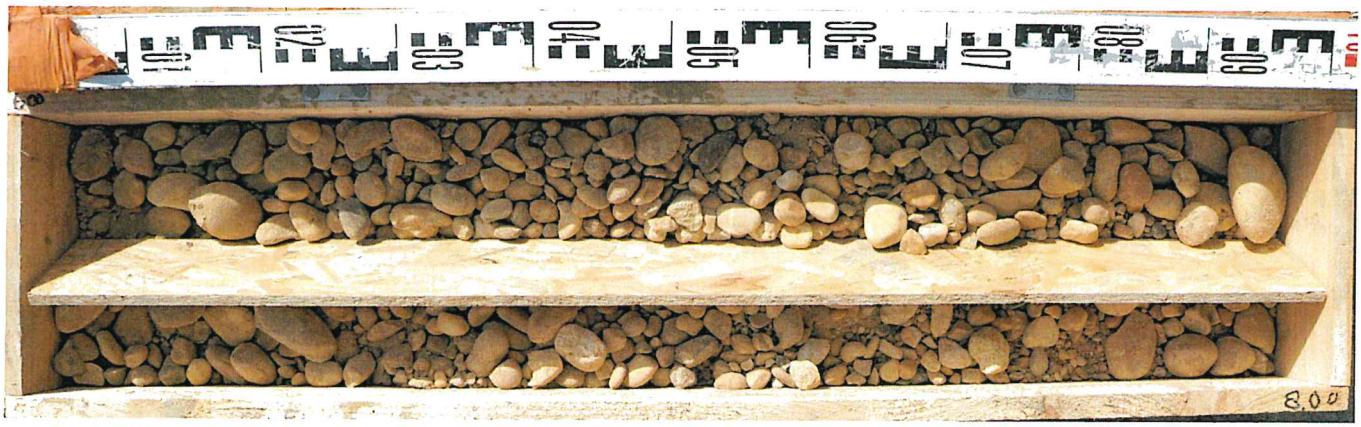
19-361
LUNEL - STEP
EXTENSION



-5,00 m

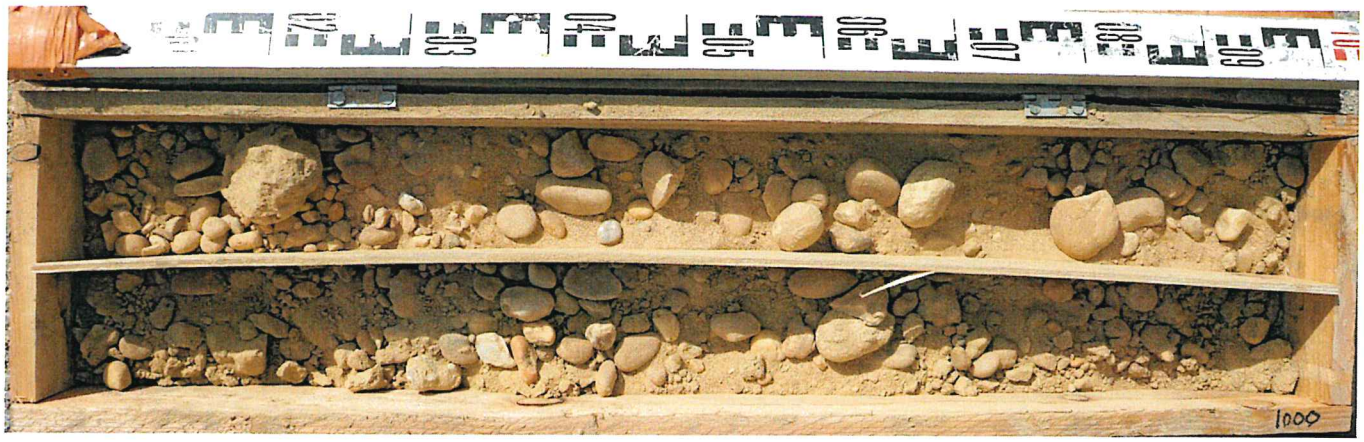
-6,00 m

-6,00 m



-8,00 m

-8,00 m



-10,00 m

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage carotté

Forage
SC12

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

Client
MAIRIE

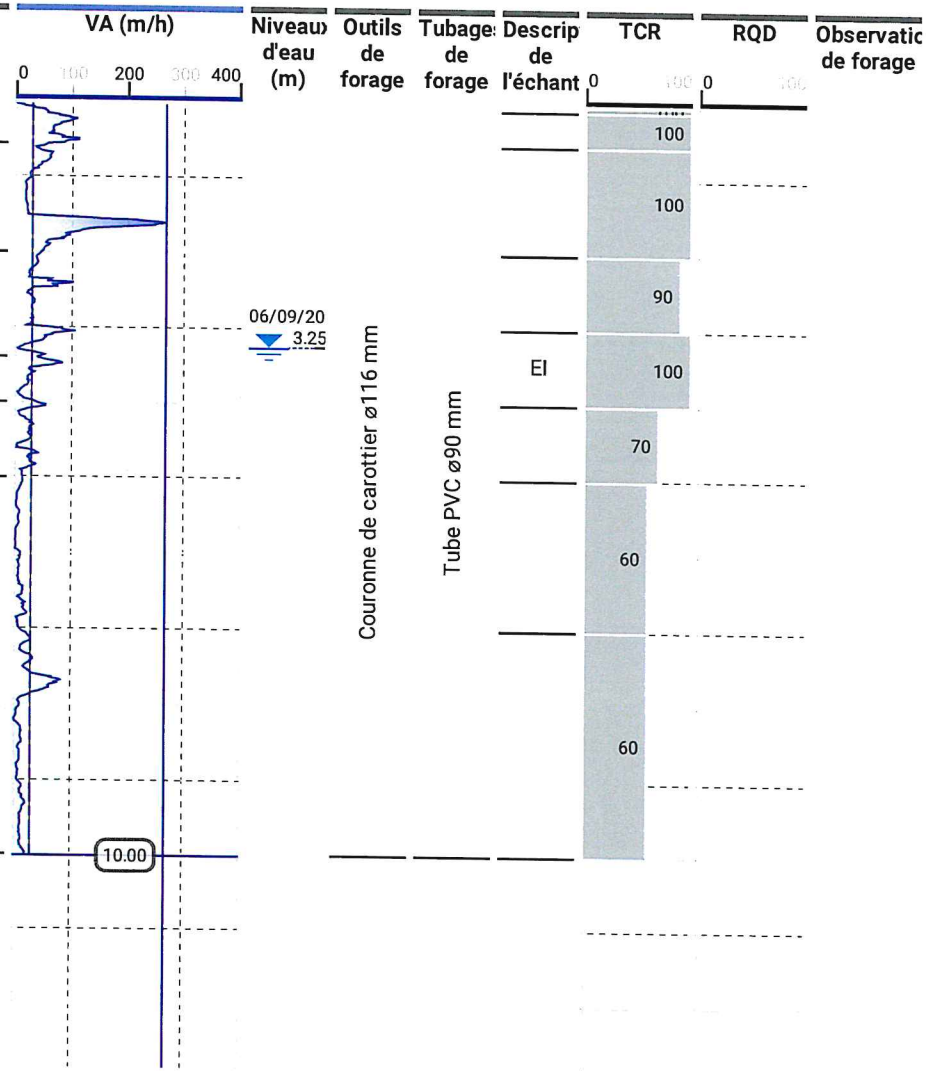
Date de fin
05/09/2019 12:58:52

Altitude (NGF)
3.6 m

Observation
Echelle : 1/100 - Tube PVC Ø 80/90 mm + Bouche à clef

Niveau d'eau
-3.25 m

Alt. NGF (m)	Prof. (m)	Figuré	Description
	0.55		Enrobé (5 cm) + remblai : sable gris-beige à graviers
	2		Limon finement sableux marron clair à quelques graves plus ou moins roulées
	3.4		Sable grossier beige à galets
	4		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige
	5		Sable grossier beige-gris à galets
	10		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige peu récupérée



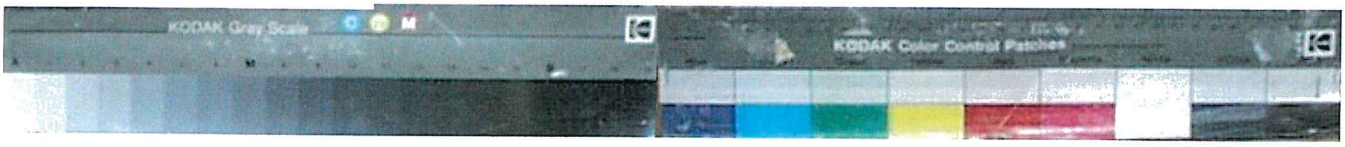
EGSA btp

EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

SC12

0,00 à -5,00 m

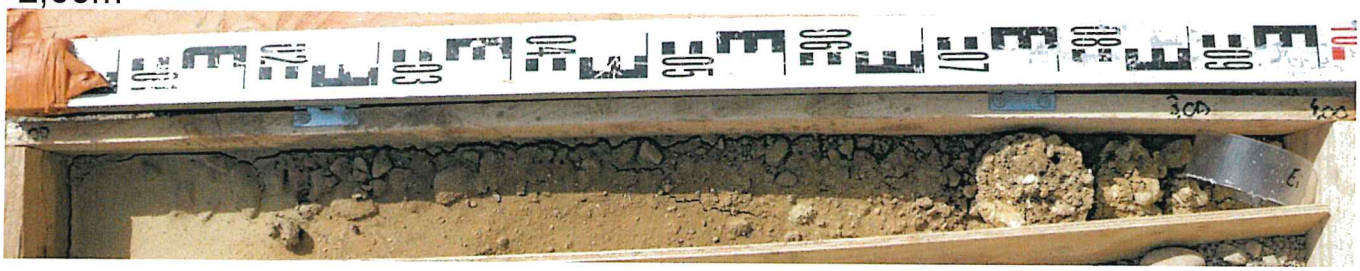
19-361
LUNEL - STEP
EXTENSION



0,00

-2,00 m

-2,00m



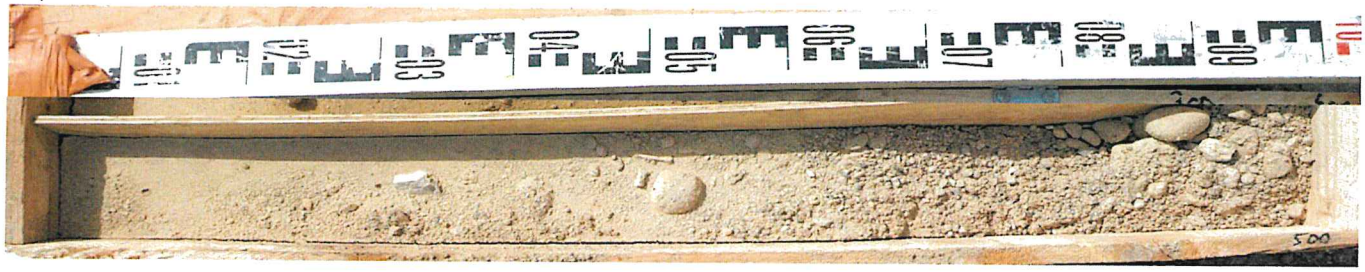
-3,00m

EI

-3,00m

-4,00m

-4,00m



-5,00m

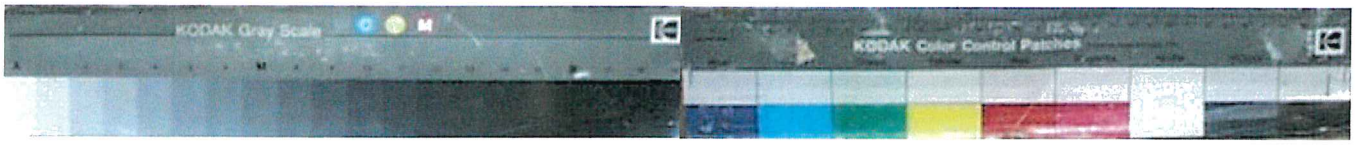
EGSA btp

EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

SC12

-5,00m à -10,00 m

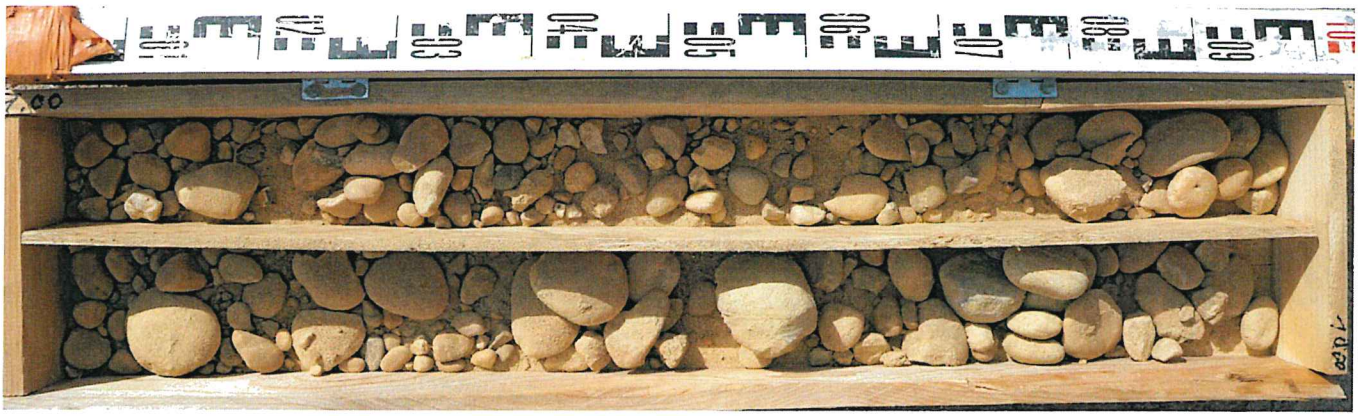
19-361
LUNEL - STEP
EXTENSION



-5,00 m

-7,00 m

-7,00 m



-10,00 m

GINGER
CEBTP

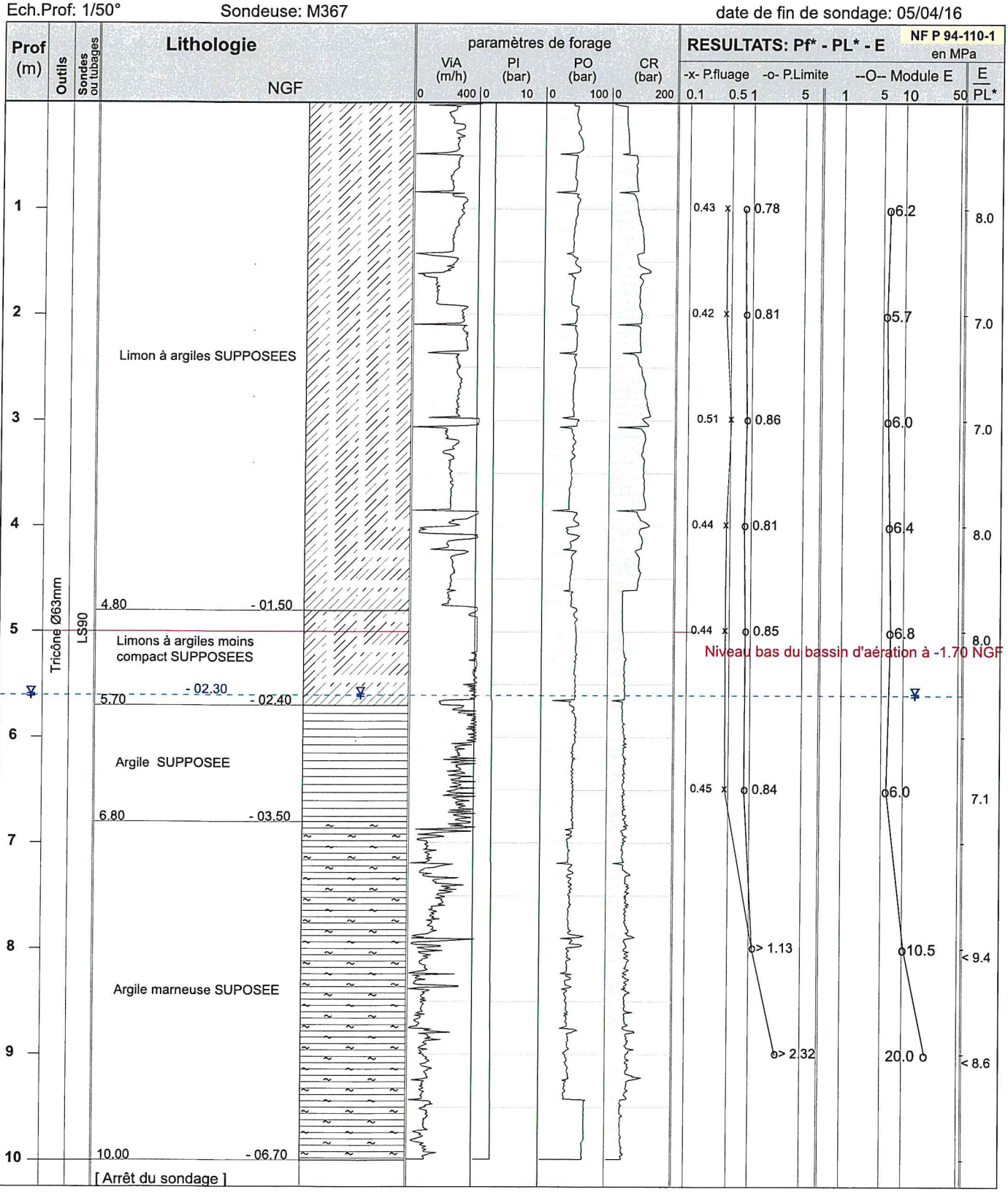
annexe:

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Chantier : LUNEL - Extension station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Coordonnées du sondage:
X : Y : Z : 3.3 (NGF)

Ech.Prof: 1/50° Sondeuse: M367 date de fin de sondage: 05/04/16



Logiciel DEPRESS - Version 3.85 du 08-12-2015 - Dépouillement d'essais pressiométriques selon norme NF P 94-110-1 -- [DQ.E158 - V.1 du 07/09/2011]

Observations : /
Edité le 27/04/2016

Nappe: niveau d'eau à 5.6 m.
niveau relevé le 27/04/16

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage pressiométrique

Forage
SP11

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

Client
MAIRIE

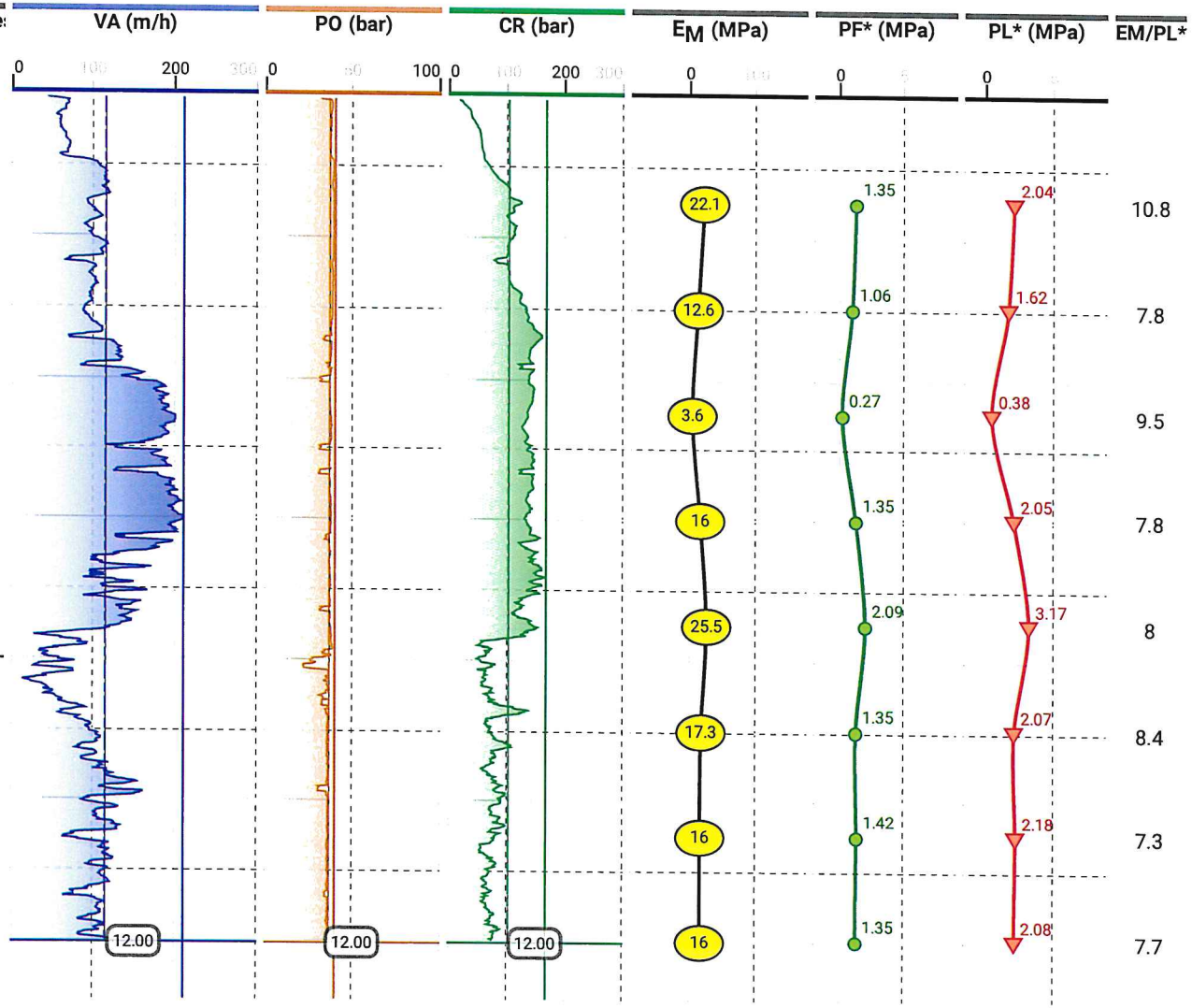
Date de fin
26/08/2019 13:10:42

Altitude (NGF)
3.3 m

Observation
Echelle : 1/100

Niveau d'eau
-2.9 m

Alt. NGF (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Tubages de forage
	0.9		Limon sableux marron clair			
	3.9		Limon sableux marron	06/09/2019 2.9	Tarière continue à âme pleine ø63 mm	Tube PVC ø40 mm
	6.6		Sable limoneux légèrement argileux marron clair à quelques galets			
	12		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige			



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage pressiométrique

Forage
SP12

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

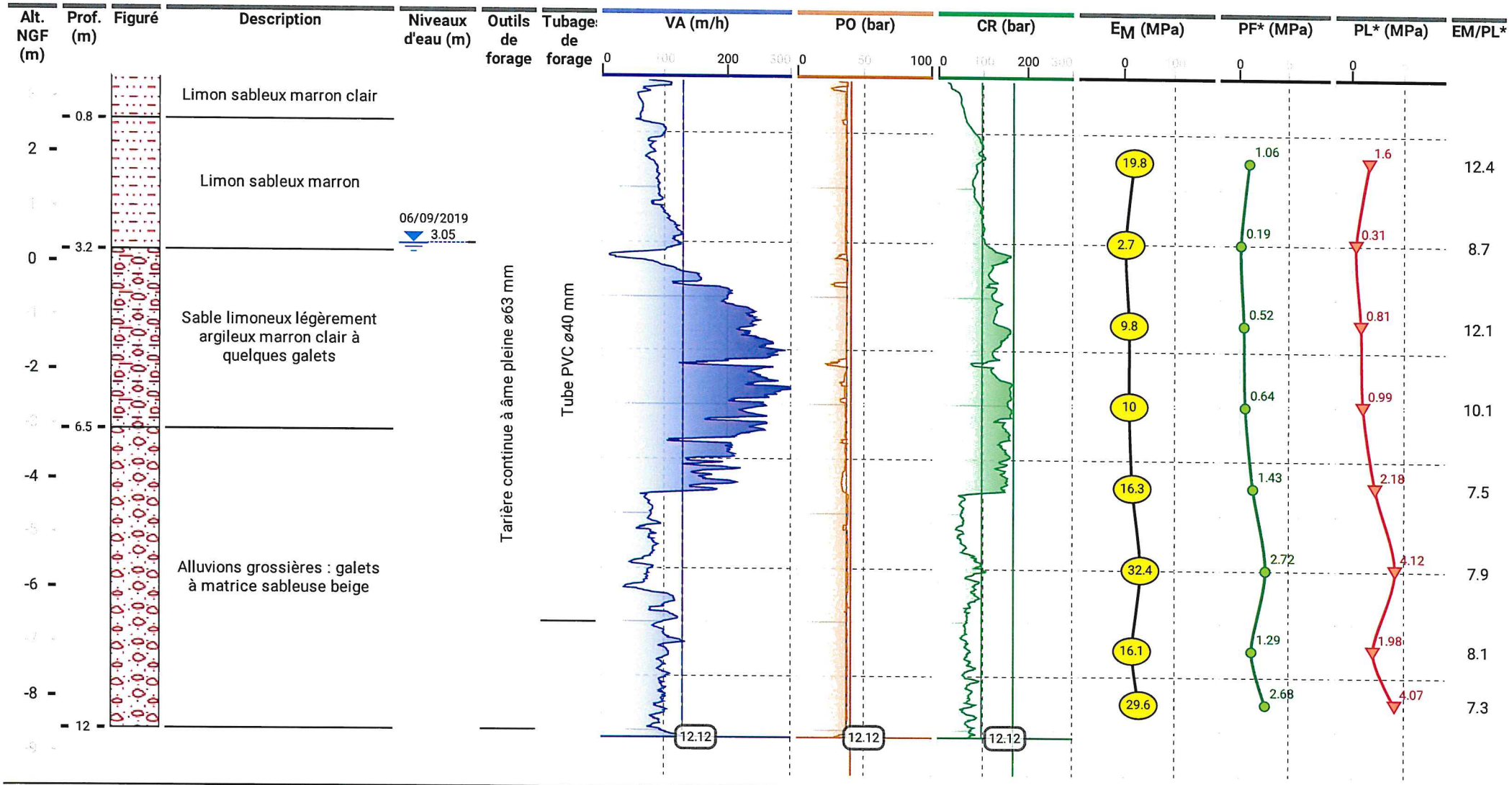
Client
MAIRIE

Date de fin
27/08/2019 09:27:44

Altitude (NGF)
3.4 m

Observation
Echelle : 1/100

Niveau d'eau
-3.05 m



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage pressiométrique

Forage
SP13

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

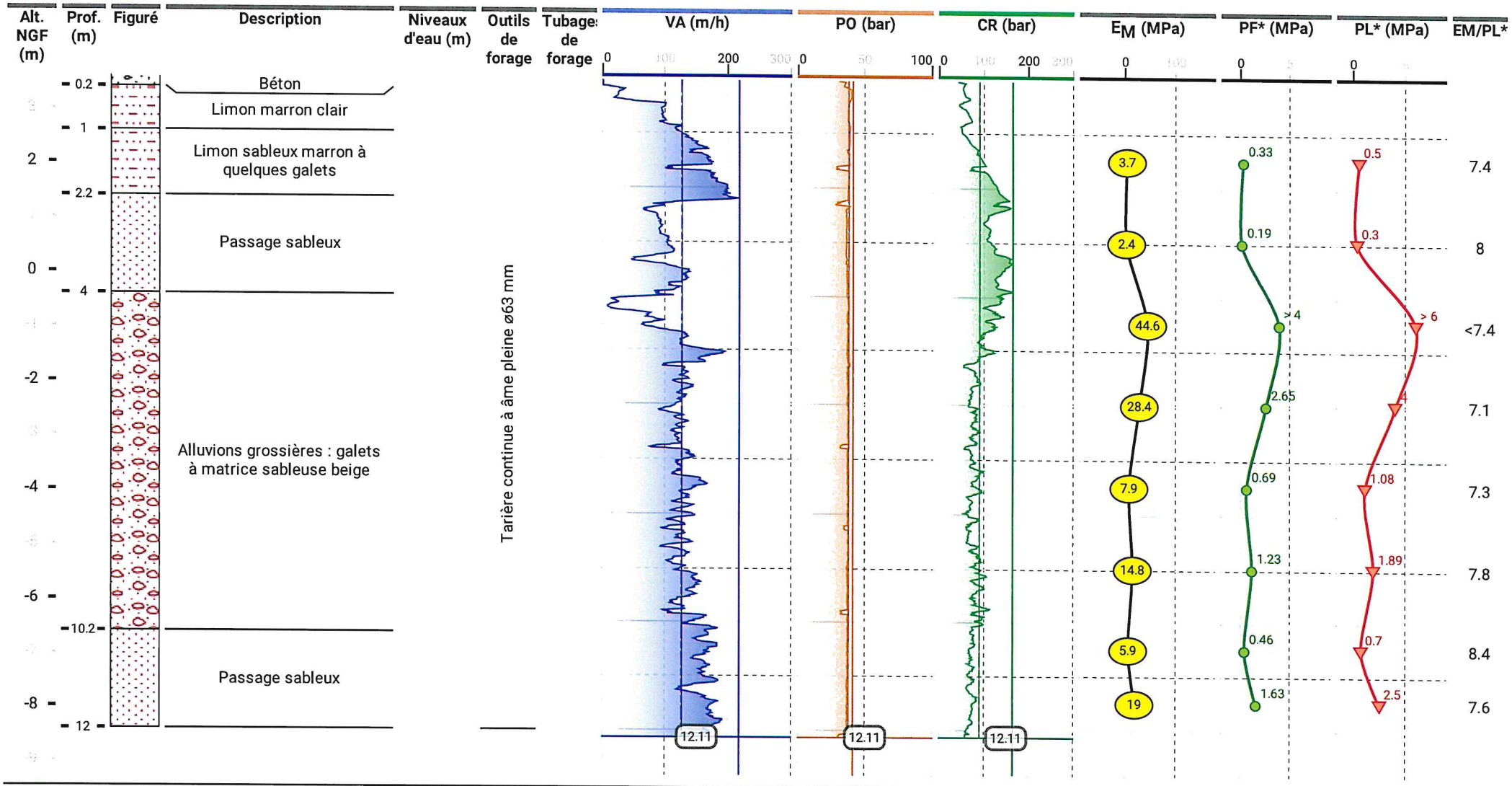
Client
MAIRIE

Date de fin
30/08/2019 11:47:04

Altitude (NGF)
3.6 m

Observation
Echelle : 1/100

Niveau d'eau



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage pressiométrique

Forage
SP14

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

Client
MAIRIE

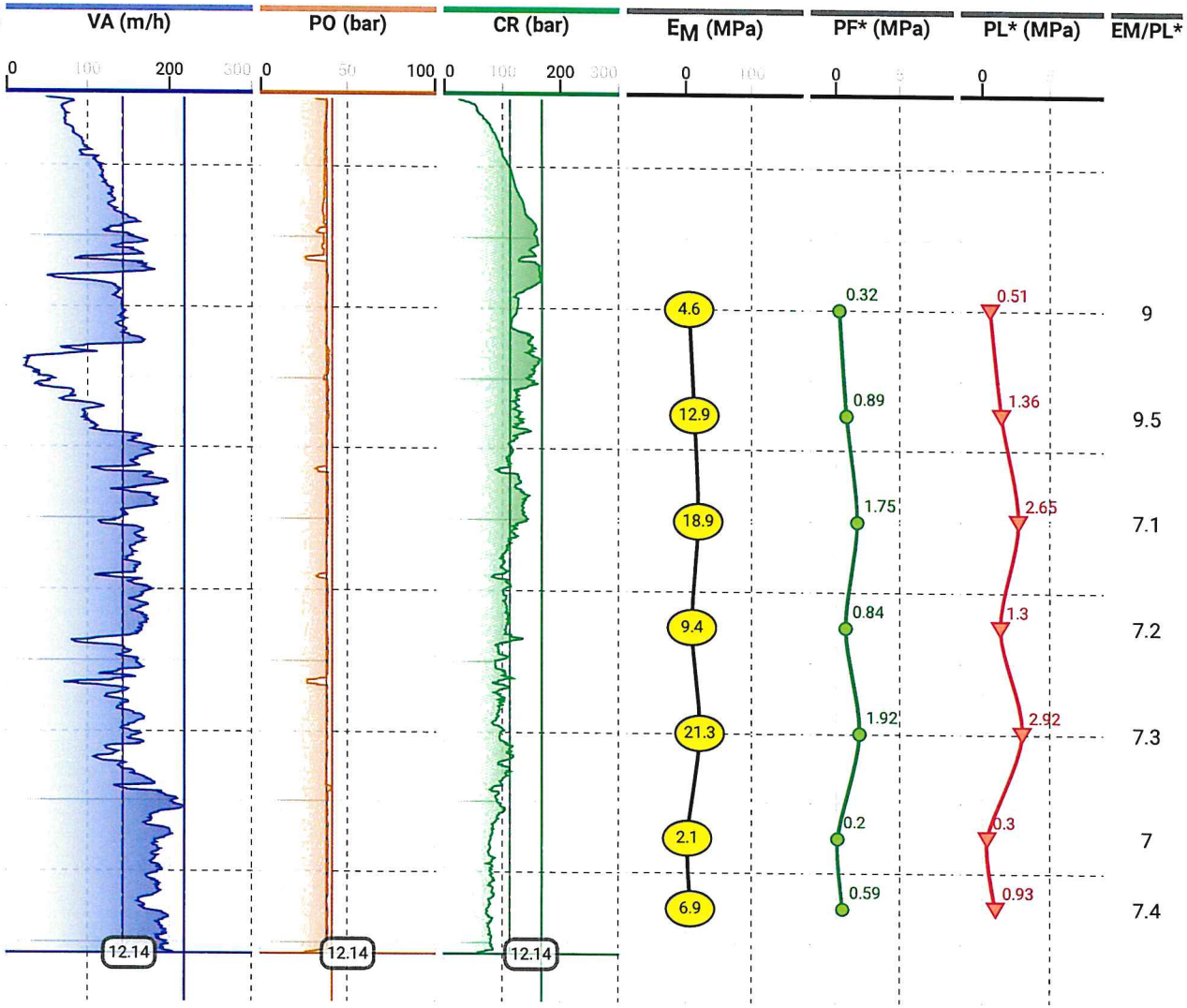
Date de fin
03/09/2019 10:16:31

Altitude (NGF)
3.7 m

Observation
Echelle : 1/100

Niveau d'eau

Alt. NGF (m)	Prof. (m)	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Tubages de forage
	1	Limon sableux marron			
2		Limon sableux marron à quelques galets			
0	3.5	Sable beige compact			
	5				
-2		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige		Tarière continue à âme pleine ø63 mm	
-4					
-6	10.2				
		Passage sableux			
-8	12				



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage pressiométrique

Forage
SP15

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

Client
MAIRIE

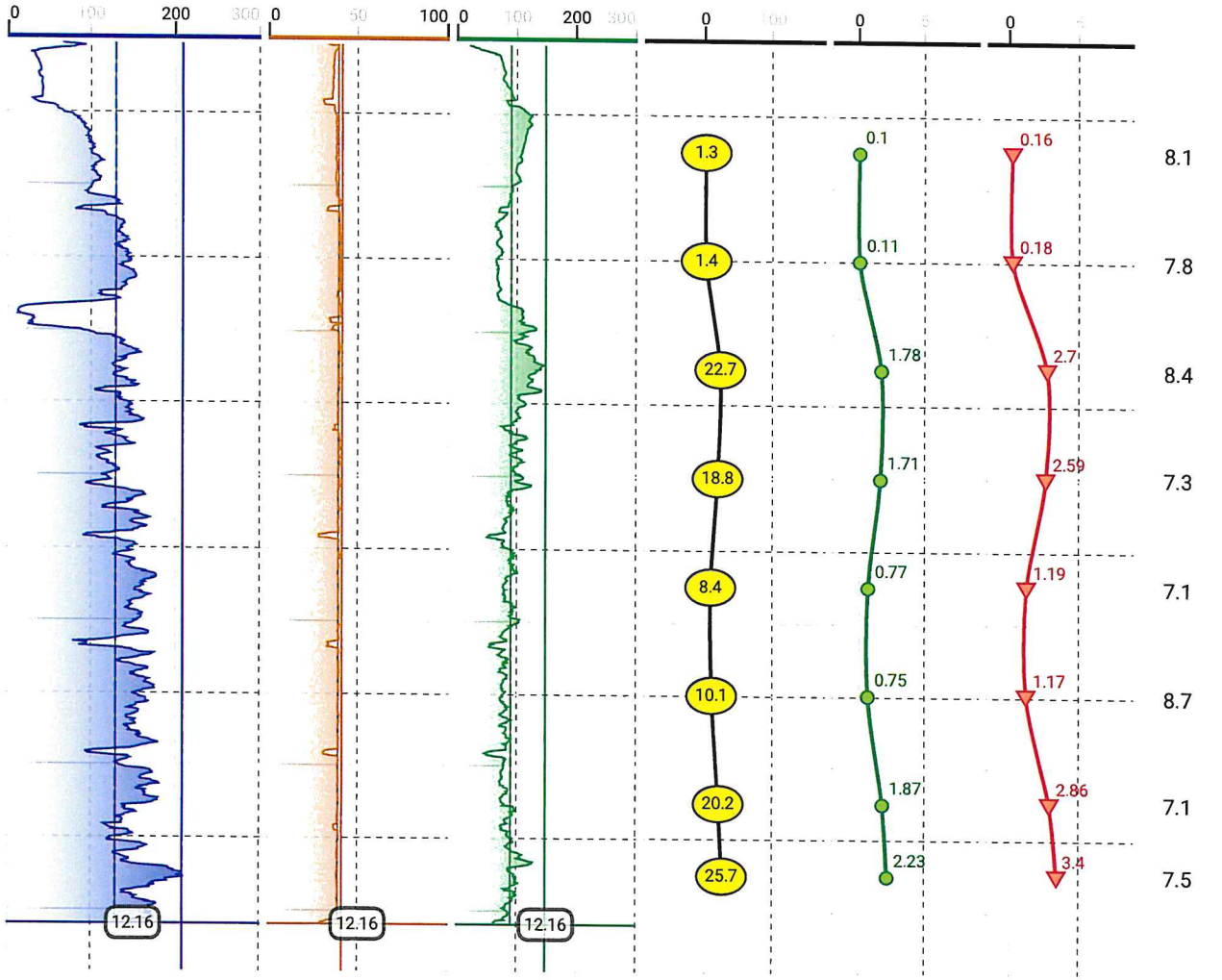
Date de fin
02/09/2019 13:04:43

Altitude (NGF)
4.1 m

Observation
Echelle : 1/100

Niveau d'eau
-3.5 m

Alt. NGF (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Tubages de forage
4	0.9		Remblai : limon marron à quelques petites graves			
2	3.6		Remblai : sable à graves et débris de plastiques	02/09/2019 3.5	Tarière continue à âme pleine ø63 mm	
0	4		Blocs (remblai possible)			
-2, -4, -6, -8	12		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige			



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Sondage pressiométrique

Forage
SP16

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

Client
MAIRIE

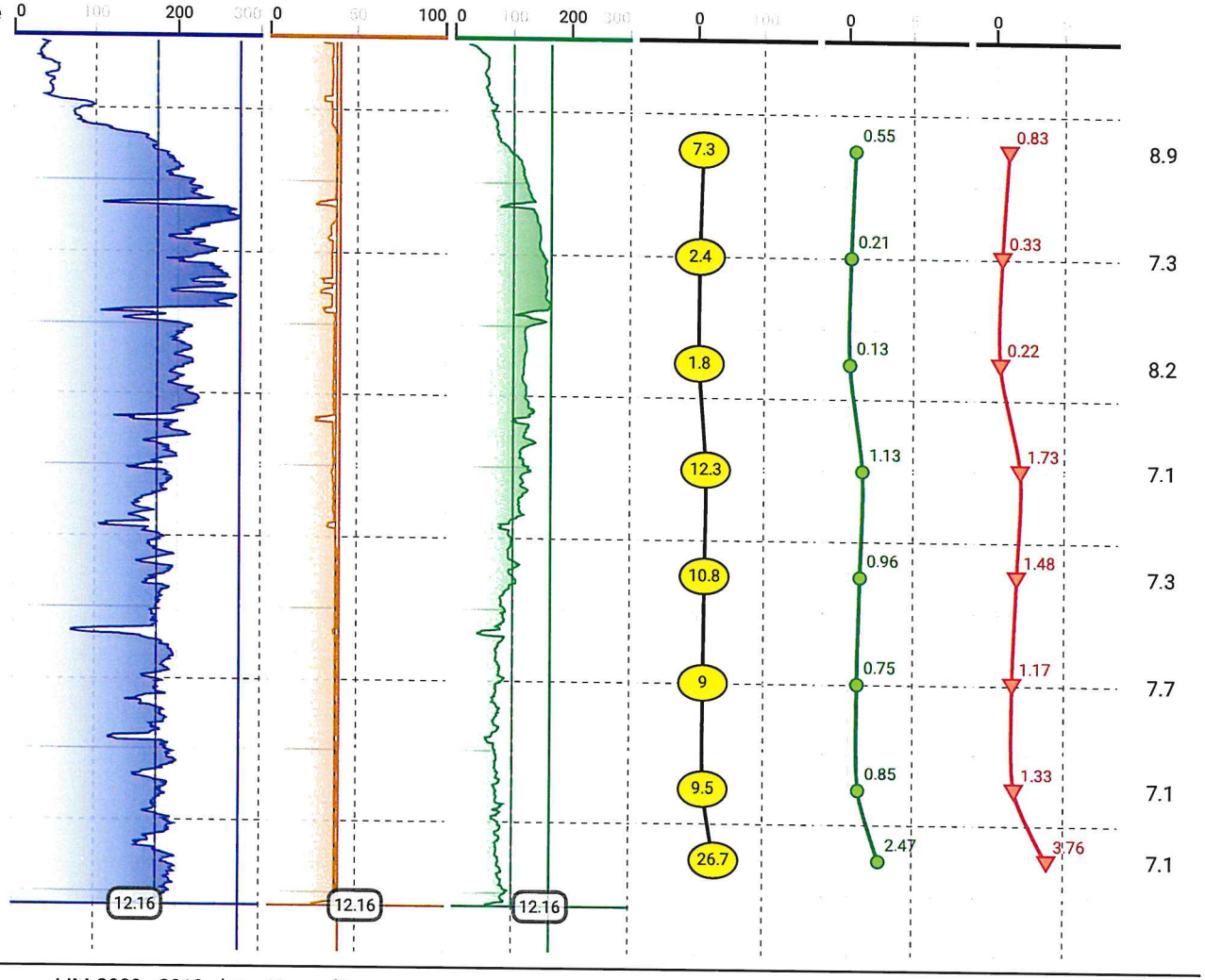
Date de fin
02/09/2019 13:21:24

Altitude (NGF)
3.8 m

Observation
Echelle : 1/100

Niveau d'eau

Alt. NGF (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Tubages de forage
	1.2		Remblai : sable beige à graves			
	3.8		Remblai : limon sableux marron à graves		Tarière continue à âme pleine ø63 mm	
	5.3		Limon sableux marron clair à quelques galets			
	12		Alluvions grossières : galets à matrice sableuse beige			



GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P1

annexe:

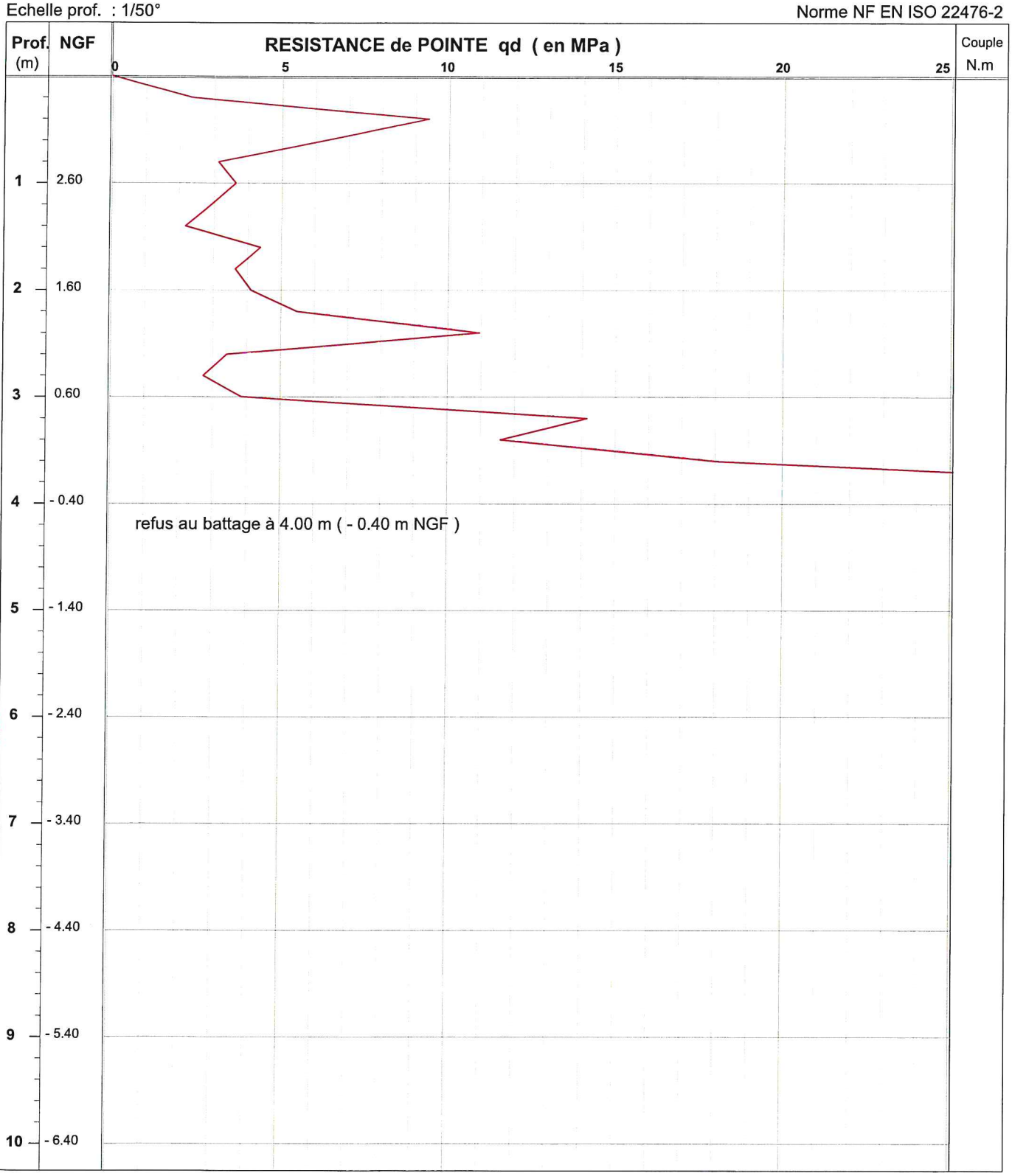
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.6 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P2

annexe:

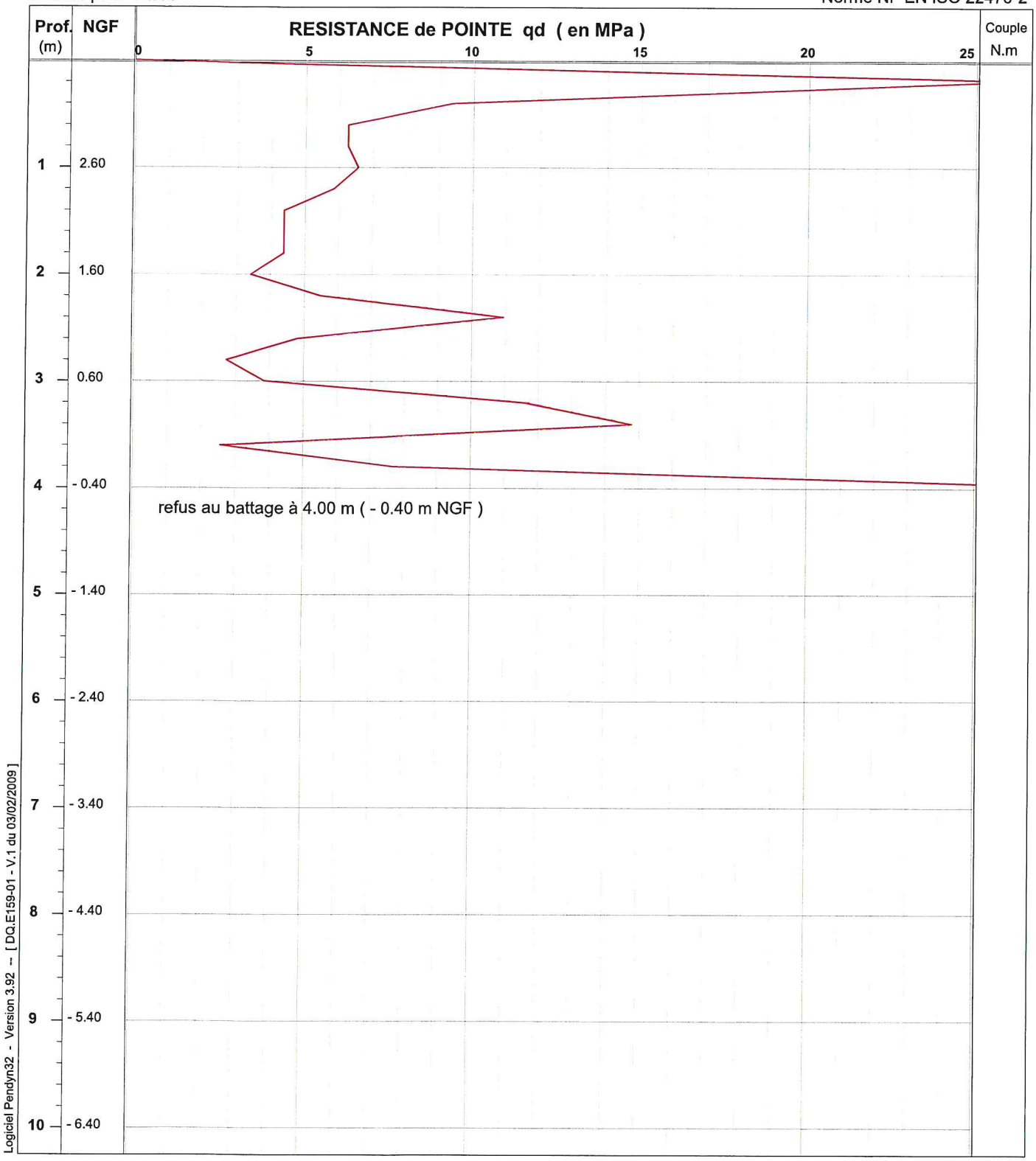
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.6 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

annexe:

PENETROMETRE DYNAMIQUE P3

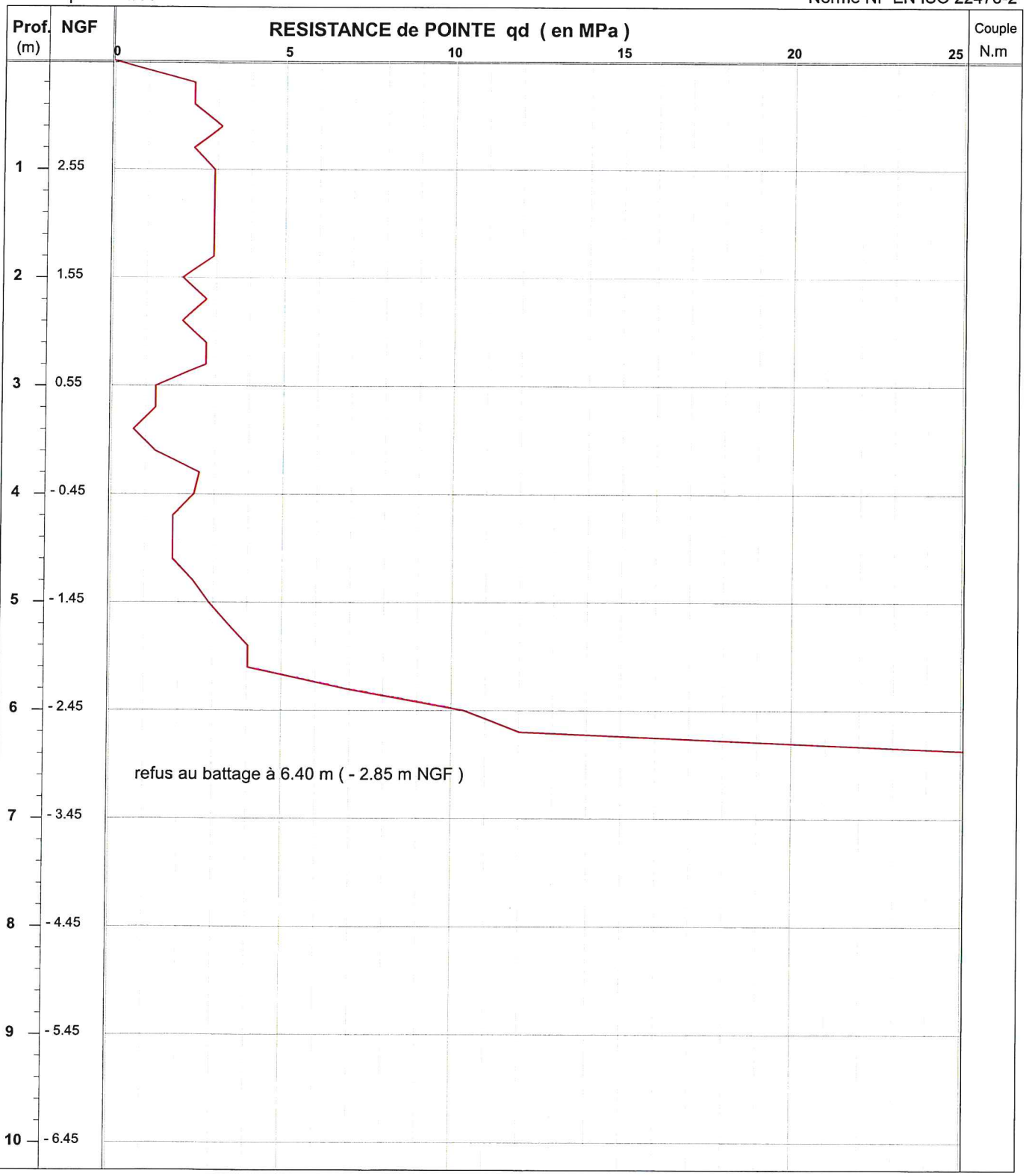
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.55 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 – [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P4

annexe:

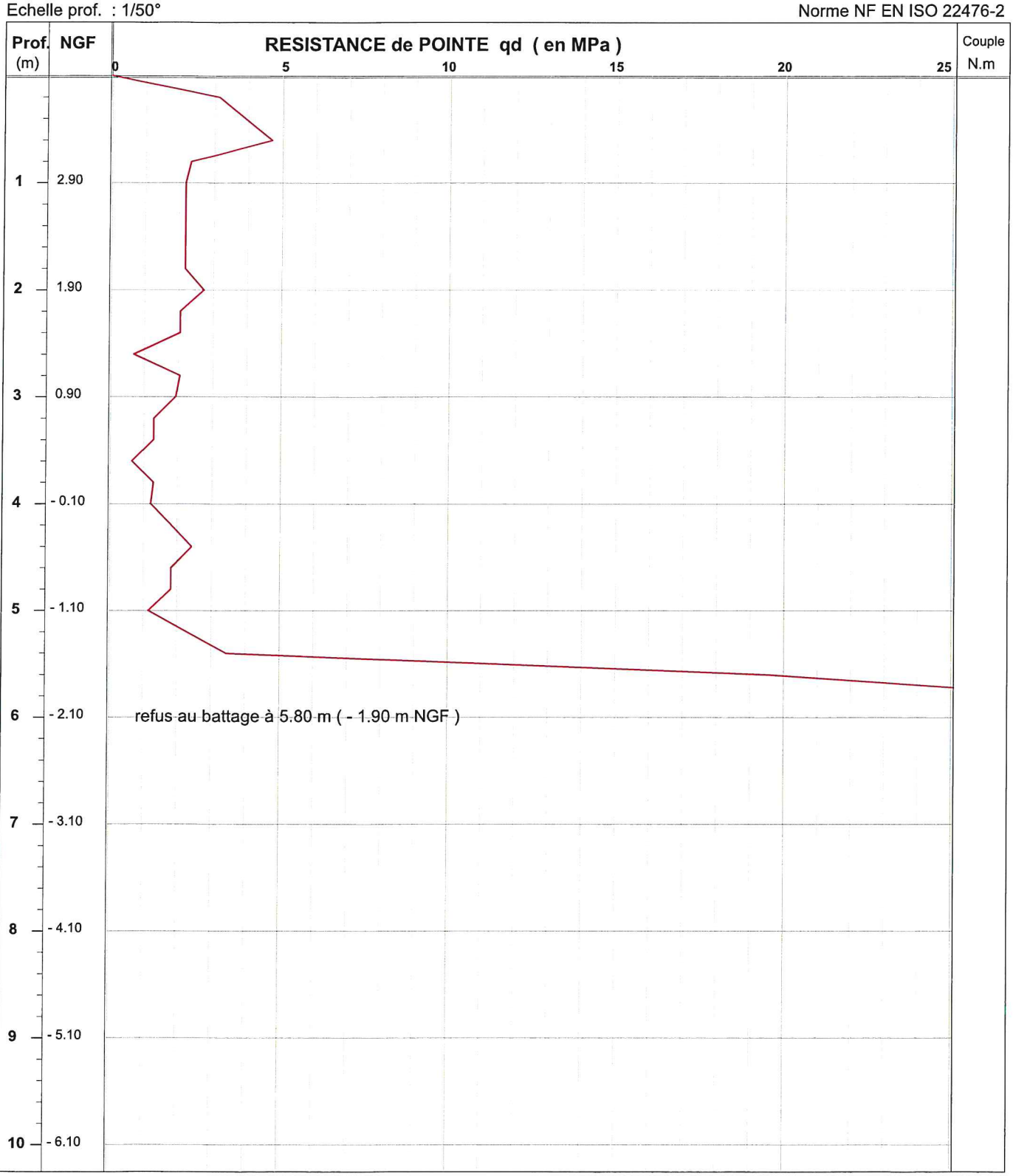
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.9 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P5

annexe:

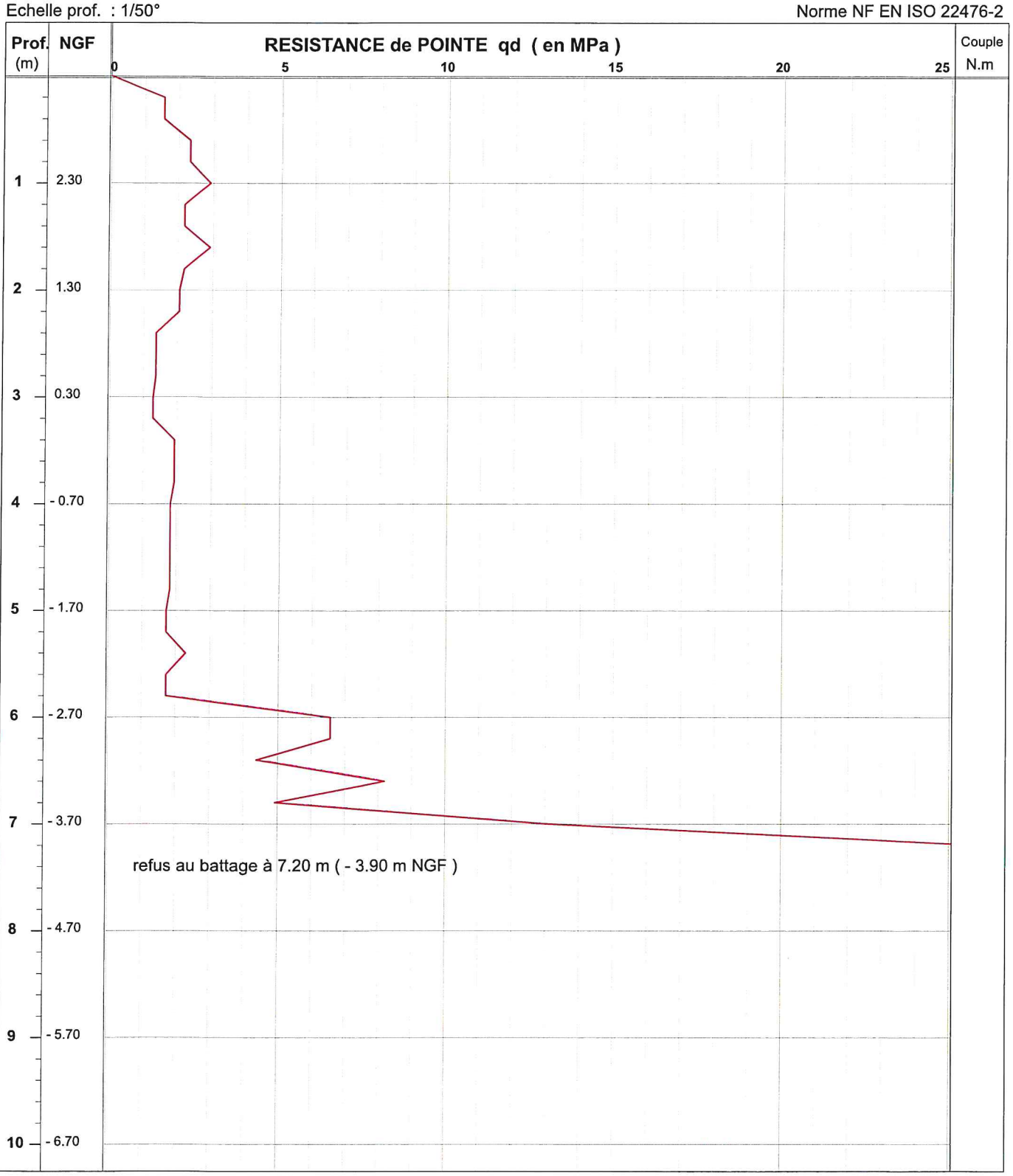
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.3 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P6

annexe:

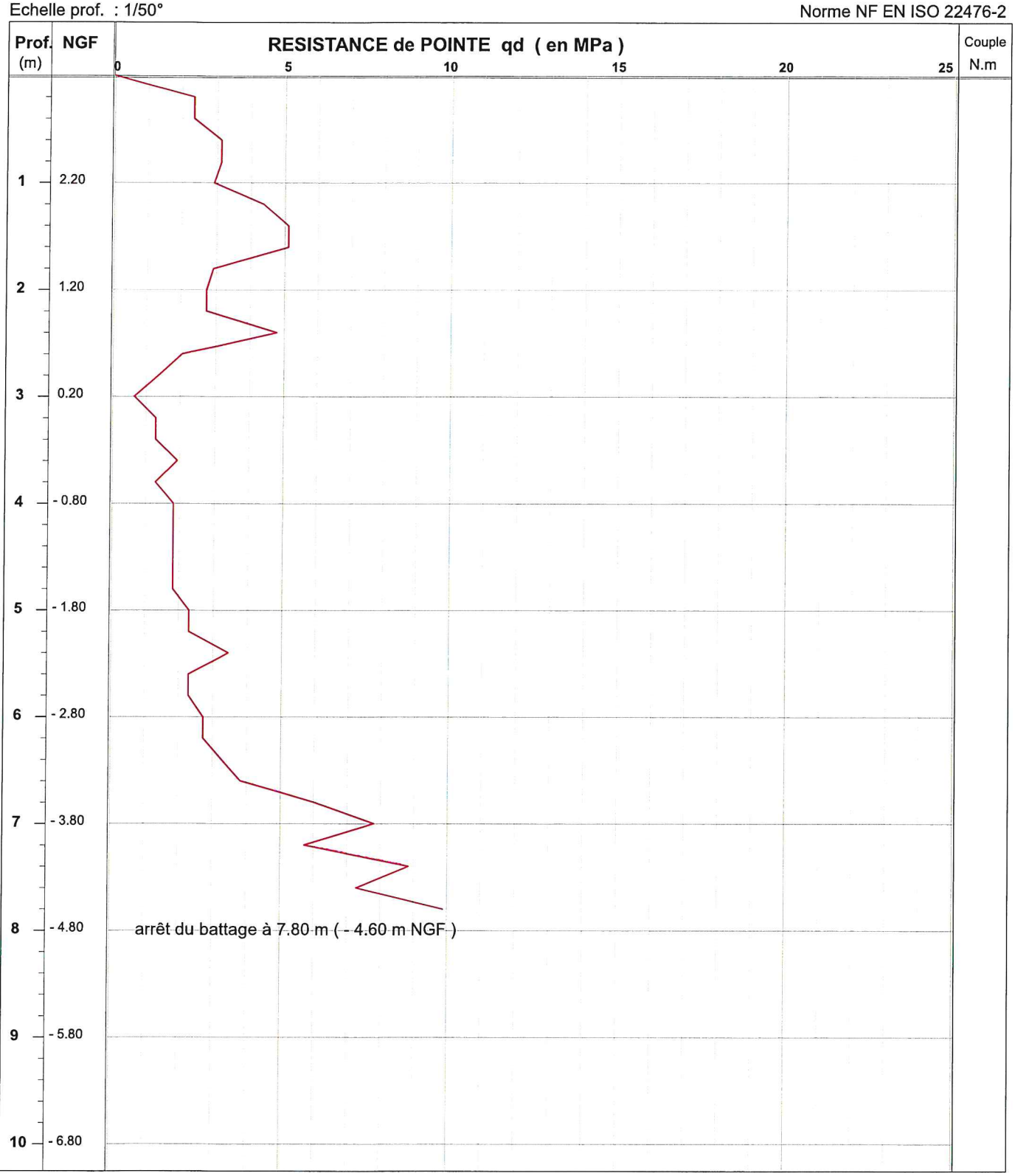
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.2 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P7

annexe:

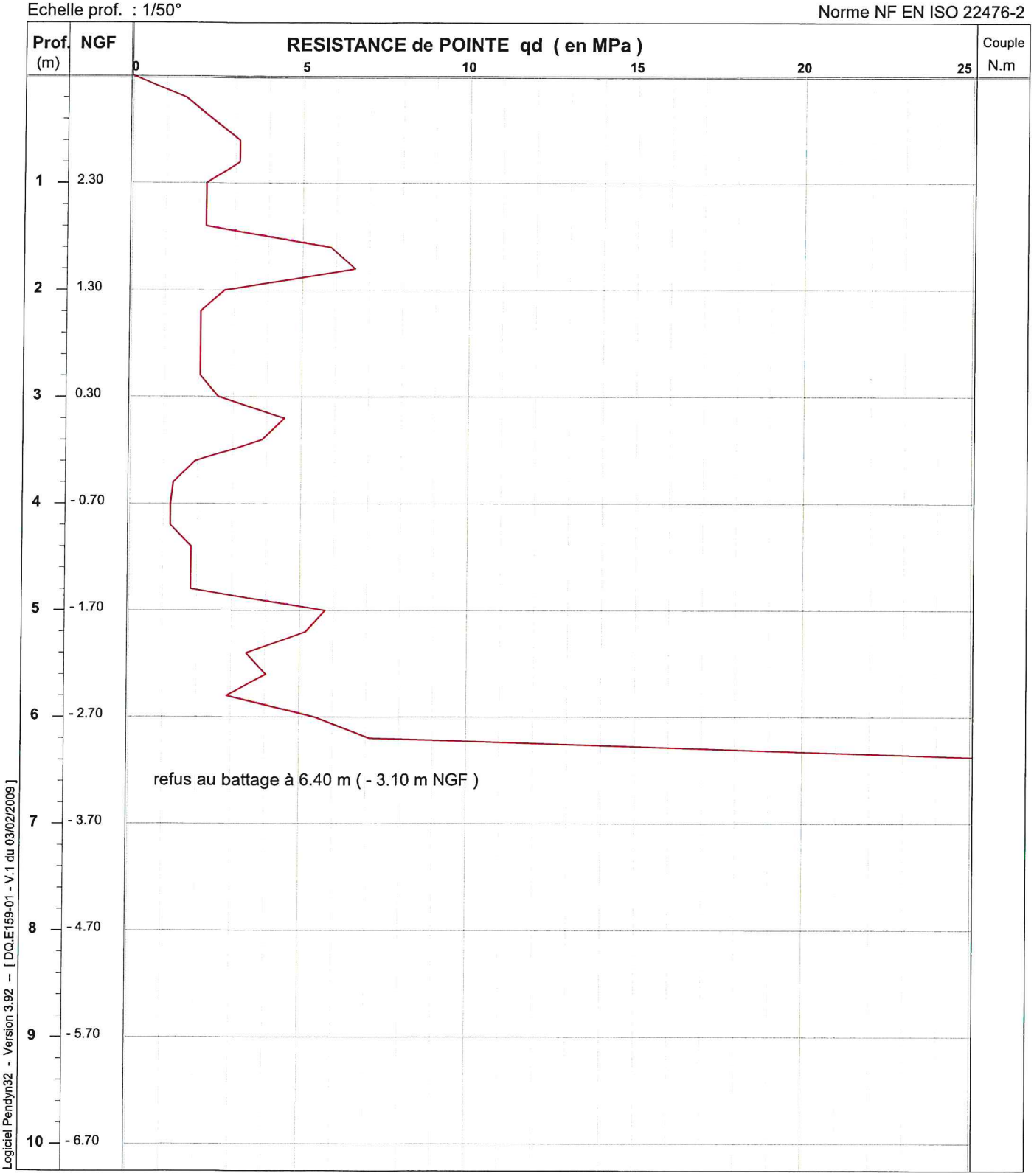
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.3 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P8

annexe:

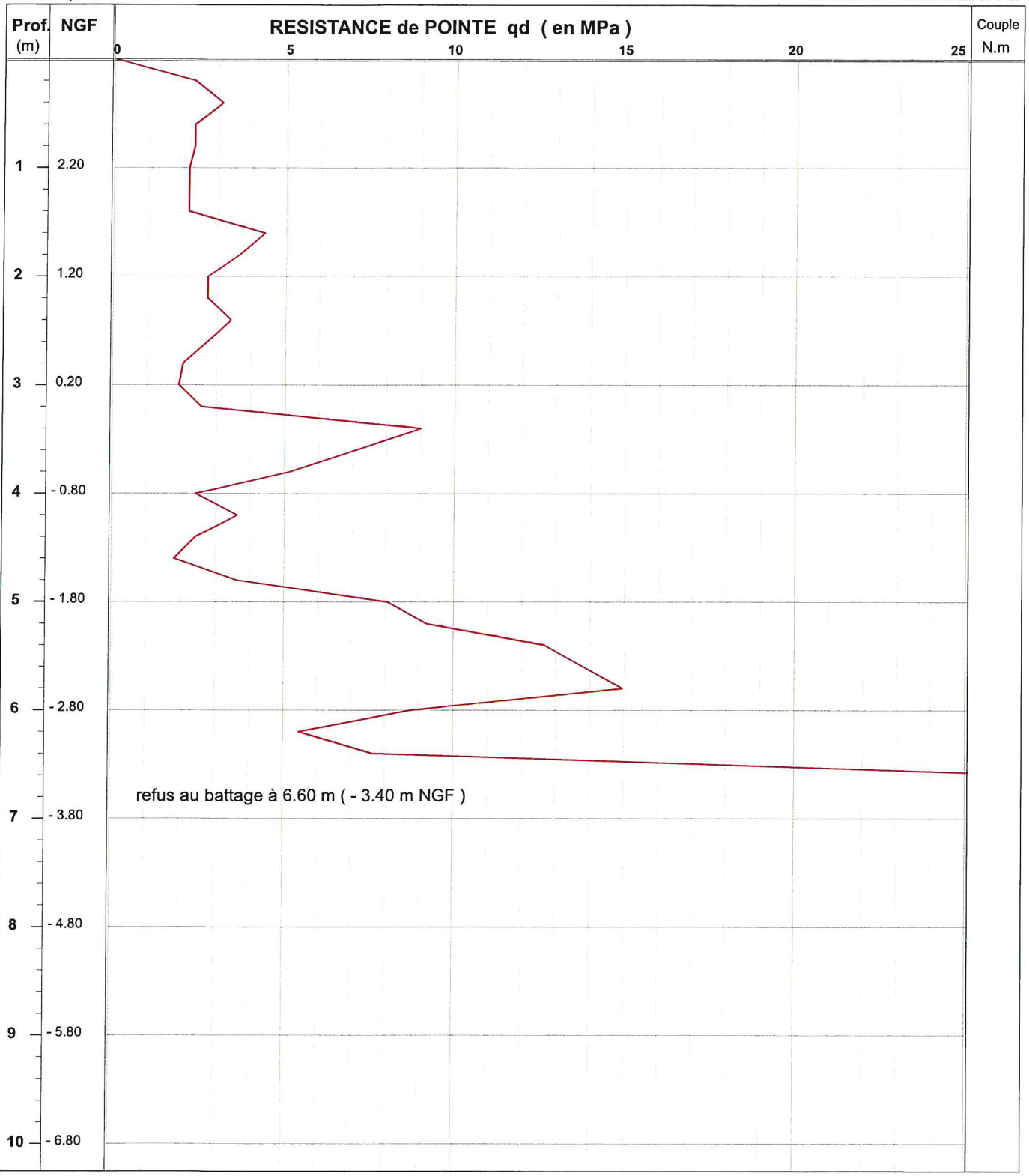
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 3.2 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 – [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

annexe:

PENETROMETRE DYNAMIQUE P9

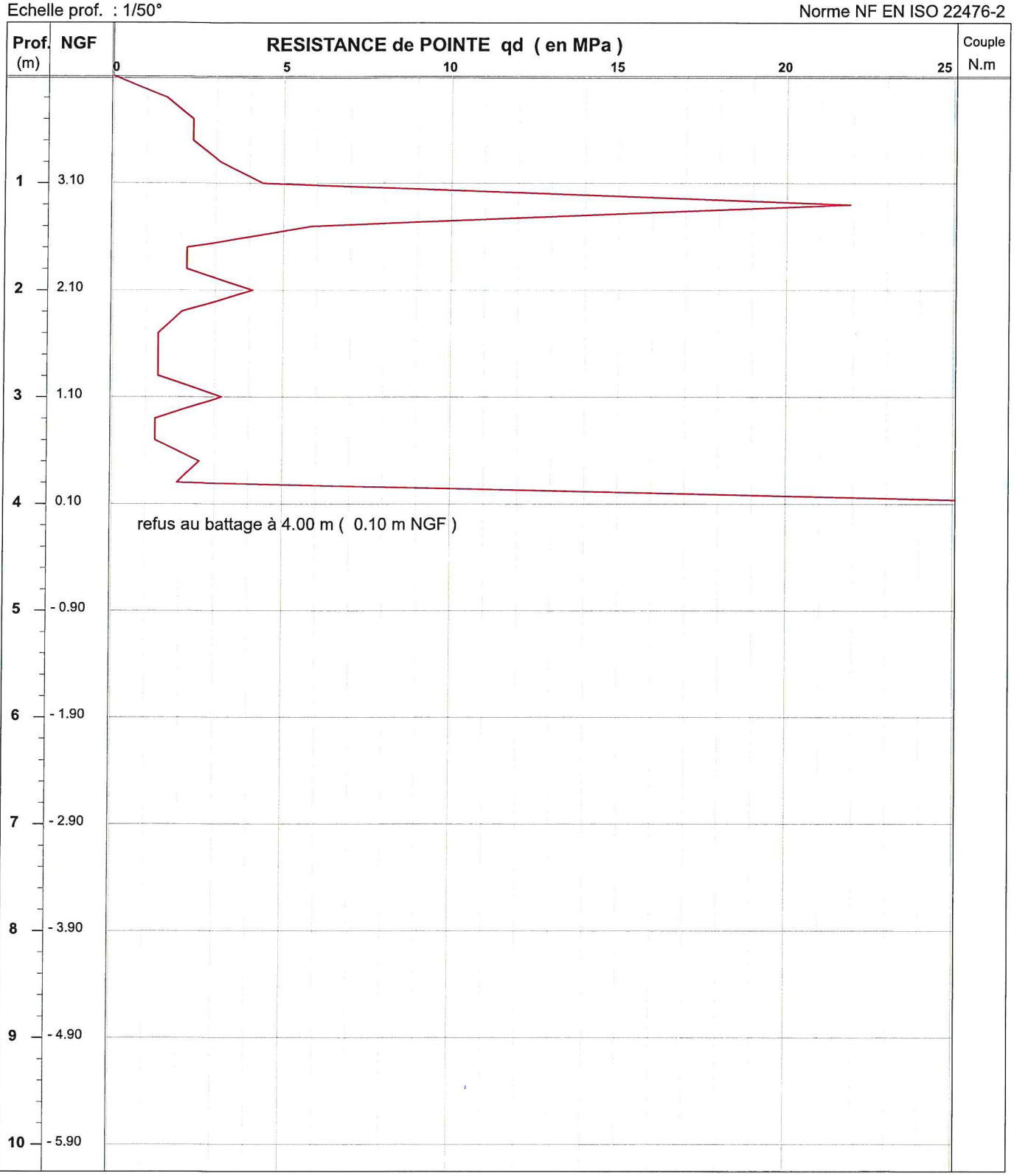
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 4.1 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : Refus franc probablement sur un bloc

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

PENETROMETRE DYNAMIQUE P10

annexe:

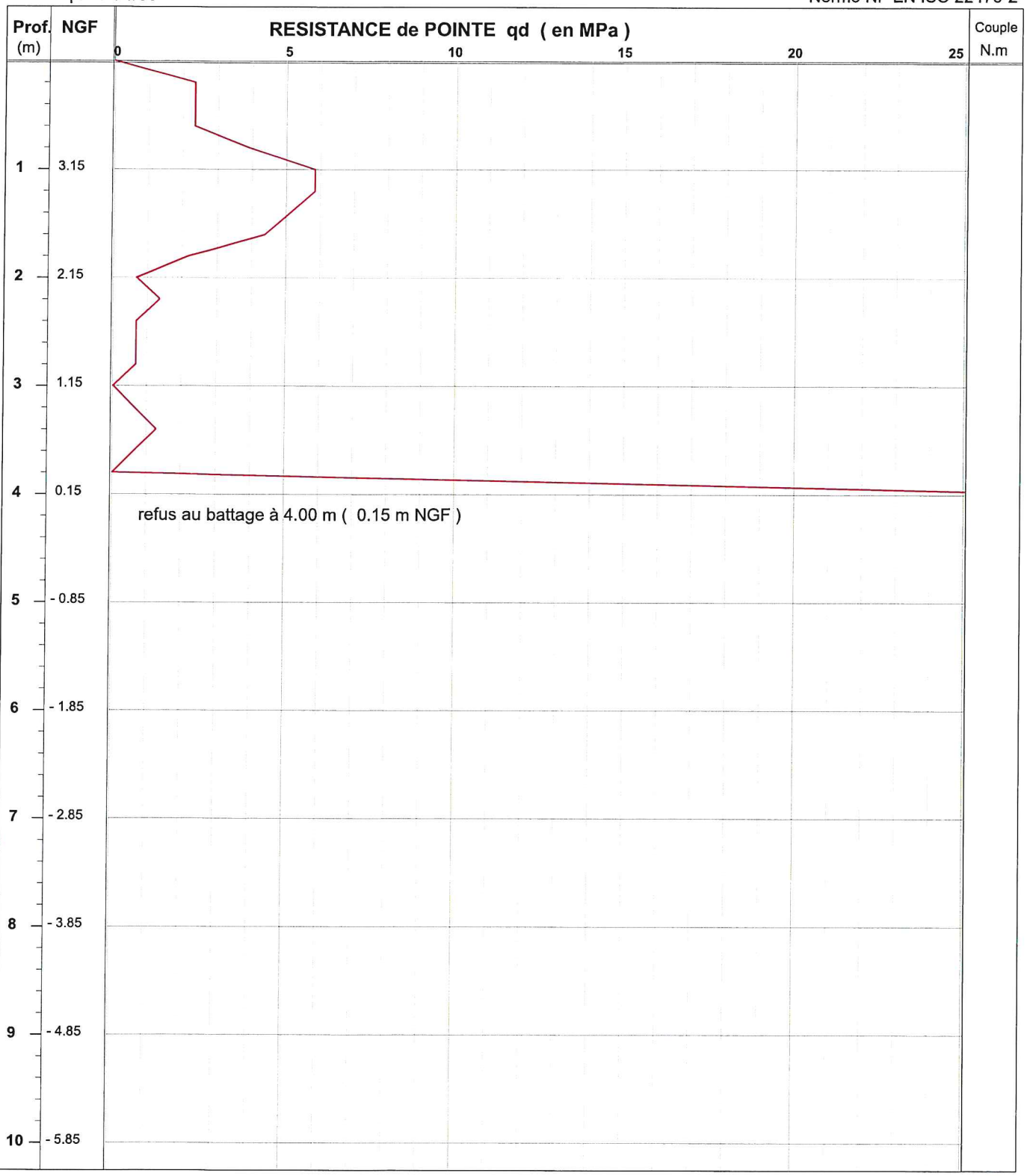
Chantier : Extension de la station d'épuration

Client : Mairie de LUNEL
Dossier : CMO2.G.2015
Date essai : 12/04/2016

Localisation essai
- X :
- Y :
- Z : 4.15 (NGF)

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 3.92 -- [DQ.E159-01 - V.1 du 03/02/2009]

MATERIEL UTILISE : Geotool 2015 Etalonné le 12/01/2015 --- Coef.[Er] utilisé: 0.85

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipage mobile 14 kg - tiges de 1 m. et de 6 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : Refus franc probablement sur un bloc

Edité le 27/04/2016

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Pénétromètre dynamique

Forage
PD11

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

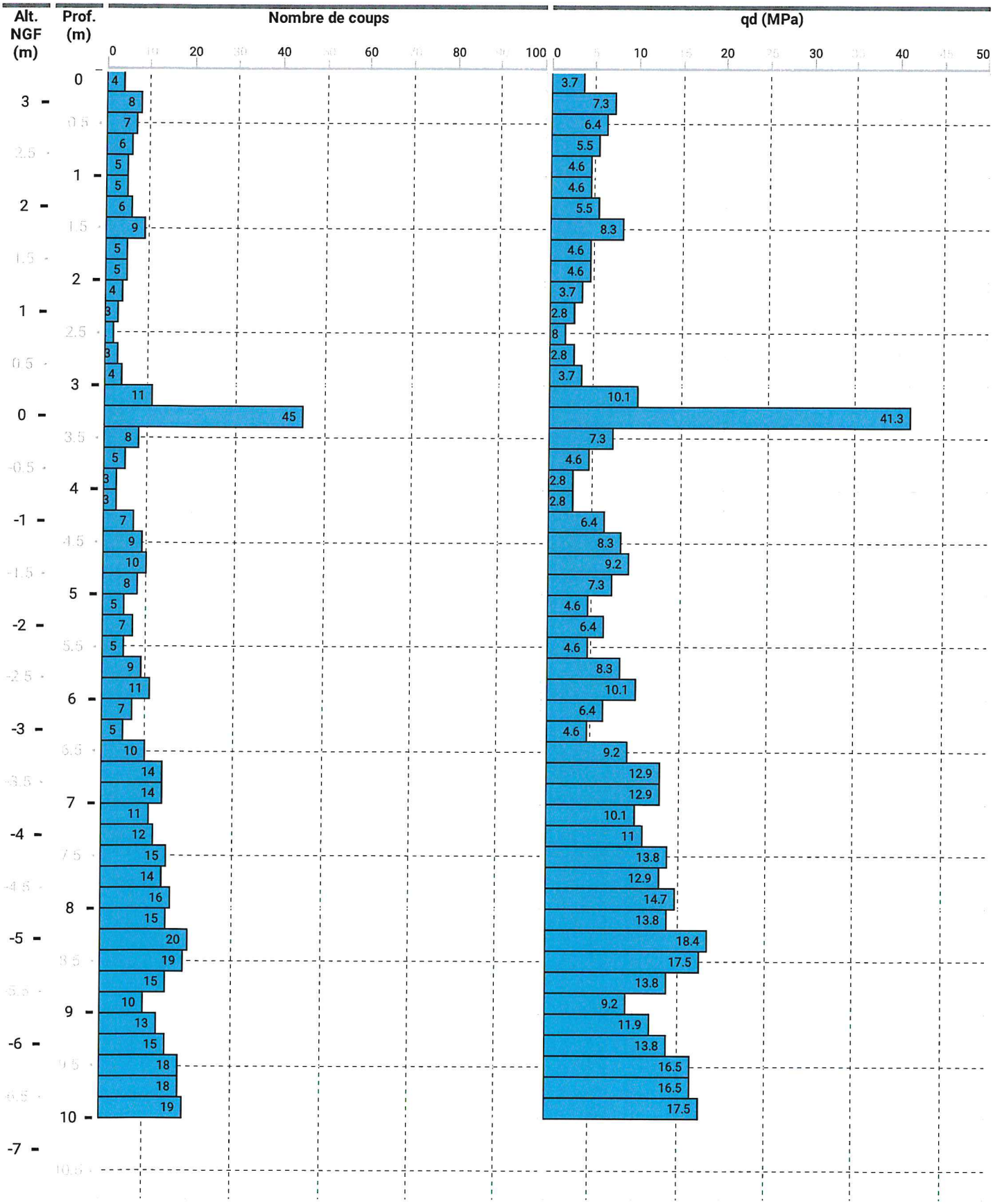
Client
MAIRIE

Date de fin
30/08/2019 00:00:00

Altitude (NGF)
3.3 m

Observation
Echelle : 1/50 - Arrêt à -10.00 m/TA

Niveau d'eau



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Pénétromètre dynamique

Forage
PD12

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

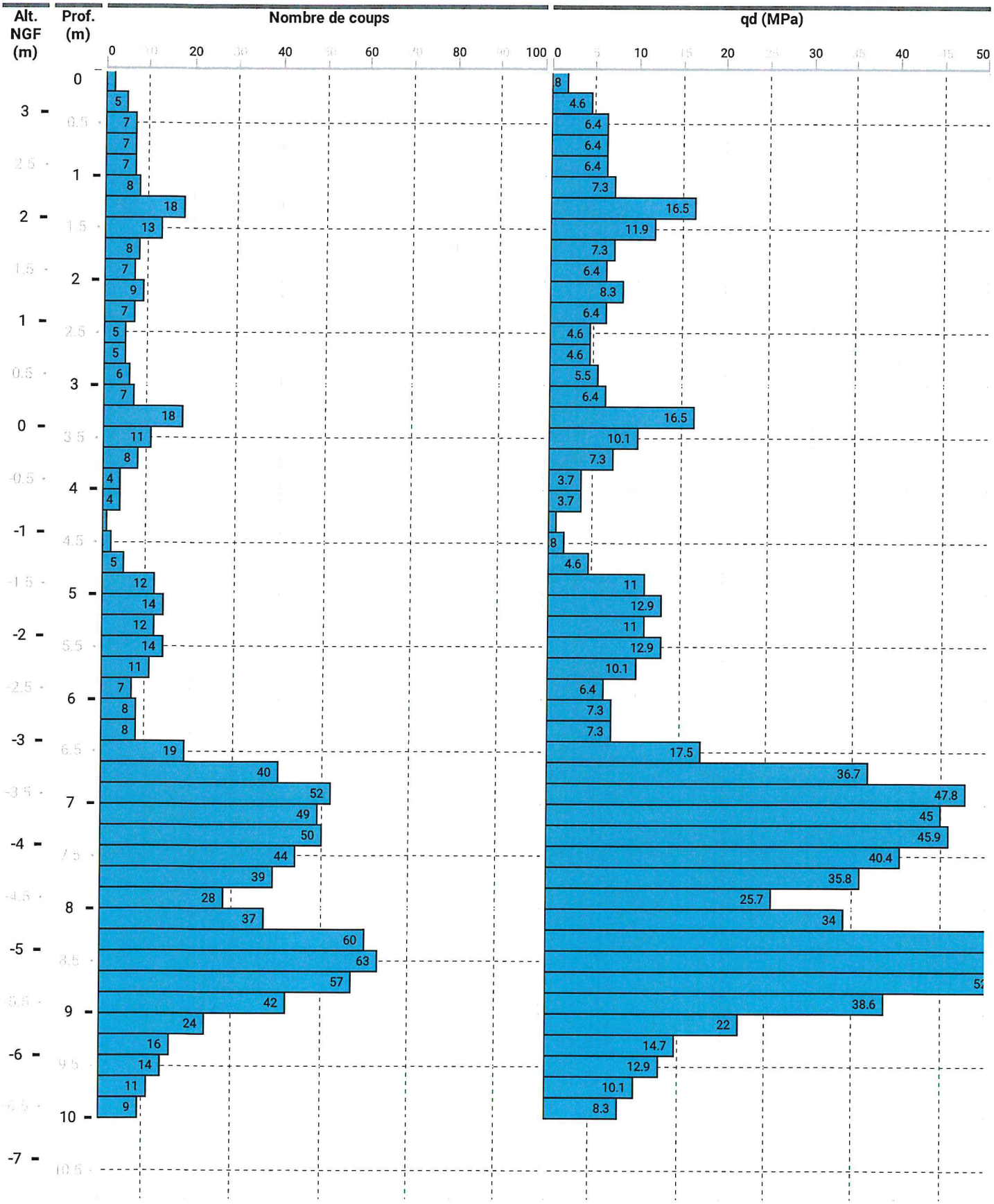
Client
MAIRIE

Date de fin
30/08/2019 00:00:00

Altitude (NGF)
3.4 m

Observation
Echelle : 1/50 - Arrêt à -10.00 m/TA

Niveau d'eau



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Pénétromètre dynamique

Forage
PD13

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

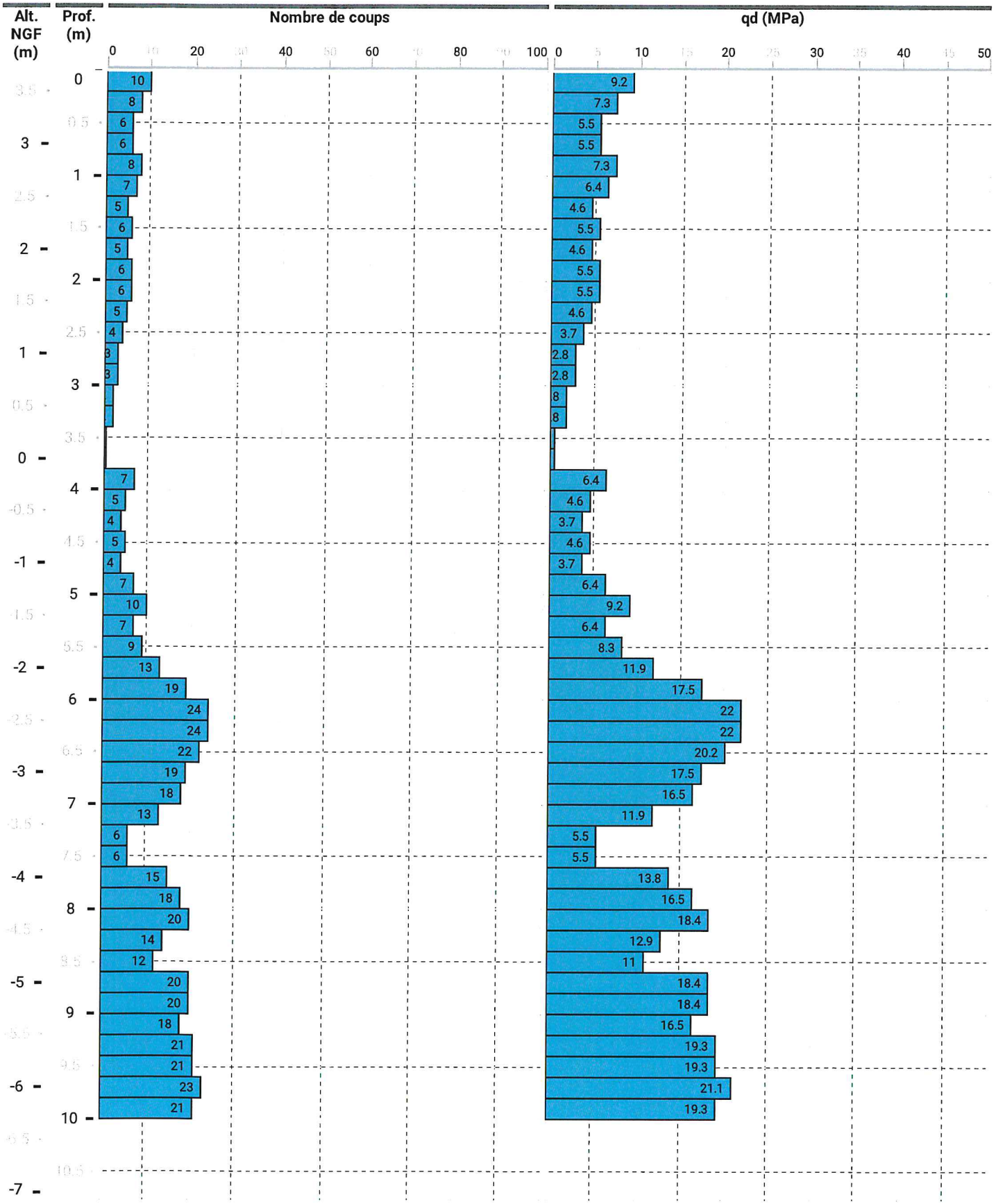
Client
MAIRIE

Date de fin
02/09/2019 00:00:00

Altitude (NGF)
3.7 m

Observation
Echelle : 1/50 - Arrêt à -10.00 m/TA

Niveau d'eau



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Pénétromètre dynamique

Forage
PD14

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

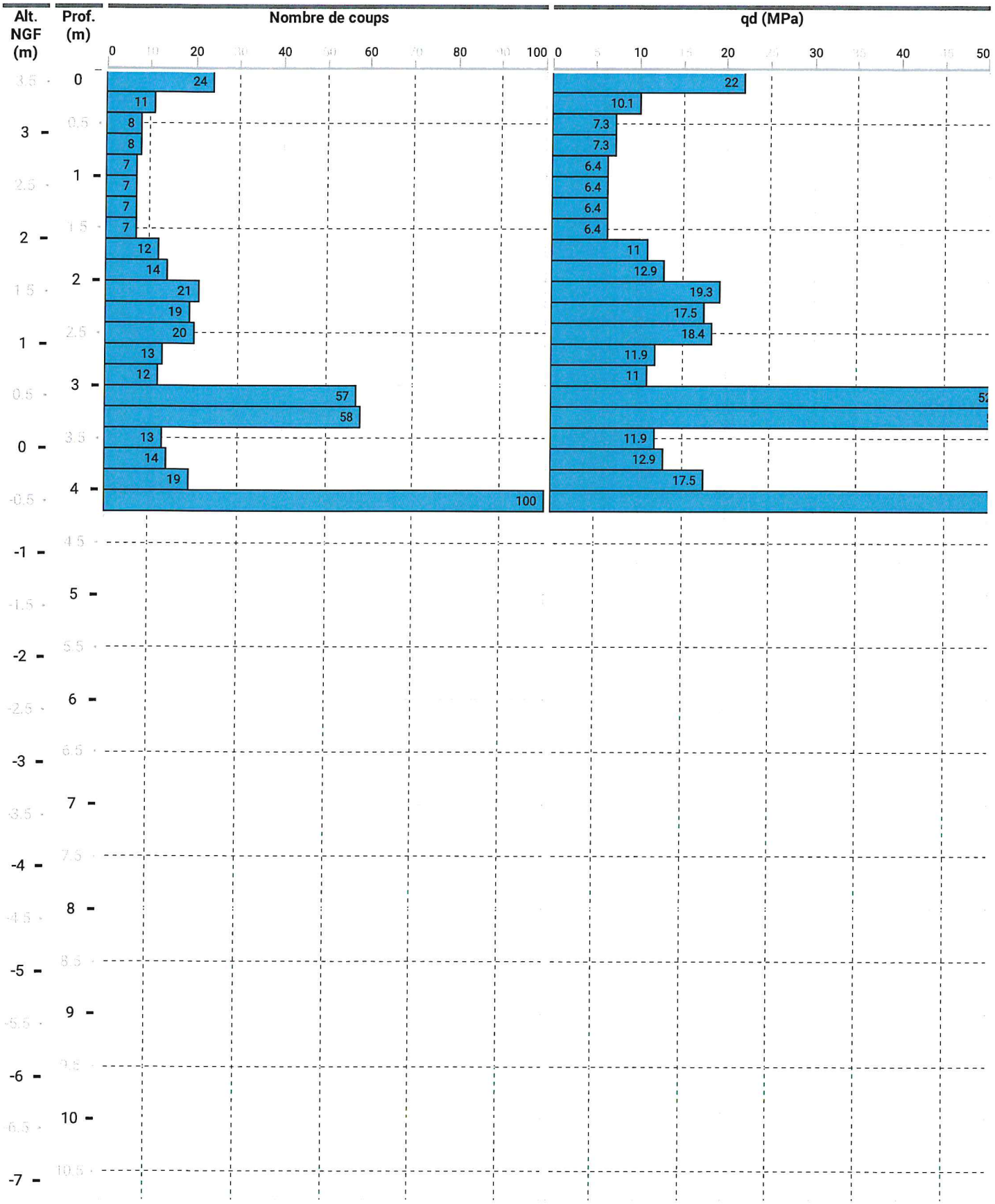
Client
MAIRIE

Date de fin
02/09/2019 00:00:00

Altitude (NGF)
3.6 m

Observation
Echelle : 1/50 - Refus à -4.20 m/TA

Niveau d'eau



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Pénétromètre dynamique

Forage
PD15

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

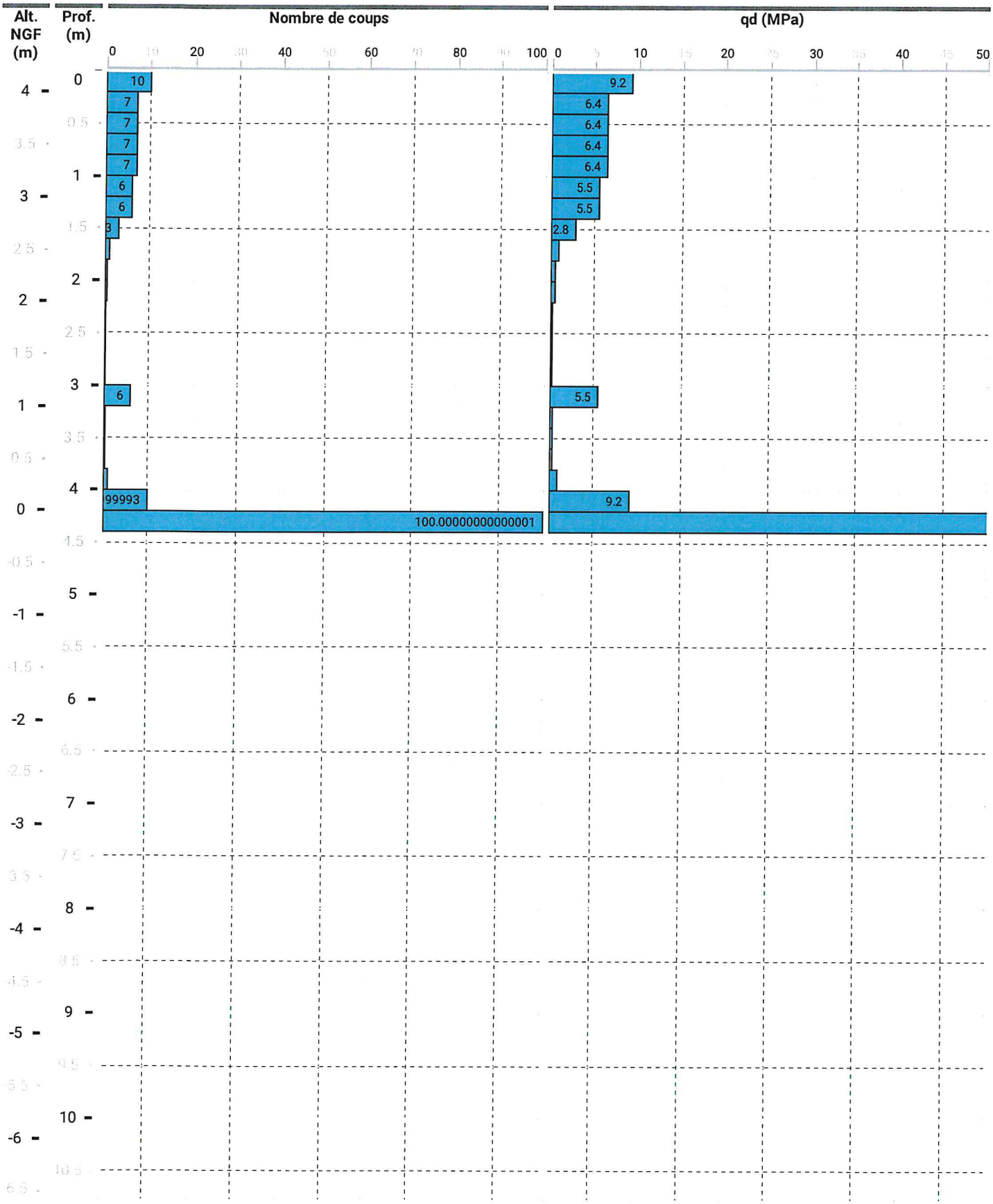
Client
MAIRIE

Date de fin
02/09/2019 00:00:00

Altitude (NGF)
4.2 m

Observation
Echelle : 1/50 - Refus à -4.40 m/TA

Niveau d'eau



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Opérateur
SBR

Type de forage
Pénétromètre dynamique

Forage
PD16

Dossier
19-361

Chantier
LUNEL - STEP - Extension

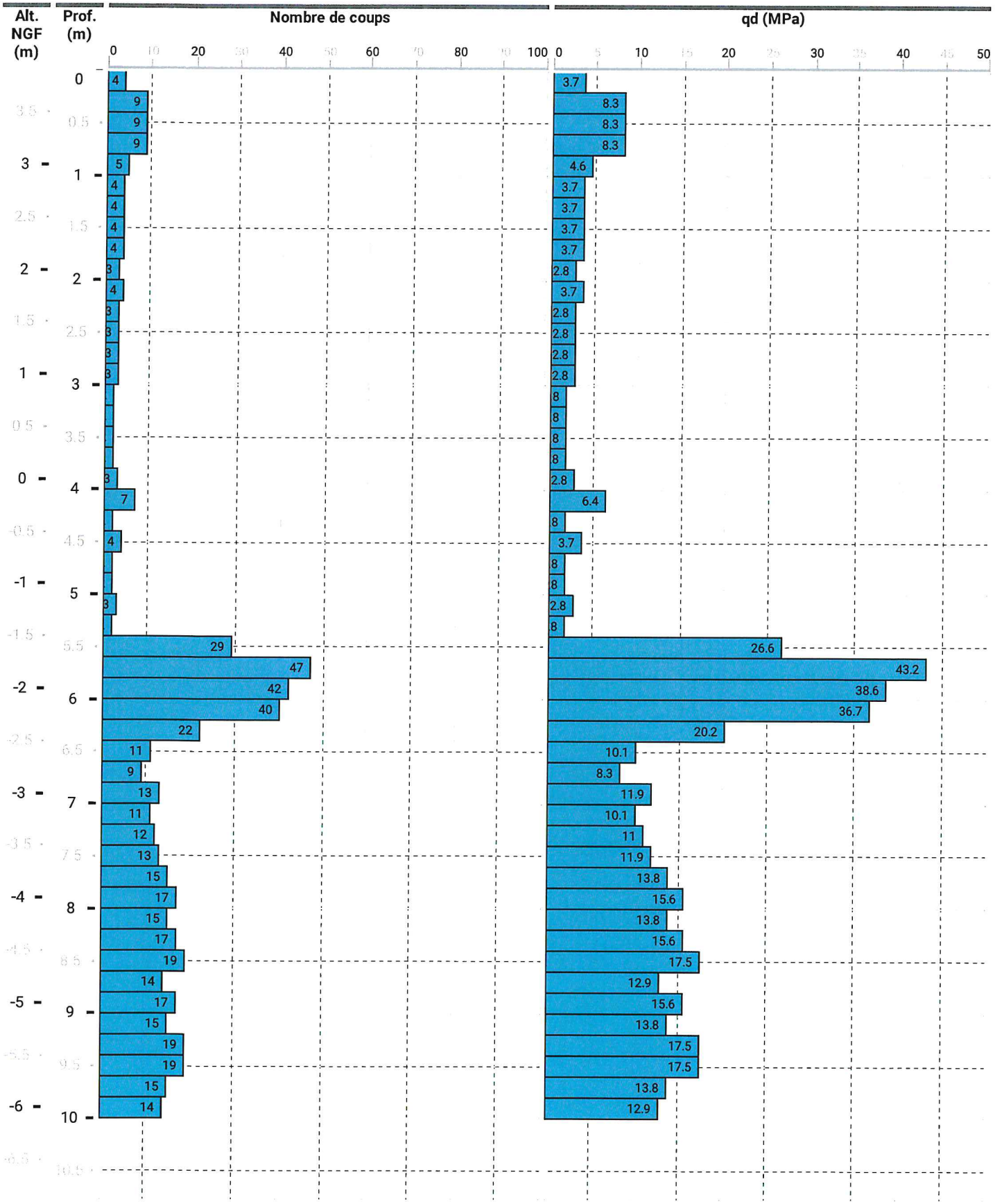
Client
MAIRIE

Date de fin
02/09/2019 00:00:00

Altitude (NGF)
3.9 m

Observation
Echelle : 1/50 - Arrêt à -10.00 m/TA

Niveau d'eau



GINGER
CEBTP

COUPES DE PUITS OU SONDAGES

Annexe:

Chantier : Station d'épuration - Extension
Client : Mairie de LUNEL
Dossier: CMO2.G.2015

Coord. X: Y: Z: 3.65 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F1	Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
				0.43	03.22	Remblais : Terre végétale limoneuse (plastiques, fils électriques)		
				0.50	03.15	Refus sur dalle béton enterrée		
1								
2								
3								

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : Refus sur dalle béton enterrée à -0.43m/TN

Coord. X: Y: Z: 3.65 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F1bis	Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
				0.30	03.35	Remblais supposé : Terre végétale limoneuse à gravietrs épars et racines		
1				1.35	02.30	Limons marrons clairs à passées argileuses marron foncée		
2	Mini-pelle 8T			2.60	01.05	Argile marron foncée bariolée rouille, plastique, moyennement humide		
				2.80	00.85	Argile grise/orangée bariolée rouille à graviers et cailloutis		
3								

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Logiciel PUITS32 - Version 3.02 – [DQ.E138-01 - V.0 du 23/06/2008]

Edité le 27/04/2016

GINGER CEBTP

COUPES DE PUITS OU SONDAGES

Annexe:

Chantier : Station d'épuration - Extension
Client : Mairie de LUNEL
Dossier: CMO2.G.2015

Coord. X: Y: Z: 3.7 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F2 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
	Mini-pelle 8T		0.30	03.40	Remblais supposé : Terre végétale limoneuse (fil électrique, tort béton)		
1			1.00	02.70	Limons marrons foncés à passées argileuses		
			1.70	02.00	Limon beige/marron clair assez sec		
2			2.70	01.00	Argile marron foncée bariolée rouille, plastique, moyennement humide		
3			3.00	00.70	Argile grise/orangée bariolée rouille à graviers et cailloutis		

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Coord. X: Y: Z: 3.7 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F3 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
	Mini-pelle 8T		0.70	03.00	Remblais supposé : Limons marron foncé avec graine de riz (graviers anguleux beige)		
1			1.70	02.00	Limons marrons foncés à passées argileuses		
2			2.70	01.00	Argile marron foncée bariolée rouille, plastique, moyennement humide		
3			3.10	00.60	Argile grise/orangée bariolée rouille à graviers et cailloutis		

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Edité le 27/04/2016

Logiciel PUITS32 - Version 3.02 – [DQ.E138-01 - V.0 du 23/06/2008]

GINGER CEBTP

COUPES DE PUITS OU SONDAGES

Annexe:

Chantier : Station d'épuration - Extension
Client : Mairie de LUNEL
Dossier: CMO2.G.2015

Coord. X: Y: Z: 3.9 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F4 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations et/ou aperçu fondation existante
1	Mini-pelle 8T				Remblais : Limons marron avec bloc calcaire (Dmax = 400mm) avec élements anthropiques (nombreux torts bétons, plastique)		matériaux: semelle et mur en béton
2			2.00	01.90	base fondation non atteinte		débord:0.75m, à z=1.90m 1.9 m; épaisseur > 0.1 m 2.00 m
3							

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : Reconnaissance de fondation

Coord. X: Y: Z: 3.3 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F5 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
			0.40	02.90	Terre végétale limoneuse marron foncée avec racines		
			0.80	02.50	Limon marrons foncée		
1							
2			2.30	01.00	Argile marron foncée bariolée rouille, plastique, moyennement humide		
3	Mini-pelle 8T		3.10	00.20	Nodules argileux gris/orangés bariolés rouille à cailloutis et graviers		Venue d'eau

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Logiciel PUITS32 - Version 3.02 -- [DQ.E138-01 - V.0 du 23/06/2008]

Edité le 27/04/2016

GINGER
CEBTP

COUPES DE PUITS OU SONDAGES

Annexe:

Chantier : Station d'épuration - Extension
Client : Mairie de LUNEL
Dossier: CMO2.G.2015

Coord. X: Y: Z: 3.3 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F6 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
			0.30	03.00	Terre végétale limoneuse marron foncée avec racines		
			0.85	02.45	Limon marrons foncée		
1			1.80	01.50	Argile marron foncée bariolée rouille, plastique, moyennement humide		
2					Nodules argileux gris/orangés bariolés rouille à cailloutis et graviers		
3	Mini-pelle 8T		3.20	00.10			- Venue d'eau

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Coord. X: Y: Z: 3.3 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F7 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
			0.30	03.00	Terre végétale limoneuse marron foncée avec racines		
			0.85	02.45	Limon marrons foncée		
1			1.90	01.40	Argile marron foncée bariolée rouille, plastique, moyennement humide		
2					Nodules argileux gris/orangés bariolés rouille à cailloutis et graviers		
3	Mini-pelle 8T		3.00	00.30			

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Logiciel PUITS32 - Version 3.02 – [DQ.E138-01 - V.0 du 23/06/2008]

Edité le 27/04/2016

GINGER
CEBTP

COUPES DE PUITS OU SONDAGES

Annexe:

Chantier : Station d'épuration - Extension
Client : Mairie de LUNEL
Dossier: CMO2.G.2015

Coord. X: Y: Z: 3.4 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F8 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
			0.30	03.10	Terre végétale limoneuse marron foncée avec racines		
			0.80	02.60	Limon marrons foncée		
1 – 2 –	Mini-pelle 8T		2.30	01.10	Argile grise/orangése bariolée rouille (sèche) à cailloutis et graviers		
3 –			3.10	00.30	Nodules argileux gris/orangés bariolés rouille (humide) à cailloutis et graviers		

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : /

Coord. X: Y: Z: 4.15 (NGF) Date : 05/04/16

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F10 Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
1 – 2 – 3 –	Mini-pelle 8T		3.00	01.15	Remblais : Limon marron avec poutres bétons, grillage, blocs calcaies Dmax = 800mm, blocs béton, sac plastique...)		

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : Remblais anthropiques sur toute la hauteur

Logiciel PUITS32 - Version 3.02 -- [DQ.E138-01 - V.0 du 23/06/2008]

Edité le 27/04/2016

GINGER
CEBTP

COUPES DE PUITS OU SONDAGES

Annexe:

Chantier : Station d'épuration - Extension
Client : Mairie de LUNEL
Dossier: CMO2.G.2015

Coord. X: **Y:** **Z: 4.1 (NGF)** **Date : 05/04/16**

Prof. en m.	matériel	Nappe	sondage F9	Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
1 2 3	Mini-pelle 8T			2.60	01.50	Remblais: Limon marron avec cailloutis (présence de tort béton, bloc béton, briques, plastiques, tuyaux...) ouvrage béton entre -0.6m/TN et au delà de -2.6m/TN		

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à date du sondage) | Observations : Remblais anthropiques + buse béton enterrée

Edité le 27/04/2016

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

PA CLEMENT ADER
19 RUE LOUIS BREGUET
34830 JACOU
Tel:04 67 13 86 80 Fax:04 67 13 86 82

LUNEL STEP - Extension 19-361	ESSAI LEFRANC A CHARGE VARIABLE. ESSAI D'ABSORPTION.			
	N° de sondage: SC11		D (cm)	Longueur (cm)
	Essai de: -7,0 m à -8,00 m	Lanterne	11.6	1
	-3,7 à -4,7 NGF	Tubage	11.9	

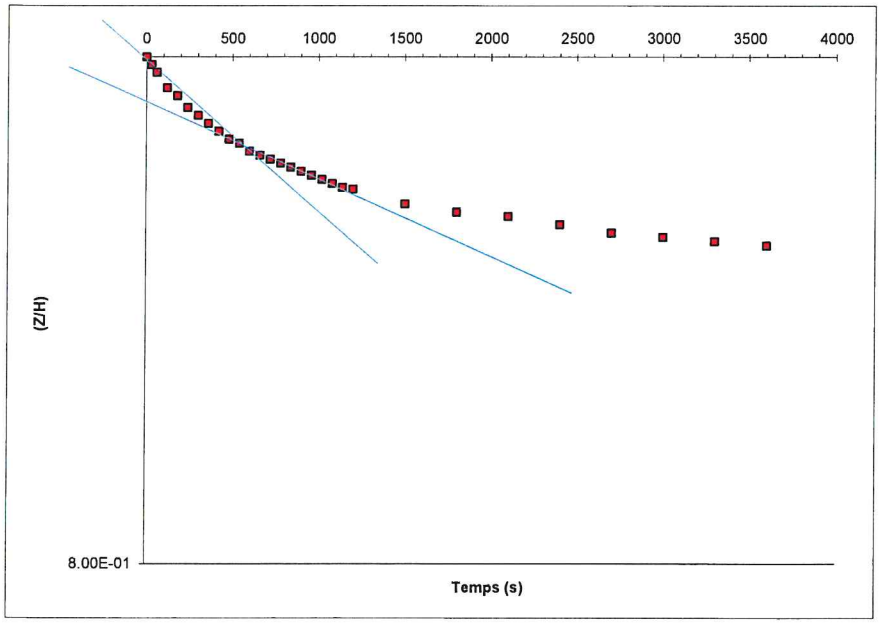
Coefficient de poche théorique: 2.21
Coefficient de poche corrige: 2.21
Position de la nappe/haut du tubage en cm: 295
Charge au début de l'essai (t=0) en cm, H= 295

MESURES

	Temps (s)	Descente (cm)	Z=H-Y	Z/H	LOG(Z/H)	K (cm/s)
1	0	0	295.00	1.00E+00	0.00E+00	
2	30	1	294.00	9.97E-01	1.47E-03	4.79E-04
3	60	2	293.00	9.93E-01	2.95E-03	4.80E-04
4	120	4	291.00	9.86E-01	5.93E-03	4.83E-04
5	180	5	290.00	9.83E-01	7.42E-03	2.43E-04
6	240	6.5	288.50	9.78E-01	9.68E-03	3.65E-04
7	300	7.5	287.50	9.75E-01	1.12E-02	2.45E-04
8	360	8.5	286.50	9.71E-01	1.27E-02	2.46E-04
9	420	9.5	285.50	9.68E-01	1.42E-02	2.46E-04
10	480	10.5	284.50	9.64E-01	1.57E-02	2.47E-04
11	540	11	284.00	9.63E-01	1.65E-02	1.24E-04
12	600	12	283.00	9.59E-01	1.80E-02	2.49E-04
13	660	12.5	282.50	9.58E-01	1.88E-02	1.25E-04
14	720	13	282.00	9.56E-01	1.96E-02	1.25E-04
15	780	13.5	281.50	9.54E-01	2.03E-02	1.25E-04
16	840	14	281.00	9.53E-01	2.11E-02	1.25E-04
17	900	14.5	280.50	9.51E-01	2.19E-02	1.26E-04
18	960	15	280.00	9.49E-01	2.27E-02	1.26E-04
19	1020	15.5	279.50	9.47E-01	2.34E-02	1.26E-04
20	1080	16	279.00	9.46E-01	2.42E-02	1.26E-04
21	1140	16.5	278.50	9.44E-01	2.50E-02	1.26E-04
22	1200	16.7	278.30	9.43E-01	2.53E-02	5.06E-05
23	1500	18.5	276.50	9.37E-01	2.81E-02	9.15E-05
24	1800	19.5	275.50	9.34E-01	2.97E-02	5.11E-05
25	2100	20	275.00	9.32E-01	3.05E-02	2.56E-05
26	2400	21	274.00	9.29E-01	3.21E-02	5.13E-05
27	2700	22	273.00	9.25E-01	3.37E-02	5.15E-05
28	3000	22.5	272.50	9.24E-01	3.45E-02	2.58E-05
29	3300	23	272.00	9.22E-01	3.53E-02	2.59E-05
30	3600	23.5	271.50	9.20E-01	3.61E-02	2.59E-05
	Temps (s)	Descente (cm)	Z=H-Y	Z/H	LOG(Z/H)	K (cm/s)

Moyenne1: 3.05E-04 cm/s Moyenne2: 4.44E-05 cm/s

K moyen: 3.05E-06 m/s



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

PA CLEMENT ADER
19 RUE LOUIS BREGUET
34830 JACOU
Tel:04 67 13 86 80 Fax:04 67 13 86 82

LUNEL STEP - Extension 19-361	ESSAI LEFRANC A CHARGE VARIABLE. ESSAI D'ABSORPTION.			
	N° de sondage: SC12		D (cm)	Longueur (cm)
	Essai de: -4,0 m à -5,0 m	Lanterne	11,9	100
	-0,4 à -1,4 NGF	Tubage	11,9	

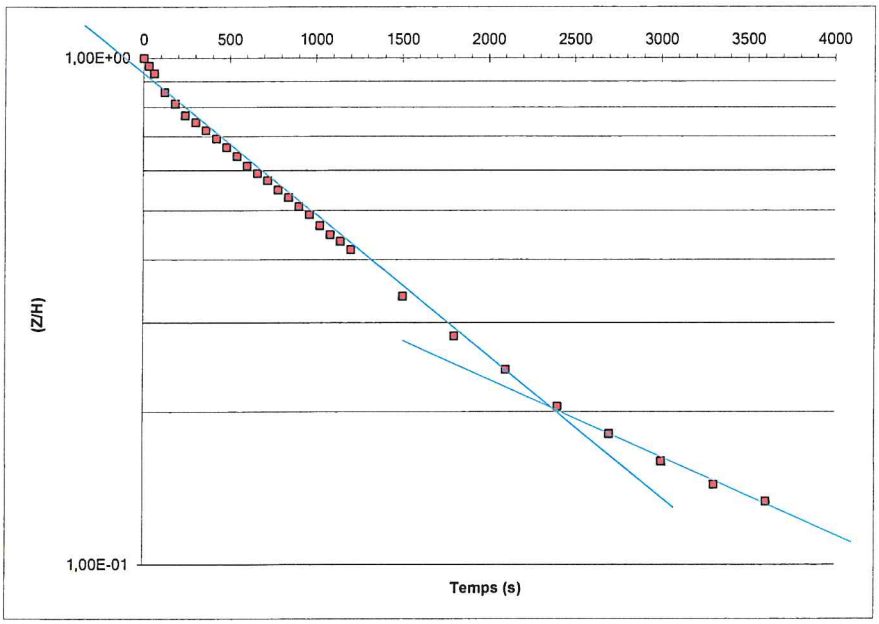
Coefficient de poche théorique: 18,69
Coefficient de poche corrige: 18,69
Position de la nappe/haut du tubage en cm: 375
Charge au début de l'essai (t=0) en cm, H= 375

MESURES

	Temps (s)	Descente (cm)	Z=H-Y	Z/H	LOG(Z/H)	K (cm/s)
1	0	0	375,00	1,00E+00	0,00E+00	
2	30	13	362,00	9,65E-01	1,53E-02	5,88E-04
3	60	25	350,00	9,33E-01	3,00E-02	5,62E-04
4	120	54	321,00	8,56E-01	6,75E-02	7,21E-04
5	180	70	305,00	8,13E-01	8,97E-02	4,26E-04
6	240	86	289,00	7,71E-01	1,13E-01	4,49E-04
7	300	95	280,00	7,47E-01	1,27E-01	2,64E-04
8	360	105	270,00	7,20E-01	1,43E-01	3,03E-04
9	420	115	260,00	6,93E-01	1,59E-01	3,15E-04
10	480	125	250,00	6,67E-01	1,76E-01	3,27E-04
11	540	135	240,00	6,40E-01	1,94E-01	3,40E-04
12	600	145	230,00	6,13E-01	2,12E-01	3,55E-04
13	660	153	222,00	5,92E-01	2,28E-01	2,95E-04
14	720	160	215,00	5,73E-01	2,42E-01	2,67E-04
15	780	169	206,00	5,49E-01	2,60E-01	3,56E-04
16	840	176	199,00	5,31E-01	2,75E-01	2,88E-04
17	900	184	191,00	5,09E-01	2,93E-01	3,42E-04
18	960	191	184,00	4,91E-01	3,09E-01	3,11E-04
19	1020	200	175,00	4,67E-01	3,31E-01	4,18E-04
20	1080	207	168,00	4,48E-01	3,49E-01	3,40E-04
21	1140	212	163,00	4,35E-01	3,62E-01	2,52E-04
22	1200	218	157,00	4,19E-01	3,78E-01	3,13E-04
23	1500	248	127,00	3,39E-01	4,70E-01	3,54E-04
24	1800	269	106,00	2,83E-01	5,49E-01	3,01E-04
25	2100	284	91,00	2,43E-01	6,15E-01	2,54E-04
26	2400	298	77,00	2,05E-01	6,88E-01	2,78E-04
27	2700	307	68,00	1,81E-01	7,42E-01	2,07E-04
28	3000	315	60,00	1,60E-01	7,96E-01	2,09E-04
29	3300	321	54,00	1,44E-01	8,42E-01	1,76E-04
30	3600	325	50,00	1,33E-01	8,75E-01	1,28E-04
	Temps (s)	Descente (cm)	Z=H-Y	Z/H	LOG(Z/H)	K (cm/s)

Moyenne1: 3,42E-04 cm/s Moyenne2: 2,00E-04 cm/s

K moyen: 3,42E-06 m/s



EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

PA CLEMENT ADER
19 RUE LOUIS BREGUET
34830 JACOU
Tel:04 67 13 86 80 Fax:04 67 13 86 82

LUNEL STEP - Extension 19-361	ESSAI LEFRANC A CHARGE VARIABLE. ESSAI D'ABSORPTION.			
	N° de sondage: SC12		D (cm)	Longueur (cm)
	Essai de: -7,0 m à -7,5 m	Lanterne	11,9	50
	-3,4 et -3,9 NGF	Tubage	11,9	

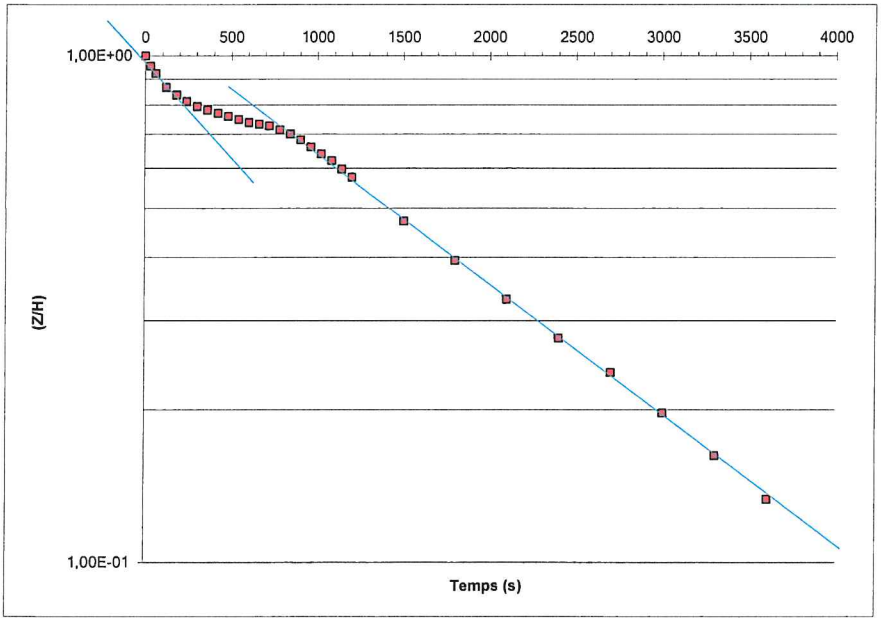
Coefficient de poche théorique: 12,32
Coefficient de poche corrige: 12,32
Position de la nappe/haut du tubage en cm: 375
Charge au début de l'essai (t=0) en cm, H= 375

MESURES

	Temps (s)	Descente (cm)	Z=H-Y	Z/H	LOG(Z/H)	K (cm/s)
1	0	0	375,00	1,00E+00	0,00E+00	
2	30	17	358,00	9,55E-01	2,01E-02	1,17E-03
3	60	29	346,00	9,23E-01	3,50E-02	8,62E-04
4	120	50	325,00	8,67E-01	6,21E-02	7,92E-04
5	180	61	314,00	8,37E-01	7,71E-02	4,35E-04
6	240	70	305,00	8,13E-01	8,97E-02	3,68E-04
7	300	77	298,00	7,95E-01	9,98E-02	2,94E-04
8	360	82	293,00	7,81E-01	1,07E-01	2,14E-04
9	420	86	289,00	7,71E-01	1,13E-01	1,74E-04
10	480	90	285,00	7,60E-01	1,19E-01	1,76E-04
11	540	94	281,00	7,49E-01	1,25E-01	1,79E-04
12	600	98	277,00	7,39E-01	1,32E-01	1,81E-04
13	660	100	275,00	7,33E-01	1,35E-01	9,16E-05
14	720	102	273,00	7,28E-01	1,38E-01	9,23E-05
15	780	107	268,00	7,15E-01	1,46E-01	2,34E-04
16	840	112	263,00	7,01E-01	1,54E-01	2,38E-04
17	900	119	256,00	6,83E-01	1,66E-01	3,41E-04
18	960	127	248,00	6,61E-01	1,80E-01	4,01E-04
19	1020	135	240,00	6,40E-01	1,94E-01	4,15E-04
20	1080	142	233,00	6,21E-01	2,07E-01	3,74E-04
21	1140	151	224,00	5,97E-01	2,24E-01	4,98E-04
22	1200	159	216,00	5,76E-01	2,40E-01	4,60E-04
23	1500	198	177,00	4,72E-01	3,26E-01	5,03E-04
24	1800	227	148,00	3,95E-01	4,04E-01	4,52E-04
25	2100	251	124,00	3,31E-01	4,81E-01	4,47E-04
26	2400	271	104,00	2,77E-01	5,57E-01	4,45E-04
27	2700	286	89,00	2,37E-01	6,25E-01	3,94E-04
28	3000	301	74,00	1,97E-01	7,05E-01	4,67E-04
29	3300	314	61,00	1,63E-01	7,89E-01	4,88E-04
30	3600	325	50,00	1,33E-01	8,75E-01	5,03E-04
	Temps (s)	Descente (cm)	Z=H-Y	Z/H	LOG(Z/H)	K (cm/s)

Moyenne1: 7,26E-04 cm/s Moyenne2: 4,16E-04 cm/s

K moyen: 4,16E-06 m/s



CEBTP
GINGER CEBTP JACOU

34830 JACOU

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
NF P 94-056

Informations générales

N° dossier : CMO2.G2015.0001

Client / MO : MAIRIE DE LUNEL

Désignation : LUNEL - STATION D'EPURATION -EXTENSION

Localité : LUNEL

Demandeur / MOE :

Chargé d'affaire : TONY JACQUET

Informations sur l'échantillon N° 16M-1116

Mode de prélèvement : Pelle Mécanique

Sondage : F7

Prélevé par : JACQUET Tony

Profondeur : 0.50/0.60 m

Date prélèvement : 07/04/16

Mode de conservation : SAC

Date de livraison : 11/04/16

dm (mm) : 31.5

Description : Argile limoneuse brune quelques cailloutis

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : LOSSE Jéremie

Température : 105°C

Date essai : 13/04/16

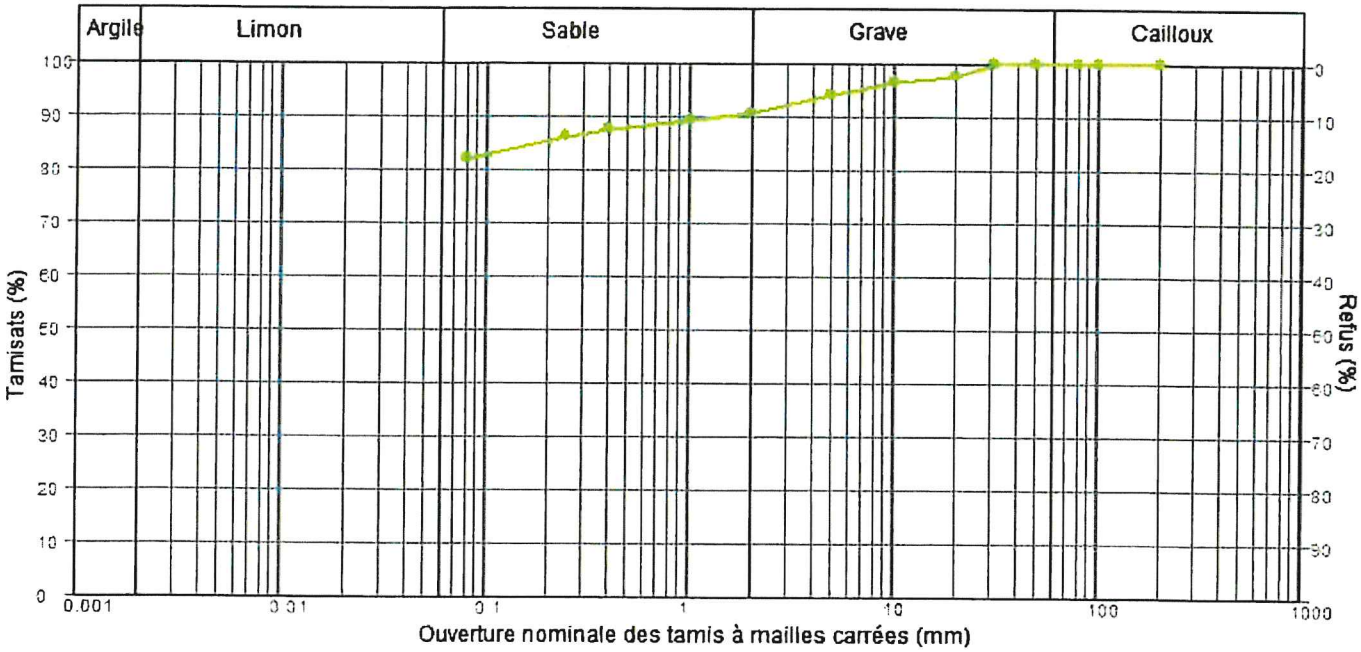
Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	250 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.5	96.5	93.8	90.4	89.1	87.3	85.9	81.9

Facteur d'uniformité Cu = *(N.D.)*

Facteur de courbure Cc = *(N.D.)*

Facteur de symétrie Cs = *(N.D.)*



Observations :

Chef de service laboratoire
Gérard SALLES

Dérogation à la norme NF P 94-056:La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

GINGER CEBTP Agence de JACOU - 34830 JACOU Tél: 04.67.59.40.10 Fax:04.67.59.23.30 Email:g.salles@groupe-cebtp.com

CEBTP
GINGER CEBTP JACOU
34830 JACOU

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier : CMO2.G2015.0001
Client / MO : MAIRIE DE LUNEL
Désignation : LUNEL - STATION D'EPURATION -EXTENSION
Localité : LUNEL
Demandeur / MOE :
Chargé d'affaire : TONY JACQUET

Informations sur l'échantillon

N° 16M-1116

Mode de prélévement : Pelle Mécanique
Sondage : F7
Prélevé par : JACQUET Tony
Date prélévement : 07/04/16
Profondeur : 0.50/0.60 m
Mode de conservation : SAC
Date de livraison : 11/04/16
Description : Argile limoneuse brune quelques cailloutis

CLASSIFICATION NF P 11-300 : A2

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	NF P94-056	32	mm
Passant à 50 mm	NF P94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	NF P94-056	90.4	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	NF P94-056	81.9	%
Passant à 2 µm	NF P94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	3.65	g de bleu pour 100 g

Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - W_n	NF P94-050	19.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_c	(W_L - W_n) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :

Observations :

Chef de service laboratoire
Gérard SALLES

GINGER CEBTP Agence de JACOU - 34830 JACOU Tél: 04 67 59 40 10 Fax:04 67 59 23 30 Email:g.salles@groupe-cebtp.com

EGSA btp
EXPERTISE GEOTECHNIQUE STRUCTURE ARBITRAGE

Dossier n° 19-361-A
LUNEL (34)
STEP – Extension
Mission G2-PRO

ANNEXE 2

Rapport du test de perméabilité par essai de pompage

EGSA BTP

Rapport
PROJET D'EXTENSION DE LA STEP DE LUNEL
Test de pompage

Rapport n°101276/version A– Septembre 2019

Projet suivi Jérôme LACROIX – jerome.lacroix@anteagroup.com – 06.27.08.47.43

Sommaire

1. Contexte du projet 3
2. Localisation du projet 3
3. Réalisation et coupes des ouvrages 5
4. Pompage et interprétation des résultats 8

Table des figures

Figure 1 : localisation (fond IGN) 3
Figure 2 : localisation (fond satellite) 4
Figure 3 : localisation des ouvrages réalisés 5
Figure 4 : coupes géologique et technique 6

Table des photos

Photo 1 : réalisation du forage par EGSA 5
Photo 2 : matériaux recoupés de 6 à 8 m de profondeur 7

Table des graphiques

Graphique 1: niveau lors du pompage longue durée 8

Table des tableaux

Tableau 1 : variations des niveaux d'eau dans les piézomètres 8

1. Contexte du projet

Dans le cadre du projet d'extension de la STEP de Lunel (34), des investigations sont réalisées afin de caractériser les sols. Les données transmises dans la G2AVP (GINGER CEBTP - AVRIL 2016 - DOSSIER CMO2.G2015) indiquent la présence supposée de 0 à 10 m (profondeur d'investigations) de matériaux argileux et/ou argilo-marneux. Il est également indiqué un niveau d'eau à faible profondeur qui peut avoir une incidence sur les dispositions constructives à considérer.

Il a donc été proposé de réaliser un pompage d'essai dans un ouvrage dédié dimensionné sur l'hypothèse d'une faible perméabilité au vu de la lithologie décrite dans la G2AVP.

Le programme d'investigations spécifique intègre un forage équipé en 80/90 mm par l'entreprise EGSA ainsi que deux piézomètres. Des pompages ont par la suite été effectués afin de caractériser les paramètres hydrodynamiques des écoulements souterrains potentiellement recoupés par le projet.

Le présent rapport présente les résultats de ces investigations.

2. Localisation du projet

Le projet se situe sur la commune de Lunel (34). Le projet d'extension se situe au nord de l'actuelle STEP.

Figure 1 : localisation (fond IGN)

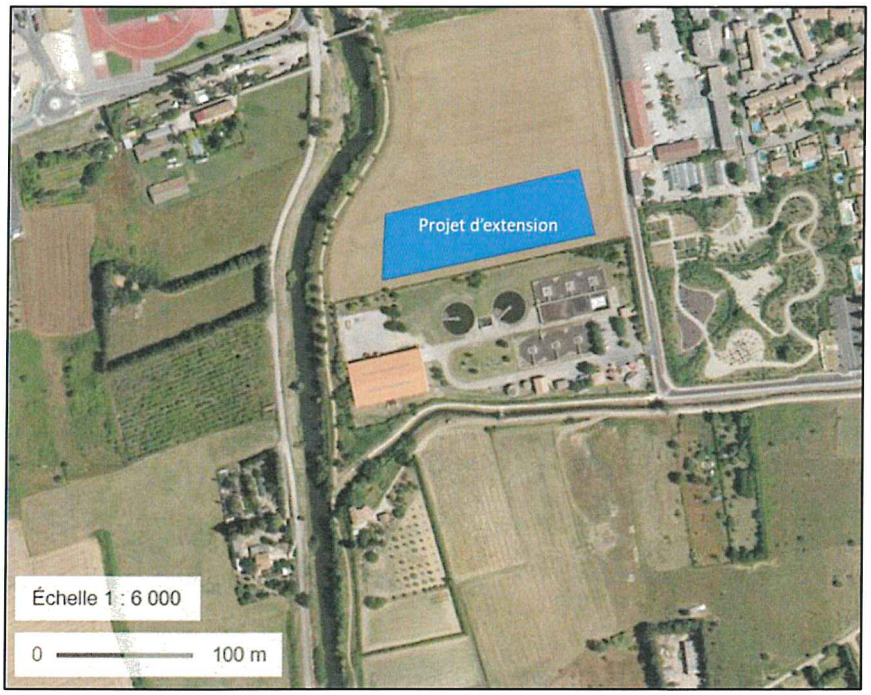


Figure 2 : localisation (fond satellite)

3. Réalisation et coupes des ouvrages

Le forage ainsi que les deux piézomètres ont été réalisés le 28 aout 2019 par l'entreprise EGSA.

Photo 1 : réalisation du forage par EGSA

Les deux piézomètres ont été positionnés à 15 m à l'est et 25 m à l'ouest du forage.

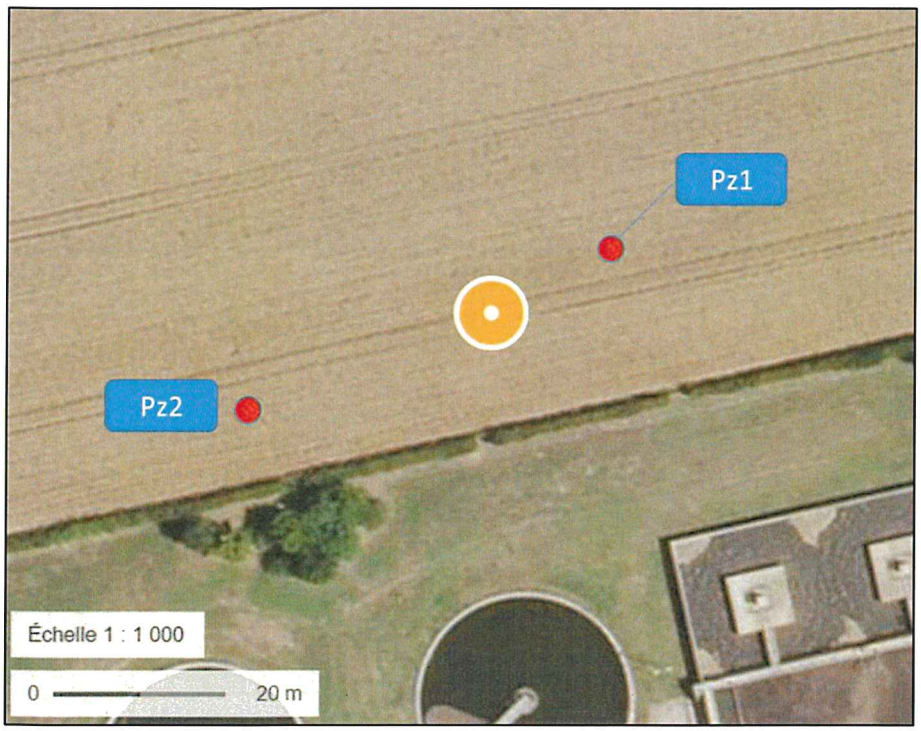


Figure 3 : localisation des ouvrages réalisés

Les coupes géologiques et techniques sont présentées en figure 3. L'espace annulaire de l'ouvrage a été comblé par :

- du massif filtrant de 10 à 5 m ;
- de la bentonite de 5 à 3,8 m
- des graviers de 3,8 à 1 m ;
- du ciment de 1 à 0 m (TN).

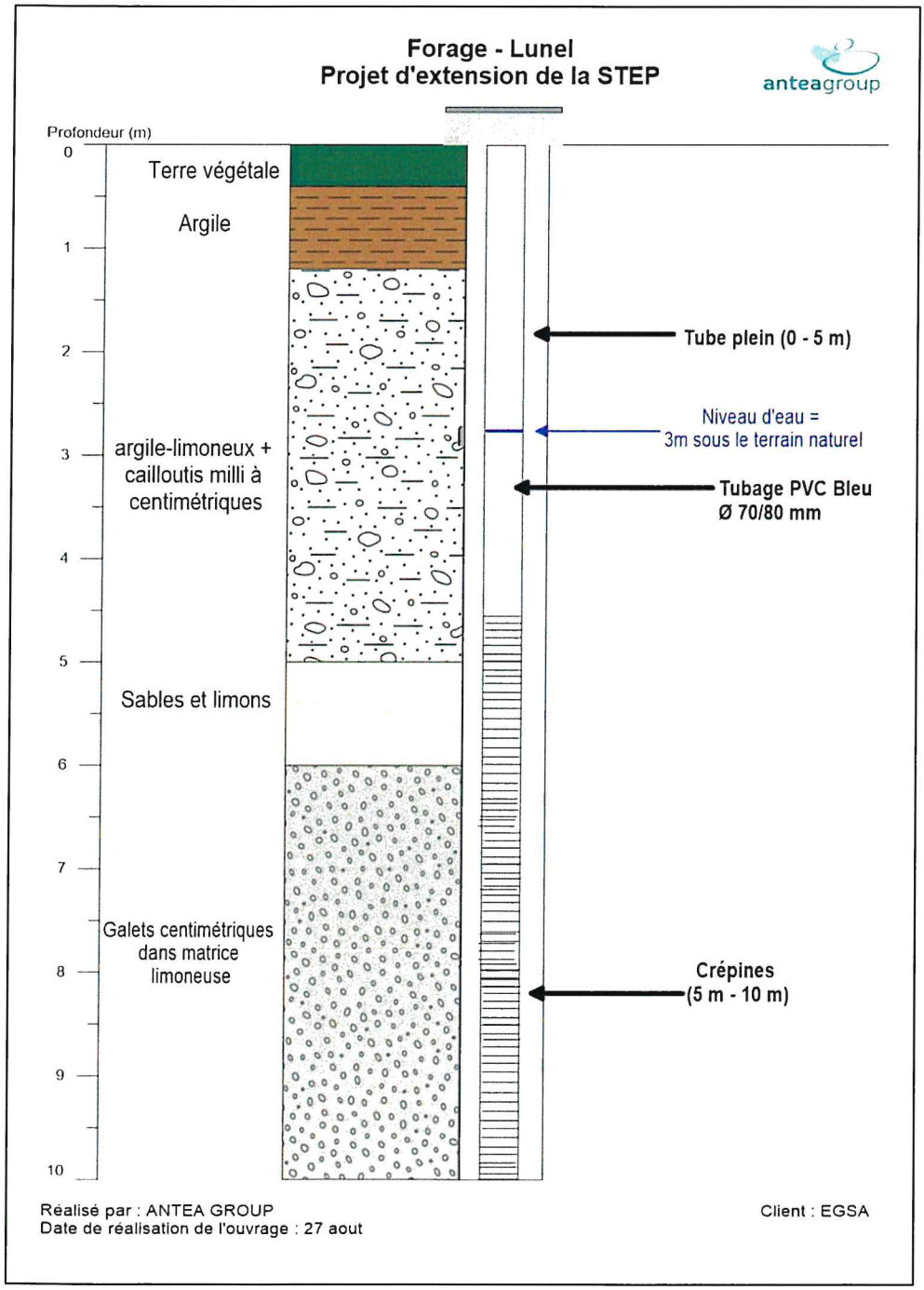


Figure 4 : coupes géologique et technique

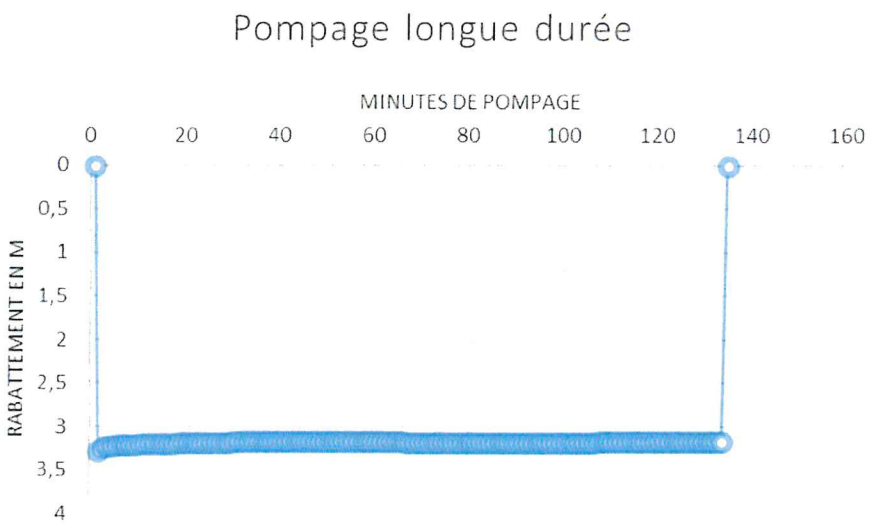
Il faut noter dès à présent que les matériaux recoupés à partir de 6 m sont bien différents de ceux décrits ci-avant rapport (dans la G2AVP) avec des galets de taille centimétrique dans une matrice limono-sableuse.

Photo 2 : matériaux recoupés de 6 à 8 m de profondeur

4. Pompage et interprétation des résultats

Un test de pompage a été effectué par Antea Group le 3 septembre 2019. Une sonde enregistreuse a été placée dans le forage et les niveaux ont été suivis à l'aide d'une sonde manuelle dans les deux piézomètres.

Le pompage a été réalisé pendant 2h30 à un débit variant entre 0,9 et 1 m^3/h. On observe que le niveau chute très rapidement dans l'ouvrage (passant de -3,45m/TN à -6,7m/TN en 1 minute) et se stabilise tout aussi rapidement pour toute la durée du pompage (voir graphique 1). Les variations sont de l'ordre de 1 à 2 cm dans les piézomètres alentours (voir tableau 1).



Graphique 1: évolution du niveau d'eau sur le forage lors du test de pompage

Variations Pz		
Minutes	**Pz1 (m/tête de Pz)**	**Pz2 (m/tête de Pz)**
0	3,39	3,06
19	3,39	3,07
34	3,4	3,07
90	3,41	3,07
135	3,41	3,07

Tableau 1 : variations des niveaux d'eau dans les piézomètres

Les résultats obtenus, avec une baisse du niveau immédiate sans évolution ultérieure, ne permettent pas une interprétation selon les formules empiriques habituelles (Jacob) ou les logiciels habituellement utilisés (OUAIP).

Ce comportement peut être liée à des pertes de charge importantes sur l'ouvrage pompé et/ou un dimensionnement non adapté à la lithologie des terrains effectivement rencontrés (au vu de la taille des galets recoupés par le forage, il aurait pu être préférable de réaliser un plus gros forage pouvant permettre un débit plus important).

L'estimation de la perméabilité ne peut donc pas être effectuée de manière précise et elle est plutôt basée sur l'observation de la lithologie confortée par le fait que les piézomètres PZ1 et PZ2 ne réagissent que très faiblement au pompage effectué.

La gamme de perméabilité à considérer est ainsi comprise entre 10^{-4} et 10^{-5} m/s.

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

EGSA btp
EXPERTISE GEOTECHNIQUE STRUCTURE ARBITRAGE

Dossier n° 19-361-A
LUNEL (34)
STEP – Extension
Mission G2-PRO

ANNEXE 3

Calculs relatifs aux soutènements périphériques

3.1

Modélisations K-REA

3.1.1

Au droit du bassin d'aération

DONNEES

ELS

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	2,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,20 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Terrains de couverture et alluvions fines	3,50	19,00	9,00	30,00	5,00	0,000	0,500	0,312	4,987	0,500	0,500	1,203	6,303	8444	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00
All?. grossieres	-2,70	19,00	9,00	33,00	5,00	0,000	0,455	0,277	6,428	0,455	0,455	1,125	7,182	73658	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
Réhausse de l'écran	4,30	6667	5,00
1	-6,00	85454	13,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,50 m

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	3,00	10000	0,00	0,00
2	3	-0,20	400000	0,00	0,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [m]	x [m]	L [m]	q [kN/m/m]
1	0	3,50	0,10	10,00	10,00
2	0	0,60	11,00	35,00	40,00

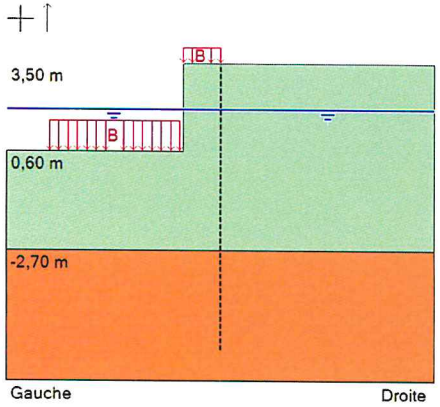
K-Réa v4
v.4.0.11

AFFAIRE 19-361

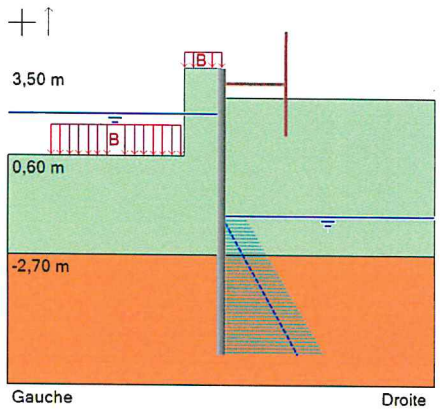
LUNEL - STEP - BASSIN AÉRATION

SYNTHESE PHASAGE

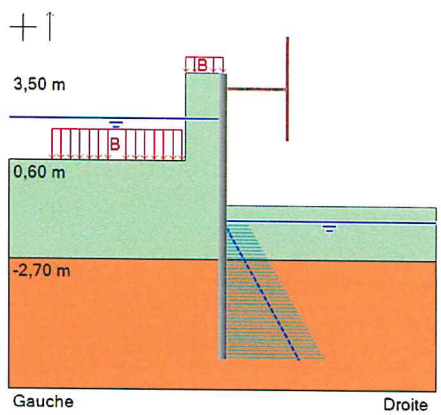
Phase initiale



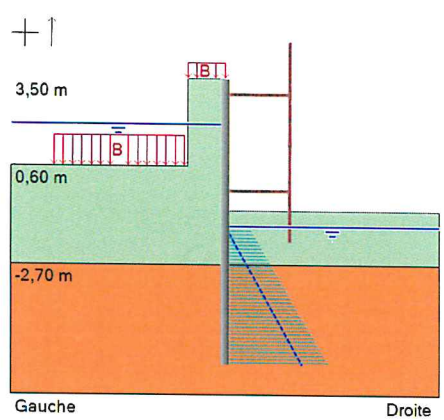
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase durable



- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 2,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
  z [m] = 3,50
  x [m] = 0,10
  αe = 1,000
  L [m] = 10,00
  q [kN/m/m] = 10,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°2
  z [m] = 0,60
  x [m] = 11,00
  αe = 1,000
  L [m] = 35,00
  q [kN/m/m] = 40,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = 2,00

- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 0,60
  Mise en place d'une risberme :
  zt [m] = 3,50 a [m] = 10,00
  zh [m] = 0,60b [m] = 10,01
  αe = 1,000

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = -1,40
  Définition d'un gradient :
  z(pt) [m] = -1,40 zw(pt) [m] = 0,00
  z(pt) [m] = -6,00 zw(pt) [m] = 0,20

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = 2,50

- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
  za [m] = 3,00
  K [kN/m/m] = 10000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -0,90

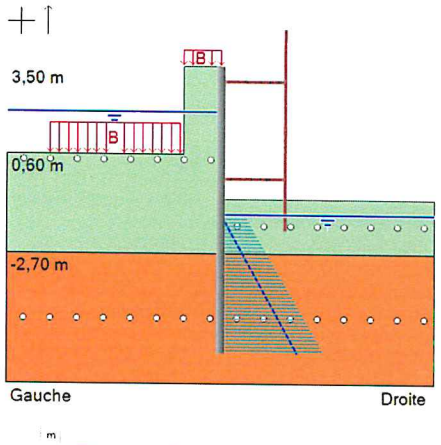
- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
  za [m] = -0,20
  K [kN/m/m] = 400000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

terrasol
setec

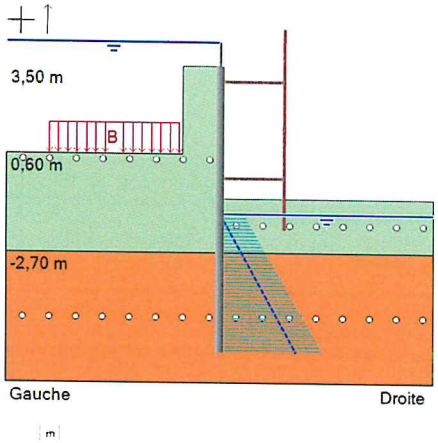
Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

Phase 4 : Phase transitoire



Phase 5 : Phase transitoire



- Redéfinition de la couche : Terrains de couverture et alluvions fines
sur côté gauche et droit

φ [°] = 30,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,500	kaγ = 0,312
ka,min = 0,100	kpγ = 4,987
kd = 0,500	kr = 0,500
kac = 1,203	kpc = 6,303
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 8444
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Redéfinition de la couche : All?. grossieres
sur côté gauche et droit

φ [°] = 33,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,455	kaγ = 0,277
ka,min = 0,100	kpγ = 6,428
kd = 0,455	kr = 0,455
kac = 1,125	kpc = 7,182
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 73658
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Modification de la raideur de l'écran :
  Z1 [m] = 3,50
  Z2 [m] = -6,00
  EI [kNm²/m] = 42500
  PP [kN/m/m] = 13,00

- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 4,30

- Réhausse de l'écran :
  zt [m] = 4,30
  EI [kNm²/m] = 6667
  PP [kN/m/m] = 5,00

- Retrait de la charge de boussinesq n°1

terrasol
setec

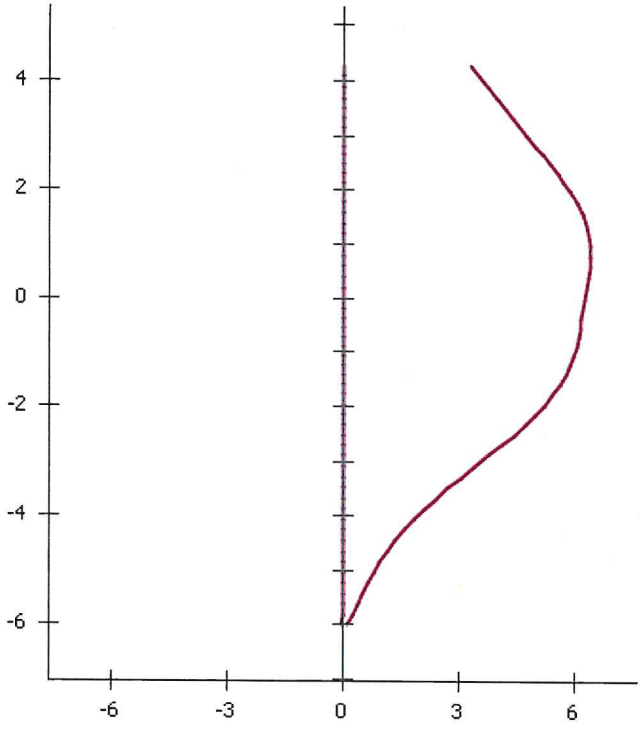
Calcul réalisé par : EGSA BTP

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m
1	0,49	0,96	-13,18	17,28	10,538	5,82	-
2	3,10	5,96	-75,51	57,77	2,530	37,55	-
3	3,10	5,96	-75,51	57,77	2,530	37,55	0,00
4	2,31	6,03	-36,43	44,10	2,178	31,46	69,00
5	3,27	6,39	-39,53	-78,38	1,730	47,72	147,41
Extrema	3,27	6,39	-75,51	-78,38	1,730	47,72	147,41

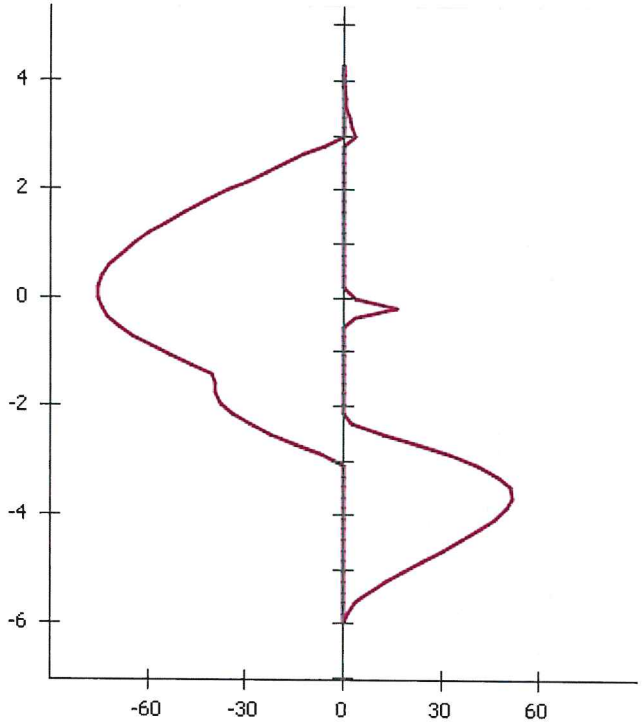
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 5)

Déplacements [mm]



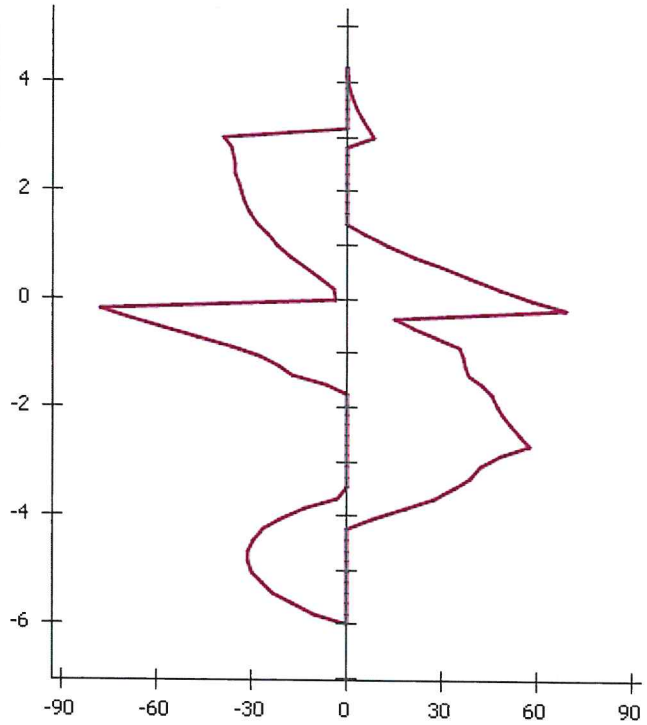
Min = -0,06 - Max = 6,39

Moment [kNm/m]



Min = -75,51 - Max = 51,34

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -78,38 - Max = 69,03

Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

DONNEES

ELU

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	2,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,20 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Terrains de couverture et alluvions fines	3,50	19,00	9,00	30,00	5,00	0,000	0,500	0,312	4,987	0,500	0,500	1,203	6,303	8444	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00
All?. grossieres	-2,70	19,00	9,00	33,00	5,00	0,000	0,455	0,277	6,428	0,455	0,455	1,125	7,182	73658	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
Réhausse de l'écran	4,30	6667	5,00
1	-6,00	85454	13,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,50 m

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	3,00	10000	0,00	0,00
2	3	-0,20	400000	0,00	0,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [m]	x [m]	L [m]	q [kN/m/m]
1	0	3,50	0,10	10,00	10,00
2	0	0,60	11,00	35,00	40,00

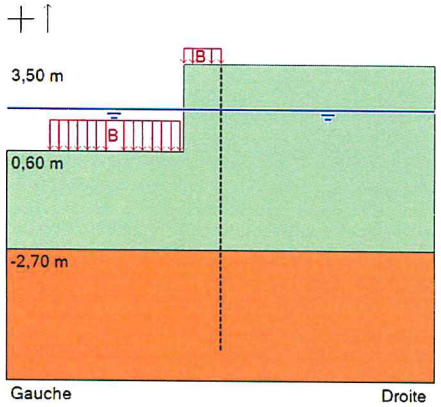
K-Réa v4
v.4.0.11

AFFAIRE 19-361

LUNEL - STEP - BASSIN AÉRATION

SYNTHESE PHASAGE

Phase initiale



- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 2,00

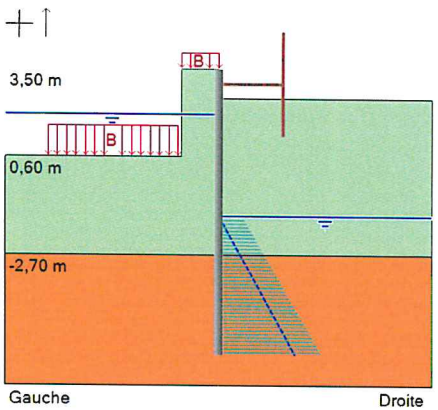
- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
  z [m] = 3,50
  x [m] = 0,10
  αe = 1,000
  L [m] = 10,00
  q [kN/m/m] = 10,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°2
  z [m] = 0,60
  x [m] = 11,00
  αe = 1,000
  L [m] = 35,00
  q [kN/m/m] = 40,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = 2,00

- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 0,60
  Mise en place d'une risberme :
  zt [m] = 3,50 a [m] = 10,00
  zh [m] = 0,60b [m] = 10,01
  αe = 1,000

Phase 1 : Phase transitoire



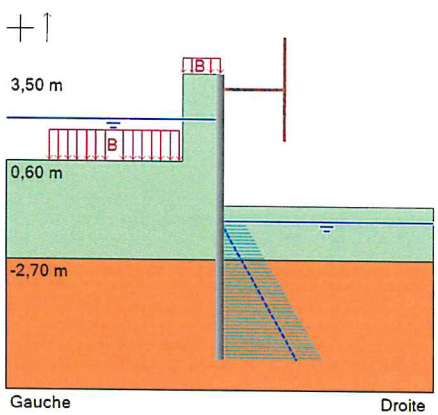
- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = -1,40
  Définition d'un gradient :
  z(pt) [m] = -1,40 zw(pt) [m] = 0,00
  z(pt) [m] = -6,00 zw(pt) [m] = 0,20

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = 2,50

- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
  za [m] = 3,00
  K [kN/m/m] = 10000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

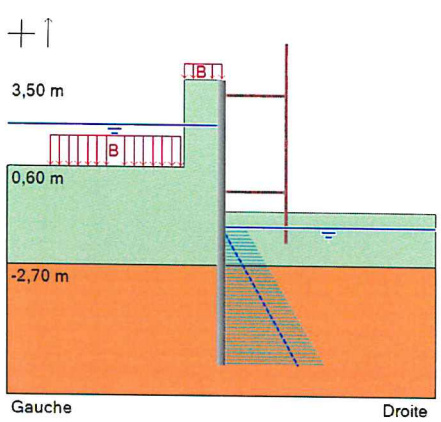
Phase 2 : Phase transitoire



- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -0,90

Phase 3 : Phase durable



- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

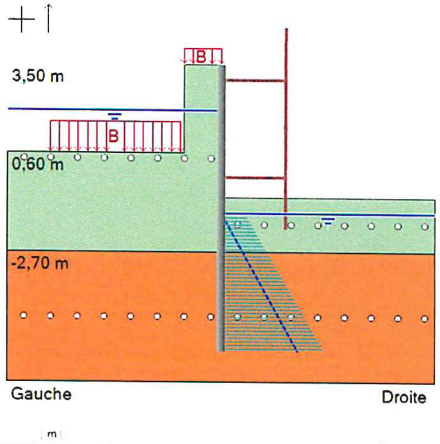
- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
  za [m] = -0,20
  K [kN/m/m] = 400000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

terrasol
setec

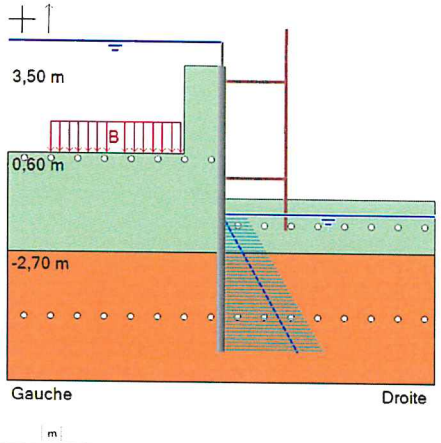
Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

Phase 4 : Phase transitoire



Phase 5 : Phase transitoire



- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Redéfinition de la couche : Terrains de couverture et alluvions fines
sur côté gauche et droit

φ [°] = 30,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,500	kaγ = 0,312
ka,min = 0,100	kpγ = 4,987
kd = 0,500	kr = 0,500
kac = 1,203	kpc = 6,303
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 8444
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Redéfinition de la couche : All?. grossieres
sur côté gauche et droit

φ [°] = 33,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,455	kaγ = 0,277
ka,min = 0,100	kpγ = 6,428
kd = 0,455	kr = 0,455
kac = 1,125	kpc = 7,182
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 73658

- Modification de la raideur de l'écran :
Z1 [m] = 3,50
Z2 [m] = -6,00
EI [kNm²/m] = 42500
PP [kN/m/m] = 13,00

- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 4,30

- Réhausse de l'écran :
zt [m] = 4,30
EI [kNm²/m] = 6667
PP [kN/m/m] = 5,00

- Retrait de la charge de boussinesq n°1

terrasol
setec

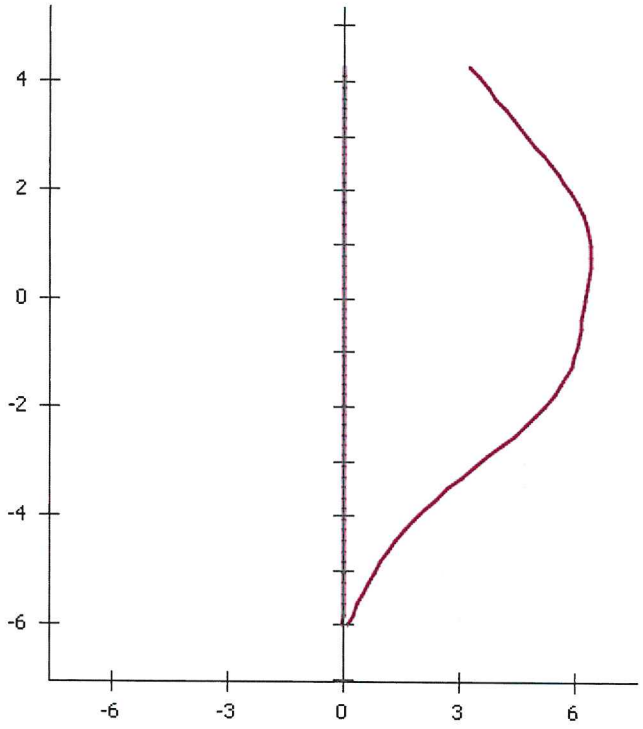
Calcul réalisé par : EGSA BTP

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	0,51	0,96	-17,66	23,30	8,05	-	OK	143,69	OK
2	MISS	3,15	6,02	-102,60	78,16	51,41	-	OK	70,10	OK
3	MISS	3,15	6,02	-102,60	78,16	51,41	0,00	OK	70,10	OK
4	MISS	2,35	6,09	-49,59	59,67	43,11	93,85	OK	93,56	OK
5	MISS	3,27	6,43	-53,58	-105,53	64,63	198,53	OK	53,07	OK
Extrema	-	3,27	6,43	-102,60	-105,53	64,63	198,53	-	-	-

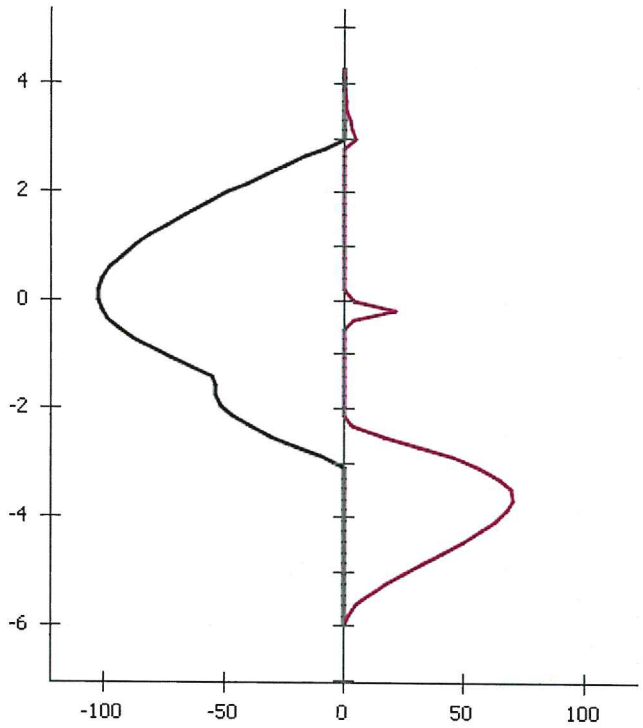
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 5)

Déplacements (MISS) [mm]



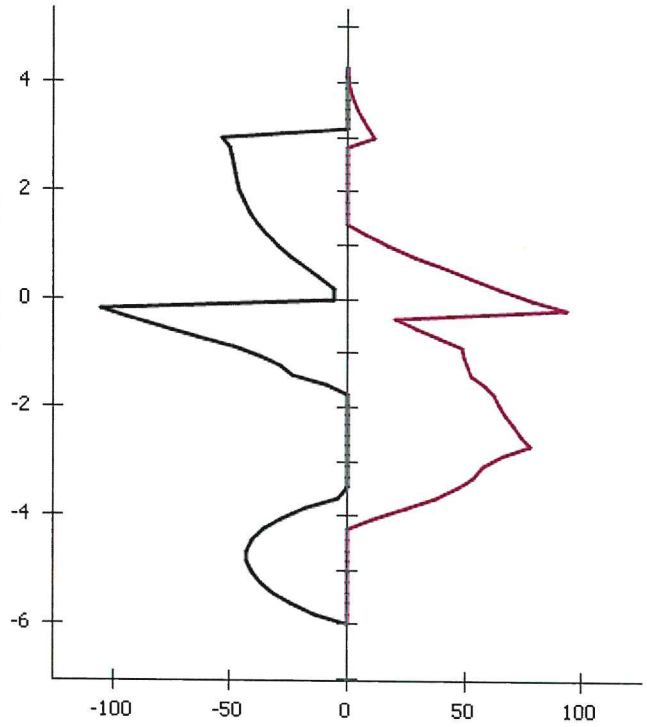
Min = -0,06 - Max = 6,43

Moment [kNm/m]



Min = -76,00 - Max = 51,74
Min = -102,60 - Max = 69,85

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -78,17 - Max = 68,88
Min = -105,53 - Max = 92,99

Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS

Actions

Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
poids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35

Actions

Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
sol - permanente (YG)	1,00	1,00
sol - variable (YQ)	1,11	1,11
écran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
écran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
écran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance

Paramètres du sol	MISS	MEL
cohésion (Yc')	1,00	1,00
angle de frottement (Yφ')	1,00	1,00

-

	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb,D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb,T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35

Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 309,56 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 417,91 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 3239,55 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 2945,05 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 166,73 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -23,03 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 143,69 kN/m

Charge verticale ELU de 143,69 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 2 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 251,84 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 339,99 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 634,52 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 576,84 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 166,73 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -96,63 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 70,10 kN/m

Charge verticale ELU de 70,10 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 3 - Durable

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Vérifications

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 251,84 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 339,99 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 634,52 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 453,23 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 166,73 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -96,63 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 70,10 kN/m

Charge verticale ELU de 70,10 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 4 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 228,91 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 309,03 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 497,41 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 452,19 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 166,73 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -73,16 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 93,56 kN/m

Charge verticale ELU de 93,56 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 5 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 287,65 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 388,33 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 497,41 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 452,19 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 172,13 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -119,06 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 53,07 kN/m

Charge verticale ELU de 53,07 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

3.1.2

Au droit du bâtiment d'exploitation

DONNEES

ELS

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	2,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,10 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Terrains de couverture et alluvions fines	3,60	19,00	9,00	30,00	5,00	0,000	0,500	0,312	4,987	0,500	0,500	1,203	6,303	5875	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00
All?. grossieres	-2,50	19,00	9,00	33,00	5,00	0,000	0,455	0,277	6,428	0,455	0,455	1,125	7,182	51251	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
Réhausse de l'écran	5,00	6667	18,00
1	-13,00	253686	18,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,60 m

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	2	1,50	30000	0,00	0,00
2	3	-2,00	30000	0,00	0,00
3	4	5,00	100000	0,00	0,00
4	4	-4,00	400000	0,00	0,00
5	4	-0,30	40000	0,00	1,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [m]	x [m]	L [m]	q [kN/m/m]
1	0	0,20	10,00	22,00	40,00
2	0	3,60	0,10	10,00	10,00

K-Réa v4

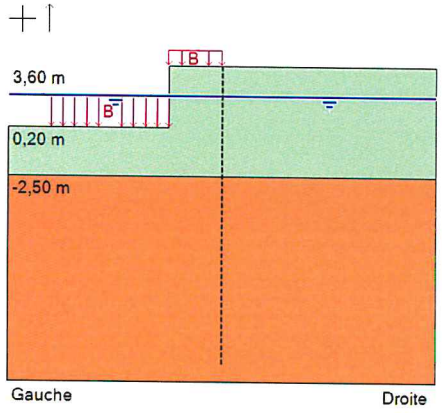
v.4.0.11

AFFAIRE 19-361

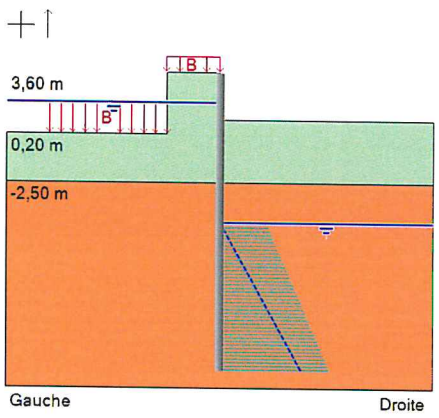
LUNEL - STEP - BATIMENT D'EXPLOITATION

SYNTHESE PHASAGE

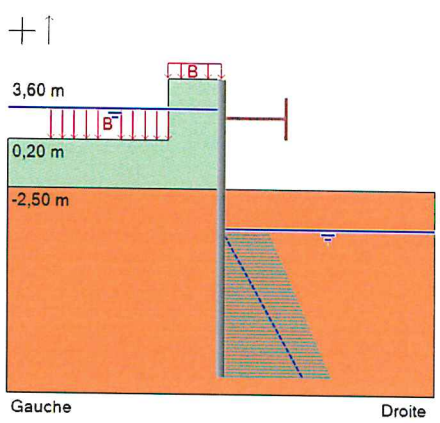
Phase initiale



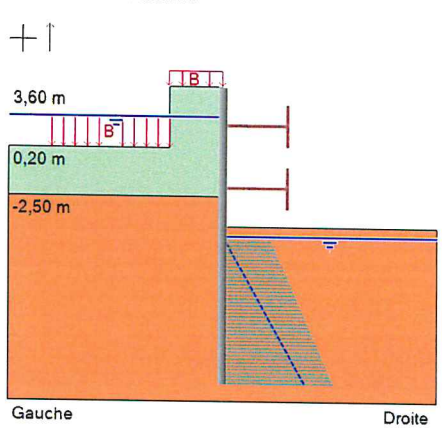
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 2,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
  z [m] = 0,20
  x [m] = 10,00
  αe = 1,000
  L [m] = 22,00
  q [kN/m/m] = 40,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = 2,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°2
  z [m] = 3,60
  x [m] = 0,10
  αe = 1,000
  L [m] = 10,00
  q [kN/m/m] = 10,00

- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 0,20
  Mise en place d'une risberme :
  zt [m] = 3,60 a [m] = 10,00
  zh [m] = 0,20b [m] = 10,01
  αe = 1,000

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = 1,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = -4,70
  Définition d'un gradient :
  z(pt) [m] = -4,70 zw(pt) [m] = 0,00
  z(pt) [m] = -13,00 zw(pt) [m] = -1,80

- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
  za [m] = 1,50
  K [kN/m/m] = 30000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -2,50

- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
  za [m] = -2,00
  K [kN/m/m] = 30000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -4,20

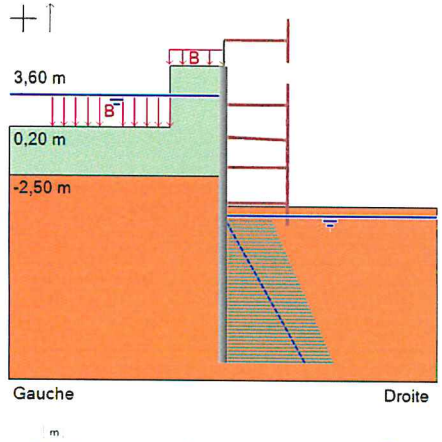
terrasol

setec

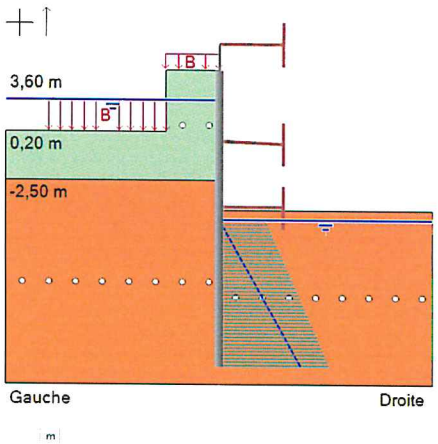
Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

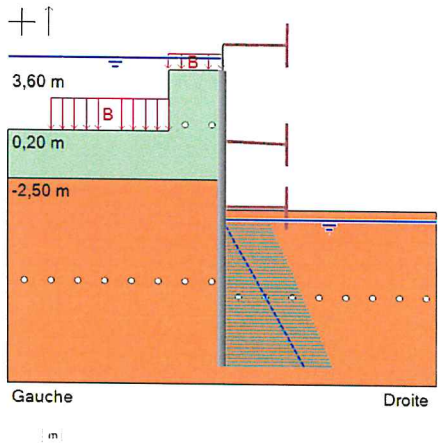
Phase 4 : Phase transitoire



Phase 5 : Phase transitoire



Phase 6 : Phase transitoire



- Réhausse de l'écran :
  - zt [m] = 5,00
  - EI [kNm²/m] = 6667
  - PP [kN/m/m] = 18,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°3
  - za [m] = 5,00
  - K [kN/m/m] = 100000
  - α [°] = 0,00
  - P [kN/m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°4
  - za [m] = -4,00
  - K [kN/m/m] = 400000
  - α [°] = 0,00
  - P [kN/m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°5
  - za [m] = -0,30
  - K [kN/m/m] = 40000
  - α [°] = 1,00
  - P [kN/m] = 0,00

- Redéfinition de la couche : Terrains de couverture et alluvions fines

sur côté gauche

φ [°] = 30,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,500	kaγ = 0,312
ka,min = 0,100	kpγ = 4,987
kd = 0,500	kr = 0,500
kac = 1,203	kpc = 6,303
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 5875
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Redéfinition de la couche : All?. grossieres

sur côté gauche et droit

φ [°] = 33,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,455	kaγ = 0,277
ka,min = 0,100	kpγ = 6,428
kd = 0,455	kr = 0,455
kac = 1,125	kpc = 7,182
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 73658
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Modification de la raideur de l'écran :
  - Z1 [m] = 3,60
  - Z2 [m] = -13,00
  - EI [kNm²/m] = 126843
  - PP [kN/m/m] = 18,00

- Enlèvement du buton n°1

- Enlèvement du buton n°2

- Action hydraulique : (gauche)
  - zw [m] = 4,30

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

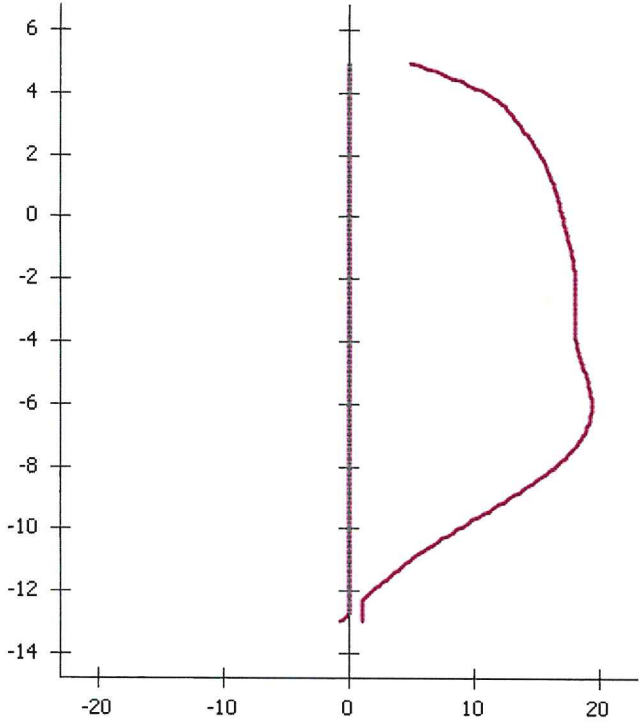
RESULTATS (Synthèse)

+1,5 -2,0 Plancher Radier -0,3 NGF.

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Buton 3 kN/m	Buton 4 kN/m	Buton 5 kN/m
1	9,53	9,53	70,92	35,52	9,347	-	-	-	-	-
2	10,46	10,46	97,51	93,33	3,632	71,31	-	-	-	-
3	6,47	17,24	-268,06	-197,14	1,911	81,30	269,47	-	-	-
4	4,54	17,24	-268,06	-197,14	1,911	81,30	269,47	0,00	0,00	0,00
5	4,68	17,91	-150,92	-152,62	1,837	-	-	14,44	295,68	146,99
6	4,87	19,41	-204,78	-232,67	1,561	-	-	32,85	432,10	203,01
Extrema	10,46	19,41	-268,06	-232,67	1,561	81,30	269,47	32,85	432,10	203,01

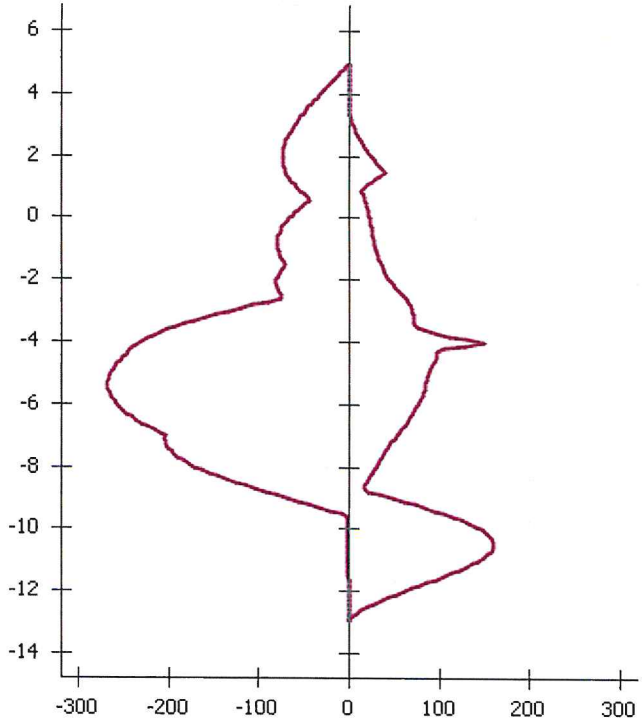
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 6)

Déplacements [mm]



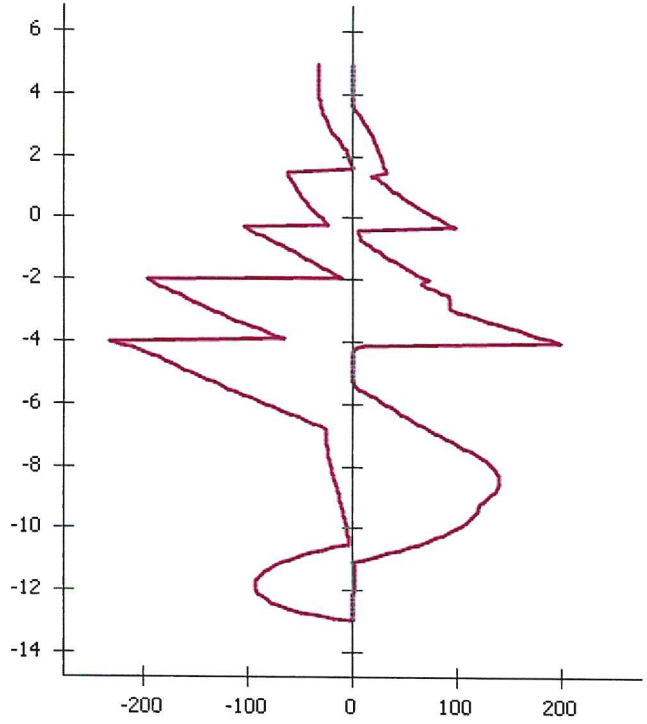
Min = -0,71 - Max = 19,41

Moment [kNm/m]



Min = -268,06 - Max = 160,05

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -232,67 - Max = 199,43

Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

DONNEES

ELU

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	2,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,10 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Terrains de couverture et alluvions fines	3,60	19,00	9,00	30,00	5,00	0,000	0,500	0,312	4,987	0,500	0,500	1,203	6,303	5875	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00
All?. grossieres	-2,50	19,00	9,00	33,00	5,00	0,000	0,455	0,277	6,428	0,455	0,455	1,125	7,182	51251	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
Réhausse de l'écran	5,00	6667	18,00
1	-13,00	253686	18,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,60 m

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	2	1,50	30000	0,00	0,00
2	3	-2,00	30000	0,00	0,00
3	4	5,00	100000	0,00	0,00
4	4	-4,00	400000	0,00	0,00
5	4	-0,30	40000	0,00	1,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [m]	x [m]	L [m]	q [kN/m/m]
1	0	0,20	10,00	22,00	40,00
2	0	3,60	0,10	10,00	10,00

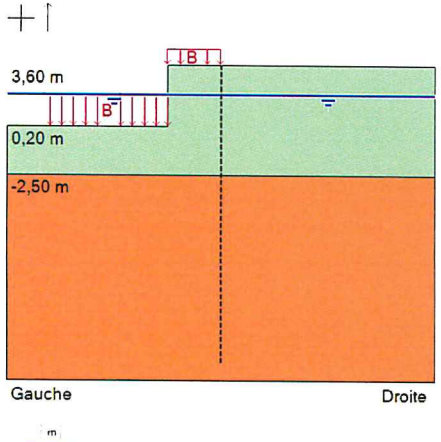
K-Réa v4
v.4.0.11

AFFAIRE 19-361

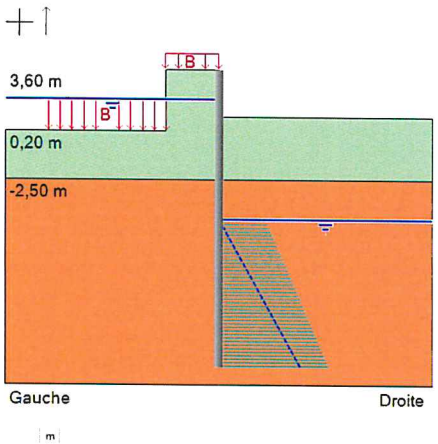
LUNEL - STEP - BATIMENT D'EXPLOITATION

SYNTHESE PHASAGE

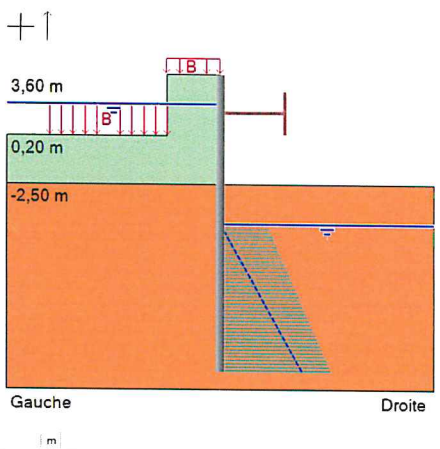
Phase initiale



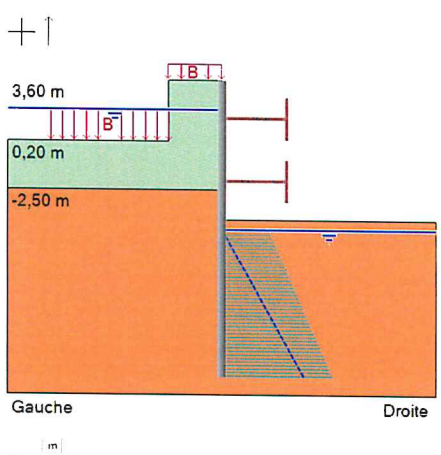
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 2,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
  z [m] = 0,20
  x [m] = 10,00
  αe = 1,000
  L [m] = 22,00
  q [kN/m/m] = 40,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = 2,00

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°2
  z [m] = 3,60
  x [m] = 0,10
  αe = 1,000
  L [m] = 10,00
  q [kN/m/m] = 10,00

- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 0,20
  Mise en place d'une risberme :
  zt [m] = 3,60 a [m] = 10,00
  zh [m] = 0,20b [m] = 10,01
  αe = 1,000

- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = 1,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = -4,70
  Définition d'un gradient :
  z(pt) [m] = -4,70 zw(pt) [m] = 0,00
  z(pt) [m] = -13,00 zw(pt) [m] = -1,80

- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
  za [m] = 1,50
  K [kN/m/m] = 30000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -2,50

- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
  za [m] = -2,00
  K [kN/m/m] = 30000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

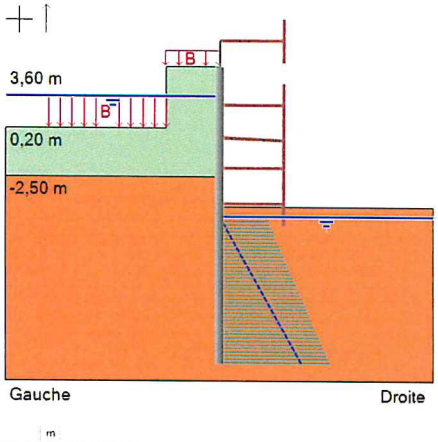
- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -4,20

terrasol
setec

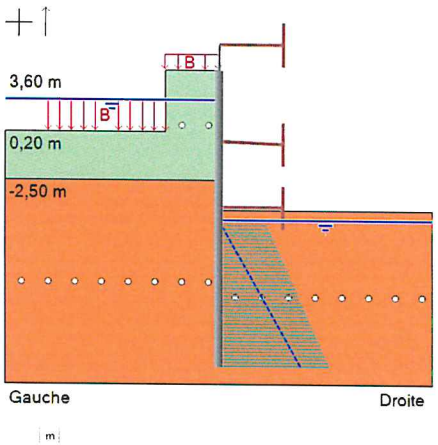
Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

Phase 4 : Phase transitoire



Phase 5 : Phase transitoire



- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Réhausse de l'écran :
zt [m] = 5,00
EI [kNm²/m] = 6667
PP [kN/m/m] = 18,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°3
za [m] = 5,00
K [kN/m/m] = 100000
α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°4
za [m] = -4,00
K [kN/m/m] = 400000
α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°5
za [m] = -0,30
K [kN/m/m] = 40000
α [°] = 1,00
P [kN/m] = 0,00

- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Redéfinition de la couche : Terrains de couverture et alluvions fines
sur côté gauche

φ [°] = 30,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,500	kaγ = 0,312
ka,min = 0,100	kpγ = 4,987
kd = 0,500	kr = 0,500
kac = 1,203	kpc = 6,303
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 5875
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Redéfinition de la couche : All?. grossieres
sur côté gauche et droit

φ [°] = 33,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,455	kaγ = 0,277
ka,min = 0,100	kpγ = 6,428
kd = 0,455	kr = 0,455
kac = 1,125	kpc = 7,182
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 73658

- Modification de la raideur de l'écran :
Z1 [m] = 3,60
Z2 [m] = -13,00
EI [kNm²/m] = 126843
PP [kN/m/m] = 18,00

- Enlèvement du buton n°1

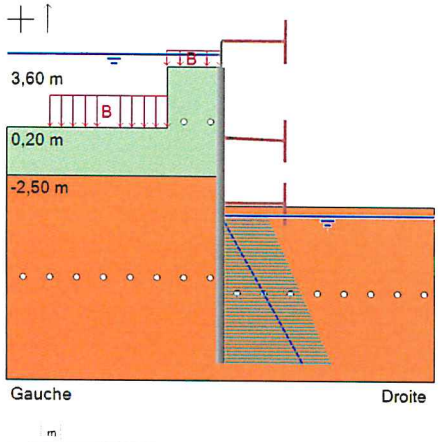
- Enlèvement du buton n°2

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

Phase 6 : Phase transitoire



- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 4,30

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

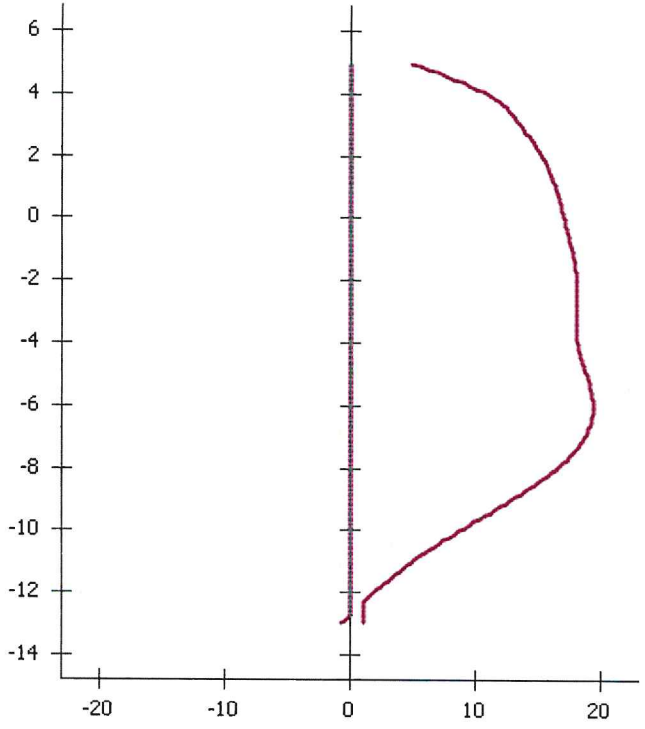
RESULTATS (Synthèse)

+1,5 -2,0 Plancher Radier -0,3 (NGF)

PHASE	Type Vérif.	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Buton 3 kN/m	Buton 4 kN/m	Buton 5 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	9,53	9,53	95,74	47,95	-	-	-	-	-	OK	270,17	OK
2	MISS	10,46	10,46	131,64	125,99	96,27	-	-	-	-	OK	115,14	OK
3	MISS	6,47	17,24	-361,88	-266,14	109,75	363,78	-	-	-	OK	167,90	OK
4	MISS	4,54	17,24	-361,88	-266,14	109,75	363,78	0,00	0,00	0,00	OK	201,92	OK
5	MISS	4,68	17,91	-203,74	-206,04	-	-	19,50	399,16	198,44	OK	263,64	OK
6	MISS	4,87	19,41	-276,45	-314,11	-	-	44,35	583,34	274,06	OK	194,58	OK
Extrema	-	10,46	19,41	-361,88	-314,11	109,75	363,78	44,35	583,34	274,06	-	-	-

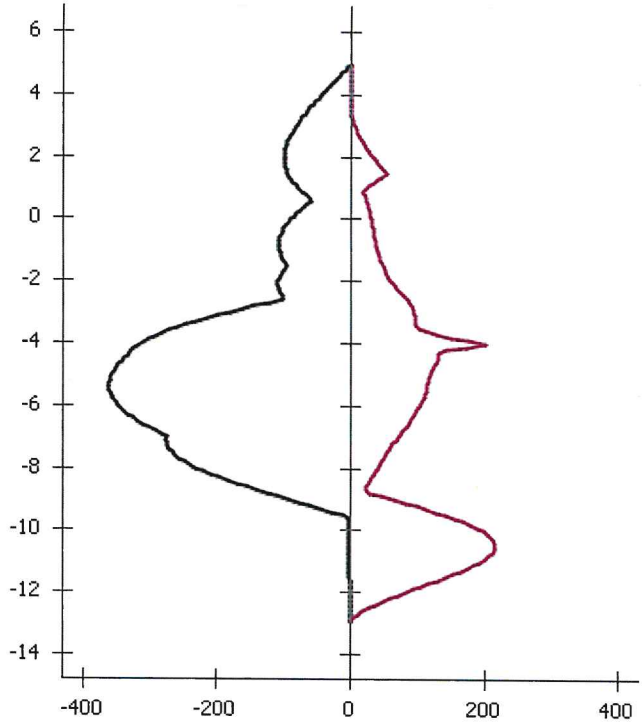
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 6)

Déplacements (MISS) [mm]



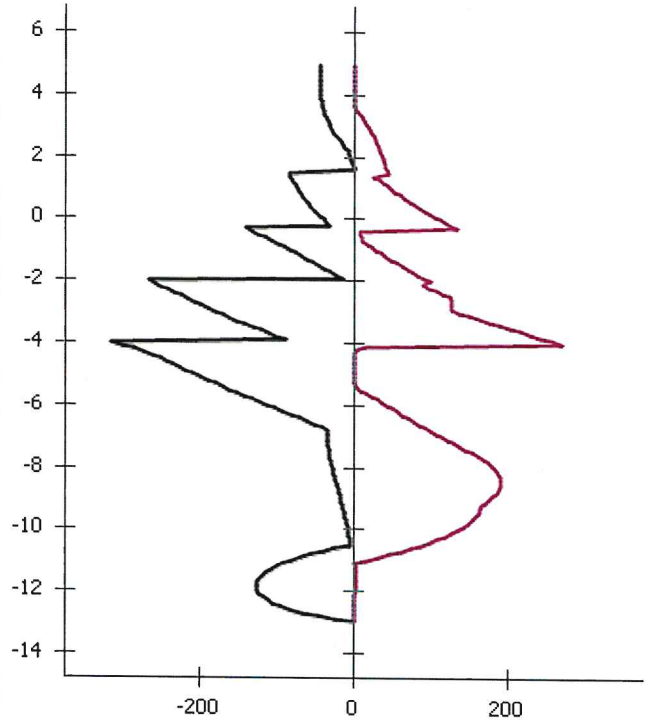
Min = -0,71 - Max = 19,41

Moment [kNm/m]



Min = -268,06 - Max = 160,05
Min = -361,88 - Max = 216,07

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -232,67 - Max = 199,43
Min = -314,11 - Max = 269,23

Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS

Actions

Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
poids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35

Actions

Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
sol - permanente (YG)	1,00	1,00
sol - variable (YQ)	1,11	1,11
écran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
écran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
écran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance

Paramètres du sol	MISS	MEL
cohésion (Yc')	1,00	1,00
angle de frottement (Yφ')	1,00	1,00

-

	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb,D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb,T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35

Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Transitoire

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 860,97 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 1162,31 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 8047,08 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 7315,53 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 403,38 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -133,21 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 270,17 kN/m

Charge verticale ELU de 270,17 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 2 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 789,66 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 1066,04 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 2868,07 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 2607,33 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 403,38 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -288,24 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 115,14 kN/m

Charge verticale ELU de 115,14 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 3 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Vérifications

Valeur caractéristique : Bt,k = 573,97 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 774,86 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 1096,62 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 996,92 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 403,38 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -235,48 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 167,90 kN/m

Charge verticale ELU de 167,90 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 4 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 573,97 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 774,86 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 1096,62 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 996,92 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 437,40 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -235,48 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 201,92 kN/m

Charge verticale ELU de 201,92 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 5 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 507,03 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 684,49 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 931,64 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 846,95 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 437,40 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -170,30 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = -3,46 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 263,64 kN/m

Charge verticale ELU de 263,64 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 6 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 596,82 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 805,71 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 931,64 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 846,95 kN/m

Bt,d < Bm,d

Vérifications

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 437,40 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -238,04 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = -4,78 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 194,58 kN/m

Charge verticale ELU de 194,58 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

3.1.3

Au droit du bâtiment tertiaire

DONNEES

ELS

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	2,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,10 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Terrains de couverture et alluvions fines	3,90	19,00	9,00	30,00	5,00	0,000	0,500	0,312	4,987	0,500	0,500	1,203	6,303	5875	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00
All?. grossieres	0,00	19,00	9,00	33,00	5,00	0,000	0,455	0,277	6,428	0,455	0,455	1,125	7,182	51251	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	-9,00	253686	18,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,90 m

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	3	0,50	50000	0,00	0,00
2	4	-2,00	200000	0,00	0,00
3	4	3,90	400000	0,00	1,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [m]	x [m]	L [m]	q [kN/m/m]
1	0	0,20	10,02	20,00	40,00

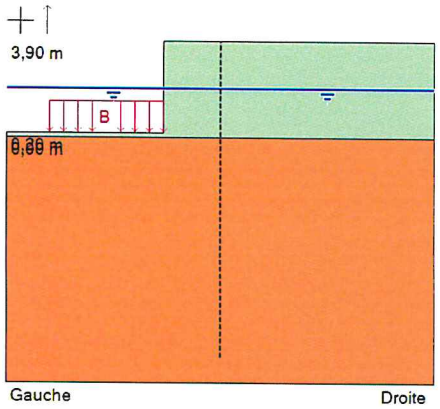
K-Réa v4
v.4.0.11

AFFAIRE 19-361

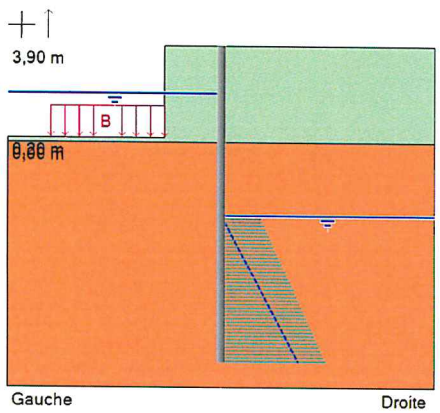
LUNEL - STEP - BATIMENT TERTIAIRE

SYNTHESE PHASAGE

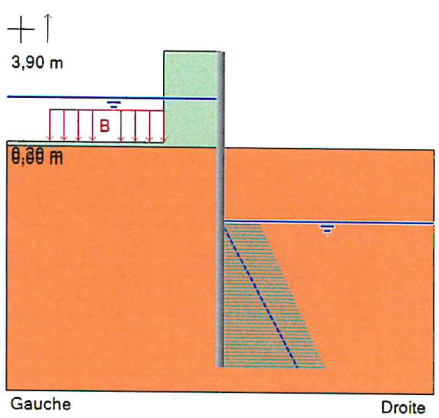
Phase initiale



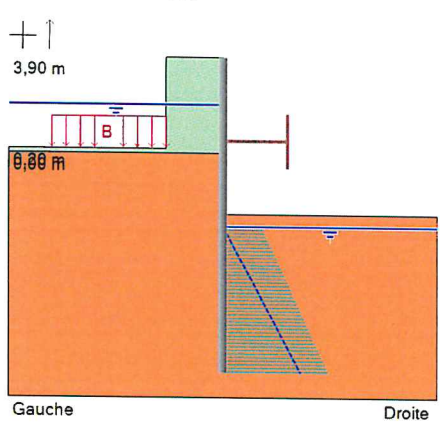
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 2,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = 2,00

- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 0,20
  Mise en place d'une risberme :
  zt [m] = 3,90 a [m] = 10,00
  zh [m] = 0,20b [m] = 10,01
  αe = 1,000

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
  z [m] = 0,20
  x [m] = 10,02
  αe = 1,000
  L [m] = 20,00
  q [kN/m/m] = 40,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = -3,00
  Définition d'un gradient :
  z(pt) [m] = -3,00 zw(pt) [m] = 0,00
  z(pt) [m] = -9,00 zw(pt) [m] = -0,80

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
  za [m] = 0,50
  K [kN/m/m] = 50000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

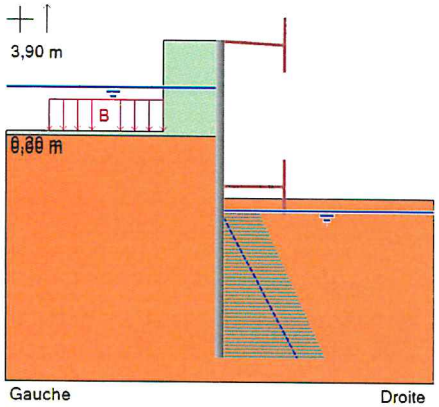
- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -2,50

terrasol
setec

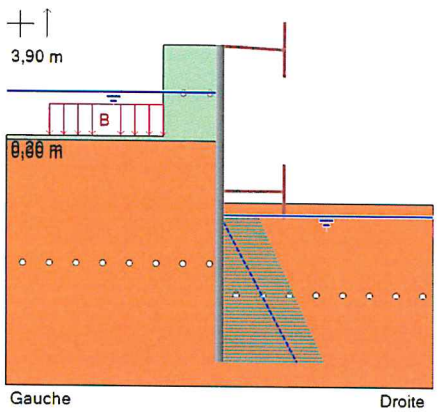
Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

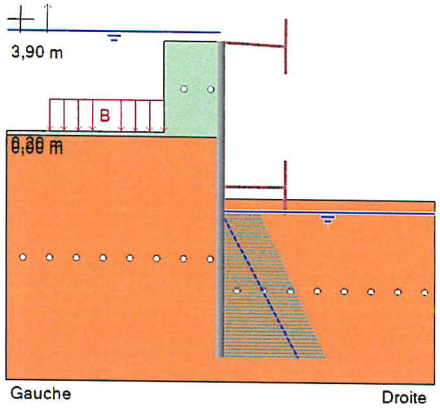
Phase 4 : Phase transitoire



Phase 5 : Phase transitoire



Phase 6 : Phase transitoire



- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
  za [m] = -2,00
  K [kN/m/m] = 200000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°3
  za [m] = 3,90
  K [kN/m/m] = 400000
  α [°] = 1,00
  P [kN/m] = 0,00

- Enlèvement du buton n°1

- Redéfinition de la couche : Terrains de couverture et alluvions fines
sur côté gauche

φ [°] = 30,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,500	kaγ = 0,312
ka,min = 0,100	kpγ = 4,987
kd = 0,500	kr = 0,500
kac = 1,203	kpc = 6,303
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 5875
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Redéfinition de la couche : All?. grossieres
sur côté gauche et droit

φ [°] = 33,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,455	kaγ = 0,277
ka,min = 0,100	kpγ = 6,428
kd = 0,455	kr = 0,455
kac = 1,125	kpc = 7,182
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 73658
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Modification de la raideur de l'écran :
  Z1 [m] = 3,90
  Z2 [m] = -9,00
  EI [kNm²/m] = 126843
  PP [kN/m/m] = 18,00

- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 4,30

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

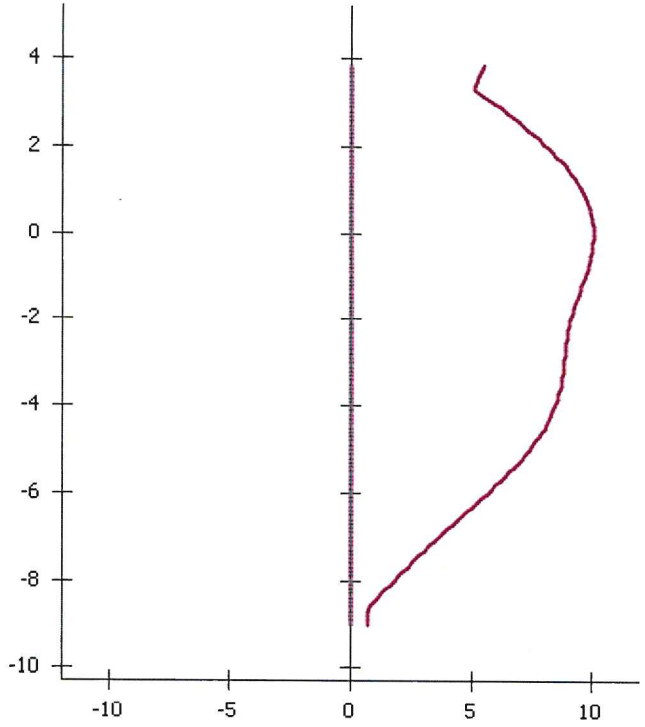
RESULTATS (Synthèse)

0,5 Plancher Radier (NGF)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Buton 3 kN/m
1	0,06	0,20	-4,52	6,65	15,031	-	-	-
2	5,50	5,50	60,07	39,90	6,182	-	-	-
3	3,33	7,37	-156,64	-122,98	1,985	158,06	-	-
4	3,45	8,32	-134,76	82,08	2,048	-	129,13	48,63
5	3,44	9,00	-92,32	111,66	1,863	-	212,94	41,51
6	3,50	10,02	-126,93	173,16	1,558	-	335,79	68,47
Extrema	5,50	10,02	-156,64	173,16	1,558	158,06	335,79	68,47

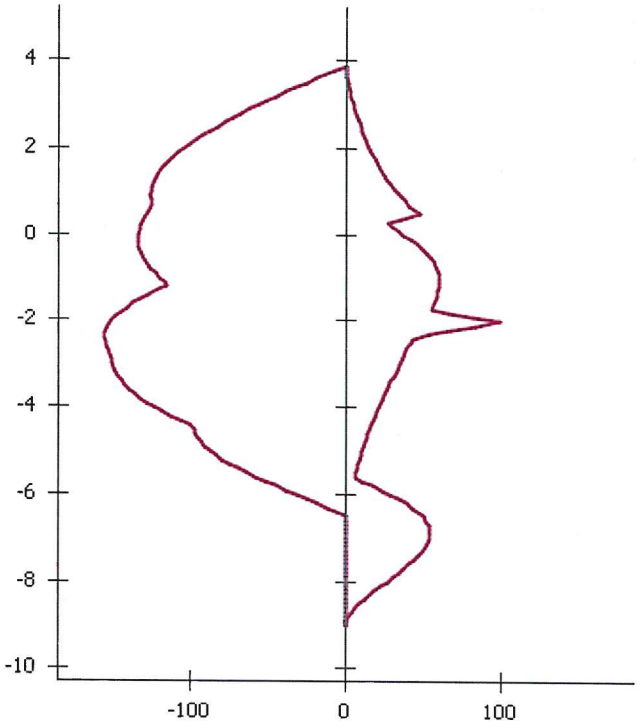
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 6)

Déplacements [mm]



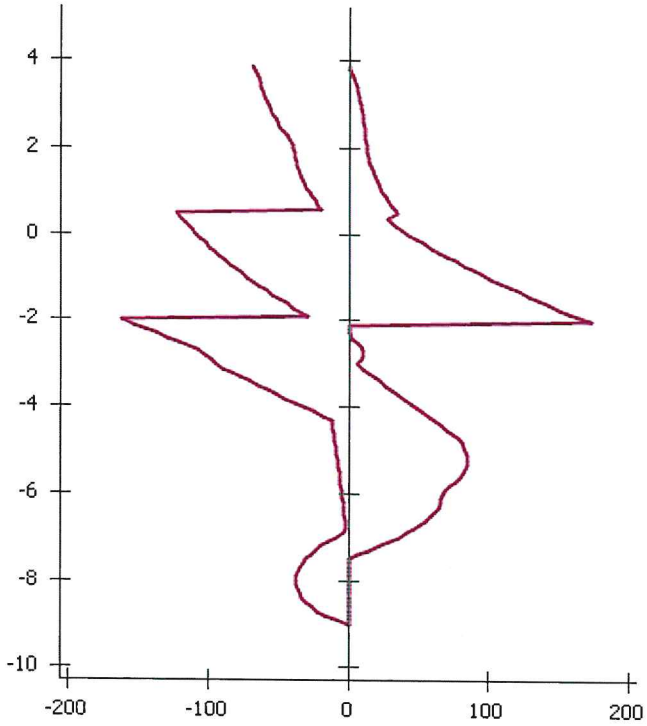
Min = 0,00 - Max = 10,02

Moment [kNm/m]



Min = -156,64 - Max = 98,77

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -162,63 - Max = 173,16

Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

DONNEES

ELU

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	2,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,10 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Terrains de couverture et alluvions fines	3,90	19,00	9,00	30,00	5,00	0,000	0,500	0,312	4,987	0,500	0,500	1,203	6,303	5875	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00
All?. grossieres	0,00	19,00	9,00	33,00	5,00	0,000	0,455	0,277	6,428	0,455	0,455	1,125	7,182	51251	0	0,330	-0,670	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	-9,00	253686	18,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,90 m

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	3	0,50	50000	0,00	0,00
2	4	-2,00	200000	0,00	0,00
3	4	3,90	400000	0,00	1,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [m]	x [m]	L [m]	q [kN/m/m]
1	0	0,20	10,02	20,00	40,00

ASSISTANTS

Assistant K0 :

Action	Nom Couche	φ [°]	β [°]	Roc	K0
Sol initial	Terrains de couverture et alluvions fines	30,00	0,00	1,000	0,500
Sol initial	All?. grossieres	33,00	0,00	1,000	0,455
Modification (Phase 5)	Terrains de couverture et alluvions fines	30,00	0,00	1,000	0,500
Modification (Phase 5)	All?. grossieres	33,00	0,00	1,000	0,455

Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :

Action	Nom Couche	Coefficient	λ [°]	φ [°]	δ/φ	β/φ	Valeur
Sol initial	Terrains de couverture et alluvions fines	kaγ	0,00	30,00	0,330	0,000	0,312
Sol initial	Terrains de couverture et alluvions fines	kpγ	0,00	30,00	-0,670	0,000	4,987
Sol initial	All?. grossieres	kaγ	0,00	33,00	0,330	0,000	0,277
Sol initial	All?. grossieres	kpγ	0,00	33,00	-0,670	0,000	6,428
Modification (Phase 5)	Terrains de couverture et alluvions fines	kaγ	0,00	30,00	0,330	0,000	0,312
Modification (Phase 5)	Terrains de couverture et alluvions fines	kpγ	0,00	30,00	-0,670	0,000	4,987
Modification (Phase 5)	All?. grossieres	kaγ	0,00	33,00	0,330	0,000	0,277
Modification (Phase 5)	All?. grossieres	kpγ	0,00	33,00	-0,670	0,000	6,428

Assistant kac/kpc :

Action	Nom Couche	Coefficient	φ [°]	δ/φ	Valeur
Sol initial	Terrains de couverture et alluvions fines	kac	30,00	0,330	1,203
Sol initial	Terrains de couverture et alluvions fines	kpc	30,00	-0,670	6,303
Sol initial	All?. grossieres	kac	33,00	0,330	1,125
Sol initial	All?. grossieres	kpc	33,00	-0,670	7,182
Modification (Phase 5)	Terrains de couverture et alluvions fines	kac	30,00	0,330	1,203
Modification (Phase 5)	Terrains de couverture et alluvions fines	kpc	30,00	-0,670	6,303
Modification (Phase 5)	All?. grossieres	kac	33,00	0,330	1,125
Modification (Phase 5)	All?. grossieres	kpc	33,00	-0,670	7,182

Assistant kh, Schmitt :

Action	Nom Couche	Em [kN/m²]	α	EI [kNm²/m]	kh [kN/m²/m]
Sol initial	Terrains de couverture et alluvions fines	6000	0,670	253686	5875
Sol initial	All?. grossieres	15000	0,330	253686	51251

ASSISTANTS

Assistant kh, Schmitt :

Action	Nom Couche	Em [kN/m²]	α	EI [kNm²/m]	kh [kN/m²/m]
Modification (Phase 5)	Terrains de couverture et alluvions fines	6000	0,670	253686	5875
Modification (Phase 5)	All?. grossieres	15000	0,330	85454	73658

Assistant paroi composite, Pieux circulaire :

Action	[1],E [kN/m²]	[1],eh [m]	[1],d [mm]	[2],E [kN/m²]	[2],e [mm]	EI [kNm²/m]
Ecran initial	2E+007	1,04	720,00	-	-	253686
Modification Raideur (Phase 5)	1E+007	1,04	720,00	-	-	126843

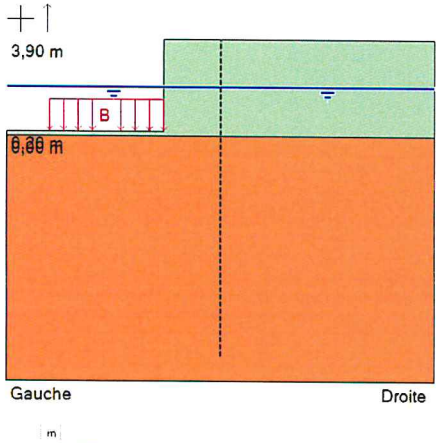
K-Réa v4
v.4.0.11

AFFAIRE 19-361

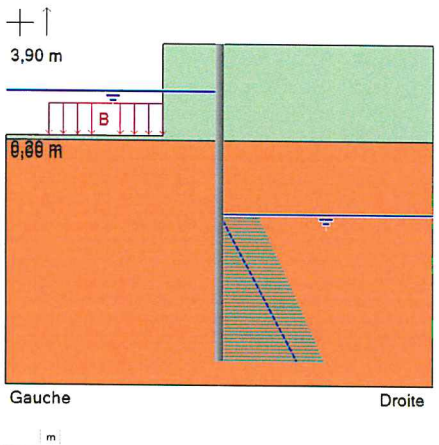
LUNEL - STEP - BATIMENT TERTIAIRE

SYNTHESE PHASAGE

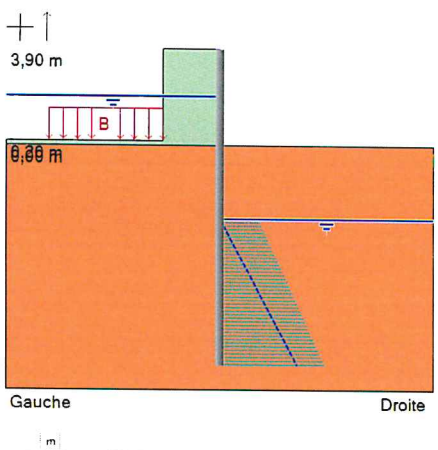
Phase initiale



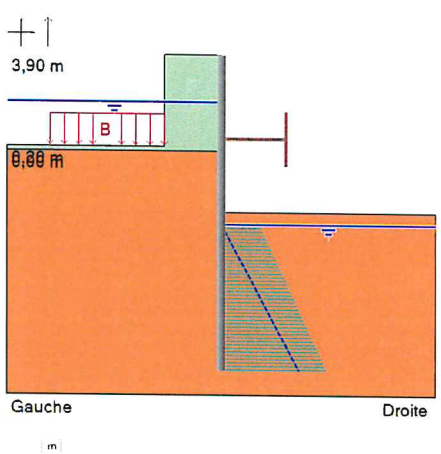
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Action hydraulique : (gauche)
  zw [m] = 2,00

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = 2,00

- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 0,20
  Mise en place d'une risberme :
  zt [m] = 3,90 a [m] = 10,00
  zh [m] = 0,20b [m] = 10,01
  αe = 1,000

- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
  z [m] = 0,20
  x [m] = 10,02
  αe = 1,000
  L [m] = 20,00
  q [kN/m/m] = 40,00

- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Action hydraulique : (droite)
  zw [m] = -3,00
  Définition d'un gradient :
  z(pt) [m] = -3,00 zw(pt) [m] = 0,00
  z(pt) [m] = -9,00 zw(pt) [m] = -0,80

- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = 0,00

- Options ELU (MISS):
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
  za [m] = 0,50
  K [kN/m/m] = 50000
  α [°] = 0,00
  P [kN/m] = 0,00

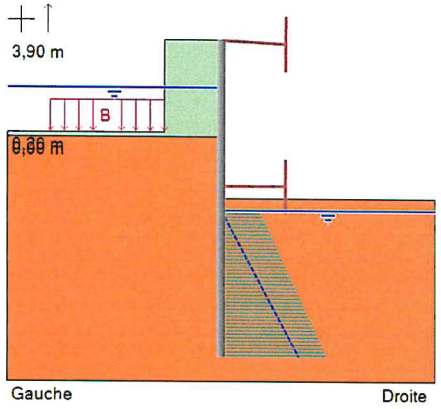
- Excavation (côté droit) :
  zh [m] = -2,50

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

SYNTHESE PHASAGE

Phase 4 : Phase transitoire



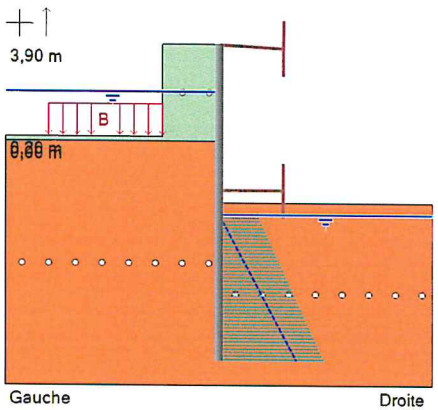
- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
za [m] = -2,00
K [kN/m/m] = 200000
α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00

- Mise en place du buton (côté droit) : n°3
za [m] = 3,90
K [kN/m/m] = 400000
α [°] = 1,00
P [kN/m] = 0,00

- Enlèvement du buton n°1

Phase 5 : Phase transitoire



- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Redéfinition de la couche : Terrains de couverture et alluvions fines
sur côté gauche

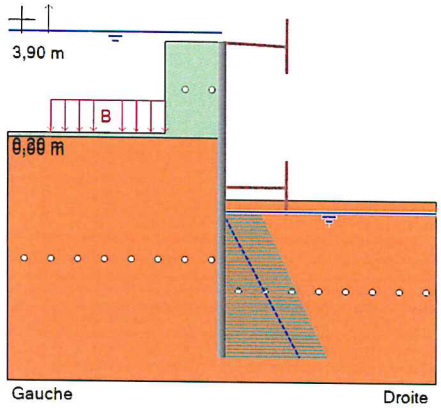
φ [°] = 30,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,500	kaγ = 0,312
ka,min = 0,100	kpγ = 4,987
kd = 0,500	kr = 0,500
kac = 1,203	kpc = 6,303
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 5875
dkh [kN/m²/m/m] = 0	

- Redéfinition de la couche : All?. grossieres
sur côté gauche et droit

φ [°] = 33,00	c [kN/m²] = 1,00
δa/φ = 0,330	δp/φ = -0,670
k0 = 0,455	kaγ = 0,277
ka,min = 0,100	kpγ = 6,428
kd = 0,455	kr = 0,455
kac = 1,125	kpc = 7,182
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m²/m] = 73658

- Modification de la raideur de l'écran :
Z1 [m] = 3,90
Z2 [m] = -9,00
EI [kNm²/m] = 126843
PP [kN/m/m] = 18,00

Phase 6 : Phase transitoire



- Options ELU (MISS):
Surexcavation :
Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
position zD du point d'effort tranchant null : automatique

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 4,30

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

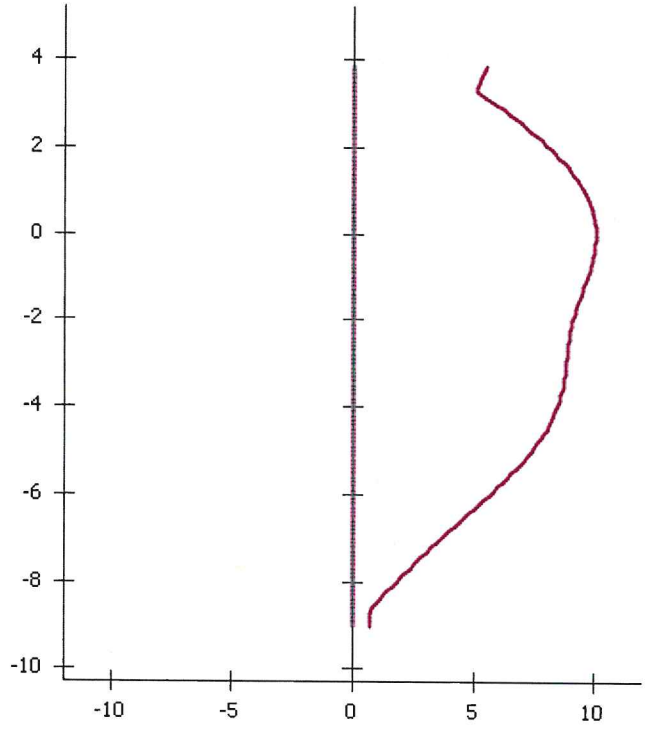
RESULTATS (Synthèse)

0,5 NGF Planche Radier

PHASE	Type Vérif.	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Buton 3 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	0,06	0,20	-6,10	8,98	-	-	-	OK	313,10	OK
2	MISS	5,50	5,50	81,09	53,86	-	-	-	OK	152,51	OK
3	MISS	3,33	7,37	-211,46	-166,02	213,38	-	-	OK	166,46	OK
4	MISS	3,45	8,32	-181,93	110,81	-	174,33	65,65	OK	162,10	OK
5	MISS	3,44	9,00	-124,63	150,75	-	287,48	56,03	OK	209,68	OK
6	MISS	3,50	10,02	-171,35	233,77	-	453,32	92,43	OK	162,03	OK
Extrema	-	5,50	10,02	-211,46	233,77	213,38	453,32	92,43	-	-	-

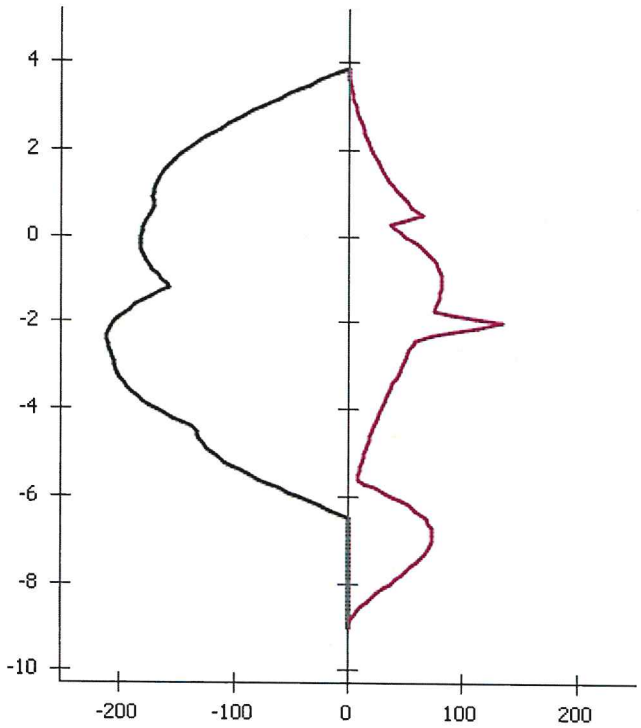
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 6)

Déplacements (MISS) [mm]



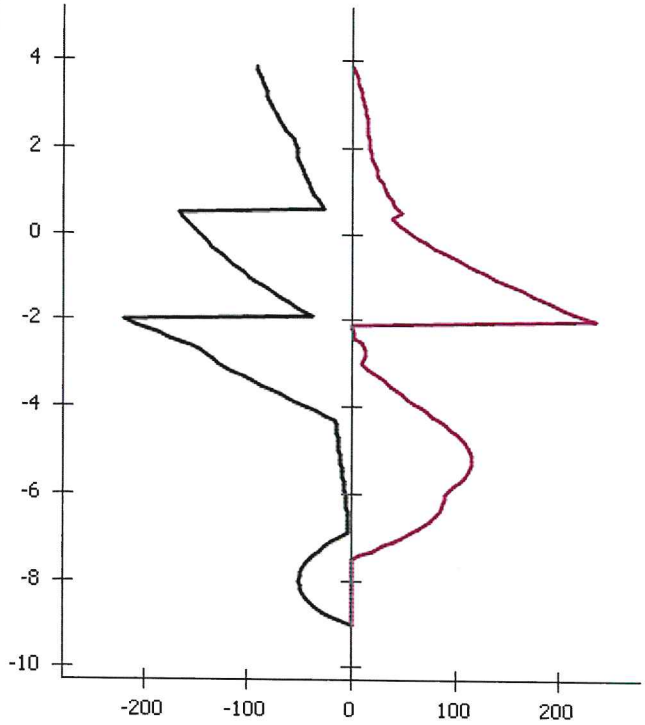
Min = 0,00 - Max = 10,02

Moment [kNm/m]



Min = -156,64 - Max = 98,77
Min = -211,46 - Max = 133,34

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -162,63 - Max = 173,16
Min = -219,55 - Max = 233,77

Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : EGSA BTP

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS

Actions

Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
poids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35

Actions

Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
sol - permanente (YG)	1,00	1,00
sol - variable (YQ)	1,11	1,11
écran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
écran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
écran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance

Paramètres du sol	MISS	MEL
cohésion (Yc')	1,00	1,00
angle de frottement (Yφ')	1,00	1,00

-

	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb,D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb,T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35

Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Transitoire

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 548,20 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 740,07 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 8240,07 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 7490,97 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 313,47 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -0,37 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 313,10 kN/m

Charge verticale ELU de 313,10 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 2 - Transitoire

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 502,99 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 679,04 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 3109,73 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 2827,03 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 313,47 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -160,96 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 152,51 kN/m

Charge verticale ELU de 152,51 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 3 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 364,21 kN/m

Vérifications

Valeur de calcul : Bt,d = 491,68 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 722,90 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 657,19 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 313,47 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -147,01 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 166,46 kN/m

Charge verticale ELU de 166,46 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 4 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 353,03 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 476,58 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 722,90 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 657,19 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 313,47 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -150,23 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = -1,15 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 162,10 kN/m

Charge verticale ELU de 162,10 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 5 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 313,43 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 423,14 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 583,83 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 530,75 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :
Pd = 313,47 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -102,81 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = -0,98 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
Rv,d = 209,68 kN/m

Charge verticale ELU de 209,68 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

PHASE 6 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 374,62 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 505,74 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 583,83 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 530,75 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérifications

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de la palplanche :

Pd = 313,47 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = -149,83 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = -1,61 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

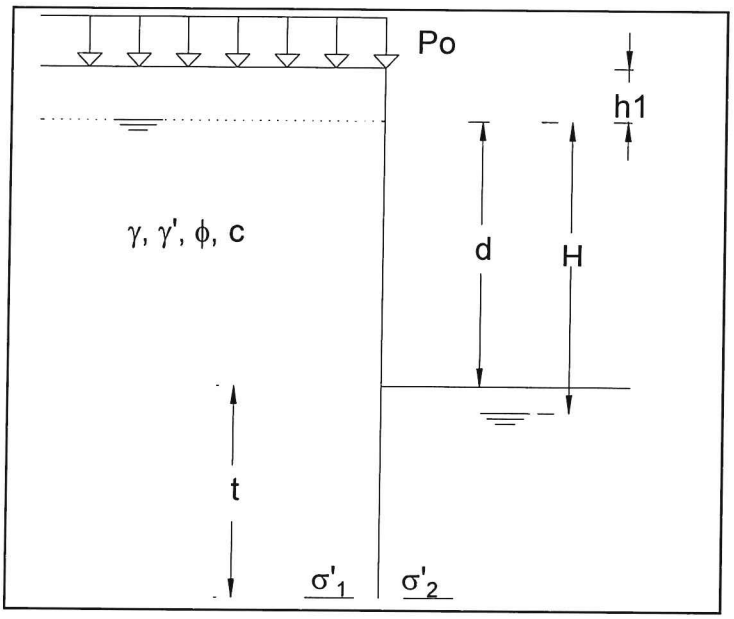
Rv,d = 162,03 kN/m

Charge verticale ELU de 162,03 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

3.2

Vérification des parois des fiches hydrauliques

ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET
19-361
Vérification de la fiche hydraulique
Lunel Bassin aération



$$t = (1/\gamma')*[(Po+\gamma*h1+\gamma'*d+\gamma_w*H)/(Nq/F-1)-c/\tan\phi+\gamma_w*H/2] \text{ (m)}$$

Formule de Mandel d'après Cassan - Aide mémoire d'hydraulique souterraine

Données

Poids volumique apparent	γ [kPa]	**19,00**
Poids volumique sec	γ_d [kPa]	**16,00**
Poids volumique de l'eau	γ_w [kPa]	**10,00**
Angle de frottement	ϕ [°]	**30,00**
Cohésion	**c** [kPa]	**5,00**
Surcharge en tête	**Po** [kPa]	**10,00**
Epaisseur de la zone non saturée	**h1** [m]	**1,50**
Hauteur immergée du soutènement	**d** [m]	**2,90**
Rabattement de nappe	**H** [m]	**3,40**
Coefficient de sécurité	**F** [-]	**2,00**

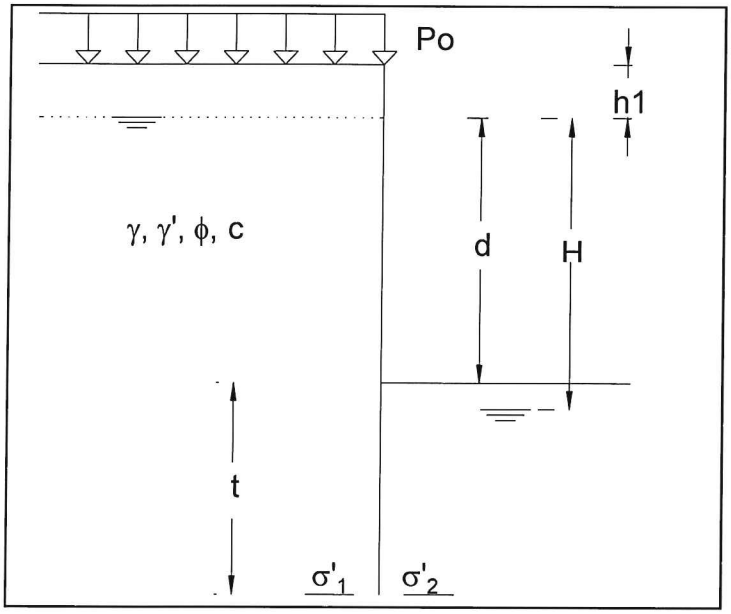
Valeurs calculées

Angle de frottement interne	ϕ [rad]	0,52
Poids volumique déjaugé	γ' [kPa]	10
Terme de profondeur	Nq [-]	18,40
Fiche hydraulique selon Mandel	t [m]	**2,09**

Résultat

t, Valeur de la fiche hydraulique retenue (m) **2,50**

ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET
19-361
Vérification de la fiche hydraulique
Lunel Batiment d'exploitation



$$t = (1/\gamma')*[(Po+\gamma*h1+\gamma'*d+\gamma_w*H)/(Nq/F-1)-c/\tan\phi+\gamma_w*H/2] \text{ (m)}$$

Formule de Mandel d'après Cassan - Aide mémoire d'hydraulique souterraine

Données

Poids volumique apparent	γ [kPa]	**19,00**
Poids volumique sec	γ_d [kPa]	**16,00**
Poids volumique de l'eau	γ_w [kPa]	**10,00**
Angle de frottement	ϕ [°]	**30,00**
Cohésion	**c** [kPa]	**1,00**
Surcharge en tête	**Po** [kPa]	**10,00**
Epaisseur de la zone non saturée	**h1** [m]	**1,60**
Hauteur immergée du soutènement	**d** [m]	**6,20**
Rabattement de nappe	**H** [m]	**6,70**
Coefficient de sécurité	**F** [-]	**2,00**

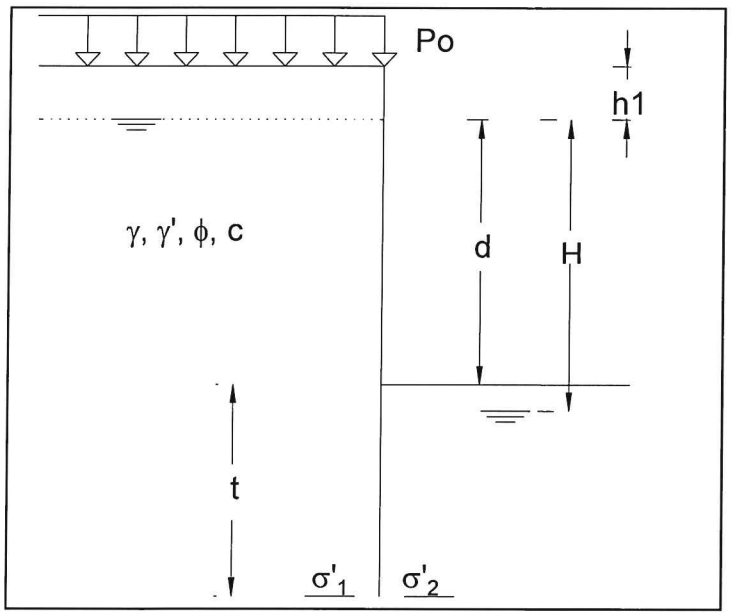
Valeurs calculées

Angle de frottement interne	ϕ [rad]	0,52
Poids volumique déjaugé	γ' [kPa]	10
Terme de profondeur	Nq [-]	18,40
Fiche hydraulique selon Mandel	t [m]	**5,28**

Résultat

t, Valeur de la fiche hydraulique retenue (m) **5,50**

ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET
19-361
Vérification de la fiche hydraulique
Lunel batiment tertiaire



$$t = (1/\gamma')*[(Po+\gamma*h1+\gamma'*d+\gamma_w*H)/(Nq/F-1)-c/\tan\phi+\gamma_w*H/2] \text{ (m)}$$

Formule de Mandel d'après Cassan - Aide mémoire d'hydraulique souterraine

Données

Poids volumique apparent	γ [kPa]	**19,00**
Poids volumique sec	γ_d [kPa]	**16,00**
Poids volumique de l'eau	γ_w [kPa]	**10,00**
Angle de frottement	ϕ [°]	**30,00**
Cohésion	**c** [kPa]	**1,00**
Surcharge en tête	**Po** [kPa]	**10,00**
Epaisseur de la zone non saturée	**h1** [m]	**1,90**
Hauteur immergée du soutènement	**d** [m]	**4,50**
Rabattement de nappe	**H** [m]	**5,00**
Coefficient de sécurité	**F** [-]	**2,00**

Valeurs calculées

Angle de frottement interne	ϕ [rad]	0,52
Poids volumique déjaugé	γ' [kPa]	10
Terme de profondeur	Nq [-]	18,40
Fiche hydraulique selon Mandel	t [m]	**4,08**

Résultat

t, Valeur de la fiche hydraulique retenue (m) **4,50**

3.3

Modélisations FOXTA (pieux du bâtiment d'exploitation)

Données

Titre du projet : Pieux batiment d'exploitation (pieu n°2)

Numéro d'affaire : 19P361-A1

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul

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) : 0,42

Classe du pieu : 2 - Pieu tarière creuse

Catégorie du pieu : 6 [FTC, FTCD] - Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation

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	0,455	0,556	0,909	1,000

Cote de référence (m) : 3,60

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Mort terrain		Argile, limons	2,60	0,00	0,00	0,00	1,265
2	Alluvions fines		Sols intermédiaires, tendance argileuse	-2,50	600,00	55,00	1,30	1,265
3	Alluvions grossières		Sables, graves	-20,00	1500,00	110,00	1,65	1,265

Critère de calcul : Charge imposée en tête

Charge en tête (kN) : 840,00

Critère appliqué à la combinaison : ELS-CARAC

Programme FondProf v2.5.1 (c) TERRASOL 2019

File : C:\Users\Florence\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v3\11448\temp[FP]-2.resu

Calcul réalisé le : 23/10/2019 à 11h23
par : EGSA BTP

Options du calcul :
- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 6
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.455	0.556	0.909	1.000

Cote de référence : 3.600

Section du pieu : 0.139
Périmètre : 1.319

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	2.60	0.0	0.00	1.00	0.00	1.26
02	-2.50	600.0	55.00	1.00	1.30	1.26
03	-20.00	1500.0	110.00	1.00	1.65	1.26

Pas du calcul : 0.50

==========

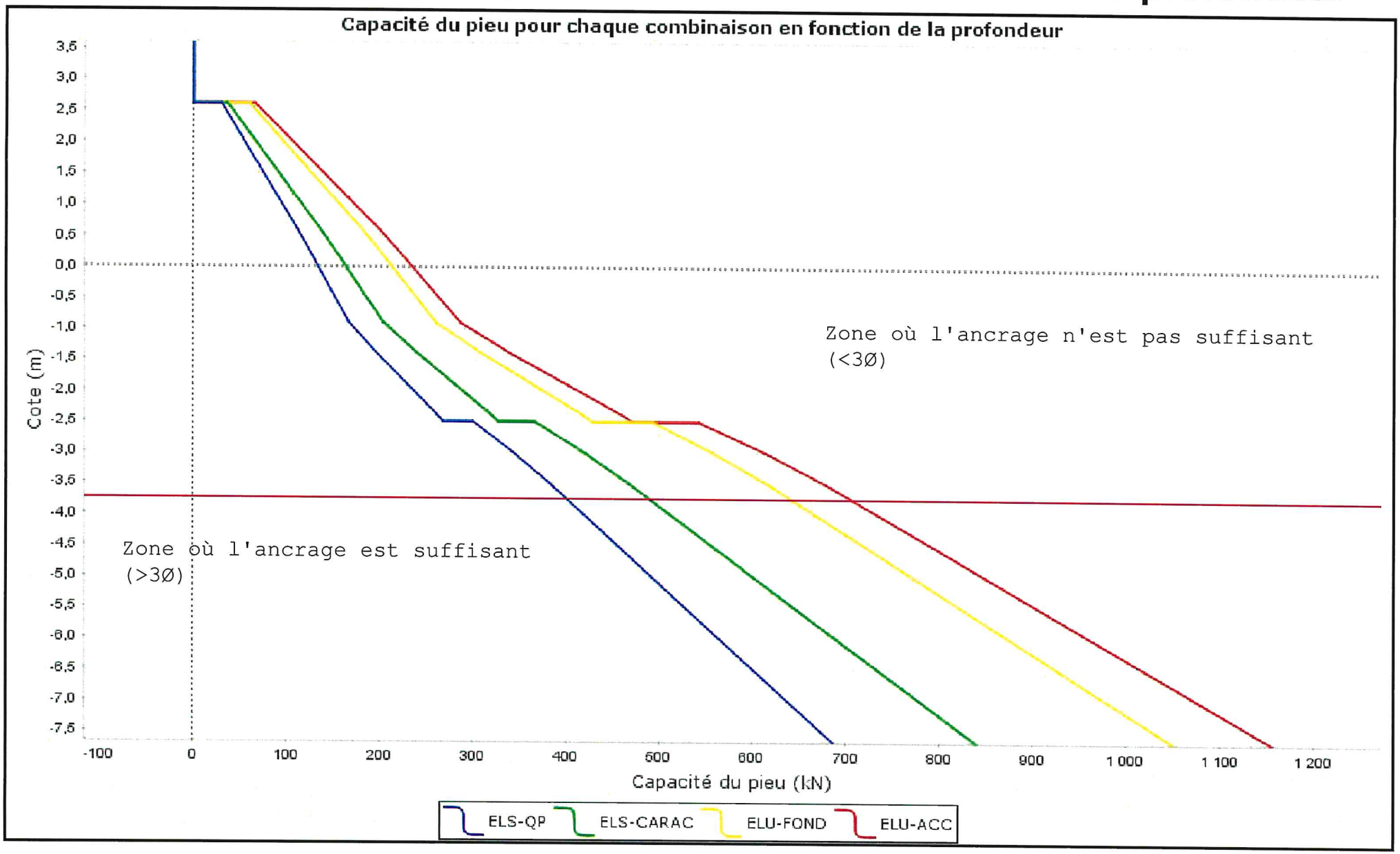
****
SOLUTION
****

Calcul à charge imposée : Q = 840.0 vis à vis de la combinaison : ELS-CARA

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	3.60	0.00	200.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	3.10	0.00	300.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	2.60	0.00	450.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	2.60	0.00	450.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	2.60	55.00	600.0	1.000	0.0	83.1	29.9	36.5	59.7	65.7
02	2.10	55.00	600.0	1.071	36.3	89.1	50.3	61.5	90.1	99.1
02	1.60	55.00	600.0	1.143	72.6	95.0	70.7	86.4	120.4	132.5
02	1.10	55.00	600.0	1.214	108.9	100.9	91.0	111.3	150.8	165.8
02	0.60	55.00	600.0	1.286	145.1	106.9	111.4	136.2	181.1	199.2
02	0.10	55.00	600.0	1.300	181.4	108.1	130.1	159.1	208.0	228.8
02	-0.40	55.00	600.0	1.300	217.7	108.1	148.3	181.4	234.1	257.5
02	-0.90	55.00	600.0	1.300	254.0	108.1	166.6	203.7	260.2	286.2
02	-1.40	55.00	780.0	1.300	290.3	140.5	196.5	240.3	309.5	340.5
02	-1.90	55.00	1005.0	1.300	326.6	181.0	229.3	280.4	364.7	401.2
02	-2.40	55.00	1230.0	1.293	362.9	220.3	261.7	320.0	419.0	461.0
02	-2.50	55.00	1275.0	1.282	370.1	226.5	267.6	327.2	428.7	471.6
03	-2.50	110.00	1500.0	1.520	370.1	315.9	299.7	366.5	492.9	542.3
03	-3.00	110.00	1500.0	1.613	442.7	335.2	343.1	419.6	559.0	614.9
03	-3.50	110.00	1500.0	1.650	515.3	342.9	382.4	467.6	616.6	678.4
03	-4.00	110.00	1500.0	1.650	587.8	342.9	418.9	512.2	668.8	735.7
03	-4.50	110.00	1500.0	1.650	660.4	342.9	455.4	556.9	720.9	793.1
03	-5.00	110.00	1500.0	1.650	733.0	342.9	491.8	601.5	773.1	850.5

03	-5.50	110.00	1500.0	1.650	805.5	342.9	528.3	646.1	825.2	907.9
03	-6.00	110.00	1500.0	1.650	878.1	342.9	564.8	690.8	877.4	965.2
03	-6.50	110.00	1500.0	1.650	950.7	342.9	601.3	735.4	929.5	1022.6
03	-7.00	110.00	1500.0	1.650	1023.2	342.9	637.8	780.0	981.7	1080.0
03	-7.50	110.00	1500.0	1.650	1095.8	342.9	674.3	824.7	1033.8	1137.3
03	-7.67	110.00	1500.0	1.650	1120.8	342.9	686.8	840.0	1051.7	1157.0

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



EGSA btp
EXPERTISE · GEOTECHNIQUE · STRUCTURE · ARBITRAGE

Dossier n° 19-361-A
LUNEL (34)
STEP – Extension
Mission G2-PRO

ANNEXE 4

Extrait de la norme NF P94-500

Norme NF P94-500 – Novembre 2013

Tableau 1 — 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		
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 géotechnique 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 géotechnique 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

EGSA btp
EXPERTISE - GEOTECHNIQUE - STRUCTURE - ARBITRAGE

Norme NF P94-500 – Novembre 2013

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase Projet (PRO)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase DCE / ACT

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

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).