



## AGENCE GRANDS PROJETS CONCEPTION

355 rue du Mas Saint Pierre

ZAC de Tournezy

34000 MONTPELLIER

☎ 04 90 31 54 76

✉ [gpc@groupefondasol.com](mailto:gpc@groupefondasol.com)



## VOIES NAVIGABLES DE FRANCE



## Etude de confortement de talus du canal de la Sarre SARRABLE (57)

### Etude géotechnique G2PRO

PR.GPCO.25.0020 - 001

Rév.	Date	Nb pages*	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	23/09/2025		1ère diffusion	C. ORTEGA	A. LORICHER
A					
B					
C					

\* Nombre de pages hors annexes, paginées séparément.

# SOMMAIRE

<b>A.</b>	<b>Présentation de notre mission</b>	<b>3</b>
A.1.	Eléments du contrat	3
A.2.	Mission selon la norme NF P94-500	3
A.3.	Documents à notre disposition pour cette étude	4
A.4.	Description du projet	5
<b>B.</b>	<b>Caractéristiques générales du site</b>	<b>7</b>
B.1.	Description générale	7
B.2.	Résultats de l'enquête documentaire	9
<b>C.</b>	<b>Synthèse géotechnique et hydrogéologique</b>	<b>11</b>
C.1.	Lithologie	11
C.2.	Données géomécaniques	11
C.3.	Analyse des résultats de laboratoire	12
C.4.	Hydrogéologie	12
<b>D.</b>	<b>Ouvrages géotechniques du projet</b>	<b>14</b>
D.1.	Contraintes spécifiques du site / identification des aléas géotechniques	14
D.2.	Données liées au risque sismique	14
D.3.	Travaux d'adaptation du site pour accueillir le projet	15
D.4.	Définition de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) retenue pour le projet	16
<b>E.</b>	<b>Etude des remblais renforcés</b>	<b>17</b>
E.1.	Modèle géotechnique retenu	17
E.2.	Surcharges	17
E.3.	Caractéristiques de l'ouvrage	17
E.4.	Justifications et méthodes de calcul	18
<b>F.</b>	<b>Suites à donner</b>	<b>26</b>
F.1.	Incertitudes subsistant / risques résiduels	26
F.2.	Enchaînement des missions normalisées	26

## ANNEXES

1. Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (NF P94-500) – 1 page
2. Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500) – 1 page
3. Sorties de calculs TALREN – 15 pages
4. Fiches techniques - MACCAFERRI – 5 pages

# A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

## A.1. Eléments du contrat

Maître d'Ouvrage : **VOIES NAVIGABLES de FRANCE**

Devis : **SQ.MSGT.25.06.053** du 09/07/2025

Commande : **22711026A** du 22/07/2025

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

Etude géotechnique G2PRO selon la norme NF P94-500 (Missions d'Ingénierie Géotechnique Types – Révision de novembre 2013), en vue du confortement de la berge du Canal de la Sarre sur la commune de Sarralbe (57).

Le présent rapport comprend :

- Une étude préliminaire du site,
- La synthèse du contexte géotechnique du site et l'analyse de son influence sur le projet,
- La description de l'ouvrage en remblai renforcé,
- Les hypothèses géotechniques pour la justification de l'ouvrage,
- La définition de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG),
- Les résultats du prédimensionnement de l'ouvrage en remblai renforcé avec les vérifications de la stabilité globale et mixte, de la stabilité externe locale au glissement, au renversement et au poinçonnement,
- Les principes généraux de la mise en œuvre et de contrôle à envisager pendant les travaux et la durée de vie de l'ouvrage,
- Les incertitudes et risques subsistants et les suites à donner.

Notre mission ne comprend pas, notamment :

- l'étude hydrogéologique (détermination des niveaux EH, EB, EE, etc.),
- l'estimation des descentes de charges,
- l'étude des ouvrages de gestion des eaux pluviales et des dispositifs de drainage,
- l'étude structurelle des ouvrages géotechniques,
- l'étude de la stabilité interne de l'ouvrage,
- l'établissement des plans et coupes,
- l'approche des quantités, coûts et délais.

### A.3. Documents à notre disposition pour cette étude

#### A.3.1. Documents préalables

Nous avons disposé pour cette étude des documents suivants :

N°	Document	Émetteur	Référence	Ind	Date Emission
[1]	Compte rendu d'investigations géotechniques	FONDASOL	PR.MSGT.24.0381	A	29/11/2024
[2]	Coupe type du remblai renforcé	MACCAFERRI	Sans référence	0	20/02/2025
[3]	Coupe type et élévation	MACCAFERRI	Sans référence	A	04/07/2025
[4]	Vue en plan, coupes, profil en long et en travers en .dwg	SUEZ	Bief20_PRO.dwg	-	
[5]	Fiche technique – MACMAT LI-40.14	MACCAFERRI	Sans référence	-	16/10/2015
[6]	Fiche technique – PARAGRID 50/5	MACCAFERRI	Sans référence	-	04/07/2024
[7]	Fiche technique – MACMAT R	MACCAFERRI	Sans référence	-	04/11/2021
[8]	Fiche technique- TERRAMESH VERT	MACCAFERRI	Sans référence	-	28/03/2025

#### A.3.2. Données manquantes

Les éléments suivants ne nous ont pas été fournis :

- Valeurs de déformations admissibles des ouvrages,
- Valeurs de déformations admissibles des ouvrages avoisinants situés dans la Z.I.G,
- Levés topographiques complémentaires,
- Niveaux d'eaux caractéristiques.

Pour les besoins de l'étude, des hypothèses ont été faites, dont il conviendra de vérifier la validité avant établissement du dossier de consultation.

#### A.3.3. Normes et règlements

Référence	Titre	Date de parution
NF EN 1990/NA	Base de calculs des structures et Annexe Nationale (Eurocode 0)	Mars 2003 + Juin 2004
NF EN 1997-1	Calcul géotechnique – Règles générales (Eurocode 7)	Juin 2005
NF P94-270	Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Remblais renforcés et massifs en sol cloué	Octobre 2020
NF P94-500	Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications	Novembre 2013
NF EN 14475	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Remblais renforcés	Janvier 2007

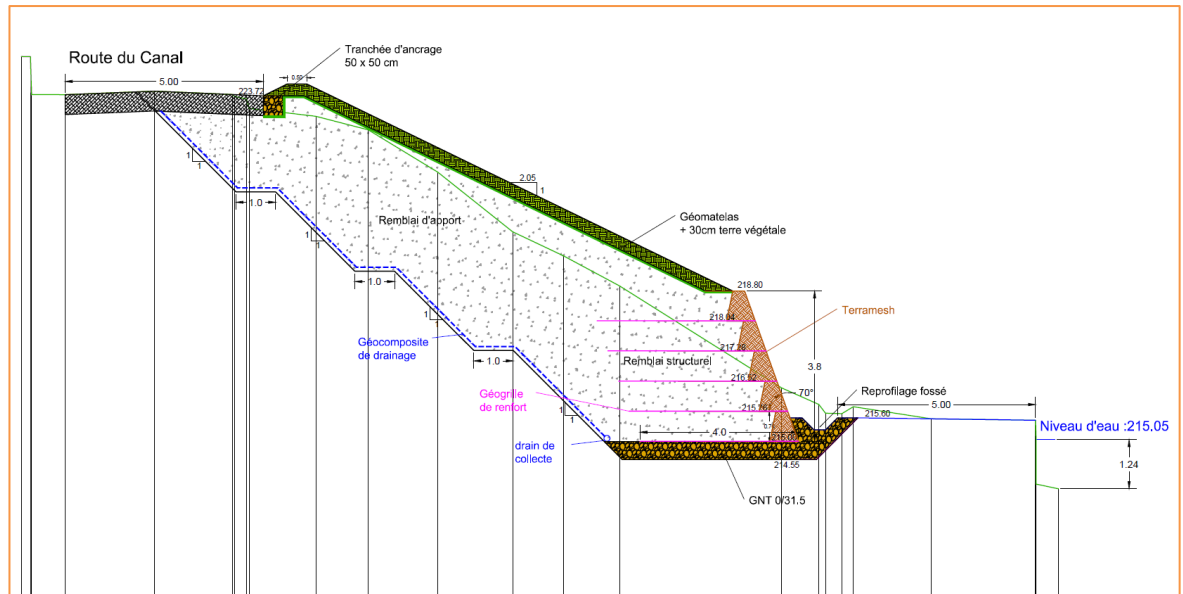
## A.4. Description du projet

### A.4.1. Caractéristiques générales du projet et des ouvrages

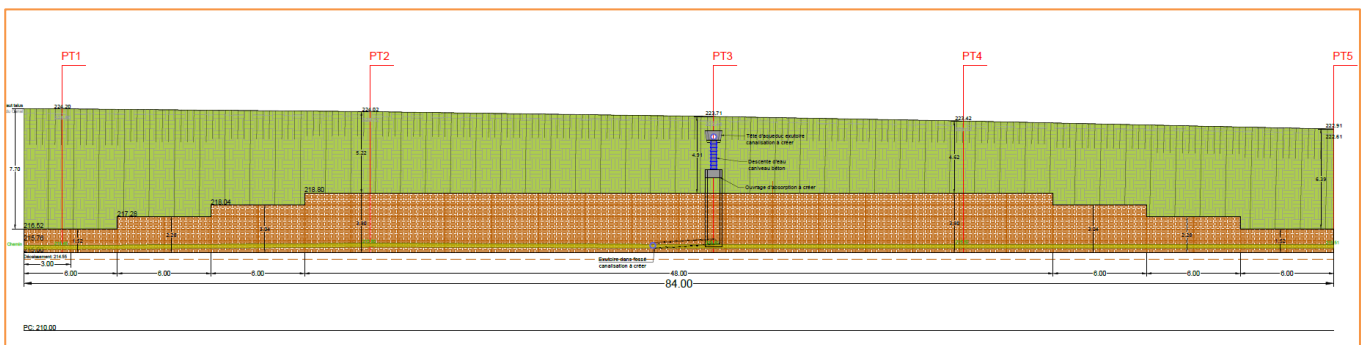
Le projet prévoit la réparation d'un talus, qui a fait l'objet d'un glissement de terrain, au droit du Bief 20 du canal de la Sarre sur la commune de Sarralbe (57).

Le présent rapport concerne le confortement de la berge rive gauche du canal qui s'étend sur une longueur d'environ 84 ml.

L'ouvrage de confortement envisagé est un remblaiement à l'avant du talus glissé dont la partie basse raidie sera constituée d'un remblai renforcé de type Terramesh Vert + Géogrille de renforcement type Paragrid 50/5 (technique MACCAFERRI).



Coupe type du confortement en remblai renforcé – PT2 [4]



Elévation du projet [4]

### A.4.2. Catégorie géotechnique et de durée d'utilisation du projet des ouvrages

Les hypothèses retenues, conformément à l'Eurocode 0 et à l'Eurocode 7, sont les suivantes :

- Catégorie géotechnique du projet : 2
- Classe de conséquence des ouvrages : CC2
- Catégorie de durée d'utilisation des ouvrages définitifs : 4 (50 ans)

Ces hypothèses devront être confirmées par le Maître d'ouvrage.

### A.4.3. Catégorie d'importance vis-à-vis du risque sismique

La catégorie d'importance d'ouvrage considérée est : II.

Cette hypothèse devra être confirmée par le Maître d'ouvrage.

### A.4.4. Programme d'investigations

#### A.4.4.1. Investigations in-situ

Les investigations suivantes ont été réalisées par FONDASOL en octobre/novembre 2024 [I] :

Sondages	SPI	SP2	SP3	SP4
Type	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique
Profondeur (m)	10	6	15	6
Essais	9	5	14	5
Nivellement (NGF)	222.75	215.45	223.7	215.55

Sondages	SCI	SC2	LF1	LF2
Type	Carotté	Carotté	Destructif	Destructif
Profondeur (m)	15	6	10	2.5
Nivellement (NGF)	223.7	215.50	223.7	215.55
Piezomètre	Oui	Oui	-	-

#### A.4.4.2. Essais en laboratoire

Le tableau ci-dessous indique les différents essais réalisés au droit des échantillons intacts prélevés dans les sondages carottés SCI et SC2 à différentes profondeurs. Une analyse des résultats est présentée au §C.3.

Type d'essai	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	VBS	Granulométrie	Sédimentométrie	Triaxial CU+u	GTR
Nb d'essai	8	6	8	8	8	4	8

L'intégralité des résultats des investigations in situ et en laboratoire réalisées par FONDASOL est donnée dans le compte-rendu d'investigations référencé [I] et en Annexes.

## B. CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

### B.I. Description générale

#### B.I.I. Situation et topographie

##### Situation du terrain :

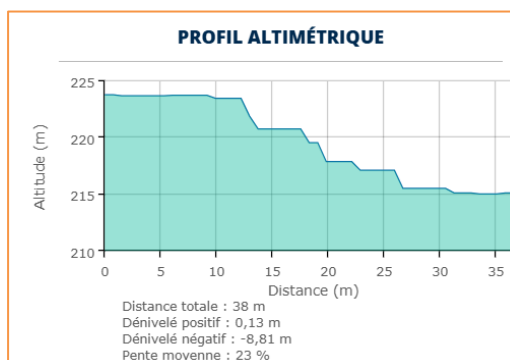
- Adresse du site : Bief 20 – Canal de la Sarre à SARRALBE (57)
- Parcelle cadastrale : n°378



Localisation du site par rapport aux parcelles cadastrales [Extrait carte IGN]

##### Topographie :

- Du point de vue topographique, selon la carte IGN du secteur ainsi que la coupe à disposition [4], le site est compris entre les cotes altimétriques :



Profil topographique Nord – Sud [Extrait carte IGN]

- L'altimétrie de nos points de sondage varie entre les cotes 223.7 m NGF (partie haute) et 215.5 m NGF (partie basse), soit un dénivelé de 8.2 m.





Vue topographique de la localisation du projet [Extrait carte IGN]

## B.1.2. Le site et son environnement

Lors de l'intervention en octobre/novembre 2024, le terrain était couvert d'une végétation très dense.

La présence de sols remaniés sur au moins 50 cm de profondeur est attendue due à la présence de la Rue du canal en tête du talus.

Les parcelles environnantes sont occupées par des maisons individuelles et par la rue du canal. Le site est localisé au droit de la berge gauche du canal de la Sarre.



Photographie aérienne de 2025 du site d'étude [Extrait de GoogleEarth ©, 2025]

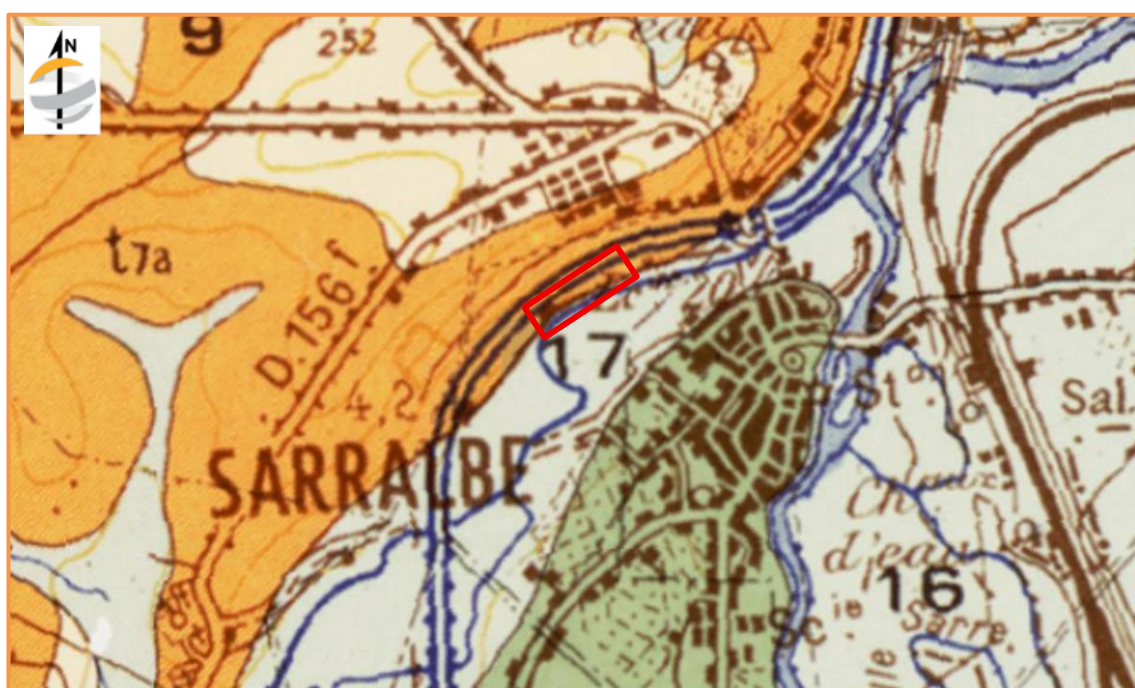


## B.2. Résultats de l'enquête documentaire

### B.2.1. Contexte géologique général

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

- **R : Remblais**, en partie supérieure du terrain, il existe des remblais routiers liés à la rue du Canal dans la zone d'étude,
- **Fy/Lp : Alluvions anciennes et limons des plateaux** : Limons plus ou moins argileux issus de l'altération du substratum / formations granulaires des alluvions,
- **Fz : Alluvions récentes dans la vallée**,
- **T7a : Marnes irisées du Keuper inférieur**, d'une puissance de plus de 100 m constituées essentiellement par des marnes et argiles teintées grises et rouges. Des intercalations de dolomie peuvent se présenter.



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

Du point de vue hydrogéologique, le secteur se caractérise par une faible ressource en eau. Les alluvions renferment une nappe peu continue et les formations du Keuper sont peu ou pas aquifères.

### B.2.2. Risques naturels connus

#### B.2.2.1. Synthèse des risques recensés

Risque	Aléa / sensibilité	Document réglementaire et date de prescription
Inondations	Débordement du cours d'eau	/
Remontées de nappe	Terrain situé en zone potentiellement sujette aux débordements de nappe ( <b>fiabilité Moyenne</b> )	/
Retrait-gonflement des sols argileux	Aléa <b>Moyen</b>	Arrêté du 22 juillet 2020 JORF n°0195 du 09 août 2020

Cavités	Pas de cavité recensée à moins de 1000 m du projet	Arrêté du 22 juillet 2020 JORF n°0195 du 09 août 2020
Mouvements de terrain	Des mouvements de terrain sont enregistrés à moins de 500 m du projet	/
Séisme	Zone de sismicité <b>très faible (I)</b>	Décret n°2010-1255 Arrêté du 22/10/10 modifié par l'arrêté du 19/07/11 et par celui du 15/09/14
Rayonnements ionisants – Radon	Non situé dans un département prioritaire - potentiel faible ( <b>catégorie I</b> )	Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002

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.2.2.2. 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
NOR19830621	23/05/1983	30/05/1983	21/06/1983	24/06/1983	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE9400004A	19/12/1993	02/01/1994	11/01/1994	15/01/1994	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE9700100A	25/02/1997	28/02/1997	24/03/1997	12/04/1997	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE9800515A	28/10/1998	30/10/1998	29/12/1998	13/01/1999	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Mouvement de Terrain	SARRALBE
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE0200080A	29/12/2001	01/01/2002	27/02/2002	16/03/2002	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE0500170A	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005	Sécheresse	SARRALBE
INTE0700193A	17/09/2006	18/09/2006	23/03/2007	01/04/2007	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE
INTE1914147A	01/07/2018	30/09/2018	21/05/2019	22/06/2019	Sécheresse	SARRALBE
IOME2308745A	01/01/2022	31/03/2022	03/04/2023	03/05/2023	Sécheresse	SARRALBE
IOME2308745A	01/01/2022	31/03/2022	03/04/2023	03/05/2023	Sécheresse	SARRALBE
IOME2308745A	01/07/2022	30/09/2022	03/04/2023	03/05/2023	Sécheresse	SARRALBE
IOME2308745A	01/07/2022	30/09/2022	03/04/2023	03/05/2023	Sécheresse	SARRALBE
IOME2415152A	16/05/2024	21/05/2024	05/06/2024	14/06/2024	Inondations et/ou Coulées de Boue	SARRALBE

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

# C. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

## C.1. Lithologie

Les sondages ont permis de mettre en évidence la succession lithologique suivante :

- **Formation 1** : Remblai sablo-graveleux légèrement limoneux gris à noir d'épaisseur entre 0.8 et 1.0 m au droit des sondages en tête du talus (rue du canal) ;
- **Formation 2** : Argiles légèrement sableuses avec quelques passages graveleux de couleur grisâtre à gris sombre d'une épaisseur de 2.0 à 4.0 m. Cette formation peut constituer une frange d'altération des marnes du Keuper ;
- **Formation 3** : Marnes argileuses rougeâtres et grisâtres à partir de 1.8 m en SC2 (pied de talus) et de 5.0 m en SC1 (tête de talus).

Nous récapitulons le toit des formations au droit de chaque sondage dans le tableau ci-dessous :

N°	Nature de la formation	SC1	SC2	SPI	SP2	SP3	SP4	LF1	LF2
		Prof. (cote)	Prof. (cote)	Prof. (cote)	Prof. (cote)	Prof. (cote)	Prof. (cote)	Prof. (cote)	Prof. (cote)
1	Remblai	0.0 (223.7)	-	0.0 (222.7)	-	0.0 (223.7)	-	0.0 (223.7)	-
2	Argiles sablo-graveleuses	1.0 (222.7)	0.0 (215.5)	0.8 (221.9)	0.0 (215.4)	1.0 (222.7)	0.0 (215.5)	0.5 (223.2)	0.0 (215.5)
3	Argiles et Marnes argileuses	5.0 (218.7)	1.8 (213.7)	3.9 (218.8)	3.0 (212.4)	5.2 (218.5)	3.0 (212.6)	-	2.0 (213.5)

## C.2. Données géomécaniques

Les caractéristiques mécaniques des sols mesurées in situ à partir des essais pressiométriques. Ils sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

		Essais pressiométriques								
N°	Formation	Pression limite nette p <sub>LM</sub> * (MPa)				Module pressiométrique E <sub>M</sub> (MPa)				Nb valeurs
		Min	Max	Moyenne géométrique	Ecart -type	Min	Max	Moyenne harmonique	Ecart -type	
1	Remblai			0.6				8.8		1
2	Argiles sablo- graveleuses	0.3	1.1	0.57	0.3	3.3	19.6	7.8	5.6	13
3	Argiles et Marnes argileuses	0.8	2.2	1.33	0.45	7.3	27.5	11.6	5.4	19

On constate que :

- Le remblai présente des caractéristiques faibles avec une pression limite de 0.6 MPa ;
- La couche d'argiles sablo-graveleuses présente des pressions faibles à moyennes de 0.3 à 1.1 MPa ;
- La formation marneuse présente des caractéristiques globalement plus élevées jusqu'à 2.2 MPa.

### C.3. Analyse des résultats de laboratoire

Des essais ont été réalisés au laboratoire sur des échantillons prélevés dans les sondages SC1 et SC2. Les résultats sont présentés ci-dessous :

Sondage	Profondeur prélèvement (m)	$\phi'$ (°)	$C'$ (kPa)
SC1	1.34	30	14
SC1	3.65	24	22
SC1	8.65	31	0
SC2	2.88	29	2

Sondage	Profondeur prélèvement (m)	Teneur en eau (%)	Analyse granulométrique	VBS	Ip	Classification GTR (2000/2023)
SC1	1.34	31.6	Dmax = 6 mm Passant à 2 mm = 88.6 % Passant à 63 $\mu$ m = 46.9 %	3.25	23	A2/F3
SC1	3.65	32.4	Dmax = 7 mm Passant à 2 mm = 95.0 % Passant à 63 $\mu$ m = 52.4 %	3.67	22	A2/F3
SC1	4.80	28.2	Dmax = 22 mm Passant à 2 mm = 90.8 % Passant à 63 $\mu$ m = 46.0 %	1.99	-	A1/F1
SC1	8.65	25.2	Dmax = 12 mm Passant à 2 mm = 83.3 % Passant à 63 $\mu$ m = 56.6 %	3.05	19	A2/F2
SC1	11.60	25.7	Dmax = 30 mm Passant à 2 mm = 59.5 % Passant à 63 $\mu$ m = 26.3 %	1.66	-	B6/I2
SC2	0.74	31.8	Dmax = 33 mm Passant à 2 mm = 78.3 % Passant à 63 $\mu$ m = 50.7 %	3.45	29	A3/F3
SC2	2.88	28.2	Dmax = 3 mm Passant à 2 mm = 96.5 % Passant à 63 $\mu$ m = 70.3 %	3.70	17	A2/F2
SC2	3.43	33.4	Dmax = 17 mm Passant à 2 mm = 57.9 % Passant à 63 $\mu$ m = 30.8 %	2.74	27	B6/I2

On constate que la formation d'argiles sablo-graveleuses est classée, à partir de la GTR (2000), comme des sols fins, limons argileux à sables limoneux fins (A2/A1/A3).

La formation marneuse est classée comme des sols fins argileux A2 avec des passages sableux classés B6.

### C.4. Hydrogéologie

#### C.4.1. Niveaux d'eau

Lors de notre intervention en novembre 2024, des arrivées d'eau ont été rencontrées aux profondeurs suivantes :

Niveau d'eau en fin de chantier	SP1	SP2	SP3	SP4	SC1	SC2	LF1	LF2
Profondeur (m)	4.17	1.65	5.25	1.65	5.25	1.65	5.25	1.64
Cote (NGF)	218.58	213.8	218.45	213.9	218.45	213.85	218.45	213.9

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.

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.

Les tubes piézométriques posés dans les forages SC1 et SC2 permettront de suivre le niveau de l'eau afin de caractériser les fluctuations de la nappe (suivi non compris dans notre prestation).

## C.4.2. Données sur la perméabilité des sols

Nous avons effectué 5 essais en forage de type LEFRANC (sous nappe) et NASBERG (hors nappe), conformes à la norme NF EN ISO 22282-2. Les résultats des perméabilités sont montrés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	LF1			LF2	
Type (Nasberg / Lefranc)	Nasberg	Lefranc	Lefranc	Nasberg	Lefranc
Profondeur de l'essai (m)	2.0 à 2.5	6.0 à 6.5	9.5 à 10	0.5 à 1.0	2.0 à 2.5
Perméabilité $k$ (m/s)	$8.5 \times 10^{-7}$	$1.8 \times 10^{-6}$	$9.0 \times 10^{-8}$	$2.7 \times 10^{-6}$	$4.5 \times 10^{-7}$
Nature du sol testé	Argile marneuse		Passage graveleux dans les marnes argileuses	Argile marneuse légèrement graveleuse	Argile marneuse finement sableuse

La perméabilité mesurée de  $10^{-7}$  et  $10^{-6}$  est en accord avec la nature argileuse des formations observées au droit des essais. L'essai qui ne paraît pas cohérent avec le sol est celui de  $9.10^{-8}$ , essai réalisé au droit d'un passage graveleux dans les argiles.

Nous attirons toutefois l'attention sur le fait que les essais caractérisent les terrains très localement (c'est-à-dire au droit des sondages et à la profondeur de l'essai) du fait des dimensions limitées des cavités d'essais. Les valeurs de perméabilité peuvent varier dans de larges limites à l'échelle du projet, notamment selon les variations de la granularité des terrains.

De plus, ces valeurs ponctuelles peuvent s'écarter de la valeur de la perméabilité à grande échelle.



# D. OUVRAGES GEOTECHNIQUES DU PROJET

## D.1. Contraintes spécifiques du site / identification des aléas géotechniques

Des contraintes spécifiques liées au projet et au site ont été mises en évidence :

- Les travaux seront réalisés sur 84 ml le long de la berge du canal de la Sarre. Lors des travaux, des matériaux pourraient être transportés par les eaux de ruissellement. Une attention devra être portée afin d'éviter la pollution de l'eau du canal ;
- L'accès au chantier est restreint à la rue du Canal. Pendant les travaux, l'accès aux véhicules sera donc limité (sauf l'accès aux riverains) ;
- La zone des travaux correspond à une ayant déjà subi un glissement ; toutes les précautions devront être prises pendant les travaux pour assurer la stabilité des phases provisoires de travaux et ne pas endommager les ouvrages avoisinants (chaussée, canal, talus non glissé).

Compte-tenu de la configuration, la stabilité générale du site devra être analysée. Cette analyse est présentée ci-après au chapitre §E.

## D.2. Données liées au risque sismique

Compte-tenu de la catégorie d'importance des ouvrages (II) et de la zone de sismicité (I) :

- L'effet d'un séisme n'est pas à considérer sauf exigence particulière du maître d'ouvrage ;

### D.2.1. Classe sismique des sols

La classe de sol retenue est la **Classe C** constitué des dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide ayant des épaisseurs de quelques dizaines à centaines de mètres.

### D.2.2. Paramètres de calcul liés au séisme

Zone de sismicité :	I	D'où l'accélération maximale au rocher : $a_{gr} =$	0.4
Catégorie d'importance du bâtiment :	II	D'où le coefficient d'importance : $\gamma_I =$	I
Classe de sol :	C	D'où le paramètre de sol : $S =$	1.5

D'où 
$$a_{max} = a_{gr} \times \gamma_I \times S = 0.6 \text{ m/s}^2$$

#### Remarque importante :

Les éléments donnés ci-dessus suivent les hypothèses de l'EUROCODE 8, pour une zone de sismicité donnée.

### D.3. Travaux d'adaptation du site pour accueillir le projet

#### D.3.1. Déboisement et création d'accès

Les travaux de déboisement, impacteront le projet, notamment en ce qui concerne la traficabilité, l'assise des ouvrages et les problématiques de rétention d'eau.

Il faudra relever l'implantation des arbres dont le dessouchage remaniera les sols superficiels sur des profondeurs sub-métriques au moins, et dont il faudra tenir compte pour la conception et l'exécution des fondations des ouvrages.

Il conviendra de s'assurer de la bonne conduite des opérations de démolition qui doivent comprendre au minimum :

- Démolition et purge des éventuelles structures existantes enterrées (fondations, réseaux, ...) ;
- Relevé minutieux, par un géomètre, de la localisation, profondeur et géométrie de ces structures enterrées ;
- Le comblement des purges en utilisant un matériau granulaire insensible à l'eau, mis en œuvre et compacté selon les recommandations du guide GTR.

En fonction des éléments ci-avant, des adaptations des ouvrages géotechniques du projet pourront être nécessaires (purges, substitutions, choix des techniques, implantation des fondations...).

Une fouille préalable est prévue sur le site pour la mise en place de la base drainante de l'ouvrage. Lors de la réalisation de la fouille, il faudra impérativement relever précisément :

- L'emprise de la fouille ;
- La profondeur/cote du fond de fouille a minima de 0.5 m par rapport au niveau de terrain fini.

Ces éléments seront reportés sur un plan, afin de pouvoir être pris en compte pour l'adaptation des ouvrages géotechniques du projet.

L'accès à la zone de travaux présente des contraintes spécifiques dont il faudra tenir compte pour le choix des techniques d'exécution des ouvrages géotechniques.

#### D.3.2. Conditions générales de terrassements

D'une façon générale, l'entreprise devra adapter sa méthodologie d'exécution des travaux (terrassement, compactage, ...) afin d'assurer l'assainissement et la portance des plateformes et d'éviter de générer des désordres dans les avoisinants pouvant être influencés par les travaux.

Les terrassements seront exécutés en dehors des périodes de pluie et en dehors des périodes de hautes eaux.

Les terrassements pourront être majoritairement réalisés à la pelle mécanique notamment à la base du talus. La rencontre d'éléments rocheux / de vestiges éventuels, pourront nécessiter ponctuellement l'emploi de moyens de déroctage (BRH, ...).

En cas d'évacuation de matériaux hors du site, il conviendra de définir le type de filière adapté, à partir d'une étude environnementale spécifique.

#### D.3.3. Dispositions vis-à-vis des eaux souterraines

Une étude des niveaux caractéristiques de nappe devra être réalisée. Le prédimensionnement des ouvrages devra être confirmé et validé avec les niveaux correspondants.

*Nota : quelles que soient les dispositions de gestion des eaux mises en œuvre, il conviendra de vérifier que ces dispositions respectent la réglementation en vigueur (notamment loi sur l'eau et les milieux aquatiques).*

Des dispositions de drainage de la fouille d'assise de l'ouvrage sont néanmoins à prévoir, pour la gestion des eaux météoriques en phase travaux notamment (réalisation d'un matelas granulaire). Un suivi piézométrique en phase travaux devra être réalisé.

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.

- Les maisons individuelles situées tout au long de la rue du canal au nord-ouest ;
- La rue du Canal située en tête du talus ;
- Le canal des houillères de la Sarre.

FONDASOL – PR.GPCO.25.0020 – 001 – 1<sup>ère</sup> diffusion  
Confortement de berge du canal de la Sarre – SARRALBE (57) – Etude géotechnique - Mission G2PRO

## E. ETUDE DU REMBLAI RENFORCE

### E.1. Modèle géotechnique retenu

Sur la base de l'analyse des données géotechniques issues des sondages et essais en laboratoire, les paramètres géotechniques de calcul retenus sont les suivants :

N°	Formation	Base (m/TN)	PI* (MPa)	E <sub>M</sub> (MPa)	$\alpha$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\varphi'$ (°)
1	Remblai routier	1.0	0.6	8.8	-	19	0	28
2	Argiles sablo-graveleuses	5.0	0.48	7.8	0.5	19	5	27
3	Marnes	-	1.17	11.6	0.67	19	2	29
4	Remblai structurel <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	19	0	36
5	GNT 0/31.5 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	19	0	36

(\*) Coefficient rhéologique

(1) Caractéristiques de l'ouvrage de confortement

### E.2. Surcharges

Une surcharge routière au droit de la rue du canal de 10 kPa est considérée.

### E.3. Caractéristiques de l'ouvrage en remblai renforcé

Le remblai renforcé présente les caractéristiques suivantes :

Données géométriques			
Niveau finie de la voirie (axe)		m NGF	223.84
Cote du TN actuel/Niveau fini		m NGF	223.75
Niveau en base du remblai renforcé		m NGF	215
Hauteur totale du remblai au droit du profil PT2		m	8.75
Cote en tête du remblai renforcé		mNGF	218.8
Hauteur du remblai renforcé		m	3.8
Caractéristiques des renforcements par bandes			
Nombre de lits de renforcements		-	6
Longueur des bandes		(m)	Lits 1 et 2 (bas) : 4 m
			Lits 3 et 4 (centre) : 4.5 m
			Lits 5 et 6 (haut) : 6 m
Type		-	Bandes géosynthétiques Paragrid 50/5
Espacement vertical	Lits 1 à 6	m	0.76
Espacement horizontal	Lits 1 à 6	(m)	0.75
Résistance à la traction nominale	Lits 1 à 6	(kN/ml)	57
Coefficient de frottement sol/armatures	$\mu 0^*$	-	1.3
	$\mu 1^*$	-	0.65

Les valeurs de  $\mu 0^*$  et  $\mu 1^*$  ont été déterminées de manière sécuritaire selon le tableau G.2.1 de la norme P94-270 (ci-après) en considérant que le matériau utilisé est granulaire (classe 2) avec un coefficient d'uniformité  $C_u > 2$  et un  $D_{70} > 2$  mm.

Les caractéristiques géomécaniques du matériau de remblai sont précisées dans le tableau ci-avant au § E.1.

Classe Matériau	Type de remblai (suivant NF EN 14475, Annexe A)			
	1	2	3	
	drainant	granulaire	intermédiaire	
<b>Bandes métalliques à haute adhérence <sup>(1) (2)</sup></b>				
	$h_0$ (m)	6,0	6,0	6,0
$\mu_0^*$	$C_u \leq 2$	1,2	1,2	$1,2 (\tan \varphi_{1k} / \tan 36^\circ)$
	$2 < C_u \leq 10$	1,5	1,5	$1,5 (\tan \varphi_{1k} / \tan 36^\circ)$
	$10 < C_u \leq 20$	2,2	2,2	
	$C_u > 20$	2,5	2,5	
	$\mu_1^*$	Mini ( $\tan \varphi_{1k}; 0,8$ )	Mini ( $\tan \varphi_{1k}; 0,8$ )	$\tan \varphi_{1k}$
<b>Bandes métalliques lisses</b>				
	$\mu_{(z)}^*$	0,4	0,4	
<b>Bandes géosynthétiques <sup>(1)</sup></b>				
			D70 > 2 mm	D70 < 2 mm
	$h_0$ (m)	6,0	6,0	6,0
$\mu_0^*$	$C_u \leq 2$	1,1	1,1	$1,0 (\tan \varphi_{1k} / \tan 36^\circ)$
	$C_u > 2$	1,3	1,3	$1,1 (\tan \varphi_{1k} / \tan 36^\circ)$
	$\mu_1^*$	$0,9 \tan \varphi_{1k}$	$0,9 \tan \varphi_{1k}$	$0,8 \tan \varphi_{1k}$

Selon les fiches techniques transmises (cf. annexe) et les coefficients réducteurs donnés par la norme NF P94-270, la résistance à la traction des bandes de type Paragrid 50/5 est la suivante :

Renfort utilisé	Paragrid 50/5
Largeur	24 mm
Resistance à la traction nominale	50 kN
Endommagement mécanique	$\rho_{end} = 1.15$
Fluage	$\rho_{ftu} = 1.37$
Agressions environnement	$\rho_{deg} = 1.02$
Coeff de sécurité global	FS = 1.61
Coefficient additionnel (durée d'utilisation)	FS = 1.02
<b>Résistance à la traction de calcul</b>	<b>34.77 kN</b>

Les paramètres réducteurs retenus sont issus du document de certification BBA pour les géogrilles Paragrid transmis par MACCAFERRI.

## E.4. Justifications et méthodes de calcul

### E.4.1. Stabilité Mixte et Générale

Les cas suivants sont étudiés pour la seule phase définitive à l'ELU :

- La stabilité Générale : en vérifiant l'ELU GEO suivant l'approche 3 pour la stabilité en statique à long terme par l'étude de cercles de glissement passant à l'arrière du massif renforcé sans tenir compte de la contribution des renforcements,



- La stabilité Mixte : en vérifiant l'ELU GEO/STR suivant l'approche 3 pour la stabilité en statique à long terme portant sur les cercles de rupture passant par le massif renforcé compacté et fait participer les éléments de renforcement mis en place.

Approche 3 : ensemble des facteurs partiels A2 (sur les actions géotechniques) « + » M2 « + » R3

Les calculs de stabilité sont effectués à l'aide du logiciel TALREN V6.2.19 (méthode des tranches de Bishop) avec étude de cercles de rupture, suivant l'Eurocode 7 et la norme d'application NF P 94-270 qui introduit le coefficient de modèle  $\gamma_{R;d}$  et les coefficients partiels suivants :

Cas	Surcharge défavorable	Poids volumique	Angle de frottement	Cohésion	Résistance à la traction des bandes	Résistance à l'adhérence des bandes	Coefficient de modèle
Durable	1.3	1.0	1.25	1.25	1.25	1.1	1.1

Les conditions de stabilité sont réputées assurées tant que le coefficient de sécurité calculé (coefficient de surdimensionnement) reste supérieur ou égal à 1,0.

Selon la NF P94-270, le principe de calcul est le suivant. Il s'agit de vérifier que l'inégalité ci-après est satisfaite pour tous les cas de charge et de combinaisons de charges et toutes les surfaces de glissement potentiel :

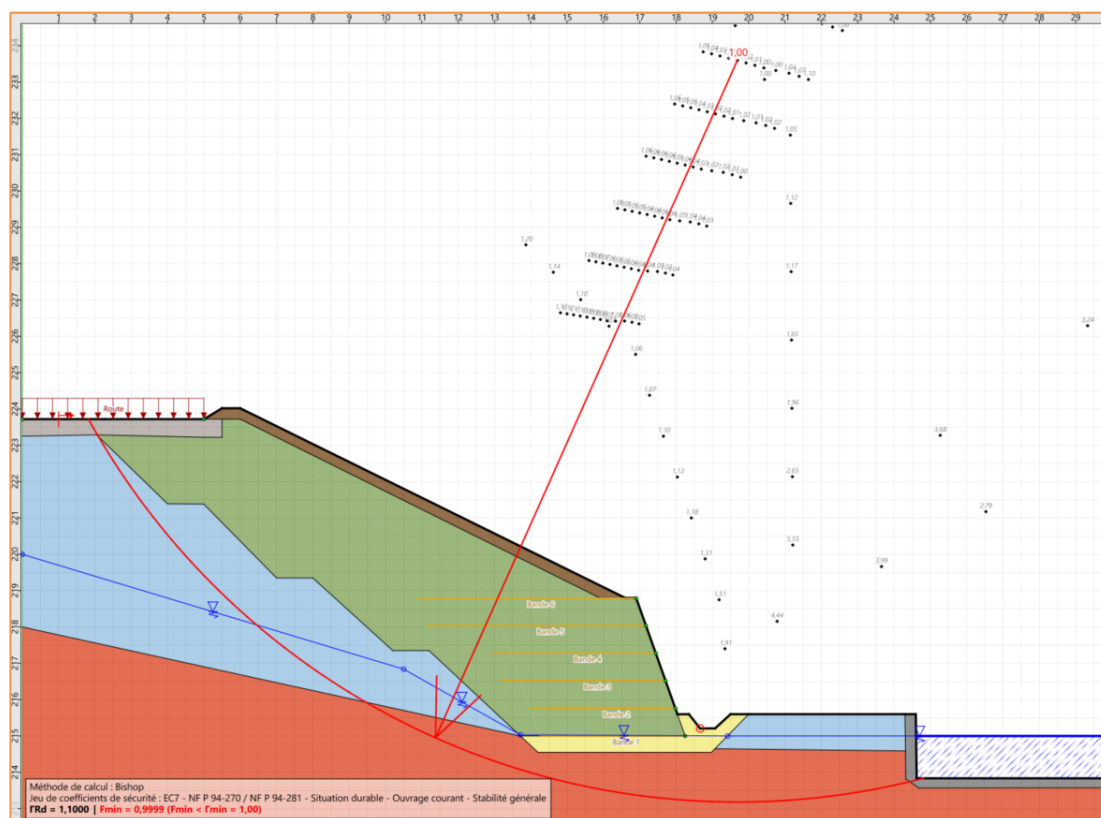
$$F = \frac{T_{dst;d}}{R_{st;d}} \geq \gamma_{R;d}$$

- $T_{dst;d}$  est la valeur de calcul de l'effet déstabilisant des actions qui agissent sur le massif limité par la surface de glissement étudiée ;
- $R_{st;d}$  est la valeur de calcul de la résistance stabilisatrice ultime mobilisée le long de la surface de glissement correspondante ;
- $\gamma_{R;d}$  est un facteur partiel de modèle dit de mobilisation de la résistance au cisaillement du sol. Pour les ouvrages relativement peu sensibles aux déformations, il est pris égal à 1,10 pour les situations de projet durables et transitoires et à 1.0 pour les situations accidentelles.

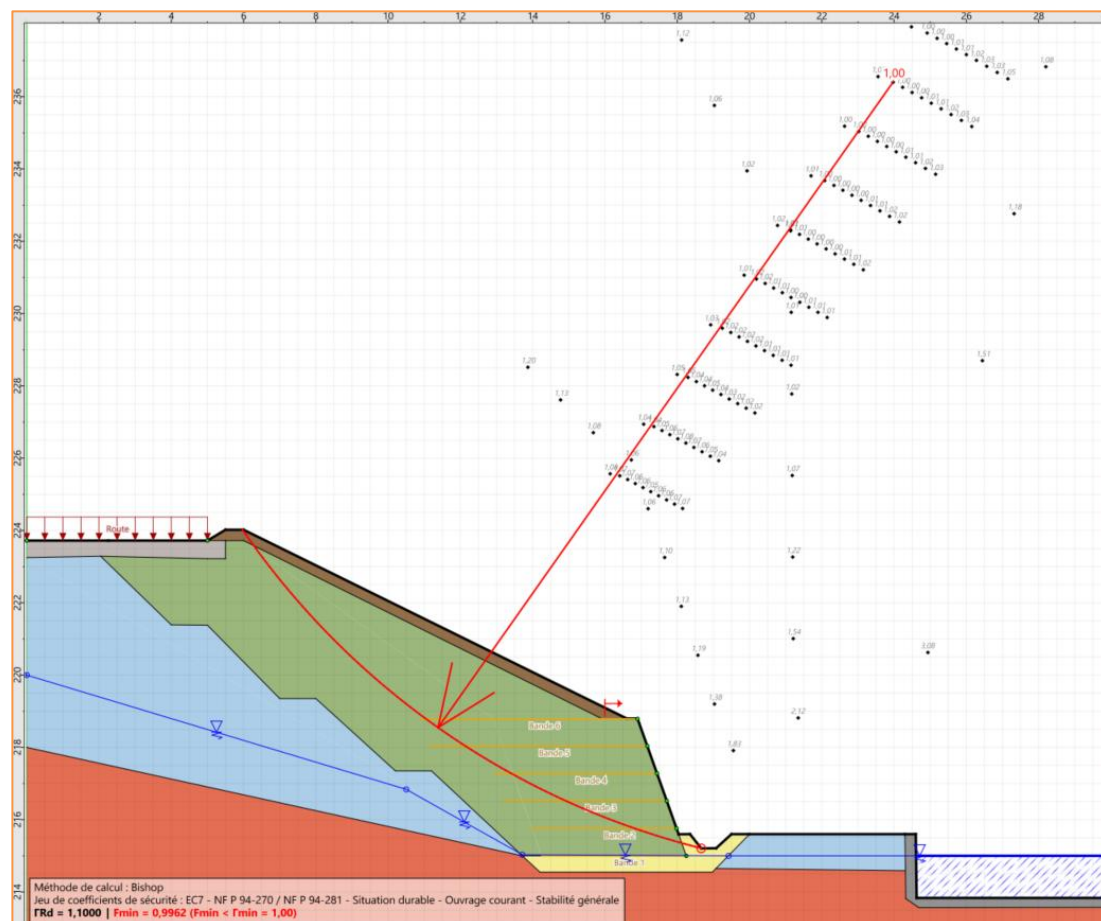
Phase	Cas	Stabilité	F calculé	F visé
			Méthode Bishop	
Durable	ELU Fond	Générale Approche 3	1.0	1.0
		Mixte Approche 3	1.0	

Le détail des calculs sont présentés en annexes.

Les coupes de calcul sont présentées ci-dessous :



Coupe de calcul de la stabilité générale (Talren V6)



Coupe de calcul de la stabilité Mixte (Talren V6)

## E.4.2. Stabilité Externe locale

La vérification de la stabilité externe doit permettre d'examiner les 3 points suivants :

- Poinçonnement du sol support en vérifiant l'ELU de type GEO suivant l'approche 2
- Glissement sur le sol en vérifiant l'ELU de type GEO
- Non-Renversement en vérifiant l'ELU de type GEO suivant l'approche 2

Nous avons considéré l'approche de calcul 2, en utilisant l'ensemble des facteurs partiels A1 (sur les actions géotechniques) « + » M1 « + » R2, selon les prescriptions de la norme NF P 94-270.

Les facteurs partiels appliqués en situation durable sont les suivants :

Actions	Permanente défavorable (Gsup)	1.35
	Permanente favorable (Ginf)	1.0
	Variable défavorable (Qsup)	1.5
	Variable favorable (Qinf)	0
Paramètres du sol	Tous les paramètres	1.0
Résistances	Portance/Poinçonnement	1.4
	Glissement	1.1

### E.4.2.1. Portance/poinçonnement du terrain

Le coefficient de surdimensionnement F de l'assise des massifs renforcés par rapport à une rupture au poinçonnement est calculé de la façon suivante :

- Si la résultante de toutes les actions se situe à l'aval de la base du « bloc » :

$$F = \frac{q'_{lim}}{q'_{ref} \cdot \gamma_{R;v}} \approx \frac{i_{\delta\beta} \cdot (k_p \cdot p_{le}^* - q'_{0;k}) + q'_{0;k}}{q'_{ref} \cdot \gamma_{R;v}} \geq 1$$

- Si la résultante de toutes les actions se situe à l'amont de la base du « bloc » :

$$F = \frac{q'_{lim}}{q'_{ref} \cdot \gamma_{R;v}} = \frac{0.8 \cdot p_{le}^*}{q'_{ref} \cdot \gamma_{R;v}} \geq 1$$

$i_{\delta\beta}$  est le coefficient minorateur tenant compte de l'inclinaison de la charge et de la géométrie du sol de fondation

$p_{le}^*$  est la pression limite nette équivalente des sols d'assise ;

$q'_{0;k}$  est la valeur caractéristique de la pression effective au niveau de la base de l'ouvrage due aux poids des terres avant travaux

$q'_{ref}$  est la contrainte de référence déduite de la composante normale des actions prises en compte dans le calcul, appliquée à la base de l'ouvrage ;

$\gamma_{R;v}$  est le facteur de sécurité partiel à la portance, pris égal à 1,40.

### E.4.2.2. Glissement

Le coefficient de surdimensionnement F de l'assise des massifs renforcés par rapport à une rupture au glissement est calculé de la manière suivante en conditions drainées :

$$F = \frac{R_d}{H_d \cdot \gamma_{R;h}} = \frac{\min(V'_k \cdot \tan(\varphi'_{1;k}) + B \cdot c'_{1;k}; V'_k \cdot \tan(\varphi'_{3;k}) + B \cdot c'_{3;k})}{H_d \cdot \gamma_{R;h}} \geq 1$$

**R<sub>d</sub>** est la valeur de calcul de la résistance ultime au glissement sur le terrain de fondation du « bloc » de sol renforcé.

**H<sub>d</sub>** est la valeur de calcul de la composante, parallèle à la base de l'ouvrage de la résultante des actions appliquées au « bloc » de sol renforcé ;

**V'<sub>k</sub>** est la valeur caractéristique de la composante normale à la base de l'ouvrage en sol renforcé de la résultante effective des actions, par mètre longitudinal de l'ouvrage ;

**φ'<sub>1;k</sub> , c'<sub>1;k</sub>** sont les valeurs caractéristiques de l'angle de frottement interne et de la cohésion en conditions drainées du sol du massif renforcé ;

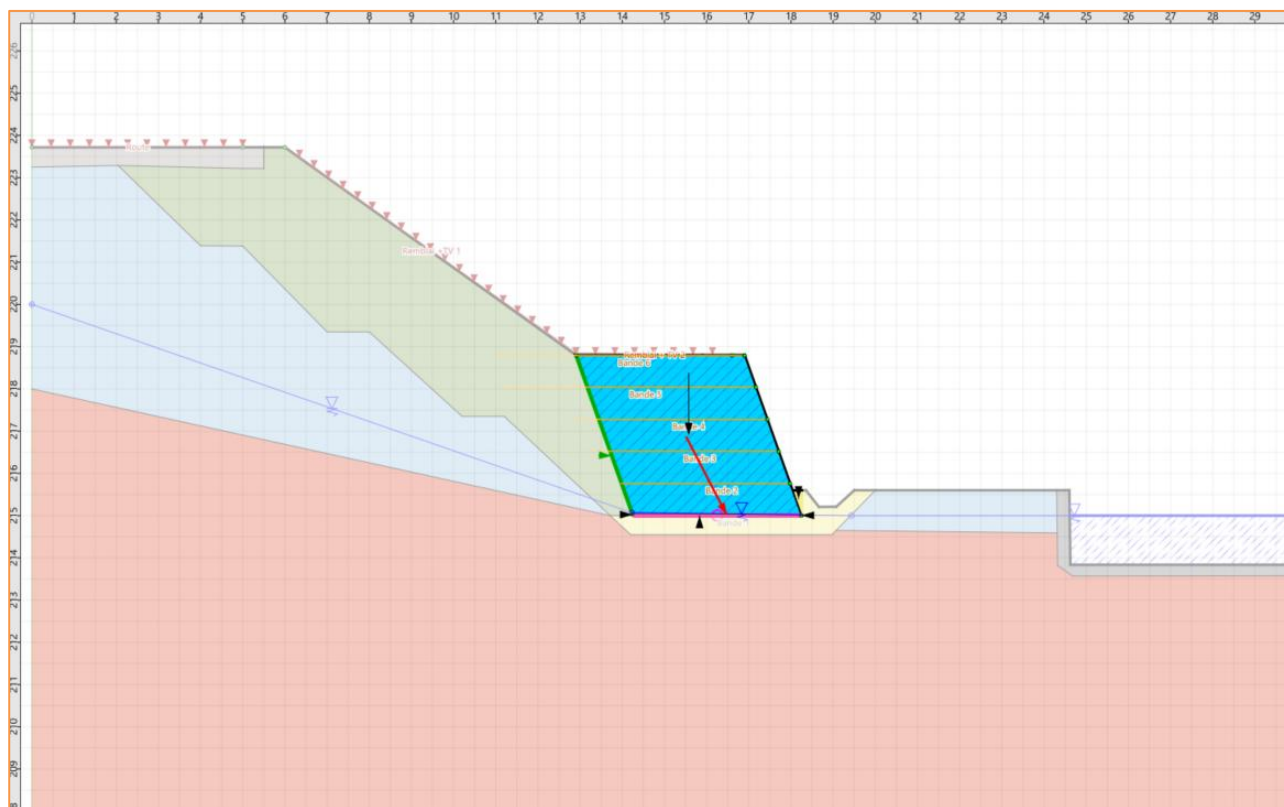
**φ'<sub>3;k</sub> , c'<sub>3;k</sub>** sont les valeurs caractéristiques de l'angle de frottement interne et de la cohésion en conditions drainées du terrain de fondation ;

**γ<sub>R;h</sub>** est le facteur de sécurité partiel de résistance au glissement, pris égal à 1,10.

#### E.4.2.3. Résultats des vérifications

Nous avons utilisé le logiciel Talren module Mur pour justifier la stabilité externe locale du remblai renforcé. Le massif renforcé a été modélisé comme un mur poids. Les coupes de calculs sont présentées ci-dessous.

Une surcharge « remblai structural + terre végétale » a été modélisé au droit du talus et sur le remblai renforcé. Celle-ci représente le bloc restant du remblai qui rend impossible de modéliser sur Talren.



Coupe de calcul de la stabilité externe locale (Talren V6.2.19)

Verification de la portance			
Vd	364,1	kN/m	Effort vertical appliqué (pondéré)
R0	0,0	kN/m	Poids des terres après travaux (résultante)
Rv,d	595,9	kN/m	Résistance nette du terrain sous le mur (valeur de calcul)
Uf	61,11	%	Taux de mobilisation
	OK		$Vd - R0 \leq Rv,d$
Verification de non-renversement			
B	4,000	m	Largeur de la base du mur
eB	0,233	m	Excentricité
elim	1,867	m	Excentricité limite (= 7 B / 15)
Uf	12,47	%	Taux de mobilisation
	OK		$eB \leq elim$
Verification au glissement sur la base du mur			
Hd	188,8	kN/m	Valeur de calcul de la charge horizontale (parallèle à la base de la fondation)
Vd	364,1	kN/m	Valeur de calcul de la charge verticale concomitante à Hd
$\delta_{ak}$	30,00	°	Valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface (= $\delta_{a,d}$ )
$\gamma_{R,h}$	1,10	-	Facteur partiel pour la résistance au glissement
$\gamma_{R,d,h}$	0,90	-	Coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement
Rh,d	212,4	kN/m	Valeur de calcul de la résistance ultime au glissement
Uf	88,9	%	Taux de mobilisation
	OK		$Hd \leq Rh,d$

Tableau des résultats extrait du logiciel Talren V6.2.19

Le détail des calculs est fourni en annexe.

### E.4.3. Principes généraux de mise en œuvre

Le suivi géotechnique d'exécution devra être réalisé dans le cadre d'une mission G3 conformément à la norme NF P 94-500.

L'ouvrage devra respecter les normes :

- NF P 94-270 : calculs géotechniques - ouvrages de soutènement - remblais renforcés.
- Les matériaux seront mis en œuvre conformément au guide GTR.

Le remblai renforcé sera mis en place sur une semelle en matériaux granulaire drainante de type GNT 0/31.5. Le niveau d'assise du remblai renforcé se situera à une profondeur minimale de 0,5 m par rapport au niveau du terrain fini.

Les matériaux glissés seront purgés afin de ne pas créer une assise non pérenne aux ouvrages.

De plus, les pentes de talutage des sols en place pour permettre la réalisation de l'ouvrage devront être adaptées aux conditions réelles rencontrées lors des travaux (arrivées d'eau, niveau sablo-graveleux sans cohésion) ; en effet, d'après les coupes transmises, il est envisagé des redans de pente 1/1 avec des risbermes de 1 m de large tous les 2 à 3 m ; en l'état, cette solution n'est pas stable en phase provisoire. Un terrassement par passes devra être envisagé avec réalisation de l'assise, du drainage et du remblai renforcé (éventuellement partiellement) pour chaque passe d'ouverture.

#### E.4.3.1. Matériaux des remblais renforcés

Les matériaux constitutifs des remblais renforcés devront être au moins de classe 2 (granulaire) selon l'annexe A de la norme EN 14475. Ces matériaux devront être mis en œuvre conformément aux préconisations du GTR2000. Le coefficient d'uniformité  $C_u$  ( $D_{60}/D_{10}$ ) devra être supérieur à 2.



Dans tous les cas, les caractéristiques des matériaux mis en œuvre dans les remblais renforcés devront a minima répondre aux hypothèses prises en compte dans les calculs (cohésion nulle, angle de frottement interne de 36°).

La granulométrie et la teneur en eau du matériau de remblai doivent être vérifiées périodiquement au fur et à mesure de la construction, afin de contrôler leur conformité avec les spécifications du projet.

Les procédures d'exécution et de contrôles/essais/surveillance devront être préparées avant que les travaux ne commencent sur site.

#### E.4.3.2. Parement

En phase G2 PRO, le parement n'a pas été dimensionné. Une justification devra être réalisée lors de la mission G3 par le fournisseur du procédé.

#### E.4.3.3. Mise en œuvre

Il faudra :

- Travailler par temps sec ou sous contrôle des niveaux piézométriques et prévoir des dispositifs de drainage et de gestion des eaux en phase provisoire ;
- Décaper la terre végétale au droit du talus le cas échéant ainsi que toute poche de sol très mou, notamment les matériaux glissés ;
- Substituer les sols en place sur une épaisseur minimale de 0.5 m/TN afin d'obtenir la portance minimale requise (valeur prise en compte dans les calculs) sous l'assise du remblai renforcé ;
- Compacter l'assise avant la mise en place du remblai renforcé ;
- Mettre en œuvre le remblai structural soigneusement compacté par couches et par étapes successives, où la mise en place et la fixation des éléments de parement et du renforcement alternent avec le dépôt, l'étalement, le nivellement et le compactage du matériau de remblai ;
- L'entreprise devra prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas créer de désordres aux existants (routes, réseaux, ouvrages).

L'entreprise devra adapter les modes de mise en œuvre et de compactage aux caractéristiques du site, au matériau retenu et au matériel dont elle dispose, afin d'obtenir les critères de réception demandés.

A la fin de chaque journée de travail, il convient de donner à la surface du remblai compacté une légère inclinaison (de 2% à 4%), en s'éloignant du parement, et de fermer cette surface à l'aide d'un compacteur lisse, afin que les eaux de surface soient dirigées vers un exutoire approprié.

#### E.4.3.4. Drainage

Le drainage des eaux de voirie devra être assuré afin de ne pas saturer ni les matériaux de remblai ni les sols d'assise.

Des dispositions devront être prises pour empêcher la dégradation des faces des talus sous l'action du ruissellement des eaux. A cet effet, il est prévu un géomatelas MACMAT L4 associé à 30 cm de terre végétale, qui devra être efficace et pérenne.

- Si des arrivées d'eau étaient observées dans les talus en déblais, il faudra les capter et les collecter afin de respecter les conditions de dimensionnement de l'ouvrage (pas de poussée d'eau à l'arrière des remblais). A cet effet, il pourra être envisagé Des drains sub-horizontaux forés de collecte ;

L'eau sera conduite vers un exutoire autorisé sans risque pour le chantier et les avoisinants, conformément aux règlements relatifs à la protection de l'environnement.

Certaines problématiques ne peuvent être vues que lors de l'ouverture « en grand » des terrassements. C'est notamment le cas des circulations erratiques d'eaux souterraines et de certaines hétérogénéités lithologiques.

#### E.4.3.5. Suivi / instrumentation

Les tassements du sol support devront être suivis pendant la mise en œuvre du remblai et pendant toute la durée du chantier.

Les dispositifs de suivi pourront comporter des repères de nivellement (piges), des cellules de tassements (tassomètres) et/ou des bornes topographiques posées sur le remblai, dès que la montée totale est finalisée.

Les repères pourront être constitués d'une platine posée sur le sol support avec une tige métallique verticale et rigide qui ne doit pas se déformer lors de la mise en œuvre des remblais.

Un relevé altimétrique précis (précision millimétrique) des repères de nivellement sera réalisé par un géomètre.

Les piges et tassomètres seront répartis sur l'ensemble du remblai.

La fréquence des relevés devra être a minima :

- Hebdomadaire pendant la mise en œuvre des remblais
- Mensuelle pendant la durée du chantier

Un suivi géotechnique d'exécution sera à prévoir lors des travaux pour vérifier les hypothèses et définir les éventuelles adaptations (dans le cadre de la mission G3).

Le suivi géotechnique d'exécution G3 comprend le suivi d'exécution des remblais, de la mise en place des moyens de contrôle des tassements et le suivi des mesures.

Les mesures devront être analysées selon la méthode d'Asaoka qui permettra d'estimer les tassements résiduels attendus par rapport aux objectifs fixés pour le projet.

## F. SUITES A DONNER

### F.1. Incertitudes subsistant / risques résiduels

- ➔ Hydrogéologie : Le dimensionnement de l'ouvrage devra être vérifié en utilisant les niveaux d'eau caractéristiques (non définis et non transmis par le maître d'ouvrage).
- ➔ Lors de la mission G3, une étude des tassements des remblais devra être réalisée ainsi que de la stabilité en phase provisoire des terrassements. Un suivi des tassements et déformations devront être envisagés pendant toute la durée du chantier.

### F.2. Enchaînement des missions normalisées

**Le présent rapport conclut la phase PRO de la mission d'étude géotechnique de conception G2 confiée à Fondasol.**

Selon la norme NF P94-500, cette phase est insuffisante pour consulter les entreprises ; elle doit être suivie de la phase 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. Elle permet ensuite une assistance à l'analyse technique des offres (base et variantes éventuelles) lors de la phase ACT.

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 d'étude G2 phase DCE/ACT et la mission G4.



## ANNEXES

# I. 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
<b>Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)</b>		<b>Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)</b>		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	<b>Études géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		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
<b>Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	<b>Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)</b>		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	PRO	<b>Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	DCE/ACT	<b>Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
<b>Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	<b>Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude</b> ( <i>en interaction avec la phase suivi</i> )	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution</b> ( <i>en interaction avec la phase supervision du suivi</i> )	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 ( <i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i> )	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	<b>Étude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi</b> ( <i>en interaction avec la Phase Étude</i> )	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution</b> ( <i>en interaction avec la phase Supervision de l'étude</i> )	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
<b>À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</b>	Diagnostic	<b>Diagnostic géotechnique (G5)</b>		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



## 2. 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

### **3. SORTIES DE CALCULS TALREN – 15 PAGES**

# Données du projet

Type d'application : Calcul de stabilité de murs de soutènement

Numéro d'affaire : PR.GPCO.25.0020

Titre du calcul : Canal de la Sarre

Lieu : N/A

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	223,720	2	2,260	223,720	3	5,000	223,720	4	6,000	223,720	5	15,900	218,800	6	16,900	218,800
7	18,250	215,000	8	18,038	215,597	9	24,300	215,600	10	24,324	213,818	11	24,684	213,567	12	30,000	213,575
13	0,000	223,250	14	2,045	223,288	15	5,000	223,220	16	5,500	223,220	17	5,500	223,720	18	4,000	221,390
19	5,000	221,381	20	7,000	219,350	21	8,000	219,350	22	10,200	217,350	23	11,200	217,350	24	14,200	214,550
25	18,972	214,550	26	20,000	215,600	27	13,714	215,000	28	18,353	215,600	29	19,500	215,600	30	18,663	215,206
31	19,074	215,210	32	0,000	218,000	35	19,071	214,650	36	24,314	214,589	39	12,900	218,800	41	14,250	215,000
42	24,600	215,601	43	24,624	213,836	45	30,000	213,836	46	19,413	215,000	47	5,500	224,020	48	6,000	224,020
49	16,600	218,800															

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	2	2	2	3	7	6	8	11	10	11	12	11	12	13	15	3	14	15	14
15	14	13	16	16	15	17	3	17	18	4	17	19	17	16	20	14	18	21	18	19
22	19	20	23	20	21	24	21	22	25	22	23	27	9	26	29	24	25	32	24	27
34	8	28	36	26	29	37	28	30	38	30	31	39	31	29	45	25	35	47	9	36
48	10	36	49	36	35	53	39	4	57	27	41	59	39	41	60	23	27	62	32	27
63	4	5	64	41	7	65	8	7	66	39	5	67	9	42	69	42	43	70	43	45
71	13	27	72	26	46	73	35	46	74	7	46	75	3	47	76	47	48	77	5	49
78	6	49	79	48	49															

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs,clou	pmax	ks×B	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Remblai Rue du Canal		19,0	28,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Argiles sablo-graveleuses		18,0	27,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Marnes argilo-sableuses		19,0	29,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Remblai structurel		19,0	36,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	GNT 0/31.5		19,0	36,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
6	Canal		25,0	45,00	100,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
7	TV		16,0	36,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe	Écoulement dans le sol	kh	kv
1	Remblai Rue du Canal		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
2	Argiles sablo-graveleuses		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
3	Marnes argilo-sableuses		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
4	Remblai structurel		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
5	GNT 0/31.5		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
6	Canal		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
7	TV		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-

Mur

Nom : Mur 1

Type de mur : Mur poids (béton armé)

Poids propre du mur : 19.0

Abscisse du point de référence A du mur : 14.25

Ordonnée du point de référence A du mur : 215.0

Définition de la géométrie (1/2)

Nom	Valeur	Unité	Description
Base	-		



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre

# Données du projet

## Définition de la géométrie (2/2)

Nom	Valeur	Unité	Description
bm	4,000	m	Largeur totale de la base
Voile	-		
hm	3,800	m	Hauteur du voile
β	-19,560	°	Fruit amont du voile
βa	19,560	°	Fruit aval du voile
Bêche	-		
hb	0,000	m	Hauteur de la bêche (=0 pour désactiver)
bb,inf	0,000	m	Largeur inférieure de la bêche
bb,sup	0,000	m	Largeur supérieure de la bêche
db	0,000	m	Position du centre de la bêche par rapport au bord du talon
Réhausse	-		
hr	0,000	m	Hauteur de la réhausse (=0 pour désactiver)

Poids du mur : 288.80000000000086

Section du mur : 15.200000000000045

Centre de gravité : 15.575000000000001 / 216.90000000000003

### Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Route	0,000	223,720	10,0	5,000	223,720	10,0	90,00
2	Remblai +TV 1	6,000	223,720	0,0	12,900	218,800	36,0	90,00
3	Remblai + TV 2	12,900	218,800	36,0	16,600	218,800	0,0	90,00

### Bandes

	Nom	X	Y	Espacement horizontal	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion	RNcal	Longueur	Largeur
1	Bande 1	18,250	215,000	0,750	0,000	1,000	10,00	34,8	4,000	0,024
2	Bande 2	17,980	215,760	0,750	0,000	1,000	10,00	34,8	4,000	0,024
3	Bande 3	17,710	216,520	0,750	0,000	1,000	10,00	34,8	4,500	0,024
4	Bande 4	17,440	217,280	0,750	0,000	1,000	10,00	34,8	4,500	0,024
5	Bande 5	17,170	218,040	0,750	0,000	1,000	10,00	34,8	6,000	0,024
6	Bande 6	16,900	218,790	0,750	0,000	1,000	10,00	34,8	6,000	0,024

### Bandes (cont.)

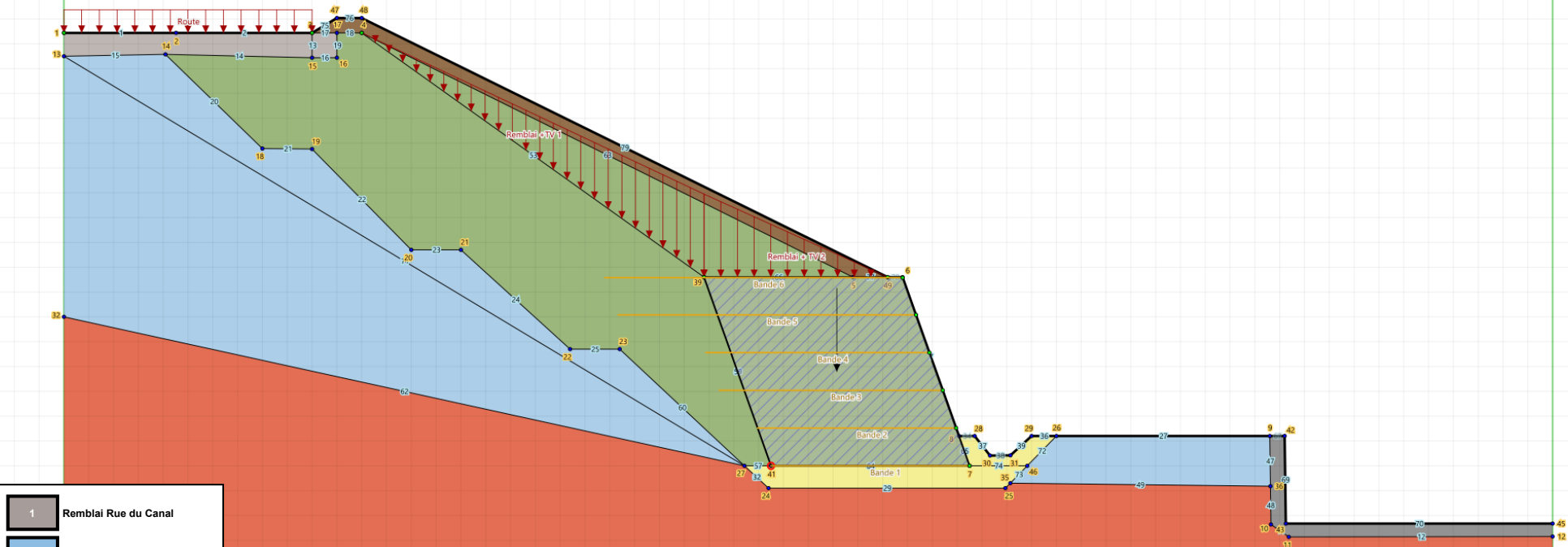
	Nom	yremblai	Type de pondération	Traction	μ0*	μ1*
1	Bande 1	19,0	Minorateur ( 1)	Externe	1,300	0,650
2	Bande 2	19,0	Minorateur ( 1)	Externe	1,300	0,650
3	Bande 3	19,0	Minorateur ( 1)	Externe	1,300	0,650
4	Bande 4	19,0	Minorateur ( 1)	Externe	1,300	0,650
5	Bande 5	19,0	Minorateur ( 1)	Externe	1,300	0,650
6	Bande 6	19,0	Minorateur ( 1)	Externe	1,300	0,650



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_w$ (kN/m³)	19,00	18,00	19,00	19,00	19,00	25,00	16,00
$\phi$ (°)	28,00	27,00	29,00	36,00	36,00	45,00	36,00
c (kPa)	0,00	5,00	2,00	0,00	0,00	100,00	0,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



- 1 Remblai Rue du Canal
- 2 Argiles sablo-graveleuses
- 3 Marnes argilo-sableuses
- 4 Remblai structurel
- 5 GNT 0/31.5
- 6 Canal
- 7 TV



# Données de la phase 1

Nom de la phase : Stabilité globale

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Remblai Rue du Canal	2	2	3	Remblai Rue du Canal	7	6	8	Remblai structurel
11	10	11	Marnes argilo-sableuses	12	11	12	Marnes argilo-sableuses	14	15	14	Remblai structurel
15	14	13	Argiles sablo-graveleuses	16	16	15	Remblai structurel	17	3	17	Remblai Rue du Canal
18	4	17	Remblai structurel	19	17	16	Remblai Rue du Canal	20	14	18	Argiles sablo-graveleuses
21	18	19	Argiles sablo-graveleuses	22	19	20	Argiles sablo-graveleuses	23	20	21	Argiles sablo-graveleuses
24	21	22	Argiles sablo-graveleuses	25	22	23	Argiles sablo-graveleuses	27	9	26	Argiles sablo-graveleuses
29	24	25	Marnes argilo-sableuses	32	24	27	Marnes argilo-sableuses	34	8	28	GNT 0/31.5
36	26	29	GNT 0/31.5	37	28	30	GNT 0/31.5	38	30	31	GNT 0/31.5
39	31	29	GNT 0/31.5	45	25	35	Marnes argilo-sableuses	47	9	36	Argiles sablo-graveleuses
48	10	36	Marnes argilo-sableuses	49	36	35	Marnes argilo-sableuses	57	27	41	GNT 0/31.5
60	23	27	Argiles sablo-graveleuses	62	32	27	Marnes argilo-sableuses	63	4	5	Remblai structurel
64	41	7	GNT 0/31.5	65	8	7	Remblai structurel	67	9	42	Canal
69	42	43	Canal	70	43	45	Canal	72	26	46	Argiles sablo-graveleuses
73	35	46	Argiles sablo-graveleuses	75	3	47	TV	76	47	48	TV
77	5	49	Remblai structurel	78	6	49	Remblai structurel	79	48	49	TV

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Route

Bandes : Bande 1  
Bande 2  
Bande 3  
Bande 4  
Bande 5  
Bande 6

Polygones : Polygone entre les points 15,3,17,16  
Polygone entre les points 1,2,3,15,14,13  
Polygone entre les points 14,15,16,17,4,39,41,27,23,22,21,20,19,18  
Polygone entre les points 10,11,12,xMax,xMin,32,27,24,25,35,36  
Polygone entre les points 39,4,5  
Polygone entre les points 11,10,36,9,42,43,45,12  
Polygone entre les points 27,32,13  
Polygone entre les points 13,14,18,19,20,21,22,23,27  
Polygone entre les points 26,9,36,35,46  
Polygone entre les points 25,24,27,41,7,46,35  
Polygone entre les points 8,28,30,31,29,26,46,7  
Polygone entre les points 6,8,7,41,39,5,49  
Polygone entre les points 17,3,47,48,49,5,4

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle				
1	0,000	220,000	0,00	2	10,500	216,839	0,00	3	13,712	215,032	0,00	4	19,416	215,000	0,00	5	30,000	215,000	0,00



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Stabilité globale

Nom de la situation : Situation - mixte

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{tan\phi}$	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	$\Gamma_{cu}$	1,400
$\Gamma_Q$	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,850	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,150	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
$\Gamma_{pl}$	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,150	$\Gamma_{a,tirant}$	1,150	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	$\Gamma_{buton}$	1,250	-	-

Détermination de  $\Gamma_{Rd}$  : Automatique

$\Gamma_{Rd}$  : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0,500

Abscisse émergence limite aval : 16,000

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= 18,663; Y= 215,206

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 1,200

Activer le critère de distance entre extrémités : Oui

Distance entre les extrémités inférieure à (m) : 3,000

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_w$ (kN/m³)	19,00	18,00	19,00	19,00	19,00	25,00	16,00
$\varphi$ (°)	28,00	27,00	29,00	36,00	36,00	45,00	36,00
c (kPa)	0,00	5,00	2,00	0,00	0,00	100,00	0,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Stabilité globale / Situation : Situation - mixte

1	Remblai Rue du Canal
2	Argiles sablo-graveleuses
3	Marnes argilo-sableuses
4	Remblai structurel
5	GNT 0/31.5
6	Canal
7	TV

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

 $\Gamma_{Rd} = 1,1000$  |  $F_{min} = 0,9962$  ( $F_{min} < \Gamma_{min} = 1,00$ )

# Données de la situation 2

Nom de la phase : Stabilité globale

Nom de la situation : Situation - générale

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{tan\phi}$	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	$\Gamma_{cu}$	1,400
$\Gamma_Q$	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,850	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,150	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
$\Gamma_{pl}$	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,150	$\Gamma_{a,tirant}$	1,150	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	$\Gamma_{buton}$	1,250	-	-

Détermination de  $\Gamma_{Rd}$  : Automatique

$\Gamma_{Rd}$  : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 12

Incrément sur le rayon : 0,400

Abscisse émergence limite aval : 1,000

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= 18,663; Y= 215,206

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 0,800

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans Argiles sablo-graveleuses

Prise en compte du séisme : Non

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_w$ (kN/m³)	19,00	18,00	19,00	19,00	19,00	25,00	16,00
$\varphi$ (°)	28,00	27,00	29,00	36,00	36,00	45,00	36,00
c (kPa)	0,00	5,00	2,00	0,00	0,00	100,00	0,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Stabilité globale / Situation : Situation - générale

1	Remblai Rue du Canal
2	Argiles sablo-graveleuses
3	Marnes argilo-sableuses
4	Remblai structurel
5	GNT 0/31.5
6	Canal
7	TV

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

 $\Gamma_{Rd} = 1,1000$  |  $F_{min} = 0,9999$  ( $F_{min} < \Gamma_{min} = 1,00$ )



# Données de la phase 2

Nom de la phase : Stabilité externe locale

## Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Remblai Rue du Canal	2	2	3	Remblai Rue du Canal	7	6	8	Remblai structurel
11	10	11	Marnes argilo-sableuses	12	11	12	Marnes argilo-sableuses	14	15	14	Remblai structurel
15	14	13	Argiles sablo-graveleuses	16	16	15	Remblai structurel	17	3	17	Remblai Rue du Canal
18	4	17	Remblai structurel	19	17	16	Remblai Rue du Canal	20	14	18	Argiles sablo-graveleuses
21	18	19	Argiles sablo-graveleuses	22	19	20	Argiles sablo-graveleuses	23	20	21	Argiles sablo-graveleuses
24	21	22	Argiles sablo-graveleuses	25	22	23	Argiles sablo-graveleuses	27	9	26	Argiles sablo-graveleuses
29	24	25	Marnes argilo-sableuses	32	24	27	Marnes argilo-sableuses	34	8	28	GNT 0/31.5
36	26	29	GNT 0/31.5	37	28	30	GNT 0/31.5	38	30	31	GNT 0/31.5
39	31	29	GNT 0/31.5	45	25	35	Marnes argilo-sableuses	47	9	36	Argiles sablo-graveleuses
48	10	36	Marnes argilo-sableuses	49	36	35	Marnes argilo-sableuses	53	39	4	Remblai structurel
57	27	41	GNT 0/31.5	60	23	27	Argiles sablo-graveleuses	62	32	27	Marnes argilo-sableuses
64	41	7	GNT 0/31.5	65	8	7	Remblai structurel	66	39	5	Remblai structurel
67	9	42	Canal	69	42	43	Canal	70	43	45	Canal
72	26	46	Argiles sablo-graveleuses	73	35	46	Argiles sablo-graveleuses	77	5	49	Remblai structurel
78	6	49	Remblai structurel								

### Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Route  
Remblai +TV 1  
Remblai + TV 2

Murs : Mur 1

Bandes : Bande 1  
Bande 2  
Bande 3  
Bande 4  
Bande 5  
Bande 6

Polygones : Polygone entre les points 15,3,17,16  
Polygone entre les points 1,2,3,15,14,13  
Polygone entre les points 14,15,16,17,4,39,41,27,23,22,21,20,19,18  
Polygone entre les points 10,11,12,xMax,xMin,32,27,24,25,35,36  
Polygone entre les points 11,10,36,9,42,43,45,12  
Polygone entre les points 27,32,13  
Polygone entre les points 13,14,18,19,20,21,22,23,27  
Polygone entre les points 26,9,36,35,46  
Polygone entre les points 25,24,27,41,7,46,35  
Polygone entre les points 8,28,30,31,29,26,46,7  
Polygone entre les points 6,8,7,41,39,5,49

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

### Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	220,000	0,00	2	14,228	215,069	0,00	3	19,432	215,000	0,00	4	30,000	215,000	0,00



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Stabilité externe locale

Nom de la situation : Durable

Option de calcul : Calcul de stabilité externe locale

Nature de la situation : Durable ou transitoire

Mur sélectionné : Mur 1

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité externe locale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{tan\phi}$	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	$\Gamma_{cu}$	1,000
$\Gamma_Q$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,850	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,150	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
$\Gamma_{pl}$	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,150	$\Gamma_{a,tirant}$	1,150	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	$\Gamma_{buton}$	1,250	-	-

Détermination de  $\Gamma_{Rd}$  : Automatique

$\Gamma_{Rd}$  : 1.1

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,1000

Définition des actions

	Ident.	Type	Nom	Localisation	Nature	Caractère	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Active	2	Charge répartie	Route	En amont	Variable	Défavorable	1,00	1,00	1,00
Active	3	Charge répartie	Remblai +TV 1	En amont et sur le mur	Permanente	Défavorable	-	-	-
Active	4	Charge répartie	Remblai + TV 2	En amont et sur le mur	Permanente	Favorable	-	-	-

Poussée

Mode de définition : Calcul direct

Neutraliser la cohésion des couches de sol pour le calcul du diagramme de poussée Non

Type de plan fictif : Plan fictif de calcul incliné

Angle  $\Theta_{norme}$  (°) : 70.0

Rugosité  $\delta S/S/\phi$  (-) : 1.0

Rugosité  $\delta S/M/\phi$  (-) : 0.67

Pas maximal  $\Delta l$  (m) : 1.0

Butée

Autoriser la prise en compte de la butée : Non

Méthode de dimensionnement : Méthode pressiométrique

Détermination de la base : Base déterminée automatiquement

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de comportement : Comportement frottant

Type d'interface : Interface frottante

Cohésion à l'interface : 0.0

Pente du talus : 0.0

Distance du talus : 0.0

Poids des terres à la base du mur (après travaux) : 0.0

Définition des sols sous la base du mur

Couche	ysup [m]	yinf [m]	pl* [kPa]
GNT 0/31.5	215,599	214,550	1000,000
Marnes argilo-sableuses	214,550	63,567	1150,000

Source de combinaison(s) : Combinaison fabriquée à partir du jeu de coefficients sélectionné dans la situation

# Données de la situation 1

Combinaison	Ident.	Charges permanentes										Charges variables	
			Poids mur	Poids sol amor	Poids sol ave	Poussée	Bulée	Pression eau amo	Pression eau av	Pression eau sous la b.	Action ext. permanent	Action ext. permanent	Action ext. variable
ELU Fondamental	101	$1,00$	$\gamma_{W,m} W_m + 1,00$	$\gamma_{W,s} W_s + 1,35$	$\gamma_{W,sa} W_{sa} + 1,35$	$\gamma_{Pa} P_a + 1,00$	$\gamma_{Pb} P_b + 1,35$	$\gamma_{Pw} P_w + 1,00$	$\gamma_{P_{via}} P_{via} + 1,35$	$\gamma_{P_{w,base}} P_{w,base} + 1,35$	$\gamma_{G,3} G_3 + 1,00$	$\gamma_{G,4} G_4 + 1,50$	$\gamma_{Q,2} Q_2 + 1,00$

Sécurité

Source de coefficients : Coefficients choisis conformément à la norme NF P 94-281

Mur porteur ou sensible aux déplacements :Non

$\gamma_{R,d,v}$  : 1.0

$\gamma_{R,v,ELU,Fond}$  : 1.4

$\gamma_{R,v,ELU,Acc}$  : 1.2

$\gamma_{R,v,ELU,Sism}$  : 1.2

$\gamma_{R,v,ELS,QP}$  : 2.3

$\gamma_{R,v,ELS,Carac}$  : 2.3

$\gamma_{R,v,ELS,Freq}$  : 2.3

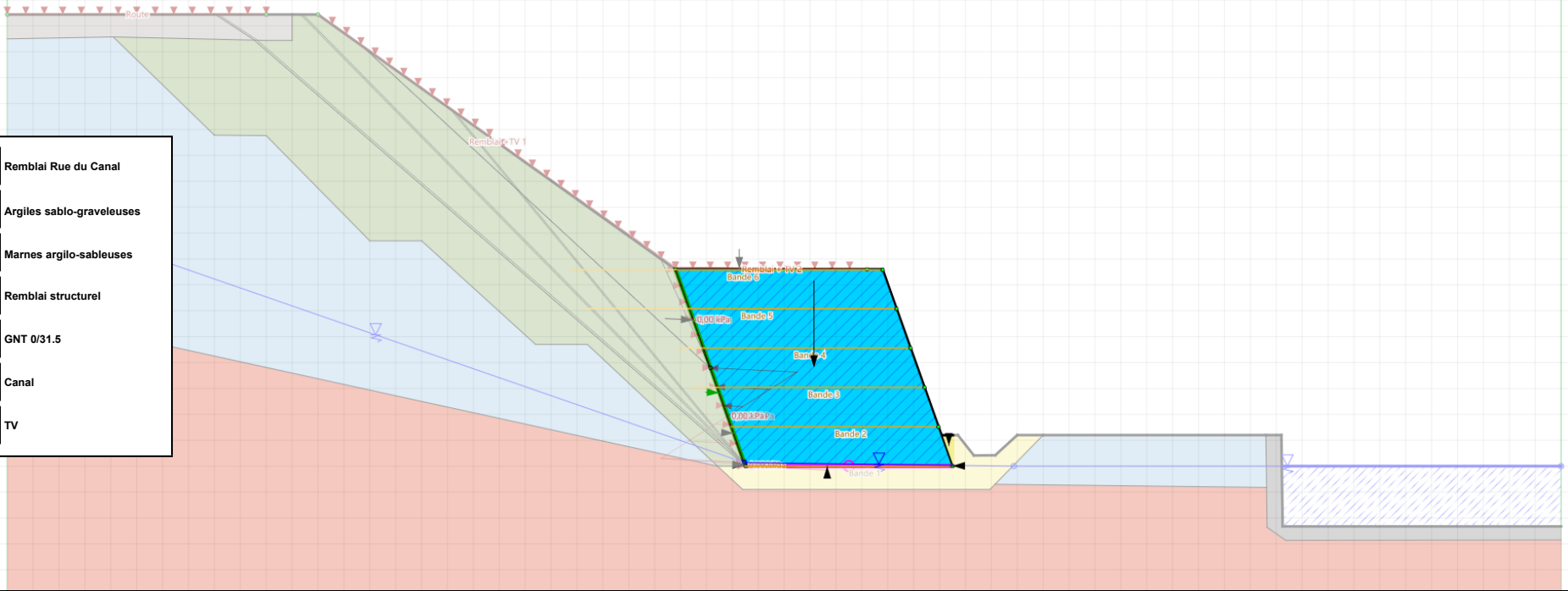
$\gamma_{R,h}$  : 1.1

$\gamma_{R,d,h}$  : 0.9

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_w$ (kN/m³)	19,00	18,00	19,00	19,00	19,00	25,00	16,00
$\phi$ (°)	28,00	27,00	29,00	36,00	36,00	45,00	36,00
c (kPa)	0,00	5,00	2,00	0,00	0,00	100,00	0,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Stabilité externe locale / Situation : Durable

1	Remblai Rue du Canal
2	Argiles sablo-graveleuses
3	Marnes argilo-sableuses
4	Remblai structurel
5	GNT 0/31.5
6	Canal
7	TV



# Données de la phase 3

Nom de la phase : Transitoire

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
11	10	11	Marnes argilo-sableuses	12	11	12	Marnes argilo-sableuses	27	9	26	Argiles sablo-graveleuses
29	24	25	Marnes argilo-sableuses	32	24	27	Marnes argilo-sableuses	45	25	35	Marnes argilo-sableuses
47	9	36	Argiles sablo-graveleuses	48	10	36	Marnes argilo-sableuses	49	36	35	Marnes argilo-sableuses
57	27	41	GNT 0/31.5	62	32	27	Marnes argilo-sableuses	64	41	7	GNT 0/31.5
67	9	42	Canal	69	42	43	Canal	70	43	45	Canal
71	13	27	Argiles sablo-graveleuses	72	26	46	Argiles sablo-graveleuses	73	35	46	Argiles sablo-graveleuses
74	7	46	GNT 0/31.5								

Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 10,11,12,xMax,xMin,32,27,24,25,35,36  
Polygone entre les points 11,10,36,9,42,43,45,12  
Polygone entre les points 27,32,13  
Polygone entre les points 26,9,36,35,46  
Polygone entre les points 25,24,27,41,7,46,35

**Conditions hydrauliques :** Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	220,000	0,00	2	13,694	215,000	0,00	3	14,206	214,500	0,00	4	19,000	214,500	0,00	5	19,432	215,000	0,00
6	30,000	215,000	0,00																



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre



# Données de la situation 1

Nom de la phase : Transitoire

Nom de la situation : Terrassement

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation :Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{tan\phi}$	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	$\Gamma_{cu}$	1,000
$\Gamma_Q$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
$\Gamma_{pl}$	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	$\Gamma_{buton}$	1,000	-	-

Détermination de  $\Gamma_{Rd}$  :Automatique

$\Gamma_{Rd}$  : 1.0

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0,400

Abscisse émergence limite aval : 11,200

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= 14,200; Y= 214,550

Écarter les surfaces de peau : Non

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.2.19

Imprimé le : 23 sept. 2025 13:37:33  
Calcul réalisé par : FONDASOL  
Projet : Canal de la Sarre

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_w$ (kN/m³)	19,00	18,00	19,00	19,00	19,00	25,00	16,00
$\phi$ (°)	28,00	27,00	29,00	36,00	36,00	45,00	36,00
c (kPa)	0,00	5,00	2,00	0,00	0,00	100,00	0,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Transitoire / Situation : Terrassement

1	Remblai Rue du Canal
2	Argiles sablo-graveleuses
3	Marnes argilo-sableuses
4	Remblai structurel
5	GNT 0/31.5
6	Canal
7	TV

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire  
 $\Gamma_{Rd} = 1,0000$  |  $F_{min} = 1,0377$  ( $F_{min} \geq \Gamma_{min} = 1,00$ )

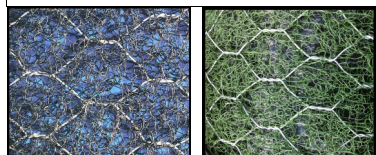
## **4. FICHES TECHNIQUES - MACCAFERRI – 5 PAGES**

### MACMAT® R GÉOMATELAS RENFORCÉS ACIER

Le Macmat® R est un géomatelas renforcé obtenu par l'association d'une géogrille tridimensionnelle à un grillage métallique double torsion. Le grillage métallique double torsion possède des caractéristiques mécaniques en conformité avec la norme NF EN 10223-3:2014. Le grillage acier est en revêtement Galmac™ (alliage 95 % zinc et 5 % aluminium) conforme à la norme NF EN 10244-2, **Classe A**. En option, le grillage peut être plastifié avec un revêtement polymère.

Les Macmat® sont certifiés **CE** en conformité avec le Règlement des Produits de la Construction UE 305/2011.

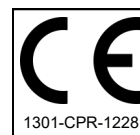
MACMAT®			R1 6822GN	R1 8127GN	R1 6822G0	R1 8127G0
GEOMATELAS						
Polymère			POLYPROPYLENE			
Masse surfacique <sup>(1)</sup>	EN ISO 9864	g/m²	450 ((±30)			
Point de fusion <sup>(2)</sup>	ISO 306	°C	150			
Densité <sup>(2)</sup>	ISO 1183	kg/m³	900			
Résistance aux UV			STABILISE			
RENFORCEMENT						
Nature	EN 10244-2 EN 10245-1		Grillage acier à maille hexagonale double torsion revêtu de Galmac		Grillage acier à maille hexagonale double torsion revêtu de Galmac et d'un revêtement polymère.	
Type de Maille	EN 10223-3		6x8	8x10	6x8	8x10
Diamètre du fil (int./ext.)	EN 10223-3	mm	2.2	2.7	2,2/3.2	2.7/3.7
Epaisseur nominale du revêtement polymère		mm	Non présent		0.5	0.5
PROPRIETES MECANQUES DU COMPOSITE						
Résistance à la traction SL (EN 10223-3)	EN 10223-3	kN/m	37	50	37	50
Résistance au poinçonnement (UNI 14437)	UNI 14437	kN	43	65	43	65
PROPRIETES PHYSIQUES DU COMPOSITE						
Masse surfacique (EN ISO 9864) <sup>(1)</sup>	EN ISO 9864	g/m²	1630 (±163)	2,000	1920 5(±192)	2,280
Indice de vide <sup>(1)</sup>		%	>90			
Epaisseur nominale (EN ISO 9863-1) <sup>(3)</sup>	EN ISO 9863-1	mm	16 (±4)			
Couleur du Géomat <sup>(4)</sup>			<b>NOIR</b> (RAL 9005 ) / <b>VERT</b> (RAL 6020) / <b>MARRON</b> (RAL 8012)			
Longueur du rouleau <sup>(5)</sup>		m	25			
Largeur du rouleau <sup>(6)</sup>		m	2			
PROPRIETES ANTI-EROSIVES DU COMPOSITE						
Pénétration de la lumière (passage)	ASTM D6567	%	35 - 45			
Couverture du sol	ASTM D6567	%	55 - 65			
Facteur C (facteur de gestion de la couverture) <sup>(7)</sup> : - intensité précipitations i = 50 mm/h - intensité précipitations i = 100 mm/h - intensité précipitations i = 150 mm/h	ASTM D6459		≤ 0.0028 ≤ 0.012 ≤ 0.032			
PROPRIETES ENVIRONNEMENTALES						
Contenu de SVHC <sup>(7)</sup>	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1			
Potentiel de réchauffement planétaire <sup>(7)</sup>		kg CO <sub>2</sub> -Eq.	≤ 1.35E+00			
Potentiel d'eutrophisation <sup>(7)</sup>		kg Phos-phate-Eq.	≤ 5.92E-04			
Potentiel d'acidification <sup>(7)</sup>		kg SO <sub>2</sub> -Eq.	≤ 4.31E-03			



- (1) Valeur nominale, lorsqu'aucune tolérance spécifique n'est indiquée, une norme de 10% est admissible ;
- (2) Valeur informative donnée au meilleur de nos connaissances ;
- (3) Valeur type, cependant l'épaisseur du géocomposite peut varier en fonction des exigences spécifiques du projet allant de 8 à 22 mm environ ;
- (4) D'autres RAL sont disponibles sur demande spécifique
- (5) Une tolérance standard de 5% est admise par rapport à la valeur déclarée ;
- (6) Une tolérance standard de 1% est admise par rapport à la valeur déclarée ;
- (7) Valeurs calculées certifiées par un CPESC (spécialiste certifié de l'érosion des sols et du contrôle des sédiments) sur la base des rapports de test à grande échelle 732 et 734 exécutés conformément à la norme ASTM D6459 - Méthode de test standard pour la détermination de la performance de la couverture de contrôle de l'érosion (ECB) dans la protection des talus contre l'érosion provoquée par les précipitations ;
- (8) Valeur reportée dans le certificat EPD S-P-01469 délivré conformément aux normes ISO 14125 et EN 15804 + A1 à Maccaferri en

Pour le processus d'optimisation et d'amélioration des caractéristiques techniques des produits, le producteur se réserve le droit de modifier les normes et caractéristiques du produit sans avertissement. Les informations contenues dans ce document sont, à notre connaissance, exactes, mais étant donné que les circonstances et les conditions dans lesquelles elles peuvent être utilisées sont hors de notre contrôle, nous déclinons toute responsabilité pour toute perte ou dommage, quelle qu'en soit la cause, qui résulte directement ou indirectement de l'utilisation de ces informations et nous n'offrons aucune garantie ou immunité contre la contrefaçon de brevet. Les prescripteurs sont priés de vérifier la validité de la spécification qu'ils utilisent.

ETA n. 16/0758



#### FRANCE MACCAFERRI S.A.S

8, rue Pierre Méchain – CS80008 26901 VALENCE Cedex 9 - FRANCE  
Tel : (+33) 04 75 86 19 99  
salesfr@maccaferri.com - www.maccaferri.com/fr



## PARAGRID® 50/5

## BANDES DE GÉOGRILLES SOUDÉES AVEC UN NOYAU POLYESTER DE HAUTE TÉNACITÉ

Les géogrilles ParaGrid® sont des structures planes bidirectionnelles résultant de la soudure de bandes géosynthétiques entre elles. Ces bandes sont composées de faisceaux de fibres polyester de haute ténacité enrobés d'une gaine en polyéthylène. Les géogrilles ParaGrid® sont certifiées CE (0038-CPR-5392) en application de renforcement selon la norme NF EN 13249:2016, NF EN 13250:2016, NF EN 13251:2016, NF EN 13253:2016, NF EN 13254:2016, NF EN 13255:2016, NF EN 13257:2016, NF EN 13265:2016, et certifiées BBA HAPAS (16/H249 Fiche produit 1) pour se conformer à la conception réalisée selon la norme BS 8006.

ParaGrid®			50/5	Note
Propriétés mécaniques				
Résistance Moyenne à la traction - SL	EN ISO 10319	kN/m	57	1
Tolérance		kN/m	- 7	1
Déformation nominale à T <sub>ch</sub> - SL		%	9.0	1
Résistance Moyenne à la traction - ST		kN/m	6	1
Tolérance		kN/m	- 1	1
Déformation nominale à T <sub>ch</sub> - ST		%	9.0	1
Propriétés physiques				
Polymère de la bande de renforcement			PET	
Revêtement polymère de la bande			PE	
Masse surfacique	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	244	2
Largeur de la bande - SL		mm	24	3
Largeur de la bande - ST		mm	24	3
Dimension des mailles trame / chaîne		mm	75 x 450	3
Ouverture des mailles trame / chaîne		mm	51 x 426	3
Largeur du rouleau		m	3.90	4
Longueur du rouleau		m	100	5
Poids du rouleau		kg	105	2
Propriétés environnementales, de durabilité et développement durable				
Teneur en SVHC	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1	6
Potentiel de réchauffement global (GWP)		kg CO <sub>2</sub> Eq.	≤ 6.16E-01	6
Potentiel d'acidification (AP)		mol H+ Eq.	≤ 1.43E-03	6
Potentiel d'eutrophisation eau douce (EP-fr)		kg P Eq.	≤ 1.63E-06	6
Potentiel d'eutrophisation marine (EP-mar)		kg N Eq.	≤ 4.54E-04	6
Potentiel d'eutrophisation terrestre (EP-ter)		mol N Eq.	≤ 4.92E-03	6
Durabilité	Annexe B - hEN	Durabilité de 120 ans dans un sol naturel avec un PH compris entre 4<PH<11 et T<30°		



- (1) Essais à court terme selon la norme EN ISO 10319:2015. Les valeurs données sont des valeurs de résistance nominale et des valeurs de tolérance correspondant à 95 % du niveau de confiance pour établir les caractéristiques de traction à court terme en accord avec la norme EN 13251:2016
- (2) Valeur nominale, lorsqu'aucune tolérance spécifique n'est indiquée, une tolérance de 10 % est admissible ;
- (3) Dimensions moyennes mesurées ;
- (4) Valeur nominale, lorsqu'aucune tolérance spécifique n'est indiquée, une tolérance de 1 % est admissible ;
- (5) Valeur standard ;
- (6) Valeur indiquée dans le certificat KIWA-EE- 000372-EN délivré conformément aux normes EN 15804+A2 2019 et ISO 14025 et à Maccaferri en référence à la famille de produits Paragrid® avec validité jusqu'en avril 2029. Les valeurs reportées sont sélectionnées parmi les 13 valeurs obligatoirement certifiées (EN 15804+A2:2019) et se réfèrent au stade A1-A3. Les informations environnementales non mentionnées ou sur les autres stades de la durée de vie du produit sont intégralement reportées dans le certificat EPD.

SL : Sens longitudinal  
ST : Sens transversal



**bimstore**  
Objet BIM des ParaGrid® disponible sur la bibliothèque bimstore.co



ParaGrid® est une marque déposée de Linear Composite Ltd.

Pour le processus d'optimisation et d'amélioration des caractéristiques techniques des produits, le producteur se réserve le droit de modifier les normes et caractéristiques du produit sans préavis. Les informations contenues dans ce document sont, à notre connaissance, exactes, mais étant donné que les circonstances et les conditions dans lesquelles elles peuvent être utilisées sont hors de notre contrôle, nous n'acceptons aucune responsabilité pour toute perte ou dommage, quelle qu'en soit la cause, qui résulte directement ou indirectement de l'utilisation de ces informations et nous n'offrons aucune garantie ou immunité contre la contrefaçon de brevet. Les prescripteurs sont priés de vérifier la validité de la spécification qu'ils utilisent.

## FRANCE MACCAFERRI S.A.S

8, rue Pierre Méchain – CS80008

26901 VALENCE Cedex 9 - FRANCE

Tel: (+33) 04 75 86 19 99

salesfr@maccaferri.com - www.maccaferri.com/fr



# MACMAT® L1 40.14

## GEOCOMPOSITE POUR LE CONTROLE DE L'EROSION

Le géocomposite MacMat® L1 40.14 est fabriqué par le thermoliage d'un géomatelas Macmat® (structure tridimensionnelle, de forme biconique, en filaments de polypropylène extrudés) et d'un géofilm protégé sur la face externe par un géotextile non tissé.

Le MacMat® L1 est utilisé pour protéger les surfaces ayant besoin d'une protection contre l'érosion et d'une étanchéité. Les applications usuelles sont des canaux de navigation à faible gabarit et les fossés de drainage pour l'irrigation.

	Norme	Unité	Valeur	Tolérance
<b>Géocomposite</b>				
Epaisseur à 2 kPa	EN 9863-1	mm	15.0	Valeur type
Epaisseur à 20 kPa	EN 9863-1	mm	-	-
Masse surfacique	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	920	+/-5%
Résistance à la traction SL & ST	EN ISO 10319	kN/m	10.0	+/- 1.5
<b>Géofilm laminé à un géotextile</b>				
Structure: géotextile non tissé laminé à un géofilm				
Matériau de base: Polyoléfine stabilisé aux UV				
Masse surfacique	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	380	Valeur type
Epaisseur à 2 kPa	EN ISO 9863-1	mm	-	-
Résistance au poinçonnement dynamique	EN ISO 13433	mm	15.0	Valeur type
Perméabilité à la vapeur d'eau	ASTM F372	g/m <sup>2</sup> jour	2.0	Valeur type
<b>Géomatelas de lutte contre l'érosion</b>				
Structure: géomatelas tridimensionnel de forme biconique en monofilaments extrudés				
Matériau de base : Polypropylène stabilisé aux UV par noir de carbone				
Masse surfacique	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	550	+/-10%



MD : Sens longitudinal  
CMD : Sens transversal

Maccaferri se réserve le droit de modifier ou de faire évoluer les caractéristiques techniques des produits sans communication préalable. Toutes ces informations sont données sur la base de notre expérience et n'entraîneront d'aucune manière la responsabilité du fabricant et des ses distributeurs en cas d'usage erroné.

Engineering a Better Solution



FRANCE MACCAFERRI S.A.S

8, rue Pierre Méchain – CS80008  
26901 VALENCE Cedex 9 - FRANCE  
Tel: (33) 04 75 86 19 99  
Fax: (33) 04 75 86 09 19  
[salesfr@maccaferri.com](mailto:salesfr@maccaferri.com) - [www.maccaferri.com/fr](http://www.maccaferri.com/fr)





# TERRAMESH® VERT

## POLIMAC®

Le **Terramesh® Vert** est un système modulaire préassemblé utilisé pour construire des structures de sol renforcé avec un parement végétal incliné, conçu pour se fondre dans l'environnement naturel.

Les unités sont fabriquées à partir d'une nappe continue en grillage double torsion à mailles hexagonales type 8x10, revêtu de PoliMac®.

Elles sont produites conformément au CPR-Règlement des produits de la construction 305/2011 et à la norme NF EN 10223-3.



PERFORMANCES TERRAMESH® VERT			TerraMesh® Vert "Light"	TerraMesh® Vert
Propriétés physiques	Norme	Unité		
Diamètre du fil d'acier (int. / ext.)	NF EN 10218-2	mm	2.20 / 3.20	2.70 / 3.70
Diamètre du fil de bordure (int. / ext.)	NF EN 10218-2	mm	2.70 / 3.70	3.40 / 4.40
Revêtement Galmac	NF EN 10244-2	Classe	Classe A	
Performances mécaniques				
Résistance nominale à la traction du grillage	EN 10223-3	kN/m	40 ± 5	55 ± 5
Résistance au poinçonnement du grillage	ISO 17746	kN	41 ± 5	70 ± 5
Performances de conception				
Résistance à la traction de calcul du grillage (LTDS) <sup>(1)</sup>	BS 8006-1	kN/m	32.1	45.8
Coefficient d'interaction $c_{gi\phi}$ <sup>(2)</sup>	EN 13738	-	Limon 0.3 Sable fin 0.5 Sable grossier 0.65 Granulaire fin 0.9	
Coefficient de cisaillement direct <sup>(3)</sup>	EN ISO 12957-1	-	> 0.9	
Coefficient de frottement d'interface avec des géogrilles <sup>(4)</sup>	EN 13738	-	0.54 - 0.65	
Performances de durabilité				
Durée de service du revêtement polymère à 25 °C	UL 746B EN 60216-8	Années	> 125	
Résistance à la corrosion au SO <sub>2</sub>	ISO 6988	Cycles	> 28	
Brouillard salin (5% DBR)	ISO 9227	Heures	> 20,000	
Résistance UV (@ 2,500 heures) <sup>(5)</sup>	ISO 4892-3	%	< 25	
Résistance à l'abrasion en conditions sèches	ASTM A975	Cycles	> 300	> 400
Résistance à l'abrasion en conditions humides	ISO 22182	Perte de poids	< 3 %	
Température de fragilité	ASTM D746	°C	< -35	
Propagation de la corrosion (@ 2,500 heures)	ASTM A975	-	Longueur de corrosion inférieure à une ouverture de maille	



Téléchargez le certificat EPD ici :  
[maccaferri.com/fr/EPD](https://maccaferri.com/fr/EPD)




Téléchargez gratuitement la maquette numérique sur bimstore ou sur  
[maccaferri.com/BIM](https://maccaferri.com/BIM)



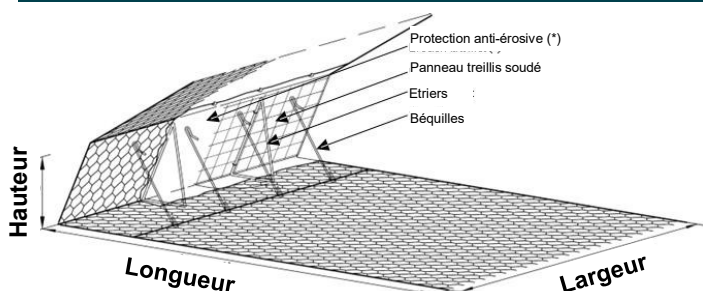
ETA n. 16/0767



1301-CPR-1230

Propriétés environnementales et de durabilité 	Norme	Unité	
Potentiel de réchauffement global (GWP <sub>100 ans</sub> )	EN 15804	kgCO <sub>2</sub> equiv / kg produit	< 2.00
Test de lixiviation	EPA 6020B	µg / L	Inférieur aux limites fixées par la Réglementation <sup>(6)</sup>
Test de présence de PFAS dans l'eau <sup>(7)</sup>	EPA 537.1	ng / L	Non détecté
Toxicité des fumées	ISO 5659-2 EN 17084	-	Taux de toxicité CIT <sub>6</sub> (8) < 0.10
Innocuité pour l'environnement	M GEOK E:2016		Non critique pour l'environnement

## TerraMesh® Green



(\*) Pour retenir les matériaux fins, les unités de Terramesh® Vert de type "Water" utilisent un géomatelas tridimensionnel en polypropylène, les unités de Terramesh® Vert de type "Soil" utilise un géotextile tissé en polyester ou en fibre de verre.

### Dimensions standard Terramesh® Vert light

Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m) / Angle du parement
2,5	3	0.76 / 70° 0.73 / 65° 0.70 / 60° 0.57 / 45°

Dimensions et tailles nominales. Des tolérances de  $\pm 5\%$  seront tolérées. D'autres dimensions peuvent être étudiées sur demande spécifique

### Accessoires <sup>(\*)</sup>:

Agrafes en acier inoxydable :

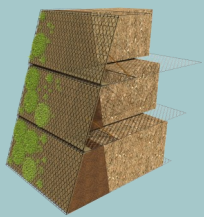
- Diamètre: 3.00 mm
- Résistance à la traction > 1,550 Mpa
- Résistance à l'ouverture > 2.0 kN
- Espacement maximal: 200 mm

(\*) les accessoires NE SONT PAS inclus sauf si spécifiquement mentionné dans l'offre de prix. Pour des détails additionnels, voir le manuel de mise en oeuvre

## DESIGN THE CHANGE



Conçue pour se fondre dans l'environnement naturel, la gamme TerraMesh® est soumise à des campagnes d'essais rigoureuses et continues afin de répondre aux exigences de performance et d'environnement des projets de génie civil d'aujourd'hui.



Les **connexions testées** entre les unités Terramesh® formant le parement et les renforts primaires de la géogrille Maccaferri ont fourni le facteur de frottement d'interface pertinent à utiliser dans la conception des **structures Paramesh**.



## TerraMesh Green

- (1) Résistance de calcul valable pour les sols sableux avec un  $d_{90} < 2\text{mm}$  ; pour les graves sableuses ( $< 9.5\text{mm}$ ) la valeur LTDS doit être divisée pour un  $f_m = 1.05$  ; pour les graviers grossiers ( $< 38\text{mm}$ ) la valeur LTDS doit être divisée pour un  $f_m = 1.15$ .
- (2) Facteur  $C_{gip}$  selon NFP 94-270 ou  $k_{p0}$  selon EN 1997-3:2025 Eurocode 7 - Calculs géotechniques. - Partie 3: Structures géotechniques
- (3) Facteur  $f_{ds}$  selon EN 1997-3:2025 Eurocode 7 - Calculs géotechniques. - Partie 3: Structures géotechniques
- (4) La valeur du coefficient de frottement d'interface varie selon la géogrille utilisées. Les valeurs données sont basées sur des essais réalisés au laboratoire KIWA (Greven, Allemagne -2024) entre un grillage double torsion du Terramesh® en combinaison avec une géogrille de renfort Maccaferri, tous les deux enfouis dans un sol compacté ;
- (5) La résistance à la traction / l'allongement à la rupture du composé de base après 2 500 heures d'exposition aux rayons QUV-A ne change pas de plus de 25 % par rapport aux résultats du test initial..
- (6) Préparation du test conformément à la norme EPA 1312 ; La présence ou non de 31 métaux différents a été analysée dans le lixiviat. Réglementations : a) Directive-cadre sur l'eau 2000/60/CE ; b) Recommandations pour la qualité de l'eau en vue de la protection de la vie aquatique, eau douce, du CCME ; c) Critères nationaux de qualité de l'eau recommandés par l'EPA des États-Unis (vie aquatique, eau douce), 2006.
- (7) La présence ou non de 28 différents PFAS a été analysée. Le PFOS et le PFOA n'ont pas été détectés à  $< 2\text{ ng/L}$ , tandis que les autres PFAS et leurs dérivés n'ont pas non plus été détectés entre  $< 2\text{ ng/L}$  et  $< 4\text{ ng/L}$ .

### FRANCE MACCAFERRI S.A.S

8, rue Pierre Méchain – CS80008  
26901 VALENCE Cedex 9 - FRANCE  
Tel: (+33) 04 75 86 19 99

salesfr@maccaferri.com - www.maccaferri.com/fr





[www.groupefondasol.com](http://www.groupefondasol.com)