



RAPPORT

Étude Géotechnique de conception Phase Avant-Projet et Projet (G2 AVP + PRO)

Confortement des berges du canal du Midi TOULOUSE (31) Boulevard de la Marquette

Référence : 2025/01198/TOULS/01				Mission G2 Phase AVP + PRO		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte + annexes			
0	17/07/205	Première émission	33 + 29	P. DOUCHIN	A. LAFOURCADE	A. LAFOURCADE
A						
B						
C						

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

AGENCE PARIS
 50 Rue Pierre Curie
 78370 PLAISIR
 Tél : 01.61.37.28.60
 Mail : agence.paris@geotec.fr

Siège social :
 9 bld de l'Europe 21800 QUETIGNY
 Tél. : 03.80.48.93.20
 SAS au capital de 952 200 € - Siret 778 196501 00028
 Code NAF 7112B – Qualité OPQIBI
 Membre SYNTEC, USG et UPDS - www.geotec.fr

SOMMAIRE

1. CADRE D'INTERVENTION	4
1.1 INTERVENANTS	4
1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	4
1.2.1 Documents reçus	4
1.2.2 Référentiels	4
1.2.3 Projet et emprises	4
1.3 MISSION	8
1.4 REMARQUES	8
2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	9
2.1 LE SITE	9
2.1.1 Etat actuel	9
2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	10
2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES	10
3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE	11
3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	12
3.2 ESSAIS EN LABORATOIRE	13
3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	13
3.4 HYDROGÉOLOGIE	14
3.5 POLLUTION	15
4. DEFINITION DU MODELE GEOTECHNIQUE DU SITE ET DE LA ZIG	16
4.1 DEFINITION DE LA ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE	16
4.2 DEFINITION DU MODELE GEOTECHNIQUE	16
4.3 DEFINITION DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE	17
5. DIMENSIONNEMENT DU RIDEAU DE PALPLANCHES	18
5.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	18
5.2 SOLlicitATIONS APPLIQUEES SUR L'ECRAN	18
5.3 HYPOTHESES DE CALCUL DE LA PAROI	19
5.3.1 Caractéristiques de la paroi provisoire	19
5.3.2 Hypothèses matériaux	20
5.3.3 Paramètres géotechniques	20
5.4 METHODOLOGIE DE CALCUL	22
5.5 PHASAGE DES CALCULS	23
5.6 RESULTATS DES CALCULS	23

5.7	SUJETIONS D'EXECUTION	26
6.	RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET	27

1. CADRE D'INTERVENTION

1.1 INTERVENANTS

A la demande d'ARTELIA et pour le compte de VNF, **GÉOTEC** a réalisé la présente étude sur le site suivant : Boulevard de la Marquette, commune de TOULOUSE (31).

Les autres intervenants connus au moment de l'étude sont les suivants :

- Maître d'Œuvre : ARTELIA

1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

1.2.1 Documents reçus

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GÉOTEC :

Document	Émetteur	Référence	Date	Échelle	Cote altimétrique	Remarques
Vue en plan et coupes types	ARTELIA	4373447_Marquette_AVP_IndB	06/2025	1/100	oui	NGF

1.2.2 Référentiels

Les référentiels retenus par le maître d'Ouvrage dans le cadre du présent projet est l'Eurocode 7 et notamment la norme d'application française NF P94-282 – Ouvrages de soutènement – Ecrans.

1.2.3 Projet et emprises

Le projet consiste au confortement d'une partie des berges du Canal du Midi qui s'est effondrée. Il est notamment prévu la mise en place de rideaux de palplanches en pied de berge et la stabilisation du talus par cloutage associé à un grillage double torsion et tressage en fibre de coco.

Une vue en plan et des coupes types du projet sont présentées pages suivantes.

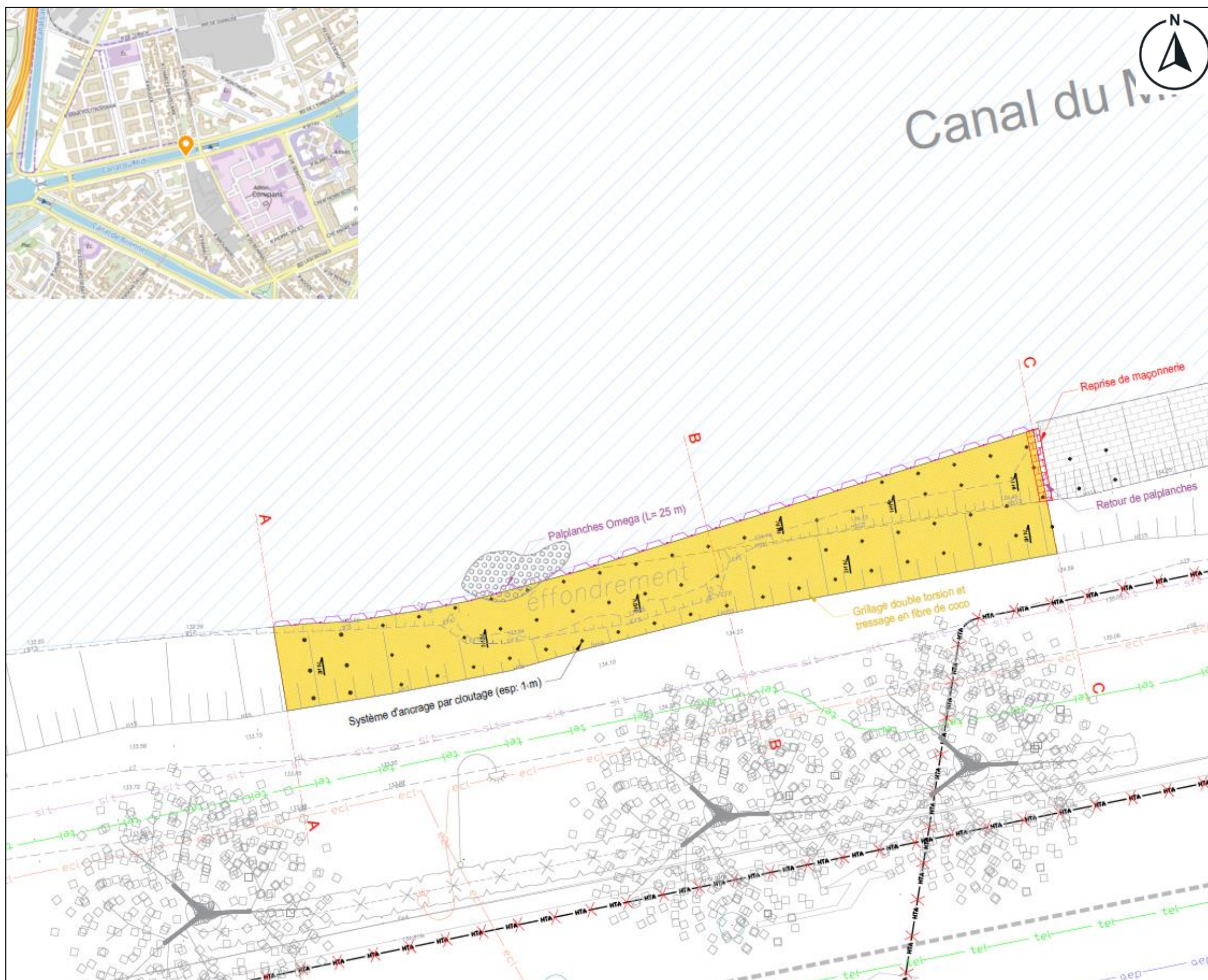


Figure 1 : Plan de situation et vue en plan du projet (échelle graphique)

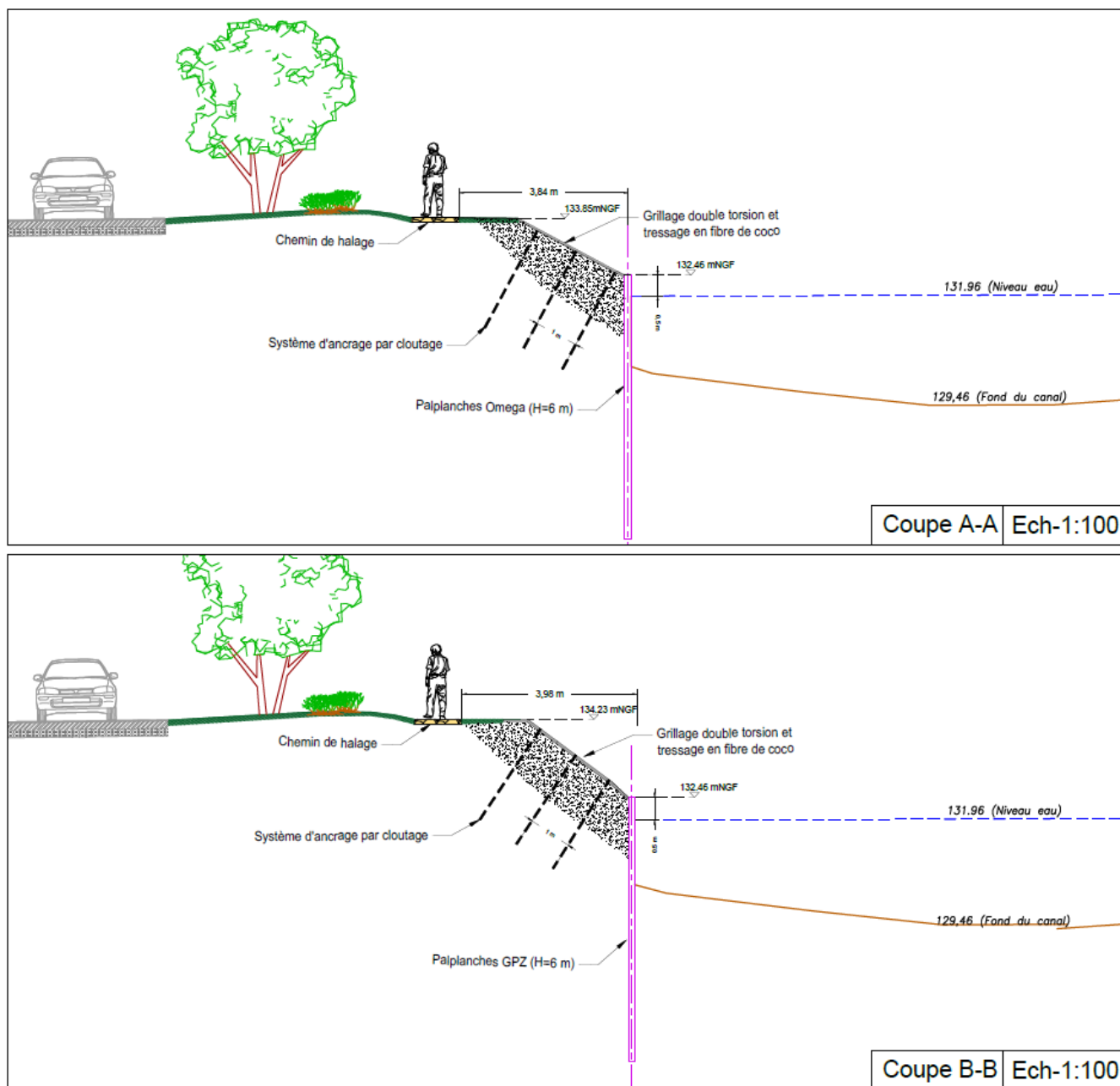


Figure 2 : Coupes A-A et B-B du projet (échelle graphique)

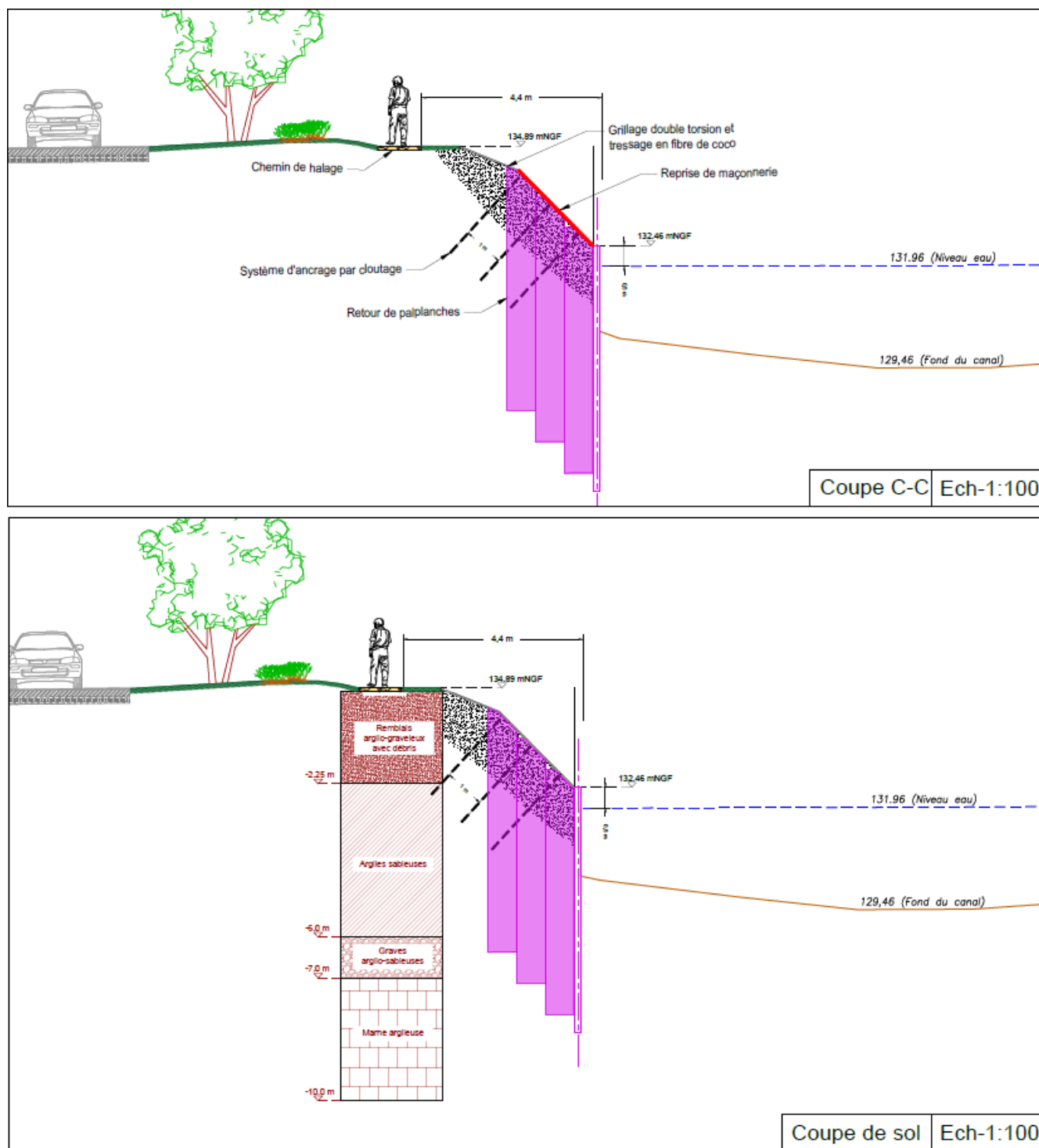


Figure 3 : Coupe C-C du projet et coupe de sol (échelle graphique)

1.3 MISSION

Conformément à son offre Réf. 2025/01198/TOULS/01 indice B du 04/03/2025, GÉOTEC a reçu une mission de conception géotechnique, phase avant-projet (G2 AVP) et projet (G2 PRO), hors approche des quantités, coûts et délais, selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques.

Cette mission repose sur des investigations réalisées par GÉOTEC en Avril 2025.

En accord avec la Maîtrise d'Œuvre, notre mission se limite à l'étude du rideau de palplanches. L'étude de la stabilité du talus avec cloutage associé à un grillage double torsion et tressage en fibre de coco sera réalisé par l'entreprise en phase G3.

Il est rappelé que la phase projet de la mission d'étude géotechnique de conception G2 doit être complétée par la phase DCE/ACT puis par des missions de réalisation G3 (étude et suivi d'exécution réalisés par le géotechnicien de l'entreprise) et G4 (supervision géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours ou après réception des ouvrages. GÉOTEC reste à la disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires de conception G2 et G4, la mission G3 étant réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions générales » données en fin de rapport.

1.4 REMARQUES

Toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- Rd : résistance dynamique apparente (formule des Hollandais)
- TA : terrain actuel
- EE : eaux exceptionnelles
- EH : eaux hautes
- EB : eaux basses
- EC : eaux de chantier
- NGF : nivellement général de la France défini selon l'IGN69
- FB : fond bathymétrique
- DDT : direction départementale des territoires
- DDTM : direction départementale des territoires et de la Mer

2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

2.1 LE SITE

2.1.1 Etat actuel

Le terrain étudié se trouve à TOULOUSE (31), en zone urbaine, dans la plaine alluviale de la Garonne. Il est délimité par :

- Le Canal du midi au Nord,
- Le chemin de halage puis le Boulevard de la Marquette Au Sud.

Il s'agit des berges du Canal du Midi dont une partie s'est effondrée (cf. photos ci-dessous).



Figure 4 : Photos de l'effondrement de berge

D'après les éléments transmis, la cote du chemin de halage, situé en tête de talus, se situe entre +133.73 et +134.89 m NGF au droit de la zone d'étude. Le fond du canal se trouve, quant à lui, à la cote +129.46 m NGF.

2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance définie et réalisée par GÉOTEC a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage pressiométrique** (SP1) réalisé en diamètre 63/66 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB175.

Ce sondage a atteint une profondeur de 15.0 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.5 m.

- **1 sondages carottés** (SC1) réalisés en diamètre 114/116 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB175.

Ce sondage a atteint une profondeur de 10.0 m par rapport au TA. Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés et de prélever des échantillons intacts pour analyses en laboratoire.

- **2 essais au pénétromètre dynamique** (PD1 et PD2) arrêtés à 6.0 m/TA. Ils ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique de type B.

Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

- **des analyses de laboratoire** sont actuellement en cours sur des échantillons prélevés entre 1.7 et 4.0 m de profondeur dans le sondage carotté.

2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

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

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).

3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique n°983 du BRGM au 1/50000^{ème}, feuille de TOULOUSE-ouest et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- Remblais d'aménagement du site,
- Alluvions quaternaires et modernes de la basse plaine de la Garonne (Fz1) : galets, graviers et sables,
- Substratum molassique de l'Aquitanien et du Stampien (g2-3).

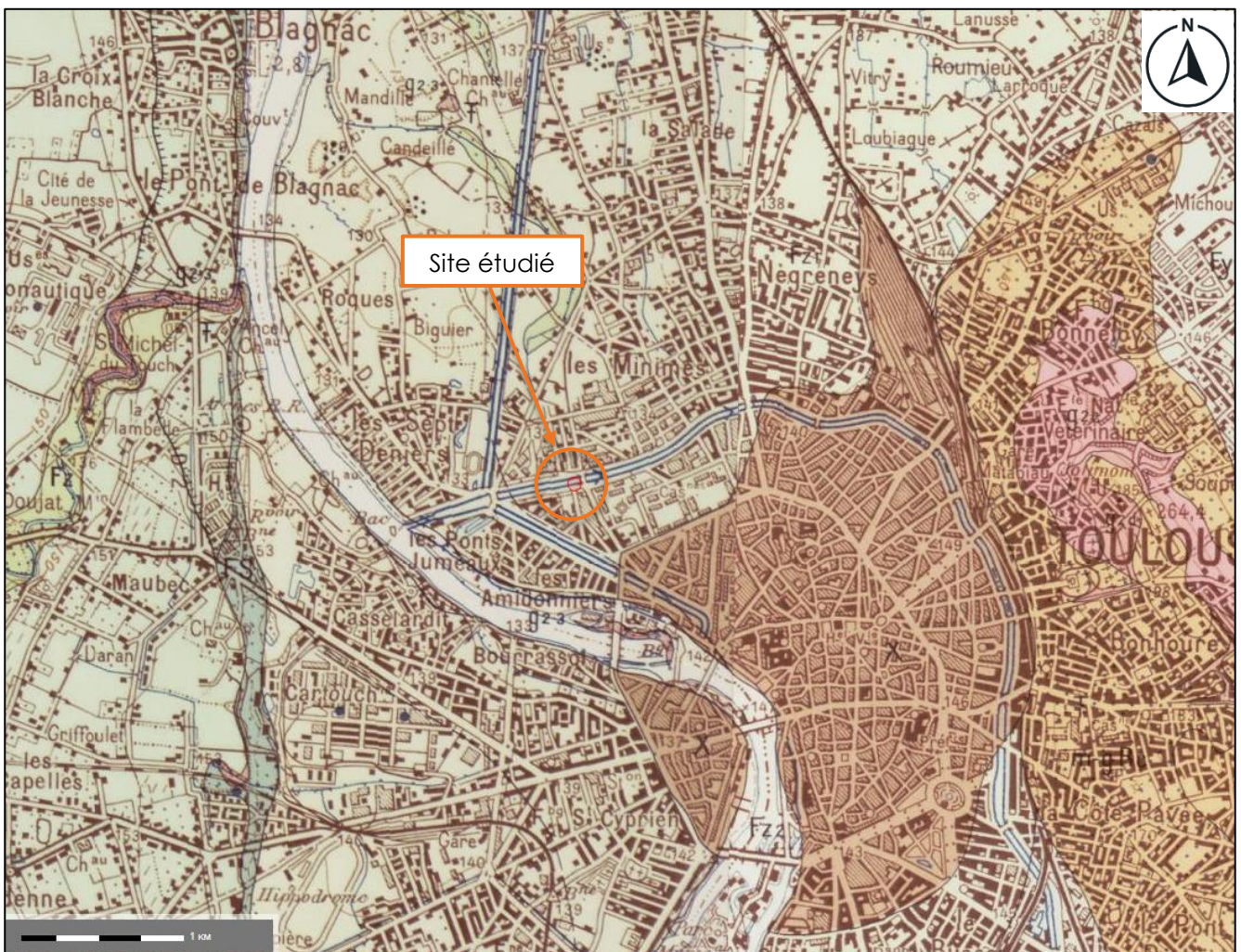


Figure 5 : Extrait de la carte géologique n°983 de Toulouse-Ouest (échelle graphique)

3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

La campagne de reconnaissance a mis en évidence les formations suivantes :

- des **remblais** identifiés sur 2.25 à 2.50 m d'épaisseur dans les sondages SP1 et SC1.

Leurs caractéristiques mécaniques sont très faibles :

$$p_l^* = 0.14 \text{ MPa (1 seule valeur)}$$

$$E_M = 1.6 \text{ MPa (1 seule valeur)}$$

- des **argiles ± sableuses marron** reconnues jusqu'à 5.5 à 6.0 m/TA dans les sondages SP1 et SC1.

Les essais pénétrométriques ne permettent pas de définir la lithologie du site ; toutefois, l'interprétation des essais met en évidence la présence de sols de résistance globalement faible à moyenne jusqu'à l'arrêt du sondage PD1 à 6.0 m/TA et jusqu'à 5.2 m/TA dans le sondage PD2.

Leurs caractéristiques mécaniques sont :

$$0.66 \leq p_l^* \leq 0.69 \text{ MPa (2 valeurs)}$$

$$6.0 \leq E_M \leq 7.4 \text{ MPa (2 valeurs)}$$

$$1.3 \leq R_d \leq 31.0 \text{ MPa} - R_{d \text{ moy}} \approx 8.7 \text{ MPa}$$

- des **graves argilo-sableuses marron, grises à galets** identifiées jusqu'à 7.0 à 7.5 m/TA dans les sondages SC1 et SP1.

Les essais pénétrométriques ne permettent pas de définir la lithologie du site ; toutefois, l'interprétation des essais met en évidence la présence de sols de bonne résistance jusqu'à l'arrêt du sondage PD2 à 6.0 m/TA.

Leurs caractéristiques mécaniques sont bonnes :

$$1.78 \leq p_l^* \leq 1.81 \text{ MPa (2 valeurs)}$$

$$24.7 \leq E_M \leq 36.2 \text{ MPa}$$

$$R_d \geq 12.4 \text{ MPa}$$

- le **stratum marneux** rencontré jusqu'à l'arrêt des sondages SC1 et SP1 entre 10.0 et 15.0 m/TA.

Ses caractéristiques mécaniques sont très bonnes :

$$2.78 \leq p_l^* \leq 4.12 \text{ MPa (4 valeurs)}$$

$$26.5 \leq E_M \leq 52.0 \text{ MPa (4 valeurs)}$$

3.2 ESSAIS EN LABORATOIRE

Des essais de cisaillement ont été réalisés sur des échantillons prélevés entre 1.7 et 4.0 m/TA dans le sondage SC1. Les principaux résultats de ces essais sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Sondage	Profondeur (m/TA)	Type d'essai	Masse volumique humide γ_h (kN/m ³)	Cohésion C' (kPa)	Angle de frottement ϕ' (°)
SC1	1.70 – 2.00	Cisaillement rectiligne CD	18	0	35
	3.55 – 4.00		19	0	36

3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

La commune de TOULOUSE a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles (47) concernant les glissements de terrain, les inondations et/ou coulées de boue, la sécheresse et les mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

La consultation du site de prévention des risques majeurs (georiques.gouv.fr) a permis d'identifier un certain nombre de risques que peut présenter le site étudié.

- Le terrain se situe en **zone d'aléa très faible (1) selon le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010** relatif à la prévention des risques sismiques, applicable au 1er mai 2011,
- **Aucun mouvement de terrain** n'est référencé à proximité du site ;
- **Aucune cavité souterraine** n'est répertoriée à proximité du site ;
- Le site se trouve en **zone d'exposition moyenne** vis-à-vis du risque de retrait/gonflement des argiles. Par ailleurs, la commune de TOULOUSE fait l'objet d'un PPR Sécheresse relatif aux tassements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux ;
- Le site **ne se trouve pas en zone inondable**. Par ailleurs, ce dernier ne se trouve pas dans une **zone potentiellement sujette aux débordements de nappe** (fiabilité forte).

Les alluvions, du fait de leur mode de dépôt lenticulaire, peuvent présenter des variations latérales de faciès. Ainsi, il sera possible de rencontrer des lentilles argileuses au sein des horizons sableux ou graveleux.

Le toit du substratum correspond à une surface d'érosion. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des surprofondeurs ou des remontées du toit du substratum plus importantes que celles observées dans nos sondages.

Compte tenu de l'environnement construit du site, la présence de remblais est avérée. Ces derniers peuvent également contenir des vestiges de construction (fondation, blocs, dalle béton, anciens réseaux, ...).

Compte tenu du contexte géologique, les aléas géotechniques suivants sont à attendre :

- La présence de remblais d'épaisseur et d'étendue variable,
- La présence possible d'ouvrages enterrés non reconnus au droit de nos sondages,
- Les variations latérales de faciès entre nos points de sondages, notamment au sein des alluvions,
- L'approfondissement ou la remontée du toit des formations et notamment du substratum (surface d'érosion),
- Les circulations d'eau superficielles et les venues d'eau en phase chantier.

3.4 HYDROGÉOLOGIE

Lors de notre campagne de reconnaissance (Avril 2025), nous n'avons pas observé d'arrivée d'eau dans les sondages.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

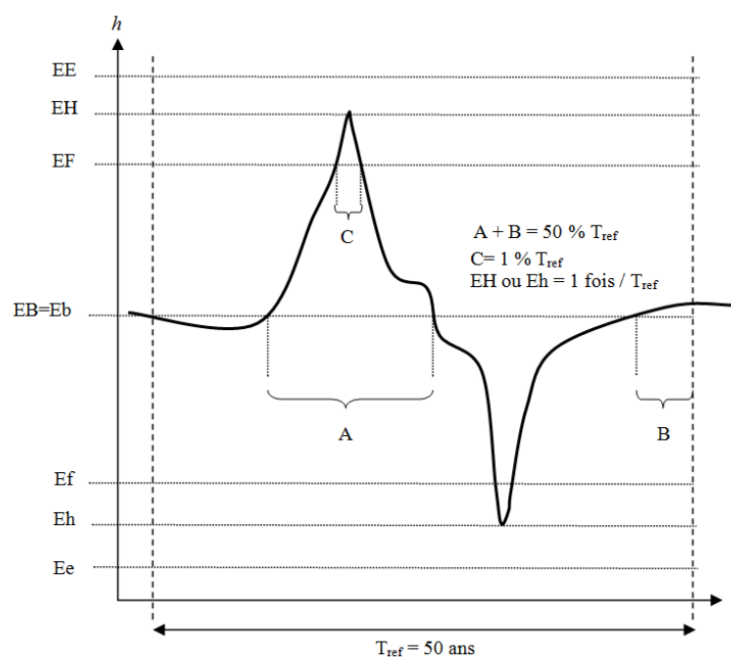
Compte tenu du contexte géologique, il doit exister une nappe au sein des alluvions subissant les variations saisonnières.

D'après le guide, pour la réalisation de travaux à proximité du métro, les niveaux d'eau au droit de la station Canal du Midi située à environ 820 m au Nord-Est du site sont les suivants :

- EB = EH = EE = Bief du canal = +134.87 m NGF

Des circulations d'eau superficielles peuvent également se produire en période pluvieuse.

Seule une enquête hydrogéologique approfondie, associée à un suivi piézométrique, permettrait de connaître les fluctuations de la nappe et de définir les niveaux d'eaux caractéristiques définis dans l'Eurocode.



Il appartient aux responsables du projet de se faire communiquer par les services compétents (DDT, DDTM, PPRI, ...) le niveau des plus hautes eaux au droit du site afin de vérifier si le terrain étudié est ou non inondable.

3.5 POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

Lors de travaux de démolition des ouvrages existants et de terrassement, dès lors que les terres sont excavées, ces dernières peuvent prendre le statut de déchet. Leur valorisation sur site et/ou leur élimination en dehors du site doit donc répondre aux réglementations « déchets », conformément à la loi AGEC et son décret d'application du 1er avril 2021 relatif à la sortie du statut de déchet ainsi qu'à l'arrêté du 4 juin 2021 fixant les critères du statut de déchet pour les terres excavées et sédiment.

Suite à cette évolution réglementaire, les terres excavées doivent faire l'objet d'une caractérisation selon une procédure normée et d'un enregistrement au sein d'un registre national assurant une traçabilité de l'opération de gestion de terres terrassées.

En cas d'évacuation en centre de stockage celui-ci doit valider l'acceptation des terres après réception d'une Demande d'Acception Préalable (DAP) généralement portée par le terrassier ou l'entreprise générale (au nom du Maître d'Ouvrage). La DAP doit intégrer des analyses chimiques en laboratoire sur les terres à excaver.

GÉOTEC reste à la disposition des intervenants pour les accompagner dans la gestion de leurs terres dans leur projet d'aménagement depuis les études préliminaires afin d'anticiper des surcoûts éventuels, de proposer des solutions de gestion d'optimisation jusqu'à l'élaboration du plan de terrassement pour la phase opérationnelle.

La présence d'amiante qu'elle soit naturelle ou anthropique ne fait pas l'objet du présent rapport.

Il conviendra au maître d'ouvrage de solliciter un bureau d'étude pour en faire l'analyse si nécessaire.

4. DEFINITION DU MODELE GEOTECHNIQUE DU SITE ET DE LA ZIG

4.1 DEFINITION DE LA ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE

La zone d'influence géotechnique (ZIG) ne se limite pas qu'à la parcelle intéressée par le projet.

La ZIG intéresse également l'environnement immédiat (*interfaces liées aux terrassements provisoires*) et notamment :

- Le chemin de halage, situé entre 3.8 et 4.4 m du futur rideau de palplanches,
- Le boulevard de la marquette, situé entre 10.5 et 11.1 m du futur rideau de palplanches,
- Les réseaux enterrés.

4.2 DEFINITION DU MODELE GEOTECHNIQUE

Pour rappel, nos investigations sur site ont mis en évidence :

- des **remblais** identifiés sur 2.25 à 2.50 m d'épaisseur,
- des **argiles ± sableuses marron** reconnues jusqu'à 5.5 à 6.0 m/TA,
- des **graves argilo-sableuses marron, grises à galets** identifiées jusqu'à 7.0 à 7.5 m/TA,
- le **substratum marneux** rencontré jusqu'à l'arrêt des sondages SC1 et SP1 entre 10.0 et 15.0 m/TA.

Nous avons donc défini un modèle géotechnique présenté ci-après.

Les valeurs caractéristiques mécaniques retenues sont issues des essais pressiométriques réalisés dans le sondage SP1 sur la base des moyennes harmonique (E_M) et géométrique (p_l^* , p_l^*).

Formation	Pression de fluage p_l^*	Pression limite p_l^*	Module pressiométrique E_M	Coefficient rhéologique α	Poids volumique humide γ_h	Cohésion drainée C'	Angle de frottement ϕ'
	MPa	MPa	MPa		kN/m ³	kPa	°
Remblais	0.1	0.1	1.6	1/2	18	0	25
Argiles ± sableuses	0.4	0.7	7.4	2/3	18	5	25

Formation	Pression de fluage p_f^*	Pression limite p_l^*	Module pressiométrique E_m	Coefficient rhéologique α	Poids volumique humide γ_h	Cohésion drainée C'	Angle de frottement ϕ'
	MPa	MPa	MPa		kN/m ³	kPa	°
Graves argilo-sableuses	1.4	1.8	29.4	1/3	19	0	35
Substratum marneux	2.6	3.6	39.7	2/3	20	10	30

4.3 DEFINITION DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE

Dans le cadre de la présente étude, nous retenons un niveau de nappe côté terre au même niveau que le canal, soit à +131.96 m NGF.

5. DIMENSIONNEMENT DU RIDEAU DE PALPLANCHES

5.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le pied de la berge reconstituée sera maintenant par un rideau de palplanches ancré dans le substratum marneux.

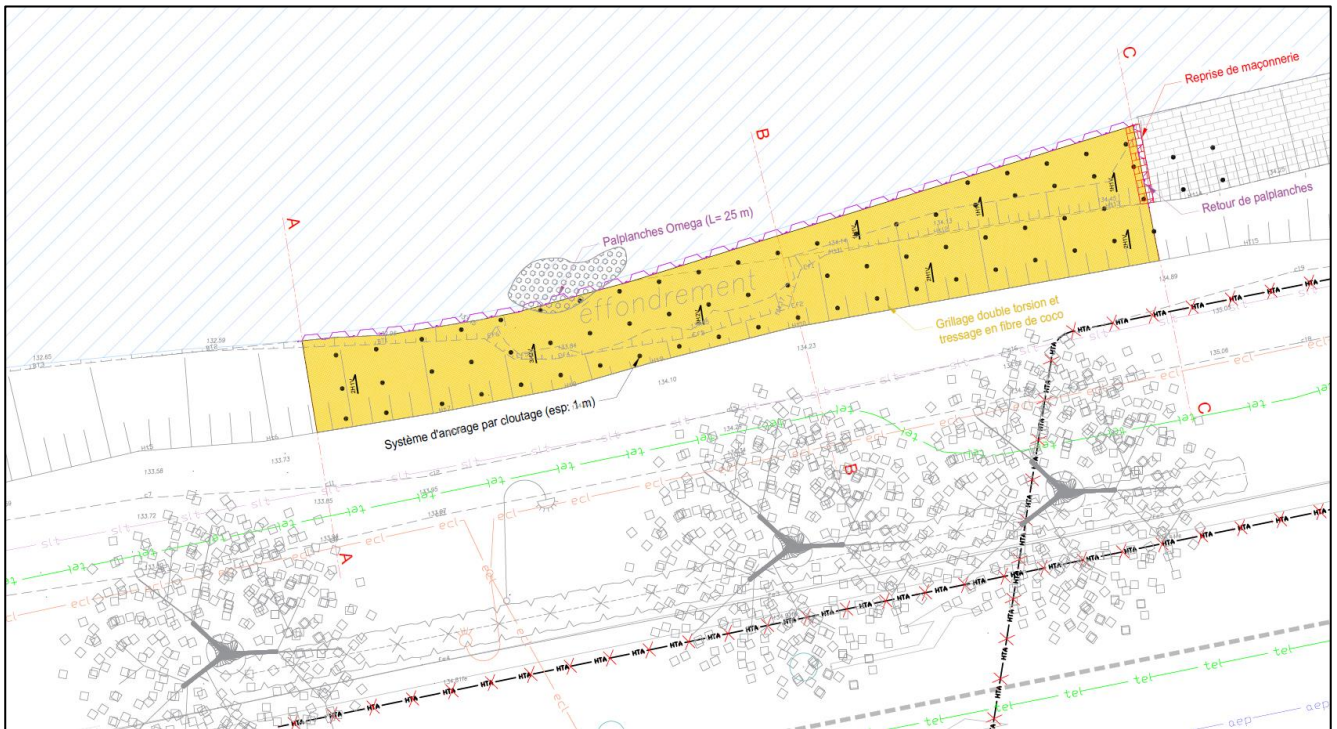


Figure 6 : Extrait de la vue en plan du projet (sans échelle)

5.2 SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR L'ECRAN

Les sollicitations suivantes sont considérées pour les calculs de la paroi :

- Poussée des terres,
- Poussée hydrostatique,
- Surcharge de 5 kPa sur le chemin de halage (piétons/cyclistes),
- Surcharge routière de type LM1 selon guide SETRA Eurocodes 0 et 1 au droit du boulevard de la Marquette (3 voies, 11.5 m de large), soit :
 - 9 kN/m² sur 3 m, à 11 m de la tête de l'écran,
 - 3 kN/m² sur le reste de la voirie, à 14 m de la tête de l'écran.

Les distances du chemin de halage et de la voirie par rapport à l'écran sont présentées sur la coupe ci-après.

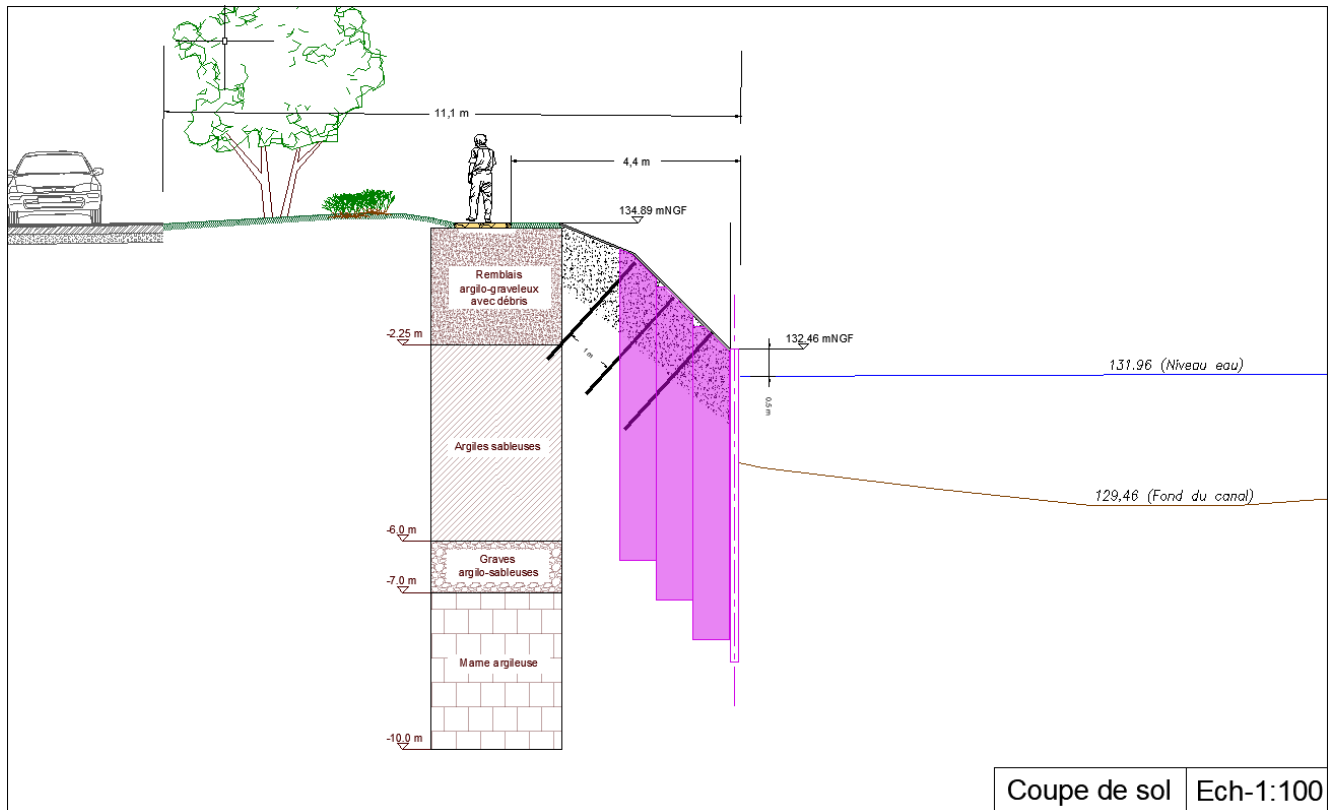


Figure 7 : Coupe de principe du projet (échelle graphique)

5.3 HYPOTHESES DE CALCUL DE LA PAROI

5.3.1 Caractéristiques de la paroi provisoire

Les points suivants reprennent les hypothèses considérées sur les matériaux considérés pour la réalisation de la paroi de soutènement provisoire.

Paroi	Type de palplanches	ArcelorMittal GU 21N
	Epaisseur sacrifiée à la corrosion par face (durée de vie 50 ans)	De l'arase supérieure de l'écran jusqu'au niveau d'eau : Amont (côté terre) : 1.2 mm Aval (côté air) : 0.5 mm
		Du niveau d'eau jusqu'au fond du canal : Amont : 1.2 mm Aval : 0.9 mm
		Du fond du canal jusqu'au pied de l'écran : Amont : 0.6 mm Aval : 0.6 mm
	Arase supérieure écran	+132.46 m NGF (-2.43 m/TA)
	Arase inférieure écran	+125.39 m NGF (-9.5 m/TA)
	Arase fond de fouille (fond du canal)	+130.29 à +129.46 m NGF (risberme) (-4.60 à -5.43 m/TA)

5.3.2 Hypothèses matériaux

Les caractéristiques mécaniques des éléments constitutifs de l'écran sont récapitulées ci-après.

- **Palplanches GU 21N**

- $E = 210 \text{ GPa}$
- $F_{yk} = 270 \text{ MPa}$
- Sans corrosion : $I_y = 46\,380 \cdot \beta_D / W_{el,y} = 2\,060 \text{ cm}^3/\text{m}$
- Avec corrosion : $I_y = 41\,520 \cdot \beta_D / W_{el,y} = 1\,845 \text{ cm}^3/\text{m}$

5.3.3 Paramètres géotechniques

Le modèle géomécanique défini au paragraphe §4.1, complété par les coefficients de réaction, et les rapports δ/φ est celui considéré au droit du profil de calcul.

Notons que les coefficients de réaction des sols sont calculés par la méthode de Schmitt :

$$k_h = 2 \times \frac{\left(\frac{E_M}{a} \right)^{4/3}}{(EI)^{1/3}}$$

Les rapports δ/φ considérés pour l'inclinaison de la poussée et de la butée sont les suivants :

Formation	Nature	Toit	δ_{actif}	δ_{passif}	C'	φ'	γ_h
	/	m/TA / m NGF	/	/	kPa	°	kN/m ³
Remblais	Argiles, limons	0.0 / +134.89	0	-1/3	0	25	18
Argiles graveleuses	Argiles, limons	-2.25 / +132.64	0	-1/3	5	25	18
Graves argilo- sableuses	Sables et graves	-6.0 / +128.89	1/3	-2/3	0	35	19
Marnes argileuses	Marnes	-7.0 / +127.89	0	-2/3	10	30	20

Le tableau page suivante reprend les paramètres géotechniques considérés.

Horizon	Prof. Base (m/TA)	γ_h (kN/m ³)	Caractéristiques pressiométriques				Paramètres de cisaillement		δ/φ		kh (kPa/ml)
			pf* (MPa)	pl* (MPa)	E_M (MPa)	α	C' (kPa)	φ' (°)	En poussée	En butée	
Remblais	2.25	18	0.1	0.1	1.6	1/2	0	25	0	-1/3	2782
Argiles graveleuses	6.0	18	0.4	0.7	7.4	2/3	5	25	0	-1/3	12533
Graves argilo-sableuses	7.0	19	1.4	1.8	29.4	1/4	0	35	1/3	-2/3	231934
Marnes argileuses	En-deçà	20	2.6	3.6	39.7	2/3	10	30	0	-2/3	137103

5.4 METHODOLOGIE DE CALCUL

Les calculs ont été menés à l'aide du logiciel K-REA v4 suivant la méthode élasto-plastiques (modèle de calcul MISS pour les parois ancrées avec renforts et MEL pour les parois autostables). Ces méthodes, permettent de déterminer les déformations et les sollicitations internes développées dans une paroi de soutènement fichée dans le sol aux différentes phases de travaux, dites situations transitoires, et d'exploitation définitives, dites situations durables.

Les calculs ont été effectués selon l'approche 2/2* au sens de la norme d'application de l'Eurocode 7 (NF P94-282). Elle propose l'application des coefficients partiels qui diffèrent selon le modèle de calcul utilisé (MISS ou MEL) pour l'évaluation de l'équilibre ELU de l'écran avec :

- MISS : pondération (en post-traitement) des effets des actions et des résistances,
- MEL : pondération (à la source) des actions et des résistances.

Notons que, dans les deux modèles, aucune pondération n'est appliquée sur les paramètres de résistance.

Le tableau ci-dessous présente les coefficients partiels proposés dans l'approche 2/2* de la NF P 94-282.

Approche 2/2*		Modèle MISS	Modèle MEL
Actions (γ_A)	Poussée active du sol	1.00	1.35
	Pression d'eau	1.00	1.35
	Poids propre de l'écran	1.00	1.35
	Surcharges sur le sol	Permanententes	1.00
		Variables	1.11
	Surcharges directes sur l'écran	Permanente favorable	1.00
		Permanente défavorable	1,35
		Variable défavorable	1.11
Effet des actions (γ_E)	Sollicitations écran		
	Sollicitations ancrages	1.35	1.00
	Butée mobilisée		
Paramètres de résistance (γ_M)	Angle de frottement	1.00	1.00
	Cohésion effective		
Résistances (γ_R)	Butée mobilisable	Phase durable	1.40
		Phase transitoire	1.10
	Résistance des appuis	Limite élastique	---
	Massif d'ancrage (Kranz)	Effort déstabilisant	---

Pour chaque phase de réalisation de la paroi, les vérifications suivantes sont réalisées :

- ELU :
 - Pour les phases où la paroi est autostable (modèle MEL) :
 - Une vérification de la fiche ($f_b \geq 1.20 \cdot f_0$), qui consiste à s'assurer que la fiche disponible est supérieure, avec une sécurité suffisante, à la fiche minimale nécessaire à l'équilibre des moments.
 - Une vérification de la contre-butée, qui consiste à s'assurer que la contre-butée disponible sous le point de transition est suffisante pour équilibrer les efforts horizontaux.
 - Pour les phases où la paroi est ancrée (modèle MISS) :
 - Un rapport de butée acceptable :
 - $MISS \frac{B_{m;k}}{B_{t;k}} \geq 1.35 \times 1.1$: pour les situations transitoires,
 - $MISS : \frac{B_{m;k}}{B_{t;k}} \geq 1.35 \times 1.4$ pour les situations durables.
- ELS :
 - Un déplacement maximal de la paroi $< H/300$, soit environ 24 mm dans le cas présent (donnée transmise par la MOE).

5.5 PHASAGE DES CALCULS

Dans le cadre de la présente étude, nous avons considéré une première phase avec un niveau d'eau à +1321.96 m NGF, soit au niveau du canal et une deuxième phase avec un niveau d'eau à +129.46 m NGF, soit au niveau du fond du canal, afin de tenir compte d'une éventuelle vidange de celui-ci.

5.6 RESULTATS DES CALCULS

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus pour chaque phase de calcul de la paroi.

Les résultats détaillés sont présentés en annexe du rapport.

Phase de calcul	Modèle de calcul	Vérification du défaut de butée – ELU			
		ELS		MEL	
		Déformée maximale de la paroi (mm)		Vérification de la hauteur de fiche ($f_b/f_0 \geq 1.2$)	Vérification de la contre-butée ($C_{m,d} \geq C_{t,d}$)
1 – Durable	MEL	7.8	< 24	$1.44 \geq 1.2$	$231 \geq 137$
2 – Durable	MEL	12.8	< 24	$1.22 \geq 1.2$	$189 \geq 172$

Les efforts internes aux ELU induits dans le rideau de palplanches sont récapitulés sur le tableau suivant :

Phase de calcul	Modèle de calcul	Moment maximum ($M_{e,d} \max$) [kNm/ml]	Effort tranchant maximum ($V_{e,d} \max$) [kN/m]
1 – Durable	MEL	88	72
2 – Durable	MEL	134	119
Extrema	---	134	119

Justification STR du rideau de palplanches :

Les vérifications STR du rideau de palplanches vis-à-vis des sollicitations générées ont été menées à l'aide de l'outil Durability v4.2, développé par ArcelorMittal.

Palplanche
Type Tous
Nom GU 21N
Trier par Catalogue

AZ : serrures
☐ communes soudées/pincées
Filtrer
☐ Utiliser Wel uniquement
☐ Palplanches valides
☐ $I_{y \text{ min}}$ 47 402 cm⁴/m
☐ $t_w \text{ min}$ 0,00 mm
☐ $t_f \text{ min}$ 0,00 mm

Nuance d'acier
S 270 GP
☐ Afficher tout
☒ Réduire f_y pour obtenir classe 3

ϵ	0,933
$(b/t_f)/\epsilon$	31
Classe ini	2

Propriétés de la palplanche (valeurs initiales)

$W_{el, y}$	2 060 cm ³ /m	$W_{pl, y}$	2 422 cm ³ /m
I_y	46 380 cm ⁴ /m	A	173,9 cm ² /m
t_f	11,10 mm	t_w	9,00 mm
h	450,0 mm	α	62,4 °
b	319,6 mm	c	247,6 mm
A_v	65,8 cm ² /m	S_y	1 195 cm ³ /m
r_o	15,0 mm	masse	136,5 kg/m ²
B	1 200 mm		

Propriétés de la palplanche sélectionnée		
Propriété	Ini.	Réd. Unité
$W_{el, y}$	2 060	1 845 cm ³ /m
$W_{pl, y}$	2 422	2 160 cm ³ /m
I_y	46 380	41 520 cm ⁴ /m
A	173,9	156,3 cm ² /m
t_f	11,10	9,90 mm
t_w	9,00	7,80 mm
h	450,0	448,8 mm
α	62,4	- °
b	319,6	- mm
c	247,6	- mm
A_v	65,8	57,1 cm ² /m
S_y	1 195	- cm ³ /m
r_o	15,0	- mm
masse	136,5	- kg/m ²
B	1 200	- mm

<p>Flexion</p> $M_{Ed} = 133 \text{ kNm/m} \leq M_{c,Rd} = \frac{\beta_B W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = 350 \text{ kNm/m}$ $W_{pl} = 2160 \text{ cm}^3/\text{m}$ <p>Flexion & cisaillement</p> $V_{Ed} = 119 \text{ kN/m} \leq V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = 889 \text{ kN/m}$ $V_{Ed} = 119 \text{ kN/m} \leq 0.50 V_{pl,Rd} = 445 \text{ kN/m}$ <p>Aucune vérification supplémentaire nécessaire</p>

Les palplanches de type GU 21N, considérées dans les calculs, sont donc justifiées.

5.7 SUJETIONS D'EXECUTION

Les écrans de soutènement seront réalisés selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée.

La problématique réside dans la technique de mise en œuvre par battage qui peut apparaître délicate compte tenu de la présence de remblais et d'un ancrage relativement conséquent dans le substratum marneux compact (refus prématuré sur bloc, difficulté d'atteindre la fiche, etc...). Il conviendra donc de prévoir un matériel de battage adapté au contexte évoqué. **Dans le cas de faux refus, il pourra être envisagé la réalisation de sondages destructifs de petits diamètres (préforages) pour permettre la poursuite du battage.**

Compte tenu de la compacité des graves et des marnes il conviendra de prévoir matériel de battage adapté et de réaliser des planches d'essais. Dans le cas contraire, il existe un risque de dégrafage des palplanches, ce qui peut conduire à l'emploi de palplanches de plus forte inertie.

Le mode d'exécution des travaux dépendra étroitement des conditions environnementales, en particulier :

- Avant tout démarrage des travaux, il est recommandé de faire réaliser un diagnostic des avoisinants par un bureau d'études structures ; il définira le cas échéant les confortements ou précautions à prendre, nécessaires à la réalisation des travaux. Il définira également les niveaux de déformées acceptables ;
- Un référé préventif sera établi avant le début des travaux. Il permettra de relever tous les désordres de constructions existantes.

La mise en œuvre du soutènement sera soumise à un contrôle strict des vibrations engendrées compte tenu de la présence du bâti existant. La méthodologie de mise en œuvre devra pouvoir être adaptée en phase chantier afin de ne pas induire de désordres sur les existants. On évitera par exemple les vibrations importantes ; nous recommandons l'instrumentation des bâtiments les plus proches.

6. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

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 G2 PRO confiée à GÉOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des résultats des investigations et des données connues du projet, et de dimensionner les ouvrages géotechniques projetés.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site (*stratigraphie, caractéristiques mécaniques du sol, hydrogéologie, etc...*) et le projet (implantation, calage altimétrique, descentes de charge, situation / avoisinants), notamment :

- La présence de remblais d'épaisseur et d'étendue variables ;
- Les variations (remontée ou approfondissement) du toit du substratum ;
- Les variations latérales de faciès, notamment au sein des alluvions ;
- Les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse et les venues d'eau en phase chantier, difficilement quantifiables ;
- Les problèmes liés aux terrassements.

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 (G3 et G4) devra suivre la présente étude.

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'article 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.

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 pourra 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 et de la réassurance, 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-cotation 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.

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'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : 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 (choix constructifs)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	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 (en interaction avec la phase supervision du suivi)	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 (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	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 (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
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

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ETAPE 1 : ETUDE GÉOTECHNIQUE 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'avoisants 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 GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisants), 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 avoisants), 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 GÉOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

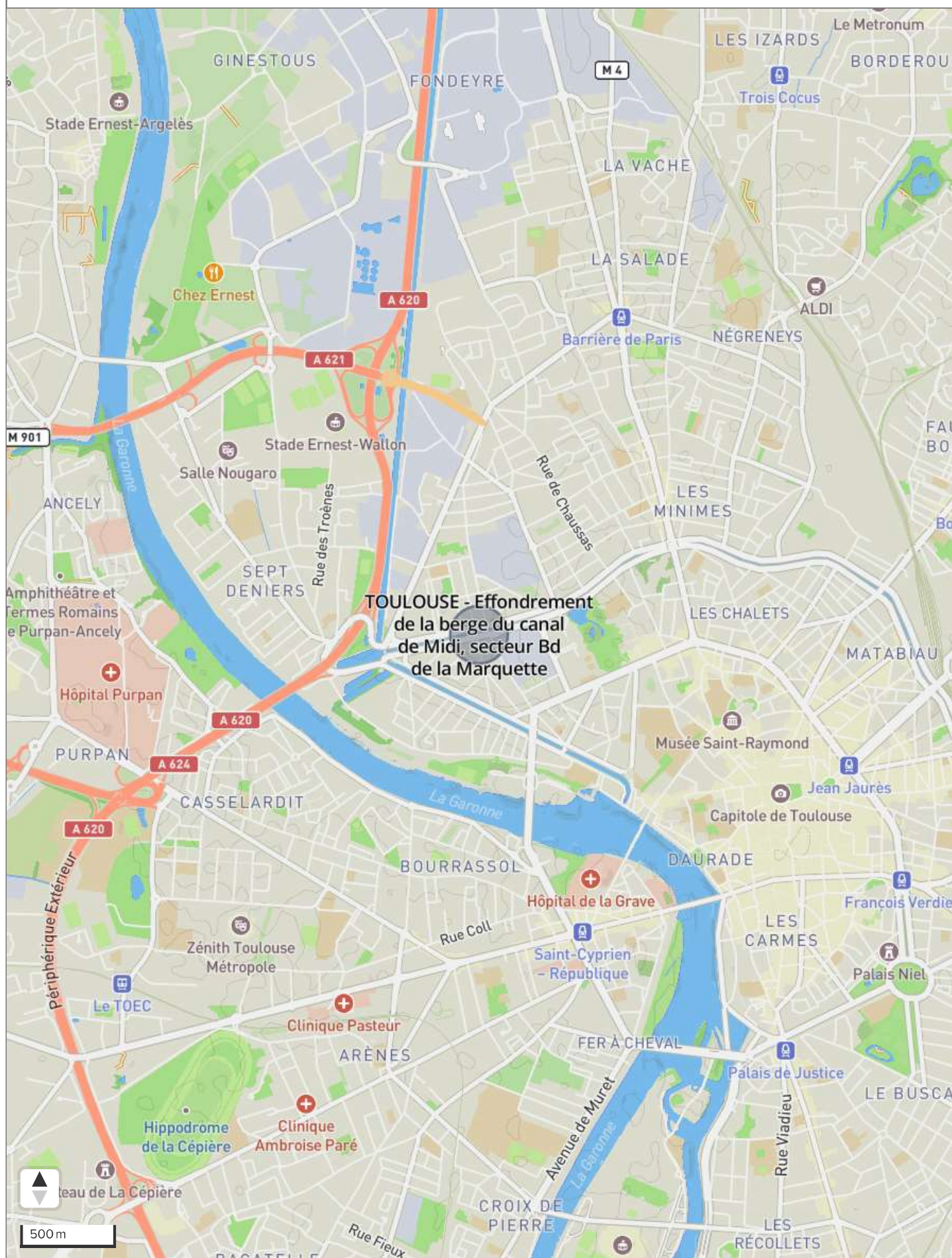
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou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

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

ANNEXES

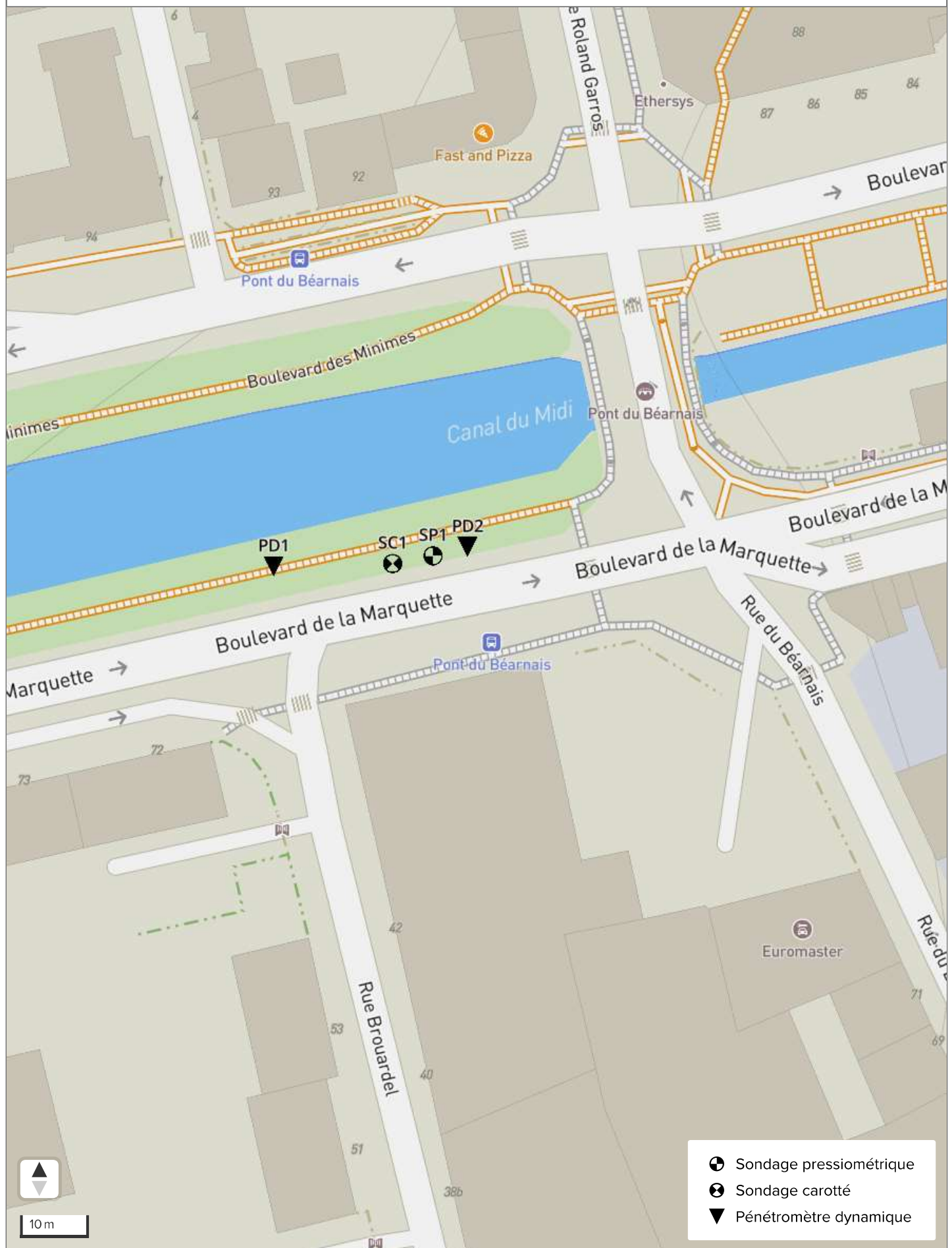
Annexe 1 – Plan de situation

PLAN DE LOCALISATION



Annexe 2 – Plan d'implantation

PLAN D'IMPLANTATION





Légende :



Essais au pénétromètre dynamique



Sondage géologique avec essais pressiométriques



Sondage carotté



Légende :



Essais au pénétromètre dynamique



Sondage géologique avec essais pressiométriques



Sondage carotté

Annexe 3 – Sondages et essais




Sondage SP1

Longitude		Latitude		Système de coordonnées		Précision des relevés							
1,424875679		43,611859445		WGS 84		Non renseigné							
Élévation		Prof. atteinte		Angle	Nivellement	Précision des nivellements							
Non renseigné		15,0 m		-		Non renseigné							
Début			Fin			Machine		Opérateur					
07/04/2025			07/04/2025			50		Non renseigné					
Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Prof.	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression de couple de rotation [bar]	EM [MPa]	p _M * [MPa]	p _{LM} * [MPa]	EM/p _{LM} *
0		Remblai graveleux noir marbré (petite brique)	TAR 63	Néant	HQ 88,9 b	0							
1		1,2 m				1		1,6	0,08	0,14	12		
2		Calcaire crayeux blanc marron compact (Remblais ?)				2							
		2,5 m	2,6 m	2,6 m									
3		Argile marron compacte	ROT 63	eau claire	3 m	3				7,4	0,41	0,69	11
4						4		6,0	0,66	0,66	9		
5						5							
		5,5 m	5,9 m	5,9 m									
6		Graves argilo-sableuses à galets, marron à gris				6				36,2	1,33	1,81	20
7						7		24,7	1,58	> 1,78	< 14		
8						8							
9		Marno-calcaire marron clair compact	ROT 63	eau claire		9				45,1	2,18	> 4,12	< 11
10						10		46,2	3,62	> 3,79	< 12		
11						11							
		12 m				12				26,5	2,24	> 2,78	< 10
13		Marno-calcaire gris compact				13				52,0	2,75	3,78	14
14						14							
15		15 m	15 m	15 m		15							

soilcloud.tech

Sondage SC1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1,424802077	43,611849257	WGS 84		Non renseigné
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
Non renseigné	Non renseigné	-		Non renseigné
Début		Fin	Machine	Opérateur
08/04/2025		08/04/2025	Non renseigné	Non renseigné

Prof.	Lithologie	Descriptions	Echantillons	Taux de récupération
0		Remblais argilo-graveleux à débris de briques, feuilles et galets, marron	CAISSE n°1	100,0 %
1			2 m	2 m
2			CAISSE n°2	100,0 %
3			4 m	4 m
4			CAISSE n°3	100,0 %
5		Argiles +/- sableuses, marron/grise	6 m	6 m
6			CAISSE n°4	100,0 %
7			7,5 m	7,5 m
8			El n°1	15,0 %
9			8,5 m	8,5 m
10		Marne argileuse, gris/marron/ocre	El n°2	43,3 %
			10 m	10 m

Sondage SC1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1,424802077	43,611849257	WGS 84		Non renseigné
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
Non renseigné	Non renseigné	-		Non renseigné
Début	Fin	Machine		Opérateur
08/04/2025	08/04/2025	Non renseigné		Non renseigné

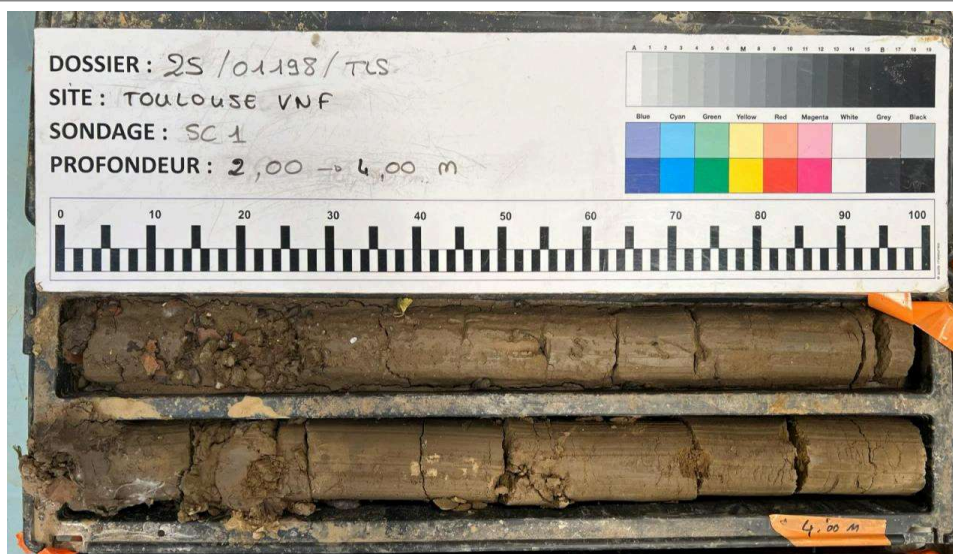
RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

0,0 m



2,0 m

2,0 m



4,0 m

4,0 m



6,0 m

Sondage SC1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1,424802077	43,611849257	WGS 84		Non renseigné
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
Non renseigné	Non renseigné	-		Non renseigné
Début	Fin	Machine		Opérateur
08/04/2025	08/04/2025	Non renseigné		Non renseigné

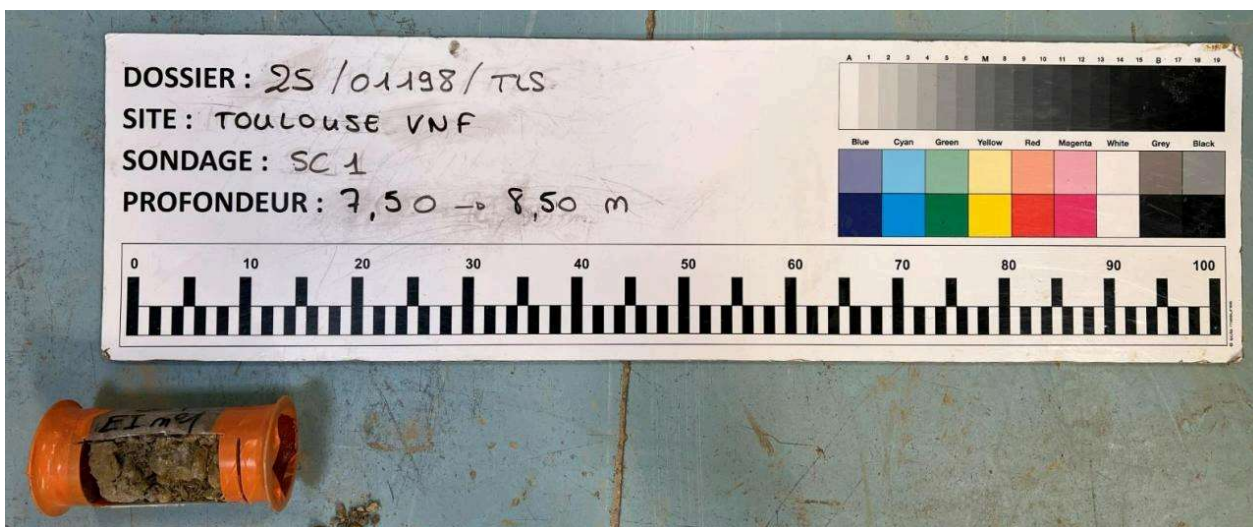
RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

6,0 m



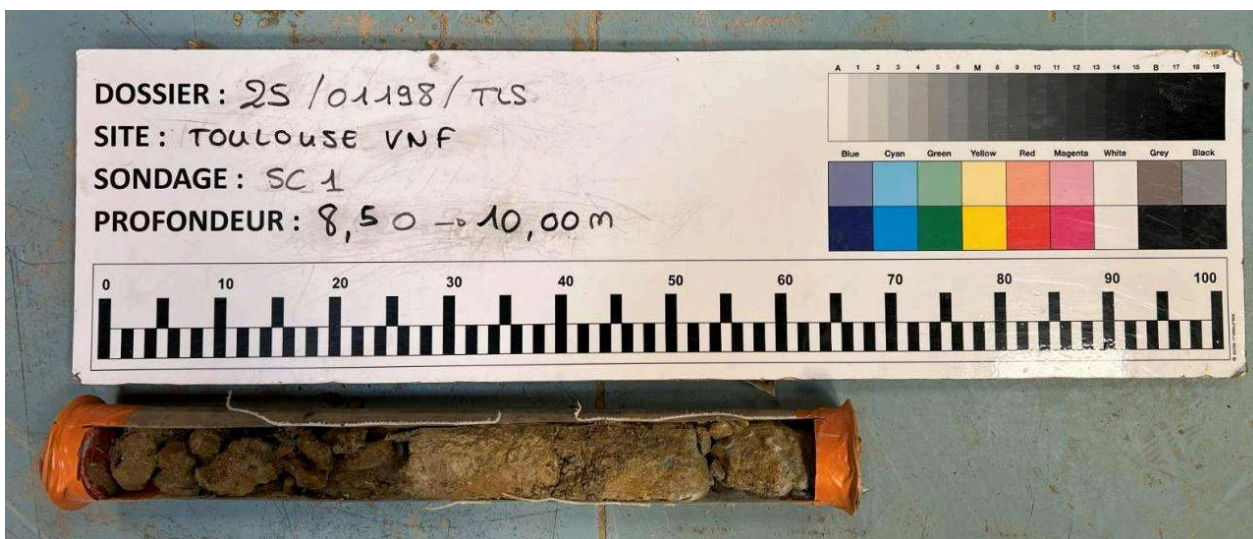
7,5 m

7,5 m



8,5 m

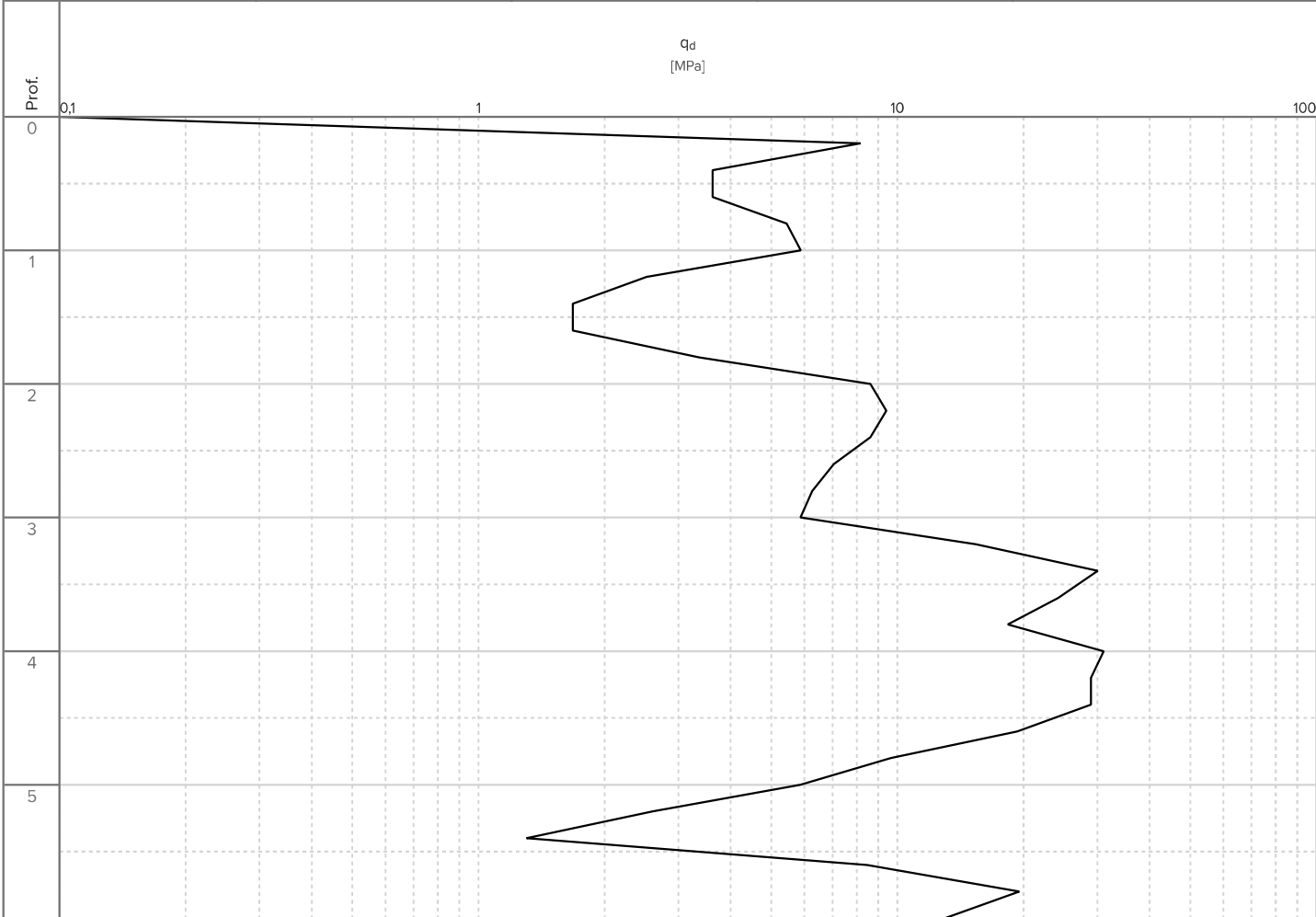
8,5 m



10,0 m

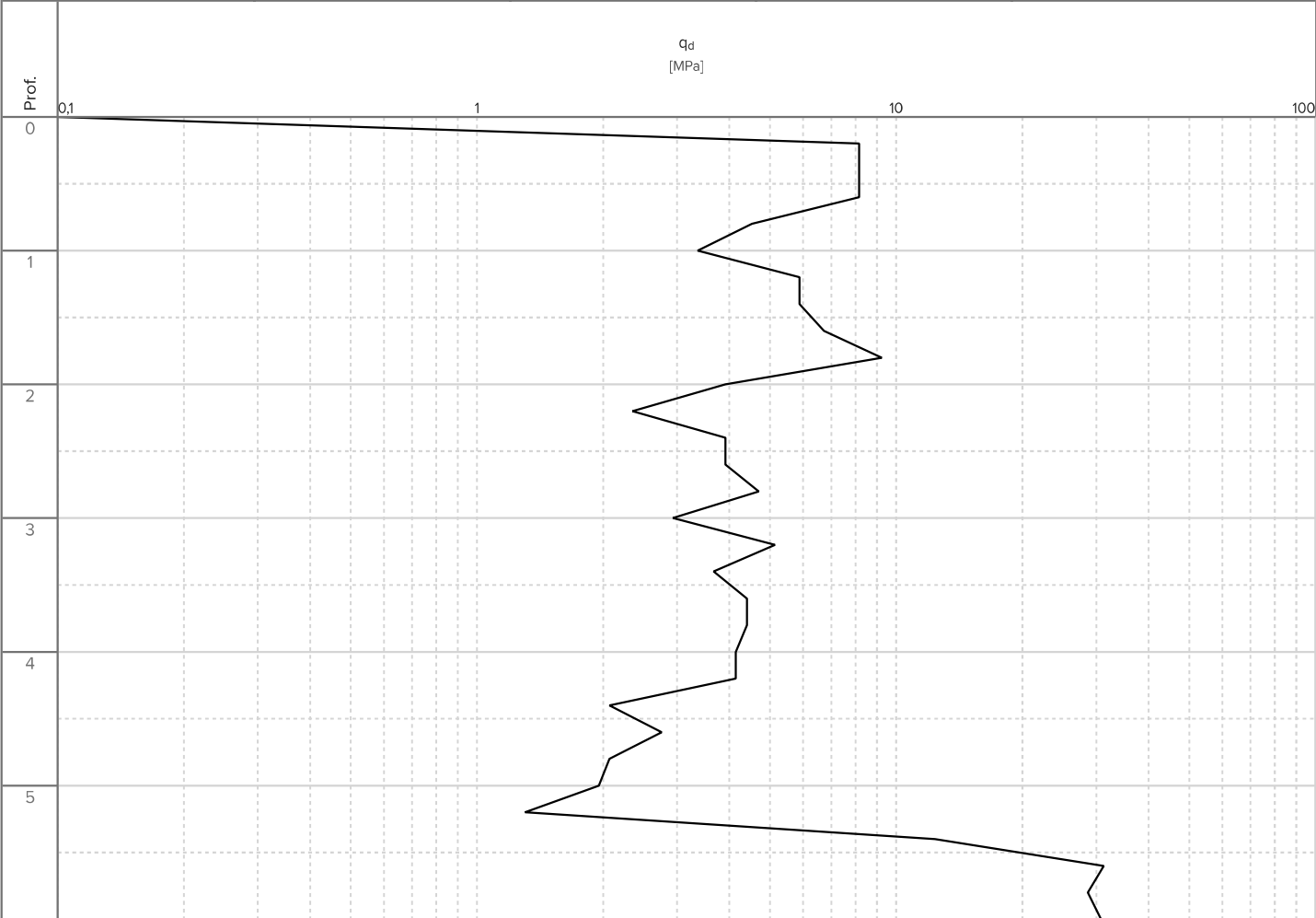
Sondage PD1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
1,424584934	43,611845402	WGS 84		Non renseigné	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
Non renseigné	6,0 m	-		Non renseigné	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
PD1_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	28/03/2025	28/03/2025	Non renseigné	BORJEIX Chrystel
Type de pénétromètre					Facteur de correction
GTP [GEOTEC]					1,0
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm ²	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	




Sondage PD2

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
1,424938457	43,6118712	WGS 84		Non renseigné	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
Non renseigné	6,0 m	-		Non renseigné	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
PD2_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	28/03/2025	28/03/2025	Non renseigné	BORJEIX Chrystel
Type de pénétromètre					Facteur de correction
GTP [GEOTEC]					1,0
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm ²	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	



Annexe 4 – Essais en laboratoire

OULAB-04-v4 - Tableau Récapitulatif des Résultats d'Essais Laboratoire

AFFAIRE	2501198	Opérateur	PV	
SITE	TOULOUSE	Vérificateur	DCH	
Date	23/06/2025			

* : Paramètres déterminés sur échantillon reconstitué (et/ou écrité)

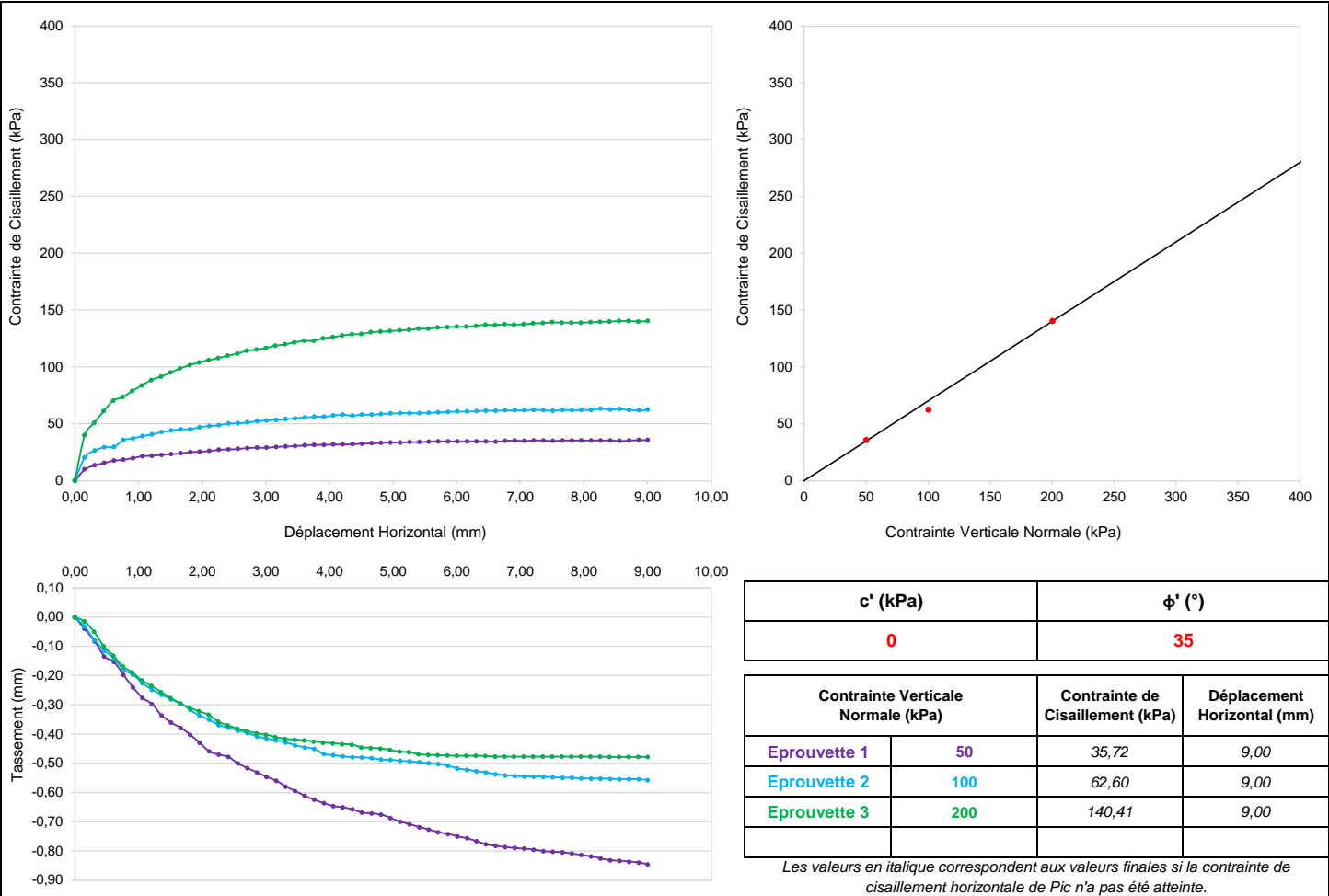
Sondage	Prof Sup (m)	Prof Inf (m)	Description	Teneur en eau naturelle (0/D) Wnat (%)	Granulométrie - Sédimentométrie								Valeur au Bleu de Méthylène VBS (g/100g)	CLASSIFICATION (NF P 11-300)	CLASSIFICATION (EN 16907)	Masse volumique sur sols fins				Cisaillement rectiligne CD	
					Diamètre maximal Dmax (mm)	Passant à 63 mm < 63 mm (%)	Passant à 50 mm < 50 mm (%)	Passant à 2 mm < 2 mm (%)	Passant à 80 µm < 80 µm (%)	Passant à 63 µm < 63 µm (%)	Passant à 2 µm < 2 µm (%)	Coefficient d'uniformité Cu				Fraction 63µm/2mm	Fraction 2mm/63mm	Masse volumique humide ph (g/cm³)	Masse volumique sèche pd (g/cm³)	Indice des vides e	Degré de saturation Sr (%)
SC1	1,70	2,00	Remblai argilo-sableux marron	8,7												1,8*	1,66*	0,63*	37*	0*	35*
SC1	3,55	4,00	Sable limoneux marron	10,9												1,91*	1,72*	0,57*	52*	0*	36*

AFFAIRE	TOULOUSE			
SITE	2501198			
Date	16/06/2025		Type d'Essai	CD
Opérateur	PV		Contrainte σ'_{v0} (kPa)	33
T°C de séchage	105°C		u_0 (kPa)	-
T°C de la salle d'essais	20°C		Niveau d'eau (m)	Inconnu
Sondage	SC1		Vitesse de Cisaillement (mm/min)	0,025
Profondeur	1,70 - 2,00 m		Etat de l'échantillon	Reconstitué
Description	Remblai argilo-sableux marron			

Caractéristiques de la boîte	
Diamètre (mm)	60,0
Hauteur initiale H_0 (mm)	20,0

Masse volumique des grains ρ_s (g/cm³)	estimée	2,70
---	---------	------

Eprouvette n°	Contrainte Verticale Normale (kPa)	t_c (min)	Avant Essai					Après Essai
			W% (NF EN ISO 17892-1)	Masse volumique humide ρ_h (g/cm³)	Masse volumique sèche ρ_d (g/cm³)	Indice des vides e	Saturation S_r (%)	W% (NF EN ISO 17892-1)
1	50	2,30	8,7	1,79	1,65	0,64	37	17,8
2	100	3,20	8,7	1,79	1,65	0,64	37	16,3
3	200	2,30	8,7	1,81	1,67	0,62	38	4,6



Observations	
--------------	--

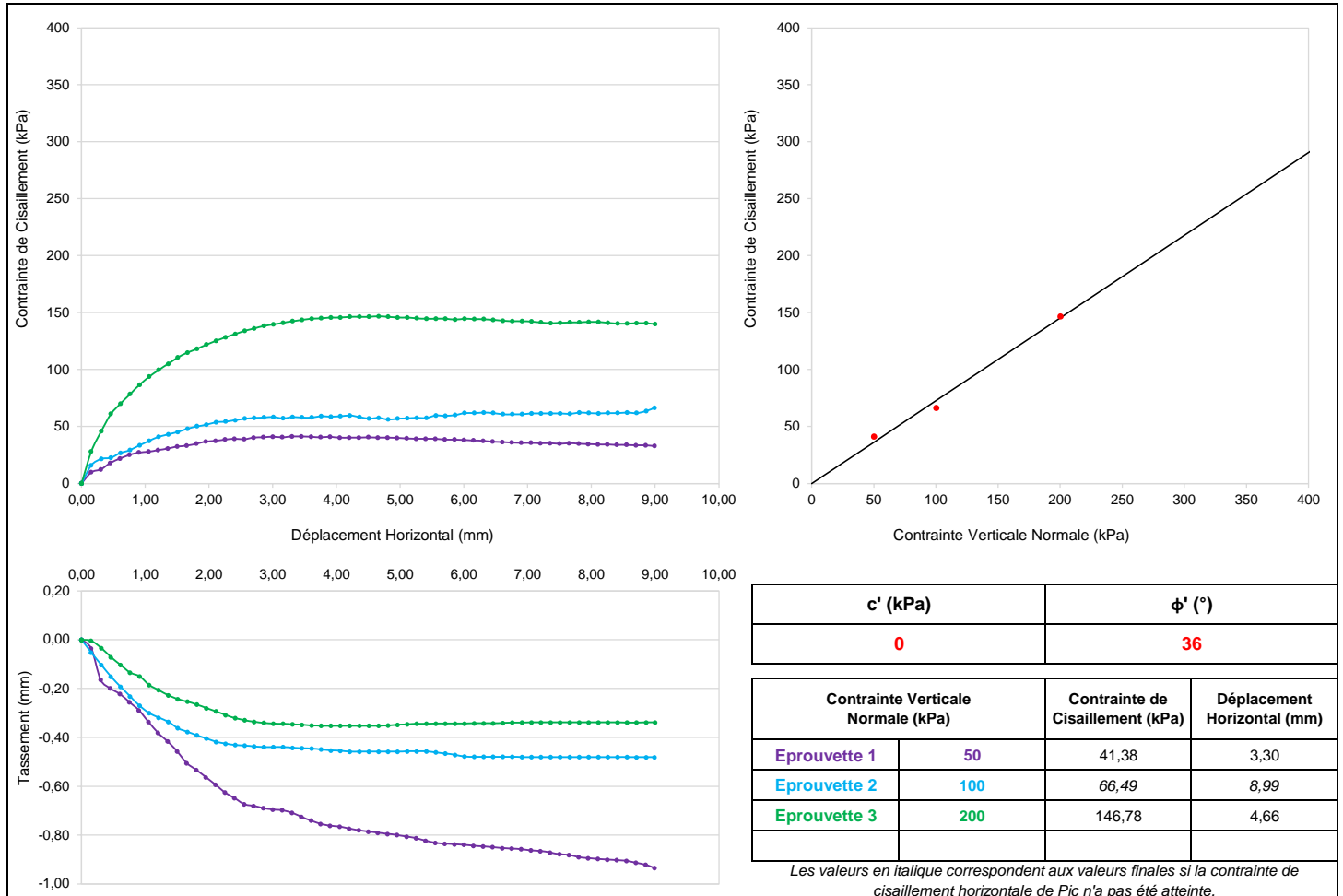
ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT (NF EN ISO 17892-10)

AFFAIRE	TOULOUSE			
SITE	2501198			
Date	17/06/2025		Type d'Essai	CD
Opérateur	PV		Contrainte σ'_{v0} (kPa)	71
T°C de séchage	105°C		u_0 (kPa)	-
T°C de la salle d'essais	20°C		Niveau d'eau (m)	Inconnu
Sondage	SC1		Vitesse de Cisaillement (mm/min)	0,021
Profondeur	3,55 - 4,00 m		Etat de l'échantillon	Reconstitué
Description	Sable limoneux marron			

Caractéristiques de la boîte	
Diamètre (mm)	60,0
Hauteur initiale H_0 (mm)	20,0

Masse volumique des grains ρ_s (g/cm ³)	estimée	2,70
--	---------	------

Eprouvette n°	Contrainte Verticale Normale (kPa)	t_c (min)	Avant Essai					Après Essai
			W% (NF EN ISO 17892-1)	Masse volumique humide ρ_h (g/cm ³)	Masse volumique sèche ρ_d (g/cm ³)	Indice des vides e	Saturation S_r (%)	W% (NF EN ISO 17892-1)
1	50	4,30	10,9	1,92	1,73	0,56	53	21,6
2	100	5,40	10,9	1,90	1,71	0,58	51	21,3
3	200	4,60	10,9	1,90	1,71	0,58	51	20,3



Observations	
--------------	--

Annexe 5 – Calculs K-Réa



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités : Métrique, kN, kN/m² Niveau phréatique : 131,96 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	134,89	18,00	8,00	25,00	0,00	0,000	0,577	0,406	3,067	0,577	0,577	0,000	0,000	2887	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Argiles graveleuses	132,64	18,00	8,00	25,00	5,00	0,000	0,577	0,406	3,067	0,577	0,577	1,274	4,274	13004	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Graves argilo-sableuses	128,89	19,00	9,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,254	7,345	0,426	0,426	0,000	0,000	240651	0	0,333	-0,667	0,100	10000,00
Marnes argileuses	127,89	20,00	10,00	30,00	10,00	0,000	0,500	0,333	4,980	0,500	0,500	1,155	6,293	142256	0	0,000	-0,667	0,100	10000,00

Valeurs de calcul des paramètres de la loi de comportement

Couche	Comportement	MISS							MEL						
		φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d	φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d
Remblais	Drainé	25,00	0,00	0,000	0,406	3,067	0,000	0,000	25,00	0,00	0,000	0,406	3,067	0,000	0,000
Argiles graveleuses	Drainé	25,00	5,00	0,000	0,406	3,067	1,274	4,274	25,00	5,00	0,000	0,406	3,067	1,274	4,274
Graves argilo-sableuses	Drainé	35,00	0,00	0,000	0,254	7,345	0,000	0,000	35,00	0,00	0,000	0,254	7,345	0,000	0,000
Marnes argileuses	Drainé	30,00	10,00	0,000	0,333	4,980	1,155	6,293	30,00	10,00	0,000	0,333	4,980	1,155	6,293

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	125,39	34877	1,18

Cote de la tête de l'écran : z0 = 132,46 m



Calcul réalisé par : GEOTEC



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

DONNEES

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	Côté	z [m]	x [m]	L [m]	αe	q [kN/m/m]	Nature
1	P0	Gauche	134,89	4,40	1,10	1,000	5,00	Variable
2	P0	Gauche	134,89	11,00	3,00	1,000	9,00	Variable
3	P0	Gauche	134,89	14,00	8,30	1,000	3,00	Variable



Calcul réalisé par : GEOTEC



K-Réa

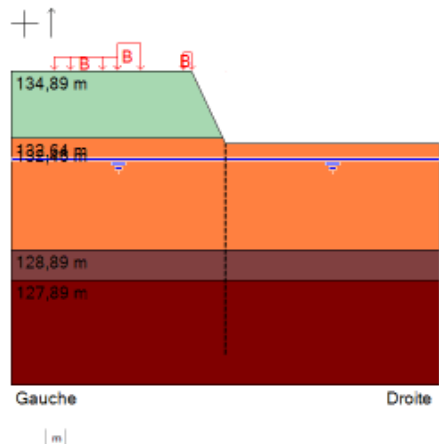
v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

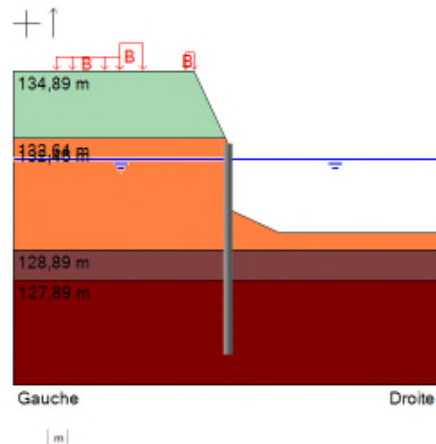
TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

SYNTHESE PHASAGE

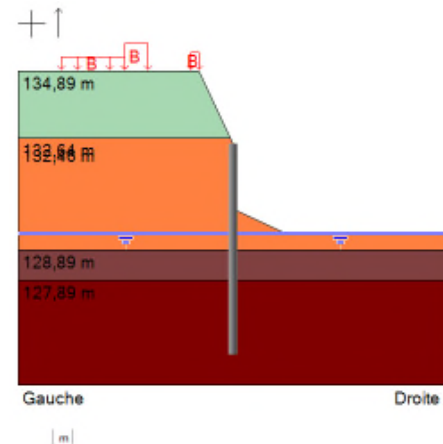
P0



P1 : Phase durable



P2 : Phase durable



- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 132,46
Mise en place d'un talus :
zt [m] = 134,89 a [m] = 4,40
zh [m] = 132,46 b [m] = 0,01
ae = 1,000
- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
z [m] = 134,89
x [m] = 4,40
L [m] = 1,10
q [kN/m/m] = 5,00
ae = 1,000
Nature: Variable
- Excavation (côté droit) :
zh [m] = 132,46
- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°2
z [m] = 134,89
x [m] = 11,00
L [m] = 3,00
q [kN/m/m] = 9,00
ae = 1,000
Nature: Variable

- Options MEL :
Surexcavation :
 Δa_{gauche} [m] = 0,00 Δa_{droite} [m] = 0,00
Méthode de calcul automatique.
Sélection automatique du côté de la butée
Correction automatique de l'inclinaison de contre butée.
Calculer sollicitations ELU (MISS) : non
- Excavation (côté droit) :
zh [m] = 129,46
Mise en place d'une risberme :
zt [m] = 130,29 a [m] = 0,01
zh [m] = 129,46 b [m] = 6,77
ae = 1,000

- Options MEL :
Surexcavation :
 Δa_{gauche} [m] = 0,00 Δa_{droite} [m] = 0,00
Méthode de calcul automatique.
Sélection automatique du côté de la butée
Correction automatique de l'inclinaison de contre butée.
Calculer sollicitations ELU (MISS) : non
- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 129,46
- Action hydraulique : (droite)
zw [m] = 129,46



Calcul réalisé par : GEOTEC



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

RESULTATS ELS et ELU (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
P1	MEL	88,38	-72,00	OK	-21,27	-
P2	MEL	134,38	-119,49	OK	-45,34	-
Extrema	-	134,38	-119,49	-	-	-



Calcul réalisé par : GEOTEC



K-Réa

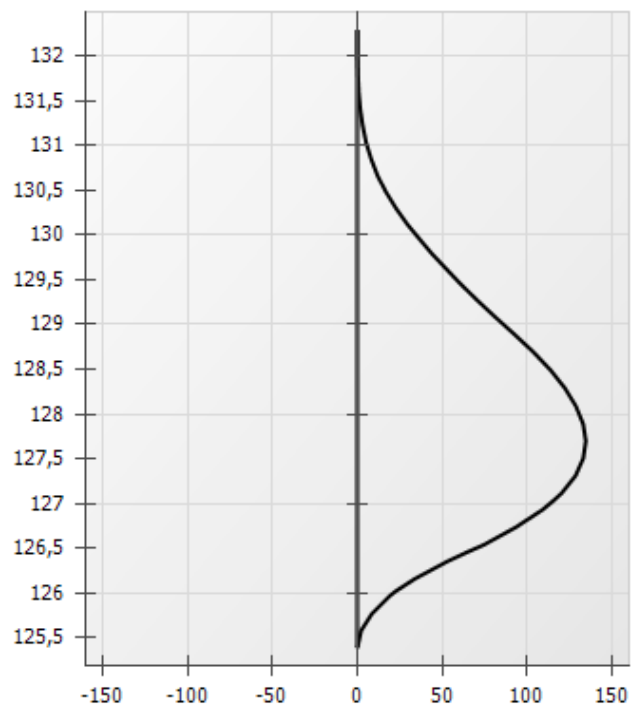
v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

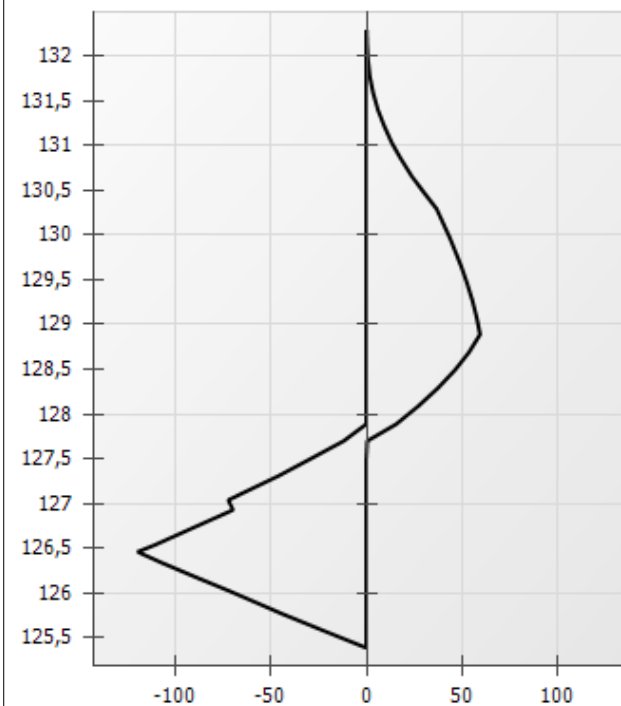
TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Moment [kNm/m]



Effort Tranchant [kN/m]



Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : GEOTEC



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Niveau m	Moment		M,d		Tranchant		V,d		Déplacement	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	kNm/m	kNm/m	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	mm	mm
132,29	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
132,13	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
131,96	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00
131,77	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	1,76	0,00	0,00
131,59	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	3,49	0,00	0,00
131,40	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	5,98	0,00	0,00
131,22	0,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	9,23	0,00	0,00
131,03	0,00	0,00	0,00	5,18	0,00	0,00	0,00	13,24	0,00	0,00
130,85	0,00	0,00	0,00	8,07	0,00	0,00	0,00	18,01	0,00	0,00
130,66	0,00	0,00	0,00	11,91	0,00	0,00	0,00	23,53	0,00	0,00
130,48	0,00	0,00	0,00	16,85	0,00	0,00	0,00	29,82	0,00	0,00
130,29	0,00	0,00	0,00	23,01	0,00	0,00	0,00	36,65	0,00	0,00
130,12	0,00	0,00	0,00	29,40	0,00	0,00	0,00	40,27	0,00	0,00
129,96	0,00	0,00	0,00	36,36	0,00	0,00	0,00	43,66	0,00	0,00
129,79	0,00	0,00	0,00	43,88	0,00	0,00	0,00	46,83	0,00	0,00
129,63	0,00	0,00	0,00	51,90	0,00	0,00	0,00	49,78	0,00	0,00
129,46	0,00	0,00	0,00	60,39	0,00	0,00	0,00	52,50	0,00	0,00
129,27	0,00	0,00	0,00	70,63	0,00	0,00	0,00	55,24	0,00	0,00
129,08	0,00	0,00	0,00	81,35	0,00	0,00	0,00	57,48	0,00	0,00
128,89	0,00	0,00	0,00	92,45	0,00	0,00	0,00	59,24	0,00	0,00
128,69	0,00	0,00	0,00	103,75	0,00	0,00	0,00	53,47	0,00	0,00
128,49	0,00	0,00	0,00	113,73	0,00	0,00	0,00	46,10	0,00	0,00
128,29	0,00	0,00	0,00	122,08	0,00	0,00	0,00	37,23	0,00	0,00
128,09	0,00	0,00	0,00	128,53	0,00	0,00	0,00	27,05	0,00	0,00
127,89	0,00	0,00	0,00	132,82	0,00	0,00	0,00	15,62	0,00	0,00
127,70	0,00	0,00	0,00	134,38	0,00	0,00	-11,87	0,40	0,00	0,00
127,51	0,00	0,00	0,00	132,92	0,00	0,00	-28,33	0,00	0,00	0,00
127,31	0,00	0,00	0,00	128,28	0,00	0,00	-45,84	0,00	0,00	0,00
127,12	0,00	0,00	0,00	120,28	0,00	0,00	-64,39	0,00	0,00	0,00
127,04	0,00	0,00	0,00	115,73	0,00	0,00	-72,00	0,00	0,00	0,00
126,93	0,00	0,00	0,00	108,74	0,00	0,00	-69,52	0,00	0,00	0,00
126,74	0,00	0,00	0,00	93,48	0,00	0,00	-89,36	0,00	0,00	0,00
126,54	0,00	0,00	0,00	74,31	0,00	0,00	-110,17	0,00	0,00	0,00
126,46	0,00	0,00	0,00	64,75	0,00	0,00	-119,49	0,00	0,00	0,00
126,46	0,00	0,00	0,00	64,31	0,00	0,00	-119,07	0,00	0,00	0,00
126,35	0,00	0,00	0,00	52,36	0,00	0,00	-107,73	0,00	0,00	0,00
126,16	0,00	0,00	0,00	33,66	0,00	0,00	-86,75	0,00	0,00	0,00
126,02	0,00	0,00	0,00	22,34	0,00	0,00	-70,91	0,00	0,00	0,00



Calcul réalisé par : GEOTEC



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Niveau m	Moment		M,d		Tranchant		V,d		Déplacement	
	min kNm/m	max kNm/m	min kNm/m	max kNm/m	min kN/m	max kN/m	min kN/m	max kN/m	min mm	max mm
125,97	0,00	0,00	0,00	19,01	0,00	0,00	-65,49	0,00	0,00	0,00
125,77	0,00	0,00	0,00	8,49	0,00	0,00	-43,94	0,00	0,00	0,00
125,58	0,00	0,00	0,00	2,13	0,00	0,00	-22,11	0,00	0,00	0,00
125,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Calcul réalisé par : GEOTEC

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		
Surcharges 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 - Durable

L'écran est considéré en console (autostable).

La méthode D a été utilisée pour cette phase.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :**Vérification de la hauteur de fiche :**

Point de pression nulle : z0 = 128,89 m

Point de moment nul : zc = 126,46 m

Côte du pied de l'écran : zp = 125,39 m

f0 = z0 - zc = 2,43 m

fb = z0 - zp = 3,50 m

fb / f0 = 1,438 (≥ 1,2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition :

zn = 127,04 m

Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux :

Ct,d = 136,66 kN/m

Contre-butée mobilisable sous zn :

Cm,d = 230,68 kN/m

Facteur de mobilisation :

α = 0,461

Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 11,26 kN/m

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

Pv,d = -32,53 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 = -21,27 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 21,27 kN/m vers le haut.

PHASE 2 - Durable

L'écran est considéré en console (autostable).

La méthode D a été utilisée pour cette phase.

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :**Vérification de la hauteur de fiche :**

Point de pression nulle : z0 = 128,89 m

Point de moment nul : zc = 126,02 m

Côte du pied de l'écran : zp = 125,39 m

f0 = z0 - zc = 2,87 m

fb = z0 - zp = 3,50 m

fb / f0 = 1,218 (≥ 1,2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition :

zn = 126,46 m

Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux :

Ct,d = 172,48 kN/m

Contre-butée mobilisable sous zn :

Cm,d = 189,46 kN/m

Facteur de mobilisation :

α = 0,881

Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 11,26 kN/m

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



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE 25/01198/TOULS

TOULOUSE - CONFORTEMENT BERGES CANAL DU MIDI

Vérifications

$P_{v,d} = -56,61 \text{ kN/m}$

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

$T_{v,d} = 0,00 \text{ kN/m}$

Résultante verticale F_v des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

$F_{v,d} = 0,00 \text{ kN/m}$ Y_q = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

$R_{v,d} = -45,34 \text{ kN/m}$

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 45,34 kN/m vers le haut.



Calcul réalisé par : GEOTEC



GROUPE

GÉOTEC

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE



www.geotec.fr



Groupe
Géotec



Groupe
Géotec