

Agence de NANCY

125 rue Victor Lemoine

DYNAPOLE LUDRES-FLEVILLE

54710 LUDRES

Tél : 03.83.51.04.36 - Fax : 03.83.51.04.33

agence.nancy@geotec.fr



ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION
Phase Projet (G2 PRO)

18/07791/NANCY/01

55600 MONTMEDY

Restauration écologique de la Chiers
au droit de la station de pompage


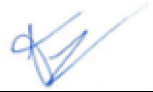
27/06/2023

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION
Phase Projet (G2 PRO)

**Restauration écologique de la Chiers
 au droit de la station de pompage**

18/07791/NANCY/01

55600 MONTMEDY

Référence : 18/07791/NANCY/01				Mission G2 Phase PRO		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte + Annexes			
0	07/03/2023	1 ^{ère} émission		V. VANLERBERGHE 	D. PETITJEAN	D. PETITJEAN
A	27/06/2023	Prise en compte du mail de INGEROP du 14/06/23 / intégration des sondages SP21 et SP22		V. VANLERBERGHE 	D. PETITJEAN	D. PETITJEAN
B						

NB : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

SOMMAIRE

I - CADRE DE L'INTERVENTION.....	4 à 7
I.1 Intervenants	4
I.2. Projet, documents reçus et hypothèses	4 à 6
I.3. Mission	7
II – CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	8 à 12
II.1. Le site	8 à 11
II.2. Programme d'investigations.....	11
II.3. Implantation et nivellement des sondages.....	12
III – CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE	13 à 17
III.1. Nature et caractéristiques des sols – investigations GEOTEC.....	13 à 15
III.2. Résulstats des MSP	16
III.3. Risques naturels et anthropiques	16
III.4. Hydrogéologie	17
IV – ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES	18 à 53
IV.1. Préalable - Etude de Fondasol	18
IV.2. Modèle géotechnique.....	18 et 19
IV.3. Type de calcul.....	19
IV.4. Hypothèses générales.....	20
IV.5. Fosses du microtunnelier	21 à 31
IV.6. Nouveau canal d'amenée.....	32 à 42
IV.7. Vérification et confortement des rideaux de palplanches de part et d'autre de la passerelle....	43 à 51
IV.8. Palplanches le long de la digue amont.....	52 et 53
V – TERRASSEMENT.....	54 à 57
V.1. Comblement des afouillements.....	54
V.2. Traficabilité en phase chantier	54
V.3. Extraction.....	54
V.4. Stabilité des talus	55 et 56
V.5. Réemploi des déblais en remblaid - canal d'amenée actuel	56
V.6. Batardeaux	57
V.7. Mise hors d'eau	57
VI – RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET - ALEAS RESIDUELS	58 et 59
Conditions générales.....	60
Conditions générales (SUITE)	61
Classification des missions d'ingénierie géotechnique.....	62
Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique	63
ANNEXES	
- Annexe 1 : plan de situation	
- Annexe 2 : carte géologique	
- Annexe 3 : plan d'implantation	
- Annexe 4 : coupes des sondages	
- Annexe 5 : essais en laboratoire	
- Annexe 6 : rapport ME2I, MSP	
- Annexe 7 : fosse d'entrée, modélisation K-Réa	
- Annexe 8 : nouveau canal d'amenée, modélisation K-Réa	
- Annexe 9 : vérification de la stabilité des soutènements actuels, modélisation K-Réa	
- Annexe 10 : confortement des soutènements actuels, modélisation K-Réa	

I - CADRE DE L'INTERVENTION

I.1 INTERVENANTS

A la demande d'INGEROP et pour le compte de la Communauté d'Agglomération de Longwy, 2 rue de Lexy, CS 11432, 54414 LONGWY Cedex, GEOTEC a réalisé la présente étude de sol sur le site suivant :

- berges de la Chiers, au niveau d'une station de pompage à l'Est de MONTMEDY (55).

I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Dans le cadre de la mission G5 du projet, les documents suivants ont été mis à la disposition de GEOTEC :

Documents	Emetteur	Référence	Date	Echelle	Cote altimétrique
CCTP	INGEROP	-	-	-	-
Plan manuscrit	INGEROP	-	03/01/19	-	-
Jeu de photographies avec notamment indication de la position souhaitée du sondage	INGEROP	-	-	-	-
Rapport Fondasol, mission G5	FONDASOL	PC2.1	08/18	1/250	-
Plan d'archive – Adduction d'eau de la Chiers à Longwy	PONTS ET CHAUSSEES	-	26/02/65	-	-
Solution arasement partiel – vue en plan et 3 coupes	INGEROP	EE525800	22/01/20	1/100 et 1/500	-
Solution arasement total – vue en plan et 5 coupes	INGEROP	EE525800	22/01/20	1/100 et 1/500	-

Dans le cadre de la mission G2-PRO du projet, les documents suivants ont été mis à la disposition de GEOTEC :

Documents	Emetteur	Référence	Date	Echelle	Cote altimétrique
Note de calculs – Ouvrage hydraulique à l'intérieur du canal d'amenée de l'Othain – phase PRO	INGEROP	EE525800	17/10/22	-	-
Hypothèses des ouvrages GC – phase PRO		EE525800	13/07/22	-	-
Plan de situation (doc. provisoire) – phase PRO		EE582900	18/01/23	1/500	-
Plan d'ensemble de l'existant (doc. provisoire) – phase PRO				1/250	-
Vue en plan (doc. provisoire) – phase PRO				1/250	-
Coupes divers (doc. provisoire) – phase PRO				1/100	-
Coupes station de pompage canal d'amenée (doc. provisoire) – phase PRO				1/100	-
Palplanches – phase PRO				1/250	-

Par ailleurs, nous avons eu à disposition le cahier des charges techniques particulières relatif à la consultation pour la mission G2-PRO (document établi le 11/05/21). Il y était précisé que le scénario retenu consistait en un arasement complet total du seuil avec restauration des berges.

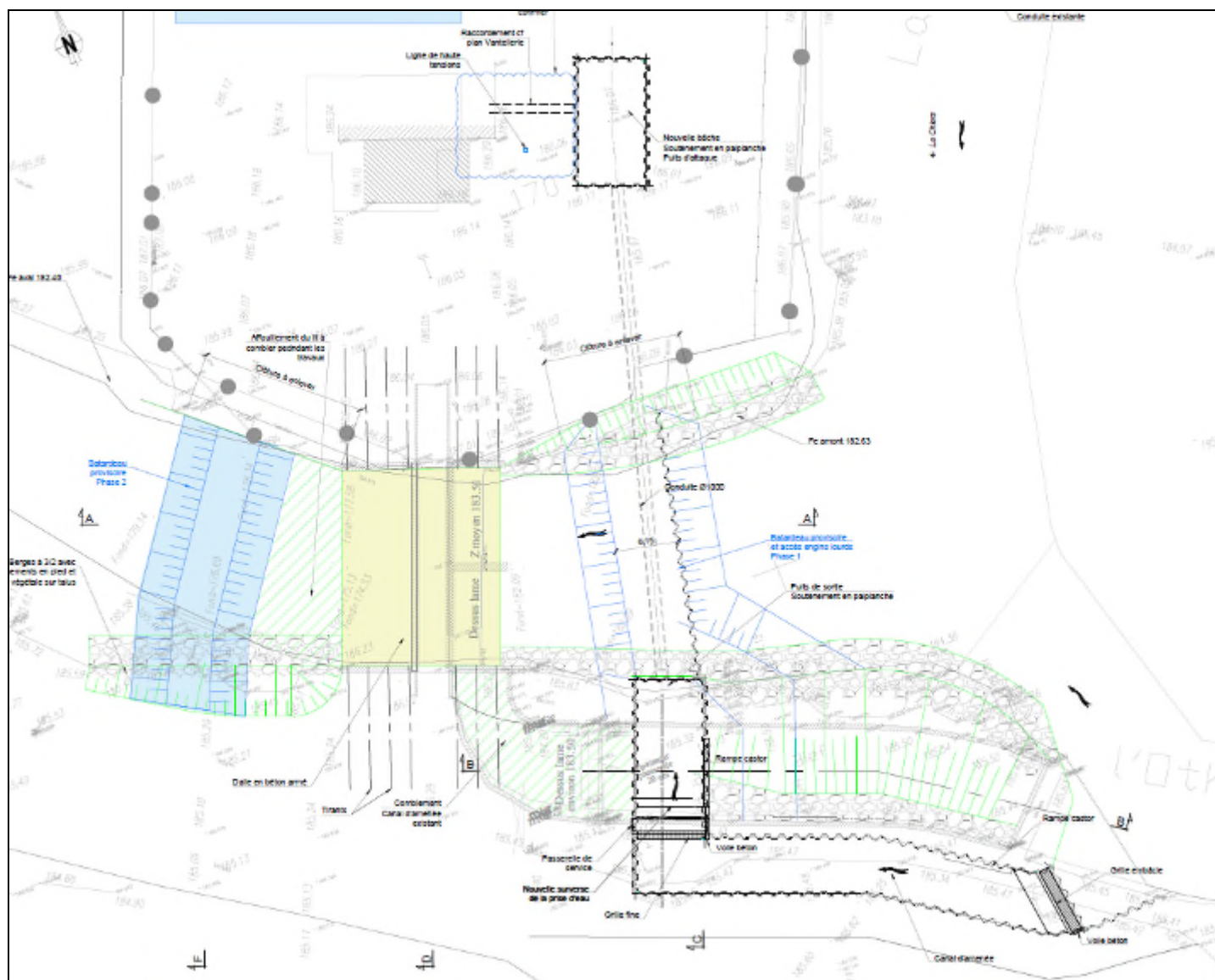
Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique et la stabilisation des berges de la Chiers à MONTMEDY, il est prévu notamment les opérations suivantes :

- la réalisation d'un nouveau canal d'amenée (prise d'eau sur l'Othain),
- la pose d'une nouvelle conduite d'alimentation de la station de pompage,
- le comblement des affouillements en aval du seuil,
- la suppression du seuil actuel sur la Chiers,
- l'aménagement des berges de la Chiers aux abords de la station de pompage.

Initialement, l'objectif de la présente G2-PRO devait consister exclusivement en la vérification de la stabilité des rideaux de palplanches de part et d'autre de la passerelle et la portance des sols en vue de la mise en œuvre du nouvel ouvrage hydraulique béton à l'intérieur du canal de l'Othain.

La consultation ne prévoyait pas l'étude du franchissement sous la Chiers. Cet élément ne sera donc pas étudié dans le cadre de ce dossier.

Par ailleurs, l'étude géotechnique des fosses d'entrée et de sortie du forage horizontal n'était pas explicitement demandée dans la consultation. Néanmoins, à la demande des responsables de projet et sur la base des sondages SP21 et SP22, nous proposerons une ébauche dimensionnelle de la fosse d'attaque et de la fosse de sortie.



Doc. n°1 : vue en plan des différents aménagements

I.3. MISSION

Conformément à son offre Réf. **18/07791/NANCY/01** du **19 juillet 2021** et de son offre Réf. **18/07791/NANCY/04** du **02 mai 23**, GEOTEC a reçu une mission de conception géotechnique, phase projet (G2 PRO).

Des investigations géotechniques ont été réalisées par GEOTEC dans le cadre du diagnostic géotechnique G5 de ce projet (cf. rapport GEOTEC 18/07791/NANCY), dans le cadre de la mission de conception géotechnique d'avant-projet G2-AVP (cf. rapport GEOTEC 17/08565/NANCY/01) et dans le cadre de la présente mission G2-PRO actualisée.

Il est rappelé que la phase projet de la mission d'étude géotechnique de conception G2 doit être complétée par les phases DCE/ACT puis par des missions G3 (étude et suivi de conception réalisée par le géotechnicien de l'entreprise) et G4 (géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours ou après réception des ouvrages. Les responsables de projet nous ont missionné pour les missions G2 DCE / ACT et G4.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « *Conditions d'utilisation du présent document* » données en fin de rapport.

II – CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

II.1. LE SITE

Le site d'étude concerne la Chiers et ses berges au sud d'une station de pompage située à MONTMEDY (55), légèrement en aval de la confluence entre l'Othain et la Chiers.

Le seuil de la Chiers est surmonté d'une passerelle piétonne. Un canal de jonction entre l'Othain et la Chiers a été édifié, permettant ainsi une prise d'eau.

Au niveau du seuil, les berges de la rivière sont protégées par des rideaux de palplanches. De part et d'autre de la passerelle, sur un peu moins d'une dizaine de mètres, les rideaux sont couronnés par une poutre et ils ne présentent visuellement pas de basculements manifestes. En revanche, au-delà des linéaires couronnés, les rideaux sont dans un état de vétusté + / - importants avec notamment d'importants désordres, notamment en secteur rive gauche, en particulier en aval. Les désordres affectant les soutènements consistent principalement en des érosions importantes des berges à l'arrière des rideaux ayant contribué à mettre à nu des tirants (affouillements de plusieurs mètres).

L'ensemble aurait été aménagé dans les années 1960.



Photo 1 : Station de pompage, au Sud de laquelle s'étendent la Chiers et la zone d'étude



Photo 2 : seuil de la Chiers. En rive droite, station de pompage



Photo 3 : Passerelle piétonne surplombant la Chiers à l'aplomb du seuil



Photo 4 : La Chiers, à l'aval du seuil



Photo 5 : La Chiers en amont du seuil. Canal d'amenée de l'Othain en parallèle, visible à droite de la photo



Photo 6 : Canal de l'Othain à sa jonction avec la Chiers, au niveau du seuil



Photo 7 : Erosions très importantes des berges de la Chiers, notamment en aval du seuil, rive gauche



Photos 8 et 9 : Affouillements très importants de la rive gauche de la Chiers en aval du seuil. Tirant mis à nu

II.2. PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

Dans le cadre de la mission G5, conformément à la demande d'INGEROP, la campagne de reconnaissance avait consisté en :

- **1 sondage pressiométrique descendu à 12 m de profondeur (SP1).** Il a été réalisé en tarière 63 mm (vis hélicoïdale). Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1 m. Les forages ont été effectués respectivement en rive gauche et rive droite. La sondeuse utilisée est de type TB175,
- **des essais en laboratoire consistant en la réalisation de 2 identifications GTR,** une granulométrie et une sédimentométrie. Les prélèvements ont été effectués dans la Chiers.

Dans le cadre de la mission G2-PRO, conformément à la demande d'INGEROP, les investigations suivantes ont été réalisées :

- **1 sondage pressiométrique descendu à 12 m de profondeur (SP11).** Il a été réalisé en tarière 63 mm (vis hélicoïdale). Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1 m. Les forages ont été effectués respectivement en rive gauche du canal d'amenée. La sondeuse utilisée est de type TB175,
- **Pose de 4 tubes en PVC dans des forages en diamètre 100 mm effectués à la tarière et scellés au coulis de ciment.** Ces tubes ont été utilisés dans le cadre de la micro-sismique-parallèle afin de déterminer les profondeurs d'assise théoriques des rideaux de palplanche encadrant la passerelle. L'accès à quelques points de sondages a nécessité un grutage.

Dans le cadre du complément de la G2-PRO, nous avons réalisé les sondages suivants :

- **2 sondages pressiométriques descendus à 12 m de profondeur (SP21 et SP22).** Ils ont été réalisés en tarière 63 mm (vis hélicoïdale). Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1 m. Les forages ont été effectués respectivement à proximité du bâtiment technique de la station de pompage (emplacement projeté pour le puits d'entrée et la nouvelle bêche) et entre le canal d'amenée et la Chiers, en amont de la passerelle (correspondant sensiblement au puits de sortie). La sondeuse utilisée est de type TB175.

A noter que FONDASOL a également réalisé une étude de diagnostic géotechnique G5 (cf. rapport FONDASOL M.13-080 – pièce n°001 en date du 17/06/13). Les objectifs de cette étude consistaient, pour les soutènements en aval du seuil, à déterminer ponctuellement la longueur d'une palplanche, à vérifier la stabilité des palplanches, à définir les causes des érosions importantes de la berge à l'arrière des rideaux et à indiquer les moyens de stabilisation de la berge.

II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe.

Ils ont été nivelés à partir du plan topographique de l'existant.

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (noté TA dans la suite du rapport).

III – CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique de Montmédy (cf. annexe 2), la géologie attendue est la suivante :

- des alluvions récentes de la Chiers,
- un faciès d'altération argileux,
- les marnes du Toarcien (schistes cartons dont les caractéristiques géomécaniques s'altèrent, gonflement et oxydation à l'air),
- le calcaire ferrugineux du Domérien supérieur.

III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS – INVESTIGATIONS GEOTEC

On notera l'importante hétérogénéité des sols, en particulier au sein des alluvions de la Chiers, que ce soit en terme de nature géologique (variant latéralement depuis une argile + / - graveleuse à des sables et graviers + / - argileux) ou de caractéristiques géomécaniques.

Sondage SP1 et SP21, rive droite de la Chiers

La campagne de reconnaissance a mis en évidence, sous une vingtaine de cm de terre végétale (SP1) ou une dizaine de cm d'enrobé (SP21), les formations suivantes :

- **un limon argilo-graveleux brun beige passant à une argile finement et légèrement sableuse brune +/- graveleuse.** Cet horizon a été découvert au droit de **SP1 et SP21** jusqu'à des profondeurs variant entre **1.50 m et 3.00 m / TA**. Ce faciès s'apparente aux alluvions récentes de la Chiers.

Ses caractéristiques géomécaniques sont faibles à moyennes :

$$0.46 \leq p_l^* \leq 0.96 \text{ MPa}$$

$$3.9 \leq E_M \leq 17.1 \text{ MPa}$$

- **un limon argileux à une argile légèrement sableuse gris à débris végétaux et odeur vasarde.** Ils ont été rencontrés au droit de **SP1 et de SP21** jusqu'à des profondeurs variant entre **10.00 m et 10.50 m / TA**. Pour la majeure partie de ce faciès, nous sommes encore en présence des alluvions récentes de la Chiers. A leur, ces matériaux correspondent vraisemblablement en des reliquats alluvionnaires récents se mélangeant avec une frange d'altération du substratum local.

Ses caractéristiques géomécaniques sont, d'une manière globale, particulièrement faibles jusqu'à environ 7.00 m de profondeur :

$$0.23 \leq p_l^* \leq 0.39 \text{ MPa}$$

$$1.63 \leq E_M \leq 4.6 \text{ MPa}$$

Elles s'améliorent au-delà (moyennes voire élevées notamment au droit de SP21, augmentation vraisemblablement liée à une présence d'éléments organiques moins importante voire nulle) :

$$0.62 \leq p_l^* \leq 1.37 \text{ MPa}$$

$$5.88 \leq E_M \leq 10.4 \text{ MPa}$$

- **une argile marneuse bleu grisâtre.** Elle a été reconnue au droit de **SP1** et de **SP21** jusqu'à des profondeurs variant entre **12.00 m (base de SP1)** et **12.10 m**. Elle s'apparente vraisemblablement aux marnes du Toarcien.

Ses caractéristiques géomécaniques sont élevées :

$$1.73 \leq p_1^* \leq 2.90 \text{ MPa}$$

$$12.7 \leq E_M \leq 44.2 \text{ MPa}$$

- **une formation rocheuse à semi-rocheuse type marno-calcaire à calcaire.** Elle a été reconnue au droit de **SP21**, ceci jusqu'à sa base.

Ses caractéristiques géomécaniques sont élevées :

$$p_1^* > 4.84 \text{ MPa}$$

$$187.7 \leq E_M \leq 191.9 \text{ MPa}$$

La stratigraphie relevée au droit des sondages est résumée dans le tableau suivant :

	SP1		SP21	
	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)
Limon argilo-graveleux à une argile finement et légèrement sableuse brune +/- graveleuse fermes	0	≈ 186.05	0	≈ 186.20
Limon argileux à une argile légèrement sableuse mous à très raides	≈ 3.00	≈ 183.05	≈ 1.50	≈ 184.70
Argile marneuse bleu grisâtre raide à très raide	≈ 7.50	≈ 178.55	≈ 10.50	≈ 175.70
Calcaire à marno-calcaire	> 12.00	< ≈ 174.05	≈ 12.10	≈ 174.10
	-	-	> 15.00	< ≈ 171.20

Sondage SP11, rive gauche de l'actuel canal d'aménagé, SP22 rive droite du canal d'aménagé et MSP1 à MSP4, de part et d'autre de la passerelle traversant la Chiers

La campagne de reconnaissance a mis en évidence, sous une vingtaine de cm de terre végétale, les formations suivantes :

- **une argile brune + /- sablo-graveleuse (matière organique probable en proportion + / - importante).** Cet horizon a été découvert au droit de **l'ensemble des sondages** jusqu'à une profondeur variant entre **4.80 m (SP11) et 9.00 m / TA**. Cet horizon correspond aux alluvions de la Chiers.

Ses caractéristiques géomécaniques sont faibles voire très faibles :

$$0.32 \leq p_l^* \leq 0.55 \text{ MPa}$$

$$2.00 \leq E_M \leq 6.52 \text{ MPa}$$

- **des sables et graviers + / - argileux brun.** Ils ont été rencontrés au droit de **SP11 et de SP22 jusqu'à une profondeur variant entre 9.50 m et 10.50 m / TA**. Ces matériaux s'apparentent encore aux alluvions de la Chiers.

Leurs caractéristiques géomécaniques au droit de SP11 sont relativement faibles jusque 7.50 m de profondeur / TA. Au-delà, elles s'améliorent, devenant relativement élevées. Elles sont notamment fonction de leur charpente en éléments grossiers :

De 4.80 m à \approx 7.50 m / TA (SP11)

$$0.50 \leq p_l^* \leq 0.59 \text{ MPa}$$

$$5.32 \leq E_M \leq 7.20 \text{ MPa}$$

Au-delà (SP11) et SP22

$$1.40 \leq p_l^* \leq 3.45 \text{ MPa}$$

$$20.3 \leq E_M \leq 58.9 \text{ MPa}$$

- **une passée argileuse décomprimée potentiellement chargée en matériaux organiques.** Elle a été observée au droit de SP22 entre 9.50 et 11.00 m de profondeur / TA. Cet horizon s'apparente vraisemblablement encore à des alluvions de la Chiers.

Ses caractéristiques géomécaniques sont relativement faibles (1 seul essai pressiométrique) :

$$p_l^* = 0.63 \text{ MPa}$$

$$E_M = 3.4 \text{ MPa}$$

- **une argile marneuse grise.** Elle a été identifiée au droit de **SP11, jusqu'à sa base et au droit de MSP1 à MSP4 et SP21 jusqu'à des profondeurs variant entre 12.00 m et 13.00 m / TA**. Nous sommes en présence du substratum local + / - altéré.

Ses caractéristiques géomécaniques sont élevées :

$$1.29 \leq p_l^* \leq 2.14 \text{ MPa}$$

$$9.4 \leq E_M \leq 27.3 \text{ MPa}$$

- une formation rocheuse à semi-rocheuse type marno-calcaire à calcaire. Elle a été reconnue au droit de **SP22** et de **MSP1** à **MSP4**, ceci jusqu'à leur base. Cet horizon a provoqué des refus à la tarière

Ses caractéristiques géomécaniques sont directement très élevées :

$$p_1^* > 4.84 \text{ MPa}$$

$$E_M = 219.9 \text{ MPa}$$

La stratigraphie relevée au droit des sondages est résumée dans les tableaux suivants :

	SP11		SP22		MSP1	
	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)
Argile brune + /- sablo-graveleuse molle voire très molle	0	≈ 185.40	0	≈ 185.55	0	≈ 185.95
Sables et graviers + / - argileux moyennement à très denses	≈ 4.80	≈ 180.60	≈ 8.00	≈ 177.50	≈ 10.00	≈ 175.95
Passée argileuse ferme	-	-	≈ 9.50	≈ 176.05	-	-
Argile marneuse bleu grisâtre raide à très raide	≈ 10.50	≈ 174.90	≈ 11.00	≈ 174.55	≈ 10.00	≈ 175.95
Calcaire à marno-calcaire	> 12.00	< ≈ 173.40	≈ 13.00	≈ 172.55	≈ 12.00	≈ 173.95
			> 15.00	< ≈ 170.55	> 13.00	< ≈ 172.95

	MSP2		MSP3		MSP4	
	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)	Prof. / TA (m)	Cote NGF (m)
Argile brune + /- sablo-graveleuse	0	≈ 186.05	0	≈ 185.60	0	≈ 185.65
Sables et graviers + / - argileux	≈ 10.00	≈ 176.05	≈ 9.00	≈ 176.60	≈ 9.00	≈ 176.65
Passée argileuse	-	-	-	-	-	-
Argile marneuse bleu grisâtre	≈ 10.00	≈ 176.05	≈ 9.00	≈ 176.60	≈ 9.00	≈ 176.65
Calcaire à marno-calcaire	≈ 12.50	≈ 173.55	≈ 13.00	≈ 172.60	≈ 12.00	≈ 173.65
	> 13.50	< ≈ 172.55	> 14.00	< ≈ 171.60	> 13.50	< ≈ 172.15

Par ailleurs, des identifications GTR, de type granulométrie / sédimentométrie, ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans les sédiments de la Chiers. Les résultats principaux sont les suivants. Pour plus de détails, on se reportera en annexe 5.

Sondages	E1	E2
Classe GTR	A ₁	A ₁

Remarques structurales :

1) La coupe des sondages pressiométriques et, a fortiori, ceux des forages MSP1 à MSP4 ayant servi à la pose de tubes pour la réalisation des MSP, est fournie uniquement à titre indicatif. Compte tenu du mode de forage (tarière), la nature et les interfaces entre différents horizons sont sujets à caution (forages en faible diamètre, remontées faibles des sols, matériaux remaniés, phénomène de ségrégation possible et contamination possible par les matériaux sus-jacents). Si nécessaire, nous restons à disposition des responsables de projet pour réaliser des sondages carottés, seul procédé d'investigations en profondeur permettant de prélever des échantillons + / - intacts et préciser la nature des sols.

2) Les tableaux de stratigraphie n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalies de la stratigraphie entre les sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.

3) Les matériaux d'origine alluvionnaire peuvent présenter des variations latérales importantes de faciès (dépôts lenticulaires). Ainsi, il sera toujours possible d'observer des niveaux purement sablo-graveleux intercalés au sein du faciès argilo-limoneux prédominant au droit du site. Cette particularité s'accompagne également d'une hétérogénéité des caractéristiques mécaniques des terrains. Ces aléas géologiques et géomécaniques ont effectivement été constatés au droit des forages avec une hétérogénéité tant au niveau géologique que géomécanique. Par ailleurs, dans un contexte alluvionnaire, il n'est pas à exclure la présence d'anciens chenaux comblés par des matériaux fins.

4) Par rapport aux investigations réalisées par FONDASOL en rive gauche de la Chiers, on notera que les horizons fermes à raides reconnus en tête de notre sondage ne sont pas présents au droit des sondages de FONDASOL, ce qui peut s'expliquer par le fait que notre sondage n'ait pas été directement effectué depuis la berge mais depuis l'extrémité de la plate-forme de la station de pompage surplombant la Chiers.

En revanche, l'épaisseur de l'horizon décomprimé (limon argilo-sableux +/- pollué en matière organique) est sensiblement équivalente au droit des sondages FONDASOL et SP1 de GEOTEC, soit respectivement 4.80 m et 4.50 m.

L'horizon des sables et graviers denses à très denses, observé au droit des investigations de FONDASOL et sous-jacent au limon argilo-sableux mou, est absent au droit du sondage SP1 de GEOTEC.

Ceci illustre les aléas géotechniques très importants au sein des alluvions du site.

5) En l'absence d'essais de teneurs en carbonate, les horizons argileux et / ou marneux reconnus en profondeur seront qualifiés d'argile marneuse. A noter que FONDASOL a retenu comme désignation une marne.

III.2. RESULTATS DES MSP

4 mesures MSP ont été effectués afin de déterminer les longueurs vraisemblables des palplanches en mitoyenneté de la passerelle, de part et d'autre de celle-ci.

Les résultats sont les suivants :

Points de mesure	MSP1	MSP2	MSP3	MSP4
Longueur des palplanches (m)	10.40* + / - 0.50	11.60*+ / - 0.50	11.70+ / - 0.50	10.30*+ / - 0.50

* dans le rapport ME2I, les longueurs des palplanches sont indiquées par rapport à la frappe. Celle-ci, pour les points MSP1, MSP2 et MSP4, a été réalisée depuis la poutre de couronnement des rideaux palplanches, soit environ une vingtaine de cm au-dessus des points de mesure. En ce qui concerne MSP3, la frappe a été réalisée directement depuis la tête des palplanches.

Pour des résultats détaillés, on se reportera en annexe 6.

Les longueurs de palplanches seraient donc de l'ordre de 10 à 11 m, ce qui correspondrait sensiblement à un ancrage de l'ordre du mètre dans une argile marneuse (il est possible que les palplanches aient été descendues jusqu'au refus).

Remarque : la MSP réalisée par FONDASOL a mis en évidence des longueurs de palplanches moindres, de l'ordre de 8.20 m. La mesure a été réalisée en fin de linéaire du confortement de la berge gauche soumis à d'importants désordres (système apparent de rideaux – contre-rideaux dans ce secteur).

III.3. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Selon le décret n° 2010 – 1255 du 22 octobre 2010 portant sur la nouvelle délimitation des zones de sismicité, l'agglomération de MONTMEDY est inscrite en zone de sismicité 1 (risque très faible).

Le secteur est inondable par débordement de la Chiers et de l'Othain. Nous ne disposons pas du niveau des plus hautes eaux dans le secteur.

Les matériaux d'origine alluvionnaire peuvent présenter des variations latérales importantes de faciès (dépôts lenticulaires). Ainsi, il sera toujours possible d'observer des niveaux sablo-graveleux intercalés au sein des horizons à dominante argileuse du site Cette particularité s'accompagne également d'une hétérogénéité des caractéristiques mécaniques des terrains.

Le toit des marnes correspond à une surface d'altération et d'érosion. Par conséquent, des pointements ou des surprofondeurs sont possibles entre les points de sondages.

III.4. HYDROGEOLOGIE

Lors de la campagne d'investigations, des arrivées d'eau ont été constatées en cours de forage selon le tableau suivant :

Sondages	SP1	SP11	MSP1 à MSP4	SP21	SP22
Prof. niveau d'eau en cours de sondage (m / TA)	≈ 6.00	≈ 7.00	≈ 7.00	≈ 5.00	≈ 2.50
Prof. niveau d'eau en fin de chantier (m / TA)	≈ 3.00	≈ 5.00	≈ 4.00	≈ 2.90	≈ 1.90

Compte tenu de la nature argileuse des matériaux (au moins localement), ces niveaux ne sont pas nécessairement stabilisés.

Compte tenu de la présence de passées argileuses, ces niveaux d'eau observés en fin de forage ne sont pas nécessairement stabilisés. Ces arrivées d'eau baignent les remblais et les horizons alluvionnaires. Elles sont étanchées à leur base par les argiles et marnes. Elles sont en connexion avec la nappe de la Chiers / Othain.

Des circulations d'eau superficielles peuvent également se produire en période pluvieuse notamment au sein des remblais ou à l'interface remblais / terrain naturel.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'ensemble des circulations qui peuvent se produire en période pluvieuse ou les battements de la nappe alluviale.

IV. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES DE SOUTÈNEMENT

IV.1. PREALABLE - ETUDE DE FONDASOL

L'étude de sol de FONDASOL (mission G5, dossier M13-080) concernait le diagnostic géotechnique des désordres affectant les érosions anormales affectant les berges de la Chiers en aval du barrage de MONTMEDY et plus particulièrement les affouillements observés à l'arrière du rideau de soutènement en rive gauche.

Suite à la détermination par géophysique (1 mesure de sismique parallèle) de la longueur d'une palplanche, FONDASOL a retenu une valeur de 8.20 m, soit une cote d'assise de 177.40 m NGF au sein de matériaux alluvionnaires sablo-graveleux.

FONDASOL a formulé comme hypothèse à l'origine des désordres affectant les berges en aval du seuil (principalement en rive gauche) une longueur de palplanches insuffisante vis-à-vis des phénomènes d'affouillement engendrés par les courants et courants hydrodynamiques se développant en aval du seuil et notamment sous les soutènements. Ces affouillements ont contribué à saturer les sols constituant la berge et à favoriser la migration des fines et finalement les éboulements observés.

Les 2 solutions de confortement envisagées consistaient en :

- soit réaliser un nouveau système de soutènement des rives par la mise en œuvre d'un rideau principal assis dans les horizons argileux à marneux et de son contre-rideau,
- soit par une reconstitution de l'assise en pied d'affouillement.

Actuellement, aucune mesure de reprise des désordres n'a encore été effectuée.

La présente étude de sol ne concerne pas le diagnostic des désordres affectant les soutènements des berges et l'étude de leur stabilité.

IV.2. MODELE GEOTECHNIQUES

❖ Fosse d'entrée

Le modèle géotechnique pris en compte dans le cadre du dimensionnement des soutènements pour la fosse d'entrée est le suivant. Il se base sur les résultats géologiques et géotechniques du sondage SP21 :

N°	Couche	Cote NGF de la base	Module pressiométrique et pression limite	Caractéristiques à long terme
1	Remblais et argile à limon mous	≈ 179.20	$E_M = 3.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.35 \text{ MPa}$	$\varphi' = 20^\circ$ $C' = 3.5 \text{ kPa}$
2	Argile + / - sableuse raide à dense	≈ 175.70	$E_M = 7.5 \text{ MPa}$ $Pl^* = 1.20 \text{ MPa}$	$\varphi' = 25^\circ$ $C' = 12.0 \text{ kPa}$
3	Argile marneuse raide à très raide	≈ 174.10	$E_M = 12.5 \text{ MPa}$ $Pl^* = 1.75 \text{ MPa}$	$\varphi' = 28^\circ$ $C' = 17.5 \text{ kPa}$
4	Calcaire à marno-calcaire	< ≈ 171.20	$E_M = 200 \text{ MPa}$ $Pl^* > 4.80 \text{ MPa}$	$\varphi' = 35^\circ$ $C' = 80.0 \text{ kPa}$

Celui-ci est établi uniquement sur une approche prudente des valeurs pressiométriques du sondage SP21.

❖ Fosse de sortie / canal amenée

Le modèle géotechnique pris en compte dans le cadre du dimensionnement des soutènements pour la fosse de sortie et le canal d'amenée est le suivant. Il se base sur les résultats géologiques et géotechniques du sondage SP22 :

N°	Couche	Cote NGF de la base	Module pressiométrique et pression limite	Caractéristiques à long terme
1	Argile molle	≈ 177.55	$E_M = 2.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.35 \text{ MPa}$	$\varphi' = 20^\circ$ $C' = 3.5 \text{ kPa}$
2	Sables et graviers + / - argileux denses à très denses	≈ 176.05	$E_M = 20.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 2.50 \text{ MPa}$	$\varphi' = 35^\circ$ $C' = 0.0 \text{ kPa}$
3	Passée argileuse ferme	≈ 174.55	$E_M = 3.5 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.60 \text{ MPa}$	$\varphi' = 23^\circ$ $C' = 6.0 \text{ kPa}$
4	Argile marneuse raide à très raide	≈ 172.55	$E_M = 13.6 \text{ MPa}$ $Pl^* = 1.65 \text{ MPa}$	$\varphi' = 27^\circ$ $C' = 16.5 \text{ kPa}$
5	Calcaire à marno-calcaire	< ≈ 170.55	$E_M = 200 \text{ MPa}$ $Pl^* > 4.80 \text{ MPa}$	$\varphi' = 35^\circ$ $C' = 80.0 \text{ kPa}$

Celui-ci est établi uniquement sur une approche prudente des valeurs pressiométriques du sondage SP22.

IV.3. TYPE DE CALCULS

Les calculs de dimensionnement / vérification des soutènements ont été réalisés conformément à la norme NFP94-282 d'application de l'Eurocode 7 (calcul MEL ou MISS-K selon le nombre d'ancrages, utilisation du logiciel K-REA).

Les coefficients de poussée et de butée sont basés sur les tables de CAQUOT et KERISEL.

Les coefficients de réaction horizontale des sols ont été calculés sur la base des formulations de l'annexe F de la NFP94-282. Ils ont été déterminés par la formule de Schmitt avec un coefficient rhéologique α égal à 2/3 dans les différentes couches de sol.

Les dimensionnements des systèmes de soutènement correspondront à des phases chantier. Ceux en phase définitive prendront en compte les caractéristiques des ouvrages de génie civil, l'importance de la corrosion côté terre et eau (épaisseurs sacrifiées de palplanches) et la durée de vie de l'ouvrage. Le dimensionnement définitif de ces ouvrages est à la charge de l'entreprise dans le cadre de sa mission géotechnique d'exécution G3.

Conformément aux prescriptions des responsables de projet, nous retiendrons 30 mm en tête et 50 mm en ventre si les déformées ne sont pas préjudiciables vis-à-vis des ouvrages à proximité, et 20 mm en tête et 30 mm en ventre dans le cas contraire.

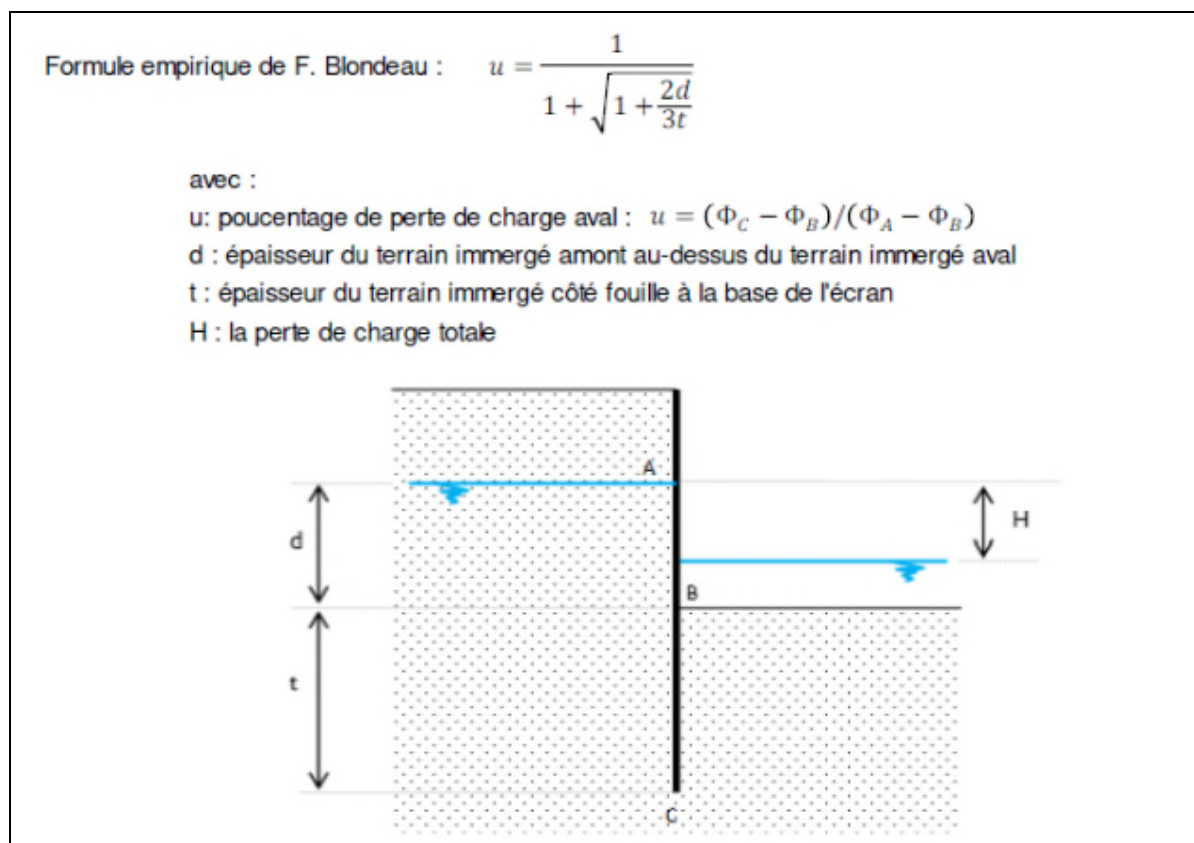
Nous rappelons que, compte tenu des méthodes actuelles de calcul et de l'incertitude sur la modélisation des sols, une précision des déplacements de l'écran à quelques centimètres près constitue un objectif raisonnable et une précision inférieure au centimètre est généralement illusoire (cf. article 16.2 de la norme NFP 94-282).

IV.4. HYPOTHESES GENERALES

Les dimensionnements des ouvrages de soutènement seront effectués en phase chantier. Comme indiqué par INGEROP, nous considérerons un niveau d'eau égal à 184.18 m NGF dans le cadre de la modélisation pour la fosse d'entrée, la fosse de sortie et l'aménagement du nouveau canal. A noter que la présente étude géotechnique ne comprend pas la détermination des niveaux d'eau caractéristiques. Il conviendra donc que les responsables de projet confirment cette donnée lors de la réalisation des travaux. La mise en œuvre de piézomètres avant le démarrage du chantier permettra de contrôler les niveaux d'eau dans les berges et, si nécessaire, arrêter le chantier en cas de cotes dépassant cette valeur. Au besoin, une étude hydrogéologique sera réalisée afin d'adapter ces éléments.

Pour le cas particulier de la vérification des rideaux de palplanches actuels de part et d'autre de la passerelle, les responsables de projet nous ont indiqué que le niveau d'eau dans les berges pouvait être considéré à 183.13 m NGF (arasement total préalable du seuil, niveau d'eau pouvant être maîtrisé à cette cote).

Nous avons également pris en compte un gradient hydraulique pour les phases de pompage dans la fouille (approche sécuritaire dans la mesure où l'horizon de l'argile marneuse pourrait être considéré comme imperméable). Il a été calculé sur la base de la formule de M. BLONDEAU selon le principe suivant :



Doc. n°2 : Détermination du gradient hydraulique

A titre sécuritaire, nous n'avons pris en compte un gradient hydraulique qu'en aval de la fouille (régime hydrostatique en amont).

En ce qui concerne la modélisation des engins de chantier, nous avons pris en compte une charge de Caquot de 15 kPa.

IV.5. FOSSES DU MICROTUNNELIER

a) *Préambule*

Les responsables de projet prévoient la pose d'une canalisation en diamètre 1000 mm sous la Chiers.

Le passage en sous-œuvre se fera par forage horizontal.

Nous rappelons que l'étude géotechnique relative au forage horizontal n'est pas effectuée dans ce rapport.

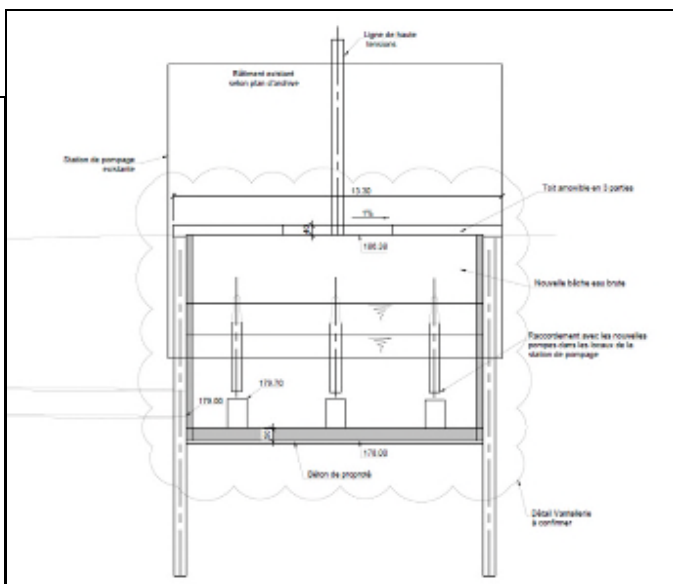
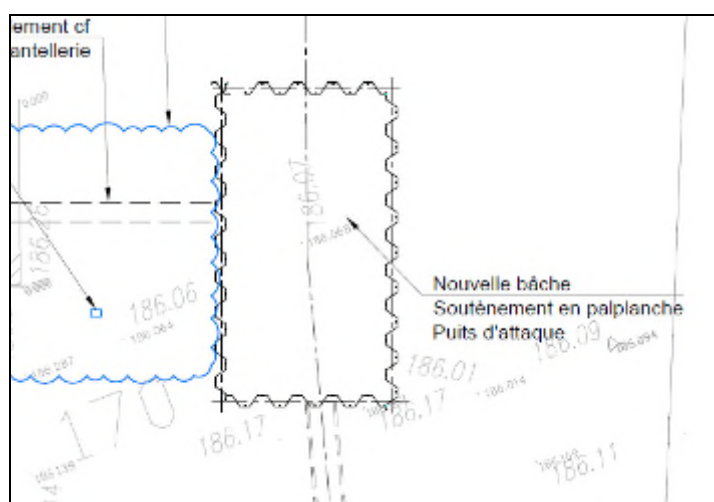
Des fosses d'entrée et de sortie seront nécessaires. Elles seront réalisées sous protection d'un soutènement spécial assurant une fonction d'étanchéité et de soutènement.

Seuls, les conditions de réalisation et le dimensionnement de la fosse d'entrée sont étudiés dans ce paragraphe.

Rappel important : nous ne disposons d'aucune investigation au droit de la fosse d'attaque.

Les caractéristiques de la fosse d'entrée sont les suivantes :

- longueur \approx 13 m,
- largeur \approx 8 m,
- profondeur de pose \approx 177.90 m NGF (cote arase inférieure du radier à 178.00 m NGF et prise en compte d'un gros béton d'une dizaine de cm d'épaisseur), soit une profondeur d'environ 8.10 m / TA.

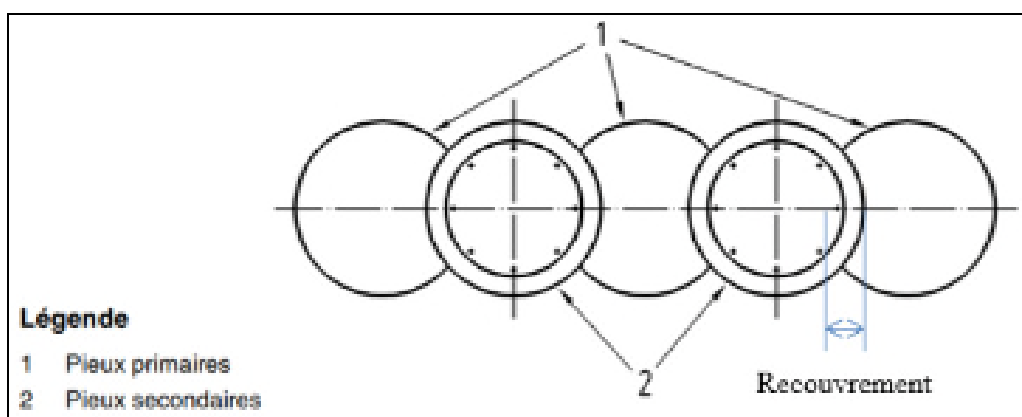


Doc. 3 : fosse d'entrée, vue en plan et coupe

Un diagnostic structurel du bâtiment technique en mitoyenneté de la fosse d'entrée devra être fait préalablement aux travaux. Il définira la compatibilité des travaux avec l'existant et les éventuels renforcements / rigidifications à réaliser afin de ne pas l'endommager. Par ailleurs, un référé préventif sera effectué avant le début des travaux. Ce constat d'huissier permettra de lister l'ensemble des désordres affectant l'ouvrage.

b) Caractéristiques de l'écran de soutènement

Compte tenu des profondeurs à atteindre pour assurer leur stabilité et de la présence d'un horizon rocheux vers 12.00 m de profondeur / TA, les soutènements consisteront en la réalisation d'une paroi en pieux sécants (technique type foré tubé ou équivalent). Pour la modélisation, nous avons retenu des pieux en diamètre 800 mm avec un entraxe entre pieux secondaires de 1.40 m (pieux sécants), soit un recouvrement d'une dizaine de cm permettant d'assurer la continuité de l'écran étanche sur de telles hauteurs.



Le dimensionnement proposé ci-après ne prend pas en compte la problématique d'équilibre général aux sous-pressions. Il est possible que le poids de l'ouvrage (charges permanentes) soit inférieur à la poussée d'Archimède en particulier en situation d'eaux exceptionnelles. En ce cas, il conviendra de compenser le déficit par des forces stabilisatrices qui pourront consister en un béton de lestage, une solidarisation des radiers avec les pieux constituant l'enceinte d'étanchéité et de soutènement et / ou avec des micropieux spécifiques travaillant à l'arrachement. La mise en œuvre d'un gros béton de lestage à la base de l'ouvrage impactera fortement le dimensionnement proposé : longueurs de pieux plus importantes, système de butonnage plus rigides (voire la mise en œuvre d'une deuxième ceinture de liernes / boutons), pompage plus contraignant avec des débits d'exhaure plus importants...

Les caractéristiques de cet écran que nous avons considéré dans le présent dimensionnement sont les suivantes :

Caractéristiques	Pieux 800 mm
Module du béton à court terme	$\approx 20.10^6 \text{ kN/m}^2$
Produit d'inertie $EI/a^{(1)}$	$\approx 287200 \text{ kN.m}^2/\text{m}$

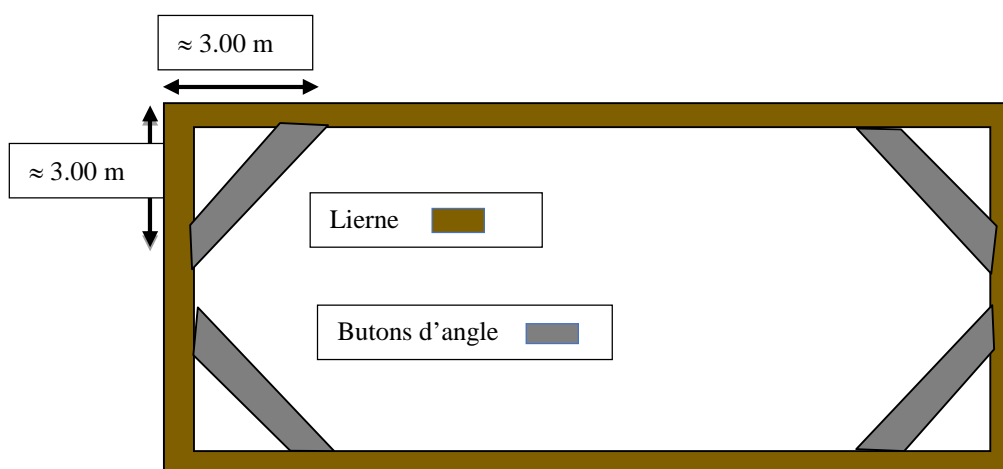
⁽¹⁾ a : entraxe de deux pieux secondaires (ou primaires) consécutifs = 1.40 m

Le phasage des forages devra être mené de manière à assurer le ferrailage correct de la paroi de pieux.

c) Caractéristiques du système butonnant

Compte tenu des profondeurs et des déformées importantes pour un écran autostable, l'ouvrage de soutènement et d'étanchéité devra être ancré (2 niveaux d'appuis). Ces ancrages pourront consister en la mise en œuvre d'un système butonnant. Dans le cadre de la modélisation proposée, en 1^{ère} approche, nous avons considéré la mise en œuvre d'un système butonnant à la cote 185.00 m NGF et un second à la cote 180.50 m NGF constitué par :

- 4 butons d'angle de type tube métallique en diamètre 508 mm et de 14.2 mm d'épaisseur d'une longueur de 4.20 m environ (buton disposé à 3 m du coin),
- lierne composée de profilés HEB800.



Doc. n°4 : système butonnant (schéma de principe, sans échelle) à mettre en œuvre à 2 niveaux (2 appuis)

La raideur de l'ensemble butonnant correspond à sa partie la moins rigide, soit en partie centrale de deux butons consécutifs :

$$K_{\text{lierne}} / \text{ml} = 384 \times E_y \times \text{Inertie} / (5 \times \text{Esp}^4)$$

Avec E_y : module d'élasticité de l'acier $\approx 2.1 \cdot 10^8$ kPa,

Inertie d'un HEB 800 selon son axe fort $\approx 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$,

Esp. : longueur « libre » de la lierne ≈ 7 m.

Au final, nous retiendrons pour la raideur du système butonnant une valeur de $\approx 22500 \text{ kN} / \text{m} / \text{ml}$.

d) Phases de modélisation K-REA

Les calculs ont été menés avec les caractéristiques géotechniques des terrains à long terme et, dans le cadre de cette modélisation, selon le phasage suivant :

- réalisation des pieux sécants jusqu'à sensiblement 13.5 m de profondeur / TA, soit à la cote 172.60 m NGF (tête de l'écran considéré à la cote 186.00 m NGF) correspondant à un **ancrage de 1.50 m au sein d'un horizon rocheux à semi-rocheux** (marno-calcaire à calcaire argileux),
- excavation jusqu'à la cote 184.20 m NGF et mise en œuvre d'un 1^{er} système butonnant à la cote 185.00 m NGF (pompage potentiel),
- excavation jusqu'à la cote 179.50 m NGF et mise en œuvre d'un 2nd système butonnant à la cote 180.50 m NGF (pompage et prise en compte d'un gradient hydraulique en aval),
- excavation finale jusqu'à la cote 177.90 m NGF (pompage et prise en compte d'un gradient hydraulique en aval).

Présentement, nous ne dimensionnons que la phase de réalisation de la fouille générale, soit une phase transitoire.

L'étape suivante (transitoire et définitive), soit la réalisation des radiers, du gros œuvre et enlèvement du système butonnant, devra faire également l'objet d'une justification par l'entreprise dans le cadre de sa mission G3.

e) Résultats

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Déformation maximale ELS (mm)	Moment maximum ELU (kN.m/ml)	Moment maximum ELU par pieu (kN.m/ml)	Effort tranchant maximum ELU (kN/ml)	Effort tranchant maximum ELU par pieu (kN/ml)
≈ 15	≈ 370	≈ 520	≈ 395	≈ 550

Pour des résultats détaillés, on se reportera en annexe 7.

f) Vérifications

Butée

Elle consiste à vérifier que la butée mobilisée multipliée par 1.35 est inférieure à la butée mobilisable divisée par 1.10 (coefficient de sécurité global de ≈1.49 en phase transitoire). Cette vérification est concluante (cf. feuilles de calcul jointes en annexe 7).

Calcul en béton armé

Compte tenu des valeurs de moment et de cisaillement fournies par K-REA à l'ELU, on pourra retenir le ferrailage suivant : cage de 10HA25 + spire HA16 esp. 20 cm pour les pieux secondaires (nuance d'acier de 500 MPa).

Justification structurale des liernes et butons (flambement)

Butons

Les butons consisteront en des tubes 508 / 14.2 mm avec une nuance d'acier minimale de 355 MPa. Ils seront disposés dans les angles.

Leur longueur sera d'environ 4.20 m.

Le calcul K-REA indique que les butons seront soumis à une valeur ELU d'environ 280 kN/ml.

Au final, les butons d'angle doivent reprendre une charge à la compression théorique de 2580 kN environ.

Liernes

Dans le cadre de la modélisation, nous avons considéré des liernes constituées par des HEB800.

Nous l'avons vérifié à la flexion composée avec un moment maximal de $280 \times 7^2 / 8 \approx 1715$ kN.m et un effort normal de $295.13 / 2 \approx 1820$ kN.

Toutes les vérifications sont concluantes. Elles sont précisées ci-après.

Choix du type de section :										
Type :	tube d'armature	Coefficient partiel pour résistance des sections transversales, γ_{M2} :	1,0							
Longueur du buton / brascon :	4,20 m	Coefficient partiel pour résistance des barres aux instabilités, γ_{M1} :	1,0							
Conditions d'appui :	2 appuis rotulés/articulés									
Diamètre extérieur tube d'armature :	508,0 mm									
Epaisseur du tube :	14,20 mm									
Epaisseur sacrifiée à la corrosion :	0,0 mm									
Nuance de l'acier :	S55 MPa									
Module d'élasticité de l'acier :	210 GPa									
Caractéristiques de la section :										
Diamètre extérieur tube d'armature :	508,0 mm	Module de flexion élastique selon Y :	2645,6 cm ³							
Epaisseur du tube :	14,20 mm	Module de flexion plastique selon Y :	3463,5 cm ³							
Epaisseur sacrifiée à la corrosion :	0,0 mm	Module de flexion élastique selon Z :	2645,6 cm ³							
Diamètre extérieur réduit :	508,0 mm	Module de flexion plastique selon Z :	3463,5 cm ³							
Section :	220,29 cm ²	Inertie selon Y :	67198,6 cm ⁴							
Section corrodée :	220,29 cm ²	Inertie selon Z :	67198,6 cm ⁴							
Masse métrique :	172,9 kg/ml	Section de cisaillement :	140,24 cm ²							
$\varepsilon = 0,81$	$d = 508 \text{ mm}$	$d/t/\varepsilon^2 = 34,0$	d'où : Classe 2 Calcul de résistance plastique							
Dilatation thermique :										
Prise en compte de la dilatation thermique ?	OUI									
Variation de température (ΔT) :	27,0 °	Dilatation / retrait lié à la dilatation thermique :	0,6 mm							
Coefficient dilatation thermique :	1,10E-05 °C-1	Effort normal lié à la dilatation thermique :	1373,9 kN							
Saisie des sollicitations et résultats :										
Prise en compte du flambement sous poids propre ?	OUI	(oui, si butons horizontaux)								
Selon axe ?	OY	(choix indifférent si tube)								
Combinaison d'actions :	$N_{MAX} - N_{RED}$	$M1_{MAX} - M1_{RED}$	$M2_{MAX} - M2_{RED}$							
	(kN)	(kN.m)	(kN.m)							
ELU _{FOND}	2 580,0	5,0	0,0							
ELU _{Uniaxiale}	0,0	5,0	0,0							
ELU _{acc}	0,0	5,0	0,0							
Synthèse des vérifications :										
Le cisaillement a un effet sur les valeurs de calcul de la résistance en compression, traction et flexion si $V_{Ed} > 50\% V_{y,Rd}$										
Combinaison d'actions :										
Vérifications STR		ELUFOND			ELU _{Uniaxiale}			ELU _{acc}		
		Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail
Compression	N_{Ed}	7820 kN	3954 kN	✓ 51%	7820 kN	1374 kN	✓ 18%	7820 kN	1374 kN	✓ 18%
Flexion simple	$M_{y,Ed}$ selon Y	1230 kN.m	5 kN.m	✓ 0%	1230 kN.m	5 kN.m	✓ 0%	1230 kN.m	5 kN.m	✓ 0%
	$M_{z,Ed}$ selon Z			✓			✓			✓
Flexion et effort normal	MN_{rd} selon Y	844 kN.m	5 kN.m	✓ 1%	1166 kN.m	5 kN.m	✓ 0%	1166 kN.m	5 kN.m	✓ 0%
	MN_{rd} selon Z			✓			✓			✓
Flambement par compression	Nb_{rd} selon Y	7364 kN	3954 kN	✓ 54%	7364 kN	1374 kN	✓ 19%	7364 kN	1374 kN	✓ 19%
	Nb_{rd} selon Z	7364 kN	3954 kN	✓ 54%	7364 kN	1374 kN	✓ 19%	7364 kN	1374 kN	✓ 19%
Flexion biaxiale	Equation 1	1,00	0,00	✓ 0%	1,00	0%	✓ 0%	1,00	0,00	✓ 0%
Flexion composée (avec flambement)	Equation 2 (selon Y)	1,00	0,54	✓ 54%	1,00	19%	✓ 19%	1,00	0,19	✓ 19%
		$\alpha = 2,0$	$\beta = 2,0$	Insensibilité au déversement supposé						
Equation 1 :		Equation 2 (sans flambement) :			Equation 2 (avec flambement) :					
		$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1$			$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$			$\frac{N_{Ed}}{N_{b1,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$		
		(valable pour les sections de classe 1 et 2)			(valable pour les sections de classe 1, 2 et 3)					
Détails du calcul de résistance au flambement :										
Longueur critique de flambement :	4,20 m			Facteur d'imperfection α selon Oy :	0,49					
Courbe de flambement selon Oy :	c			Facteur d'imperfection α selon Oz :	0,49					
Courbe de flambement selon Oz :	c			Elancement réduit du tube ou du H/I (λ) (selon Y) :	0,31					
Effort normal critique de flambement élastique, $N_{cr,Y}$ (selon Y) :	78955,2 kN			Elancement réduit du tube ou du H/I (λ) (selon Z) :	0,31					
Effort normal critique de flambement élastique, $N_{cr,Z}$ (selon Z) :	78955,2 kN			Coefficient de réduction lié au flambement (χ) (Y) :	0,94					
Facteur d'interaction flambement - flexion, k :	0,567			Coefficient de réduction lié au flambement (χ) (Z) :	0,94					

Choix du type de section :

Type :	profilé H ou I	Coefficient partiel pour résistance des sections transversales, γ_{M0} :	1,00
Longueur du profilé :	7,00 m	Coefficient partiel pour résistance des barres aux instabilités, γ_{M1} :	1,10

Gamme :	HEA,HEB,HEM
Type de profilé :	HE 800 B
Nuance de l'acier :	355 MPa
Module d'élasticité de l'acier :	210 GPa

Caractéristiques de la section :

Hauteur :	800,0 mm	Module de flexion élastique selon Y :	8977,0 cm ³
Épaisseur d'âme :	17,50 mm	Module de flexion plastique selon Y :	10230,0 cm ³
Épaisseur de semelle :	33,0 mm	Module de flexion élastique selon Z :	993,6 cm ³
Largeur :	300,0 mm	Module de flexion plastique selon Z :	1553,1 cm ³
Rayon du congé :	30 mm	Inertie selon Y :	359063,5 cm ⁴
Section transversale :	334,20 cm ²	Inertie selon Z :	14903,7 cm ⁴
Masse métrique :	262,3 kg/ml	Section de cisaillement :	161,78 cm ²

 $e = 0,92$
 $c = 162 \text{ mm}$
 $c/t/e = 5,3$

 d'où : Classe 1
 Calcul de résistance plastique

Saisie des sollicitations et résultats :

Combinaison d'actions	$N_{\text{MAX}} - N_{\text{ED}}$ (kN)	$M1_{\text{MAX}} - M_{Y,ED}$ (kN.m)	$M2_{\text{MAX}} - M_{Z,ED}$ (kN.m)	$T1_{\text{MAX}} = V_{Y,ED}$ (kN)	$T2_{\text{MAX}} = V_{Z,ED}$ (kN)
ELUFOND	1 820,0	1 715,0	0,0	0	0
ELUsismique	0,0				0
ELUacc	0,0				0

Synthèse des vérifications :

 Le cisaillement a un effet sur les valeurs de calcul de la résistance en compression, traction et flexion si $V_{Ed} > 50\% V_{Rd}$

Vérifications STR		Combinaison d'actions								
		ELUFOND			ELUsismique			ELUacc		
		Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail
Cisaillement	$V_{pl,Rd}$ selon Y	3316 kN	0 kN	✓ 0%	3316 kN	0 kN	✓ 0%	3316 kN	0 kN	✓ 0%
	$V_{pl,Rd}$ selon Z	3316 kN	0 kN	✓ 0%	3316 kN	0 kN	✓ 0%	3316 kN	0 kN	✓ 0%
Compression	$N_{t,Rd}$	11864 kN	1820 kN	✓ 15%	11864 kN	0 kN	✓ 0%	11864 kN	0 kN	✓ 0%
Flexion simple	$M_{t,Rd}$ selon Y	3632 kN.m	1715 kN.m	✓ 47%	3632 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	3632 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
	$M_{t,Rd}$ selon Z	551 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	551 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	551 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
Flexion et effort normal	$MN_{t,Rd}$ selon Y	3632 kN.m	1715 kN.m	✓ 47%	3632 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	3632 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
	$MN_{t,Rd}$ selon Z	551 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	551 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	551 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
Flexion biaxiale	Equation 1	1,00	0,22	✓ 22%	1,00	0%	✓ 0%	1,00	0,00	✓ 0%
Flexion composée	Equation 2	1,00	0,63	✓ 63%	1,00	0,00	✓ 0%	1,00	0,00	✓ 0%
		$\alpha = 2,0$			$\beta = 5m$			Effet du déversement non pris en compte		

 $\alpha = 2,0$
 $\beta = 5n$

Effet du déversement non pris en compte

Equation 1 :

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^{\beta} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1 et 2)

Equation 2 :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 3, 2 et 3)

Portance de terrain

Cette vérification est usuellement faite dans le cadre de structure porteuse, ce qui n'est pas le cas ici.

Vérification de la stabilité générale du site

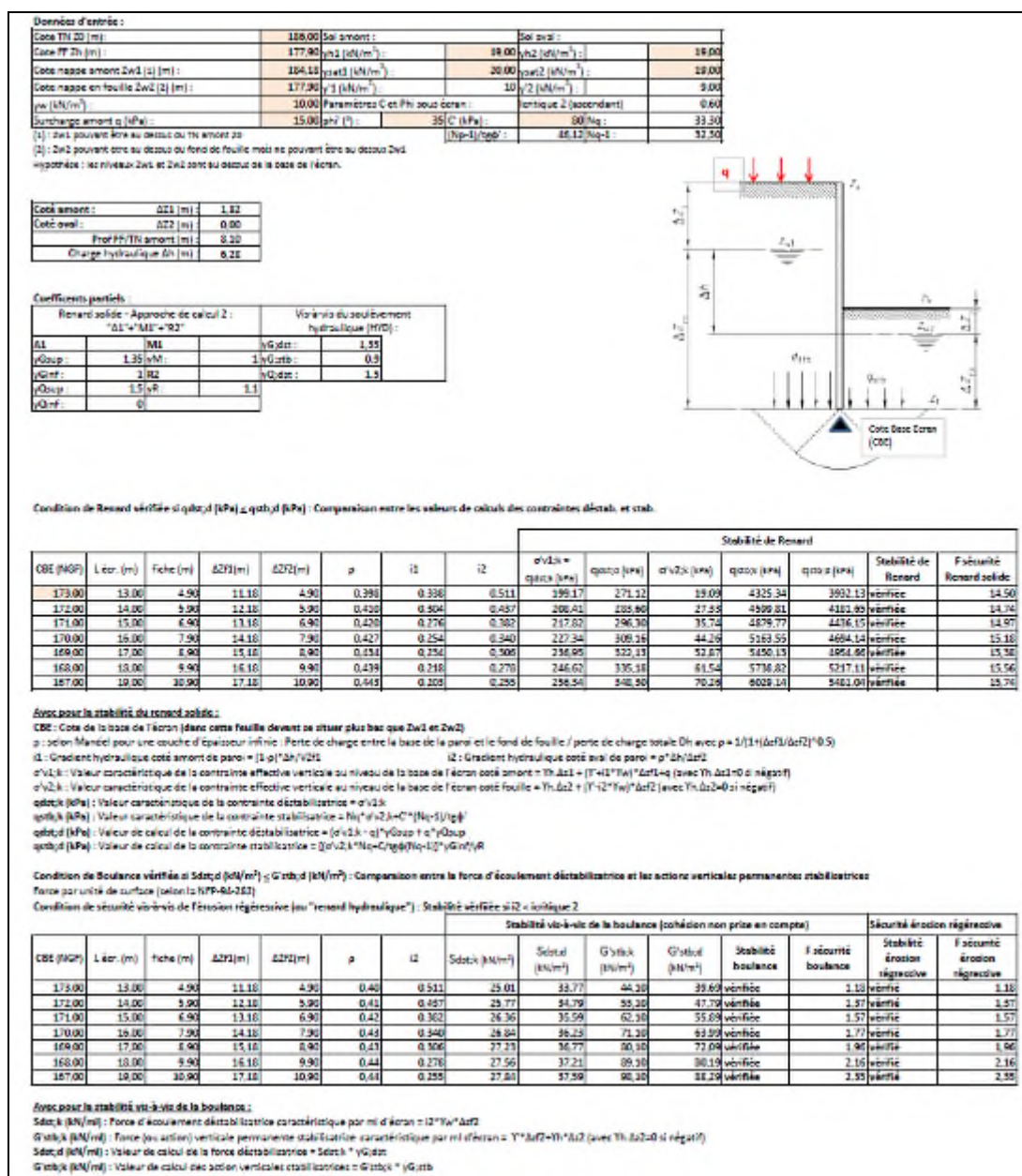
Sans objet dans le cas présent.

Soulèvement du fond de fouille (UPL)

Sans objet dans le cadre de la géologie et de la conception des travaux envisagés.

Rupture du fond de l'excavation d'origine hydraulique (Boulance, HYD) et stabilité du fond de fouille (renard solide, GEO)

A la cote d'assise des pieux formant l'écran étanche de soutènement, aucun risque de renard ou de rupture du fond de l'excavation n'est à craindre.



Vérification de l'équilibre général aux sous-pressions (phase définitive)

Actuellement, nous ne disposons d'aucune donnée concernant le poids de l'ouvrage s'opposant à la poussée d'Archimède.

Pour s'assurer de l'équilibre général de l'ouvrage aux sous-pressions, en considérant un niveau d'eau exceptionnel (niveau des plus hautes eaux + 50 cm), il conviendra de vérifier que :

$$\gamma_{G;stb} \times G_{stb;k} > \gamma_{G;dst} \times V_{dst;k}$$

Avec $G_{stb;k}$, valeur caractéristique de la force provenant des charges permanentes stabilisatrices

$V_{dst;k}$, valeur de la force induite par les pressions interstitielles (effort déstabilisateur)

$\gamma_{G;stb}$, coefficient minorateur des forces stabilisatrices = 0.90,

$\gamma_{G;dst}$, coefficient pondérateur des forces déstabilisatrices = 1.00.

En cas d'instabilité, le système de lestage pourra consister en la mise en œuvre d'un béton de lestage et / ou un ancrage du radier dans la paroi en pieux sécants et / ou des micropieux travaillant à l'arrachement (voire des pieux).

Cette vérification impérative pourra fortement impacter les caractéristiques de l'enceinte d'étanchéité et de soutènement (notamment en cas de béton de lestage depuis le fond de fouille). Elle sera à effectuer dans le cadre de la G3 de l'entreprise.

g) Sujétions d'exécution

Les travaux seront réalisés dans les règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes. Les parois seront dimensionnées et réalisées selon les Normes en vigueur et notamment selon la NFP 94-282 « Ecrans de soutènement ».

L'entreprise devra mettre en œuvre le matériel adapté pour atteindre l'ancrage nécessaire.

Le caractère potentiellement boulant des formations rencontrées ainsi que la présence d'une nappe en profondeur devront impérativement être prises en compte dans la méthodologie de réalisation des forages. Du fait de la très forte perméabilité des terrains superficiels (remblais, blocs, galets, ...) des surconsommations sont probables lors de la réalisation des pieux. Si ces surconsommations sont excessives, des dispositions de type pré-injections pourront être nécessaires. La technique de pieux sera de type foré tubé afin d'assurer le mieux possible la verticalité (à défaut déviation possible de l'outil au sein des horizons traversés), de s'affranchir de risques de refus au sein des horizons rocheux à semi-rocheux et de limiter les surconsommations de béton.

Il conviendra de mettre en œuvre un suivi géotechnique afin de vérifier la correspondance entre les déformations attendues et celles mesurées (instrumentation des existants par la mise en place de piges par exemple).

La mission G4 de supervision du suivi géotechnique sera réalisée en parallèle par un géotechnicien désigné par le maître d'ouvrage.

h) Solution technique alternative

Evidemment, d'autres solutions techniques pourront être étudiées par l'entreprise, que ce soit au niveau des caractéristiques des pieux (longueur, diamètre, ferrailage) ou du système d'ancrage. Dans tous les cas, il appartient à l'entreprise retenue de justifier son dimensionnement en phase exécution dans le cadre de sa mission géotechnique d'exécution (mission G3). Cette justification sera réalisée en fonction des configurations de terrassement qui peuvent différer d'un profil à un autre (niveau de tête de paroi, choix de niveaux d'eau différent...) et du type de matériel utilisé.

i) Fosse de sortie

Compte tenu de la profondeur et de la cote d'assise du toit de l'horizon rocheux au droit de la fosse de sortie (13 m de profondeur au droit de SP22 soit une cote approximativement égale à 172.55 m NGF), la fosse de sortie sera également réalisée en pieux de sécants.

Dans le cadre de la modélisation proposée en annexe 8, nous avons considéré les mêmes caractéristiques de l'écran de soutènement et du système butonnant que définis ci-avant pour la fosse d'entrée (soit des pieux en diamètre 800 mm avec entraxe entre pieux secondaires de 1.40 m, 2 niveaux d'appuis type liernes + boutons d'angle). Les 2 systèmes butonnants ont été considérés aux cotes 185.00 m NGF et 182.00 m NGF.

La valeur du terrain amont est sensiblement égale à 185.50 m NGF. Une valeur de 178.80 m NGF a été prise en compte pour le fond de fouille.

Dans ces conditions, on assurera un ancrage des pieux d'au moins 1.00 m au sein de l'horizon rocheux à semi-rocheux soit une cote d'assise au droit de SP22 égale à 171.55 m NGF (pieux forés tubés d'une longueur de 14 m au droit de SP22).

Compte tenu des valeurs de moment et de cisaillement fournies par K-REA à l'ELU, on pourra retenir le ferrailage suivant : cage de 10HA32 + spire HA16 esp. 20 cm pour les pieux secondaires (nuance d'acier de 500 MPa).

Les vérifications structurales des systèmes concluantes sont concluantes (efforts à reprendre sensiblement équivalents avec ceux pour le puits d'attaque).

Pour des résultats détaillés, on se reportera en annexe 8.

IV.6. NOUVEAU CANAL D'AMENEE

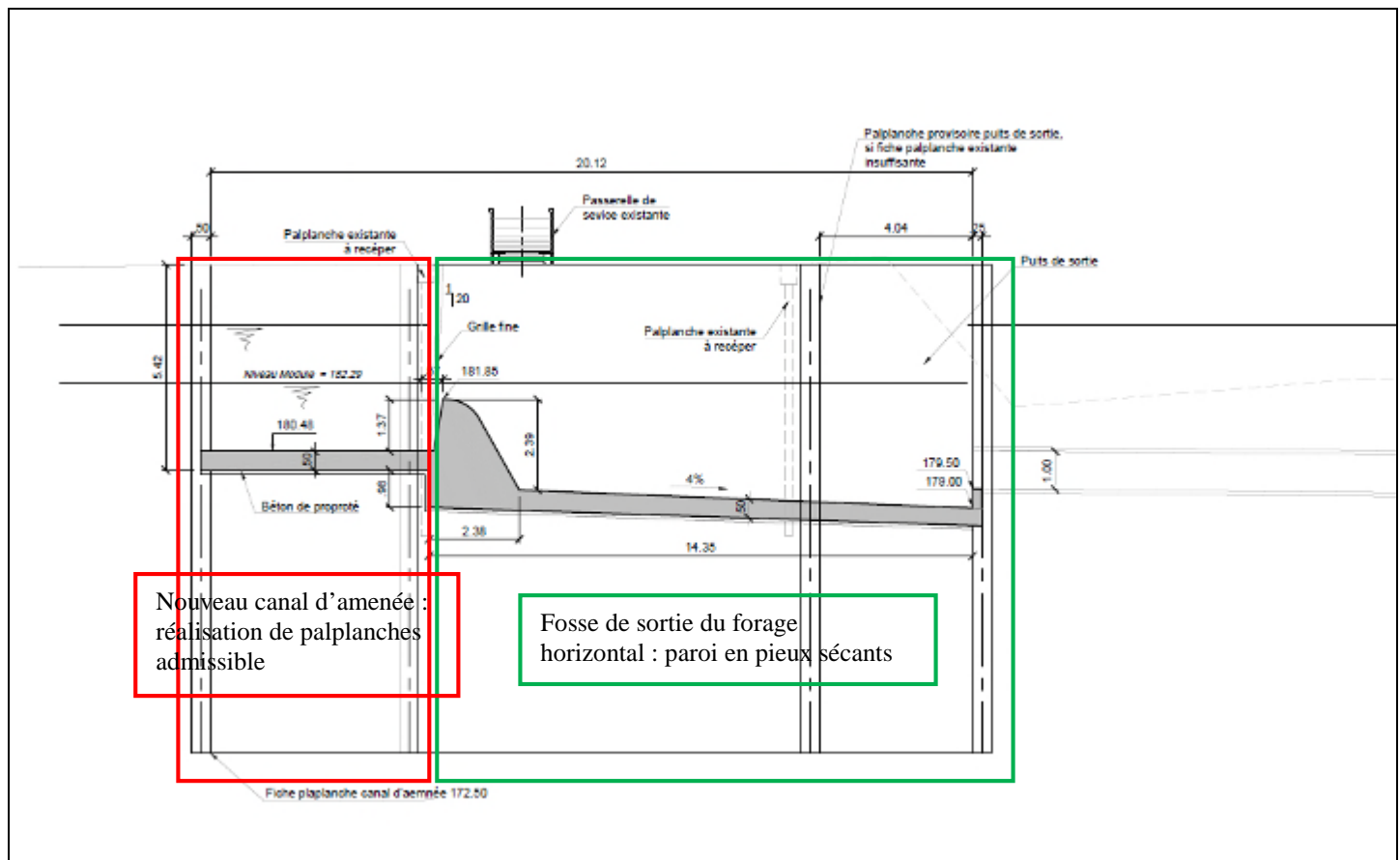
a) Préambule

Il est prévu l'aménagement d'un nouveau canal en parallèle à l'actuel (celui-ci sera rebouché).

Les responsables de projet prévoient la mise en œuvre d'un rideau de palplanches avant réalisation de celui-ci. A l'extrémité Ouest, secteur au droit duquel le canal est le plus profond, les responsables de projet nous ont demandé de prendre en compte un niveau de terrassement en aval de 179.90 m NGF.

La vérification ci-après est réalisée dans cette zone qui est donc la plus critique.

L'extrémité Ouest du canal d'amenée sera mitoyenne de la fosse de sortie du forage horizontal réalisée en pieux sécants.



Doc. n°5 : extrait de coupe annotée par GEOTEC

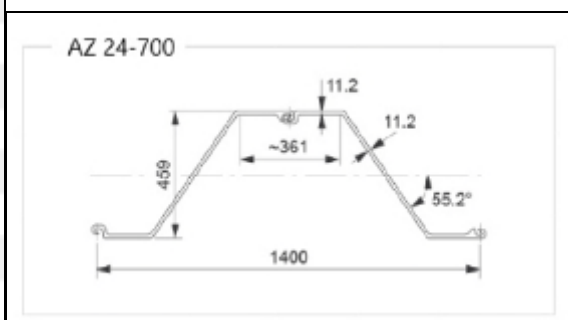
Le canal a une largeur d'environ 5 à 6 m.

Les palplanches qu'il est envisagé de mettre en œuvre sont de type AZ 240 – 700 (caractéristiques sensiblement équivalentes à des PU 28 voire PU 32 en tenant compte du coefficient minorateur β_d) avec une nuance d'acier $f_y = 240$ MPa.

Compte tenu des cotes d'assises théoriques à atteindre pour la vérification du défaut de butée, la réalisation de palplanches paraît envisageable (niveau d'assise théorique 172.55 m NGF, soit, a priori, le toit des horizons calcaires à marno-calcaires).

La vérification de stabilité des palplanches est effectuée en phase chantier. Dans le cadre de sa vérification en situation durable, il conviendra de prendre en compte un état de corrosion des palplanches qui sera fonction de l'état de pollution et d'agressivité de sols et des terres (à ce sujet, les responsables de projet ont considéré une perte à la corrosion de 2 mm, ce qui pourrait correspondre à une situation de projet à 75 ans avec prise en compte d'un sol naturel intact côté terre et une eau douce ordinaire).

	ini.
W_el	2430
W_pl	2867
l	55820
A	174,1
t_f	11,20
t_w	11,20
h	459,0
alpha	55,2
b	370,5
c	545,3
A_v	71,6
S_y	1435
r_0	15,0
masse	136,7

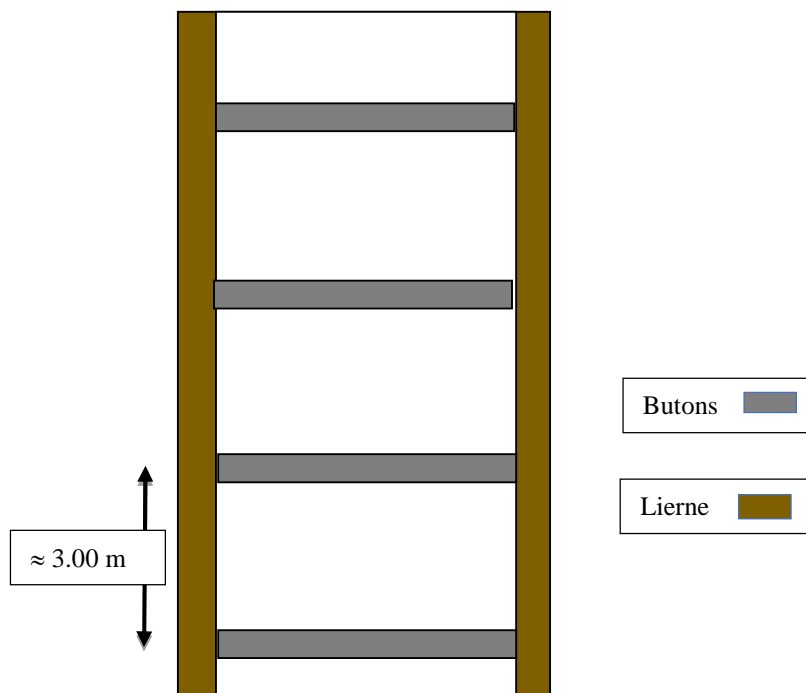


Doc. 6 : caractéristiques dimensionnelles et structurelles d'une AZ 24-700

b) Caractéristiques du système butonnant

Compte tenu des profondeurs et des déformées importantes pour un écran autostable, l'ouvrage de soutènement et d'étanchéité devra être ancré (1 niveau d'appui). Ces ancrages pourront être consisten en la mise en œuvre d'un système butonnant. Dans le cadre de la modélisation proposée, en 1^{ère} approche, nous avons considéré la mise en œuvre d'un système butonnant provisoire à la cote 183.50 m NGF constitué par :

- lierne composée de profilés HEB500,
- butons transversaux de type 244/12.5 espacés tous les 3 m.



Doc. n°7 : système butonnant (schéma de principe, sans échelle)

La raideur de l'ensemble butonnant correspond à sa partie la moins rigide, soit en partie centrale de deux butons consécutifs. Cette rigidité associe la raideur axiale des butons et la raideur de flèche de la lierne telle que :

$$1 / K_{\text{éq.}} / \text{ml} = 1/k_{\text{buton transversal buton}} / \text{ml} + 1/K_{\text{flèche lierne}} / \text{ml}$$

$$K_{\text{buton transversal}} / \text{ml} = 2 \times E_y \times \text{Aire} / \text{Long} / \text{Esp.}$$

Avec E_y : module d'élasticité de l'acier $\approx 2.1 \cdot 10^8$ kPa,

Aire : section d'acier $\approx 9.1 \cdot 10^{-3}$ m²,

Longueur du bouton ≈ 6.00 m et espacement entre 2 butons ≈ 3 m

Au final $K_{\text{buton d'angle}} / \text{ml} \approx 210000$ kN/m/ml

$$K_{\text{lierne}} / \text{ml} = 384. E_y. \text{Inertie} / (5. \text{Esp}^4)$$

Avec inertie d'un HEB 500 selon son axe fort $\approx 1.0 \cdot 10^{-3}$ m⁴,

Esp. : longueur « libre » de la lierne ≈ 3 m.

Au final $K_{\text{lierne}} / \text{ml} \approx 210000$ kN/m/ml

Au final, nous retiendrons pour la raideur du système butonnant une valeur de ≈ 105000 kN/m/ml.

c) Phases de modélisation K-REA

Les calculs ont été menés avec les caractéristiques géotechniques des terrains à long terme et, dans le cadre de cette modélisation, selon le phasage suivant :

- fonçage / battage des palplanches jusqu'au toit de l'horizon calcaire à marno-calcaire, soit, au droit de SP22, environ 13 m de profondeur / TA, soit à la cote 172.55 m NGF (tête de l'écran considéré à la cote 185.50 m NGF), ancrage dans une argile marneuse,
- excavation jusqu'à la cote 184.20 m NGF et mise en œuvre du système butonnant à la cote 185.00 m NGF (pompage et prise en compte d'un gradient hydraulique en aval),
- excavation finale jusqu'à la cote 179.90 m NGF (pompage et prise en compte d'un gradient hydraulique en aval).

Actuellement, nous ne proposons que la phase de réalisation de la fouille générale, soit une phase transitoire.

L'étape suivante (transitoire et définitive), soit la réalisation des radiers, du gros œuvre et enlèvement du système butonnant, devra faire également l'objet d'une justification par l'entreprise dans le cadre de sa mission G3.

d) Résultats

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Déformation maximale ELS (mm)	Moment maximum ELU (kN.m/ml)	Effort tranchant maximum ELU (kN/ml)
≈ 35	≈ 560	≈ 220

Pour des résultats détaillés, on se reportera en annexe 9.

e) Vérifications

Butée

Elle consiste à vérifier que la butée mobilisée multipliée par 1.35 est inférieure à la butée mobilisable divisée par 1.10 (coefficient de sécurité global de ≈1.49 en phase transitoire). Cette vérification est concluante (cf. feuilles de calcul jointes en annexe 9).

Justification structurale des palplanches, liernes et butons (flambement)

Palplanches à la flexion

La vérification à la flexion des palplanches se fait en comparant la valeur de calcul du moment fléchissant (donnée résultant d'un calcul miss-K) à la valeur de calcul du moment fléchissant résistant dans la palplanche. Pour une palplanche de classe 2, elle consiste à vérifier l'inégalité suivante :

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \text{ soit } M_{\max} / W_{pl} \leq f_y$$

Avec : M_{\max} : moment de flexion de calcul maximum calculé sous K-REA $\approx 560 \text{ kN.m / ml}$

W_{pl} : module de flexion plastique des profilés $\approx 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$

f_y : limite d'élasticité = 240 MPa

On obtient : $M_{\max} / (I/v) \approx 200 \text{ MPa}$

L'inégalité est vérifiée.

Remarque : la valeur V_{Ed} ne dépasse pas de plus de 50% la valeur $V_{pl,Rd}$ (cf. vérification ci-après), il n'y a donc pas lieu de prendre en compte de réduction de la valeur de calcul du moment fléchissant $M_{c,Rd}$.

Palplanche au cisaillement

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

Avec : V_{Ed} , effort de cisaillement de calcul maximum calculé sous K-REA $\approx 220 \text{ kN / ml}$

$$V_{pl,Rd} = (A_v \times f_y) / (\sqrt{3}) \approx 695 \text{ kN / m}$$

L'inégalité est vérifiée.

Palplanche au voilement

Cette vérification est à faire si $c / t_w > 72 \varepsilon$

Sans objet, dans le cas présent.

Butons

Les butons consisteront en des tubes 244 / 12.5 mm d'une longueur de 6 m environ et avec une nuance d'acier minimale de 355 MPa. Ils seront disposés transversalement tous les 3 m.

Le calcul K-REA indique que les butons seront soumis à une valeur ELU d'environ 630 kN.

Lierne

La lierne sera constituée de HEB500.

Nous l'avons vérifiée à la flexion composée avec un moment maximal de $560 \times 3^2/8 \approx 630 \text{ kN.m}$.

Toutes les vérifications sont concluantes. Elles sont précisées ci-après.

Choix du type de section :

Type :	tube d'armature	Coefficient partiel pour résistance des sections transversales, γ_{M0} :	1,0
Longueur du bouton / bracon :	6,00 m	Coefficient partiel pour résistance des barres aux instabilités, γ_{M1} :	1,0
Conditions d'appui :	2 appuis rotulés/articulés		

Diamètre extérieur tube d'armature :	244,5 mm
Épaisseur du tube :	12,50 mm
Épaisseur sacrificielle à la corrosion :	0,0 mm
Nuance de l'acier :	355 MPa
Module d'élasticité de l'acier :	210 GPa

Caractéristiques de la section :

Diamètre extérieur tube d'armature :	244,5 mm	Module de flexion élastique selon Y :	302,9 cm ³
Épaisseur du tube :	12,50 mm	Module de flexion plastique selon Y :	673,5 cm ³
Épaisseur sacrificielle à la corrosion :	0,0 mm	Module de flexion élastique selon Z :	302,9 cm ³
Diamètre extérieur réduit :	244,5 mm	Module de flexion plastique selon Z :	673,5 cm ³
Section :	91,11 cm ²	Inertie selon Y :	6147,4 cm ⁴
Section corrodée :	91,11 cm ²	Inertie selon Z :	6147,4 cm ⁴
Masse métrique :	71,5 kg/ml	Section de cisaillement :	38,00 cm ²

 $\alpha = 0,81$
 $d = 243 \text{ mm}$
 $d/t/e^2 = 29,5$

 d'où : Classe 1
 Calcul de résistance plastique

Dilatation thermique :

Prise en compte de la dilatation thermique ?	OUI		
Variation de température (ΔT) :	27,0 °	Dilatation / retrait lié à la dilatation thermique :	0,9 mm
Coefficient dilatation thermique :	1,10E-05 °C ⁻¹	Effort normal lié à la dilatation thermique :	568,2 kN

Saisie des sollicitations et résultats :

Prise en compte du flambement sous poids propre ?	OUI	(oui, si boutons horizontaux)
Selon axe ?	OY	(choix indifférent si tube)

Combinaison d'actions :	$N_{MAX} - N_{RED}$ (kN)	$M1_{MAX} - M1_{RED}$ (kN.m)	$M2_{MAX} - M2_{RED}$ (kN.m)
ELU _{FOND}	630,0	4,3	0,0
ELU _{Unimique}	0,0	4,3	0,0
ELU _{acc}	0,0	4,3	0,0

Synthèse des vérifications :

 Le cisaillement a un effet sur les valeurs de calcul de la résistance en compression, traction et flexion si $V_{Ed} > 50\% V_{Rd1}$

Vérification: STR		Combinaison d'actions								
		ELUFOND			ELU _{Unimique}			ELU _{acc}		
		Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail
Compression	N _{Ed}	3234 kN	1198 kN	✓ 37%	3234 kN	568 kN	✓ 18%	3234 kN	568 kN	✓ 18%
Flexion simple	M _{Ed} selon Y	239 kN.m	4 kN.m	✓ 2%	239 kN.m	4 kN.m	✓ 2%	239 kN.m	4 kN.m	✓ 2%
	M _{Ed} selon Z			✓			✓			✓
Flexion et effort normal	MN _{rd} selon Y	195 kN.m	4 kN.m	✓ 2%	227 kN.m	4 kN.m	✓ 2%	227 kN.m	4 kN.m	✓ 2%
	MN _{rd} selon Z			✓			✓			✓
Flambement par compression	Nb _{Rd} selon Y	1830 kN	1198 kN	✓ 65%	1830 kN	568 kN	✓ 31%	1830 kN	568 kN	✓ 31%
	Nb _{Rd} selon Z	1830 kN	1198 kN	✓ 65%	1830 kN	568 kN	✓ 31%	1830 kN	568 kN	✓ 31%
Flexion biaxiale	Equation 1	1,00	0,00	✓ 0%	1,00	0%	✓ 0%	1,00	0,00	✓ 0%
Flexion composée (avec flambement)	Equation 2 (selon Y)	1,00	0,67	✓ 67%	1,00	32%	✓ 32%	1,00	0,32	✓ 32%

 $\alpha = 2,0$
 $\beta = 2,0$

Insensibilité au déversement supposé

Equation 1 :	Equation 2 (sans flambement) :	Equation 2 (avec flambement) :
$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1$	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$
(valable pour les sections de classe 1 et 2)		(valable pour les sections de classe 1, 2 et 3)

Détails du calcul de résistance au flambement :

Longueur critique de flambement :	6,00 m	Facteur d'imperfection à selon Oy :	0,49
Courbe de flambement selon Oy :	c	Facteur d'imperfection à selon Oz :	0,49
Courbe de flambement selon Oz :	c	Elancement réduit du tube ou du H/i (λ) (selon Y) :	0,96
Effort normal critique de flambement élastique, $N_{cr,Y}$ (selon Y) :	3539,2 kN	Elancement réduit du tube ou du H/i (λ) (selon Z) :	0,96
Effort normal critique de flambement élastique, $N_{cr,Z}$ (selon Z) :	3539,2 kN	Coefficient de réduction lié au flambement (χ) (Y) :	0,57
Facteur d'interaction flambement - flexion, k :	0,612	Coefficient de réduction lié au flambement (χ) (Z) :	0,57

Choix du type de section :

Type :	profilé H ou I	Coefficient partiel pour résistance des sections transversales, γ_{M0} :	1,00
Longueur du profilé :	3,00 m	Coefficient partiel pour résistance des barres aux instabilités, γ_{M1} :	1,10

Gamme :	HEA,HEB,HEM
Type de profilé :	HE 500 B
Nuance de l'acier :	355 MPa
Module d'élasticité de l'acier :	210 GPa

Caractéristiques de la section :

Hauteur :	500,0 mm	Module de flexion élastique selon Y :	4287,0 cm ³
Épaisseur d'âme :	14,50 mm	Module de flexion plastique selon Y :	4815,0 cm ³
Épaisseur de semelle :	28,0 mm	Module de flexion élastique selon Z :	841,6 cm ³
Largeur :	300,0 mm	Module de flexion plastique selon Z :	1291,6 cm ³
Rayon du congé :	27 mm	Inertie selon Y :	107175,7 cm ⁴
Section transversale :	238,60 cm ²	Inertie selon Z :	12623,9 cm ⁴
Masse métrique :	187,3 kg/ml	Section de cisaillement :	89,78 cm ²
$\alpha = 0,92$	$c = 90$ mm	d'où :	Classe 1
	$c/t = 3,5$		Calcul de résistance plastique

Saisie des sollicitations et résultats :

Combinaison d'actions :	$N_{MAX} - N_{ED}$ (kN)	$M_{1MAX} - M_{1ED}$ (kN.m)	$M_{2MAX} - M_{2ED}$ (kN.m)	$T_{1MAX} - V_{1ED}$ (kN)	$T_{2MAX} - V_{2ED}$ (kN)
ELU _{FOND}	0,0	630,0	0,0	0	0
ELU _{isotrope}	0,0				0
ELU _{acc}	0,0				0

Synthèse des vérifications :

 Le cisaillement a un effet sur les valeurs de calcul de la résistance en compression, traction et flexion si $V_{ED} > 50\% V_{Rd1}$

Vérifications STR		Combinaison d'actions								
		ELUFOND			ELUisotrope			ELUacc		
		Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail
Cisaillement	$V_{pl,Rd}$ selon Y	1840 kN	0 kN	✓ 0%	1840 kN	0 kN	✓ 0%	1840 kN	0 kN	✓ 0%
	$V_{pl,Rd}$ selon Z	1840 kN	0 kN	✓ 0%	1840 kN	0 kN	✓ 0%	1840 kN	0 kN	✓ 0%
Compression	$N_{pl,Rd}$	8470 kN	0 kN	✓ 0%	8470 kN	0 kN	✓ 0%	8470 kN	0 kN	✓ 0%
Flexion simple	$M_{pl,y,Rd}$ selon Y	1709 kN.m	630 kN.m	✓ 37%	1709 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	1709 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
	$M_{pl,y,Rd}$ selon Z	459 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	459 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	459 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
Flexion et effort normal	$M_{N,y,Rd}$ selon Y	1709 kN.m	630 kN.m	✓ 37%	1709 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	1709 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
	$M_{N,y,Rd}$ selon Z	459 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	459 kN.m	0 kN.m	✓ 0%	459 kN.m	0 kN.m	✓ 0%
Flexion biaxiale	Equation 1	1,00	0,14	✓ 14%	1,00	0%	✓ 0%	1,00	0,00	✓ 0%
Flexion composée	Equation 2	1,00	0,37	✓ 37%	1,00	0,00	✓ 0%	1,00	0,00	✓ 0%
		$\alpha = 2,0$	$\beta = 3n$		Effet du versement non pris en compte					

 $\alpha = 2,0$
 $\beta = 3\alpha$

Effet du déversement non pris en compte

Equation 1 :

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1 et 2)

Equation 2 :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1, 2 et 3)

Portance de terrain

Cette vérification est usuellement faite dans le cadre de structure porteuse, ce qui n'est pas le cas ici.

Vérification de la stabilité générale du site

Sans objet dans le cas présent.

Soulèvement du fond de fouille (UPL)

Sans objet dans le cadre de la géologie et de la conception des travaux envisagés.

Rupture du fond de l'excavation d'origine hydraulique (Boulance, HYD) et stabilité du fond de fouille (renard solide, GEO)

A la cote d'assise des pieux formant l'écran étanche de soutènement, aucun risque de renard ou de rupture du fond de l'excavation n'est à craindre.

Données d'entrée :

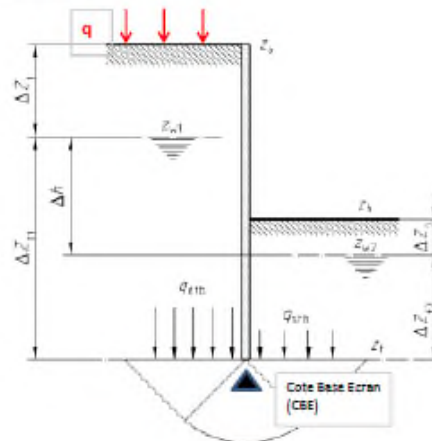
Cote TN Z0 (m) :	185,50	Sol amont :		Sol aval :	
Cote FF Z0 (m) :	179,90	γ_{h1} (kN/m ³) :	19,00	γ_{h2} (kN/m ³) :	19,00
Cote nappe amont Z _{w1} (1) (m) :	184,18	γ_{sat1} (kN/m ³) :	20,00	γ_{sat2} (kN/m ³) :	19,00
Cote nappe en fouille Z _{w2} (2) (m) :	179,90	$\gamma'1$ (kN/m ³) :	10	$\gamma'2$ (kN/m ³) :	9,00
γ_w (kN/m ³) :	10,00	Paramètres C et Phi sous écran :		critique 2 (ascendant) :	0,60
Surcharge amont q (kPa) :	15,00	ϕ_i (°) :	35	C' (kPa) :	80
(1) : Z _{w1} pouvant être au dessus du TN amont Z0		(Np-1)/tg ϕ' :		Nq :	33,30
(2) : Z _{w2} pouvant être au dessus du fond de fouille mais ne pouvant être au dessus Z _{w1}				Nq-1 :	32,30

Hypothèse : les niveaux Z_{w1} et Z_{w2} sont au dessus de la base de l'écran.

Cote amont :	ΔZ_1 (m) :	1,32
Cote aval :	ΔZ_2 (m) :	0,00
Prof FF/TN amont (m) :		5,60
Charge hydraulique Δh (m) :		4,28

Coefficients partiels :

Renard solide - Approche de calcul 2 : "A1"+"M1"+"R2"			Vis-à-vis du soulèvement hydraulique (HYD) :	
A1	M1		γ_{Gdst} :	1,35
γ_{Gsup} :	1,35	γ_M :	γ_{Gstb} :	0,9
γ_{Ginf} :	1	R2	γ_{Qdst} :	1,5
γ_{Qsup} :	1,5	γ_R :		
γ_{Qinf} :	0			



Condition de Renard vérifiée si $q_{dst;d}$ (kPa) \leq $q_{stb;d}$ (kPa) : Comparaison entre les valeurs de calculs des contraintes déstab. et stab.

									Stabilité de Renard				Stabilité de Renard	F sécurité Renard solide
CBE (NGF)	L écr. (m)	fiche (m)	ΔZ_{f1} (m)	ΔZ_{f2} (m)	p	i1	i2	$\sigma'v1,k = q_{dst;d}$ (kPa)	$q_{dst;d}$ (kPa)	$\sigma'v2,k = q_{stb;d}$ (kPa)	$q_{stb;d}$ (kPa)	$q_{stb;d}$ (kPa)		
174,00	11,50	5,90	10,18	5,90	0,432	0,239	0,314	166,18	226,59	34,60	4841,94	4401,76	vérifiée	19,43
173,00	12,50	6,90	11,18	6,90	0,440	0,214	0,273	175,85	239,65	43,27	5130,58	4664,17	vérifiée	19,46
172,00	13,50	7,90	12,18	7,90	0,446	0,195	0,242	185,59	252,79	52,01	5421,52	4928,65	vérifiée	19,50
171,00	14,50	8,90	13,18	8,90	0,451	0,178	0,217	195,37	266,00	60,79	5714,08	5194,62	vérifiée	19,53
170,00	15,50	9,90	14,18	9,90	0,455	0,164	0,197	205,20	279,27	69,62	6007,86	5461,69	vérifiée	19,56
169,00	16,50	10,90	15,18	10,90	0,459	0,153	0,180	215,05	292,56	78,47	6302,55	5729,60	vérifiée	19,58
168,00	17,50	11,90	16,18	11,90	0,462	0,142	0,166	224,92	305,89	87,34	6597,98	5998,16	vérifiée	19,61

Avec pour la stabilité du renard solide :

CBE : Cote de la base de l'écran (dans cette feuille devant se situer plus bas que Z_{w1} et Z_{w2})

p : selon Mandel pour une couche d'épaisseur infinie : Perte de charge entre la base de la paroi et le fond de fouille / perte de charge totale Δh avec $p = 1/(1+(\Delta z_{f1}/\Delta z_{f2})^2) \cdot 0,5$

i1 : Gradient hydraulique coté amont de paroi = $(1-p) \cdot \Delta h / \Delta z_{f1}$

i2 : Gradient hydraulique coté aval de paroi = $p \cdot \Delta h / \Delta z_{f2}$

$\sigma'v1,k$: Valeur caractéristique de la contrainte effective verticale au niveau de la base de l'écran coté amont = $\gamma_h \cdot \Delta z_1 + (\gamma' + i_1 \cdot \gamma_w) \cdot \Delta z_{f1} + q$ (avec $\gamma_h \cdot \Delta z_1 = 0$ si négatif)

$\sigma'v2,k$: Valeur caractéristique de la contrainte effective verticale au niveau de la base de l'écran coté fouille = $\gamma_h \cdot \Delta z_2 + (\gamma' - i_2 \cdot \gamma_w) \cdot \Delta z_{f2}$ (avec $\gamma_h \cdot \Delta z_2 = 0$ si négatif)

$q_{dst;k}$ (kPa) : Valeur caractéristique de la contrainte déstabilisatrice = $\sigma'v1,k \cdot \sigma'v2,k \cdot C' \cdot (Nq-1) / \text{tg} \phi'$

$q_{stb;k}$ (kPa) : Valeur caractéristique de la contrainte stabilisatrice = $Nq \cdot \sigma'v2,k \cdot C' \cdot (Nq-1) / \text{tg} \phi'$

$q_{dst;d}$ (kPa) : Valeur de calcul de la contrainte déstabilisatrice = $(\sigma'v1,k - q) \cdot \gamma_{Gsup} + q \cdot \gamma_{Qsup}$

$q_{stb;d}$ (kPa) : Valeur de calcul de la contrainte stabilisatrice = $[(\sigma'v2,k \cdot Nq + C' / \text{tg} \phi') (Nq-1)] \cdot \gamma_{Ginf} / \gamma_R$

Condition de Bouleance vérifiée si $S_{dst;d}$ (kN/m²) \leq $G'_{stb;d}$ (kN/m²) : Comparaison entre la force d'écoulement déstabilisatrice et les actions verticales permanentes stabilisatrices

Force par unité de surface (selon la NFP-94-282)

Condition de sécurité vis-à-vis de l'érosion régressive (ou "renard hydraulique") : Stabilité vérifiée si $i_2 < i_{critique 2}$

									Stabilité vis-à-vis de la bouleance (cohésion non prise en compte)				Sécurité érosion régressive	
CBE (NGF)	L écr. (m)	fiche (m)	ΔZ_{f1} (m)	ΔZ_{f2} (m)	p	i2	$S_{dst;d}$ (kN/m ²)	$G'_{stb;d}$ (kN/m ²)	$G'_{stb;d}$ (kN/m ²)	$G'_{stb;d}$ (kN/m ²)	Stabilité bouleance	F sécurité bouleance	Stabilité érosion régressive	F sécurité érosion régressive
174,00	11,50	5,90	10,18	5,90	0,43	0,314	18,50	24,97	53,10	47,79	vérifiée	1,91	vérifié	1,91
173,00	12,50	6,90	11,18	6,90	0,44	0,273	18,83	25,42	62,10	55,89	vérifiée	2,20	vérifié	2,20
172,00	13,50	7,90	12,18	7,90	0,45	0,242	19,09	25,78	71,10	63,99	vérifiée	2,48	vérifié	2,48
171,00	14,50	8,90	13,18	8,90	0,45	0,217	19,31	26,06	80,10	72,09	vérifiée	2,77	vérifié	2,77
170,00	15,50	9,90	14,18	9,90	0,46	0,197	19,48	26,30	89,10	80,19	vérifiée	3,05	vérifié	3,05
169,00	16,50	10,90	15,18	10,90	0,46	0,180	19,63	26,50	96,10	88,29	vérifiée	3,33	vérifié	3,33
168,00	17,50	11,90	16,18	11,90	0,46	0,166	19,76	26,68	107,10	96,39	vérifiée	3,61	vérifié	3,61

Avec pour la stabilité vis-à-vis de la bouleance :

$S_{dst;k}$ (kN/ml) : Force d'écoulement déstabilisatrice caractéristique par ml d'écran = $i_2 \cdot \gamma_w \cdot \Delta z_{f2}$

$G'_{stb;k}$ (kN/ml) : Force (ou action) verticale permanente stabilisatrice caractéristique par ml d'écran = $\gamma' \cdot \Delta z_{f2} + \gamma_h \cdot \Delta z_2$ (avec $\gamma_h \cdot \Delta z_2 = 0$ si négatif)

$S_{dst;d}$ (kN/ml) : Valeur de calcul de la force déstabilisatrice = $S_{dst;k} \cdot \gamma_{Gdst}$

$G'_{stb;d}$ (kN/ml) : Valeur de calcul des action verticales stabilisatrices = $G'_{stb;k} \cdot \gamma_{Gstb}$

Vérification de l'équilibre général aux sous-pressions (phase définitive)

Actuellement, nous ne disposons d'aucune donnée concernant le poids de l'ouvrage s'opposant à la poussée d'Archimède.

Pour s'assurer de l'équilibre général de l'ouvrage aux sous-pressions, en considérant un niveau d'eau exceptionnel (niveau des plus hautes eaux + 50 cm) et un canal vide, il conviendra de vérifier que :

$$\gamma_{G;stb} \times G_{stb;k} > \gamma_{G;dst} \times V_{dst;k}$$

Avec $G_{stb;k}$, valeur caractéristique de la force provenant des charges permanentes stabilisatrices

$V_{dst;k}$, valeur de la force induite par les pressions interstitielles (effort déstabilisateur)

$\gamma_{G;stb}$, coefficient minorateur des forces stabilisatrices = 0.90,

$\gamma_{G;dst}$, coefficient pondérateur des forces déstabilisatrices = 1.00.

En cas d'instabilité, le système de lestage pourra consister en la mise en œuvre d'un béton de lestage et / ou un ancrage du radier dans le soutènement en palplanches et / ou des micropieux travaillant à l'arrachement (voire des pieux).

Elle sera à effectuer dans le cadre de la G3 de l'entreprise.

f) Sujétions d'exécution

Les travaux seront réalisés dans les règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en battage de palplanches.

Le rideau de palplanches sera dimensionné et réalisé selon les Normes en vigueur et notamment selon la NFP 94-282 « Ecrans de soutènement ».

D'une manière générale, les battages des palplanches seront réalisés dans terrains en tête à dominante argileuse puis dans des alluvions se chargeant en éléments grossiers et devenant au moins localement très raides à très denses. Elles devront être assises suffisamment au sein d'une argile marneuse très raide. L'entreprise retenue devra donc mettre en œuvre tous les moyens à sa disposition pour traverser les alluvions très denses à très raides et descendre suffisamment au sein d'une argile marneuse très raide. Il conviendra de prévoir un matériel de battage suffisamment puissant et adapté au contexte évoqué. En cas de faux refus, il pourra être envisagé la réalisation de sondages destructifs de petits diamètres pour permettre la poursuite du battage. Afin de lever les incertitudes liées au risque de refus des palplanches, l'entreprise mandataire des travaux devra prévoir des investigations complémentaires dans le cadre de son étude d'exécution. Elle devra également justifier de sa méthodologie et de son dimensionnement via une étude et un suivi d'exécution (mission G3 selon la norme NFP 94-500). Des planches d'essai afin de valider le type de palplanches et la technique de mise en œuvre des palplanches devront également être réalisées. Le dimensionnement devra prendre en compte les données géométriques et les contraintes environnementales fournies par les responsables de projet.

Par ailleurs, la mise en œuvre des palplanches pourra être perturbée par l'éventuelle présence d'ancrages au niveau du canal d'amenée actuelle (soutènement gauche avec système d'ancrage pouvant consister en des tirants scellés dans le sol ou un contre-rideau).

Les palplanches seront instrumentées (cibles topographiques par exemple) et suivies pendant toute la durée du chantier pour s'assurer que les déformations ne dépassent pas les seuils admissibles.

Dans son PAQ, outre le matériel de battage des palplanches mis en œuvre, l'entreprise devra proposer un plan d'action si le suivi révèle un comportement sortant des limites acceptables.

D'autres systèmes de soutènement pourront être proposés par les entreprises. Il appartient à l'entreprise retenue de justifier son dimensionnement en phase exécution dans le cadre de sa mission géotechnique d'exécution (mission G3).

La mission G4 de supervision du suivi géotechnique sera réalisée en parallèle par un géotechnicien désigné par le maître d'ouvrage.

g) Solution technique alternative

D'autres solutions techniques pourront être étudiées par l'entreprise, que ce soit au niveau des caractéristiques des palplanches ou du système d'appui butonnant voire d'un autre système de soutènement. Dans tous les cas, il appartient à l'entreprise retenue de justifier son dimensionnement en phase exécution dans le cadre de sa mission géotechnique d'exécution (mission G3) Cette justification sera réalisée en fonction des configurations de terrassement qui peuvent différer d'un profil à un autre (niveau de tête de paroi, choix de niveaux d'eau différent...) et du type de matériel utilisé.

IV.7. VERIFICATION ET CONFORTEMENT DES RIDEAUX DE PALPLANCHES DE PART ET D'AUTRE DE LA PASSERELLE

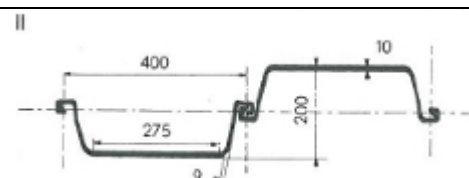
a) *Préambule vis-à-vis de la vérification*

Dans le cadre de l'arasement total du seuil sur la Chiers, il nous a été demandé de vérifier la stabilité des soutènements actuels de part et d'autre de la passerelle, ce qui représente un peu moins d'une vingtaine de mètres en rive gauche et rive droite de la Chiers.

Nous rappelons que les responsables de projet nous ont demandé de considérer des palplanches type Larssen II.

Profil	Largeur utile b	Hauteur h	Épais- seur e	Largeur disponi- ble entre ailes r	Périmé- tre déve- loppé d'un m courant de rideau cm	Section d'un m courant de rideau cm²	Poids		Module de résistance par m courant de rideau cm³	Moment d'inertie cm⁴	Rayon de giration $\sqrt{I/S}$ cm
							de 1 m de pal- planche kg/m	de 1 m² de rideau kg/m²			
							mm	mm	mm	mm	
SL 1	365	80	4,8	255	258	69	19,7	54	146	585	2,92
SL 2	450	130	6,0	305	275	92	32,4	72	300	1 950	4,61
SL 3	450	200	7,1	275	302	108	36,0	84,5	550	5 550	7,10
SL 4	450	250	8,9	270	321	133	46,9	104	850	10 600	8,95
SL 5	450	280	10,3	240	322	149	52,7	117	1 050	14 700	9,93
3I	450	150	9,5	250	230	127	45,0	100	460	3 450	5,21
II	400	200	10,0	275	270	156	48,8	122	850	8 500	7,40
III	400	247	14,0	250	285	198	62,0	155	1 360	16 800	9,20
IV	400	310	15,5	250	310	239	74,8	187	2 040	31 600	11,50
V (*)	420	344	21,0	251	330	300	100,0	238	2 960	50 900	13,00
VI	420	440	22,0	251	368	369	122,0	290	4 200	92 000	15,80
IIIn	400	270	9,5	250	301	156	48,8	122	1 100	14 900	9,75
IIIIn	400	290	13,0	255	309	198	62,0	155	1 600	23 200	10,85
IIIs	500	340	12,4	280	333	177	69,6	139	1 600	27 500	12,44
IIIIs	500	380	14,3	270	344	201	79,0	158	2 000	38 000	13,73
IVIs	500	440	15,5	240	355	224	88,0	176	2 500	54 800	15,70
VIs	500	450	20,6	230	368	270	106,0	212	3 200	72 000	16,33

II



Doc. 8 : caractéristiques dimensionnelles et structurales d'une Larssen II

En l'état des informations quant à l'existant et des investigations, nous avons considéré un système de soutènement autostable (aucun niveau d'appui), ce qui est une hypothèse pessimiste (présence d'écrous sur certaines palplanches laissant supposer au contraire la présence de tirants). En l'absence de documents permettant de le caractériser et d'investigations in situ permettant de le mettre en évidence, nous en avons fait abstraction pour la vérification de la stabilité actuelle du rideau et pour le dimensionnement des renforcements.

Dans la mesure où la nuance d'acier des palplanches actuelles est inconnue, de même que leur état de corrosion, les vérifications structurales (flexion, cisaillement et au voilement) ne peuvent pas être effectuées actuellement.

Nous avons considéré un pied des palplanches à la cote 174.00 m NGF, soit une longueur de palplanches d'environ 11.5 à 12.0 m, ce qui est une hypothèse extrêmement favorable compte tenu des résultats de la prospection géophysique.

Le lit de la Chiers en phase travaux a été considéré à une cote de 180.20 m NGF (arasement total du seuil à cette cote, donnée fournie par les responsables de projet). Nous n'avons pas pris en compte de surcharges extérieures en amont des soutènements (hypothèse favorable).

b) Conclusions vis-à-vis de la vérification

Dans le cadre de l'arasement total du seuil sur la Chiers, il nous a été demandé de vérifier la stabilité des soutènements actuels de part et d'autre de la passerelle.

Pour une configuration autostable, la stabilité théorique de cet ouvrage selon les règles actuelles de calcul ne peut pas être justifiée. A minima (hors éventuelles insuffisances structurelles, non vérifiées présentement), un déficit important vis-à-vis du défaut de butée (longueur de fiche insuffisante) est constaté, ceci malgré la prise en compte de modèles géotechniques particulièrement favorables et d'une longueur de palplanches également très optimiste. A ce sujet, on notera que, même en considérant un niveau d'eau dans les berges à 181.35 m NGF, soit une absence de poussée hydrostatique amont sur la hauteur libre de soutènement, la vérification du défaut de butée n'est pas justifiée.

On se reportera en annexe 10 pour des résultats détaillés.

c) Principe de confortement des soutènements actuels

Les responsables de projet ont retenu un principe consistant en la réalisation de tirants.

Nous attirons l'attention sur le fait qu'il est vraisemblable qu'un système de tirants scellés dans le sol ou d'ancrage dans un contre-rideau soit déjà présent : présence d'écrous apparents sur certaines palplanches (a priori 1 tous les 8 palplanches, à confirmer in situ).

d) Hypothèses particulières pour le prédimensionnement du confortement

Dans le cadre de la vérification des soutènements actuels, nous avons considéré une hypothèse de cote d'assise des palplanches particulièrement optimiste à 174.00 m NGF. Compte tenu des résultats issus de la MSP et des incertitudes liées à cette méthode, il nous paraît plus raisonnable de considérer une cote d'assise des palplanches à 174.50 m NGF. Cette valeur a été retenue dans le cadre du prédimensionnement des tirants d'ancrage.

Les travaux de suppression du seuil auront lieu après les travaux d'aménagement du nouveau canal d'amenée (et également ceux relatifs à la pose de la canalisation d'amenée et de comblement des affouillements). En conséquence, les responsables de projet nous ont demandé de considérer lors des travaux un niveau d'eau de la Chiers et dans les berges égal à 183.13 m NGF. Dans la mesure où cette valeur conditionne de façon importante les conclusions du calcul et notamment la vérification du défaut de butée, il est impératif de s'assurer que les niveaux et arrivées d'eau soient effectivement bien en deçà de cette valeur lors de l'arase total du seuil (mise en œuvre de piézomètres). Le cas échéant, le chantier sera stoppé à titre sécuritaire (ou mise en œuvre de mesures compensatoires à définir par l'entreprise). Cette valeur a également été retenue en situation durable (à adapter en phase G3 en fonction du niveau des plus hautes eaux après suppression du seuil).

Les responsables de projet prévoient de solidariser la passerelle d'une largeur d'environ 4 m et la poutre de couronnement des soutènements actuels afin de profiter d'un effet de butonnage de la passerelle.

Le modèle géotechnique pris en compte dans le cadre du pré dimensionnement du confortement en rive droite est le suivant. Il se base sur les résultats géologiques et géotechniques du sondage SP1 et, pour établir la cote du toit du substratum marno-calcaire à calcaire, des sondages MSP1 et MSP2 :

N°	Couche	Cote NGF de la base	Module pressiométrique et pression limite	Caractéristiques à long terme
1	Remblais et argile à limon mous	≈ 178.50	$E_M = 4.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.40 \text{ MPa}$	$\varphi' = 21^\circ$ $C' = 4.0 \text{ kPa}$
2	Argiles + / - sablo-graveleuses fermes à raides	≈ 176.00	$E_M = 9.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.70 \text{ MPa}$	$\varphi' = 24^\circ$ $C' = 7.0 \text{ kPa}$
3	Argile marneuse raide à très raide	≈ 173.55	$E_M = 20.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 2.00 \text{ MPa}$	$\varphi' = 28^\circ$ $C' = 20.0 \text{ kPa}$
4	Calcaire à marno-calcaire	-	$E_M = 200 \text{ MPa}$ $Pl^* > 4.80 \text{ MPa}$	$\varphi' = 35^\circ$ $C' = 80.0 \text{ kPa}$

Le modèle géotechnique pris en compte dans le cadre du pré dimensionnement du confortement en rive gauche est le suivant. Il se base sur les résultats géologiques et géotechniques du sondage SP22 :

N°	Couche	Cote NGF de la base	Module pressiométrique et pression limite	Caractéristiques à long terme
1	Argile molle	≈ 177.55	$E_M = 2.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.35 \text{ MPa}$	$\varphi' = 20^\circ$ $C' = 3.5 \text{ kPa}$
2	Sables et graviers + / - argileux denses à très denses	≈ 176.05	$E_M = 20.0 \text{ MPa}$ $Pl^* = 2.50 \text{ MPa}$	$\varphi' = 35^\circ$ $C' = 0.0 \text{ kPa}$
3	Passée argileuse ferme	≈ 174.55	$E_M = 3.5 \text{ MPa}$ $Pl^* = 0.60 \text{ MPa}$	$\varphi' = 23^\circ$ $C' = 6.0 \text{ kPa}$
4	Argile marneuse raide à très raide	≈ 172.55	$E_M = 13.6 \text{ MPa}$ $Pl^* = 1.65 \text{ MPa}$	$\varphi' = 27^\circ$ $C' = 16.5 \text{ kPa}$
5	Calcaire à marno-calcaire	< ≈ 170.55	$E_M = 200 \text{ MPa}$ $Pl^* > 4.80 \text{ MPa}$	$\varphi' = 35^\circ$ $C' = 80.0 \text{ kPa}$

e) Caractéristiques du système butonnant et des tirants

Les responsables de projet prévoient de solidariser la passerelle avec la poutre de couronnement des palplanches. En l'absence d'éléments spécifiques relatifs à cette opération, nous prendrons en compte une section de poutre de butonnage de 1 m^2 (donnée prise en compte par INGEROP dans sa note de calcul), un module de béton de 10000 MPa , un espacement de 18 m et une longueur utile de 10 m (correspondant sensiblement à la moitié de la longueur de la passerelle) soit au final une raideur $K \approx 55500 \text{ kN/m/ml}$, valeur à confirmer ou à adapter lors de la G3 de l'entreprise.

Nous avons modélisé les tirants comme des éléments de raideur de l'ordre de 40000 kN / m / ml. Ils doivent être considérés comme permanent.

Les caractéristiques géotechniques retenues pour ces tirants sont :

- niveau d'ancrage : 183.50 m NGF,
- inclinaison/horizontale : 30°,
- espacement horizontal entre tirants : 1.60 m (soit 1 tirant tous les 4 palplanches),
- longueur libre : $L_l \geq 5$ m,
- longueur de scellement : $L_s \geq 10$ m,
- diamètre du scellement : 130 mm.

La raideur d'un tirant est donnée par la formule suivante :

$$R = E \times S / L / e$$

Avec :

E : module d'Young de l'acier = $2,1 \cdot 10^8$ kN/m²

S : section d'acier

$L = L_{\text{libre}} + L_{\text{scellement}}/2$

e = espacement entre deux tirants successifs

Il pourrait s'agir d'un tirant en barre pleine en diamètre 63.5 mm placé tous les 1.60 m, avec une longueur libre de 5 m et une longueur de scellement de 10 m (et 15 m pour ceux de part et d'autre de la passerelle).

En phase définitive, nous avons considéré la mise en place au fond de la Chiers d'une dalle à vocation de butonnage (0.50 m d'épaisseur et de largeur environ 20 m soit une raideur surfacique de l'ordre de 1000000 kN/m²/ml).

Remarque : ces ouvrages ont une fonction définitive. Néanmoins, nous n'avons considéré aucune épaisseur sacrifiée à la corrosion. Il appartient à l'entreprise de prendre en considération le phénomène de corrosion ou de mettre en œuvre les dispositions matérielles pour s'affranchir de ce risque conformément au TA 2020.

f) Phases de modélisation K-REA

Les calculs ont été menés avec les caractéristiques géotechniques des terrains à long terme et, dans le cadre de cette modélisation, selon le phasage suivant :

- Excavation à la cote finale 180.20 m NGF (niveau d'eau dans la berge à 183.13 m NGF, niveau d'eau dans la Chiers à 180.20 m NGF, pompage + prise en compte d'un gradient hydraulique),
- Mise en œuvre d'un butonnage en pied de soutènement,
- Remblaiement du lit de la Chiers jusqu'à la cote 181.00 m NGF.

g) Résultats

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Déformation maximale ELS (mm)	Moment maximum ELU (kN.m/ml)	Effort tranchant maximum ELU (kN/ml)
≈ 40	≈ 170	≈ 145

Pour des résultats détaillés, on se reportera en annexe 11.

Remarque : dans la mesure où nous sommes dans le cadre d'un renforcement de rideaux de palplanches, la déformée théorique calculée n'est pas significative. Dans les faits, elle devrait être inférieure à 2 cm.

h) Vérifications

Butée

Elle consiste à vérifier que la butée mobilisée multipliée par 1.35 est inférieure à la butée mobilisable divisée par 1.10 (coefficient de sécurité global de ≈1.49 en phase transitoire). Cette vérification est concluante (cf. feuilles de calcul jointes en annexe 10).

Justification structurale des palplanches, liernes et butons (flambement)

Palplanches à la flexion

La vérification à la flexion des palplanches se fait en comparant la valeur de calcul du moment fléchissant (donnée résultant d'un calcul miss-K) à la valeur de calcul du moment fléchissant résistant dans la palplanche. Pour une palplanche de classe 2, elle consiste à vérifier l'inégalité suivante :

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \text{ soit } M_{\max} / W_{pl} \leq f_y$$

Avec : M_{\max} , moment de flexion de calcul maximum calculé sous K-
 REA $\approx 160 \text{ kN.m / ml}$

W_{pl} , module de flexion plastique des profilés $\approx 8.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}$
 (approche défavorable dans la mesure où, dans le document relatif aux Larssen II, il n'est pas indiqué la nature de la valeur du module de résistance, plastique ou élastique. Nous l'avons donc considéré comme un module plastique)

f_y , limite d'élasticité = 240 MPa (donnée a priori sécuritaire correspondant à une nuance d'acier relativement faible)

On obtient : $M_{\max} / (I/v) \approx 200 \text{ MPa}$.

L'inégalité est vérifiée.

Remarques : 1) En l'état d'avancement de l'étude, nous n'avons pris en compte aucune minoration du module de flexion. A noter que, même en prenant en compte une minoration β_B de 0.8 correspondant à la mise en œuvre de palplanches simple avec 2 niveaux d'appuis la vérification reste satisfaisante. Ce coefficient minorateur est censé prendre en compte une possible insuffisance de transmission des efforts de cisaillement dans les serrures.

2) La présente vérification structurale ne prend pas en compte une minoration du module de flexion liée à une corrosion des palplanches. Lors du diagnostic structural, cet élément (ainsi que la nuance d'acier réelle de l'acier des palplanches) pourra être précisé en fonction des dimensions actuelles des palplanches et de leur état.

Palplanche au cisaillement

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

Avec V_{Ed} , effort de cisaillement de calcul maximum calculé sous K-
 REA $\approx 150 \text{ kN / ml}$

$$V_{pl,Rd} = (A_v \times f_y) / (\sqrt{3}) \approx 235 \text{ kN / m}$$

L'inégalité est vérifiée.

Palplanche au voilement

Cette vérification est à faire si $c / t_w > 72 \varepsilon$

Sans objet, dans le cas présent.

Tirants

Vérification structurale

Aux ELU, la résistance à la traction d'un tirant en acier de précontrainte doit être justifiée comme suit (NF P 94-282) :

$$P_d \leq R_{t,d} / \gamma_{Rd}$$

P_d : Valeur de calcul de la charge en traction appliquée au tirant. Les résultats de la modélisation K-Réa indiquent une valeur théorique axiale aux ELU d'environ 250 kN / m., soit environ 465 kN / tirant (espacement de 1.60 m et incliné de 30° / horizontale).

$$R_{t,d} = f_{p,k} \times A_s / \gamma_s$$

A_s Section d'acier $\approx 3167 \text{ mm}^2$ (tirant barre de 63.5 mm par exemple)

γ_s Facteur partiel pour la résistance limite élastique pour les aciers précontraints = 1,15

$f_{p,k}$ Valeur caractéristique de la limite élastique conventionnelle à 0,2 % = 550 MPa

γ_{Rd} Facteur partiel de modèle pour les aciers de précontrainte dans le cas d'un tirant provisoire = 1.05

L'inégalité est vérifiée (vérification structurale de l'acier du tirant justifiée).

Par ailleurs, il convient également de vérifier que la traction de service du tirant F_k ne dépasse pas 75% de la valeur caractéristique de la limite élastique conventionnelle à 0.1 % d'un acier de précontrainte $F_{p,k}$ (vérification également concluante).

Remarque : en considérant la reprise des charges inaccessibles sous la passerelle par les 2 tirants de part et d'autre de celle-ci, soit environ 1040 kN / tirant (on considère les charges à reprendre sur 3.60 m), la vérification structurale de l'acier à l'ELS et à l'ELU reste assurée.

Vérification géotechnique (scellement)

Préalable : La seule méthode admise pour justifier des tirants d'ancrage scellés en phase d'exécution (mission G3 de la norme NF P 94 500) est l'exploitation des résultats d'essais à la rupture.

Ces essais peuvent être réalisés lors de toutes les phases des missions géotechniques (G2 AVP, G2 PRO, G2 DCE, G3, selon NF P 94500), voire à l'occasion d'opérations voisines, sous réserve que les conditions d'exécution (terrain, d'intensité de la traction et de technologie de réalisation) soient similaires à celles des tirants de l'ouvrage (voir paragraphe 8.1.2.2).

En attente d'essais à la rupture, le pré-dimensionnement peut se baser sur des abaques (voir annexe H du TA20 ou de la NF P 94-282).

Aux ELU, la résistance à l'arrachement du scellement du tirant doit être justifiée comme suit (NF P 94-282, TA 20) :

$$P_d \leq R_{a;d} / \gamma_{Rd}$$

P_d Valeur de calcul à reprendre par un tirant déduite de K-REA

$R_{a;d}$ Valeur de calcul de la résistance à l'arrachement du tirant
= ($R_{a;k} / \gamma_a$)

$$R_{a;k} = \pi \times D_s \times L_s \times q_s$$

$R_{a;k}$ Valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement du tirant

D_s : diamètre de calcul du bulbe de tel que $D_s = \alpha \times D_d$

α : coefficient d'expansion de l'injection du scellement (IGU) selon NF P 94-282 2020 = 1.5 dans les remblais, argiles à limons mous et sables et graviers + / - argileux, 1.6 dans les limons à argiles sablo-graveleux fermes à raides et 1.8 dans l'argile marneuse raide et le calcaire à marno-calcaire,

D_d : diamètre de forage = 0.13 m

L_s : longueur de scellement

q_s : frottement latéral unitaire limite, valeur approchée selon NF P 94-282 et TA 20

Rive droite

$q_{s1} = 132$ kPa dans les remblais et argile à limon mous pour des injections IRS

$q_{s2} = 156$ kPa dans les limons à argiles sablo-graveleux fermes à raides pour des injections IRS

$q_{s3} = 260$ kPa dans l'argile marneuse raide à très raide pour des injections IRS

Rive gauche

$q_{s1} = 128$ kPa dans les remblais et argile à limon mous pour des injections IRS

$q_{s2} = 300$ kPa dans les sables et graviers + / - argileux denses à très denses pour des injections IRS

$q_{s3} = 148$ kPa dans la passée argileuse ferme pour des injections IRS

$q_{s4} = 232$ kPa dans l'argile marneuse raide à très raide pour des injections IRS

γ_a Facteur partiel = 1.1 à l'ELU

γ_{Rd} Facteur de modèle au moins égal à 1.4

Enfin, pour démontrer que le niveau de sollicitation d'un tirant d'ancrage scellé reste inférieur à sa charge critique de fluage pendant la durée de service (vérification ELS), on doit vérifier que :

$$P_k \leq R_{cr;d}$$

P_k Traction de service déduite des résultats K-REA

$R_{cr;d}$ Valeur de calcul de la résistance critique de fluage du scellement

$R_k = R_s / \gamma_{r;d}$ avec $\gamma_{r;d} = 1.4$

$R_s = \pi \times D_s \times L_s \times q_s$

La réalisation de tirants en diamètre 130 mm d'une quinzaine de mètres, scellés de 10 m dans le terrain, réalisés selon une technique IRS et espacés tous les 1.60 m suffit à reprendre les charges de traction. Un tirant réalisé dans ces conditions permet de reprendre théoriquement plus. Un scellement moins important pourrait donc convenir. Néanmoins, compte tenu des valeurs pressiométriques faibles au sein des remblais et argile à limon de tête et de l'hétérogénéité géotechnique et géologique des sols, il nous paraît raisonnable de considérer une longueur de scellement minimale de 10 m. Il est d'ailleurs à noter que le TA 20 invite effectivement à la plus grande prudence quant à l'utilisation des abaques pour des sols dont les pressions limites sont inférieures à 0.5 MPa. En fonction des résultats des essais à la rupture, les longueurs pourront être ajustées et, ensuite, vérifiées au moyen d'essais de contrôles.

Remarque : Pour les tirants situés de part et d'autre de la passerelle et voués à reprendre de plus grandes charges (≈ 1040 kN), leur longueur sera de 20 m (scellement de 15 m).

Liernes et système de butonnages

Les têtes de tirants seront raccordées par des liernes (homogénéisation des efforts à reprendre). Leur dimensionnement sera à la charge de l'entreprise dans le cadre de sa mission G3. De même, les vérifications structurales de la dalle de butonnage et la poutre de solidarisation des têtes de palplanches avec la passerelle seront à étudier par l'entreprise dans le cadre de sa mission G3.

i) Corrosion

Nous n'avons pris en compte aucune épaisseur sacrificielle à la corrosion. En fonction de l'agressivité des sols et des eaux, l'entreprise devra s'assurer de la pertinence de la solution proposée (a priori conforme) ou mettre en œuvre une technique et les matériels de protection de l'ensemble du système d'ancrage contre la corrosion (enrobage par uniquement le coulis de scellement).

Pour information, dans le cadre de sa note de calcul et plus précisément pour le dimensionnement des nouveaux rideaux de palplanches, INGEROP a considéré une épaisseur sacrificielle de 2 mm au total, ce qui pourrait correspondre à une situation de projet à 75 ans avec prise en compte d'un sol naturel intact côté terre et une eau douce ordinaire

j) Sujétions d'exécution

La méthodologie de forage devra dans tous les cas permettre de conserver les conditions de terrain optimales pour assurer la performance de l'ancrage. On veillera en particulier à :

- prendre les dispositions nécessaires (tubage ou autre) afin d'éviter tout éboulement des parois du forage,

- limiter la décompression des sols environnants dans les sols non cohérents,
- limiter le remaniement ou l'altération des parois du forage dans les sols cohérents et les roches désagrégées,
- prendre en compte en forte compacité des alluvions sablo-caillouteuses.

Le fluide de perforation et les additifs éventuels ne doivent pas avoir d'effets nuisibles sur l'armature, sur le coulis ou sur les parois du forage, en particulier au niveau de la partie scellée.

L'armature ou sa gaine de protection doit être mise en place directement dans le coulis de gaine.

Le fluide de perforation doit être substitué par le coulis de gaine avant d'introduire l'armature. Cette armature doit alors être introduite immédiatement après mise en place du coulis de gaine.

La valeur recommandée pour le coulis de gaine est un E/C de 0,5 ou moins. Dans le cas où le coulis de gaine est remplacé par un mortier, la résistance à la compression simple de ce mortier doit être au moins égale à celle d'un coulis de ciment de rapport pondéral $E/C \leq 0,5$.

Le mode d'exécution des scellements doit figurer dans la procédure de travaux remise au maître d'œuvre par l'entreprise.

k) Essais, contrôles et surveillance

Le pré-dimensionnement des tirants proposé ci-avant se base sur des abaques qui permet d'approcher la longueur de scellement des tirants.

La seule méthode admise pour justifier des tirants d'ancrage scellés en phase d'exécution (mission G3 de la norme NF P 94 500) est l'exploitation des résultats d'essais à la rupture.

Des essais à la rupture et des essais de contrôle devront impérativement être réalisés par l'entreprise chargée des travaux afin de valider le dimensionnement des tirants.

Les essais préalables et / ou de conformité doivent avoir lieu en début de chantier sur des tirants d'essai qui sont exécutés dans les mêmes conditions que celles qui sont prévues pour les tirants de l'ouvrage par la note technique d'exécution (méthode et diamètre de perforation, longueur libre et longueur de scellement, armatures, méthode d'injection). Ils permettront de confirmer et / ou d'adapter les longueurs de scellement. 1 essai par berge sera effectué (soit 2 a minima).

Dans le présent cadre géologique et géotechnique particulier, le nombre d'essais de contrôle sera a minima de 8 (2 essais de chaque côté de la passerelle).

Par ailleurs, un contrôle visuel de l'état général des soutènements sera pratiqué chaque début de matinée pendant toute la durée du chantier et des piges équiperont la tête des poutres de couronnement et le corps des palplanches afin d'évaluer les déformées atteintes et s'assurer de la pertinence du comportement déduite par l'évaluation du comportement sol – structure selon une méthode Miss-K.

l) Solution technique alternative

D'autres solutions techniques pourront être étudiées par l'entreprise, que ce soit au niveau des caractéristiques des tirants et de leur disposition (espacement, éléments en quinconce...). Dans tous les cas, il appartient à l'entreprise retenue de justifier son dimensionnement en phase d'exécution dans le cadre de sa mission géotechnique d'exécution (mission G3) Cette justification sera réalisée en fonction des configurations de terrassement qui peuvent différer d'un profil à un autre (niveau de tête de paroi, choix de niveaux d'eau différent...) et du type de matériel utilisé.

m) Remarque concernant les soutènements actuels / risque de rencontre d'un contre-rideau

La présence d'écrous sur certaines palplanches de part et d'autre de la passerelle ainsi que l'observation d'un système rideau / contre-rideau en aval rive gauche de la Chiers (tirant apparent) suggèrent qu'un même système de soutènement a été mis en place pour les palplanches disposées de part et d'autre de la passerelle.

Aucune investigation n'a été effectuée pour repérer et caractériser un éventuel rideau en retrait du rideau principal.

Lors du forage des tirants, il n'est donc pas à exclure la rencontre de cet éventuel contre-rideau (notamment si ce potentiel contre-rideau descend à une cote inférieure 181.00 m NGF en supposant une distance rideau / contre-rideau de l'ordre de 5 m et des tirants inclinés de 30° par rapport à l'horizontal). L'entreprise devra prendre en compte cet aléa pour le choix de la méthodologie d'exécution de ces tirants.

IV.8 PALPLANCHES LE LONG DE LA DIGUE AMONT

Un batardeau provisoire sera établi en amont (et également en aval). Outre sa fonction d'étanchéité pour réaliser les travaux d'arasement du seuil à sec, il aura également pour fonction d'assurer un accès depuis la rive droite de la Chiers à sa rive gauche. Actuellement, nous ne disposons d'aucune donnée quant à sa constitution. Sa largeur supérieure à 6 m apparaît suffisante pour assurer le passage d'engins de chantier d'une berge à l'autre.

Afin de s'affranchir des risques de Renard et de boulangerie, les responsables de projet prévoient la mise en œuvre d'un rideau en palplanches.

La mise en œuvre d'un rideau descendu en dessous de la cote 176.00 m NGF, soit des éléments de 10 m de longueur minimum, permet de justifier la stabilité de la digue à ces phénomènes (ancrage a priori dans des limons à argiles sablo-graveleux fermes à raides).

Remarques : 1) nous rappelons que nous ne disposons d'aucune investigation dans le lit de la Chiers. Compte tenu de l'incertitude tant au niveau géologique que géotechnique, nous recommandons de prévoir une sécurité de 1 m et descendre les palplanches à la cote 175.00 m NGF, soit des longueurs de palplanches de 11 m.

2) ce rideau contribuera également à accroître la stabilité mécanique de la berge et à limiter les débits résiduels d'eau à travers la digue.

Hypothèse de travail : le niveau d'eau correspond au niveau d'eau chantier (EC).

: Entrée des données

Données d'entrée :

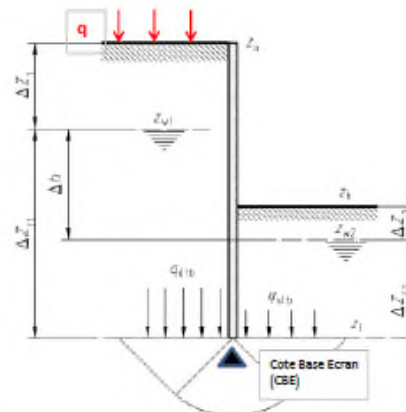
Cote TH Z0 (m) :	186,00	Sol amont :		Sol aval :	
Cote FF ZH (m) :	180,00	YH1 (kN/m³) :	19,00	YH2 (kN/m³) :	19,00
Cote nappe amont ZW1 (1) (m) :	186,00	Ysat1 (kN/m³) :	20,00	Ysat2 (kN/m³) :	19,00
Cote nappe en fouille ZW2 (2) (m) :	180,00	Y'1 (kN/m³) :	10	Y'2 (kN/m³) :	9,00
Yw (kN/m³) :	10,00	Paramètres C et Phi sous écran :		critique 2 (ascendant) :	0,60
Surcharge amont q (kPa) :	15,00	phi' (°) :	25	C' (kPa) :	12
				Nq :	10,66
(1) : ZW1 pouvant être au dessus du TH amont Z0				(Np-1)/tgφ' :	20,72
(2) : ZW2 pouvant être au dessus du fond de fouille mais ne pouvant être au dessus ZW1				Nq-1 :	9,66

Hypothèse : les niveaux ZW1 et ZW2 sont au dessus de la base de l'écran.

Coté amont :	ΔZ1 (m) :	0,00
Coté aval :	ΔZ2 (m) :	0,00
Prof FF/TH amont (m) :		6,00
Charge hydraulique Δh (m) :		6,00

Coefficients partiels :

Renard solide - Approche de calcul 2 : "A1+M1+R2"			Vis-à-vis du soulèvement hydraulique (HYD) :	
A1	M1		yGdst :	1,35
yGsup :	1,35	yM :	yGsto :	0,9
yGinf :	1	R2	yQdst :	1,5
yQsup :	1,5	yR :		1,1
yQinf :	0			



Condition de Renard vérifiée si $qdst;d \leq qstb;d$ (kPa) : Comparaison entre les valeurs de calculs des contraintes déstab. et stab.

								Stabilité de Renard						
CBE (NGF)	L'écr. (m)	fiche (m)	ΔZf1(m)	ΔZf2(m)	p	i1	i2	σ'v1;k = Qdst;k (kPa)	Qdst;d (kPa)	σ'v2;k (kPa)	Qstb;k (kPa)	Qstb;d (kPa)	Stabilité de Renard	F sécurité Renard solide
179,00	7,00	1,00	7,00	1,00	0,274	0,622	1,646	128,34	173,78	-7,46	169,13	133,76	non vérifiée	0,87
178,00	8,00	2,00	8,00	2,00	0,333	0,500	1,000	135,00	184,30	-2,00	227,32	206,66	vérifiée	1,12
177,00	9,00	3,00	9,00	3,00	0,366	0,423	0,732	143,04	193,35	3,04	302,37	274,88	vérifiée	1,41
176,00	10,00	4,00	10,00	4,00	0,387	0,368	0,581	151,75	207,12	12,75	384,64	349,67	vérifiée	1,69
175,00	11,00	5,00	11,00	5,00	0,403	0,326	0,483	160,84	219,38	20,84	470,82	428,02	vérifiée	1,93
174,00	12,00	6,00	12,00	6,00	0,414	0,293	0,414	170,15	231,95	29,15	559,42	508,56	vérifiée	2,19
173,00	13,00	7,00	13,00	7,00	0,423	0,266	0,363	179,61	244,72	37,61	649,61	590,55	vérifiée	2,41

Avec pour la stabilité du renard solide :

CBE : Cote de la base de l'écran (dans cette feuille devant se situer plus bas que ZW1 et ZW2)

p : selon Mandel pour une couche d'épaisseur infinie : Perte de charge entre la base de la paroi et le fond de fouille / perte de charge totale Δh avec $p = 1/[1+(\Delta Zf1/\Delta Zf2)+0.3]$

i1 : Gradient hydraulique coté amont de paroi = $(1-p) \cdot \Delta h / VZf1$

i2 : Gradient hydraulique coté aval de paroi = $p \cdot \Delta h / \Delta Zf2$

σ'v1;k : Valeur caractéristique de la contrainte effective verticale au niveau de la base de l'écran coté amont = $YH \cdot \Delta Z1 + (Y+Y'1 \cdot Yw) \cdot \Delta Zf1 + q$ (avec $YH \cdot \Delta Z1 = 0$ si négatif)

σ'v2;k : Valeur caractéristique de la contrainte effective verticale au niveau de la base de l'écran coté fouille = $YH \cdot \Delta Z2 + (Y-Y'2 \cdot Yw) \cdot \Delta Zf2$ (avec $YH \cdot \Delta Z2 = 0$ si négatif)

qdst;k (kPa) : Valeur caractéristique de la contrainte déstabilisatrice = σ'v1;k

qstb;k (kPa) : Valeur caractéristique de la contrainte stabilisatrice = $Nq \cdot \sigma'v2;k + C' \cdot (Nq-1) / tg\phi'$

qdst;d (kPa) : Valeur de calcul de la contrainte déstabilisatrice = $(\sigma'v1;k - q) \cdot yGsup + q \cdot yQsup$

qstb;d (kPa) : Valeur de calcul de la contrainte stabilisatrice = $[(\sigma'v2;k \cdot Nq + C' / tg\phi' (Nq-1)) \cdot yGinf / yR]$

Condition de Boullance vérifiée si $Sdst;d \leq G'stb;d$ (kN/m²) : Comparaison entre la force d'écoulement déstabilisatrice et les actions verticales permanentes stabilisatrices

Force par unité de surface (selon la NFP-94-282)

Condition de sécurité vis-à-vis de l'érosion régressive (ou "renard hydraulique") : Stabilité vérifiée si $i2 < icritique 2$

							Stabilité vis-à-vis de la boullance (cohésion non prise en compte)					Sécurité érosion régressive		
CBE (NGF)	L'écr. (m)	fiche (m)	ΔZf1(m)	ΔZf2(m)	p	i2	Sdst;k (kN/m²)	Sdst;d (kN/m²)	G'stb;k (kN/m²)	G'stb;d (kN/m²)	Stabilité boullance	F sécurité boullance	Stabilité érosion régressive	F sécurité érosion régressive
179,00	7,00	1,00	7,00	1,00	0,27	1,646	16,46	22,22	9,00	8,10	non vérifiée	0,36	non vérifiée	0,36
178,00	8,00	2,00	8,00	2,00	0,33	1,000	20,00	27,00	18,00	16,20	non vérifiée	0,60	non vérifiée	0,60
177,00	9,00	3,00	9,00	3,00	0,37	0,732	21,96	29,65	27,00	24,30	non vérifiée	0,82	non vérifiée	0,82
176,00	10,00	4,00	10,00	4,00	0,39	0,581	23,25	31,38	36,00	32,40	vérifiée	1,03	vérifiée	1,03
175,00	11,00	5,00	11,00	5,00	0,40	0,483	24,16	32,62	45,00	40,50	vérifiée	1,24	vérifiée	1,24
174,00	12,00	6,00	12,00	6,00	0,41	0,414	24,85	33,55	54,00	48,60	vérifiée	1,45	vérifiée	1,45
173,00	13,00	7,00	13,00	7,00	0,42	0,363	25,39	34,28	63,00	56,70	vérifiée	1,65	vérifiée	1,65

Avec pour la stabilité vis-à-vis de la boullance :

Sdst;k (kN/m²) : Force d'écoulement déstabilisatrice caractéristique par m d'écran = $i2 \cdot Yw \cdot \Delta Zf2$

G'stb;k (kN/m²) : Force (ou action) verticale permanente stabilisatrice caractéristique par m d'écran = $Y' \cdot \Delta Zf2 + YH \cdot \Delta Z2$ (avec $YH \cdot \Delta Z2 = 0$ si négatif)

Sdst;d (kN/m²) : Valeur de calcul de la force déstabilisatrice = $Sdst;k \cdot yGdst$

G'stb;d (kN/m²) : Valeur de calcul des action verticales stabilisatrices = $G'stb;k \cdot yG'stb$

V. TERRASSEMENT

V.1. COMBLEMENT DES AFOUILLEMENTS

Avant arase du seuil, les affouillements en aval seront comblés (fond du lit reprofilé à la côte 181.30 m NGF), ce qui représente des volumes de matériaux très importants à mettre en œuvre (jusqu'à 7 m de matériaux pour rattraper ce niveau).

Les responsables de projet envisagent l'utilisation de matériaux autocompactants. La granulométrie des matériaux ainsi que la constitution du ciment devront être adaptées aux caractéristiques hydrodynamiques du cours d'eau actuelles et après suppression du seuil.

Remarque : en fonction de la bathymétrie actuelle, la mise en œuvre de matériaux autocompactants en amont du seuil pour rattraper la nouvelle cote projetée du lit n'est pas à exclure (à adapter par un relevé bathymétrique récent).

V.2. TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER

Les sols de part et d'autre de la Chiers présentent une sensibilité importante à l'eau. Leur comportement sera directement fonction de leur état hydrique. La réalisation d'une couche de forme épaisse permettant d'assurer une portance minimale des sols à la circulation des engins de chantier sera donc nécessaire. Celle-ci sera précédée par une couche de blocage (par exemple matériaux D31 en 100 / 300 mm) afin d'ériger de façon satisfaisante la couche de forme. Ces dispositions devront être intégrées au marché de l'entreprise de terrassement.

V.3. EXTRACTION

Les terrassements seront réalisés à l'abri d'écrans de soutènement (parois de pieux sécants ou rideaux de palplanches tirantées ou butonnées).

Les extractions se feront principalement au sein de matériaux meubles (argiles et limons + / - sablo-graveleux). Les travaux de terrassement ne devraient pas poser de problèmes majeurs d'extraction. Les déblais pourront être extraits en majeure partie par des engins à lame ou à godet.

Ils seront néanmoins perturbés par des venues d'eau (Chiers ou nappe alluviale en connexion avec la Chiers et l'Othain).

Par ailleurs, signalons la possibilité de rencontre de tirants et d'un contre-rideau en rive gauche de la Chiers / Othain lors du creusement du nouveau canal. Des difficultés ne sont pas à exclure en rive droite lors du creusement des excavations pour placer les buses de dérivation (rencontre possible de tirants d'ancrage ou, dans une moindre mesure, de tirants scellés dans le sol).

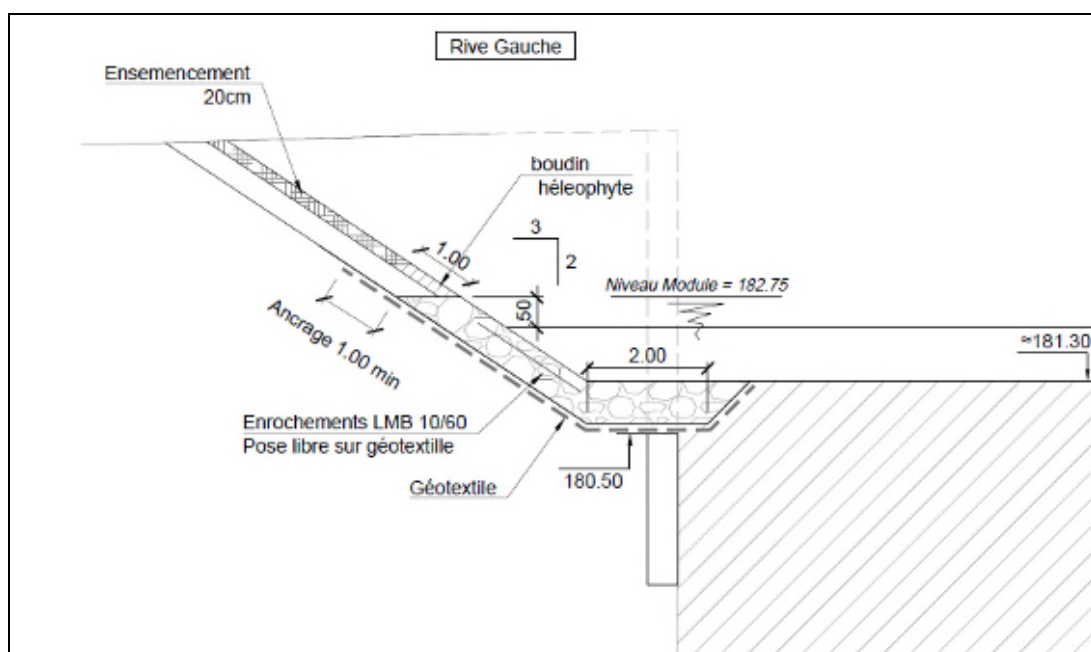
L'arase totale du seuil nécessitera l'emploi du BRH. La méthodologie de démolition devra tenir compte des avoisinants (soutènements...). Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée afin d'évaluer l'impact des travaux sur les soutènements actuels et mis en place.

V.4. STABILITE DES TALUS

En mitoyenneté du rideau de palplanches couronnées de la passerelle en amont rive droite sur environ une quarantaine de mètres et en mitoyenneté du rideau de palplanches couronnées de la passerelle en aval rive gauche sur environ une trentaine de mètres, les responsables de projet prévoient d'aménager les berges sur une trentaine de mètres selon le principe général suivant :

- enrochements en pied en matériaux granulaires 10/60 mm reposant sur une géotextile anticontaminant avec butée en pied de 2 m de largeur et d'environ 0.70 m d'épaisseur et remontant sur les berges jusqu'à une cote d'environ 182.80 m NGF,
- poursuite du talus selon une technique végétale, ensemençement.

L'ensemble des berges est profilé selon une pente globale de 3 H / 2 V.



Doc. n°9 : extrait de coupe de projet

Dans ces secteurs, on notera l'érosion très importante des berges, notamment celle en aval rive gauche.



Photo. n°10 : berge de la Chiers, aval rive gauche, rive particulièrement érodée, tirants du système rideau / contre-rideau mis à nu

En l'état des investigations (absence de sondages en amont des berges dans ces secteurs), on notera les observations / réserves suivantes :

- Compte tenu de l'état avancé d'érosion des berges, les quantités d'enrochement seront très importantes. Au moins sur toute la hauteur prévue en enrochements, les matériaux de rattrapage des niveaux finis seront constitués par des enrochements,
- La cote jusque laquelle a été définie la mise en œuvre des enrochements devra être confirmée par les responsables de projet et correspondre à minima au niveau des plus hautes eaux attendues suite à la restructuration de la zone (suppression total du seuil),
- Pour la réalisation de la butée, il sera nécessaire de purger les matériaux vasards, organiques et très décomprimés. Au stade actuel des études, nous ignorons l'importance des volumes à purger,
- La mise en œuvre d'une couche de blocage sur l'ensemble du lit de la rivière (en particulier en amont) sera probablement nécessaire afin de stabiliser à minima le fond de la rivière (par exemple en 100 / 300 mm),
- La granulométrie retenue par les responsables de projet (10 / 60 mm) devra être compatible avec le nouveau régime hydrodynamique de la rivière,
- Pour des remblais techniques en matériaux d'apport extérieur noble type D₂₁ à D₃₁, une pente de 3 H / 2 V est acceptable,
- Les responsables de projet envisagent de poursuivre en 3 H / 2 V le talus au-delà des remblais techniques (hauteur d'environ 3.0 à 3.5 m). Au stade d'avancement du projet, nous ignorons quel est le type de matériaux retenu pour rattraper les niveaux finis. Nous recommandons de mettre en œuvre les matériaux constitutifs du remblai technique en enrochements sous-jacents. En ce qui concerne les reprofilages dans le terrain actuel, en l'absence de sondages dans ces secteurs, nous recommandons de limiter la pente à 2 H / 1 V en remplacement des 3 H / 2 V.

Remarques : 1) le phasage des travaux, recépage des palplanches, désactivation des tirants d'ancrage et reprofilage des berges devra être étudiée dans le cadre de la mission G3 de l'entreprise afin de s'affranchir des risques de déstabilisation des berges

2) un aménagement similaire est également prévu en amont rive gauche. La pente surmontant l'enrochement est moins raide, inférieure à 2 H / 1 V.

V.5. REEMPLOI DES DEBLAIS EN REMBLAIS – CANAL D'AMENEE ACTUEL

Les responsables de projet prévoient la réalisation des déblais issus de l'aménagement du nouveau canal pour remblayer le canal actuel.

Nous ne disposons d'aucune information concernant la classe GTR des matériaux excavés (absence d'analyses en laboratoire).

Des identifications GTR et essais Proctor devront être effectués afin de s'assurer de la possibilité de réutiliser en remblais généraux. Nous rappelons que les matériaux dans des états hydriques très humides, les matériaux très argileux de type A4 ou contenant de la matière organique en quantité importante ne pourront pas être réutilisés.

En cas de réemploi des matériaux excavés, des analyses en laboratoire voire des essais pénétrométriques devront confirmer la bonne réalisation des remblaiements.

V.6. BATARDEAUX

Deux batardeaux seront édifiés en amont et aval afin de réaliser à sec les travaux de démantèlement, butonnage des pieux des rideaux de palplanches de part et d'autre de la passerelle et de reprofilage du fond du lit de la rivière.

Outre cette fonction d'étanchéité, le batardeau amont aura également pour fonction le passage de la rive gauche à la droite des engins de chantier. Il y est prévu une largeur supérieure à 6.00 m en crête, ce qui paraît suffisant pour permettre le passage des engins.

Celle-ci devra être constituée à l'aide de matériaux adaptés aux travaux et à l'hydrodynamisme du cours d'eau (par exemple bigs bags de sables en amont permettant de réaliser le batardeau amont en sables et graviers) et être suffisamment porteuse pour être carrossable. Nous rappelons qu'un rideau de palplanches en amont de cette digue sera également mis en œuvre (initialement dispositif anti-Renard qui pourra également avoir pour vocation un renforcement de l'imperméabilité de la digue). On s'assurera donc que la granulométrie des matériaux constitutifs de la digue soient compatibles ultérieurement avec la mise en œuvre d'un rideau de palplanches.

La digue aval pourra être constituée par des bigs-bags de sables imperméabilisés avec une géomembrane.

Si nécessaire, en aval du dispositif, un filtre à pailles pourra être mis en œuvre afin d'éviter tout risque de pollution par des matières en suspension dans le cours d'eau

V.7. MISE HORS D'EAU

Pour assurer la mise à sec de la Chiers entre les 2 batardeaux (opération de démolition du seuil existant, réalisation d'une dalle butonnante entre les 2 confortements de berge en palplanches et reprofilage du lit de la Chiers), les responsables de projet prévoient la mise en œuvre de 2 buses en 1200 mm afin de dériver d'amont en aval la Chiers. Il appartient aux responsables de projet de s'assurer du dimensionnement suffisant des ouvrages de dérivation qui est fonction des caractéristiques hydrodynamiques de la Chiers (débits d'évacuation).

De même, l'implantation de ces 2 buses de dérivation devra être définie de manière à ne pas impacter le déroulement des travaux pendant toute la durée du chantier.

Lors des excavations à l'intérieur des fosses de sortie et d'entrée du forage horizontal et du nouveau canal d'amenée, des pompes sont à prévoir. Ils seront fonction de la bonne réalisation des rideaux des palplanches, de la perméabilité des sols sous les fonds de fouilles et de la perméabilité relative des ouvrages de soutènement (en particulier, celle des palplanches au niveau de leur serrure). En l'absence d'essais de perméabilité, les débits d'exhaure ne peuvent être quantifiés. Entre les 2 batardeaux, des pompes résiduels dont l'importance ne peut actuellement définie sont également à prévoir.

VI – RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET – ALEAS RESIDUELS

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la phase PROjet de la mission d'étude géotechnique de conception. Cette phase G2PRO confiée à GEOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte des résultats des investigations, et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques projetés. Cette mission s'inscrit dans le cadre de la restauration écologique de la Chiers dans le secteur de la station de pompage de MONTMEDY.

Nous avons conclu sur la réalisation des fosses d'entrée et de sortie du forage horizontal à l'abri de soutènements en pieux sécants, la faisabilité du nouveau canal d'amenée par rideaux de palplanches et le confortement des soutènements actuels des berges de la Chiers de part et d'autre de la passerelle par tirants scellés dans le sol.

De nombreux incertitudes et aléas subsistent concernant le contexte géologique / géotechnique du site, les existants et les caractéristiques du projet :

- le phasage des travaux,
- une bathymétrie récente,
- les caractéristiques des soutènements (type de palplanches, importance de la corrosion, incertitude quant à la présence de contre-rideaux / tirants scellés dans le sol..) et leur état structurel émergé et immergé,
- les éventuels renforcement / rigidifications de la passerelle et du bâtiment technique,
- l'impact de la présence de tirants scellés et / ou de tirants d'ancrage dans un contre rideau sur les terrassements et la réalisation des tirants de confortement,
- le type de matériaux mis en protection de talus de berges et comblement des affouillements,
- les caractéristiques des digues constitutives du système de mise hors d'eau lors des travaux,
- l'importance des affouillements à combler en aval,
- les aléas très importants liés au contexte alluvionnaire (changements latéraux de faciès, sur-profondeurs ou pointements du toit du substratum argileux à marneux et rocheux sous-jacent),
- l'hétérogénéité importante de la nature, de la stratigraphie et des caractéristiques géotechniques des sols, notamment des alluvions,
- la présence de pointements rocheux,
- les niveaux d'eau caractéristiques,
- les situations critiques à considérer dans le cadre du dimensionnement des systèmes de soutènement,
- l'importance des pompes.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (mission G3 à la charge de l'entreprise et mission G4) devra impérativement être réalisée pour limiter les incidences de ces incertitudes.

Des investigations complémentaires à réaliser lors de la mission G3 de l'entreprise sont à prévoir : a minima 2 sondages pressiométriques, l'un à l'aplomb de la nouvelle fosse d'entrée et le second au niveau du tracé du nouveau canal d'amenée. Par ailleurs, toujours dans le cadre de la mission G3 de l'entreprise, avant démarrage des travaux, nous recommandons d'effectuer une série d'investigations afin de caractériser les soutènements actuels (canal d'amenée actuel et soutènements des berges au niveau de la passerelle) afin d'anticiper les éventuels moyens techniques à mettre en œuvre pour réaliser dans des conditions satisfaisantes les travaux

*

* *

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

CONDITIONS GENERALES

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

CONDITIONS GENERALES (SUITE)

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourrait entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

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 GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'oeuvre	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 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes 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	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude 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 (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (<i>en interaction avec la phase supervision du suivi</i>)	Etude 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 (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (<i>en interaction avec la phase Supervision de l'étude</i>)	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
A 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

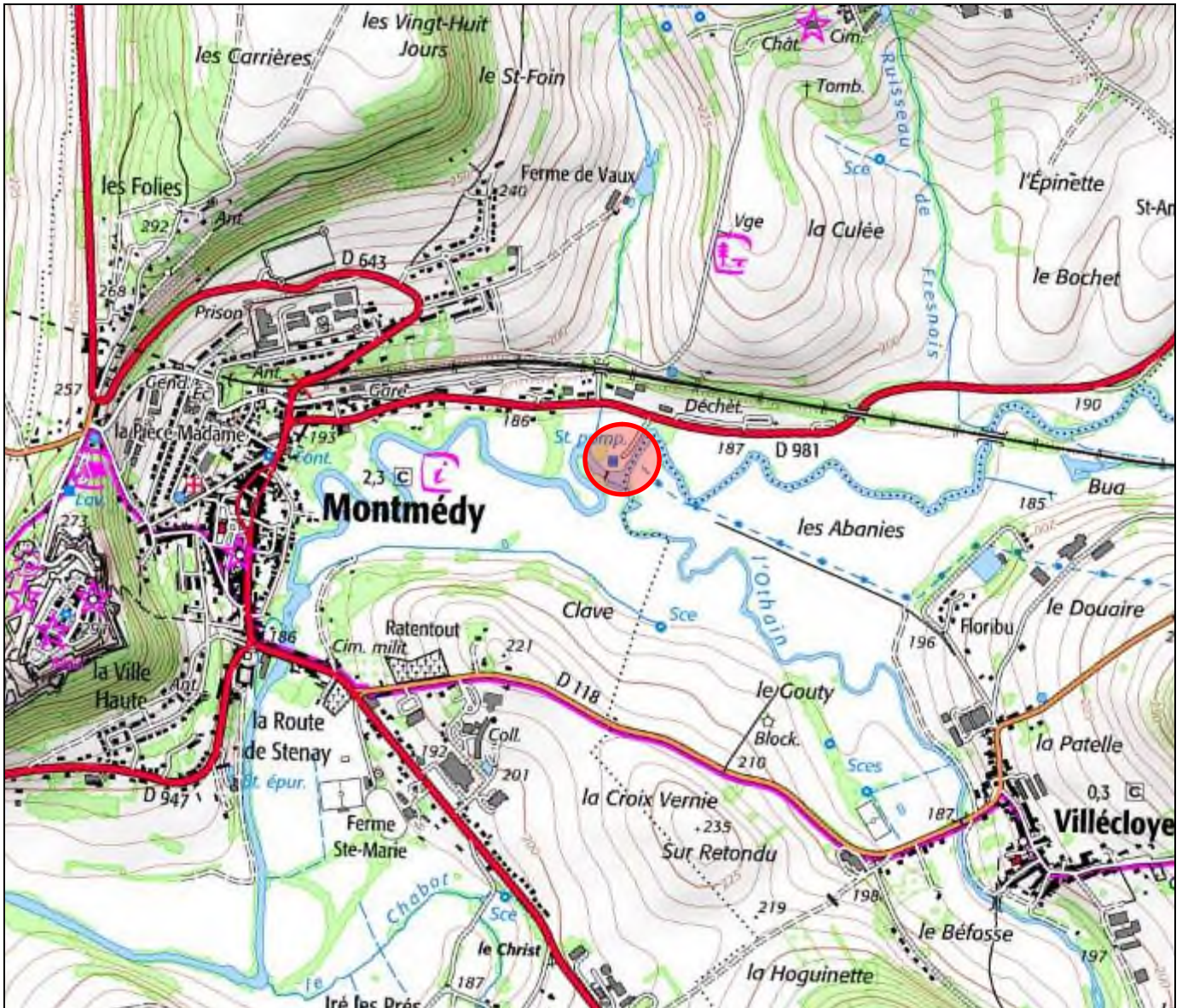
ANNEXES

- Annexe 1 : plan de situation
- Annexe 2 : carte géologique
- Annexe 3 : plan d'implantation
- Annexe 4 : coupes du sondage
- Annexe 5 : essais en laboratoire
- Annexe 6 : rapport ME2I, MSP
- Annexe 7 : fosse d'entrée, modélisations K-Réa
- Annexe 8 : fosse de sortie, modélisations K-Réa
- Annexe 9 : nouveau canal d'amenée, modélisation K-Réa
- Annexe 10 : vérification de la stabilité des soutènements actuels, modélisation K-Réa
- Annexe 11 : confortement des soutènements actuels, modélisation K-Réa

Annexe 1 :

Plan de situation

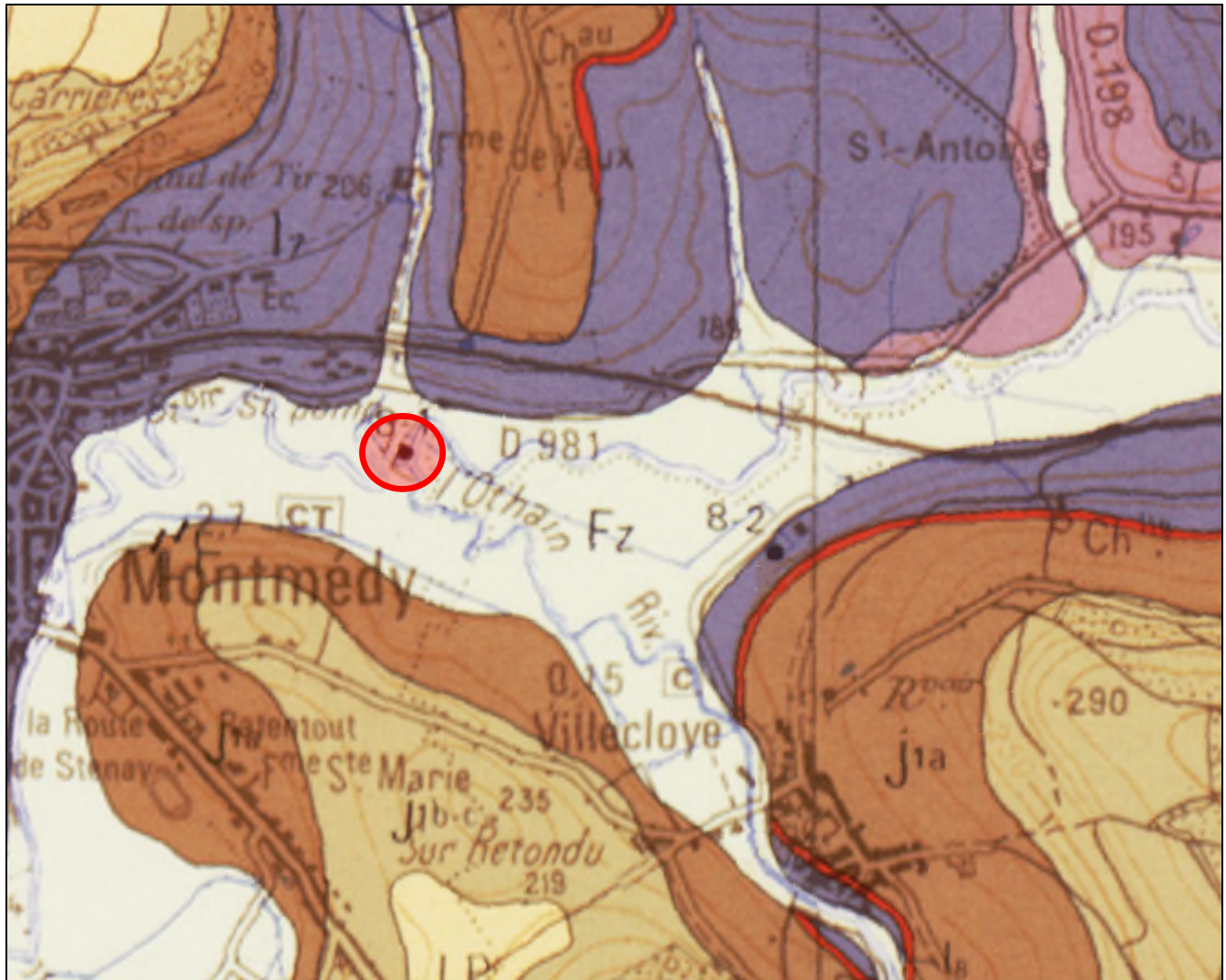
Plan de situation



Annexe 2 :

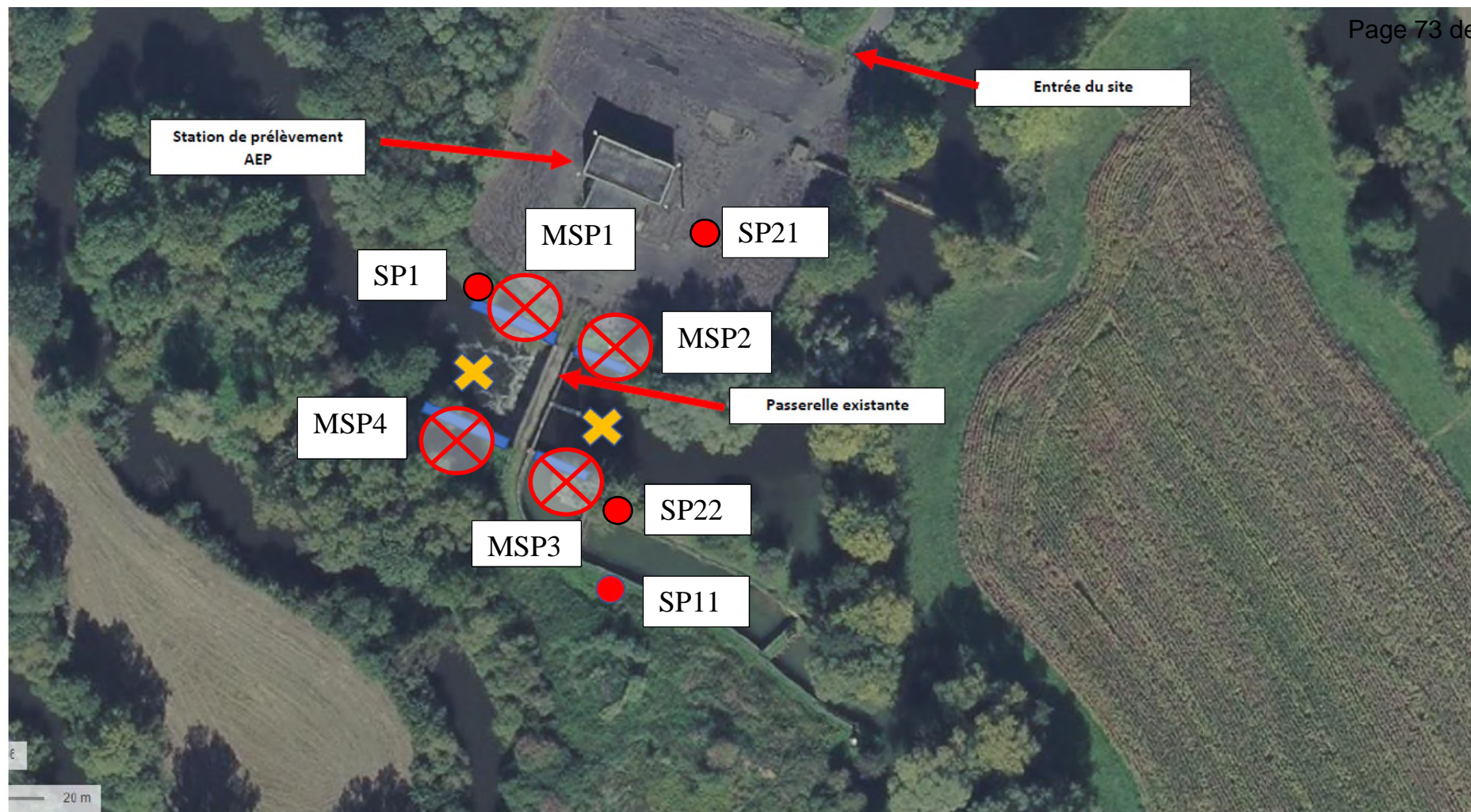
Carte géologique




Carte géologique



Annexe 3 :

Plan d'implantation



-  Prélèvements de sédiments dans le Chiers
-  Sondage pressiométrique – Profondeur 12 m
-  Inspection géophysiques sur palplanches

Annexe 4 :

Coupes des sondages

Sondage : SP1

Inclinaison/Verticale :

Date : 31/01/2019

Echelle : 1/100

Site : MONTMEDY

X :

Y :

**Restauration de la continuité écologique et
stabilisation de berges sur la Chiers**

Z : 186.05 m NGF

Page : 1/1

Affaire : 1807791/NANCY

Cote	Prof.	Coupe indicative	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
186,05	0,00					0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10	0,1 1 10	
185,85	0,20	terre végétale			0				
184,75	1,30	limon argileux brun beige à graviers			1	17,1	0,67	0,96	18
					2	8,20	0,48	0,69	12
183,05	3,00	argile finement et légèrement sableuse brune, quelques graviers	3,00 m		3	1,74	0,18	0,23	8
			en fin de chantier		4	2,52	0,19	0,25	10
					5	1,63	0,18	0,23	7
		limon argileux légèrement sableux gris, odeur vasarde	6,00 m	Tar 63 mm	6	3,08	0,16	0,25	12
178,55	7,50		en cours de sondage		7	7,28	0,42	0,64	11
					8	9,92	0,55	0,73	14
		argile feuilletée bleu grisâtre, quelques graviers			9	5,88	0,43	0,62	10
176,05	10,00				10	13,3	0,53	0,73	18
					11	27,9	1,43	> 2,14	< 3
174,05	12,00	argile marneuse bleu grisâtre			12	44,2	1,81	2,90	15
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				
					21				

Observations :

Eboulement du forage à 3.30 m

EXGTE 3.23

Sondage : SP11

Inclinaison/Verticale : 0.00°

Date : 06/12/2021

Echelle : 1/100

Site : MONTMEDY / Restauration de la continuité
écologique et stabilisation de berges sur la Chiers

Affaire : 18/07791/NANCY/01

Z : 185.40 m NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
185,40	0,00					0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10	0,1 1 10	
184,60	0,80	10 cm de terre végétale puis argile brun orangé à graviers et cailloux			0				
					1	3,84	0,36	0,55	7
					2	4,78	0,22	0,34	14
					3	6,52	0,23	0,33	20
					4	3,50	0,23	0,34	10
180,60	4,80				5	7,20	0,27	0,51	14
					6	6,32	0,36	0,59	11
					7	5,32	0,26	0,50	11
					8	25,8	0,86	1,40	18
					9	58,9	1,87	2,90	20
					10	35,4	1,85	3,45	10
174,90	10,50				11	27,3	1,05	2,11	13
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Observations : Eboulement à 6.00 m de profondeur / TA

EXGTE 3.23

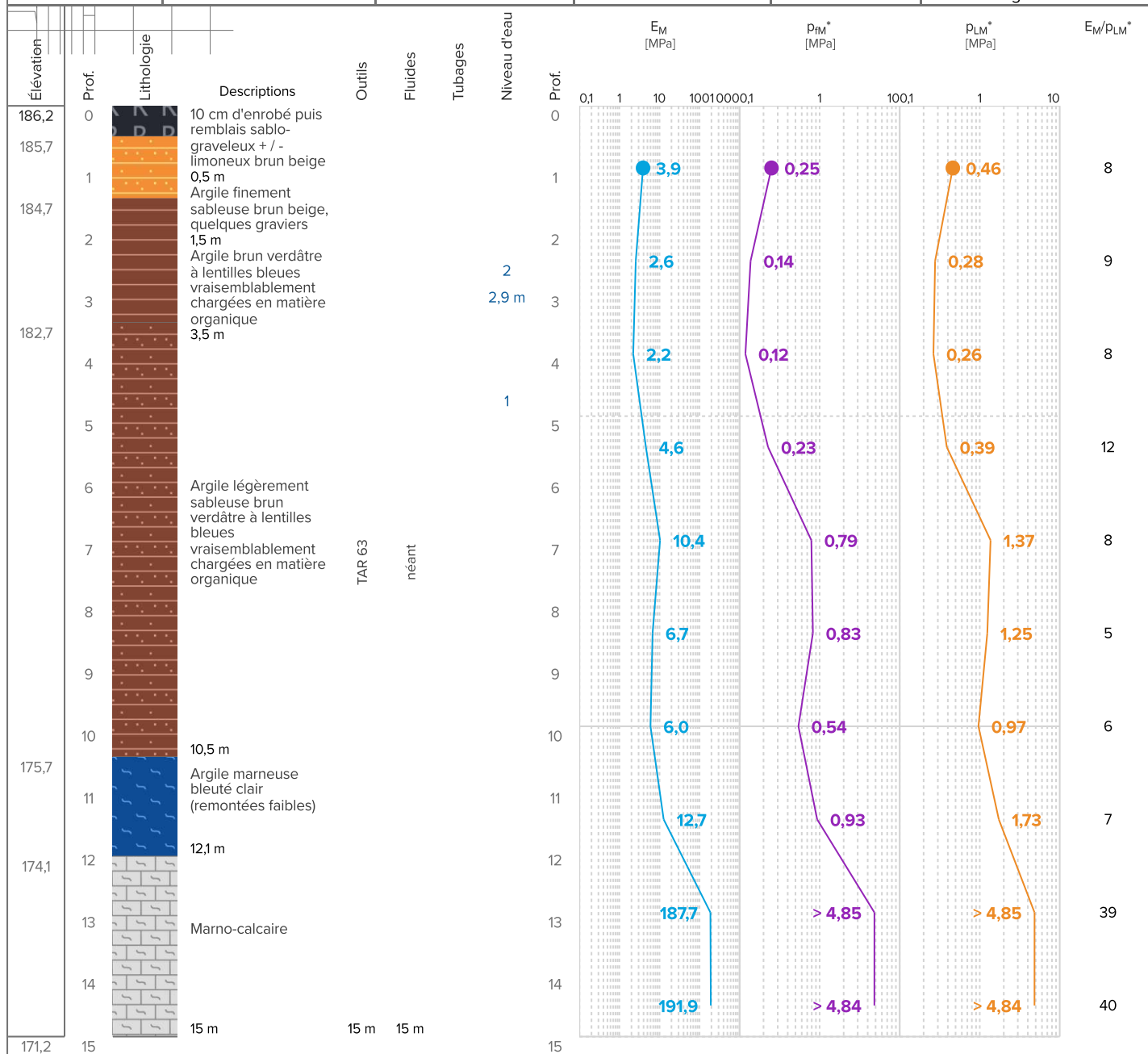
Affaire **SUR LA CHIERS**
18/07791/04

Affaire

Sondage SP21

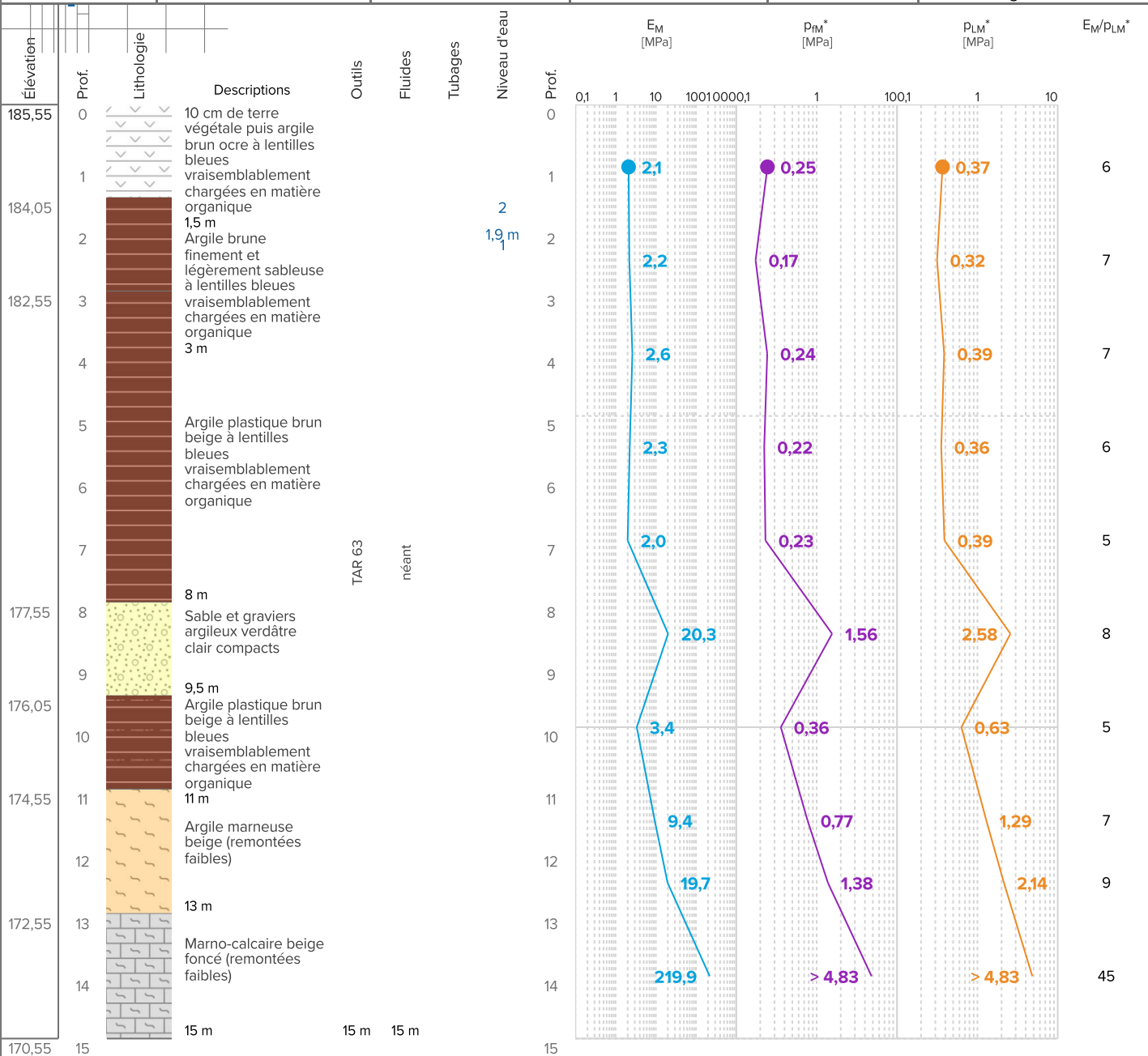
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
		m NGF		Non renseigné
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
+ 186,2 m	15,0 m	0,0°		Non renseigné

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP21	Pressiomètre	23/05/2023	23/05/2023	225	Non renseigné



1 23/05/2023 - Eau en cours de sondage 5m
2 23/05/2023 - Eau en fin de sondage 2.9m

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
		m NGF		Non renseigné	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+ 185,55 m	15,0 m	0,0°		Non renseigné	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP22	Pressiomètre	23/05/2023	23/05/2023	225	Non renseigné



www.soilcloud.fr

Sondage : MSP1

Inclinaison/Verticale :

Date : 08/12/2021

Echelle : 1/100

**Site : MONTMEDY / Restauration de la continuité
écologique et stabilisation de berges sur la Chiers :**

Affaire : 18/07791/NANCY/01

Z : 185.95 m NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Equipement	Ech
185,95	0,00					
184,45	1,50	10cm de terre végétale puis argile sablo-graveleuse brune				
175,95	10,00	argile sableuse brun/grisâtre	4,00 m Eau en fin de sondage			
173,95	12,00	argile marneuse	7,00 m Eau en cours de sondage	TAR Ø100		
172,95	13,00	marno-calcaire			Pose d'un tube PVC en diamètre 51/60 mm, scellé au coulis de ciment (micro-sismique réfraction)	

Observations : Refus à la tarière à 13.0 m de profondeur / TA

EXGTE 3.23

Sondage : MSP2

Inclinaison/Verticale :

Date : 08/12/2021



Echelle : 1/100

**Site : MONTMEDY / Restauration de la continuité
écologique et stabilisation de berges sur la Chiers :**

Affaire : 18/07791/NANCY/01

Z : 186.05 m NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Equipement	Ech
186,05	0,00					
184,55	1,50	10 cm de terre végétale puis argile brune	 Eau en fin de sondage 4,00 m		Pose d'un tube PVC en diamètre 51/60 mm, scellé au coulis de ciment (micro-sismique réfraction)	
182,05	4,00	argile graveleuse brun/grisâtre				
176,05	10,00	argile-sableuse grisâtre				
173,55	12,50	argile marneuse gris/bleuté				
172,55	13,50	marno-calcaire	 Eau en cours de sondage 7,00 m	TAR Ø100		

Observations : Refus à la tarière à 13.0 m de profondeur / TA

EXGTE 3.23

Sondage : MSP3

Inclinaison/Verticale : 0.00°

Date : 07/12/2021



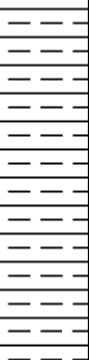


Echelle : 1/100

Site : MONTMEDY / Restauration de la continuité X :
écologique et stabilisation de berges sur la Chiers :

Affaire : 18/07791/NANCY/01

Z : 185.60 m NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.		Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Equipement	Ech
185,60	0,00						
184,10	1,50		argile brune à blocs	Eau en fin de sondage 4,00 m			
181,60	4,00		argile limoneuse brune				
176,60	9,00		limon argileux verdâtre	Eau en cours de sondage 7,00 m	TAR Ø100	Pose d'un tube PVC en diamètre 51/60 mm, scellé au coulis de ciment (micro-sismique réfraction)	
172,60	13,00		argile marneuse grise				
171,60	14,00		calcaire argileux gris -				

Observations : Refus à la tarière à 14.0 m de profondeur / TA

EXGTE 3.23

Sondage : MSP4

Inclinaison/Verticale : 0.00°

Date : 07/12/2021

Echelle : 1/100

Site : MONTMEDY / Restauration de la continuité X :
écologique et stabilisation de berges sur la Chiers :

Affaire : 18/07791/NANCY/01

Z : 185.65 m NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil	Equipement	Ech
185,65	0,00					
181,65	4,00	argile limoneuse brune	Eau en fin de sondage 4,00 m			
176,65	9,00	limon sablo-graveleux verdâtre (faibles remontées)	Eau en cours de sondage 7,00 m	TAR Ø100	Pose d'un tube PVC en diamètre 51/60 mm, scellé au coulis de ciment (micro-sismique réfraction)	
173,65	12,00	argile marneuse grise				
172,15	13,50	calcaire argileux				

Observations : Refus à la tarière à 13.5 m de profondeur / TA

EXGTE 3.23

Annexe 5 :

Essais en laboratoire

Site : GEOTEC NANCY
Sol : IDENTIFICATION GTRClient : GEOTEC NANCY
125 Rue Victor Lemoine
54710 LUDRES

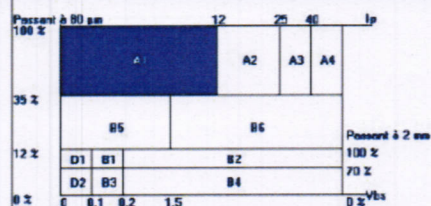
Dossier LC 19/121 : Identification GTR - MONTMEDY 18/07791/nancy

Prélèvement n° LE 19/0331	Prélevé le 01/02/2019 (Réalisé le 07/02/2019)
Agent Préleveur	ENTREPRISE
Mode de prélèvement	Sondage
Opérateur Labo	E.GROSJEAN
Métrologie	

INFORMATION SOL

Ville	MONTMEDY
N° de Sondage	E1
Description matériau	argile
N° d'affaire Client	18/07791/nancy

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage		67.0 %			EN 1097-5
Teneur en fines		59.8 %			EN 933-1
Valeur de Bleu d'un Sol		1.162 g			P 94-068
Classification GTR		A1			NF P 11-300



PROCES VERBAL

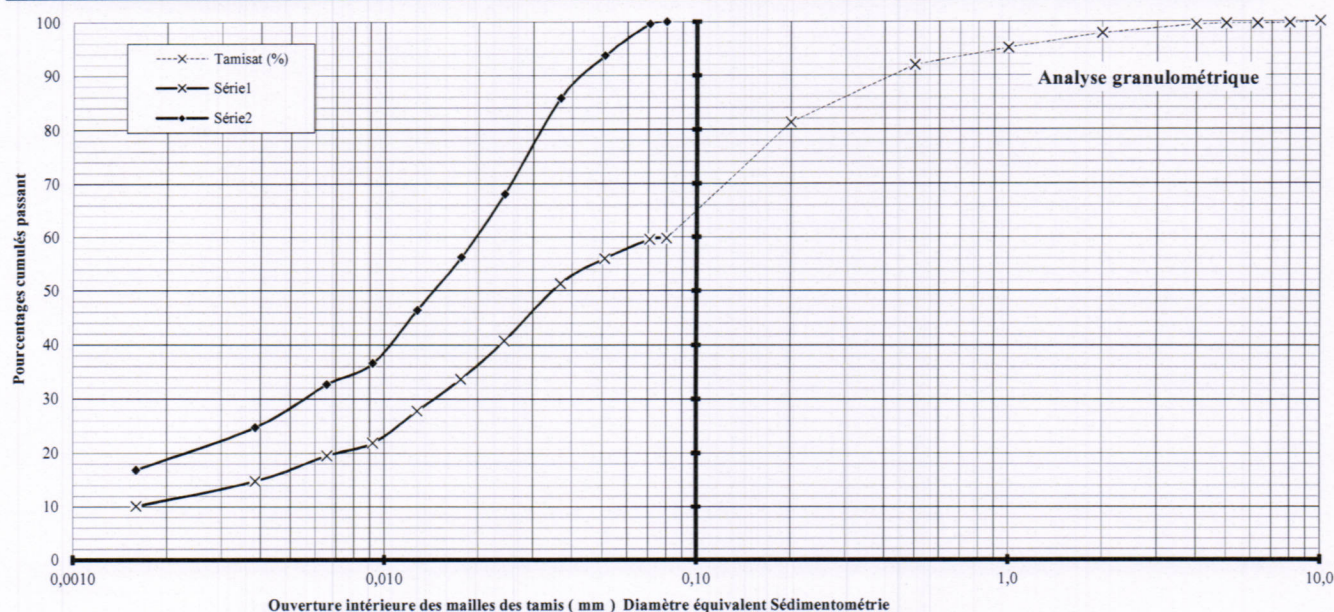
Analyse granulométrique des sols

Méthode par sédimentation

N° DOSSIER :	LC 19/121	TYPE DE MATERIAU :	E1 (argile)
N° ENREGISTREMENT :	LE 19/0331	MODE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	MONTMEDY 18/07791/NANCY
OPERATEUR LABO :	COUFFRANT R.	SOCIETE EXPLOITANTE :	GEOTEC NANCY
PRELEVE LE :	01/02/2019	ANALYSE LE :	14/09/2019

Conforme à la Norme Analyse granulométrique des sols : Méthode par sédimentation - NF P 94-057 de Mai 1992

Caractéristiques du densimètre				Facteurs correcteurs					
N° d'identification : 1				N° d'identification : 1					
H ₀ (cm) : 13,05				Section A Eprouvette : 50,89					
H ₁ (cm) : 2,85				cm : 0,0004					
h ₁ (cm) : 13,35				Cd : -0,00012					
V _d (cm ³) : 39,9									
				Mesurée	Conventionnelle				
Masse volumique des particules solides (ρ _s) Kg / m ³				2 700					
Pourcentage de passant à 80 μm				59,8%					
Masse de sol sec (< 80 μm) utilisée				80					
Conventionnellement au laboratoire g =				9,8556 m / s					
Temps de lecture			R	Température	Ct	D équivalent (mm)	Série 1	Série 2	Pour info D en μm
Heure	Minute	Seconde	Lecture Densimètre	(° C)	Correction Température		P' % sur tamis à 50 mm	P % sur tamis à 80 μm	
		30	1,0225	17,00	0,00250	0,08000000	59,8	100,0	80
						0,07072990	59,5	99,6	71
	1		1,0210	17,00	0,00250	0,05084150	56,0	93,7	51
	2		1,0190	17,00	0,00250	0,03671642	51,3	85,8	37
	5		1,0145	17,00	0,00250	0,02427628	40,7	68,1	24
	10		1,0115	17,00	0,00250	0,01764564	33,6	56,3	18
	20		1,0090	17,00	0,00250	0,01275314	27,7	46,4	13
	40		1,0065	17,00	0,00250	0,00920872	21,9	36,6	9
1	20		1,0055	17,00	0,00250	0,00656476	19,5	32,6	7
4			1,0035	17,00	0,00250	0,00385087	14,8	24,7	3,9
24			1,0015	17,00	0,00250	0,00159651	10,1	16,9	1,6



CONCLUSIONS :

Le : 14/09/2019

S. RAPIN

Site : GEOTEC NANCY
Sol : IDENTIFICATION GTR

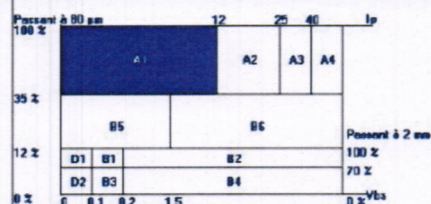
Client : GEOTEC NANCY
125 Rue Victor Lemoine
54710 LUDRES

Dossier LC 19/121 : Identification GTR - MONTMEDY 18/07791/nancy

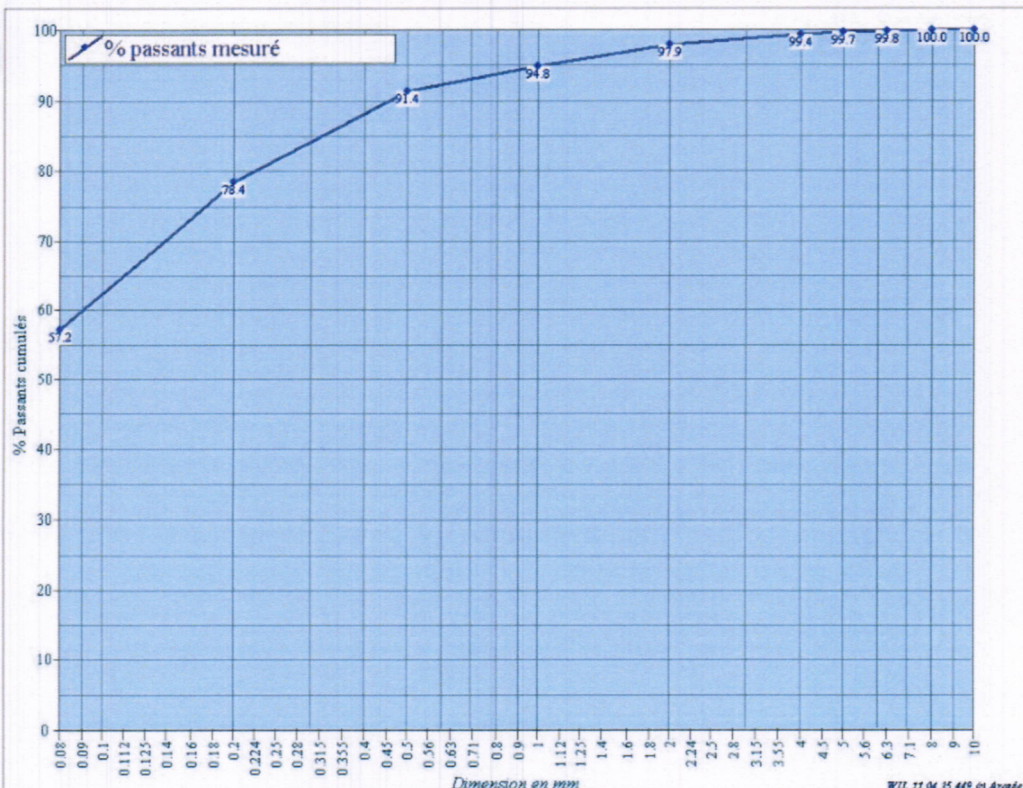
Prélèvement n° LE 19/0332	Prélevé le 01/02/2019 (Réalisé le 07/02/2019)
Agent Préleveur	ENTREPRISE
Mode de prélèvement	Sondage
Opérateur Labo	E.GROSJEAN
Métrologie	

INFORMATION SOL			
Ville	MONTMEDY		
N° de Sondage	E2		
Description matériau	argile		
N° d'affaire Client	18/07791/nancy		

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage		58.9 %			EN 1097-5
Teneur en fines		57.2 %			EN 933-1
Valeur de Bleu d'un Sol		1.163 g			P 94-068
Classification GTR		A1			NF P 11-300



Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%tamisé	maxi	Incertitude
10.000		100.0		
8.000		100.0		
6.300		99.8		
5.000		99.7		
4.000		99.4		
2.000		97.9		
1.000		94.8		
0.500		91.4		
0.200		78.4		
0.080		57.2		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe A1 selon NF P11-300		07/02/2019

PROCES VERBAL

Analyse granulométrique des sols

Méthode par sédimentation

N° DOSSIER :	LC 19/121	TYPE DE MATERIAU :	E2 (argile)
N° ENREGISTREMENT :	LE 19/0332	MODE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	MONTMEDY 18/07791/NANCY
OPERATEUR LABO :	COUFFRANT R.	SOCIETE EXPLOITANTE :	GEOTEC NANCY
PRELEVE LE :	01/02/2019	ANALYSE LE :	14/09/2019

Conforme à la Norme Analyse granulométrique des sols : Méthode par sédimentation - NF P 94-057 de Mai 1992

Caractéristiques du densimètre				Facteurs correcteurs			
N° d'identification : 1				N° d'identification : 1			
H ₀ (cm) : 13,05				Section A Eprouvette : 50,89			
H ₁ (cm) : 2,85				cm : 0,0004			
h ₁ (cm) : 13,35				Cd : -0,00012			
V _d (cm ³) : 39,9							

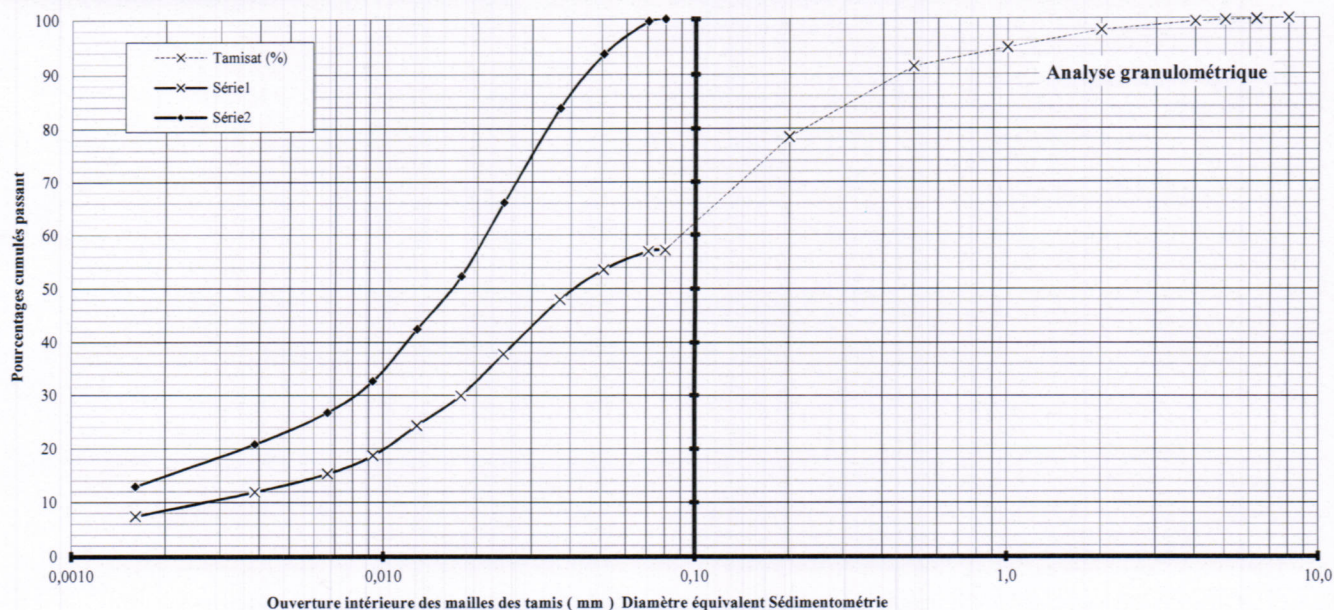
	Mesurée	Conventionnelle
Masse volumique des particules solides (ρ _s) Kg / m ³		2 700

Pourcentage de passant à 80 μm	57,2%
--------------------------------	-------

Masse de sol sec (< 80 μm) utilisée	80
-------------------------------------	----

Conventionnellement au laboratoire g = 9,8556 m / s

Temps de lecture			R	Température	Ct	D équivalent (mm)	Série 1	Série 2	
Heure	Minute	Seconde	Lecture Densimètre	(° C)	Correction Température	0,08000000	P' % sur tamis à 50 mm	P % sur tamis à 80 μm	Pour info D en μm
		30	1,0225	17,00	0,00250	0,07072990	57,2	100,0	80
						0,07072990	57,0	99,6	71
	1		1,0210	17,00	0,00250	0,05084150	53,6	93,7	51
	2		1,0185	17,00	0,00250	0,03690545	47,9	83,8	37
	5		1,0140	17,00	0,00250	0,02439066	37,8	66,1	24
	10		1,0105	17,00	0,00250	0,01780268	29,9	52,3	18
	20		1,0080	17,00	0,00250	0,01286180	24,3	42,5	13
	40		1,0055	17,00	0,00250	0,00928397	18,7	32,6	9
1	20		1,0040	17,00	0,00250	0,00664378	15,3	26,7	7
4			1,0025	17,00	0,00250	0,00388087	11,9	20,8	3,9
24			1,0005	17,00	0,00250	0,00160857	7,4	12,9	1,6



CONCLUSIONS :

Le : 14/09/2019

S. RAPIN

Annexe 6 :

Rapport ME2I, MSP

GEOTEC

**STATION DE POMPAGE
RUE ALBERT 1^{ER} - MONTMEDY (55)**

**CONTRÔLE DE LONGEUR DE
PALPLANCHES PAR MÉTHODE SISMIQUE
PARALLÈLE (MSP)**

RAPPORT

Rapport n°2710

Décembre 2021

OPQIBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE

CERTIFICAT
N° 16 08 3309

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
1 INTRODUCTION	3
2 COUPE GÉOLOGIQUE DU SITE	3
3 PRINCIPE DE LA MÉTHODE UTILISÉE	3
4 CONDITIONS DE RÉALISATION DE L'ESSAI	4
5 ÉQUIPEMENT UTILISÉ	4
6 MESURES ET RÉSULTATS	4
ANNEXE A PRINCIPE DE LA MÉTHODE SISMIQUE PARALLÈLE (MSP)	14

1 INTRODUCTION

À la demande de la société Géotec, ME2i a réalisé une campagne de mesure par méthode sismique parallèle (MSP) pour la détermination de la longueur de 4 palplanches sur le site d'une station de pompage située rue Albert 1^{er} à Montmédy (55).

Les mesures ont été réalisées suivant les spécifications de la norme NF P94 160-3.

La figure 1 présente le site de mesure et l'implantation des 4 palplanches contrôlées.

Les forages ont été réalisés et équipés par la société Géotec. Ils sont nommés MSP1 à MSP4 et ont une profondeur de l'ordre de 13,5 m.

Les mesures ont été réalisées le 16 décembre 2021.

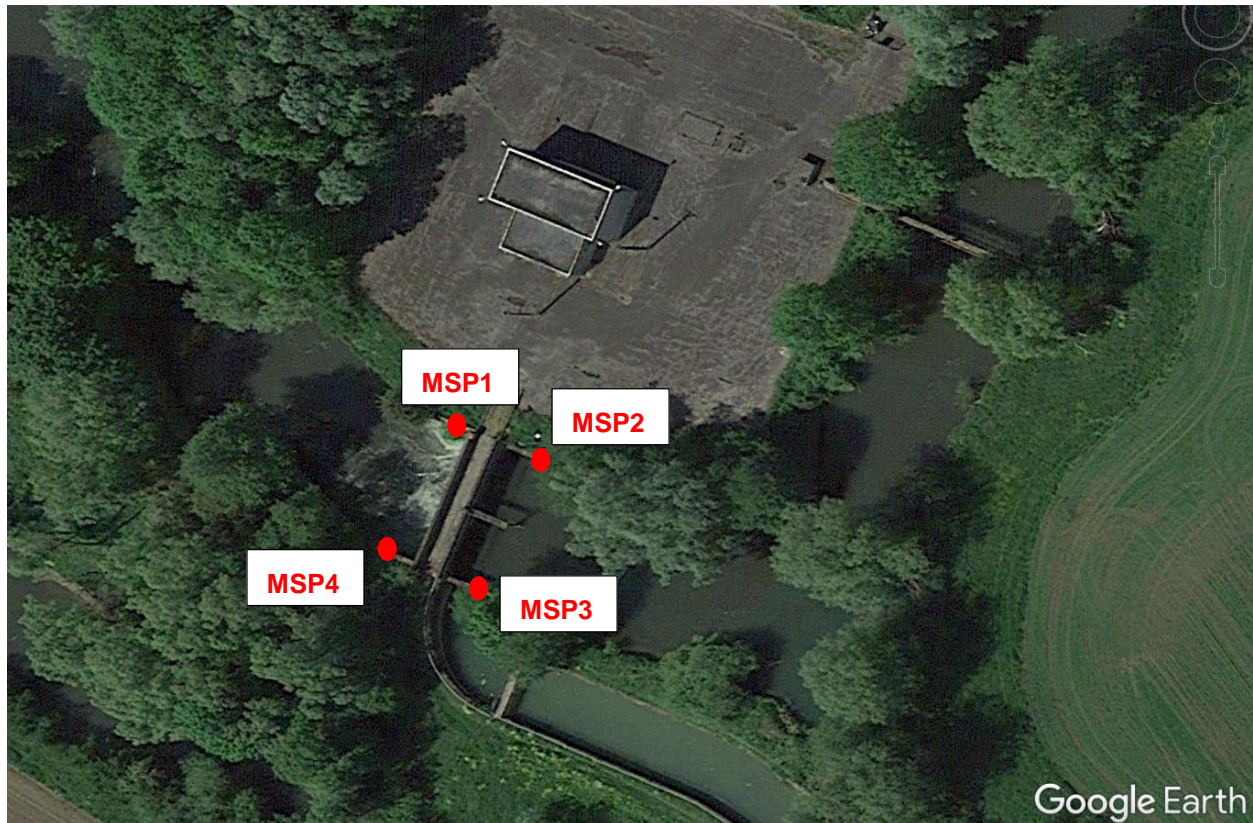


Figure 1 – Implantation des forages à proximité des palplanches à ausculter.

2 COUPE GÉOLOGIQUE DU SITE

La coupe géologique sommaire fournie par Géotec est la suivante :

- De 0 à 4 m/5 m : argile
- De 4 m/5 m à 9,5 m/10,5 m : argile \pm sableuse et graviers \pm argileux
- A partir de 9,5 m/10,5 m : argile marneuse devenant calcaire

3 PRINCIPE DE LA MÉTHODE UTILISÉE

Le principe de la méthode sismique parallèle (MSP) est décrit annexe A.

Le but des mesures par méthode sismique parallèle est de déterminer la longueur d'une fondation et la vitesse de propagation des ondes sonores dans cette fondation. Le paramètre vitesse donne une bonne indication sur la qualité du matériau constitutif.

4 CONDITIONS DE RÉALISATION DE L'ESSAI

Pour garantir les résultats des essais MSP, il faut que les conditions suivantes soient remplies :

- ♦ Le forage doit être réalisé le plus près possible de la fondation à contrôler (distance = 0,5 m à 1 m maximum).
- ♦ La longueur du forage doit être supérieure à la longueur présumée de la fondation à contrôler (d'au moins 5 mètres).
- ♦ Le forage doit être équipé d'un tube PVC de diamètre intérieur minimum égal à 50 mm. Il doit être bien scellé au terrain sur toute sa hauteur (injection du coulis de ciment par le bas avec un tube plongeur perdu).
- ♦ Le tube PVC doit être étanche et rempli d'eau claire (bouchon en pied).
- ♦ La tête de la fondation doit être accessible, si possible. Sinon, les chocs seront émis sur la structure solidaire de la fondation à contrôler (massif, longrine, dé, mur...).
- ♦ Les vitesses de propagations des ondes sismiques entre les matériaux composant la fondation auscultée et le sol encaissant doivent être suffisamment contrastées.

5 ÉQUIPEMENT UTILISÉ

Le matériel de mesure utilisé par ME2i est constitué des éléments suivants (figure 2) :

- ♦ 1 flûte sismique constituant un chapelet de 12 géophones verticaux espacés de 1 m.
- ♦ 1 sismographe GEODE de marque *Geometrics*.
- ♦ 1 ordinateur de terrain permettant le pilotage du sismographe.
- ♦ 1 déclencheur (trigger) relié à la source sismique (masse).



Figure 2 – Matériel de méthode sismique parallèle.

6 MESURES ET RÉSULTATS

Les forages ont été réalisés à proximité des palplanches à contrôler. Les chocs ont été émis à la couronne surmontant les rideaux de palplanches

Les photographies 1 à 4 montrent la localisation du forage et de la zone d'émission des chocs pour les différents essais sismiques réalisés.

Les mesures du temps de propagation de l'onde sismique entre le point d'impact et le capteur installé dans le forage ont été réalisées avec un pas de 0,5 m.

Les signaux mesurés sont de bonne qualité. Ils sont présentés figures 3 à 6 avec le pointé des arrivées premières (ondes P).

Les figures 7 à 10 présentent les résultats des mesures réalisées : courbe traduisant le temps de propagation de l'onde sismique en fonction de la profondeur du capteur dans le forage. Ces courbes montrent une forte dispersion des points sur la tranche de terrain comprise entre la surface et 4 à 5 m. Ceci est du probablement à un scellement imparfait du tube PVC.

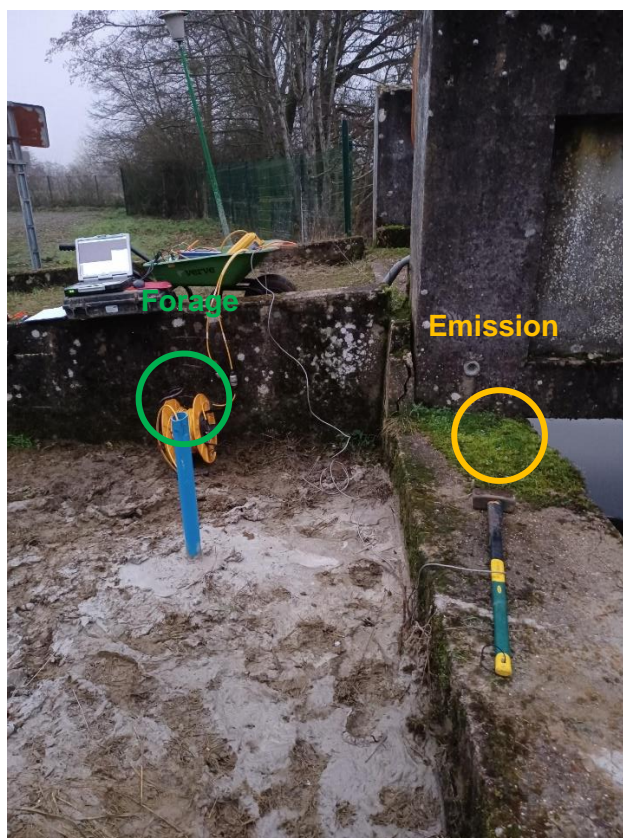
Le tableau 1 récapitule les résultats des essais : longueur des palplanches contrôlées, vitesse de propagation des ondes dans les palplanches et vitesse de propagation des ondes dans le sol encaissant.

La vitesse de propagation des ondes dans le matériau constitutif des palplanches est comprise entre 5200 m/s et 550 m/s, caractéristique d'un matériau constitutif de très bonne qualité. Le terrain sous-jacent a une vitesse de propagation des ondes de l'ordre de 2 300 m/s.

Remarque importante : la longueur des forages, de l'ordre de 13,5 m, n'est pas suffisante pour bien déterminer la courbe correspondant à la propagation des ondes dans le terrain encaissant. En effet, on ne dispose que de quelques points correspondant à une longueur de forage de 3 m de plus que celle de la fondation, au lieu de 5 m. Cette interprétation est basée sur la meilleure courbe obtenue (celle de l'essai MSP4) pour la détermination de la vitesse de propagation des ondes dans le terrain. Cette vitesse a été adoptée aux 3 autres essais.

Tableau 1 – Résultats du contrôle de palplanches par méthode sismique parallèle (MSP).

MSP / Forage	Longueur de la fondation par rapport à la frappe (m)	Vitesse dans la fondation (m/s)	Vitesse dans le terrain (m/s)
MSP1	10,6 m \pm 0,5 m	5 200 m/s	2 300 m/s
MSP2	11,8 m \pm 0,5 m	5 300 m/s	2 300 m/s
MSP3	11,7 m \pm 0,5 m	5 300 m/s	2 300 m/s
MSP4	10,5 m \pm 0,5 m	5 500 m/s	2 300 m/s



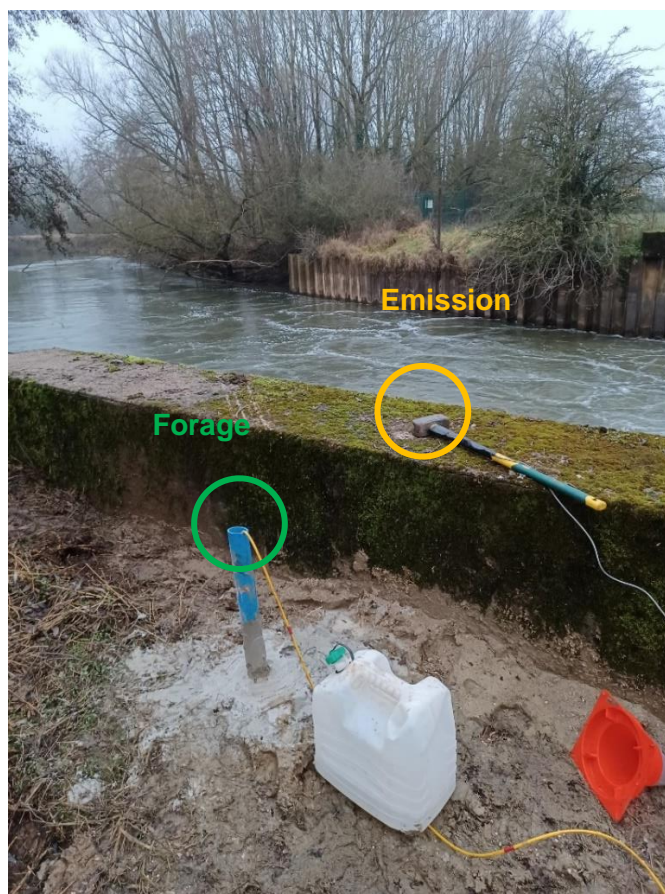
Photographie 1 – Localisation du forage MSP1 et de la frappe correspondante.



Photographie 2 – Localisation du forage MSP2 et de la frappe correspondante.



Photographie 3 – Localisation du forage MSP3 et de la frappe correspondante.



Photographie 4 – Localisation du forage MSP et de la frappe correspondante.

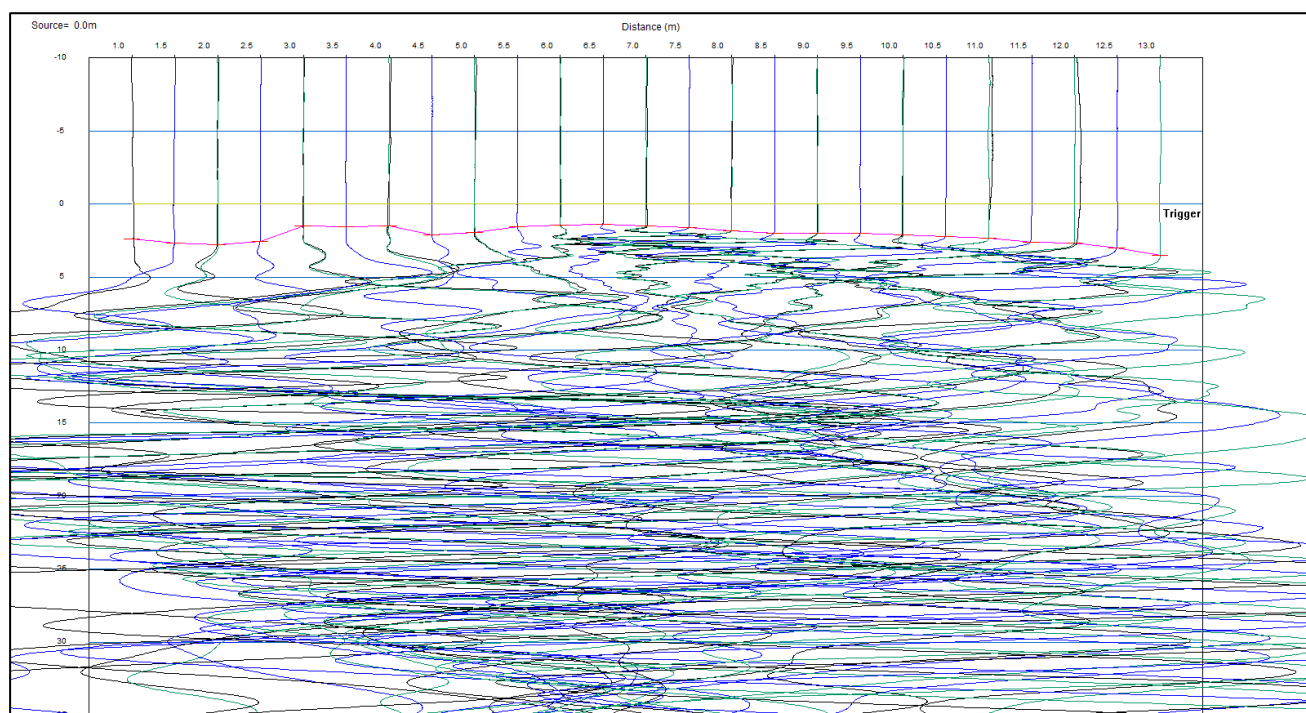


Figure 3 – MSP1 – Signaux mesurés et pointé des arrivées premières.

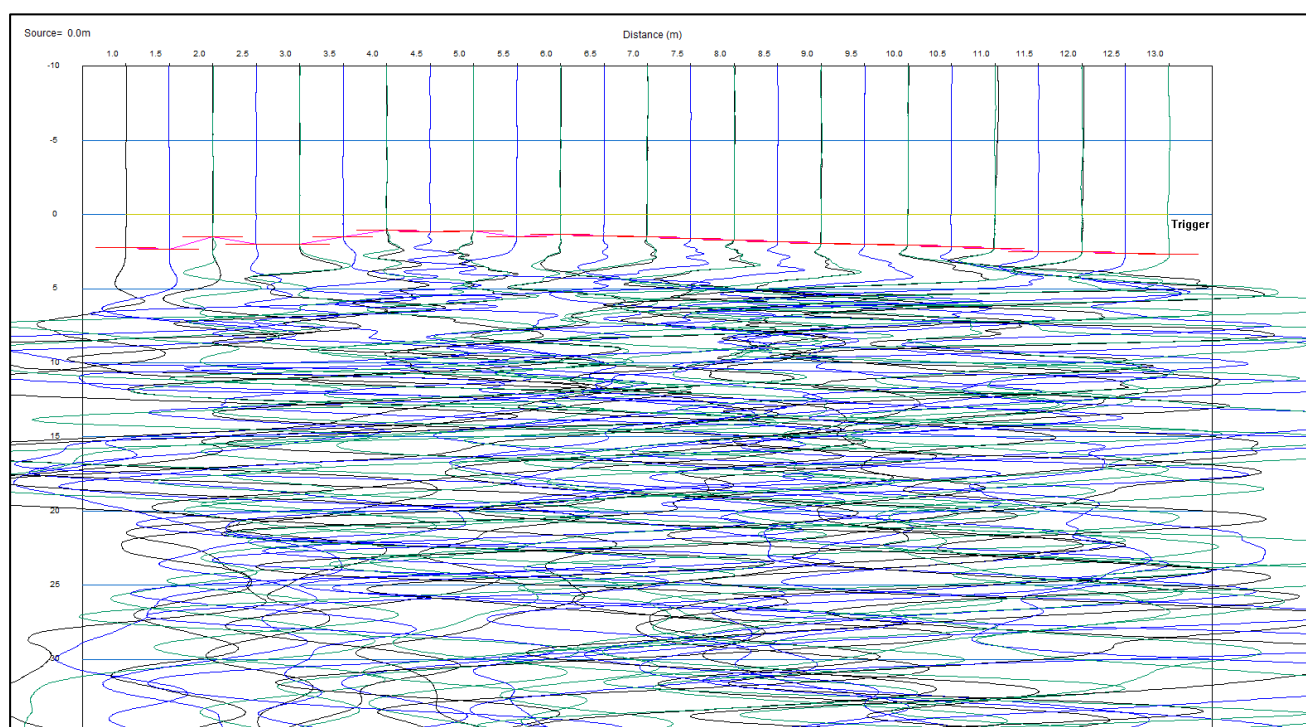


Figure 4 – MSP2 – Signaux mesurés et pointé des arrivées premières.

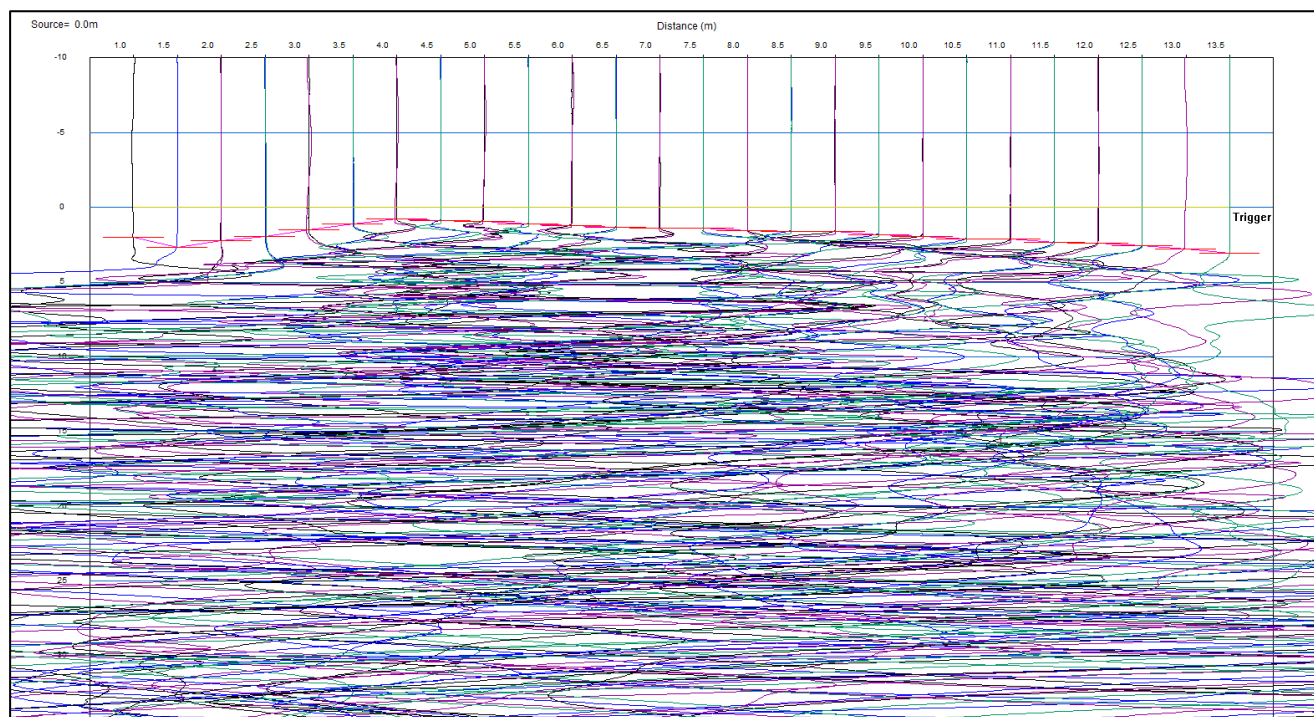


Figure 5 – MSP3 – Signaux mesurés et pointé des arrivées premières.

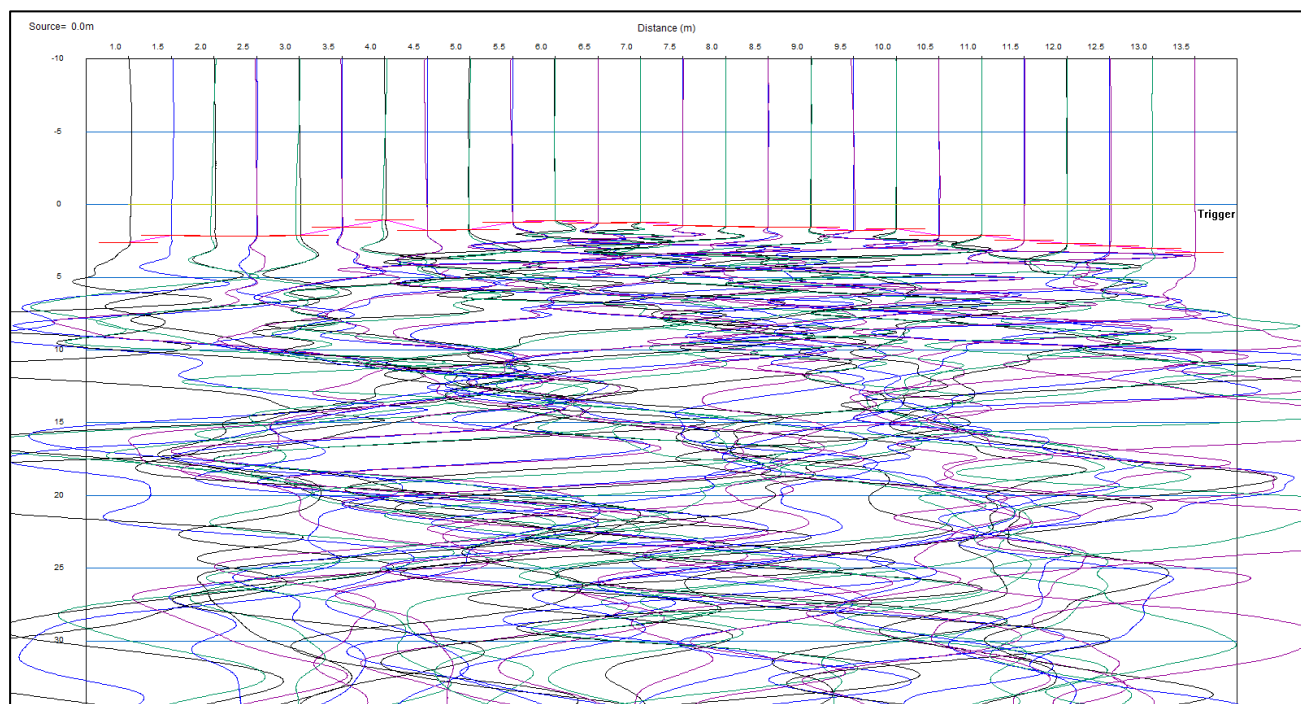


Figure 6 – MSP4 – Signaux mesurés et pointé des arrivées premières.

Station de pompage, rue Albert 1er Montmédy (55)

Contrôle de pieu par méthode sismique parallèle

Forage SP1

Temps (ms)

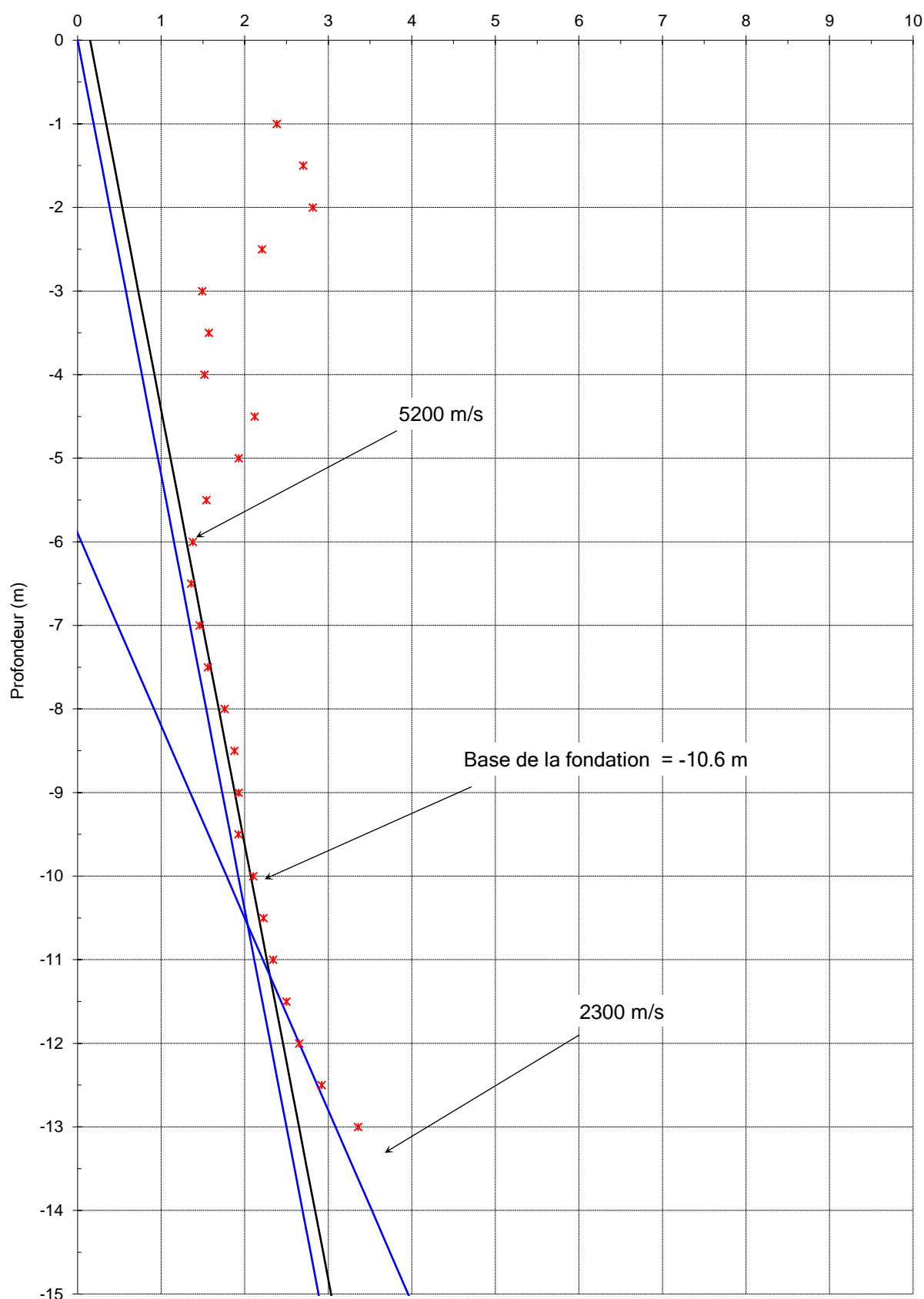


Figure 7 – MSP1 – Résultats des mesures.

Station de pompage, rue Albert 1er Montmédy (55)

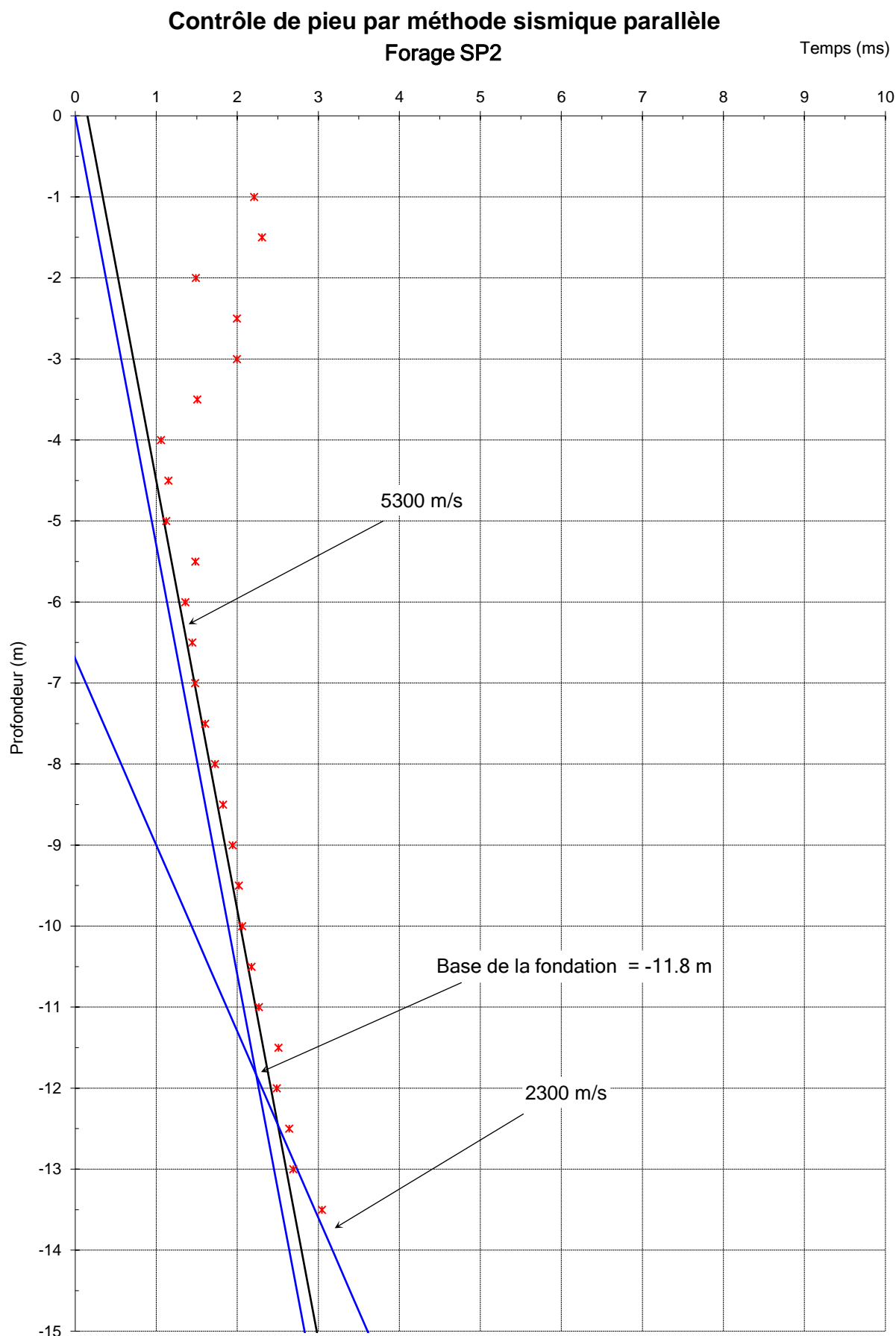


Figure 8 – MSP2 – Résultats des mesures.

Station de pompage, rue Albert 1er Montmédy (55)

Contrôle de pieu par méthode sismique parallèle

Forage SP3

Temps (ms)

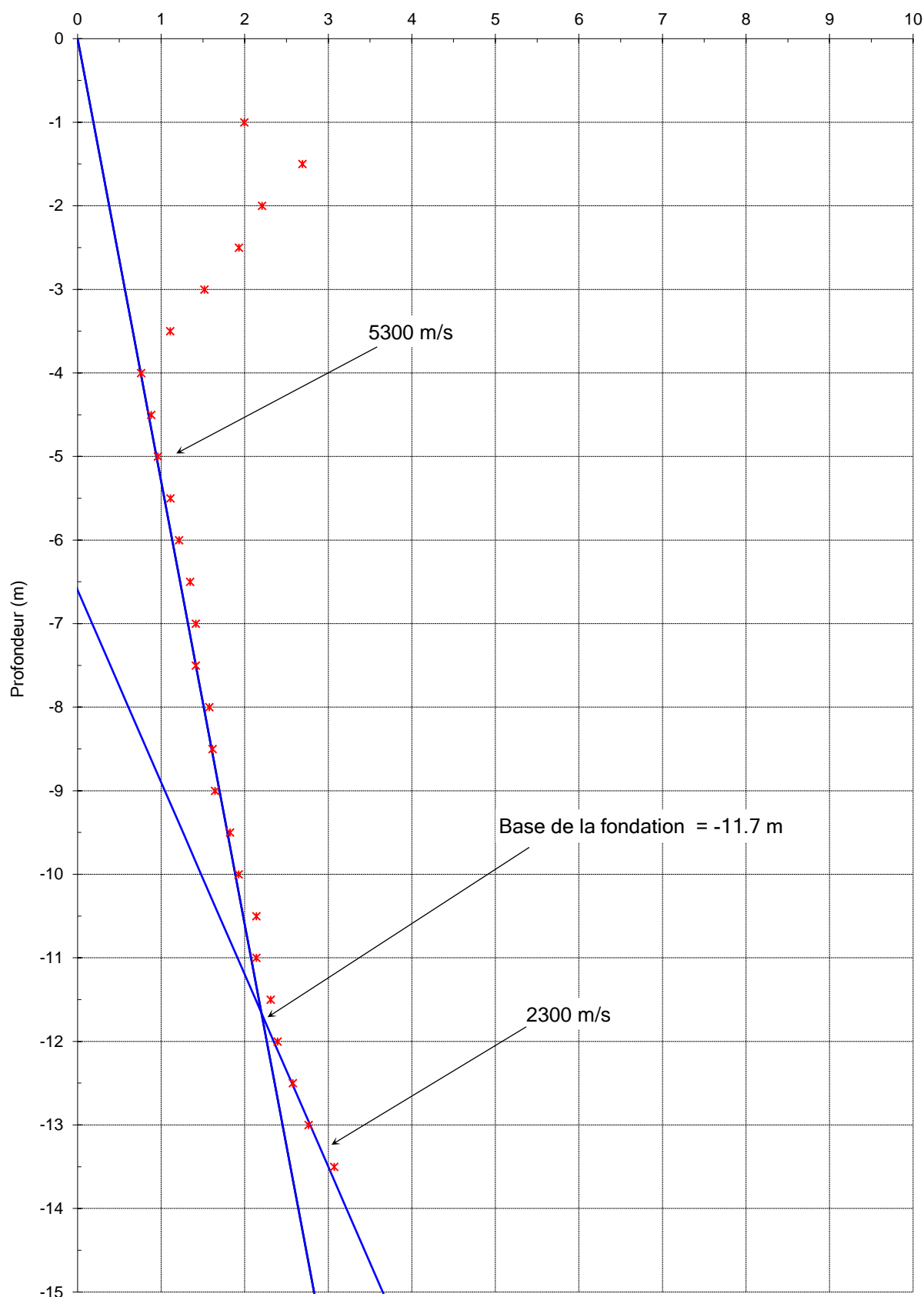


Figure 9 – MSP3 – Résultats des mesures.

Station de pompage, rue Albert 1er Montmédy (55)

Contrôle de pieu par méthode sismique parallèle

Forage SP4

Temps (ms)

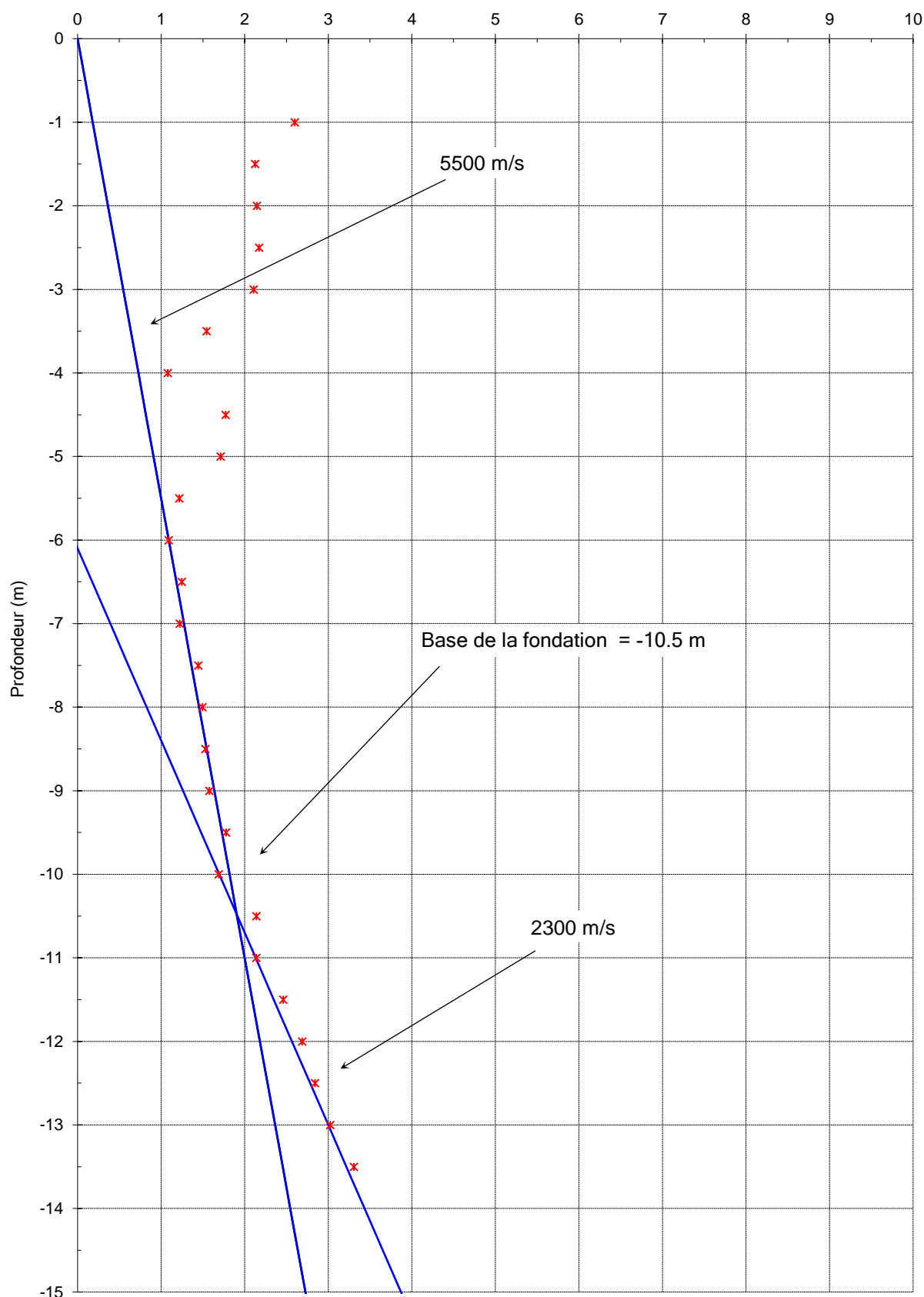


Figure 10 – MSP4 – Résultats des mesures.

ANNEXE A

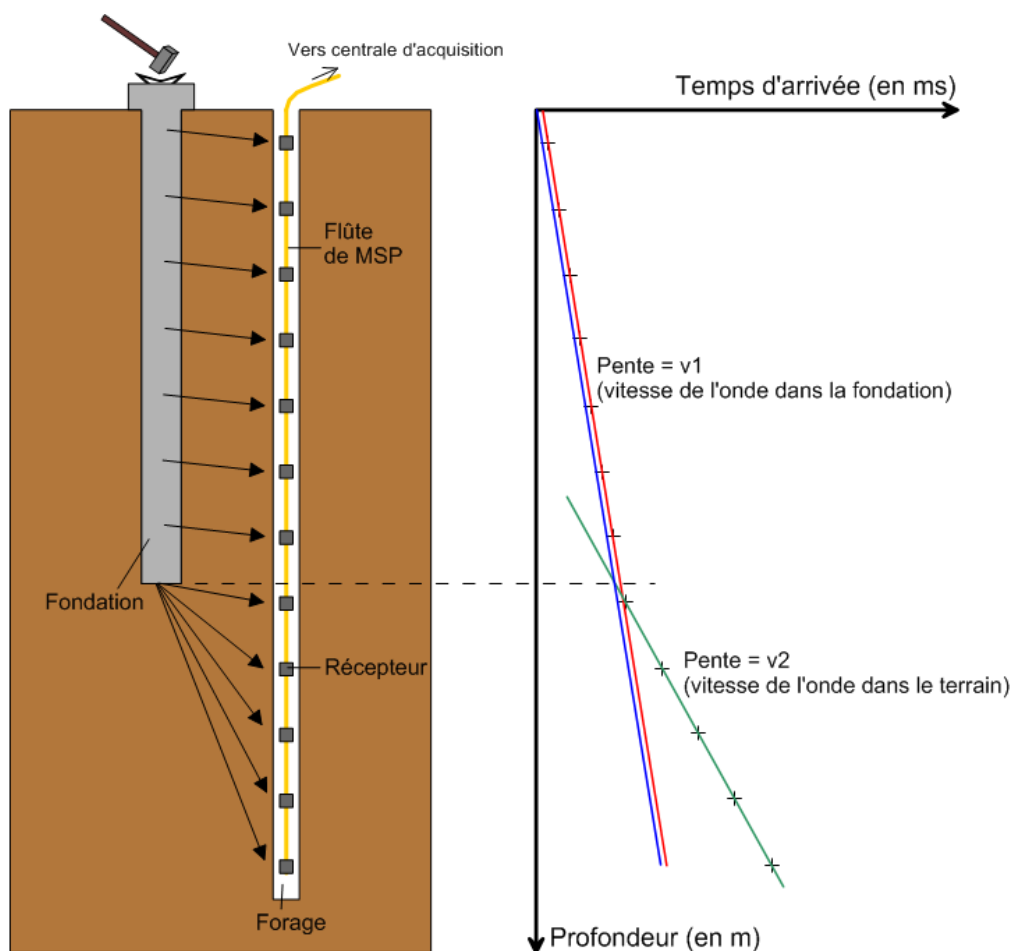
PRINCIPE DE LA MÉTHODE SISMIQUE PARALLÈLE (MSP)

Norme NF P 94 160-3

La méthode sismique parallèle est utilisée pour le contrôle des fondations profondes. Elle permet de déterminer la longueur d'une fondation et la vitesse de propagation des ondes dans le matériau constitutif. Ce dernier paramètre renseigne sur la qualité du matériau constitutif de la fondation.

La MSP est surtout utilisée pour le contrôle des fondations surmontées d'une structure. Cette méthode nécessite la réalisation d'un forage d'une longueur supérieure à celle de la fondation. Elle consiste à :

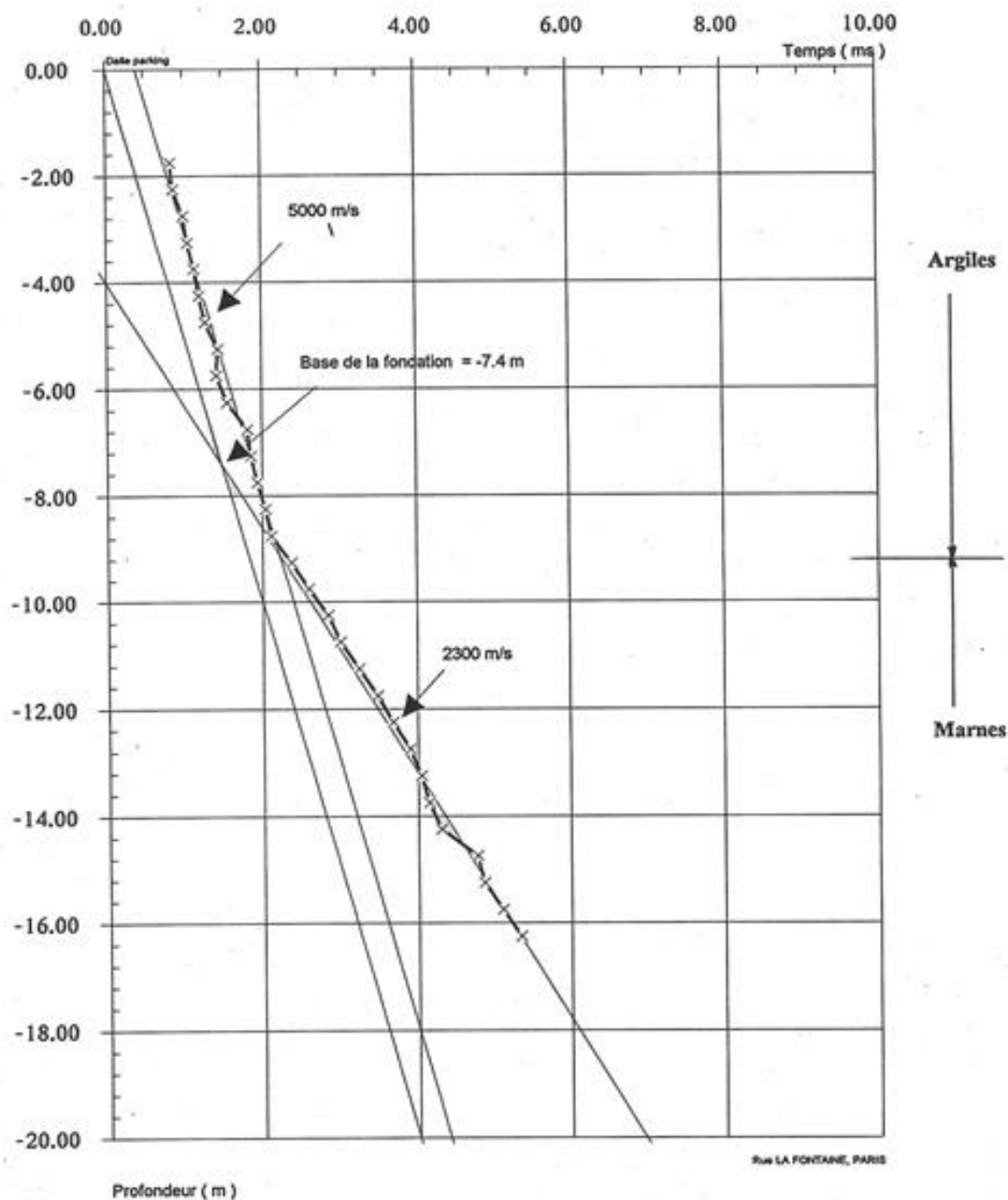
- ♦ émettre un choc en tête de la fondation ou de la structure solidaire de la fondation ;
- ♦ mesurer le temps de propagation de l'onde longitudinale entre le point d'émission et les positions successives du capteur dans le forage ;
- ♦ tracer la courbe représentant le temps de propagation en fonction de la profondeur du capteur dans le forage.
- ♦ déterminer la longueur de la fondation et la vitesse sismique dans les matériaux constitutifs.



Applications : pieux, micropieux, palplanches...

Avantages : grande précision sur la longueur et la qualité du pieu. Apporte également des précisions sur les terrains traversés.

Inconvénients : nécessité de réaliser un forage et de le tuber. Obligation d'injecter correctement l'annulaire entre le tube et le terrain.



Détermination de la longueur d'une fondation

Résultats Longueur = 7,4 m
Vitesse = 5000 m/s

Annexe 7 :

Fosse d'entrée, modélisation K-Réa



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES**GENERALITES :**

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	184,18 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Remblais et argile à limon mous	186,00	17,00	9,00	20,00	3,50	0,000	0,658	0,490	2,384	0,658	0,658	1,400	3,706	2237	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile +/- sableuse raide à dense	179,20	19,00	10,00	25,00	12,00	0,000	0,577	0,406	3,067	0,577	0,577	1,274	4,274	7590	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide	175,70	20,00	11,00	28,00	17,50	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	14999	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	174,10	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	893373	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	172,60	287231	1,37

Cote de la tête de l'écran : z0 = 186,00 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	185,00	22500	0,00	0,00
2	2	180,50	22500	0,00	0,00

SURCHARGE CAQUOT	Phase	Côté	z [m]	q [kN/m/m]
1	0	Gauche	186,00	15,00
2	0	Droite	186,00	15,00



Calcul réalisé par : GEOTEC



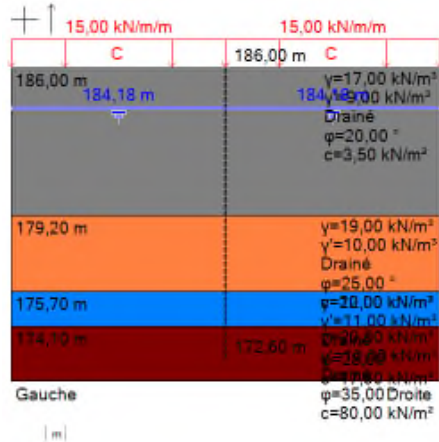
v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

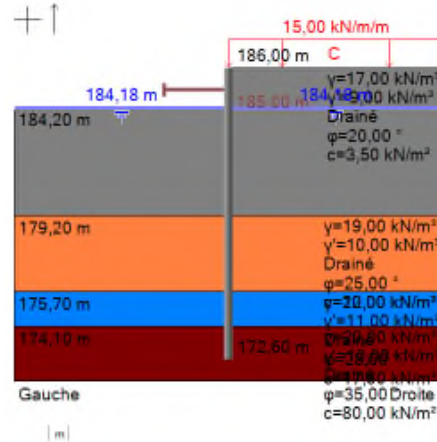
MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

SYNTHESE PHASAGE

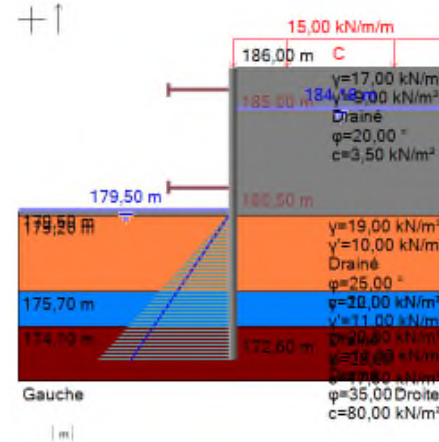
Phase initiale



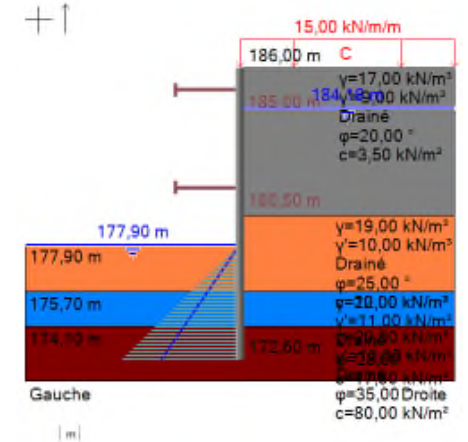
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Surcharge de Caquot : (côté gauche) :
 z [m] = 186,00
 q [kN/m/m] = 15,00

- Surcharge de Caquot : (côté droit) :
 z [m] = 186,00
 q [kN/m/m] = 15,00

- Excavation (côté gauche) :
 z_h [m] = 184,20

- Action hydraulique : (gauche)
 z_w [m] = 184,18

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1
 z_a [m] = 185,00
 K [kN/m/m] = 22500
 α [°] = 0,00
 P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
 z_h [m] = 179,50

- Action hydraulique : (gauche)
 z_w [m] = 179,50
 Définition d'un gradient :
 $z(pt)$ [m] = 179,50 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
 $z(pt)$ [m] = 172,60 uw(pt) [kN/m/m] = 90,25

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°2
 z_a [m] = 180,50
 K [kN/m/m] = 22500
 α [°] = 0,00
 P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
 z_h [m] = 177,90

- Action hydraulique : (gauche)
 z_w [m] = 177,90
 Définition d'un gradient :
 $z(pt)$ [m] = 177,90 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
 $z(pt)$ [m] = 172,60 uw(pt) [kN/m/m] = 79,86



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

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	-2,15	-3,85	74,58	67,23	7,704	60,79	-
2	-2,65	-9,76	192,08	201,23	3,199	104,11	136,83
3	-2,12	-12,97	273,24	290,47	2,130	107,77	206,48
Extrema	-2,65	-12,97	273,24	290,47	2,130	107,77	206,48



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	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	100,69	90,77	82,06	-	OK	-63,61	OK
2	MISS	259,31	271,67	140,54	184,72	OK	-319,89	OK
3	MISS	368,87	392,14	145,48	278,75	OK	-453,99	OK
Extrema	-	368,87	392,14	145,48	278,75	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

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
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	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 gauche.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 510,43 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 689,09 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 3932,24 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 3574,77 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 24,78 kN/m

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

Pv,d = -88,39 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 "linéiques" 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 = -63,61 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 63,61 kN/m vers le haut.

PHASE 2 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 649,32 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 876,58 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 2076,88 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 1888,08 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 24,78 kN/m

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

Pv,d = -344,67 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 "linéiques" 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 = -319,89 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 319,89 kN/m vers le haut.

PHASE 3 - Transitoire



L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :



Calcul réalisé par : GEOTEC

<div>v.4.0.28</div>		AFFAIRE EE582900	
		MONTMÉDY - PRO - SUPRESSION DE SEUIL	
Vérifications			
<div>Butée mobilisée : Valeur caractéristique : Bt,k = 741,36 kN/m Valeur de calcul : Bt,d = 1000,83 kN/m Butée mobilisable : Valeur caractéristique : Bm,k = 1578,86 kN/m Valeur de calcul : Bm,d = 1435,33 kN/m Bt,d < Bm,d Le défaut de butée est justifié pour cette phase. <u>Vérification de l'équilibre vertical :</u> Poids propre P de l'écran : Pd = 24,78 kN/m Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -478,77 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 = -453,99 kN/m Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 453,99 kN/m vers le haut.</div>			
<div>terrassol setec</div>		Calcul réalisé par : GEOTEC	

Annexe 8 :

Fosse de sortie, modélisation K-Réa



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	184,18 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Argile molle	185,50	17,00	9,00	20,00	3,50	0,000	0,658	0,490	2,384	0,658	0,658	1,400	3,706	1303	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Sables et graviers + / - argileux denses à très denses	177,55	20,00	10,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	0,000	0,000	55836	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00
Passée argileuse ferme	176,05	19,00	10,00	23,00	6,00	0,000	0,609	0,440	2,795	0,609	0,609	1,324	4,031	2748	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide à très raide	174,55	20,00	10,00	27,00	16,50	0,000	0,546	0,377	3,417	0,546	0,546	1,226	4,542	19280	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	172,55	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	893373	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	171,55	287231	1,37

Cote de la tête de l'écran : z0 = 185,50 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	185,00	22500	0,00	0,00
2	2	182,00	22500	0,00	0,00

SURCHARGE CAQUOT	Phase	Côté	z [m]	q [kN/m/m]
1	0	Gauche	185,50	15,00
2	0	Droite	185,50	15,00



Calcul réalisé par : GEOTEC



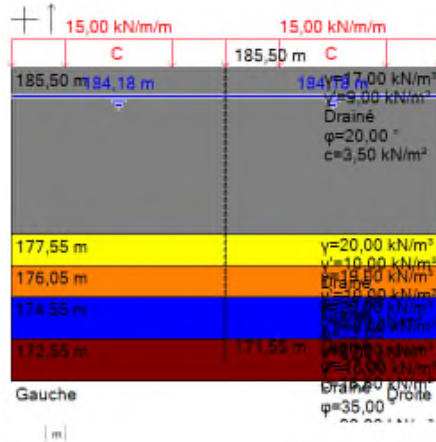
v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

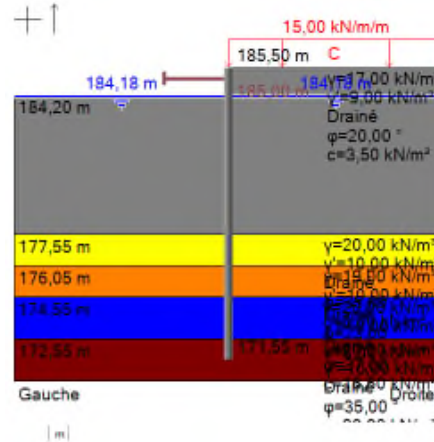
MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

SYNTHESE PHASAGE

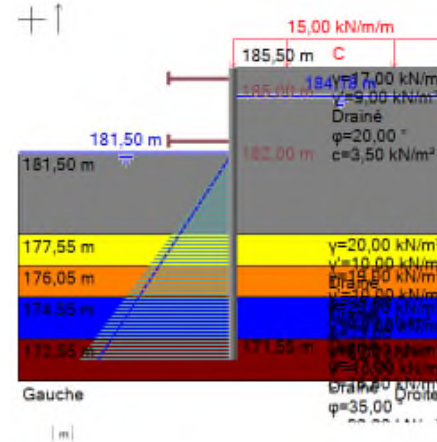
Phase initiale



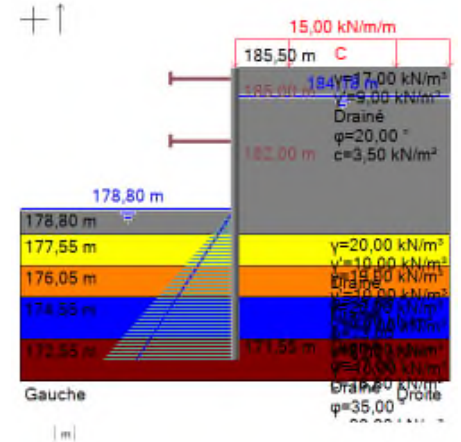
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Surcharge de Caquot : (côté gauche) :
z [m] = 185,50
q [kN/m/m] = 15,00

- Surcharge de Caquot : (côté droit) :
z [m] = 185,50
q [kN/m/m] = 15,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 184,20

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 184,18

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1
za [m] = 185,00
K [kN/m/m] = 22500
 α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 181,50

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 181,50
Définition d'un gradient :
z(pt) [m] = 181,50 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
z(pt) [m] = 171,55 uw(pt) [kN/m/m] = 112,35

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°2
za [m] = 182,00
K [kN/m/m] = 22500
 α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 178,80

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 178,80
Définition d'un gradient :
z(pt) [m] = 178,80 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
z(pt) [m] = 171,55 uw(pt) [kN/m/m] = 96,70



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

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	-2,24	-3,81	86,66	-67,18	7,059	57,34	-
2	-2,93	-7,49	183,05	-153,63	4,056	82,90	75,94
3	-0,93	-19,15	413,02	269,21	1,995	63,54	217,45
Extrema	-2,93	-19,15	413,02	269,21	1,995	82,90	217,45



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	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	116,99	-90,69	77,41	-	OK	-51,11	OK
2	MISS	247,11	-207,41	111,91	102,51	OK	-223,17	OK
3	MISS	557,58	363,44	85,77	293,55	OK	-446,81	OK
Extrema	-	557,58	363,44	111,91	293,55	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

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
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	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 gauche.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 565,96 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 764,05 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 3995,29 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 3632,08 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 25,80 kN/m

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

Pv,d = -76,91 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 "linéiques" 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 = -51,11 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 51,11 kN/m vers le haut.

PHASE 2 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 652,85 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 881,35 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 2648,07 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 2407,34 kN/m

Bt,d < Bm,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 25,80 kN/m

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

Pv,d = -248,97 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 "linéiques" 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 = -223,17 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 223,17 kN/m vers le haut.

PHASE 3 - Transitoire




L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :



Calcul réalisé par : GEOTEC

<div> K-Réa v4</div> <div>v.4.0.28</div>		<div>AFFAIRE EE582900</div> <div>MONTMÉDY - PRO - SUPRESSION DE SEUIL</div>	
Vérifications			
<div>Butée mobilisée :</div> <div><div>Valeur caractéristique :</div><div>Bt,k = 811,66 kN/m</div></div> <div><div>Valeur de calcul :</div><div>Bt,d = 1095,74 kN/m</div></div> <div>Butée mobilisable :</div> <div><div>Valeur caractéristique :</div><div>Bm,k = 1618,98 kN/m</div></div> <div><div>Valeur de calcul :</div><div>Bm,d = 1471,80 kN/m</div></div> <div>Bt,d < Bm,d</div> <div>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</div> <div><u>Vérification de l'équilibre vertical :</u></div> <div>Poids propre P de l'écran :</div> <div>Pd = 25,80 kN/m</div> <div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</div> <div>Pv,d = -472,61 kN/m</div> <div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</div> <div>Tv,d = 0,00 kN/m</div> <div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</div> <div>Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div> <div>Résultante ELU des efforts verticaux :</div> <div>Rv,d = -446,81 kN/m</div> <div>Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 446,81 kN/m vers le haut.</div>			
<div> terrasol</div> <div> setec</div>		Calcul réalisé par : GEOTEC	

Annexe 9 :

Nouveau canal d'amenée, modélisation K-Réa



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES**GENERALITES :**

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	184,18 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Argile molle	185,50	17,00	9,00	20,00	3,50	0,000	0,658	0,490	2,384	0,658	0,658	1,400	3,706	1756	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Sables et graviers + / - argileux denses à très denses	177,55	20,00	10,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	0,000	0,000	75275	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00
Passée argileuse ferme	176,05	19,00	10,00	23,00	6,00	0,000	0,609	0,440	2,795	0,609	0,609	1,324	4,031	3704	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide à très raide	174,55	20,00	10,00	27,00	16,50	0,000	0,546	0,377	3,417	0,546	0,546	1,226	4,542	22809	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	172,55	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	1204408	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	172,55	117222	1,37

Cote de la tête de l'écran : z0 = 185,50 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	185,00	22500	0,00	0,00

SURCHARGE CAQUOT	Phase	Côté	z [m]	q [kN/m/m]
1	0	Gauche	185,50	15,00
2	0	Droite	185,50	15,00



Calcul réalisé par : GEOTEC



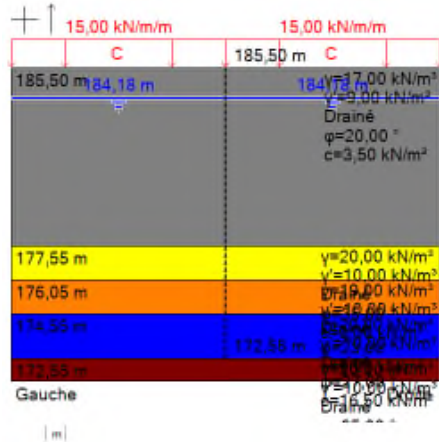
v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

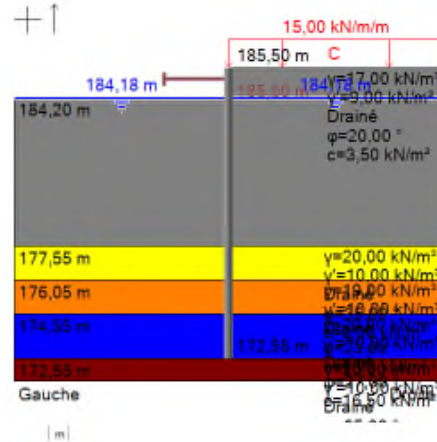
MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

SYNTHESE PHASAGE

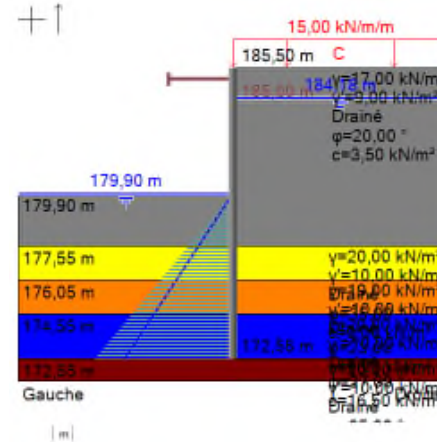
Phase initiale



Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



- Surcharge de Caquot : (côté gauche) :
z [m] = 185,50
q [kN/m/m] = 15,00

- Surcharge de Caquot : (côté droit) :
z [m] = 185,50
q [kN/m/m] = 15,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 184,20

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 184,18

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1
za [m] = 185,00
K [kN/m/m] = 22500
alpha [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 179,90

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 179,90
Définition d'un gradient :
z(pt) [m] = 179,90 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
z(pt) [m] = 172,55 uw(pt) [kN/m/m] = 93,15



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m
1	-1,42	-4,33	-58,10	-54,90	4,972	44,69
2	-1,08	-40,00	409,89	-161,63	1,539	148,52
Extrema	-1,42	-40,00	409,89	-161,63	1,539	148,52



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	-78,43	-74,12	60,33	OK	-32,87	OK
2	MISS	553,35	-218,19	200,50	OK	-163,89	OK
Extrema	-	553,35	-218,19	200,50	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

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
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	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 gauche.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 507,27 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 684,81 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 2521,95 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 2292,68 kN/m

Bt,d < Bm,d**Le défaut de butée est justifié pour cette phase.**

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 23,95 kN/m

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

Pv,d = -56,82 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 "linéiques" 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 = -32,87 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 32,87 kN/m vers le haut.

PHASE 2 - Transitoire

L'écran est considéré ancré.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : Bt,k = 594,94 kN/m

Valeur de calcul : Bt,d = 803,17 kN/m

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 915,78 kN/m

Valeur de calcul : Bm,d = 832,52 kN/m

Bt,d < Bm,d**Le défaut de butée est justifié pour cette phase.**

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 23,95 kN/m

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

Pv,d = -187,85 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 "linéiques" 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 = -163,89 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 163,89 kN/m vers le haut.

Calcul réalisé par : GEOTEC

Annexe 10 :

Vérification de la stabilité des soutènements actuels, modélisation K-Réa

Rive droite



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

DONNEES

Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	183,13 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Remblais et argiles à limons mous	186,00	17,00	9,00	21,00	4,00	0,000	0,642	0,473	2,521	0,642	0,642	1,375	3,809	8355	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argiles +/- sablo-graveleuses fermes à raides	178,50	19,00	10,00	24,00	7,00	0,000	0,593	0,423	2,931	0,593	0,593	1,299	4,150	24632	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide à très raide	176,00	20,00	11,00	28,00	20,00	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	71432	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	173,55	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	2255436	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	174,00	17850	1,51

Cote de la tête de l'écran : z0 = 186,00 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

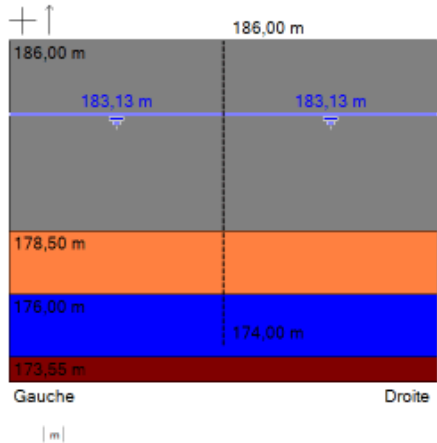
AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

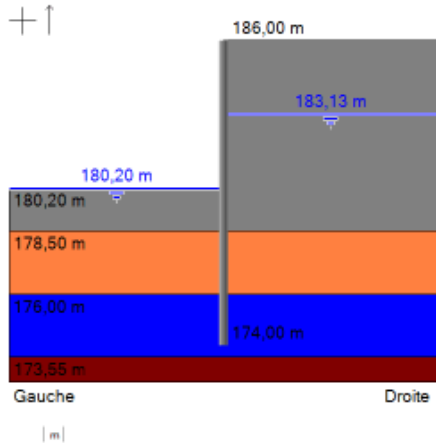
SYNTHESE PHASAGE

Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !

Phase initiale



Phase 1 : Phase transitoire



- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 180,20
- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 180,20
- Action hydraulique : (droite)
zw [m] = 183,13



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

RESULTATS (Synthèse)**Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !**

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées
1	-18,69	-29,14	72,43	-79,76	2,693
Extrema	-18,69	-29,14	72,43	-79,76	2,693



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

RESULTATS (Synthèse)**Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !**

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	-391,46	225,31	OK	-65,28	OK
Extrema	-	-391,46	225,31	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

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
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	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



Calcul réalisé par : GEOTEC

Rive gauche



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

DONNEES

Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	183,13 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Argile molle	186,00	17,00	9,00	20,00	3,50	0,000	0,658	0,490	2,384	0,658	0,658	1,400	3,706	3316	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Sables et graviers + / - argileux denses à très denses	177,55	20,00	10,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,271	7,339	0,426	0,426	0,000	0,000	140965	0	0,000	-0,666	0,100	10000,00
Passée argileuse ferme	176,05	19,00	10,00	23,00	6,00	0,000	0,609	0,440	2,795	0,609	0,609	1,324	4,031	6992	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide à très raide	174,55	20,00	10,00	27,00	16,50	0,000	0,546	0,377	3,417	0,546	0,546	1,226	4,542	42714	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	172,55	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	664728	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00


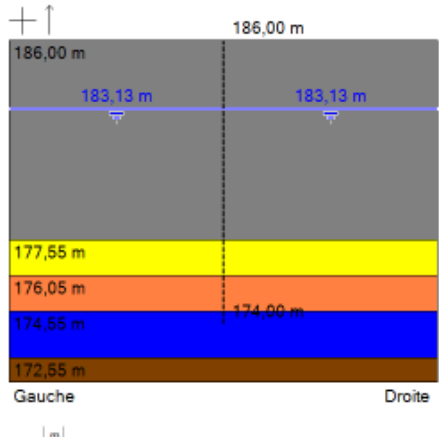
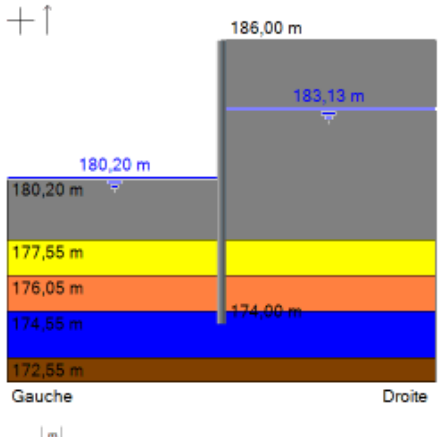

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	174,00	17850	1,51

Cote de la tête de l'écran : z0 = 186,00 m



Calcul réalisé par : GEOTEC

 <p>K-Réa v4 v.4.0.28</p>	<p>AFFAIRE 18/07791/NANCY</p> <p>MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS</p>		
<p>SYNTHESE PHASAGE</p>		<p>Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !</p>	
<p>Phase initiale</p>  <p>Gauche Droite</p>	<p>Phase 1 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p>		
	<p>- Excavation (côté gauche) : zh [m] = 180,20</p> <p>- Action hydraulique : (gauche) zw [m] = 180,20</p> <p>- Action hydraulique : (droite) zw [m] = 183,13</p>		
	<p>Calcul réalisé par : GEOTEC</p>		



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

RESULTATS (Synthèse)**Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !**

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées
1	-0,96	-116,06	-620,66	-536,73	1,563
Extrema	-0,96	-116,06	-620,66	-536,73	1,563



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

RESULTATS (Synthèse)**Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !**

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	-1153,05	-425,95	Non OK	-311,25	OK
Extrema	-	-1153,05	-425,95	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE 18/07791/NANCY

MONTMEDY RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE LA CHIERS

Vérifications

Attention le calcul de ce projet n'a pas pu converger !

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

Actions		
Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Y_{pa})	1,00	1,35
pression d'eau (Y_{pw})	1,00	1,35
poids propre de l'écran (Y_{wv})	1,00	1,35

Actions		
Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
Sol - permanente (Y_G)	1,00	1,00
Sol - variable (Y_Q)	1,11	1,11
Ecran - permanente favorable ($Y_{G,inf}$)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable ($Y_{G,sup}$)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable ($Y_{Q,sup}$)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Y_c')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Y_{ϕ}')	1,00	1,00
Cohésion non drainée (Y_{cu})	1,00	1,00

-		
	MISS	MEL
Butée limite - phase durable ($Y_{pb,D}$)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire ($Y_{pb,T}$)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Y_{anc})	1,00	-
Effort déstabilisant (Y_{krz})	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : $Y_E = 1,35$ Méthode de référence pour le recalcul de k_a/k_p : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS



Calcul réalisé par : GEOTEC

Annexe 11 :

Confortement des soutènements actuels, modélisation K-Réa

Rive droite



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES**GENERALITES :**

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	183,13 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Remblai et argiles à limons mous	186,00	17,00	9,00	21,00	4,00	0,000	0,642	0,473	2,521	0,642	0,642	1,375	3,809	9827	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argiles + / - sablo-graveleuses	178,50	19,00	10,00	24,00	7,00	0,000	0,593	0,423	2,931	0,593	0,593	1,299	4,150	28973	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide	176,00	20,00	11,00	28,00	20,00	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	84018	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	173,55	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	2674115	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	174,50	10710	1,51

Cote de la tête de l'écran : z0 = 186,00 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES

TIRANT	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]	Lu [m]	Ls [m]
1	1	183,50	41567	0,01	30,00	10,00	10,00

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	186,00	55500	0,00	0,00

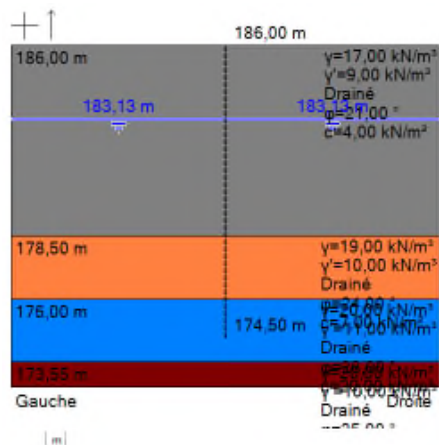
APPUI SURFACIQUE	Phase	z,inf [m]	z,sup [m]	Rs [kN/m³]	ps [kN/m/m]
1	3	180,20	180,70	1000000	1



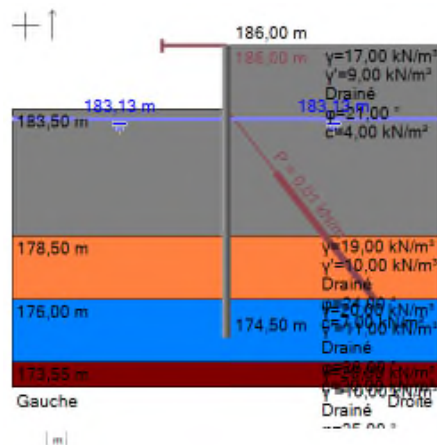
Calcul réalisé par : GEOTEC

SYNTHESE PHASAGE

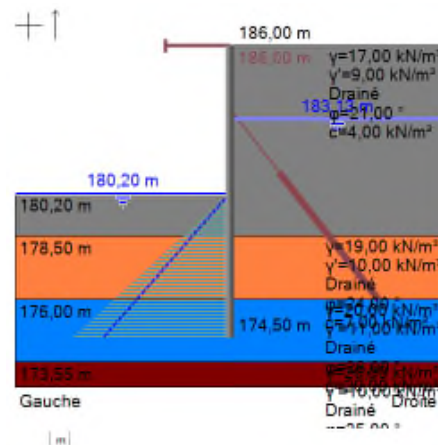
Phase initiale



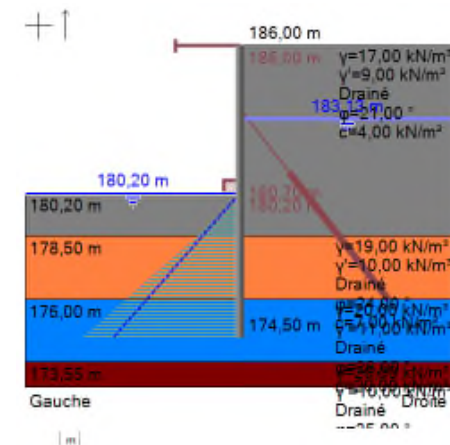
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 183,50
- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1
za [m] = 186,00
K [kN/m/m] = 55500
 α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00
- Mise en place du tirant (côté droit) : n°1
za [m] = 183,50
K [kN/m/m] = 41567
P [kN/m] = 0,01
 α [°] = 30,00

- Action hydraulique : (gauche)
 $z_w [m] = 180,20$
 Définition d'un gradient :
 $z(pt) [m] = 180,20$ $uw(pt) [kN/m/m] = 0,00$
 $z(pt) [m] = 174,50$ $uw(pt) [kN/m/m] = 70,57$
- Excavation (côté gauche) :
 $z_h [m] = 180,20$

- Mise en place de l'appui surfacique : (gauche) n°1
 - z_{sup} [m] = 180,70
 - z_{inf} [m] = 180,20
 - K_s [kN/m²] = 1000000
- Action hydraulique : (gauche)
 - z_w [m] = 180,20
 - Définition d'un gradient :
 - z(pt) [m] = 180,00 u_w(pt) [kN/m/m] = 0,00
 - z(pt) [m] = 174,50 u_w(pt) [kN/m/m] = 70,57



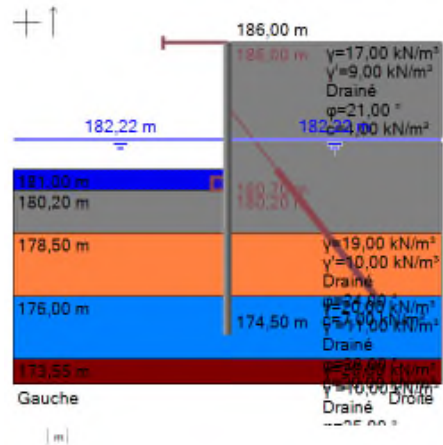
v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

SYNTHESE PHASAGE

Phase 4 : Phase durable



- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 182,22

- Action hydraulique : (droite)
zw [m] = 182,22

- Remblai (gauche) Remblai final

zt [m] = 181,00
phi [°] = 28,00
dc [kN/m²/m] = 0,000
gamma [kN/m³] = 19,00
kac = 0,000
kpc = 0,000
kd = 0,531
kh [kN/m²/m] = 44936
pmax [kN/m/m] = 10000,00

Drainé
c [kN/m²] = 0,00
gamma' [kN/m³] = 10,00
kay = 0,362
kpy = 3,592
ki = 0,531
kr = 0,531
dkh [kN/m²/m/m] = 0
ka,min = 0,100



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Tirant 1 kN/m	Appui S. 1 kN/m
1	-0,11	-1,95	7,98	-7,93	4,151	5,86	0,01	-
2	0,44	-39,66	101,55	106,45	1,717	-24,48	185,62	-
3	0,44	-39,67	101,34	106,42	1,742	-24,47	185,57	0,64
4	0,44	-39,53	110,15	104,73	2,543	-24,22	183,56	-51,47
Extrema	0,44	-39,67	110,15	106,45	1,717	-24,48	185,62	-51,47



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900



MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL



RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Tirant 1 kN/m	Appui S. 1 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	10,77	-10,71	7,91	0,01	-	OK	-3,13	OK
2	MISS	137,09	143,71	-33,05	250,59	-	OK	80,01	OK
3	MISS	136,80	143,66	-33,04	250,51	0,87	OK	79,30	OK
4	MISS	148,71	141,39	-32,70	247,81	-69,49	OK	88,22	OK
Extrema	-	148,71	143,71	-33,05	250,59	-69,49	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC

 <p style="text-align: center;">v.4.0.28</p>	AFFAIRE EE582900 MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL																																																											
Vérifications																																																												
COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)																																																												
Actions	Actions	Paramètre de résistance	-																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Sol - Eau - Ecran</th> <th>MISS</th> <th>MEL</th> </tr> <tr> <td>poussée limite du sol (Ypa)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>pression d'eau (Ypw)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>poids propre de l'écran (YW)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> </table>	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	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Sucharges appliquée sur le sol et l'écran</th> <th>MISS</th> <th>MEL</th> </tr> <tr> <td>Sol - permanente (YG)</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Sol - variable (YQ)</td> <td>1,11</td> <td>1,11</td> </tr> <tr> <td>Ecran - permanente favorable (YG,inf)</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Ecran - permanente défavorable (YG,sup)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>Ecran - variable défavorable (YQ,sup)</td> <td>1,11</td> <td>1,50</td> </tr> </table>	Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL	Sol - permanente (YG)	1,00	1,00	Sol - variable (YQ)	1,11	1,11	Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00	Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35	Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Paramètres du sol</th> <th>MISS</th> <th>MEL</th> </tr> <tr> <td>Cohésion effective (Yc')</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Angle de frot. effectif (Yφ')</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Cohesion non drainée (Ycu')</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> </table>	Paramètres du sol	MISS	MEL	Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00	Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00	Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th>MISS</th> <th>MEL</th> </tr> <tr> <td>Butée limite - phase durable (Ypb,D)</td> <td>1,40</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>Butée limite - phase transitoire (Ypb,T)</td> <td>1,10</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>Résistance des appuis (Yanc)</td> <td>1,00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Effort déstabilisant (Ykrz)</td> <td>1,10</td> <td>-</td> </tr> </table>		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	-
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																																																										
Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL																																																										
Sol - permanente (YG)	1,00	1,00																																																										
Sol - variable (YQ)	1,11	1,11																																																										
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00																																																										
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35																																																										
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50																																																										
Paramètres du sol	MISS	MEL																																																										
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00																																																										
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00																																																										
Cohesion non drainée (Ycu')	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	-																																																										
<p>Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35</p> <p>Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel</p>																																																												
RESULTATS DES VERIFICATIONS PHASE 1 - Transitoire L'écran est considéré ancré. La butée pour cette phase est considérée à gauche. Vérification du défaut de butée : Butée mobilisée : Valeur caractéristique : Bt,k = 358,87 kN/m Valeur de calcul : Bt,d = 484,48 kN/m Butée mobilisable : Valeur caractéristique : Bm,k = 1489,51 kN/m Valeur de calcul : Bm,d = 1354,10 kN/m Bt,d < Bm,d Le défaut de butée est justifié pour cette phase. Vérification de l'équilibre vertical : Poids propre P de l'écran : Pd = 23,44 kN/m Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -26,58 kN/m Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 0,01 kN/m Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" 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 = -3,13 kN/m Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 3,13 kN/m vers le haut. Vérification du massif d'ancrage : Kranz Liste des situations étudiées : Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 0,01 kN/m; Tdsb,d = 334,72 kN/m OK		<p>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</p> PHASE 2 - Transitoire L'écran est considéré ancré. La butée pour cette phase est considérée à gauche. Vérification du défaut de butée : Butée mobilisée : Valeur caractéristique : Bt,k = 357,37 kN/m Valeur de calcul : Bt,d = 482,46 kN/m Butée mobilisable : Valeur caractéristique : Bm,k = 613,55 kN/m Valeur de calcul : Bm,d = 557,78 kN/m Bt,d < Bm,d Le défaut de butée est justifié pour cette phase. Vérification de l'équilibre vertical : Poids propre P de l'écran : Pd = 23,44 kN/m Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -68,73 kN/m Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 125,29 kN/m Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" 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 = 80,01 kN/m Charge verticale ELU de 80,01 kN/m à transmettre en pied de l'écran. Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie. Vérification du massif d'ancrage : Kranz																																																										
		Calcul réalisé par : GEOTEC																																																										

 v.4.0.28	AFFAIRE EE582900 MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL
Vérifications	
<p>Liste des situations étudiées :</p> <p>Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 250,59 kN/m; Tdsb,d = 295,00 kN/m OK</p> <p>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</p> <p><u>PHASE 3 - Transitoire</u></p> <p>L'écran est considéré ancré.</p> <p>La butée pour cette phase est considérée à gauche.</p> <p><u>Vérification du défaut de butée :</u></p> <p>Butée mobilisée :</p> <p>Valeur caractéristique : Bt,k = 363,19 kN/m</p> <p>Valeur de calcul : Bt,d = 490,31 kN/m</p> <p>Butée mobilisable :</p> <p>Valeur caractéristique : Bm,k = 632,65 kN/m</p> <p>Valeur de calcul : Bm,d = 575,14 kN/m</p> <p>Bt,d < Bm,d</p> <p>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</p> <p><u>Vérification de l'équilibre vertical :</u></p> <p>Poids propre P de l'écran :</p> <p>Pd = 23,44 kN/m</p> <p>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</p> <p>Pv,d = -69,40 kN/m</p> <p>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</p> <p>Tv,d = 125,26 kN/m</p> <p>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</p> <p>Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</p> <p>Résultante ELU des efforts verticaux :</p> <p>Rv,d = 79,30 kN/m</p> <p>Charge verticale ELU de 79,30 kN/m à transmettre en pied de l'écran.</p> <p>Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.</p> <p><u>Vérification du massif d'ancrage : Kranz</u></p> <p>Liste des situations étudiées :</p> <p>Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 250,51 kN/m; Tdsb,d = 294,73 kN/m OK</p> <p>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</p> <p><u>PHASE 4 - Durable</u></p> <p>L'écran est considéré ancré.</p> <p>La butée pour cette phase est considérée à gauche.</p> <p><u>Vérification du défaut de butée :</u></p> <p>Butée mobilisée :</p> <p>Valeur caractéristique : Bt,k = 344,05 kN/m</p> <p>Valeur de calcul : Bt,d = 464,47 kN/m</p> <p>Butée mobilisable :</p>	<p>Valeur caractéristique : Bm,k = 874,89 kN/m</p> <p>Valeur de calcul : Bm,d = 624,92 kN/m</p> <p>Bt,d < Bm,d</p> <p>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</p> <p><u>Vérification de l'équilibre vertical :</u></p> <p>Poids propre P de l'écran :</p> <p>Pd = 23,44 kN/m</p> <p>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</p> <p>Pv,d = -59,13 kN/m</p> <p>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</p> <p>Tv,d = 123,90 kN/m</p> <p>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</p> <p>Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</p> <p>Résultante ELU des efforts verticaux :</p> <p>Rv,d = 88,22 kN/m</p> <p>Charge verticale ELU de 88,22 kN/m à transmettre en pied de l'écran.</p> <p>Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.</p> <p><u>Vérification du massif d'ancrage : Kranz</u></p> <p>Liste des situations étudiées :</p> <p>Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 247,81 kN/m; Tdsb,d = 365,67 kN/m OK</p> <p>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</p>
	<p align="center">Calcul réalisé par : GEOTEC</p>

Rive gauche



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES**GENERALITES :**

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	183,13 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	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
Argile molle	186,00	17,00	9,00	20,00	3,50	0,000	0,658	0,490	2,384	0,658	0,658	1,400	3,706	3900	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Sables et graviers + / - argileux denses à très denses	177,55	20,00	10,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,271	7,339	0,426	0,426	0,000	0,000	167132	0	0,000	-0,666	0,100	10000,00
Passée argileuse ferme	176,05	19,00	10,00	23,00	6,00	0,000	0,609	0,440	2,795	0,609	0,609	1,324	4,031	8224	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argile marneuse raide à très raide	174,55	20,00	10,00	27,00	16,50	0,000	0,546	0,377	3,417	0,546	0,546	1,226	4,542	50643	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Calcaire à marno-calcaire	172,55	20,00	10,00	35,00	80,00	0,000	0,426	0,254	7,339	0,426	0,426	1,076	7,866	2674115	0	0,333	-0,666	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	174,50	10710	1,51

Cote de la tête de l'écran : z0 = 186,00 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

DONNEES

TIRANT	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]	Lu [m]	Ls [m]
1	1	183,50	41567	0,01	30,00	10,00	10,00

BUTON	Phase	za [m]	K [kN/m/m]	P [kN/m]	α [°]
1	1	186,00	55500	0,00	0,00

APPUI SURFACIQUE	Phase	z,inf [m]	z,sup [m]	Rs [kN/m³]	ps [kN/m/m]
1	3	180,20	180,70	1000000	1



Calcul réalisé par : GEOTEC



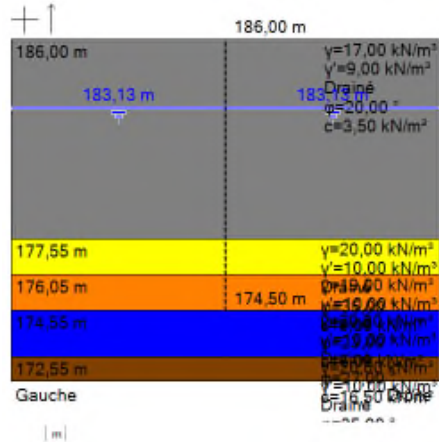
v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

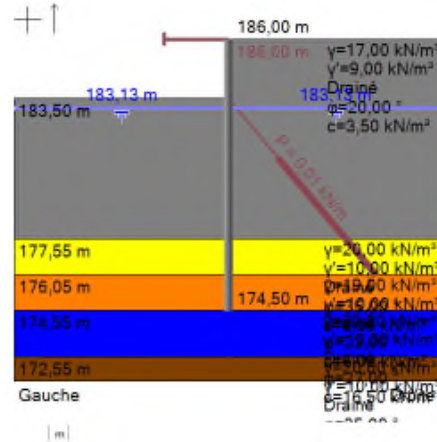
MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

SYNTHESE PHASAGE

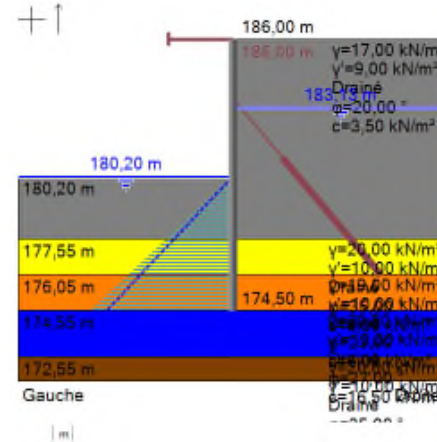
Phase initiale



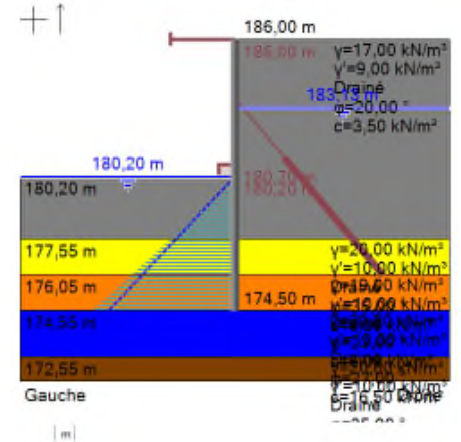
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 183,50
- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1
za [m] = 186,00
K [kN/m/m] = 55500
α [°] = 0,00
P [kN/m] = 0,00
- Mise en place du tirant (côté droit) : n°1
za [m] = 183,50
K [kN/m/m] = 41567
P [kN/m] = 0,01
α [°] = 30,00

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 180,20
Définition d'un gradient :
z(pt) [m] = 180,20 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
z(pt) [m] = 174,50 uw(pt) [kN/m/m] = 64,30
- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 180,20

- Mise en place de l'appui surfacique : (gauche) n°1
z,sup [m] = 180,70
z,inf [m] = 180,20
Ks [kN/m²] = 1000000
- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 180,20
Définition d'un gradient :
z(pt) [m] = 180,00 uw(pt) [kN/m/m] = 0,00
z(pt) [m] = 174,50 uw(pt) [kN/m/m] = 64,30



Calcul réalisé par : GEOTEC



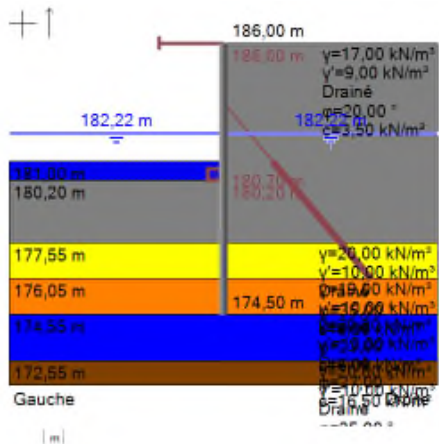
v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

SYNTHESE PHASAGE

Phase 4 : Phase durable



- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 182,22

- Action hydraulique : (droite)
zw [m] = 182,22

- Remblai (gauche) Remblai final

zt [m] = 181,00	Drainé
ϕ [°] = 28,00	c [kN/m²] = 0,00
dc [kN/m²/m] = 0,000	γ' [kN/m³] = 10,00
γ [kN/m³] = 19,00	kay = 0,362
kac = 0,000	kpy = 3,592
kpc = 0,000	ki = 0,531
kd = 0,531	kr = 0,531
kh [kN/m²/m] = 44936	dkh [kN/m²/m/m] = 0
pmax [kN/m/m] = 10000,00	ka,min = 0,100



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Tirant 1 kN/m	Appui S. 1 kN/m
1	-0,15	-4,56	-14,89	-24,40	4,320	8,36	0,01	-
2	10,41	-42,37	112,62	105,67	1,488	0,00	185,43	-
3	10,40	-42,37	112,44	105,62	1,524	0,00	185,36	0,74
4	10,35	-42,29	124,18	103,99	2,253	0,00	183,43	-62,75
Extrema	10,41	-42,37	124,18	105,67	1,488	8,36	185,43	-62,75



Calcul réalisé par : GEOTEC



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900



MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Tirant 1 kN/m	Appui S. 1 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	-20,11	-32,94	11,29	0,01	-	OK	-23,76	OK
2	MISS	152,04	142,65	0,00	250,33	-	OK	-26,76	OK
3	MISS	151,79	142,58	0,00	250,23	1,00	OK	-27,52	OK
4	MISS	167,65	140,39	0,00	247,63	-84,71	OK	-10,48	OK
Extrema	-	167,65	142,65	11,29	250,33	-84,71	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC

 <p style="margin-top: 5px;">v.4.0.28</p>	AFFAIRE EE582900 MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL																																																											
Vérifications COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)																																																												
<p style="text-align: center; margin-bottom: 5px;">Actions</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 60%;">Sol - Eau - Ecran</th> <th style="width: 20%;">MISS</th> <th style="width: 20%;">MEL</th> </tr> <tr> <td>poussée limite du sol (Ypa)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>pression d'eau (Ypw)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>poids propre de l'écran (YW)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> </table>	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	<p style="text-align: center; margin-bottom: 5px;">Actions</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 60%;">Sucharges appliquée sur le sol et l'écran</th> <th style="width: 20%;">MISS</th> <th style="width: 20%;">MEL</th> </tr> <tr> <td>Sol - permanente (YG)</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Sol - variable (YQ)</td> <td>1,11</td> <td>1,11</td> </tr> <tr> <td>Ecran - permanente favorable (YG,inf)</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Ecran - permanente défavorable (YG,sup)</td> <td>1,00</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>Ecran - variable défavorable (YQ,sup)</td> <td>1,11</td> <td>1,50</td> </tr> </table>	Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL	Sol - permanente (YG)	1,00	1,00	Sol - variable (YQ)	1,11	1,11	Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00	Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35	Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50	<p style="text-align: center; margin-bottom: 5px;">Paramètre de résistance</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 60%;">Paramètres du sol</th> <th style="width: 20%;">MISS</th> <th style="width: 20%;">MEL</th> </tr> <tr> <td>Cohésion effective (Yc')</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Angle de frot. effectif (Yφ')</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Cohesion non drainée (Ycu')</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> </table>	Paramètres du sol	MISS	MEL	Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00	Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00	Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00	<p style="text-align: center; margin-bottom: 5px;">-</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 60%;">Paramètres du sol</th> <th style="width: 20%;">MISS</th> <th style="width: 20%;">MEL</th> </tr> <tr> <td>Butée limite - phase durable (Ypb,D)</td> <td>1,40</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>Butée limite - phase transitoire (Ypb,T)</td> <td>1,10</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>Résistance des appuis (Yanc)</td> <td>1,00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Effort déstabilisant (Ykrz)</td> <td>1,10</td> <td>-</td> </tr> </table>	Paramètres du sol	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	-
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																																																										
Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL																																																										
Sol - permanente (YG)	1,00	1,00																																																										
Sol - variable (YQ)	1,11	1,11																																																										
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00																																																										
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35																																																										
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50																																																										
Paramètres du sol	MISS	MEL																																																										
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00																																																										
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00																																																										
Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00																																																										
Paramètres du sol	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	-																																																										
<p>Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35</p> <p>Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel</p>																																																												
RESULTATS DES VERIFICATIONS PHASE 1 - Transitoire L'écran est considéré ancré. La butée pour cette phase est considérée à gauche. Vérification du défaut de butée : Butée mobilisée : Valeur caractéristique : Bt,k = 367,69 kN/m Valeur de calcul : Bt,d = 496,38 kN/m Butée mobilisable : Valeur caractéristique : Bm,k = 1588,41 kN/m Valeur de calcul : Bm,d = 1444,01 kN/m Bt,d < Bm,d Le défaut de butée est justifié pour cette phase. Vérification de l'équilibre vertical : Poids propre P de l'écran : Pd = 23,44 kN/m Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -47,21 kN/m Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 0,01 kN/m Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" 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 = -23,76 kN/m Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 23,76 kN/m vers le haut. Vérification du massif d'ancrage : Kranz Liste des situations étudiées : Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 0,01 kN/m; Tdsb,d = 321,22 kN/m OK		<p>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</p> PHASE 2 - Transitoire L'écran est considéré ancré. La butée pour cette phase est considérée à gauche. Vérification du défaut de butée : Butée mobilisée : Valeur caractéristique : Bt,k = 411,55 kN/m Valeur de calcul : Bt,d = 555,59 kN/m Butée mobilisable : Valeur caractéristique : Bm,k = 612,21 kN/m Valeur de calcul : Bm,d = 556,56 kN/m Bt,d < Bm,d Le défaut de butée est justifié pour cette phase. Vérification de l'équilibre vertical : Poids propre P de l'écran : Pd = 23,44 kN/m Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -175,37 kN/m Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 125,17 kN/m Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" 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 = -26,76 kN/m Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 26,76 kN/m vers le haut. Vérification du massif d'ancrage : Kranz																																																										
		Calcul réalisé par : GEOTEC																																																										



v.4.0.28

AFFAIRE EE582900

MONTMÉDY - PRO - SUPPRESSION DE SEUIL

Vérifications

Liste des situations étudiées :
Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 250,33 kN/m; Tdsb,d = 320,86 kN/m OK
La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.

PHASE 3 - Transitoire

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

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 416,30 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 562,00 kN/m
Butée mobilisable :
Valeur caractéristique : Bm,k = 634,28 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 576,62 kN/m

Bt,d < Bm,d
Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :
Pd = 23,44 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -176,08 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 125,12 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" 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 = -27,52 kN/m
Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 27,52 kN/m vers le haut.

Vérification du massif d'ancrage : Kranz

Liste des situations étudiées :
Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 250,23 kN/m; Tdsb,d = 319,97 kN/m OK
La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.

PHASE 4 - Durable

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

Vérification du défaut de butée :

Butée mobilisée :
Valeur caractéristique : Bt,k = 387,80 kN/m
Valeur de calcul : Bt,d = 523,53 kN/m
Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : Bm,k = 873,63 kN/m
Valeur de calcul : Bm,d = 624,02 kN/m

Bt,d < Bm,d
Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :
Pd = 23,44 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
Pv,d = -157,74 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
Tv,d = 123,82 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" 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 = -10,48 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 10,48 kN/m vers le haut.

Vérification du massif d'ancrage : Kranz

Liste des situations étudiées :
Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 247,63 kN/m; Tdsb,d = 416,36 kN/m OK
La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.



Calcul réalisé par : GEOTEC