



fondasol

BANNIERES (81)

Étude géotechnique de projet G2 phase PRO

Rapport n° PR.GPCO.24.0001-31GT – 002 28/06/2024

**DIRSO (Direction Interdépartementale des
Routes du Sud-Ouest)**

AGENCE DE L'UNION

Fondasol Toulouse
7 Route de Bessières
CS 90016
31242 – L'UNION

☎ 05.62.75.10.79
📠 05.61.70.94.46
✉ toulouse@fondasol.fr

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	28/06/2024	34*	1 ^{ère} diffusion	B. ESPIL	A. LORICHER
A					
B					
C					

REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C
1	X				41					81				
2	X				42					82				
3	X				43					83				
4	X				44					84				
5	X				45					85				
6	X				46					86				
7	X				47					87				
8	X				48					88				
9	X				49					89				
10	X				50					90				
11	X				51					91				
12	X				52					92				
13	X				53					93				
14	X				54					94				
15	X				55					95				
16	X				56					96				
17	X				57					97				
18	X				58					98				
19	X				59					99				
20	X				60					100				
21	X				61					101				
22	X				62					102				
23	X				63					103				
24	X				64					104				
25	X				65					105				
26	X				66					106				
27	X				67					107				
28	X				68					108				
29	X				69					109				
30	X				70					110				
31	X				71					111				
32	X				72					112				
33	X				73					113				
34	X				74					114				
35					75					115				
36					76					116				
37					77					117				
38					78					118				
39					79					119				
40					80					120				

*hors annexes

SOMMAIRE

A.	Présentation de notre mission	5
A.1.	Eléments du contrat	5
A.2.	Mission selon la norme NF P94-500	5
A.3.	Documents à notre disposition pour cette étude	6
A.4.	Description du contexte	7
A.5.	Investigations géotechniques	13
B.	Caractéristiques générales du site	14
B.1.	Description générale du site	14
B.2.	Contexte géologique général	16
B.3.	Risques naturels identifiés	16
B.4.	Rappel des résultats des investigations in situ	17
B.5.	Données géomécaniques	18
B.6.	Essais et analyses en laboratoire	18
B.7.	Données hydrogéologiques	19
C.	Principes Généraux de Réalisation	20
C.1.	Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)	20
C.2.	Contraintes du site	21
C.3.	Travaux d'adaptation du projet au site – conditions de terrassement	21
C.4.	Mise hors d'eau	21
C.5.	Mode de fondation retenu	21
C.6.	Lithologie et caractéristiques mécaniques retenues	22
D.	Pre-dimensionnement des ouvrages	23
D.1.	Descentes de charges	23
D.2.	Type et caractéristiques des pieux	23
D.3.	Matériaux	24
D.4.	Méthodes de calcul	24
D.5.	Vérification de la portance	26
D.6.	Etude de la paroi en pieux sécants	27
D.7.	Sujétions d'exécution et de conception des pieux	31
E.	Conclusions – suites à donner	33
E.1.	Synthèse de la mission de projet	33
E.2.	Enchaînement des missions normalisées	34

ANNEXES

- 1. Conditions Générales de service – 3 pages**
- 2. Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (NF P94-500) – 1 page**
- 3. Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500) – 1 page**
- 4. Investigations in situ – 9 pages**
- 5. Résultats des calculs – 24 pages**

A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1. Eléments du contrat

Maître d'Ouvrage : DIRSO

Devis : DQE DIRSO RN126 PONT SUR LHERLE V2

N° EJ Bon de commande : 1406386827 du 29/11/2024 par le directeur interdépartemental des routes du sud-ouest

A.2. Mission selon la norme NF P94-500

Missions : G2 PRO selon la norme NF P94-500 (Missions d'Ingénierie Géotechnique Types – Révision de novembre 2013).

Objectifs définis dans notre devis :

- Description des choix constructifs des ouvrages géotechniques intégrant le phasage et les contraintes du projet données par le maître d'œuvre,
- Hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages : définition des valeurs caractéristiques des paramètres par ouvrage géotechnique,
- Note de pré-dimensionnement des ouvrages géotechniques,
- Principes de la méthode observationnelle ou des dispositifs de contrôle à envisager pendant les travaux et pendant la durée de vie de l'ouvrage : valeurs-seuils à retenir, contraintes de maintenance.

Notre mission ne comprend pas, notamment :

- L'établissement des notes de calculs de ferrailage et des plans de coffrage et de ferrailage,
- Les plans et coupes du projet,
- L'estimation des quantités, coûts et délais,
- Les études sismiques et dynamiques,
- Les études hydrogéologiques (détermination des niveaux EH, EB, EE, etc.),
- le calcul des descentes de charges (des éléments estimatifs ont été transmises par notre département structure PRODETIS),
- La mission DCE/ACT.

Remarque importante :

Nos études géotechniques ne concernent pas les projets géothermiques ; des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc.).

L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes, ni de définir les filières d'évacuation des déblais. Le cas échéant, le service Environnement de FONDASOL est disponible pour établir un devis de diagnostic environnemental.

A.3. Documents à notre disposition pour cette étude

A.3.1. Documents transmis

N°	Document	Émetteur	Date Emission
[1]	231423_18199 TOPO 200 08-2023 VI.	3DSDI	10/08/2023
[2]	231423-18199-Coupe 11'_buse maçonnée		23/08/2023
[3]	231423-18199-Coupe 22'_buse métallique		
[4]	Esquisse OA	DIRSO	26/09/2023
[5]	IDP_2023_DIRSO_RN126_Pont_l'Herle_V2	CEREMA	07/07/2023
[6]	Plan situation	DIRSO	26/09/2023
[7]	Situation générale pont de l'Herle		
[8]	Situation détail pont de l'Herle		
[9]	Solution 3 Etude préliminaire Ouvrage d'art	DIRSO	16/02/2024
[10]	81N012600_PR_011_0000_I	SYNLAB	09/07/2018
[11]	81N012600_PR_011_0500_I		
[12]	Coupe OA existant	DIRSO	07/05/2024
[13]	Note Hydraulique - Herle	R_PAUL CONSEIL	Mars 2024
[14]	Vue plan VI	DIRSO	07/05/2024

A.3.2. Sources d'information

Notre étude s'est basée sur les sources d'information suivantes :

- La carte IGN du secteur ;
- Les données du BRGM ;
- La carte géologique du secteur ;
- Les vues aériennes du secteur disponibles sur remonterletemps.ign.fr.

A.3.3. Données manquantes

Les éléments suivants ne nous ont pas été fournis :

- Descentes de charges complètes (notre département structure PRODETIS a réalisé une estimation de ces descentes de charges)
- Plans niveau PRO de l'ouvrage.

A.4. Description du contexte

A.4.1. Caractéristiques générales de l'ouvrage existant

Le projet prévoit la démolition partielle (partie maçonnée) puis la reconstruction du pont de la RN126 franchissant le ruisseau de l'Herle au niveau de la commune de Bannières en limite des départements du Tarn et de la Haute-Garonne.

Le pont est constitué de deux structures :

- Une voûte en **maçonnerie** (coupe 11') en aval du ruisseau prenant appui sur des piédroits. L'ouverture entre les deux piédroits est de 5m pour un tirant d'air vertical de 2.1m. L'ouvrage fait 6m de long approximativement.
- Une **buse métallique** (coupe 22') ovale en amont d'une ouverture horizontale de 4.0m et verticale de 2.2m L'ouvrage fait 16m de long approximativement.

La longueur totale de l'ouvrage mesure 23.0m pour une largeur de 7.0m.

La construction de l'ouvrage en maçonnerie est estimée entre 1850 et 1900, des travaux de reprise d'enduit et de bétonnage sont datés de 1946. La partie buse peut être liée à des travaux de rechemisage d'une partie effondrée ou présentant des désordres trop importants pour une réparation simple. Aucune information n'a pu être transmise par la DIRSO sur ce dernier point, les travaux ont été estimés entre 1976 et 1995 dans le dernier PV IQOA produit en 2021.

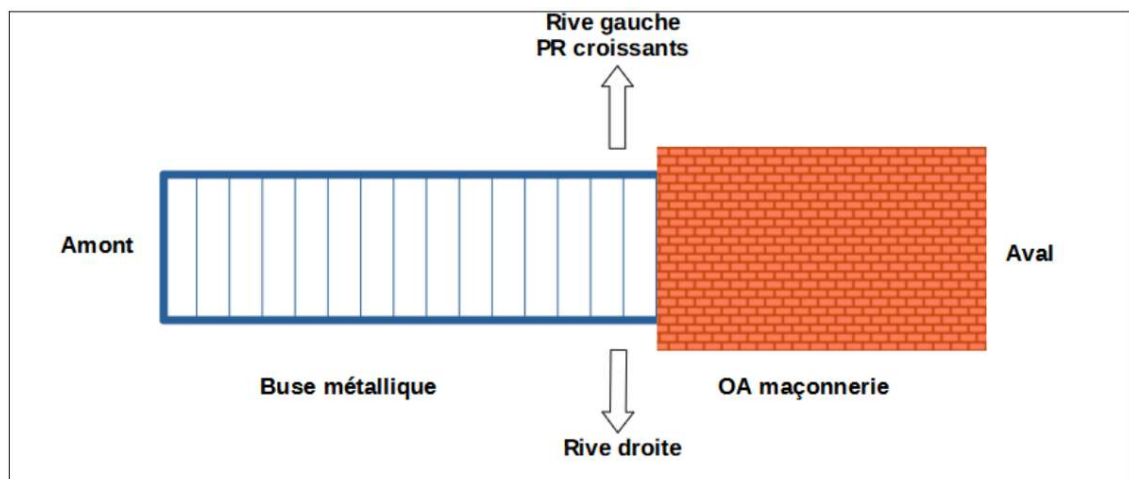


Figure 1 : Schéma de la structure du pont existant extrait de [5]

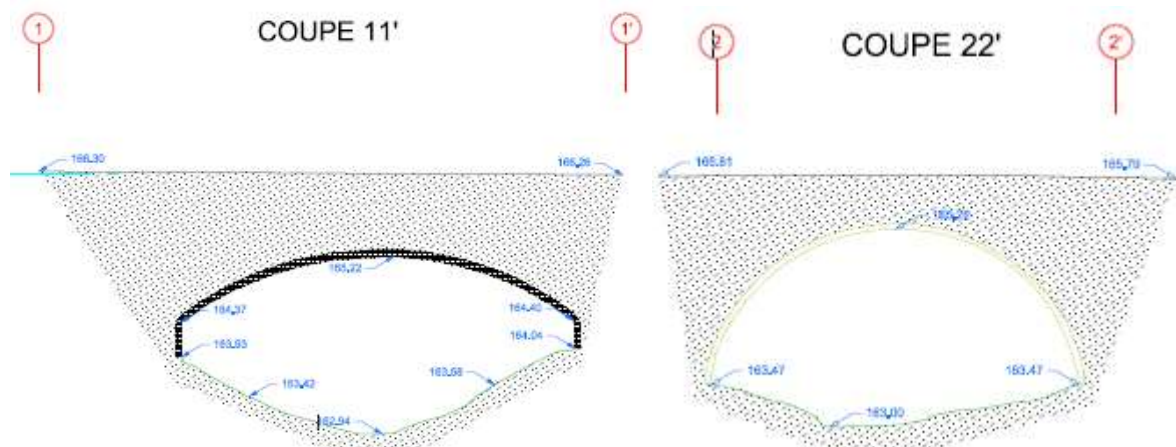


Figure 2 : Coupes de l'ouvrage existant extraits de [2] et [3]

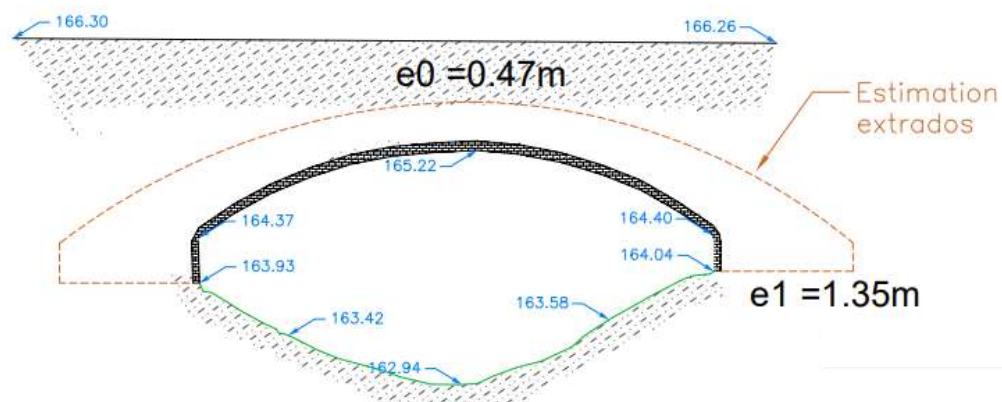


Figure 3: Coupe de l'ouvrage en maçonnerie existant extrait de [12]

Les plans et coupes suivants présentent le projet du client :

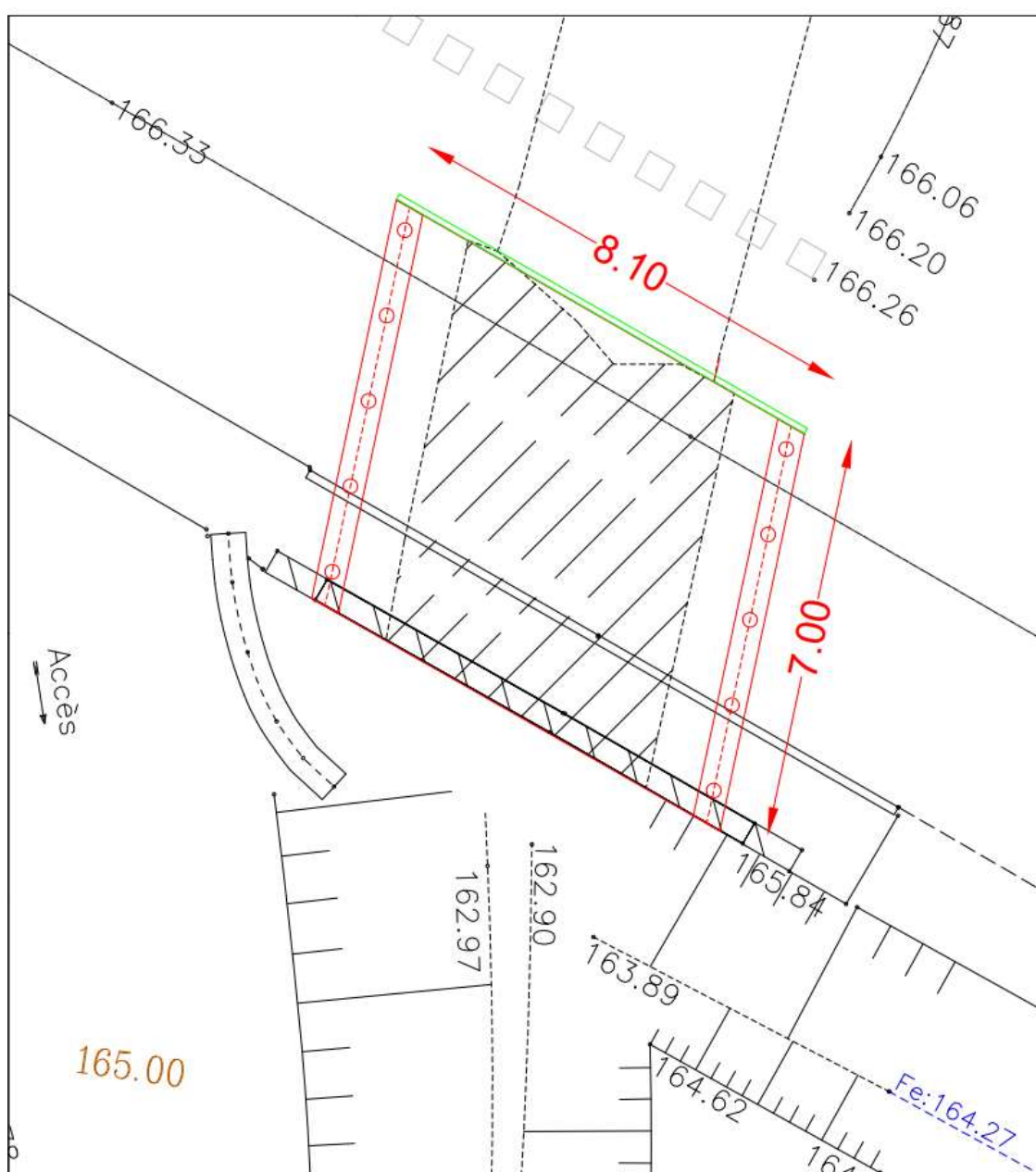


Figure 4 : Vue en plan de principe du projet extrait de [9]

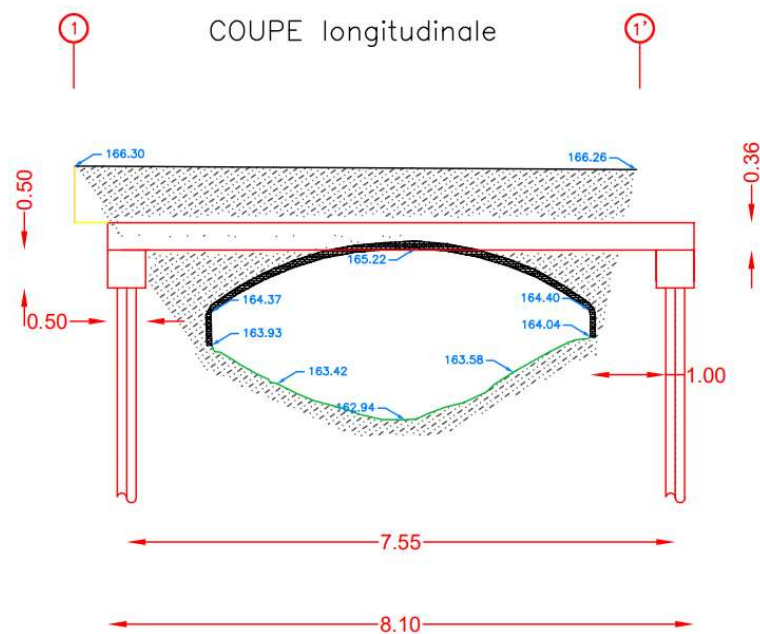


Figure 5 : Coupe longitudinale du futur ouvrage extrait de [9]

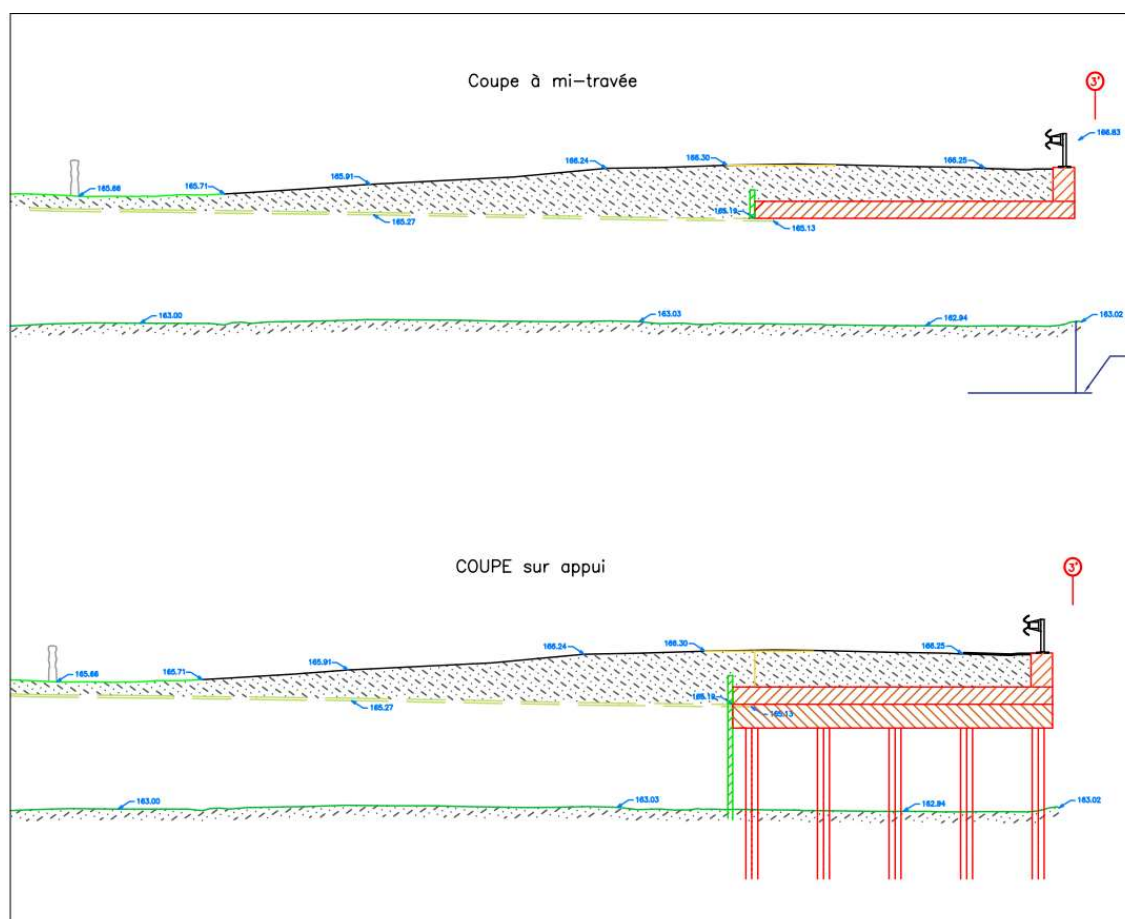


Figure 6 : Coupe latérale du projet prévu extrait de [9]

Le principe est le pontage de l'ouvrage en maçonnerie par un nouvel ouvrage type dalle BA sur 2 culées reposant sur des pieux, ouvrage à construire avant démolition de l'ouvrage existant.



Figure 7 : Photo de la partie amont du pont avec la buse métallique prise le 10/01/24



Figure 8 : Photo de la partie en aval du pont avec la partie en maçonnerie prise le 10/01/24

On notera sur ces photos que le lit du ruisseau est très encaissé entre ses berges ; ainsi, les piédroits et probablement les fondations des ouvrages, sont situés en haut de ses berges et sont donc potentiellement sujettes au déchaussement par affouillement des berges par le ruisseau.

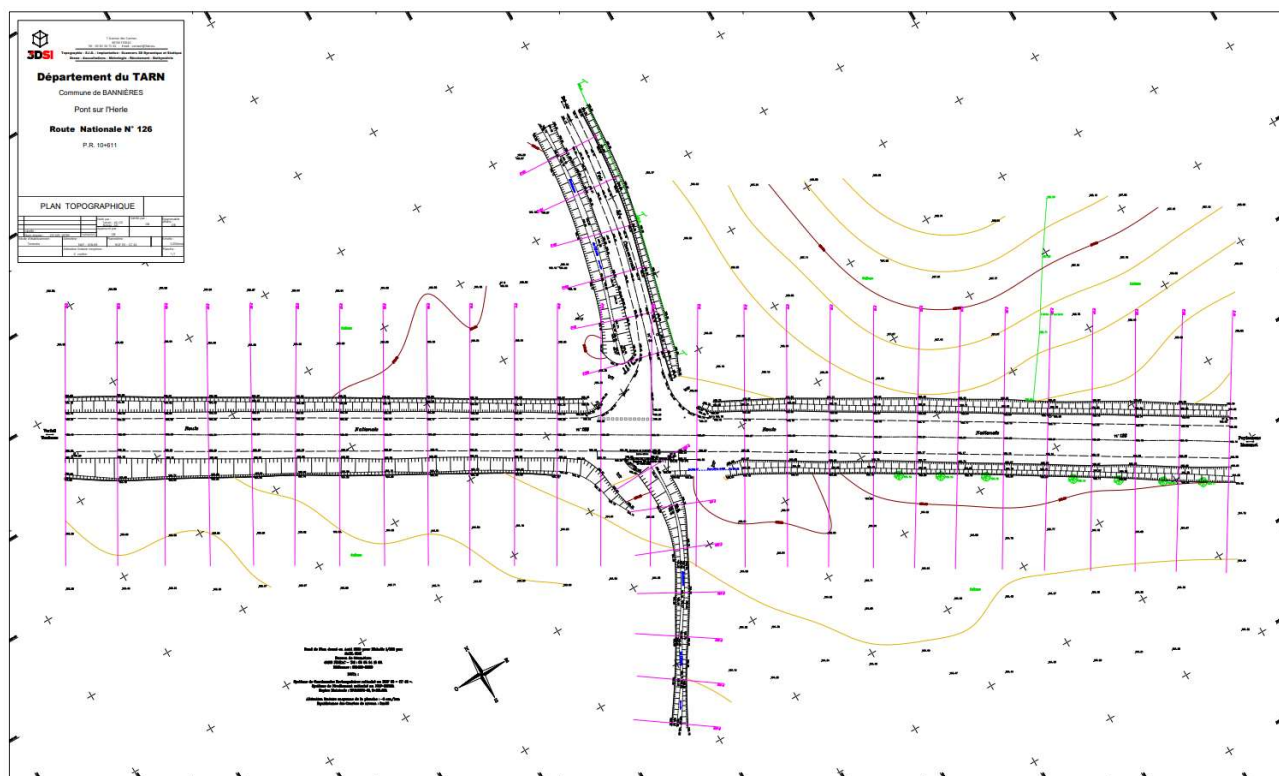


Figure 9 : Plan topographique du site extrait de [1]



Figure 10 : Vue de la partie en maçonnerie du pont (visite du 19/10/2023)

A.4.2. Description de l'ouvrage projeté

Compte tenu de la configuration du site et de l'ouvrage existant et de son état actuel, il est envisagé de conserver la buse métallique et de construire un nouvel ouvrage indépendant type dalle BA portée par 2 files de pieux par l'intermédiaire de chevêtres.

Le nouvel ouvrage aura une longueur de 7.0 m (suivant l'axe du ruisseau) pour une largeur droite d'au moins 10.52 m selon les plans transmis et le choix d'un diamètre de pieux de 800 mm (cf. extrait ci-dessous).

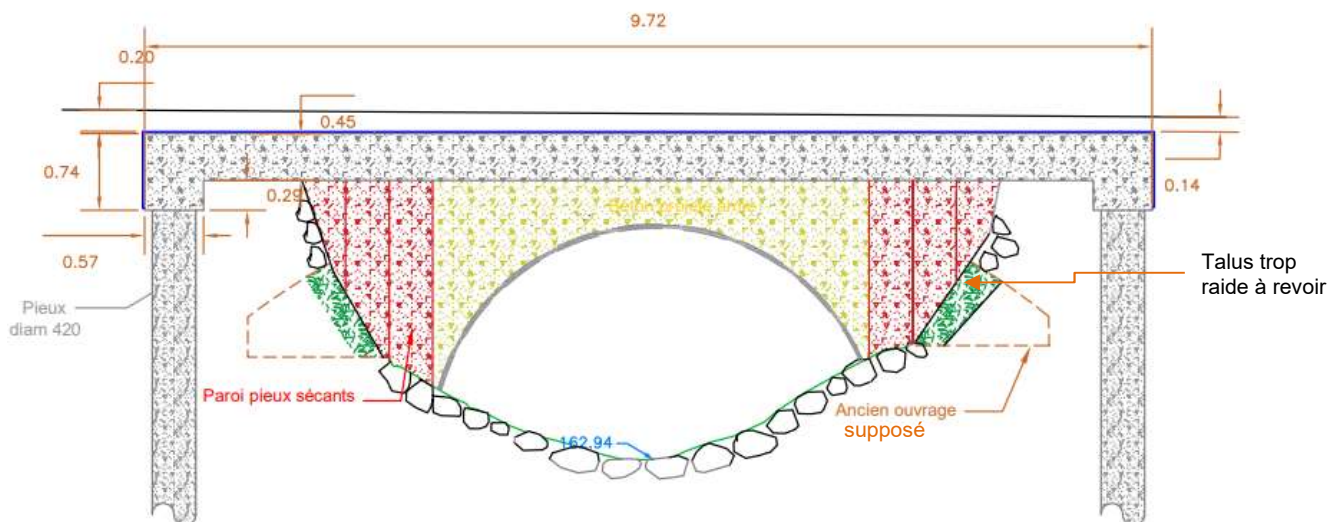


Figure 11: Coupe de l'ouvrage extrait de [14]

A.4.3. Catégorie géotechnique et durée d'utilisation de l'ouvrage

En l'absence d'indication, nous avons considéré, conformément à l'Eurocode 7, les hypothèses suivantes :

- Catégorie géotechnique du projet : 2
- Classe de conséquence des ouvrages : CC2
- Catégorie de durée d'utilisation des ouvrages définitifs : 5 (100 ans)

Ces hypothèses ont été confirmées par le Maître d'ouvrage.

A.4.4. Catégorie d'importance vis-à-vis du risque sismique

La catégorie d'importance de l'ouvrage considérée par hypothèse dans la suite du rapport (hypothèse confirmée par le maître d'ouvrage) est : IV.

Compte-tenu de la catégorie d'importance de l'ouvrage et de la zone de sismicité (très faible – I), l'effet d'un séisme ne sera pas à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage sauf exigence particulière du maître d'ouvrage.

A.5. Investigations géotechniques

A.5.1. Sondages réalisés

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Sondages	SPI	SP2
Type	Pressiométrique	Pressiométrique
Profondeur (m)	15	15
Essais	10	10
Équipement	Piézomètre	/
Nivellement (NGF)	165.3	165.25

Sondages	DPT1	DPT2
Type	Pénétromètre dynamique	Pénétromètre dynamique
Profondeur (m)	3.3	11.7
Critère d'arrêt	Refus	Volontaire
Nivellement (NGF)	165.85	165.75

Le nivellement des sondages a été réalisé par rapport au plan topographique transmis [1] suivant le référentiel de nivellement NGF-IGN69 (repris par le terme NGF dans la suite du rapport). Les coordonnées ont été relevées par GPS.

A.5.2. Essais en laboratoire

Des essais ont été réalisés au laboratoire sur des échantillons d'eau prélevés dans le piézomètre au droit de SPI, dans le but de :

- Définir la classe d'agressivité de l'eau sur le béton suivant la norme EN206,

Ces essais ont été réalisés par un laboratoire spécialisé indépendant.

B. CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

B.1. Description générale du site

B.1.1. Situation et topographie

Situation du terrain :

- Localisation du site en WGS 84 : Lat - 43.60668739080561 Long - 1.749658300107713

Topographie :

- Altitude du site selon le plan topographique : 166.33 m NGF (au centre de l'ouvrage)
- Au droit de l'emprise du projet, l'altimétrie de nos points de sondage varie entre les cotes 165.25 m NGF et 165.85 m NGF, soit un dénivelé de 0.6 m.
- La topographie est globalement plane sur l'ouvrage qui se situe en léger remblai par rapport aux champs environnants excepté en angle Est où on note une surélévation du champ avec un talus de déblai en bordure de la route de Bannières.

B.1.2. Le site et son environnement

Lors de notre intervention, nous avons pu constater la circulation dense sur la RN 126 traversant le pont. Celui-ci est entouré par 2 parcelles agricoles au Nord et à l'Ouest et d'anciennes parcelles agricoles au Sud et à l'Est qui sont aujourd'hui occupé par la construction de l'A69. Le cours d'eau de l'Herle circule sous le pont en longeant la route de Bannières en amont et en se dirigeant vers le Sud-Ouest.

Le terrain au droit des sondages était couvert d'une faible végétation.

Le site se distingue par la présence du cours d'eau très encaissé entre ses berges et par la forte circulation sur la RN126.

La présence de sols remaniés sur les premiers mètres de profondeur est attendue du fait de l'occupation ancienne du site.

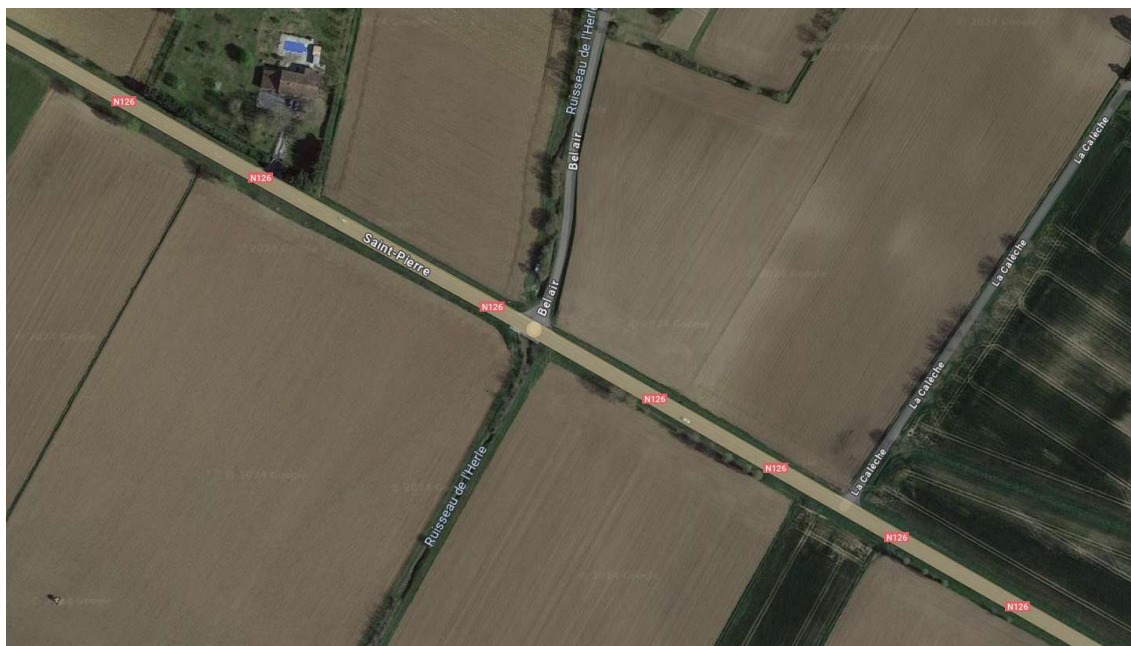


Figure 12 : Photographie aérienne du site (Google Maps ©)



Figure 13 : Vues du site (visites du 19/10/2023 & 09/01/24)

B.2. Contexte géologique général

D'après la carte géologique de TOULOUSE-EST et sa notice associée, les terrains du site seraient constitués, de haut en bas, par :

- De la **terre végétale** en tête.
- Des **terrains sédimentaires : alluvions actuelles et modernes des cours d'eau secondaires**, notés **Fz**. Cette couche géologique est composée essentiellement de limons d'inondation à éléments fins, parfois décalcifiés, mais le plus souvent un peu calcaires.
- Des terrains sédimentaires : alluvions des basses terrasses des cours d'eau secondaires, notés **Fy**. Cette formation est composée de limons décalcifiés.
- **Le substratum molassique** composé de marnes et de calcaires daté du Stampien.



Extrait de la carte géologique au 1/50 000ème (source : BRGM)

Figure 14 : Extrait de la carte géologique de TOULOUSE-EST (source : BRGM ©)

Du point de vue hydrogéologique, les alluvions renferment généralement une nappe qui s'écoule au toit du substratum réputé imperméable. Les limons de surface peuvent être le siège de circulations d'eau en période pluvieuse.

B.3. Risques naturels identifiés

B.3.1. Synthèse des risques recensés

Du point de vue hydrogéologique, le site se trouve en bordure du ruisseau. Il est donc exposé à une inondation par ce cours d'eau.

Il appartient aux concepteurs du projet de s'assurer que le projet tient compte de l'intégralité des prescriptions liées aux risques répertoriés ci-dessous, y compris non géotechniques.

Risque	Aléa/sensibilité	Document réglementaire
Retrait-gonflement	Moyen	Arrêté du 22 juillet 2020 JORF n°0195 du 9 août 2020
Inondations	Inondation	
Remontées de nappe	Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave	
Cavités		Arrêté du 22 juillet 2020 JORF n°0195 du 9 août 2020
Mouvements de terrain	Mouvement de terrain	81PREF20030020
Risque sismique	1 - TRES FAIBLE	Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010. Code de l'Environnement , article D.563-8-1
Risque Radon	1	Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002

Inventaire des risques naturels connus sur la commune

Cette liste n'est pas exhaustive. Il appartient aux concepteurs du projet de s'assurer que le projet tient compte des prescriptions liées à l'ensemble des risques, y compris non géotechniques.

Pour plus de détails, le lecteur pourra se reporter aux extraits des cartes en Annexes.

B.3.2. Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle publiés pour la commune

Code National CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le journal officiel du	Risque	Commune
NOR19821118	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982	Inondations et/ou Coulées de Boue	BANNIERES
NOR19821118	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982	Tempête	BANNIERES
INTE9200474A	09/06/1992	13/06/1992	16/10/1992	17/10/1992	Glissement de Terrain	BANNIERES
INTE9200474A	09/06/1992	13/06/1992	16/10/1992	17/10/1992	Inondations et/ou Coulées de Boue	BANNIERES
INTE9800067A	01/09/1997	01/09/1997	12/03/1998	28/03/1998	Inondations et/ou Coulées de Boue	BANNIERES
INTE0400656A	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004	Sécheresse	BANNIERES
INTE1243397A	16/05/2011	31/12/2011	10/01/2013	13/01/2013	Sécheresse	BANNIERES
IOME2308745A	30/06/2022	29/09/2022	02/04/2023	02/05/2023	Sécheresse	BANNIERES

Liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle (source : Georisques)

B.4. Rappel des résultats des investigations in situ

Les sondages réalisés ont permis de mettre en évidence la succession lithologique suivante sous une faible épaisseur de terre végétale, de haut en bas :

- **Des argiles sableuses et/ou limoneuses molles marron (formation I-Alluvions)** reconnues jusqu'à 9.5 m de profondeur/TN au droit de SPI et jusqu'à 9.6 m de profondeur/TN au droit de SP2. Au droit de DPT1, cette formation semble descendre seulement jusqu'à 2.9m de profondeur/TN au vu des compacités observées. Au droit de DPT2, cette formation semble descendre à 8.8 m de profondeur/TN au vu des compacités observées.

Des formations du **substratum molassique** avec :

- Une couche d'altération du substratum (formation 2.a) composée d'argile marneuse et sableuse reconnue jusqu'à 11.5 m/TN au droit des deux sondages pressiométriques. Au droit de DPT1, cette formation a été reconnue jusqu'au refus du sondage à 3.1m de profondeur/TN au vu des compacités observées. Au droit de DPT2, cette formation a été reconnue jusqu'au refus à 11.7 m de profondeur/TN au vu des compacités observées.
- Des marnes argileuses et sableuses marron (formation 2.b) correspondant au substratum molassique reconnu jusqu'à la base des sondages réalisés soit 15 à 15.5m de profondeur/TN.

Il est rappelé la possibilité de rencontrer des poches ou passages de sables molassiques au sein de cet horizon. Ces poches sableuses peuvent être le siège d'importantes arrivées d'eau.

Remarque : la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. Nous récapitulons le toit des formations au droit de chaque sondage dans le tableau ci-dessous :

N°	Nature de la formation	SPI	SP2	DPT1	DPT2
		Prof de la base (cote m NGF)	Prof de la base (cote m NGF)	Prof de la base (cote m NGF)	Prof de la base (cote m NGF)
I	Alluvions	155.8	155.65	162.95	156.95
2.a	Altération	154.3	154.25	<162.75	<154.05
2.b	Molasse	<150.3	<150.25		

B.5. Données géomécaniques

Les caractéristiques mécaniques des sols ont été mesurées in situ à partir des essais pressiométriques (**SPI/SP2**) et pénétrométriques (**DPT1/DPT2**). Elles sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

N°	Formation	Essais pressiométriques								Pénétromètre dynamique	
		Pression limite nette P_{LM}^* (MPa)				Module pressiométrique E_M (MPa)				Nb valeurs	Résistance de pointe q_d (MPa)
		Min	Max	Moyenne (*)	Ecart type	Min	Max	Moyenne (**)	Ecart type		
I	Alluvions : Argile sableuse et limoneuse	0.19	0.58	0.34	0.13	1.3	6.5	2.3	1.4	12	1.5 < q_d < 5.0
2.a	Altération : Argile marneuse et sableuse	2.74	3.29	3.00	0.27	29.6	46.2	36.1	8.3	2	5.0 < q_d < 30.0
2.b	Molasse : Marnes argileuses et sableuses	4.41	5.53	4.97	0.41	92.7	329.8	138.6	78.6	6	-

B.6. Essais et analyses en laboratoire

L'agressivité des eaux vis-à-vis du béton doit être évaluée selon la norme NF EN 206+A2/CN.

Dans le cadre du projet étudié, les ouvrages en béton seront en contact avec le sol et l'eau de la nappe.

Des échantillons d'eau ont été prélevés dans les piézomètres SPI-PZ et des analyses de l'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton ont été réalisées par le laboratoire Eurofins.

Les résultats complets figurent en annexe.

Les essais réalisés permettent de définir une classe d'agressivité chimique :

- <XAI pour les eaux souterraines soit un environnement à faible agressivité chimique vis-à-vis des bétons.

Pour la définition des formulations des bétons constitutifs des ouvrages enterrés du projet, nous retiendrons donc une classe d'agressivité chimique <XAI.

Dans le cadre de notre étude, nous nous limiterons à l'évaluation de la classe d'agressivité chimique XAI. Les autres classes d'exposition (XCi, XSi, XDj, XFi) seront à évaluer par le maître d'œuvre.

B.7. Données hydrogéologiques

Lors de notre intervention du 9 au 12 janvier 2024, des arrivées d'eau ont été rencontrées aux profondeurs suivantes :

Niveau d'eau	SPI-Pz		SP2	
	Prof. (m)	Cote (m NGF)	Prof. (m)	Cote (m NGF)
En fin de forage – non stabilisé	2.6	162.70	3.0	162.25
9 Février 2024	2.41	162.89	-	-

Les niveaux d'eau ci-avant correspondent à des observations réalisées lors de notre intervention sur site ; les niveaux mentionnés peuvent être influencés par le fluide utilisé pour le forage, la durée d'observation dans le cas de terrains peu perméables, les conditions pluviométriques ayant précédé ces relevés....

Le tube piézométrique posé dans le forage SPI permettra de suivre le niveau de l'eau afin de caractériser les fluctuations de la nappe (suivi non compris dans notre prestation).

L'intervention ponctuelle dans le cadre de la réalisation de la présente étude ne permet pas de fournir des informations hydrogéologiques précises, dans la mesure où le niveau d'eau mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à celui relevé à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

Lors de notre passage pour les investigations en janvier 2024 de l'eau était présente dans le ruisseau. Cependant une première visite avait été faite en (été) 2023 et le cours d'eau était quasiment sec à ce moment-là.

Lors d'une visite le 16 mai 2024, nous avons constaté de plus que le ruisseau avait été dévié en aval du pont dans le cadre du chantier de l'A68.

La nappe est vraisemblablement en relation avec le ruisseau de l'Herle.

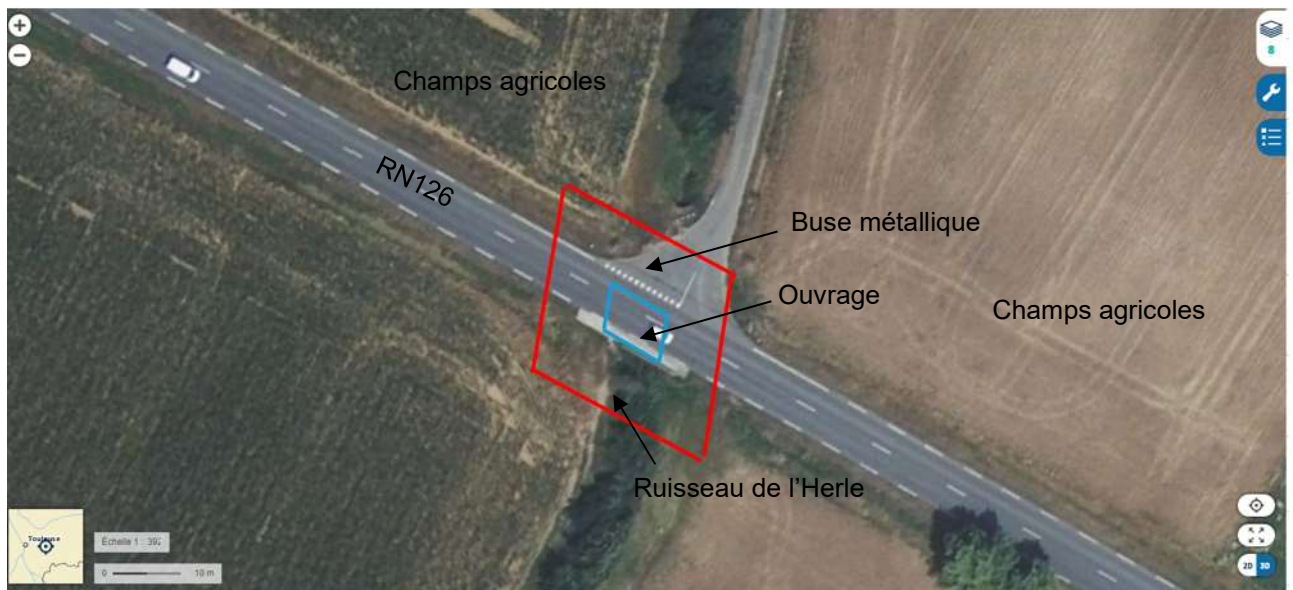
Les indications supplémentaires concernant les niveaux d'eau caractéristiques nous ont été transmise pour cette phase du projet. On trouve notamment des hauteurs d'eau de 164.57 et 164.15 mNGF pour des crues décennales en amont et en aval et des hauteurs d'eau de 164.51 et 164.76m pour des crues centennales. D'après la note hydraulique de R-Paul Conseil, l'incidence du projet sur les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement est négligeable.

C. PRINCIPES GENERAUX DE REALISATION

C.1. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

La ZIG est le volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement de terrain, et l'environnement. La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain.

La Zone d'Influence Géotechnique définie représente une surlargeur (en rouge) d'environ 10,5 m autour de l'ouvrage projeté (en bleu).



Les ouvrages avoisinants inclus dans la ZIG sont les suivants :

- Le ruisseau de l'Herle ainsi que ses berges ;
- Les structures conservées de l'ouvrage (buse métallique et confortements réalisés) ;
- La RN126 et la route de Bannières ainsi que les fossés et ouvrages d'assainissement ;
- Les réseaux enterrés,
- Les voies d'accès aux champs contigus à l'ouvrage,

Il conviendra de porter une attention particulière lors des travaux de terrassements (phasages par plots, pentes de talutages, etc...) et prévoir des dispositions constructives à mettre en œuvre pour garantir la stabilité générale du site et des existants (ouvrages de soutènements, reprises en sous-œuvre etc...si nécessaire).

Notamment, lors de la première phase de terrassement pour la réalisation des pieux du nouvel ouvrage, la route existante, conservée en circulation, devra être soutenue ; lors de la seconde phase de terrassement correspondant à la démolition de l'ouvrage maçonnée existant, une attention particulière devra être portée à l'ensemble des travaux pour ne pas endommager les nouveaux ouvrages et spécifiquement les pieux ; en aucun cas, ces derniers ne devront être dégarnis.

C.2. Contraintes du site

Les contraintes majeures du projet se concentrent en phase travaux du projet avec :

- La conservation de la circulation de la RN126 et de la buse métallique ;
- La conservation en l'état de l'écoulement du ruisseau de l'Herle ;
- la démolition de l'ouvrage en maçonnerie existant.

C.3. Travaux d'adaptation du projet au site – conditions de terrassement

Concernant les travaux de démontage/démolition de l'ouvrage maçonné, une attention particulière sera portée à la buse métallique conservée et aux berges afin que leur intégrité et leur stabilité soient assurées à tout moment des travaux ainsi qu'en phase définitive. De même, une attention particulière sera portée aux ouvrages neufs déjà réalisés lors de cette phase de démolition.

Un ouvrage de soutènement en pieux sécants et en béton projeté armé est nécessaire afin de permettre la conservation de la traficabilité de la route en phase provisoire et d'assurer la tenue des terres en phase définitive au niveau de l'extrémité de la buse ; en effet, après démolition de l'ouvrage en maçonnerie existant et compte tenu du gabarit différent des 2 ouvrages, un soutènement des terres mis à jour est indispensable.

Par ailleurs, la stabilité des berges du ruisseau devra être surveillée pendant la phase travaux et des ouvrages définitifs devront être réalisés après démolition de l'ouvrage maçonné. Ces ouvrages seront de type enrochements. Compte tenu du faible espace disponible, ces enrochements seront bétonnés afin de pouvoir s'adapter à la pente raide et assurer la protection des pieux en cas de crue et/ou d'affouillement par le ruisseau.

C.4. Mise hors d'eau

Les eaux météoriques aussi bien en phase chantier qu'en phase d'exploitation, devront être collectées et évacuées vers un exutoire adapté et en aucun cas dans la pente des berges afin de ne pas les déstabiliser.

De plus, une attention particulière sera portée à la gestion des eaux en phase chantier vis-à-vis du risque de pollution du ruisseau notamment lors des phases de terrassement, de bétonnage ou de réalisation des fondations.

C.5. Mode de fondation retenu

Les fondations envisagées pourront être de type pieux supportant la dalle de l'ouvrage

Des fondations profondes de type pieux forés tubés – tube récupéré (FTR – Catégorie 4) sur la hauteur de la couche alluvionnaire et de la couche d'altération et de type pieux forés simple (FS Catégorie 1) dans le substratum molassique.

Ils seront ancrés dans le substratum molassique composée d'argiles marneuses et sableuses puis de marnes argileuses et sableuses saines, d'au moins 2.50 m dont 1 m dans le substratum sain (couche 2b) . Une seule file de pieux Ø 800mm par appui sera nécessaire pour reprendre les efforts.

De plus, une paroi en pieux sécants ancré de 0.50 m dans le substratum sain (couche 2b) assurera le soutènement provisoire puis définitif entre la buse métallique existante et le futur ouvrage. Ce soutènement indépendant du nouvel ouvrage viendra toutefois, en butée contre la dalle (la génération des efforts de poussée induits ont été pris en compte dans l'estimation des DDC).

C.6. Lithologie et caractéristiques mécaniques retenues

Le modèle géotechnique retenu au stade du projet est défini dans le tableau ci-dessous :

N°	Formation	Prof. de la base (m/TA)	Prof. de la base (cote m NGF)	p_{LM}^* (MPa)	E_M (MPa)	α	k_{Pmax}	q_s (kPa)	
		Au droit des sondages						Pieux Cat. 1 FS	Pieux Cat. 4 FTR
I	Alluvions : Argile sableuse et limoneuse	9.5	155.65	0.3	2.3	0.67	-		30
2.a	Altération : Argile marneuse et sableuse	11.0	154.25	2.7	29.6	0.67	-		60
2.b	Substratum : Marne argileuse et sableuse	>15.0	>150.25	4.6	138.5	0.5	1.3	170	

α : coefficient rhéologique du sol considéré

TA : niveau du terrain actuel

La valeur de p_{LM}^* retenue est p_{LM}^* moyenne arrondi au dixième en dessous

Tableau I : paramètres géotechniques de prédimensionnement des pieux de type FTR et FS

D. PRE-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

Le dimensionnement de pieux implique la vérification de deux éléments :

- la reprise des charges verticales (N) par le frottement latéral le long du fût et l'effort en pointe (selon la norme NF P 94-262) ;
- la reprise des torseurs des efforts appliqués en tête des pieux (avec notamment les efforts horizontaux et les moments) par les armatures mise en place dans ceux-ci (selon l'Eurocode 3 parties 1-1 et 5).

D.1. Descentes de charges

Les descentes de charges transmises par notre département PRODETIS sont présentées ci-après. Ces efforts sont donnés par pieu (sur la base de 3 pieux Ø800 mm espacés de 2.4m par ligne d'appui) :

	ELS QP	ELS Cara	ELU Fondamental
Nmin (kN)	498	498	500
Nmax (kN)	726	1475	1990
H (kN)	31	43	59
M (kN.m)*	109+62	221 + 86	299 + 118

* moment induit par l'effort horizontal auquel a été ajouté l'effet de l'excentrement dû à la poussée de la paroi en pieux sécants qui vient en butée contre la dalle de l'ouvrage.

D.2. Type et caractéristiques des pieux

La longueur des pieux dépend des charges à reprendre. Néanmoins, quelles que soient ces descentes de charges, l'ancrage minimal des pieux sera de 2.50 m dans les molasses dont 1 m dans le substratum sain (couche 2b) pour les pieux de fondations de la dalle portée, soit une longueur minimale des pieux de 13.1 m par rapport au niveau de référence fixé à 166.4 NGF (dessus de la route).

D'après les plans transmis et les éléments liés à la structure, la tête des pieux de fondation est supposée située à 165.25 m NGF. Pour la paroi en pieux sécants, ceux-ci seront ancrés de 0.50 m dans le substratum sain (couche 2b) dont le toit se situe à 154.3 mNGF soit une longueur minimale de 12.1 m (153.8 mNGF) par rapport au niveau du dessus de la dalle (estimé à 165.9 NGF)

La longueur finale des pieux dépendra également des fluctuations possibles du toit de la couche d'ancrage à l'échelle du site du projet.

On retient un béton de pieu de classe de résistance C30/37 (compte tenu de la classe d'exposition pour le risque d'attaque chimique : <XAI).

D.3. Matériaux

En phase G3, il sera nécessaire de vérifier l'agressivité du sol afin de mettre en place dans les pieux un coulis adapté au contexte chimique du site.

Les pieux présenteront un diamètre de forage de 800 mm et seront équipés d'armatures métalliques circulaire avec un enrobage minimal de 10 cm.

D.4. Méthodes de calcul

D.4.1. Portance

La capacité portante des pieux est déterminée conformément à l'Eurocode 7 et à sa norme d'application nationale NF P 94-262 de juillet 2012 ainsi que son amendement A1 de juillet 2018.

L'approche « modèle de terrain » et la méthode pressiométrique sont appliquées.

La capacité portante des pieux s'exprime à partir de l'effort mobilisable en pointe R_b et de celui mobilisable en frottement axial R_s , à partir des relations suivantes :

Terme de frottement : $R_s = p_s \int_0^D q_s(z) \times dz$ avec

- p_s : périmètre du fût du pieu,
- q_s : valeur du frottement axial unitaire limite à la cote z ,
- D : longueur du pieu contenu dans le terrain.

Terme de pointe : $R_b = A_b \times k_p \times p_{le}^*$ avec

- p_{le}^* : pression limite nette équivalente
- A_b : aire effective de la pointe
- k_p : facteur de portance

Ainsi, les valeurs caractéristiques de pointe et du frottement sont :

$$R_{b;k} = \frac{R_b}{\gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}} \text{ et } R_{s;k} = \frac{R_s}{\gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}}$$

$\gamma_{R;d1}$ et $\gamma_{R;d2}$ sont des coefficients de modèle dépendant de la méthode d'évaluation utilisée et du type de pieu réalisé selon le tableau ci-dessous :

	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'Annexe D de la norme NF EN 1990)		Procédure du « modèle de terrain »	
	Procédure du « modèle de terrain »		$\gamma_{R,d2}$	$\gamma_{R,d2}$
	Compression	Traction	Compression	Traction
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,15	1,4	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans les sables, les sols intermédiaires et les roches	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans l'argile, les craies et les marnes	2,0	2,0		

Tableau 2 : tableau F.2.1 issu de la norme NFP 94-262

Et les valeurs de calcul sont donc :

- à l'ELU : $R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$
- à l'ELS : $R_{c;cr;d} = \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}}$ et $R_{c;cr;k} = 0.5 R_{b;k} + 0.7 R_{s;k}$ (pieux réalisés sans refoulement)

Les coefficients partiels sont issus de l'annexe C et du chapitre I4 de la norme NF P94-262 :

Situation	Compression		Traction	
ELU durables et transitoires	γ_s	1.1	$\gamma_{s;t}$	1.15
ELU accidentels	γ_s	1.0	$\gamma_{s;t}$	1.05
ELS caractéristiques	γ_{cr}	0.9	$\gamma_{s;cr}$	1.1
ELS quasi-permanent	γ_{cr}	1.1	$\gamma_{s;cr}$	1.5

Tableau 3 : coefficients partiels

D.4.2. Effet de groupe

L'entraxe entre pieux devra être supérieur à 3 diamètres ($d > 3B$) pour qu'aucun coefficient de groupe ne soit pris en compte. Si tel n'est pas le cas, l'effet de groupe devra être pris en compte en phase EXE pour les pieux concernés.

D.4.3. Efforts parasites

Compte tenu de la conservation du profil longitudinal de la route, il n'est pas prévu la mise en œuvre de remblais ou de surcharges par rapport à l'état actuel ; ainsi, les effets parasites (frottement négatif, déplacement latéral du sol) dus aux tassements induits par ces remblais et/ou surcharges ne sont pas pris en compte ; en cas de modification de cette hypothèse, ces effets parasites devront être calculés et ajoutés aux pieux lors de leur dimensionnement en phase G3.

D.4.4. Reprise des efforts horizontaux

Les moments induits par les efforts horizontaux ont été estimés à partir d'une feuille de calcul FONDASOL et sont additionnés aux moments issus des DDC.

La loi de comportement appliquée au sol de fondation suit les recommandations de l'annexe I de la norme NF P 94-262 schématisée ci-dessous. Les modules linéiques de mobilisation de la pression frontale (K_f pour les sollicitations de courte durée) ont été estimés en fonction des caractéristiques des différents horizons définies dans le modèle géotechnique.

$$K_f = \begin{cases} \frac{k E_M}{\frac{4}{3} \cdot \frac{B_0}{B} \left[2.65 \frac{B}{B_0} \right]^\alpha + \alpha} & \text{si } B \geq B_0 \\ \frac{k E_M}{\frac{4}{3} [2.65]^\alpha + \alpha} & \text{si } B \leq B_0 \end{cases}$$

Avec :

k : Coefficient égal à 6 pour un calcul à long terme et égal à 12 pour un calcul à court terme.

E_M : Module pressiométrique.

B_0 : Paramètre de calcul (= 0.6 m).

B : Diamètre du pieu.

α : Coefficient rhéologique du sol.

η : Coefficient sous sollicitations sismiques compris entre 1 et 3. Dans la suite du rapport, il sera pris égal à 3.

r : Réaction tangentielle.

δ : Déplacement relatif de l'élément de fondation.

D.5. Vérification de la portance

D.5.1. Efforts verticaux

Des pieux de type FTR/FS, de classe I et de catégories 4 et I, de diamètre 800 mm ancrés de 2.5 m dans le substratum molassique dont 1 m dans le substratum sain (longueur totale des pieux : 13.1 m/chaussée soit 12 m par rapport à la tête du pieu, cote 153.3 NGF) peuvent reprendre l'ensemble des charges verticales transmises.

Pieu type FTR/FS - Fiche à 152.8 NGF - Ø 800 mm	ELS QP	ELS Carac.	ELU Fond
Charges à reprendre	726 kN	1475 kN	1990 kN
Capacité portante calculée	1721 kN	2103 kN	3049 kN

Le détail des calculs est donné en annexe.

D.5.2. Reprise des efforts horizontaux et déplacements

Ces calculs ont été menés en appliquant les torseurs transmis par PRODETIS en tête de chaque pieu ; les efforts obtenus sont les suivants :

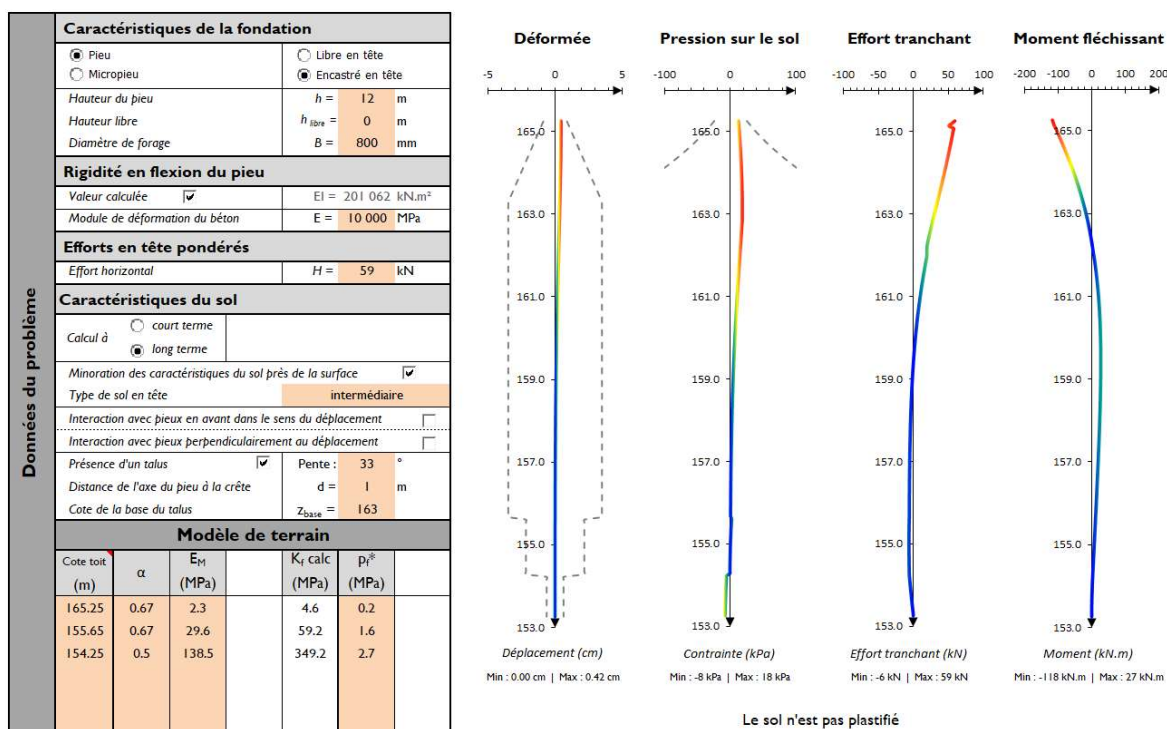


Figure 15 : Résultats des calculs Feuille de calcul FONDASOL

Le déplacement maximal obtenu en tête du pieu est de l'ordre de 0.5 cm.

Le moment obtenu a été ajouté au moment transmis dans les DDC.

A titre d'exemple, sur la base de ces efforts, on pourra retenir le ferrailage suivant :

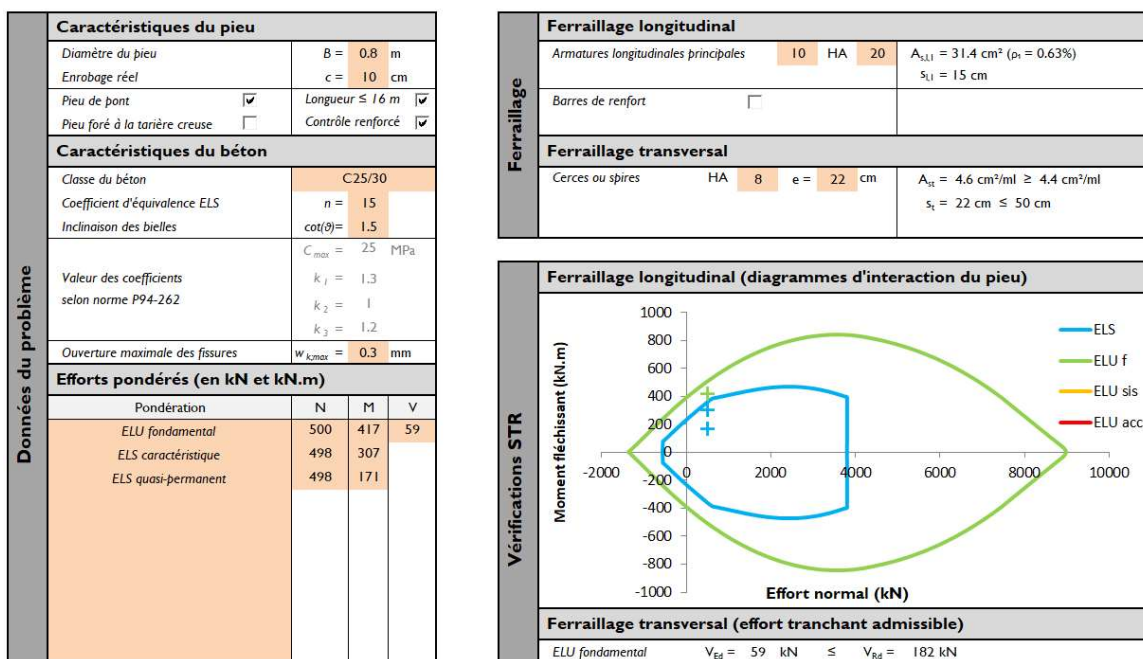


Figure I 6 : Résultats des calculs de ferrailage Feuille de calcul FONDASOL

D.6. Etude de la paroi en pieux sécants

D.6.1. Principes et généralités

Dans ce qui suit, on supposera une plateforme de travail supérieure arasée à 165.25 m NGF.

Du fait de la hauteur de soutènement n'excédant pas # 3.5 m, on pourra réaliser une paroi auto-stable sans nécessiter l'emploi de butons provisoires. Cependant, la dalle portée servira de butée en tête des pieux en phase définitive.

L'étude des parois en pieux sécants est faite en situations provisoire et définitive.

Pour le profil étudié, il est pris en compte une surcharge de chantier de 10 kPa sur une largeur de 3.50 m à 0.5 m de distance à l'arrière de l'écran.

Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique utilisé est celui déjà présenté dans les chapitres précédents pour le dimensionnement des pieux

Pour rappel, la lithologie est la suivante :

Couche
Argile sableuse et limoneuse
Argiles marneuse et sableuse
Marne argileuse et sableuse

Niveaux d'eau

En phase provisoire, on retiendra un niveau d'eau qui correspond au niveau du ruisseau de l'Herle soit 3.5 m de profondeur par rapport au TN (166.4 mNGF). En phase définitive, le niveau a été relevé de 0.5 m mais considérant que le niveau de crue de l'Herle côté terrassement était favorable et n'a donc pas été pris en compte dans les calculs.

Contraintes et exigences particulières

A défaut de valeurs fournies par le maître d'œuvre/maître d'ouvrage, nous retenons comme hypothèse de déformée horizontale maximale tolérée en tête de l'écran :

- 20 mm

Nota : Nous rappelons que la mission de FONDASOL ne comprend ni la définition des descentes de charges, ni l'évaluation des déformations admissibles, ni les éventuelles mesures de protection préalables. Pour cela, un diagnostic structurel devra être confié à un bureau d'études spécialisé et une mission « Avoisinants » relative à la stabilité des avoisinants devra être confiée à un bureau de contrôle. En fonction des résultats de ces études, une actualisation du présent rapport pourra s'avérer nécessaire.

Ces hypothèses devront obligatoirement être confirmées et validées par le maître d'œuvre et/ou le maître d'ouvrage. Les niveaux et le mode des fondations devront être relevés afin de définir les coupes de calcul avec précision au stade des études d'exécution.

D.6.1. Caractéristiques de la paroi

Principe général

Nous avons considéré une paroi en pieux sécants de diamètre 0.52 m, autostable en phase provisoire et définitive.

Les pieux armés dits principaux sont espacés de 0.94 m ; les pieux secondaires mais réalisés en premier lieu ont les mêmes caractéristiques notamment en termes de béton compte tenu que leur inertie a été prise en compte dans les calculs.

Paroi

Paroi	Profil étudié
Méthode d'exécution des pieux	Foré tubé (tube récupéré) ou Tarière creuse
Diamètre des pieux	0.52 m
Entraxe e entre éléments principaux (pieux armés)	0.94 m
Inertie de l'élément principal	$3.59.10^{-3} \text{ m}^4$
Inertie Is de l'élément secondaire (ép. 0.26 m)	$1.38.10^{-3} \text{ m}^4$
Module du béton E en phase de construction	20 000 MPa
Produit d'inertie EI de la paroi en phase de construction	105 657 kN.m ² /ml

Caractéristiques du béton constitutif de l'écran de pieux sécants

On considère un béton C25/30 :

Valeur caractéristique de la résistance à la compression :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{\max}; f_{ck}) \frac{1}{k_1 k_2} = 18.3 \text{ MPa}$$

Valeur de calcul de la résistance à la compression :

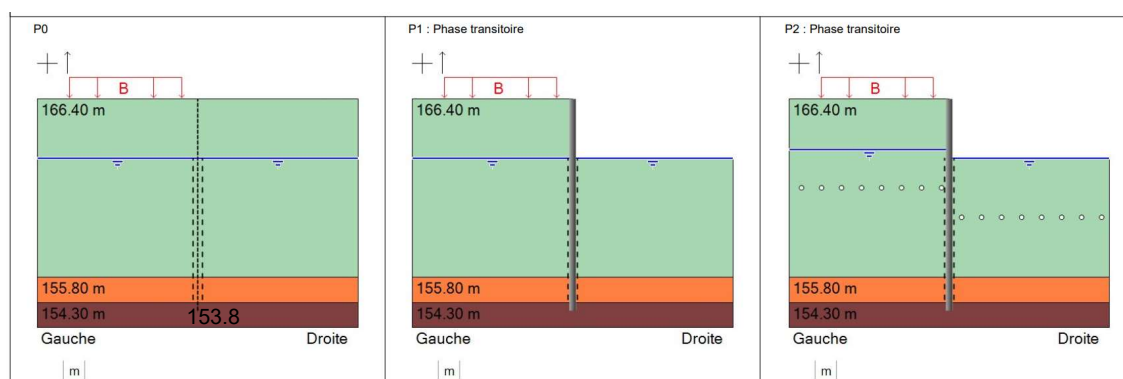
$$f_{cd} = \text{Min} \left(\alpha_{cc} k_3 \frac{f_{ck}^*}{\gamma_c}; \alpha_{cc} \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c}; \alpha_{cc} \frac{C_{\max}}{\gamma_c} \right) = 12.2 \text{ MPa}$$

Avec $C_{\max} = 30 \text{ MPa}$;

- $k_1 = 1.35$, $k_2 = 1.1$ et $k_3 = 1$;
- $\alpha_{cc} = 1.0$;
- $\gamma_c = 1.5$ aux ELU fondamentaux

Position et géométrie des profils étudiés

La modélisation du phasage retenu est la suivante :



On rappelle que l'arase terrassement retenue en phase provisoire est 162.9 m NGF correspondant au fond du ruisseau.

La vue en plan suivante correspond à l'implantation prévisionnelle de l'ouvrage de soutènement :

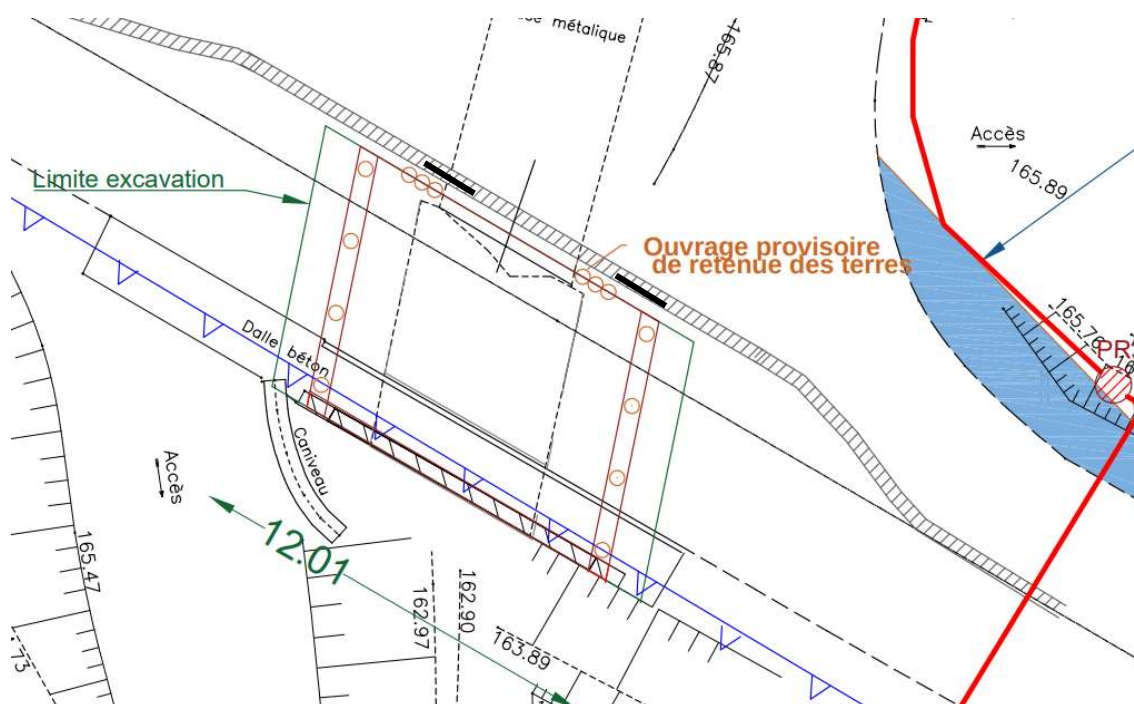


Figure 17: Vue en plan montrant la position de l'ouvrage de soutènement en noir extrait de [10]

D.6.2. Principe de calcul

Modèle de calcul

Les calculs de justification de la paroi respectent les prescriptions de la norme P94-282 relative aux ouvrages de soutènement de type écrans.

Les calculs sont réalisés selon un modèle d'interaction sol-structure (MISS lorsque la paroi est butonnée et MEL en autostable) en tenant compte du comportement élasto-plastique du sol et du phasage des travaux. Le logiciel utilisé est KREA v5.

Approche de calcul pour les vérifications aux ELU STR et GEO

Nous avons considéré l'approche de calcul 2 (en utilisant l'ensemble des facteurs partiels A1 « + » M1 « + » R2).

Calcul des actions de poussée et de butée

Les actions de poussée et de butée sont déterminées à partir des coefficients de poussée et de butée données par Kérisel et Absi, en considérant $\delta_a = 2/3 \varphi$ en poussée et $\delta_p = -2/3 \varphi$ en butée.

Niveau des excavations devant l'écran

Au stade des études de projet, nous proposons de retenir un niveau de calcul du fond de fouille à +162.9 m NGF.

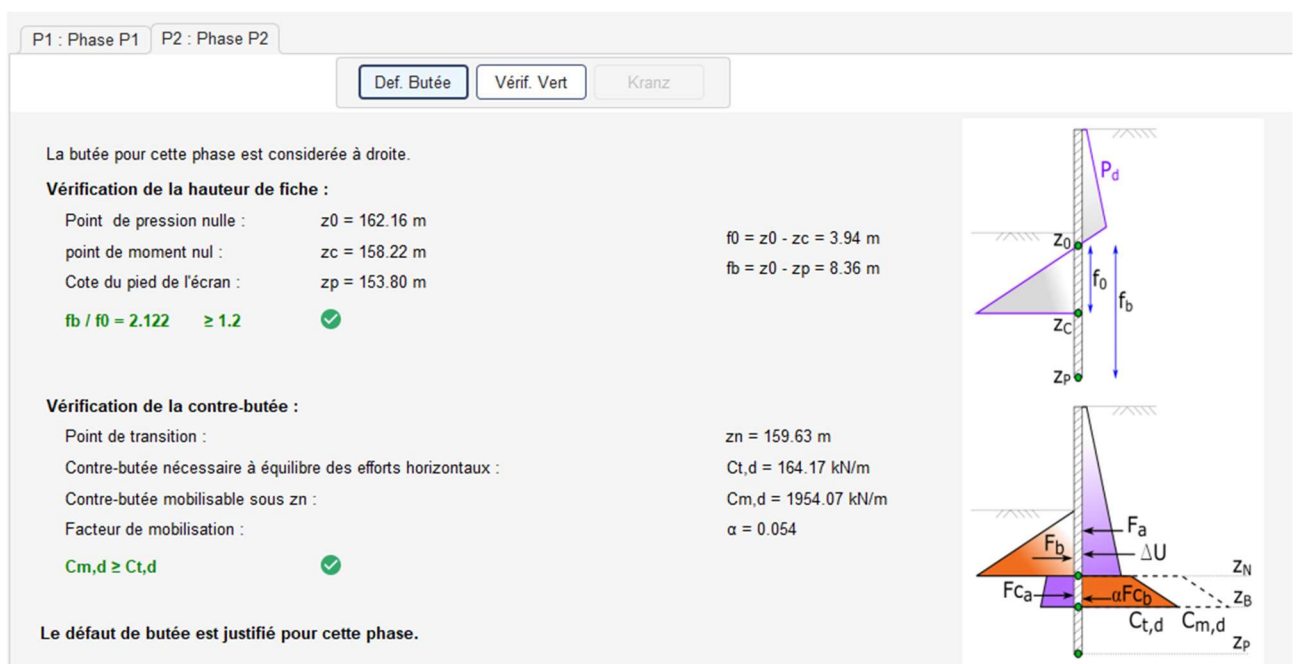
Coefficient de réaction horizontale


Le coefficient de réaction horizontale du sol vis-à-vis de l'écran est calculé selon les recommandations de l'annexe F de la norme NF P 94-282.

D.6.3. Résultats des calculs

Les calculs sont menés aux ELU avec le logiciel KREA.

Les principaux résultats des calculs de la paroi sont donnés ci-dessous, avec rappel de la géométrie de soutènement étudiée. Les cotes de base de parois proposées dans le tableau correspondent aux profondeurs d'ancrage minimales présentées dans le chapitre D.4, et permettent d'assurer la stabilité mécanique avec un coefficient de sécurité suffisant, et des déformées horizontales restant de l'ordre de 10 mm au maximum.





K-Réa

v.5.0.4


AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

RESULTATS (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	109.17	43.83	OK	1.48	-
P2	MEL	147.54	50.29	OK	1.69	-
Extrema	-	147.54	50.29	-	-	-

Les efforts et déplacements maxima sont résumés ci-dessous :

 K-Réa v.5.0.4			AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT		
			HERLE		
RESULTATS (Synthèse)					
PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées
P1	13.50	13.50	64.76	30.54	5.441
P2	24.15	24.15	69.22	32.23	5.145
Extrema	24.15	24.15	69.22	32.23	5.145

On notera que les déplacements atteignent 24 mm mais sans prise en compte de la butée générée par la présence de la dalle de l'ouvrage ; ils seront donc en réalité inférieurs à cette valeur.

D.7. Sujétions d'exécution et de conception des pieux

Les outils et méthodes de forage devront être adaptés à chaque couche de sol rencontrée et devront permettre d'une part, de respecter l'ancrage et les profondeurs souhaités, et d'autre part, de garantir un bétonnage correct, notamment en présence d'une nappe. Un suivi géotechnique d'exécution devra être effectué afin de permettre une bonne adaptation au contexte réellement rencontré. Les principes généraux de construction de la norme NF EN 1536 seront respectés.

On tiendra compte notamment des points suivants :

- La présence possible de blocs et/ou de vestiges d'ouvrages enterrés ;
- La présence de la nappe ;
- La présence d'argiles molles dans les remblais et les alluvions fines ;
- La présence de lentilles de sable molassique lâches.

La profondeur d'ancrage réelle des pieux devra être adaptée lors de l'exécution en fonction des variations des horizons géologiques et notamment de la profondeur du toit de la couche d'ancrage, de manière à respecter les critères d'ancrage minimum retenus dans les calculs.

Afin d'éviter la prise en compte d'un effet de groupe pour les pieux, on respectera un entraxe entre pieu supérieur à trois fois le diamètre du pieu mis en œuvre (ici 800 mm).

Il convient de veiller à une implantation précise et à une bonne verticalité des pieux. En cas de défaut d'implantation des pieux, le moment d'encastrement engendré devra être repris par la structure via par exemple une poutre de redressement.

Pour les pieux, on tiendra compte des différentes sujétions d'exécution suivantes :

- Le diamètre des pieux de l'ouvrage ne sera pas inférieur à 0.8 m pour les pieux portant la dalle). Pour les parois, des pieux sécants en diamètre 0.52 m ont été étudiés ; des diamètres différents pourront être étudiés en phase exécution ;
- Pour les voiles de soutènement du fait du rôle joué vis-à-vis de la nappe, les pieux primaires comme les pieux secondaires devront être ancrés de 0.5 m dans le substratum molassique très raide afin de ne pas s'arrêter dans les sables molassiques présents dans l'altération ;
- Pour les pieux sécants, on retiendra un entraxe n'excédant pas 0.94 m pour les pieux armés de 0.52 m de diamètre, le recouvrement minimal est de 0.05 m ;
- Pour l'exécution des pieux, la technique et les moyens matériels utilisés par l'entreprise devront permettre d'atteindre les fiches d'ancrage demandées tout en assurant la stabilité des parois de forage en présence de venues d'eau et de sols localement sableux ; la présence d'éléments grossiers au sein des remblais et des alluvions ne doit pas être exclue ;
- Les pieux devront être approfondis en présence de poches de sables propres au sein du substratum ;
- Les pieux devront respecter les principes généraux de construction des pieux forés de la norme NF EN 1536 de novembre 2015. Ils seront réalisés par une entreprise spécialisée ;
- Conformément à la norme NF P 94-262, des contrôles sont à réaliser sur les pieux (impédance et/ou transparence, résistance du béton, carottage en cas d'anomalie...) ;
- L'enregistrement des paramètres de forage et du bétonnage est obligatoire. Ils devront être analysés en continu dans le cadre de la mission G3 à la charge de l'entreprise ;
- Les pieux devront être armés toute hauteur d'après l'annexe Q de la norme NF P94-262 amendement I. On prévoira alors des moyens adaptés pour mettre en place les armatures en assurant leur verticalité et leur intégrité ;
- Le dimensionnement des pieux devra être établi dans le cadre d'une mission géotechnique d'exécution (mission G3) ;
- Des surconsommations sont à prévoir compte tenu de la nature des formations.

Par ailleurs, les pieux devront respecter les principes généraux de construction des pieux forés de l'Eurocode EC7 et de la norme d'application NFP 94-262, ainsi que les sujétions d'exécution sur les parois réalisées à l'aide de pieux forés. On devra notamment :

- Guider parfaitement en alignement et en verticalité la mise en place des pieux, de manière préférentielle à l'aide d'une murette-guide,
- Adapter la composition du béton pour les pieux primaires non armés qui seront partiellement recoupés par les pieux secondaires sécants,
- Adapter le phasage, avec réalisation en touches de piano des pieux d'une même série, et dans un intervalle de temps permettant aux pieux de la deuxième série de recouper de manière satisfaisante les premiers pieux.

On veillera à ne pas circuler avec les engins à proximité des pieux fraîchement bétonnés afin d'éviter l'apparition d'efforts horizontaux venant les cisailier.

On prévoira des moyens adaptés pour mettre en place les armatures en assurant leur inclinaison/verticalité, leur centrage et leur intégrité.

Toutes les précautions devront être prises vis-à-vis des mitoyens pour éviter tout mouvement tant en phase provisoire que définitive, et pour éviter de modifier de manière défavorable l'état d'équilibre actuel.

Conformément à la norme NF P 94-262, des contrôles sont à réaliser sur les pieux (impédance et/ou transparence, ...).

E. CONCLUSIONS – SUITES A DONNER

E.1. Synthèse de la mission de projet

Le site se caractérise par la présence d'un pont constitué de deux structures :

- Une partie en **maçonnerie** côté aval du ruisseau prenant appui sur des piédroits. La distance entre les deux piédroits est de 5m pour une ouverture verticale de 2.1m.
- Une partie en **buse métallique** en amont d'un diamètre horizontal de 4.0m et d'une ouverture verticale de 2.2m

Le pont supporte la RN126 ayant une circulation dense avec le passage de véhicules légers et de poids lourds.

La partie en maçonnerie est très endommagée et une démolition est envisagée avec construction d'un nouvel ouvrage de type dalle portée.

Pour permettre la réalisation du projet, il est proposé de fonder le nouvel ouvrage de type dalle BA sur pieux ancrés dans le substratum molassique sain (marnes argileuses et sableuses- couche 2b) observé à partir de 11m de profondeur/TN (154.3m NGF) dans les sondages.

La conception des ouvrages géotechniques nécessitera de tenir compte des aléas géotechniques suivants :

- Terrassement sur des hauteurs importantes (approximativement 3.5 m) avec présence d'avoisinant : la RN126 dont il faudra maintenir la circulation le temps des travaux,
- Circulation importante sur la RN126 avec passage de véhicules légers et de poids lourds,
- Présence d'un cours d'eau et d'une nappe phréatique dans les alluvions qui peut remonter en période pluvieuse. Ce ruisseau ne pourra pas être dévié pendant la réalisation des travaux et un pompage n'est pas envisageable,
- Présence d'épaisseurs importantes d'alluvions molles composées d'argiles limoneuses et sableuses, pouvant atteindre 9.6m. Les caractéristiques mécaniques de cette couche sont médiocres et les pieux ne doivent en aucun cas s'ancrer dans cette formation,
- Variation de profondeur du toit du substratum molassique et de l'épaisseur de la frange d'altération,
- Présence d'une limite géologique entre deux terrasses alluviales côté Nord-Est du site,
- Variations possibles de la nature des formations du substratum molassique, avec l'intercalation de poches et/ou de passages sableux pouvant être le siège d'arrivées d'eau.

Plus particulièrement, les aléas majeurs suivants ont nécessité et nécessiteront en phase d'exécution une étude spécifique :

- Maintien de la circulation de la RN126 en phase travaux,
- Reprise des poussées des terres et des surcharges routières par les soutènements,
- Soutènement au niveau de la transition entre la buse métallique et l'ouvrage en maçonnerie avec une circulation dense maintenue.

Un enrochement des berges du ruisseau a minima au droit des pieux de fondation du nouvel ouvrage devra être mis en œuvre. Compte tenu du faible espace disponible, ces enrochements seront bétonnés afin de pouvoir s'adapter à la pente raide et assurer la protection des pieux en cas de crue et/ou d'affouillement par le ruisseau.

E.2. Enchaînement des missions normalisées

Le présent rapport conclut la mission d'étude géotechnique de conception de phase projet (G2 PRO), confiée à FONDASOL, concernant les ouvrages géotechniques définis au § A.2.

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et **ne constituent pas un dimensionnement du projet.**

Selon la norme NF P94-500, cette phase est insuffisante pour consulter les entreprises ; elle doit être suivie des phases PRO de prédimensionnement des ouvrages géotechniques, et DCE/ACT visant notamment à vérifier avant l'envoi du DCE aux entreprises, que les préconisations de l'étude G2 sont bien prises en compte dans les paragraphes du CCTP relatifs aux ouvrages géotechniques.

Il conviendra également de missionner un géotechnicien pour la supervision d'exécution des travaux géotechniques dans le cadre d'une mission G4. L'étude et le suivi d'exécution de ces travaux est à confier à l'entreprise dans le cadre d'une mission G3.

Fondasol est à la disposition du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre pour réaliser la mission G4.

La continuité des missions G2 PRO, G2 DCE/ACT et G4, assure la cohérence du projet et la maîtrise des coûts jusqu'à la fin de l'exécution. Si cette succession des missions G2 PRO et G2 DCE/ACT est réalisée en l'absence de géotechnicien, elle peut conduire le géotechnicien à devoir réaliser un diagnostic complémentaire (à la charge du MOA), au démarrage de la mission G4, dans le cas où les solutions retenues au Marché de travaux différeraient des préconisations de la présente mission G2 PRO, pouvant rendre impossible en l'état, le démarrage de la mission G4.

FONDASOL reste à la disposition du MOA et de la MOE s'il souhaite lui confier tout ou partie de ces missions.

FONDASOL reste à la disposition des différents intervenants pour tout complément d'information.



ANNEXES

I. CONDITIONS GENERALES DE SERVICE

– 3 PAGES

I. Formation du Contrat

Toute commande par le co-contractant (« le Client »), qui a reçu un devis de la part de FONDASOL, ou l'une quelconque de ses filiales (ci-après le « Prestataire »), quelle qu'en soit la forme (par exemple bon de commande, lettre de commande, ordre d'exécution ou acceptation de devis, sans que cette liste ne soit exhaustive) et ses avenants éventuels, constituent l'acceptation totale et sans réserve des présentes conditions générales par ledit Client, que ce dernier ait contresigné les conditions générales ou non, ou qu'il ait émis des conditions contradictoires. Tout terme de la commande, quelle qu'en soit la forme, et de ses avenants éventuels, qui serait en contradiction avec les présentes conditions générales ou le devis, serait réputé de nul effet et inapplicable, sauf s'il a fait l'objet d'une acceptation écrite expresse non équivoque par le Prestataire. Cette acceptation ne peut pas résulter de l'exécution des Prestations prévues au devis et/ou à la commande, quelle qu'en soit la forme, et/ou avenant éventuel, ou de l'absence de réponse du Prestataire sur ledit terme.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres conditions y compris contenues dans la commande (quelle que soit sa forme) du Client ou dans les accusés de réception des échanges de données informatisés, sur portail électronique, dans la gestion électronique des achats ou dans les courriers électroniques du Client. Aucune exception ou dérogation n'est applicable sauf si elle est émise par le Prestataire ou acceptée expressément, préalablement et de manière non équivoque par écrit par le Prestataire. À ce titre, toute condition de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit exprès et non-équivoque du Prestataire. Le contrat est constitué par le dernier devis émis par le Prestataire, les présentes conditions générales, la commande ou l'acceptation de devis ou lettre de commande du Client et, à titre accessoire et complémentaire les conditions de la commande expressément acceptées et spécifiquement indiquées par écrit par le Prestataire comme acceptées (le « Contrat »).

2. Entrée en vigueur

Le Contrat n'entrera en vigueur qu'à la réception par le Prestataire de l'acompte prévu au Contrat ou suivant les conditions particulières du devis, ou, le cas échéant, de l'accusé de réception de commande et/ou de réception de paiement émis par le Prestataire. Sauf disposition contraire des conditions particulières du devis, les délais d'exécution par le Prestataire de ses obligations au titre du Contrat commencent quinze (15) jours ouvrés après la date d'entrée en vigueur du Contrat.

3. Prix

Les prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement du devis. Préalablement au Contrat, les prix sont valables selon la durée mentionnée au devis et au maximum pendant deux (2) mois à compter de la date du devis. À l'entrée en vigueur du Contrat, les prix sont fermes et définitifs pour une durée de six (6) mois mis à jour tous les six (6) mois 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 le dernier indice publié à la date d'émission du devis.

Les prix mentionnés dans le Contrat ou le devis ne comprennent pas la TVA, les taxes sur les ventes, les droits, les prélèvements, les taxes sur le chiffre d'affaires, les droits de douane et d'importation, les surtaxes, les droits de timbre, les impôts retenus à la source et toutes les autres taxes similaires qui peuvent être imposées au Prestataire, à ses employés, à ses sociétés affiliées et/ou à ses représentants, dans le cadre de l'exécution du Contrat (les « Impôts »), qui seront supportés par le Client en supplément des prix indiqués. Le Prestataire restera toutefois responsable du paiement de tous les impôts applicables en France.

Au cas où le Prestataire serait obligé de payer l'un des Impôts mentionnés ci-dessus, le Client remboursera le Prestataire dans les trente (30) jours suivant la réception des documents correspondants justifiant le paiement de celui-ci. Au cas où ce remboursement serait interdit par toute législation applicable, le Prestataire aura le droit d'augmenter les prix indiqués dans le devis ou spécifiés dans le Contrat du montant des Impôts réellement supportés.

Sauf indication contraire dans le devis, les prix des Prestations relatifs à des quantités à réaliser, quelle qu'en soit l'unité (notamment sans que cela ne soit exhaustif, profondeurs, mètres linéaires, nombre d'essais, etc) ne sont que des estimatifs sur la base des informations du Client, en conséquence seules les quantités réellement réalisées seront facturées sur la base des prix unitaires du Contrat.

4. Obligations générales du Client

4.1 Le terme « Prestations » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire comme étant comprises dans le devis à la charge du Prestataire. Toute prestation non comprise dans les Prestations, ou dont le prix unitaire n'est pas indiqué au Contrat, fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.

4.2 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, d'ingénierie ou de conseil, ce que le Client reconnaît et accepte expressément.

La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés expressément par écrit.

4.3 Sauf disposition contraire expresse du devis, le Client obtiendra à ses propres frais, dans un délai permettant le respect du délai d'exécution du Contrat, tous les permis et autorisations d'importation nécessaires pour l'importation des matériels et équipements et l'exécution des Prestations dans le pays où les matériels et équipements doivent être livrés et où les Prestations doivent être exécutées. En plus de ce qui précède et sauf à ce que l'une ou plusieurs des obligations suivantes soient expressément et spécifiquement intégrées aux Prestations et au bordereau de prix, le Client devra également, notamment, sans que cela ne soit exhaustif :

- Payer au Prestataire les Prestations conformément aux conditions du Contrat ;
- Communiquer en temps utile toutes les informations et/ou documentations nécessaires pour l'exécution du Contrat et notamment, mais pas seulement, tout élément qui lui paraîtrait de nature à compromettre la bonne exécution des Prestations ou devant être pris en compte par le Prestataire ;
- Permettre un accès libre et rapide au Prestataire à ses locaux et/ou au site où sont réalisées les Prestations y compris pour la livraison des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des Prestations et notamment, mais pas seulement, les machines de forage ;

- Approuver tous les documents du Prestataire conformément au devis et à défaut dans un délai de deux jours au plus ;
- Préparer ses installations pour l'exécution du Contrat, et notamment, sans que cela ne soit exhaustif, décider et préparer les implantations des forages, fournir eau et électricité, et veiller, le Client étant toujours responsable de ses installations, à ce que le Prestataire dispose en permanence de toutes les ressources nécessaires pour exécuter le Contrat, sauf accord spécifique contraire dans le Contrat. Si le Personnel du Client est tenu d'exécuter un travail lié au Contrat incluant, mais sans s'y limiter, l'assemblage ou l'installation d'équipements, ce personnel sera qualifié et restera en permanence sous la responsabilité du Client. Le Client conservera le droit exclusif de diriger et de superviser le travail quotidien de son personnel. Dans ce cas, le Prestataire ne sera en aucun cas responsable d'une négligence ou d'une faute du personnel du Client dans l'exécution de ses tâches, y compris les conséquences que cette négligence ou faute peut avoir sur le Contrat. Par souci de clarté, tout sous-traitant du Prestataire imposé ou choisi par le Client restera sous l'entière responsabilité du Client ;
- fournir, conformément aux articles R.554-1 et suivants du même chapitre du code de l'environnement, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation de 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 déclarations d'intentions de commencement de travaux (DICT) (le délai de réponse, est de 7 à 15 jours selon les cas, hors jours fériés) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur le domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles ou des avant-trous à la pelle mécanique 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.
- Déclarer aux autorités administratives compétentes tout forage réalisé, notamment, sans que cela ne soit exhaustif, de plus de 10 m de profondeur ou lorsqu'ils sont destinés à la recherche, la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

4.4 La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en aucun cas pour quelque dommage que ce soit à des ouvrages publics ou privés (notamment, à titre d'exemple, des ouvrages, canalisations enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à l'émission du dernier devis et intégrés au Contrat.

5. Obligations générales du Prestataire

Le Prestataire devra :

- Exécuter avec le soin et la diligence requis ses obligations conformément au Contrat, toujours dans le respect des spécifications techniques et du calendrier convenus entre les Parties par écrit ;
- Respecter toutes les règles internes et les règles de sécurité raisonnables qui sont communiquées par le Client par écrit et qui sont applicables dans les endroits où les Prestations doivent être exécutées par le Prestataire ;
- S'assurer que son personnel reste à tout moment sous sa supervision et direction et exercer son pouvoir de contrôle et de direction sur ses équipes ;
- Procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre, étant entendu qu'il s'agit d'une obligation de moyen et en aucun cas d'une obligation de résultat ou de moyens renforcée ;
- Faire en sorte que son personnel localisé dans le pays de réalisation des Prestations respecte les lois dudit pays.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement prévue et expressément agréée dans le devis et dans ce cas la solidarité ne s'exerce que sur la durée de réalisation sur site du Client du Contrat.

En cas d'intervention du Prestataire sur site du Client, si des éléments de terrain diffèrent des informations préalables fournies par le Client, le Prestataire peut à tout moment décider que la protection de son personnel n'est pas assurée ou adéquate et suspendre ses Prestations jusqu'à ce que les mesures adéquates soient mises en œuvre pour assurer la protection du personnel, par exemple si des traces de pollution sont découvertes ou révélées. Une telle suspension sera considérée comme un Imprévu, tel que défini à l'article 14 ci-dessous.

6. Délais de réalisation

À défaut d'engagement précis, ferme et expresse du Prestataire dans le devis sur une date finale de réalisation ou une durée de réalisation fixe et non soumise à variations, les délais d'intervention et d'exécution données dans le devis sont purement indicatifs et, notamment du fait de la nature de l'activité du Prestataire, dépendante des interventions du Client ou de tiers, ne sauraient en aucun cas engager le Prestataire. Les délais de réalisation sont soumis aux ajustements tels qu'indiqués au Contrat. À défaut d'accord exprès spécifique contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard. Nonobstant toute clause contraire, les pénalités de retard, si elles sont prévues, sont plafonnées à un montant total maximum et cumulé pour le Contrat de 5% du montant total HT du Contrat.

- Le Prestataire réalise le Contrat sur la base des informations communiquées par le Client. Ce dernier est seul responsable de l'exactitude et de la complétude de ces données et transmettra au Prestataire toute information nécessaire à la réalisation des Prestations. En cas d'absence de transmission, d'inexactitude de ces données ou d'absence d'accès au(x) site(s) d'intervention, quelles que soient les hypothèses que le Prestataire a pu prendre, notamment en cas d'absence de données ou d'accès, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité et les délais de réalisation sont automatiquement prolongés d'une durée au moins équivalente à la durée de correction de ces données et de reprise des Prestations correspondantes.

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

À l'exception d'un accord contraire dans les conditions spécifiques du devis ou dans les cas d'obligations législatives ou réglementaires non transférable par convention à la charge du Prestataire, toutes les démarches et formalités administratives ou autres, pour l'obtention des autorisations et permis de pénétrer sur les lieux et/ou d'effectuer les Prestations sont à la charge du Client. Le Client doit 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. Le Client doit également fournir tous les documents et informations relatifs aux dangers et aux risques de toute nature, notamment sans que cela ne soit exhaustif, ceux cachés, liés aux réseaux, aux obstacles enterrés, à l'historique du site et à la pollution des sols, sous-sols et des nappes. Le Client communiquera les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité, hygiène et respect de l'environnement. Il assure également en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, sur les règles propres à son site, avant toute intervention sur site. Le Client sera responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel, consécutif ou non consécutif, résultant des événements mentionnés au présent paragraphe et qui n'aurait pas été mentionné au Prestataire.

Lorsque les Prestations consistent à mesurer, relever voire analyser ou traiter des sols pollués, le Prestataire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger son personnel dans la réalisation desdites Prestations, sur la base des données fournies par le Client.

Les forages et investigations de sols et sous-sols peuvent par nature entraîner des dommages sur le site en ce compris tout chemin d'accès, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du Prestataire. Ce dernier n'est en aucun cas tenu de remettre en état ou réparer ces dégâts, sauf si la remise en état et/ou les réparations font partie des Prestations, et n'est en aucun cas tenu d'indemniser le Client ou les tiers pour lesdits dommages inhérents à la réalisation des Prestations.

8. Implantation, nivellement des sondages

À l'exception des cas où l'implantation des sondages fait partie des Prestations à réaliser par le Prestataire, ce dernier est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation et est tenu indemne des conséquences liées à la décision d'implantation, tels que notamment, sans que cela ne soit exhaustif, le retard de réalisation, les surcoûts et/ou la perte de forage. Les Prestations ne comprennent 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.

9. Hydrogéologie - Géotechnique

9.1 Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport final d'exécution des Prestations correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et au moment précis du relevé. 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 et Prestations. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9.2 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 inhérentes 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 et de bien d'autres facteurs telle que la variation latérale de faciès. 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 à titre d'exemple 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.

9.3 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 Prestations 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. Pollution - dépollution

Lorsque l'objet de la Prestation est le diagnostic ou l'analyse de la pollution de sols et/ou sous-sols, ou l'assistance à la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'œuvre de prestations de dépollution, le Client devra désigner un coordonnateur de Sécurité et de Protection de la Santé sur le site (SPS), assister le Prestataire pour l'obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes, fournir au Prestataire toute information (notamment visite sur site, documents et échantillons) nécessaire à l'obtention des Certificats d'Acceptation Préalable de Déchets ainsi que pour l'obtention des autorisations nécessaires au transport, au traitements et à l'élimination des terres, matériaux, effluents, rejets, déchets, et plus généralement de toute substance polluante.

Sauf s'il s'agit de l'objet des Prestations tel que précisé au devis, notre devis est réalisé sur la base d'un site sur lequel il n'existe aucun danger potentiel lié à la présence de produits radioactifs. Les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'œuvre seront exercées conformément à l'objectif de réhabilitation repris dans le devis. À défaut d'une telle définition d'objectif, ces missions ne pourront commencer.

11. Rapport de mission, réception des Prestations par le Client

Sauf disposition contraire du Contrat et sous réserve des présentes conditions générales, la remise du dernier document à fournir dans le cadre des Prestations marque la fin de la réalisation des Prestations. La fin de la réalisation des Prestations sur site du Client est marquée par le départ autorisé du personnel du Prestataire du site. L'approbation du dernier document fourni dans le cadre des Prestations doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client. À défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans ce délai, le document sera considéré comme approuvé. L'émission de commentaires ne vaut pas rejet et n'interrompt pas le délai d'approbation. Le Prestataire répondra aux commentaires dans les dix (10) jours de leur réception. À défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans les cinq (5) jours de la réception des réponses aux commentaires ou du document modifié, le document sera considéré comme approuvé. Si le Client refuse le document et que le document n'est toujours pas approuvé deux (2) mois après sa remise initiale, les Parties pourront mettre en œuvre le processus de règlement des litiges tel que défini au Contrat. À défaut de mise en œuvre de ce processus, le rapport sera considéré comme approuvé définitivement trois mois après la date de sa remise initiale au Client.

12. Réserve de propriété, confidentialité

Les coupes de sondages, plans et documents établis par le Prestataire dans le cadre des Prestations ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable exprès du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour tout autre objectif que celui prévu au Contrat ou pour le compte de tiers, toute information se rapportant au savoir-faire, techniques et données du Prestataire, que ces éléments soient brevetés ou non, dont le Client a pu avoir connaissance au cours des Prestations ou qui ont été acquises ou développées par le Prestataire au cours du Contrat, sauf accord préalable écrit exprès du Prestataire.

13. Propriété Intellectuelle

Si dans le cadre du Contrat, le Prestataire met au point, développe ou utilise une nouvelle technique, celle-ci est et/ou reste sa propriété exclusive. Le Prestataire est libre de déposer tout brevet s'y rapportant. Le Prestataire est titulaire des droits d'auteur et de propriété sur les résultats et/ou données compris, relevés ou utilisés dans les ou, au cours des, Prestations et/ou développés, générés, compilés et/ou traités dans le cadre du Contrat. Le Prestataire concède au Client, sous réserve qu'il remplisse ses obligations au titre du Contrat, un droit non exclusif de reproduction des documents remis dans le cadre des Prestations pour la seule utilisation des besoins de l'exploitation, la maintenance et l'entretien du site Client concerné.

En cas de reproduction des documents remis par le Prestataire dans le cadre des Prestations, le Client s'engage à indiquer la source en portant sur tous les documents diffusés intégrant lesdits documents du Prestataire, quelle que soit leur forme, la mention suivante en caractères apparents : « source originelle : Groupe Fondasol – date du document : JJ/MM/AAAA » sans que ces mentions ne puissent être interprétées comme une quelconque garantie donnée par le Prestataire. Le Client s'engage à ce que tout tiers à qui il aurait été dans l'obligation de remettre l'un ou les documents, se conforme à l'obligation de citation de la source originelle telle que prévue au présent article.

14. Modifications du contenu des Prestations 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 du devis. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement du devis touchant à la géologie et éléments de terrains et découvertes imprévues, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant au cours de la réalisation des Prestations (l'ensemble désigné par les « Imprévus ») pourront conduire le Prestataire à proposer au Client un ou des avenant(s) avec notamment application des prix du bordereau du devis, ou en leur absence, de nouveau prix raisonnables et des délais de réalisation mis à jour. À défaut d'un refus écrit exprès du Client dans un délai de sept (7) jours à compter de la réception de la proposition d'avenant ou de modification des Prestations, ledit avenant ou modification des Prestations devient pleinement effectif et le Prestataire est donc rémunéré du prix de cet avenant ou de cette modification des Prestations, en sus. En cas de refus écrit exprès du Client, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution des Prestations jusqu'à confirmation écrite expresse du Client des modalités pour traiter de ces Imprévus et accord des deux Parties sur lesdites modalités. Les Prestations réalisées à cette date sont facturées et rémunérées intégralement, sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Le temps d'immobilisation du personnel du Prestataire est rémunéré selon le prix unitaire indiqué dans le bordereau de prix du devis. Dans l'hypothèse où le Prestataire notifie qu'il est dans l'impossibilité d'accepter les modalités de traitement des Imprévus telles que demandées par le Client, ce dernier aura le droit de résilier le Contrat selon les termes prévus à l'article 19.2 (Résiliation).

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

Le rapport de fin de mission, quel que soit son nom, constitue une synthèse des Prestations telle que définie au Contrat. Ce rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou totale, ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou conseil desdits maître d'ouvrage, constructeur ou maître d'œuvre pour un projet différent de celui objet du Contrat est interdite et ne saurait en aucun cas engager la responsabilité du Prestataire à quelque titre que ce soit. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet, au site, à l'ouvrage et/ou à son environnement non révélé expressément au Prestataire lors de la réalisation des Prestations ou dont il lui a été demandé de ne pas tenir compte, rend le rapport caduc, dégage la responsabilité du Prestataire et engage celle du Client. Le Client doit faire actualiser le dernier rapport émis dans le cadre du Contrat en cas d'ouverture du chantier (pour lequel le rapport a été émis) plus d'un an après remise dudit rapport. 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.

16. Force Majeure

Le Prestataire ne sera pas responsable, de quelque manière que ce soit, de la non-exécution ou du retard d'exécution de ses obligations à la suite d'un événement de Force majeure. La Force Majeure sera définie comme un événement qui empêche l'exécution totale ou partielle du Contrat et qui ne peut être surmonté en dépit des efforts raisonnables de la part de la Partie affectée, qui lui est extérieure. La Force Majeure inclura, notamment les événements suivants: catastrophes naturelles ou climatiques, pénurie de main d'œuvre qualifiée ou de matières premières, incidents majeurs affectant la production des agents ou sous-traitants du Prestataire, actes de guerre, de terrorisme, sabotages, embargos, insurrections, émeutes ou atteintes à l'ordre public.

Tout événement de Force Majeure sera notifié par écrit à l'autre Partie dès que raisonnablement possible. Si l'événement de Force Majeure se poursuit pendant plus de deux (2) mois et que les Parties ne se sont pas mises d'accord sur les conditions de poursuite du Contrat, l'une ou l'autre des Parties aura le droit de résilier le Contrat, sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours adressé à l'autre Partie, auquel cas la stipulation de la clause de Résiliation du Contrat s'appliquera.

Quand l'événement de Force Majeure aura cessé de produire ses effets, le Prestataire reprendra l'exécution des obligations affectées dès que possible. Le délai de réalisation sera automatiquement prolongé d'une période au moins équivalente à la durée réelle des effets de l'événement de Force Majeure. Tous frais supplémentaires raisonnablement engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure seront remboursés par le Client au Prestataire contre présentation de la preuve de paiement associée et de la facture correspondante.

17. Conditions de paiement, acompte, retenue de garantie

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur les paiements des Prestations.

Dans le cas où le Contrat nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies et envoyées par le Prestataire pour paiement par le Client. Les paiements interviennent à réception et sans escompte. L'acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières du devis est déduit de la facture ou décompte final(e).

En cas de sous-traitance par le Client au Prestataire 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.

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 sera exigible sans qu'un rappel ou mise en demeure 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 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge et des dommages-intérêts éventuels, une indemnité fixée à 15% du montant TTC de la créance avec un minimum de 500 euros. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date de paiement. Les Parties reconnaissent expressément qu'elle constitue une évaluation raisonnable de l'indemnité de recouvrement et de l'indemnisation des frais de recouvrement.

Un désaccord quelconque dans le cadre de l'exécution des Prestations ne saurait en aucun cas constituer un motif de non-paiement des Prestations réalisées et non soumises à contestation précise et documentée. La compensation est formellement exclue. En conséquence, le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue du prix des Prestations facturé ou de retenir les paiements.

18. Suspension

L'exécution du Contrat ne peut être suspendue par le Prestataire que dans les cas suivants :

- (i) En cas d'Imprévis,
- (ii) En cas de violation par le Client d'une ou plusieurs de ses obligations contractuelles,
- (iii) En cas de Force Majeure.

Quand l'un des événements mentionnés ci-dessus se produit, le Prestataire a le droit de notifier au Client son intention de suspendre l'exécution du Contrat. Dans ce cas, le délai de réalisation sera prolongé d'une période équivalente à la durée de cette suspension et tous les frais associés engagés par le Prestataire suite à cette suspension seront remboursés par le Client contre présentation des preuves de paiement associées, en ce compris l'indemnité d'immobilisation au taux prévu au devis. Le Prestataire peut soumettre la reprise des obligations suspendues au remboursement par le Client au Prestataire des sommes mentionnées ci-dessus.

Si l'exécution du Contrat est suspendue pendant une période de plus de deux (2) mois, le Prestataire aura le droit de résilier le Contrat immédiatement sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours, auquel cas les stipulations de l'article « Résiliation » (19.2 et suivants) du Contrat s'appliqueront. À partir du moment où les obligations du Prestataire ou le Contrat sont suspendus pendant une durée égale ou supérieure à deux (2) mois, les Prestations seront considérées comme finies et acceptées par le Client.

19. Résiliation

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de négociation et résolution amiable du différend.

19.1 Résiliation pour manquement

Si l'une des Parties commet une violation substantielle du Contrat, l'autre Partie peut demander, par écrit, que la Partie défaillante respecte les conditions du Contrat. Si dans un délai de trente (30) jours, ou dans un autre délai dont les Parties auront convenu, après la réception de cette demande, la Partie défaillante n'a pas pris de mesures satisfaisantes pour respecter le Contrat, la Partie non défaillante peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la Partie défaillante une notification écrite à cet effet.

19.2 Résiliation pour insolvabilité ou événement similaire ou après suspension prolongée

Si l'une ou l'autre des Parties est en état de cessation des paiements ou devient incapable de répondre à ses obligations financières, ou après une suspension supérieure à deux (2) mois, l'autre Partie peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la première Partie une notification à cet effet. Cette résiliation entrera en vigueur à la date où ladite notification de résiliation est reçue par la première Partie.

19.3 Indemnisation pour résiliation

En cas de résiliation du Contrat en totalité ou en partie par le Client ou le Prestataire, conformément aux stipulations des Articles 19.1 ou 19.2, le Client paiera au Prestataire :

- (i) Le solde du prix des Prestations exécutées conformément au Contrat, à la date de résiliation non encore payées, et
- (ii) Les coûts réellement engagés par le Prestataire jusqu'à la date de résiliation pour la réalisation des Prestations y compris si certaines Prestations ne sont pas terminées,
- (iii) les coûts engagés par le Prestataire suite à la résiliation, y compris, mais sans s'y limiter, tous les frais liés à l'annulation de ses contrats de sous-traitance ou de ses contrats avec ses propres fournisseurs et les frais engagés pour toute suspension prolongée (le cas échéant), et
- (iv) un montant raisonnable pour compenser les frais administratifs et généraux du Prestataire du fait de la résiliation, qui ne sera en aucun cas inférieur à quinze (15) pour cent du prix des Prestations restant à effectuer à la date de résiliation.

En cas de résiliation du Contrat due à un événement de Force Majeure conformément à l'Article 16, le Client paiera au Prestataire les montants mentionnés aux alinéas (i), (ii) et (iii) ci-dessus et tous les autres frais raisonnables engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure et à la suspension associée.

19.4 Effets de la résiliation

La résiliation du Contrat en totalité ou en partie, pour quelque raison que ce soit, n'affectera pas les stipulations du présent article et des articles concernant la propriété intellectuelle, la confidentialité, la limitation de responsabilité, le droit applicable et le règlement des différends.

20. Répartition des risques, responsabilités

20.1 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. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution des Prestations spécifiquement confiées. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la réalisation des Prestations doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une prestation complémentaire. À défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la prestation 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 des données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des Prestations possède une représentativité limitée et donc incertaine par rapport à l'ensemble du site pour lequel elles seraient extrapolées.

20.2 Le Prestataire est responsable des dommages qu'il cause directement par l'exécution de ses Prestations, dans les conditions et limites du Contrat. À ce titre, il est responsable de ses Prestations dont la défectuosité lui est imputable. Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, la responsabilité totale et cumulée du Prestataire au titre du

ou en relation avec le Contrat sera plafonnée au prix total HT du Contrat et à dix mille (10 000) euros pour tout Contrat dont le prix HT serait inférieur à ce montant, quel que soit le fondement de la responsabilité (contractuelle, délictuelle, garantie, légale ou autre). Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs et/ou non-consécutifs à un dommage matériel et ne sera pas responsable des dommages 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, que ceux-ci soient considérés directs ou non.

20.3 Le Prestataire sera garanti et indemnisé en totalité par le Client contre tous recours, demandes, actions, procédures, recherches en responsabilité de toute nature de la part de tiers au Contrat à l'encontre du Prestataire du fait des Prestations.

21. Assurances

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-I du Code des assurances. **A ce titre et en toute hypothèse y compris pour les ouvrages non soumis à obligation d'assurance, 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€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire.** 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. Au-delà de 15 M€ HT de valeur de l'ouvrage, 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. Le Client prendra en charge toute éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inhabituels sont exclus du contrat d'assurance en vigueur et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. À défaut de respecter ces engagements, le Client en supportera les conséquences financières. Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le Client.

22. Changement de lois

Si à tout moment après la date du devis du Prestataire au Client, une loi, un règlement, une norme ou une méthode entre en vigueur ou change, et si cela augmente le coût de réalisation des Prestations, ou si cela affecte plus généralement l'une des conditions du Contrat, tel que, mais sans que ce ne soit limitatif, le délai de réalisation ou les garanties, le prix du Contrat sera ajusté en fonction de l'augmentation des coûts subie par le Prestataire du fait de ce changement et supporté par le Client. Les autres conditions du Contrat affectées seront ajustées de bonne foi pour refléter ce/ces changement(s).

23. Interprétation, langue

En cas de contradiction ou de conflit entre les termes des différents documents composant le Contrat tel qu'indiqué en article 1, les documents prévalent l'un sur l'autre dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés audit article 1. Sauf clause contraire spécifique dans le devis, tout rapport et/ou document objet des Prestations sera fourni en français. Les titres des articles des présentes conditions générales n'ont aucune valeur juridique ni interprétative.

24. Cessibilité de Contrat, non-renonciation

Le Contrat ne peut être cédé, en tout ou en partie, par le Client ou le Prestataire à un tiers sans le consentement exprès, écrit, préalable de l'autre Partie. La sous-traitance par le Prestataire n'est pas considérée comme une cession au titre du présent article. Le fait que le Prestataire ne se prévale pas à un moment donné de l'une quelconque des stipulations du Contrat et/ou tolère un manquement par le Client à l'une quelconque des obligations visées dans le Contrat ne peut en aucun cas être interprété comme valant renonciation par le Prestataire à se prévaloir ultérieurement de l'une quelconque desdites stipulations.

25. Divisibilité

Si une stipulation du Contrat est jugée par une autorité compétente comme nulle et inapplicable en totalité ou en partie, la validité des autres stipulations du Contrat et le reste de la stipulation en question n'en sera pas affectée. Le Client et le Prestataire remplaceront cette stipulation par une stipulation aussi proche que possible de la stipulation rendue invalide, produisant les mêmes effets juridiques que ceux initialement prévus par le Client et le Prestataire.

26. Litiges - Attribution de juridiction

LE PRESENT CONTRAT EST SOUMIS AU DROIT FRANÇAIS ET TOUT LITIGE RELATIF AUDIT CONTRAT (SA VALIDITE, SON INTERPRETATION, SON EXISTENCE, SA REALISATION, DEFECTUEUSE OU TOTALE, SON EXPIRATION OU SA RESILIATION NOTAMMENT) SERA SOUMIS EXCLUSIVEMENT AU DROIT FRANÇAIS.

À DÉFAUT D'ACCORD AMIABLE DANS UN DÉLAI DE 30 JOURS SUIVANT L'ENVOI D'UNE CORRESPONDANCE FAISANT ÉTAT D'UN DIFFÉREND, TOUT LITIGE SERA SOUMIS POUR RÉSOLUTION AUX JURIDICTIONS DU RESSORT DU SIÈGE SOCIAL DU PRESTATAIRE QUI SONT SEULES COMPÉTENTES, ET AUXQUELLES LES PARTIES ATTRIBUENT COMPÉTENCE EXCLUSIVE, MÊME EN CAS DE DEMANDE INCIDENTE OU D'APPEL EN GARANTIE OU DE PLURALITÉ DE DÉFENDEURS. LA LANGUE DU CONTRAT ET DE TOUT RÈGLEMENT DES LITIGES EST LE FRANÇAIS.

NOVEMBRE 2018

2. ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P94-500) – I PAGE

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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

3. MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500) – I PAGE

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 PRELABLE (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.

A TOUTES ETAPES : 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).

Février 2014

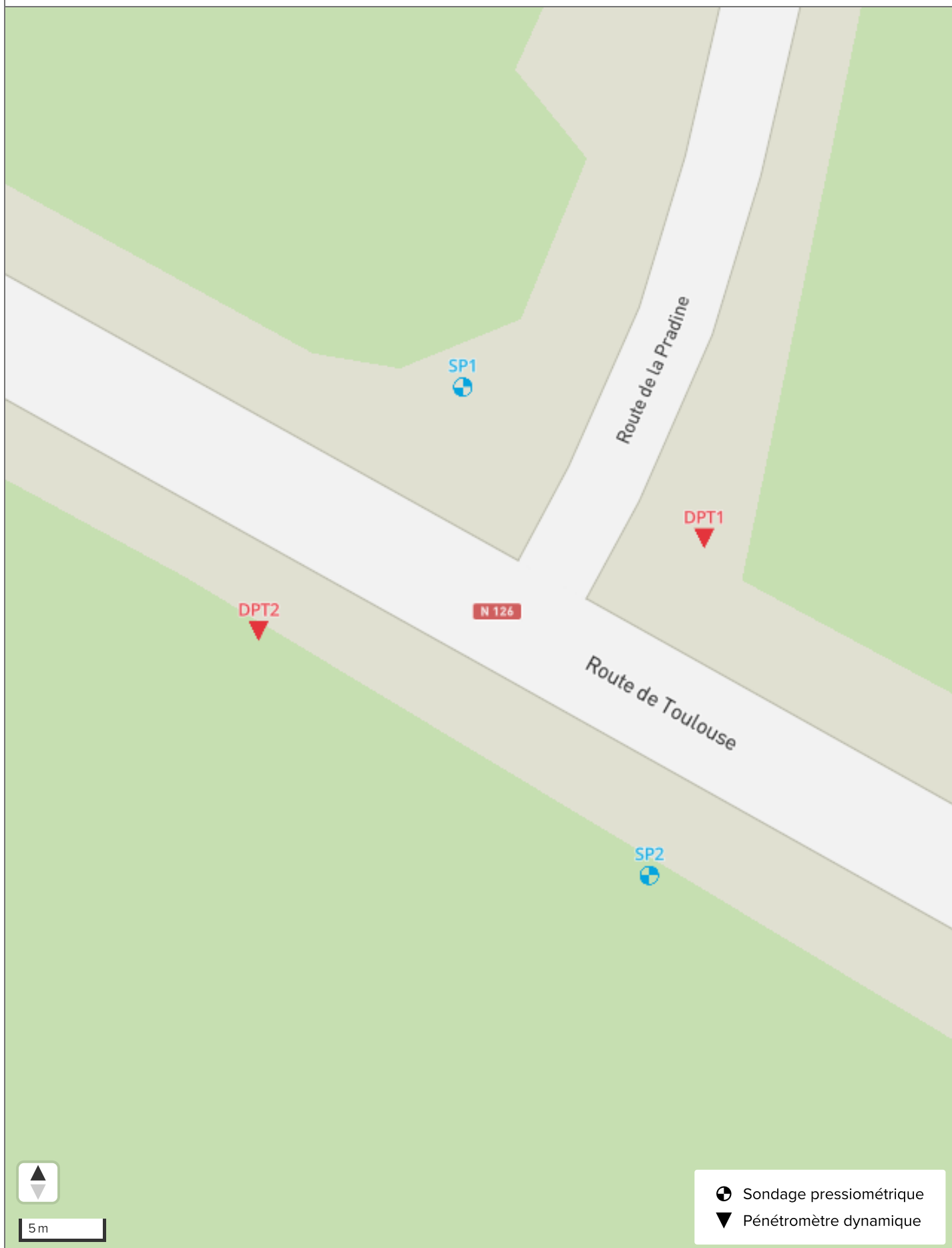


4. INVESTIGATIONS IN SITU – 9 PAGES

PLAN DE LOCALISATION




PLAN D'IMPLANTATION



PLAN D'IMPLANTATION



		Démolition & reconstruction du Pont de l'Herle, BANNIERES		<i>(N° Projet: PR.GPCO.24.0001-31GT)</i> BANNIERES	
PLAN D'IMPLANTATION					
Précision des relevés (X / Y)				Relevé par géomètre	
Plurimétrique				Non	
Système de coordonnées du projet				Nivellement	
WGS 84				Non renseigné	
	WGS 84				
Nom	Longitude	Latitude	Élévation [m]		
SP1	1,7496	43,6068	165,3		
SP2	1,7497	43,6066	165,25		
DPT1	1,7498	43,6067	165,85		
DPT2	1,7495	43,6067	165,75		
soilcloud.tech					

soilcloud.tech

soilcloud.tech

SP1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Niveau d'eau
1,7496	43,6068	WGS 84		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage
Élévation	Nivellement	Angle	Prof. atteinte	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input checked="" type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec
+165,3 m	Non renseigné	0,0°	15,0 m	

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
PZO-SP1	Piézomètre ouvert	09/01/2024 15:00:00	10/01/2024 15:00:00	FL40.17	BOUADDI Imadiddine

Sondage

Prof.	P	15,0 m
Diamètre	D	64,0 mm

Niveau d'eau

En cours de forage	H _w	- m
Après équipement	H _w	2,6 m

Tube

☒ PVC

Diamètre intérieur	D _t	45,0 mm
Diamètre extérieur	D _t	50,0 mm
Crépines	De	1,5 à 10,0 m
	Fente	0,5 mm

Développement ☒ Non

Bouchon de fond ☒ Oui

Hauteur hors sol H_t 0,0 m

Remblais

Bouchon argile	De	0,0 à 1,0 m
Ciment	De	0,0 à 0,0 m
Gravier calibré 0,5 - 1 mm	De	1,0 à 10,0 m

Protection

Tête métallique ☒ Non

Cadenas ☒ Non

Bouche à clef ☒ Oui

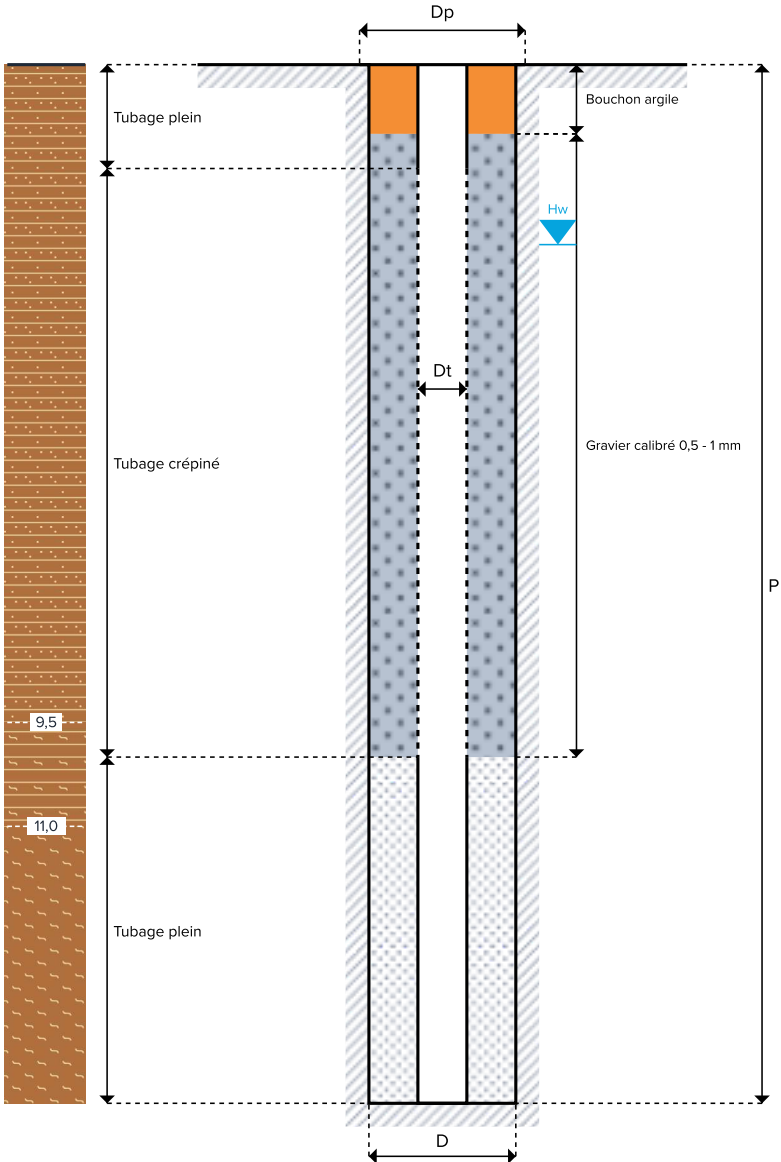
Regard béton ☒ Non

Diamètre protection D_p 1,0 mm

Hauteur hors sol H_p 0,0 m

Réception Piézomètre

Profondeur Eau - Début réception	0,0 m
Profondeur Eau - Fin réception	1,0 m
Durée réception	1,0 h





5. RESULTATS DES CALCULS – 22 PAGES

PR500-CF48-NDC-001

Descente de charges sur appui

Pont-route sur l'Herles

A	18/06/2024	Première diffusion	M.DELANNAY	C.ANSALDI	P.WAKED
Ind	Date	Modification	Établi par	Vérifié par	Vérifié par

PRODETIS SAS

290 rue des Galoubets
84140 MONTFAVET
Adresse postale : CS 40767 AVIGNON Cedex
Tél. 04 90 31 23 96 - Fax 04 90 32 59 83
Email : contact@prodetis.fr

Siège social

SIRET 477 843 643 000 81
TVA INT. COM. FR48 477 843 643
APE 7112B
SAS au capital de 37 000 €
477 843 643 RCS AVIGNON

WWW.prodetis.fr

Grille de révision

Indice	Date	Objet / Remarque
A	18/06/2023	Première émission

Table des matières

1	Objet	4
2	Hypothèses de calcul	4
2.1	Géométrie :	4
2.2	Propriétés des matériaux :	4
2.3	Charges :	5
2.3.1	superstructures :	5
2.3.2	Chaussée et chargement	5
3	Descente de charges	7
3.1	Poids propre	7
3.2	Superstructures	7
3.3	Convois LM2 (UDL + TS)	7
3.3.1	UDL	7
3.3.2	TS	8
3.3.3	Bilan (UDL+TS)	8
3.4	Convois Mc120	8
3.5	Efforts horizontaux	8
3.6	Combinaison	9
3.6.1	ELS QP	9
3.6.2	ELS fréquent	9
3.6.3	ELS caractéristique	10
3.6.4	ELU fondamental	10

1 OBJET

Cette note a pour but d'estimer les charges sur appuis d'un pont-dalle sur la base d'un prédimensionnement du tablier.

2 HYPOTHESES DE CALCUL

2.1 GEOMETRIE :

Biais des lignes d'appui : 110°

Ouverture droite : 8.80m

Portée : 9.80m

Longueur de la dalle : 11.20 m

Largeur de la dalle : 6.60 m environ

Largeur suivant biais : 7.00 m

Largeur circulaire : 4.70m / possible 6.00m

Largeur trottoir compris glissière : 1.90m suivant configuration existante / possible 58 cm (uniquement pour glissière)

Épaisseur de la dalle : 0.65m ($1/15^\circ > 1/20^\circ$)

Retombée du chevêtre sous la dalle au droit des pieux : 1.40×0.65ht

Prise en compte d'une dalle de transition d'épaisseur 30 cm longueur 3.00m

2.2 PROPRIETES DES MATERIAUX :

- Béton C40/50
- Acier FeE500
- Enrobage : 4 cm

Ouverture de fissure

0.3mm en face inférieure de la dalle

2.3 CHARGES :

Les charges définies sont les suivantes :

2.3.1 SUPERSTRUCTURES :

Étanchéité : 0.035m densité 24kN/m³ pondération 1.20 ou 0.8

$$\Rightarrow g'_{\max} = 0.035 \times 24 \times 1.20 = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow g'_{\min} = 0.035 \times 24 \times 0.80 = 0.672 \text{ kN/m}^2$$

Couche de chaussée : 50 cm densité 22kN/m³ pondération 1.20 ou 0.8

$$\Rightarrow g'_{\max} = 0.50 \times 22 \times 1.20 = 13.2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow g'_{\min} = 0.50 \times 22 \times 0.80 = 8.8 \text{ kN/m}^2$$

Enrobé : 0.08m densité 24kN/m³ pondération 1.40 ou 0.8

$$\Rightarrow g'_{\max} = 0.08 \times 24 \times 1.40 = 2.7 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow g'_{\max} = 0.08 \times 24 \times 0.80 = 1.536 \text{ kN/m}^2$$

Garde-corps, glissières ou barrières non définies et négligeable dans cette phase.

2.3.2 CHAUSSEE ET CHARGEMENT

Nous considérons 2.0 voies de 3.00m selon EN 1991-2 qui supportent le trafic (TMJA 6000 véhicules), soit le modèle de charge 1 (tandem TS et système UDL suivant EC1-4.3.2).

	Tandem TS	UDL
	Qk	qk
Voie 1	300	9
Voie 2	200	2,5
Autres	0	2,5
aire résid	0	2,5

kN/essieu

kN/m²

LM2 n'est pas considéré dans la présente car inutile pour la descente de charges (effets locaux).

Nous considérons un convoi MC120 pour couvrir les convois exceptionnels non définis (suivant fascicule 61 titre II).

Le convoi Mc120 est frappé d'un coefficient de 1.1 pour décentrement de la charge ainsi qu'un coefficient dynamique δ .

Pont-route de classe 3 (largeur roulable $\leq 5.50\text{m}$)

$$\delta = 1 + \alpha + \beta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 L} + \frac{0.6}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

$$\delta = 1 + \alpha + \beta = 1 + (0.4 / (1 + 0.2 \times 10.8)) + (0.6 / (1 + 4 \times 278 / 110)) = 1.19 = 1.2$$

$$G_{\text{totale}} = 120.3 + 125.1 + 31.9 = 277.3 = 278 \text{ Tonnes}$$

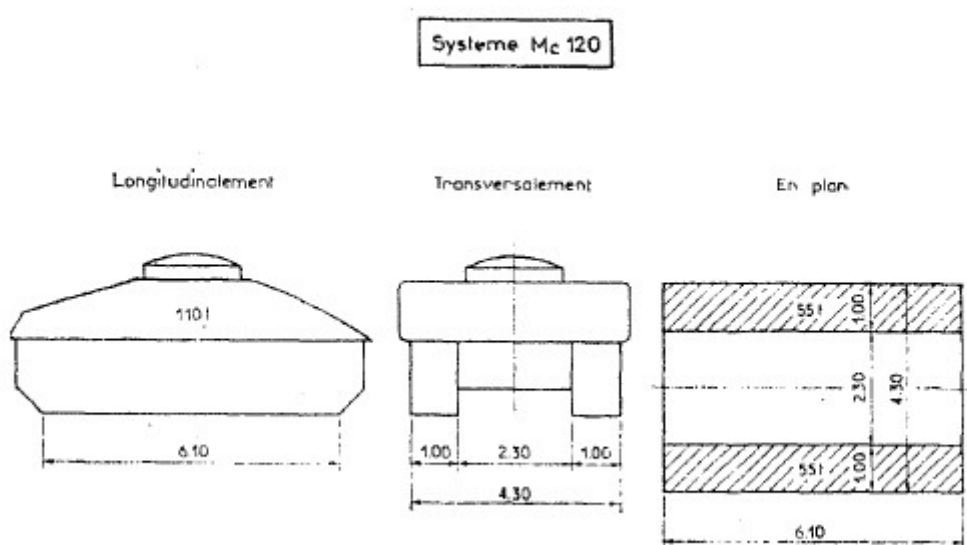
$$\text{Surface totale tablier} = 6.6 \times 11.2 = 73.92 \text{ m}^2$$

$$G(\text{tablier}) = 74.0 \times 0.65 \times 2.5 = 120.25 \text{ Tonnes}$$

$$G(\text{équipements}) = 74.0 \times (0.1 + 1.32 + .27) = 125.06 \text{ Tonnes}$$

$$G(\text{chevêtres}) = 2 \times 0.65 \times 1.4 \times 7 \times 2.5 = 31.85 \text{ Tonnes}$$

$$S_{\text{totale}} = 110 \text{ Tonnes}$$



$$S = 110 \times 1.19 \times 1.1 = 144.0 \text{ Tonnes}$$

3 DESCENTE DE CHARGES

3.1 POIDS PROPRE

Dalle : $11.2/2 \times 0.65 \times 25 = 91.0 \text{ kN/m}$

Retombée de chevêtre : $1.40 \times 0.65 \times 25 = 22.75 \text{ kN/m}$

Dalle de transition et corbeau : $2.00 \times 0.30 \times 25 + 0.3^2 \times 0.45 \times 25 = 16.01 \text{ kN/m}$

Total PP: $g = 91.0 + 22.75 + 16.01 = 129.8 = 130 \text{ kN/m}$

3.2 SUPERSTRUCTURES

Sur tablier :

$$g'_{\max} = 11.2/2 \times (1.0 + 13.2 + 2.7) = 94.6 \text{ kN/m}$$

$$g'_{\min} = 11.2/2 \times (0.672 + 8.8 + 1.536) = 61.6 \text{ kN/m}$$

Sur dalle de transition :

$$g'_{\max} = 2 \times (1.0 + 13.2 + 2.7) = 33.8 \text{ kN/m}$$

$$g'_{\min} = 2 \times (0.672 + 8.8 + 1.536) = 22.0 \text{ kN/m}$$

Total:

$$g'_{\max} = 94.6 + 33.8 = 128.4 \text{ kN/m}$$

$$g'_{\min} = 61.6 + 22.0 = 83.6 \text{ kN/m}$$

3.3 CONVOIS LM2 (UDL + TS)

3.3.1 UDL

Pour la voie la plus chargée (9.0 kN/m^2), la réaction totale est de $3.00 \times 9.0 \times (11.2/2 + 2) = 205.2 \text{ kN}$

Pour la voie la moins chargée (2.5 kN/m^2), la réaction totale est de $3.00 \times 2.5 \times (11.2/2 + 2) = 57.0 \text{ kN}$

Soit par unité de longueur sur les lignes d'appui :

$$q(\text{UDL}) = 205.2/3 = 68.4 \text{ kN/ml}$$

3.3.2 TS

Pour le convoi sur la voie la plus chargée (2×300kN), la réaction totale est de :

$$300 \times 2 = 600.0 \text{ kN (convoi sur l'appui)}$$

Pour le convoi sur la voie la plus chargée (2×200kN), la réaction totale est de :

$$200 \times 2 = 400.0 \text{ kN (convoi sur l'appui)}$$

Soit par unité de longueur sur les lignes d'appui :

$$q(\text{TS}) = 600/3 = 200.0 \text{ kN/ml}$$

3.3.3 BILAN (UDL+TS)

Au total, on a sur la voie la plus chargée :

$$Q(\text{UDL}+\text{TS}) = 600 + 205.2 = 805.2 \text{ kN}$$

Soit par unité de longueur sur les lignes d'appui :

$$q(\text{UDL}+\text{TS}) = 805.2/3 = 268.4 \text{ kN/ml}$$

3.4 CONVOIS MC120

$$Q(\text{MC120}) = 1440 \text{ kN (convoi sur l'appui)}$$

$$q(\text{MC120}) = 1.3 \times 1440/7 = 267.5 \text{ kN/ml}$$

3.5 EFFORTS HORIZONTAUX

Les efforts de freinages sont considérés comme transmis en butée dans le sol à l'extrémité du tablier. Perpendiculairement au tablier, la paroi de soutènement est considérée butée sur le tablier et transmettre des efforts horizontaux de poussées des terres.

Hypothèses :

$$\varphi' = 30^\circ \text{ et } c' = 0 \text{ kPa d'où } K_a \gamma = (1 - \sin(c')) / (1 + \sin(c')) = 1/3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.0 \text{ T/m}^3$$

$$q = 1 \text{ T/m}^2 \text{ (charge appliqué sur le remblai)}$$

On considère des diagrammes de poussée :

- Triangulaire : $\sigma_a \gamma = K_a \gamma \times \gamma \times z$
- Uniforme : $\sigma_a q = K_a \gamma \times q = 3.34 \text{ kN/m}^2$

On obtient au total sur la ligne d'appui :

$$G = 76 \text{ kN et } Q = 30 \text{ kN}$$

3.6 COMBINAISON

Vmax : effort vertical maximum

Vmin : effort vertical minimum

H : effort horizontal

Etant donné les approximations à ce stade de l'étude (biais, hypothèses, prédim etc), on majore les efforts max de 20%.

3.6.1 ELS QP

Efforts totaux par mètre linéaire d'appui :

$$V_{\max}(\text{ELS QP}) = 1.2 \times (130 + 128.4) = 1.2 \times 259 = 311 \text{ kN/m}$$

$$V_{\min}(\text{ELS QP}) = 130 + 83.6 = 214 \text{ kN/m}$$

$$H(\text{ELS QP}) = 1.2 \times 76 / 7 = 1.2 \times 10.86 = 13 \text{ kN/m}$$

Effort par pieu (sur la base de 3 pieux d'espacement 2.40m / ligne d'appui) :

$$V_{\max}(\text{ELS QP}) = 7 \times 311 / 3 = 726 \text{ kN}$$

$$V_{\min}(\text{ELS QP}) = 7 \times 213.6 / 3 = 498 \text{ kN}$$

$$H(\text{ELS QP}) = 7 \times 13.03 / 3 = 31 \text{ kN}$$

$$M = V_{\max} \times e = 726 \times 0.15 = 109 \text{ kN.m (+ moment induit par H)}$$

3.6.2 ELS FREQUENT

Efforts totaux par mètre linéaire d'appui :

$$V_{\max}(\text{ELS freq}) = 1.2 \times (130 + 128.4 + (0.4 \times 68.4 + 0.75 \times 200)) = 1.2 \times 436 = 523 \text{ kN/m}$$

$$V_{\min}(\text{ELS freq}) = 130 + 83.6 = 214 \text{ kN/m}$$

$$H(\text{ELS freq}) = 1.2 \times (76 + 0.75 \times 30) / 7 = 1.2 \times 98.5 / 7 = 1.2 \times 14.07 = 17 \text{ kN/m}$$

Effort par pieu (sur la base de 3 pieux d'espacement 2.40m / ligne d'appui) :

$$V_{\max}(\text{ELS freq}) = 7 \times 523 / 3 = 1220 \text{ kN}$$

$$V_{\min}(\text{ELS freq}) = 7 \times 213.6 / 3 = 498 \text{ kN}$$

$$H(\text{ELS freq}) = 7 \times 16.9 / 3 = 40 \text{ kN}$$

$$M = V_{\max} \times e = 1220 \times 0.15 = 183 \text{ kN.m (+ moment induit par H)}$$

3.6.3 ELS CARACTERISTIQUE

Efforts totaux par mètre linéaire d'appui :

$$V_{\max}(\text{ELS cara}) = 1.2 \times (130 + 128.4 + (68.4 + 200)) = 1.2 \times 527 = 632 \text{ kN/m}$$

$$V_{\min}(\text{ELS cara}) = 130 + 83.6 = 214 \text{ kN/m}$$

$$H(\text{ELS cara}) = 1.2 \times (76 + 30) / 7 = 106.0 / 7 = 1.2 \times 15.14 = 18 \text{ kN/m}$$

Effort par pieu (sur la base de 3 pieux d'espacement 2.40m / ligne d'appui) :

$$V_{\max}(\text{ELS cara}) = 7 \times 632 / 3 = 1\,475 \text{ kN}$$

$$V_{\min}(\text{ELS cara}) = 7 \times 213.6 / 3 = 498 \text{ kN}$$

$$H(\text{ELS cara}) = 7 \times 18.17 / 3 = 43 \text{ kN}$$

$$M = V_{\max} \times e = 1475 \times 0.15 = 221 \text{ kN.m (+ moment induit par H)}$$

3.6.4 ELU FONDAMENTAL

Efforts totaux par mètre linéaire d'appui :

$$V_{\max}(\text{ELU}) = 1.2 \times (1.35 \times (130 + 128.4) + 1.35 \times (68.4 + 200)) = 1.2 \times 711 = 853 \text{ kN/m}$$

$$V_{\min}(\text{ELU}) = 130 + 83.6 = 214 \text{ kN/m}$$

$$H(\text{ELU}) = 1.2 \times (1.35 \times 76 + 1.5 \times 30) / 7 = 1.2 \times 147.6 / 7 = 1.2 \times 21.1 = 25 \text{ kN/m}$$

Effort par pieu (sur la base de 3 pieux d'espacement 2.40m / ligne d'appui) :

$$V_{\max}(\text{ELU}) = 7 \times 853 / 3 = 1\,990 \text{ kN}$$

$$V_{\min}(\text{ELU}) = 7 \times 213.6 / 3 = 500 \text{ kN}$$

$$H(\text{ELU}) = 7 \times 25.3 / 3 = 59 \text{ kN}$$

$$M = V_{\max} \times e = 1990 \times 0.15 = 299 \text{ kN.m (+ moment induit par H)}$$

1. CARACTÉRISTIQUES DU PIEU

DIAMÈTRE DE FORAGE : $B = 800$ mm
PÉRIMÈTRE FROTTANT : $P_s = 251$ cm
SURFACE DE LA BASE : $A_b = 5\,026,5$ cm²
LONGUEUR DU PIEU DANS LE TERRAIN : $D = 12,00$ m
COTE DE LA TÊTE DU PIEU : $z_{tête} = 165,25$ m
COTE DE LA BASE DU PIEU : $z_{base} = 153,25$ m
CATÉGORIE DU PIEU : 4 FTR
CLASSE : 1
TECHNIQUE : Foré tubé (virole
récupérée)
NORME D'EXÉCUTION : NF EN 1536
MISE EN OEUVRE : Sans refoulement du sol

EFFET DE GROUPE : Non

RÉSISTANCE INTRINSÈQUE (PIEU BÉTON)

TYPE D'OUVRAGE : Pont
INCLUSION OU PIEU : Pieux
RÉSISTANCE CARACTÉRISTIQUE À 28 JOURS : $f_{ck} = 30$ MPa
CALCUL SOUHAITÉ À t JOURS ($t \leq 28$ jours) : Non
RÉDUCTION DU SUR K_1 : 0,00
PIEU ARMÉ : Oui
 $k_1 = 1,30$
 $k_2 = 1,00$
 $k_3 = 1,20$

2. MODÈLE GÉOTECHNIQUE

N°	COUCHE	Classes de sol selon B.2.1	z_{inf} m	P_{LM}^* MPa	Ép. couche m	Long. pieu m	P_{le}^* MPa	k_p -	q_s kPa
1	Alluvion	Argiles et limons	155,65	0,30	9,60	9,60			30 (**)
2	Altération	Argiles et limons	154,25	2,70	1,40	1,40			60 (**)
3	Molasse	Marne et calcaire marneux	150,25	4,60	4,00	1,00	4,60	1,25	170 (**)

(**) Paramètres imposés par l'utilisateur

3. RÉSULTATS

ÉTAT LIMITE		PORTANCE (COMPRESSION)	RÉSISTANCE DE TRACTION	RÉSISTANCE INTRINSÈQUE EN COMPRESSION
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R_{C;cr;d} = 2\,103$ kN	$R_{t;cr;d} = -563$ kN	$R_{C;d;ELS}^* = 3\,480$ kN
	QUASI-PERMANENTS	$R_{C;cr;d} = 1\,721$ kN	$R_{t;cr;d} = -413$ kN	
ELU	FONDEMENTAUX	$R_{C;d} = 3\,049$ kN	$R_{t;d} = -769$ kN	$R_{C;d;ELU}^* = 7\,733$ kN
	SISMQUES	$R_{C;d} = 3\,049$ kN	$R_{t;d} = -769$ kN	$R_{C;d;ELU}^* = 8\,923$ kN
	ACCIDENTELS	$R_{C;d} = 3\,354$ kN	$R_{t;d} = -842$ kN	$R_{C;d;ELU}^* = 9\,666$ kN

4. ÉTUDE PARAMÉTRIQUE

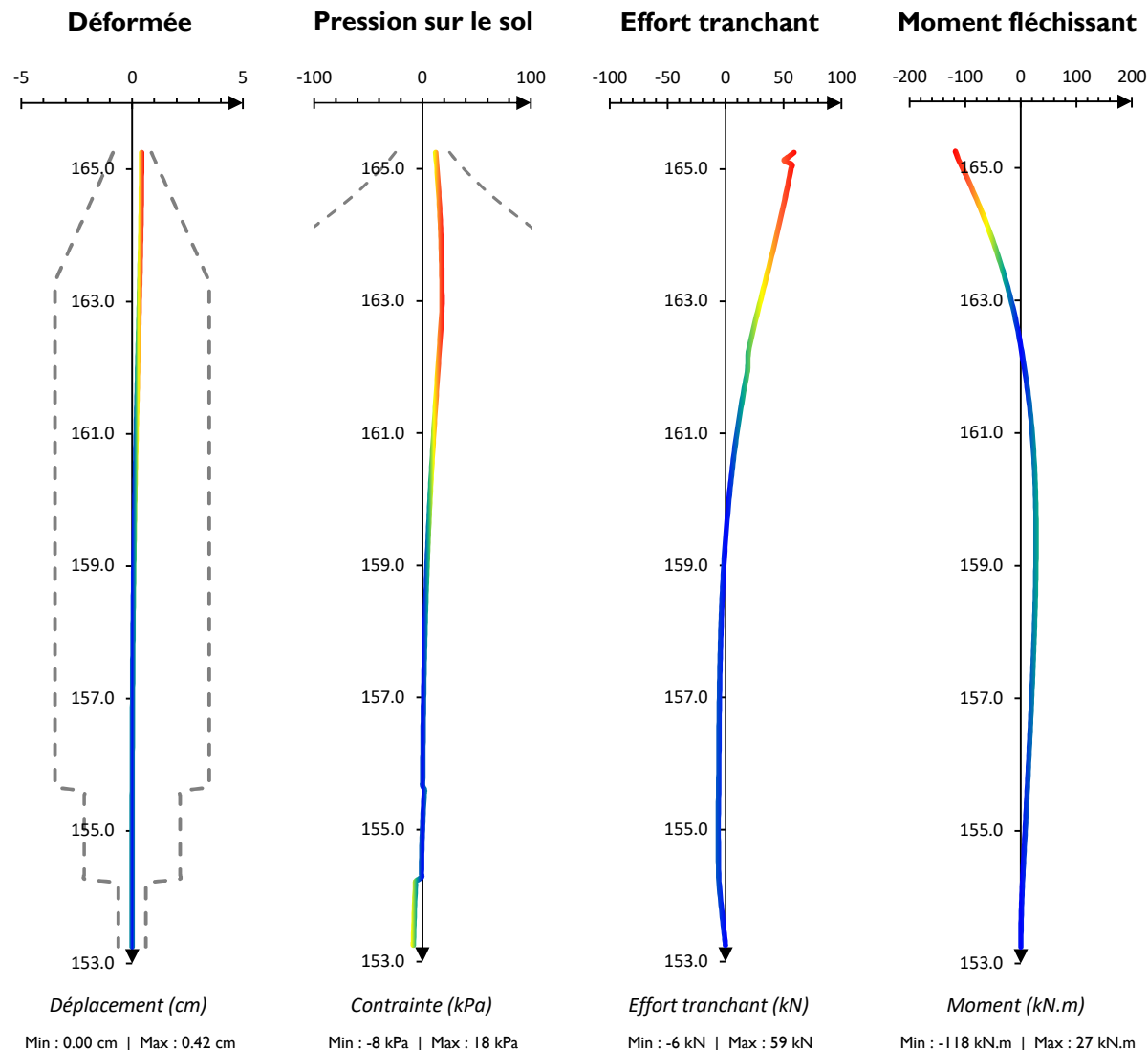
4.1 EN FONCTION DE LA LONGUEUR

LONGUEUR DU PIEU (m)		D =	12,00	12,00	12,50	13,00	13,50
PORTANCE (COMPRESSION) (en kN)							
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R_{c;cr;d}$ =	2 103	2 103	2 288	2 472	2 657
	QUASI-PERMANENTS	$R_{c;cr;d}$ =	1 721	1 721	1 872	2 023	2 174
ELU	FONDAMENTAUX	$R_{c;d}$ =	3 049	3 049	3 290	3 531	3 772
	SISMIQUES	$R_{c;d}$ =	3 049	3 049	3 290	3 531	3 772
	ACCIDENTELS	$R_{c;d}$ =	3 354	3 354	3 619	3 884	4 149
RÉSISTANCE DE TRACTION (en kN)							
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R_{t;cr;d}$ =	-563	-563	-651	-739	-828
	QUASI-PERMANENTS	$R_{t;cr;d}$ =	-413	-413	-478	-542	-607
ELU	FONDAMENTAUX	$R_{t;d}$ =	-769	-769	-890	-1 010	-1 131
	SISMIQUES	$R_{t;d}$ =	-769	-769	-890	-1 010	-1 131
	ACCIDENTELS	$R_{t;d}$ =	-842	-842	-975	-1 107	-1 239
RÉSISTANCE INTRINSÈQUE EN COMPRESSION (en kN)							
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R^*_{c;d;ELS}$ =	3 480	3 480	3 480	3 480	3 480
ELU	FONDAMENTAUX	$R^*_{c;d;ELU}$ =	7 733	7 733	7 733	7 733	7 733
	SISMIQUES	$R^*_{c;d;ELU}$ =	8 923	8 923	8 923	8 923	8 923
	ACCIDENTELS	$R^*_{c;d;ELU}$ =	9 666	9 666	9 666	9 666	9 666

4.2 EN FONCTION DU DIAMÈTRE

DIAMÈTRE (mm)		B =	800
PORTANCE (COMPRESSION) (en kN)			
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R_{c;cr;d}$ =	2 103
	QUASI-PERMANENTS	$R_{c;cr;d}$ =	1 721
ELU	FONDAMENTAUX	$R_{c;d}$ =	3 049
	SISMIQUES	$R_{c;d}$ =	3 049
	ACCIDENTELS	$R_{c;d}$ =	3 354
RÉSISTANCE DE TRACTION (en kN)			
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R_{t;cr;d}$ =	-563
	QUASI-PERMANENTS	$R_{t;cr;d}$ =	-413
ELU	FONDAMENTAUX	$R_{t;d}$ =	-769
	SISMIQUES	$R_{t;d}$ =	-769
	ACCIDENTELS	$R_{t;d}$ =	-842
RÉSISTANCE INTRINSÈQUE EN COMPRESSION (en kN)			
ELS	CARACTÉRISTIQUES	$R^*_{c;d;ELS}$ =	3 480
ELU	FONDAMENTAUX	$R^*_{c;d;ELU}$ =	7 733
	SISMIQUES	$R^*_{c;d;ELU}$ =	8 923
	ACCIDENTELS	$R^*_{c;d;ELU}$ =	9 666

Données du problème						
Caractéristiques de la fondation						
<input checked="" type="radio"/> Pieu <input type="radio"/> Micropieu		<input type="radio"/> Libre en tête <input checked="" type="radio"/> Encastré en tête				
Hauteur du pieu		h = 12 m				
Hauteur libre		h _{libre} = 0 m				
Diamètre de forage		B = 800 mm				
Rigidité en flexion du pieu						
Valeur calculée <input checked="" type="checkbox"/>		EI = 201 062 kN.m ²				
Module de déformation du béton		E = 10 000 MPa				
Efforts en tête pondérés						
Effort horizontal		H = 59 kN				
Caractéristiques du sol						
Calcul à		<input type="radio"/> court terme <input checked="" type="radio"/> long terme				
Minoration des caractéristiques du sol près de la surface <input checked="" type="checkbox"/>						
Type de sol en tête		intermédiaire				
Interaction avec pieux en avant dans le sens du déplacement <input type="checkbox"/>						
Interaction avec pieux perpendiculairement au déplacement <input type="checkbox"/>						
Présence d'un talus <input checked="" type="checkbox"/>		Pente : 33 °				
Distance de l'axe du pieu à la crête		d = 1 m				
Cote de la base du talus		z _{base} = 163				
Modèle de terrain						
Cote toit (m)	α	E _M (MPa)		K _f calc (MPa)	p _f [*] (MPa)	
165.25	0.67	2.3		4.6	0.2	
155.65	0.67	29.6		59.2	1.6	
154.25	0.5	138.5		349.2	2.7	



Dimensionnement du ferrailage d'un pieu

Projet :	PONT SUR L'HERLE
N° de dossier :	PR.GPCO.24.0001
Commentaires :	PIEU OUVRAGE

Caractéristiques du pieu

Diamètre du pieu	B = 0.8 m
Enrobage réel	c = 10 cm
Pieu de pont <input checked="" type="checkbox"/>	Longueur ≤ 16 m <input checked="" type="checkbox"/>
Pieu foré à la tarière creuse <input type="checkbox"/>	Contrôle renforcé <input checked="" type="checkbox"/>

Caractéristiques du béton

Classe du béton	C25/30
Coefficient d'équivalence ELS	n = 15
Inclinaison des bielles	cot(θ) = 1.5
Valeur des coefficients selon norme P94-262	$C_{max} = 25$ MPa $k_1 = 1.3$ $k_2 = 1$ $k_3 = 1.2$
Ouverture maximale des fissures	$w_{k,max} = 0.3$ mm

Efforts pondérés (en kN et kN.m)

Pondération	N	M	V
ELU fondamentale	500	417	59
ELS caractéristique	498	307	
ELS quasi-permanent	498	171	

Caractéristiques liées au séisme



Ferrailage longitudinal

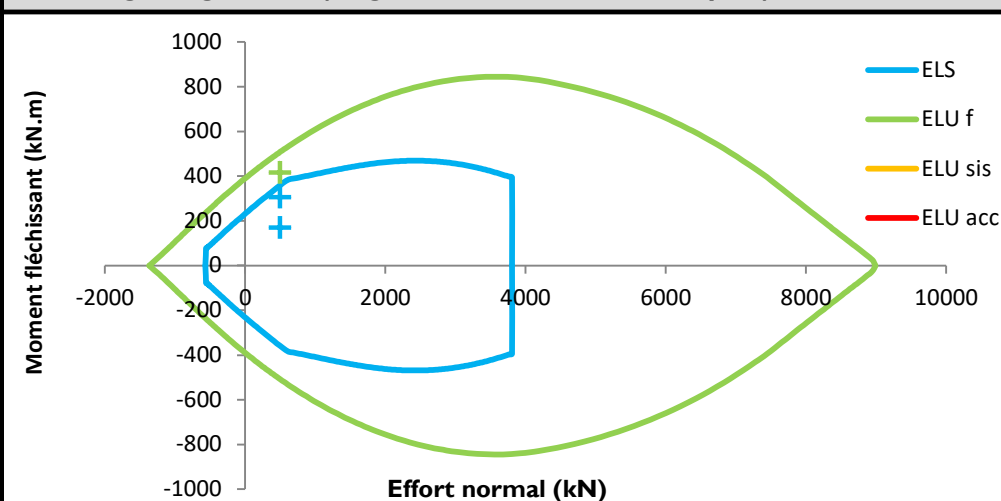
Armatures longitudinales principales	10	HA	20	$A_{s,l,l} = 31.4 \text{ cm}^2$ ($\rho_1 = 0.63\%$) $s_{l,l} = 15 \text{ cm}$
--------------------------------------	----	----	----	--

Barres de renfort ☐

Ferrailage transversal

Cerces ou spires	HA	8	e = 22 cm	$A_{st} = 4.6 \text{ cm}^2/\text{ml} \geq 4.4 \text{ cm}^2/\text{ml}$ $s_t = 22 \text{ cm} \leq 50 \text{ cm}$
------------------	----	---	-----------	---

Ferrailage longitudinal (diagrammes d'interaction du pieu)



Ferrailage transversal (effort tranchant admissible)

ELU fondamentale	$V_{Ed} = 59 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 182 \text{ kN}$
------------------	---

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	162.90 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 sableuse et limoneuse	166.40	18.00	10.00	28.00	2.00	0.000	0.531	0.308	4.421	0.531	0.531	1.297	5.811	14275	0	0.670	-0.670	0.100	10000.00
Argiles mameuse et sableuse	155.80	19.00	10.00	30.00	7.00	0.000	0.500	0.282	4.987	0.500	0.500	1.238	6.303	39436	0	0.670	-0.670	0.100	10000.00
Marne argileuse et sableuse	154.30	19.00	10.00	32.00	15.00	0.000	0.470	0.260	5.953	0.470	0.470	1.182	6.867	56707	0	0.670	-0.670	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
Argile sableuse et limoneuse	Drainé	28.00	2.00	0.000	0.308	4.421	1.297	5.811	28.00	2.00	0.000	0.308	4.421	1.297	5.811
Argiles mameuse et sableuse	Drainé	30.00	7.00	0.000	0.282	4.987	1.238	6.303	30.00	7.00	0.000	0.282	4.987	1.238	6.303
Marne argileuse et sableuse	Drainé	32.00	15.00	0.000	0.260	5.953	1.182	6.867	32.00	15.00	0.000	0.260	5.953	1.182	6.867

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	153.80	105657	0.00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 166.40 m



K-Réa

v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

DONNEES

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	Côté	z [m]	x [m]	L [m]	αe	q [kN/m/m]	Nature
1	P0	Gauche	166.40	0.50	3.50	1.000	10.00	Variable



terrasol

setec

Calcul réalisé par : FONDASOL



K-Réa

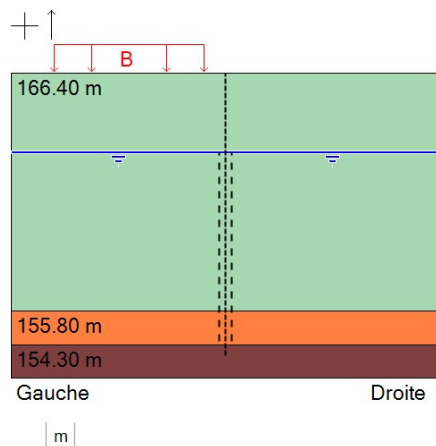
v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

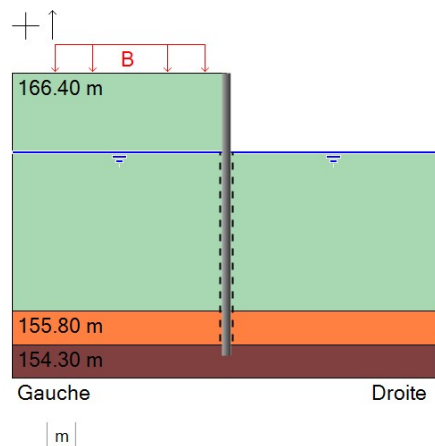
HERLE

SYNTHESE PHASAGE

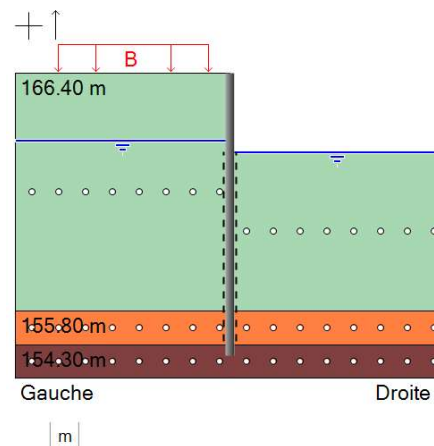
P0



P1 : Phase transitoire



P2 : Phase durable



- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1
z [m] = 166.40
x [m] = 0.50
L [m] = 3.50
q [kN/m/m] = 10.00
ae = 1.000
Nature: Variable

- Poussée réduite :
zt [m] = 162.90
zb [m] = 154.30
R = 1.000
C = 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.

- Excavation (côté droit) :
zh [m] = 162.90

- 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.

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 163.40

- Modification de la raideur de l'écran :
Z1 [m] = 166.40
Z2 [m] = 153.80
EI [kNm²/m] = 52828
PP [kN/m/m] = 0.00

- Redéfinition de la couche : Argile sableuse et limoneuse
sur côté gauche et droit

Drainé
c [kN/m²] = 2.00
δp/φ = -0.670
kay = 0.308
kpy = 4.421
kr = 0.531
kpc = 5.811
kh [kN/m²/m] = 17985
Valeurs de calcul MISS:
φ [°] = 28.00
δa/φ = 0.670
k0 = 0.531
ka,min = 0.100
kd = 0.531
kac = 1.297
pmax [kN/m/m] = 10000.00
dkh [kN/m²/m/m] = 0




φ,d [°] = 28.00
dc,d [kN/m²/m] = 0.000
kay,d = 0.308
kac,d = 1.297
Valeurs de calcul MEL:
φ,d [°] = 28.00
dc,d [kN/m²/m] = 0.000
kay,d = 0.308
kac,d = 1.297
c,d [kN/m²] = 2.00
kpy,d = 4.421
kpc,d = 5.811

- Redéfinition de la couche : Argiles marneuse et sableuse
sur côté gauche et droit

Drainé
c [kN/m²] = 7.00
δp/φ = -0.670
kay = 0.282
kpy = 4.987
kr = 0.500
kpc = 6.303
kh [kN/m²/m] = 49686
Valeurs de calcul MISS:
φ,d [°] = 28.00
dc,d [kN/m²/m] = 0.000
kay,d = 0.308
kac,d = 1.297
Valeurs de calcul MEL:
φ [°] = 30.00
δa/φ = 0.670
k0 = 0.500
ka,min = 0.100
kd = 0.500
kac = 1.238
pmax [kN/m/m] = 10000.00
dkh [kN/m²/m/m] = 0
c,d [kN/m²] = 2.00
kpy,d = 4.421
kpc,d = 5.811



Calcul réalisé par : FONDASOL

<div><div><div>K-Réa</div><div>v.5.0.4</div></div></div>	AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT		
	HERLE		
SYNTHESE PHASAGE			
<div><div><div><div><div>ϕ, d [°] = 28.00</div><div>dc, d [kN/m²/m] = 0.000</div><div>kay, d = 0.308</div><div>kac, d = 1.297</div></div><div><div>c, d [kN/m²] = 2.00</div><div>kpy, d = 4.421</div><div>kpc, d = 5.811</div></div></div></div><div><div>- Redéfinition de la couche : Marne argileuse et sableuse sur côté gauche et droit</div><div><div><div>Drainé</div><div><div>ϕ [°] = 32.00</div><div>c [kN/m²] = 15.00</div><div>$\delta p / \phi$ = -0.670</div><div>kay = 0.260</div><div>kpy = 5.953</div><div>kr = 0.470</div><div>kpc = 6.867</div><div>kh [kN/m²/m] = 71447</div></div><div><div>Valeurs de calcul MISS:</div><div><div>ϕ, d [°] = 30.00</div><div>dc, d [kN/m²/m] = 0.000</div><div>kay, d = 0.282</div><div>kac, d = 1.238</div></div><div><div>Valeurs de calcul MEL:</div><div><div>ϕ, d [°] = 30.00</div><div>dc, d [kN/m²/m] = 0.000</div><div>kay, d = 0.282</div><div>kac, d = 1.238</div></div></div></div><div><div>c, d [kN/m²] = 7.00</div><div>kpy, d = 4.987</div><div>kpc, d = 6.303</div></div></div></div></div><div><div><div><div>ϕ [°] = 32.00</div><div>$\delta a / \phi$ = 0.670</div><div>$k0$ = 0.470</div><div>ka, min = 0.100</div><div>kd = 0.470</div><div>kac = 1.182</div><div>$pmax$ [kN/m/m] = 10000.00</div><div>dkh [kN/m²/m/m] = 0</div></div><div><div>Valeurs de calcul MISS:</div><div><div>ϕ, d [°] = 30.00</div><div>dc, d [kN/m²/m] = 0.000</div><div>kay, d = 0.282</div><div>kac, d = 1.238</div></div><div><div>Valeurs de calcul MEL:</div><div><div>ϕ, d [°] = 30.00</div><div>dc, d [kN/m²/m] = 0.000</div><div>kay, d = 0.282</div><div>kac, d = 1.238</div></div></div></div><div><div>c, d [kN/m²] = 7.00</div><div>kpy, d = 4.987</div><div>kpc, d = 6.303</div></div></div></div></div>			
<div><div><div><div><div>terrasol</div></div><div><div>setec</div></div></div></div></div>	Calcul réalisé par : FONDASOL		



K-Réa

v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées
P1	13.50	13.50	64.76	30.54	5.441
P2	24.15	24.15	69.22	32.23	5.145
Extrema	24.15	24.15	69.22	32.23	5.145



terrasol

setec

Calcul réalisé par : FONDASOL



K-Réa

v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

RESULTATS (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	109.17	43.83	OK	1.48	-
P2	MEL	147.54	50.29	OK	1.69	-
Extrema	-	147.54	50.29	-	-	-



Calcul réalisé par : FONDASOL



K-Réa

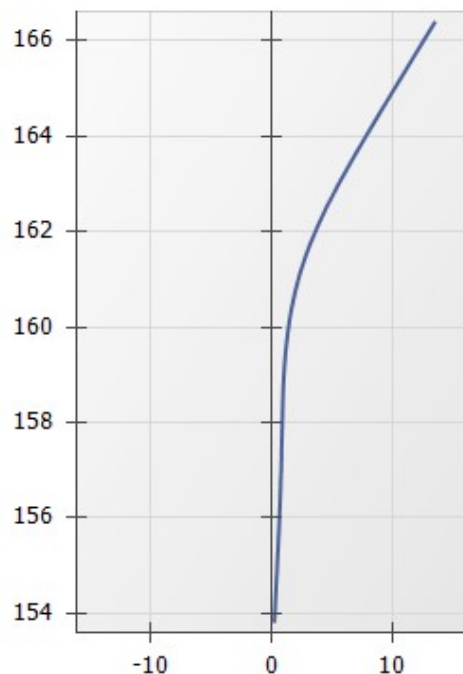
v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

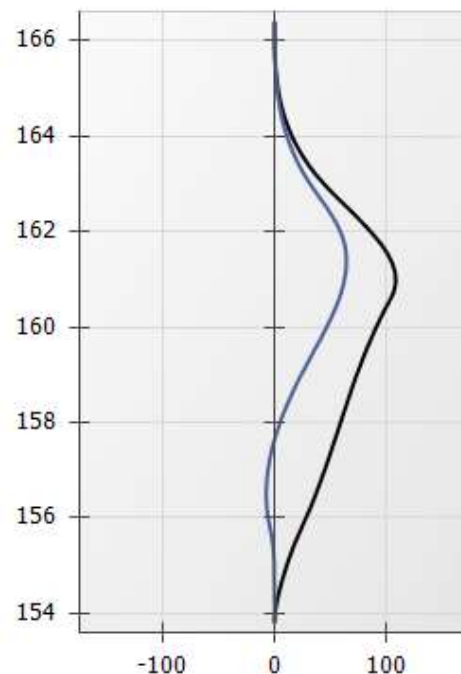
RESULTATS (Phase P1) - L'écran est considéré en console (autostable)

Déplacements [mm]



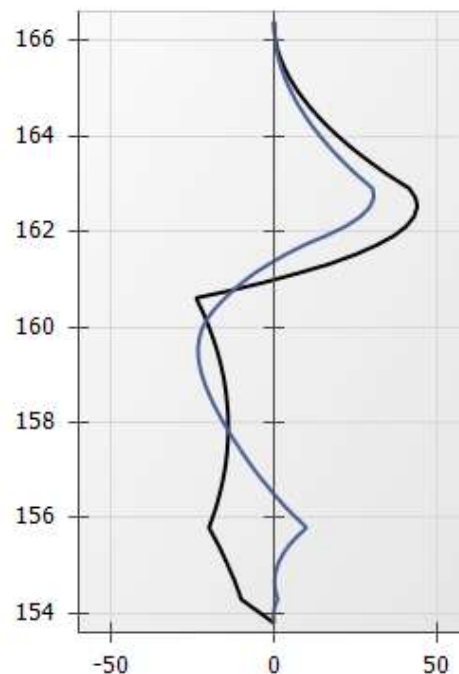
ELS
Dmin = 0.23 - Dmax = 13.50

Moment [kNm/m]



ELS
M.k min = -7.40 - M.k max = 64.76
ELU
M.d min = 0.00 - M.d max = 109.17

Effort Tranchant [kN/m]



ELS
V.k min = -23.29 - V.k max = 30.54
ELU
V.d min = -23.88 - V.d max = 43.83

Pressions terre/eau [kN/m/m]



ELS
Pd.k min = -17.51 - Pd.k max = 35.05
ELU
Pd.d min = -23.74 - Pd.d max = 70.06

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



terrasol

setec

Calcul réalisé par : FONDASOL

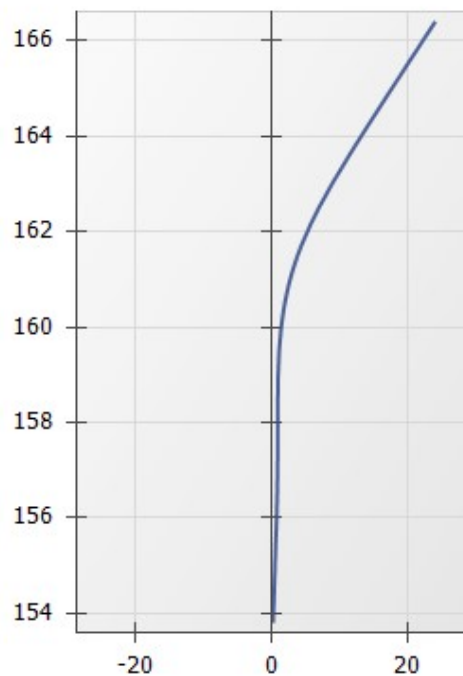


K-Réa

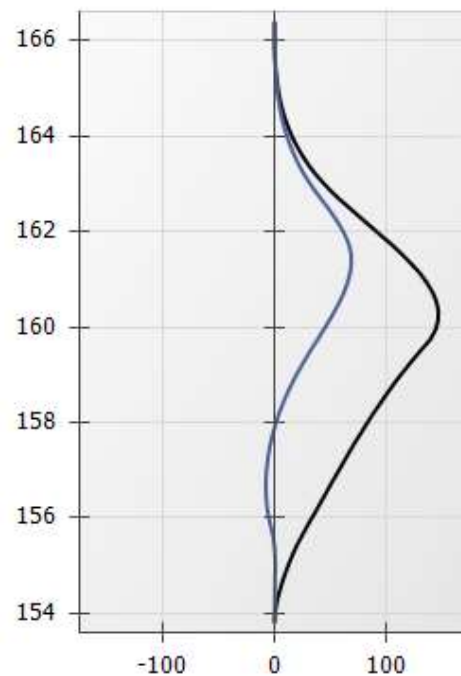
v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

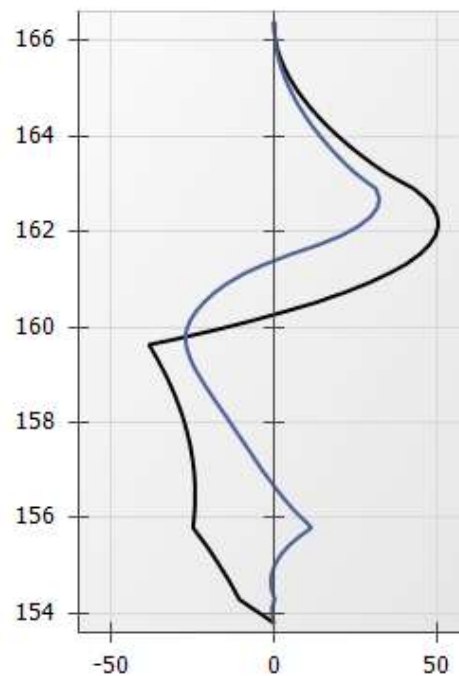
HERLE

RESULTATS (Phase P2) - L'écran est considéré en console (autostable)**Déplacements [mm]**

ELS
Dmin = 0.23 - Dmax = 24.15

Moment [kNm/m]

ELS
M.k min = -7.77 - M.k max = 69.22
ELU
M.d min = 0.00 - M.d max = 147.54

Effort Tranchant [kN/m]

ELS
V.k min = -27.14 - V.k max = 32.23
ELU
V.d min = -38.35 - V.d max = 50.29

Pressions terre/eau [kN/m/m]

ELS
Pd.k min = -21.27 - Pd.k max = 44.91
ELU
Pd.d min = -28.82 - Pd.d max = 69.91

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



terrasol

setec

Calcul réalisé par : FONDASOL



K-Réa

v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

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 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 = 162.54 m

Point de moment nul : zc = 159.30 m

Côte du pied de l'écran : zp = 153.80 m

f0 = z0 - zc = 3.24 m

fb = z0 - zp = 8.74 m

fb / f0 = 2.697 (≥ 1.2)**Vérification de la contre-butée :**

Point de transition :

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

Contre-butée mobilisable sous zn :

Facteur de mobilisation :

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 = 0.00 kN/m

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

Pv,d = 1.48 kN/m

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

Tv,d = 0.00 kN/m

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

Fv,d = 0.00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

zn = 160.61 m

Ct,d = 146.66 kN/m

Cm,d = 3129.31 kN/m

α = 0.043

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 1.48 kN/m

Charge verticale ELU de 1.48 kN/m à transmettre en pied de l'écran.**Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.****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 = 162.16 m

Point de moment nul : zc = 158.22 m

Côte du pied de l'écran : zp = 153.80 m

f0 = z0 - zc = 3.94 m

fb = z0 - zp = 8.36 m

fb / f0 = 2.122 (≥ 1.2)**Vérification de la contre-butée :**

Point de transition :

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

Contre-butée mobilisable sous zn :

Facteur de mobilisation :

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 = 0.00 kN/m

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

zn = 159.63 m

Ct,d = 164.17 kN/m

Cm,d = 1954.07 kN/m

α = 0.054



setec

Calcul réalisé par : FONDASOL



K-Réa

v.5.0.4

AFFAIRE PR.GPCO.24.0001-31GT

HERLE

Vérifications

$P_{v,d} = 1.69 \text{ kN/m}$

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 :

$R_{v,d} = 1.69 \text{ kN/m}$

Charge verticale ELU de 1.69 kN/m à transmettre en pied de l'écran.

Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.



terrasol

setec

Calcul réalisé par : FONDASOL



www.groupefondasol.com

AGENCE DE L'UNION

7 Route de Bessières
31240 L'UNION

☎ 05.62.75.10.79

✉ toulouse@fondasol.fr