

## Fiabilisation des digues communales de Nevers en rive droite

### Remblais de l'autoroute A77

### Étude de diagnostic géotechnique (G5)

Dossier RDI2.I.048  
Pièce 4

Février 2019



Agence de Dijon • 24 rue René Char 21000 Dijon  
Tél. 33 (0) 3 80 78 76 60 • Fax 33 (0) 3 80 78 76 61 • [cebtp.dijon@groupeginger.com](mailto:cebtp.dijon@groupeginger.com)

**Communauté d'Agglomération de Nevers**

**Fiabilisation des digues communales de Nevers en rive droite**

**Remblais de l'autoroute A77**

**RAPPORT – Étude de diagnostic géotechnique (G5)**

Dossier : RDI2.I.048

Contrat : RDI2.I.0128

Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
A	22/02/2019	A. LETESSIER		JF. DREUX		46 pages	

*A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.*

## SOMMAIRE

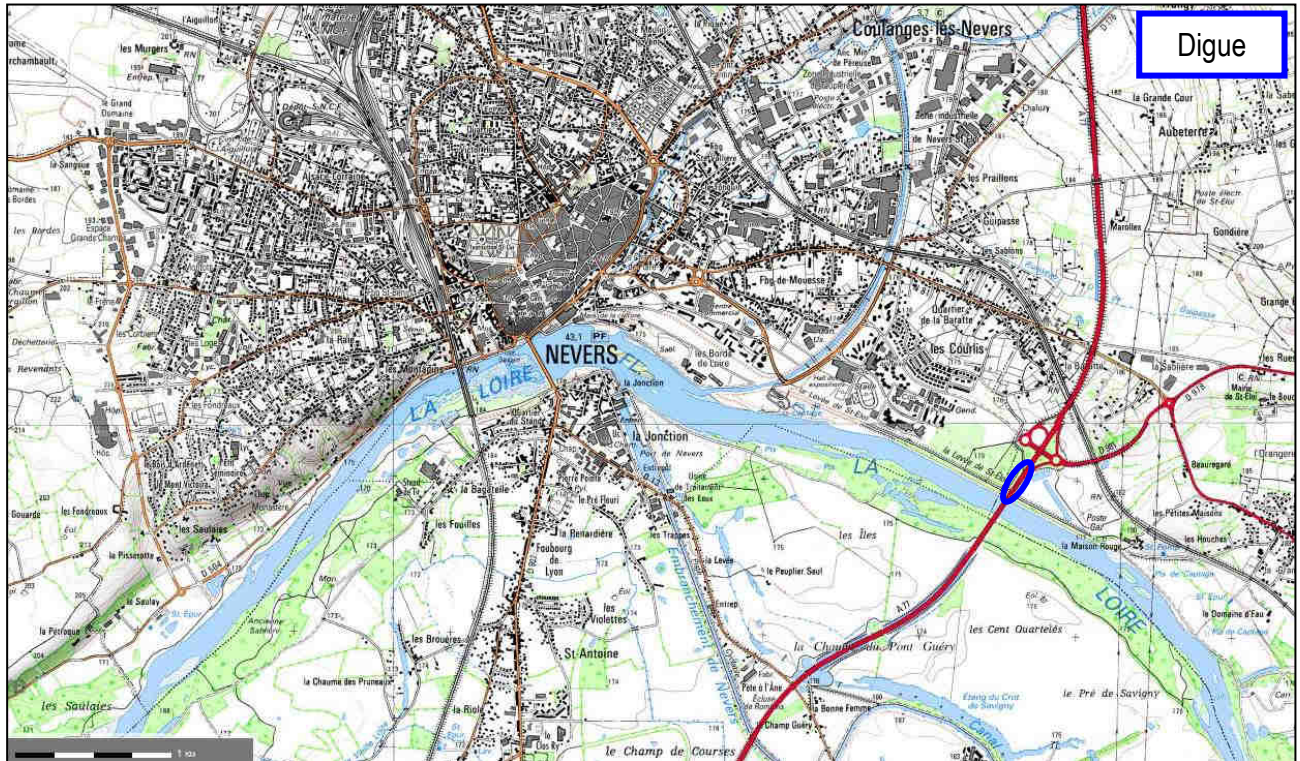
<b>1. PLANS DE SITUATION .....</b>	<b>5</b>
1.1 Extrait de carte IGN.....	5
1.2 Image aérienne.....	5
<b>2. CONTEXTE DE L'ETUDE .....</b>	<b>6</b>
2.1 Données générales .....	6
2.2 Documents communiqués.....	6
2.3 Mission GINGER CEBTP .....	7
<b>3. DESCRIPTION DU SITE ET DE L'OUVRAGE.....</b>	<b>8</b>
3.1 Contexte géologique et hydrogéologique.....	8
3.2 Contexte sismique.....	8
3.3 Risques naturels .....	8
3.3.1 <i>Liquéfaction des sols sous séisme</i> .....	8
3.3.2 <i>Inondabilité</i> .....	9
3.3.3 <i>Mouvements de terrain</i> .....	9
3.3.4 <i>Cavités</i> .....	9
3.3.5 <i>Potentiel de sensibilité aux phénomènes de retrait et gonflement</i> .....	10
3.4 Description de la digue .....	10
<b>4. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES .....</b>	<b>13</b>
4.1 Préambule .....	13
4.2 Implantation.....	13
4.3 Sondages et essais géotechniques in situ .....	13
4.3.1 <i>Investigations in situ</i> .....	13
4.3.2 <i>Essais de perméabilité in situ</i> .....	14
4.4 Essais en laboratoire.....	14
<b>5. SYNTHESE DES INVESTIGATIONS .....</b>	<b>15</b>
5.1 Analyse et synthèse géologique .....	15
5.2 Caractéristiques physiques des sols.....	16
5.3 Perméabilité in situ .....	17
5.4 Risques résiduels .....	17

<b>6. TABLEAUX RECAPITULATIFS.....</b>	<b>19</b>
6.1 Corps de digue.....	19
6.2 Sol d'assise alluvionnaire.....	19
<b>7. OBSERVATIONS MAJEURES .....</b>	<b>20</b>

ANNEXE 1 :	Notes générales sur les missions géotechniques
ANNEXE 2 :	Plan d'implantation des sondages
ANNEXE 3 :	Sondages carottés
ANNEXE 4 :	Essais d'infiltration
ANNEXE 5 :	Essais en laboratoire
ANNEXE 6 :	Rebouchage des empreintes de foarge

## 1. PLANS DE SITUATION

### 1.1 Extrait de carte IGN



Source : [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr)

### 1.2 Image aérienne



Source : [www.maps.google.fr](http://www.maps.google.fr)

## 2. CONTEXTE DE L'ETUDE

### 2.1 Données générales

Nom de l'opération :	Fiabilisation des digues communales de Nevers en rive droite
Commune :	Saint Eloi
Code postal :	58 000
Localisation :	Remblais de l'autoroute A77
Client :	Communauté d'Agglomération de Nevers
Maître d'ouvrage :	Communauté d'Agglomération de Nevers
Maître d'œuvre :	BRL Ingénierie

### 2.2 Documents communiqués

Les documents qui nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

Document	Échelle	Origine / Référence	Indice	Date
Plan de situation	1/5000	BRL ingénierie Plan des digues	-	-
Plan des profils	1/7500	BRL ingénierie Localisation des profils Cardigue	-	11/2016
Profils en travers	-	BRL ingénierie Profils Cardigue avec cotes des crues	-	-
Etude de danger	-	BRL ingénierie Etude élémentaire 4 : Hydraulique	V2	10/05/2016
Etude de danger	-	BRL ingénierie Etude élémentaire 5 : Géotechnique	V1	02/2016
Etude de danger	-	BRL ingénierie Etude élémentaire 7 : Hydraulique	V2	10/05/2016
Etude géotechnique	-	Géotec Rapport G5 – 99/2713/D	-	26/09/2000
Etude géotechnique	-	Alios ingénierie Rapport G2 AVP – ADI164062	B	21/09/2016
Prospection géophysique	-	EDG Mesures géophysiques - 99-08.162/58	-	06/2000
Prospection géophysique	-	GINGER CEBTP Mesures électromagnétiques - RCF6.F.088	0	30/11/2015
Prospection géophysique	-	GINGER CEBTP Panneaux de résistivité - RCF6.F.088	0	18/02/2016

## 2.3 Mission GINGER CEBTP

La mission de GINGER CEBTP est conforme au contrat n° RDI2.I.0128.

Il s'agit d'une **mission de diagnostic géotechnique et géophysique (G5)** selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique dont les objectifs sont les suivants.

- Réaliser le programme d'investigations géotechnique spécifique défini par BRL Ingénierie, en assurer le suivi technique et en exploiter les résultats,
- Synthétiser les résultats afin de donner les caractéristiques mécaniques des sols par couche sur chaque tronçon homogène et ce, afin de :
  - caractériser le contexte géotechnique,
  - caractériser l'étanchéité de la digue et de sa fondation,
  - caractériser les matériaux en vue de calculs de stabilité.

### Remarques :

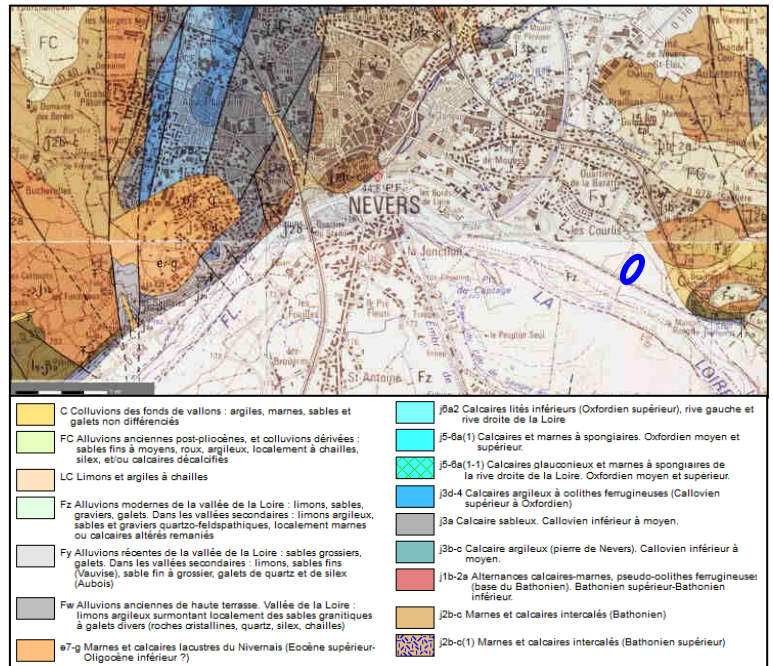
- Cette mission vient préciser l'influence des éléments géotechniques diagnostiqués sur les risques géotechniques identifiés et leurs conséquences sur le projet ou l'ouvrage existant, mais ne comprend pas un diagnostic sur la globalité du projet ou une étude de l'état général de l'ouvrage existant,
- La définition des niveaux d'eau caractéristiques (EB, EH, PHE) n'est pas incluse dans la présente étude,
- Les calculs de stabilité de l'ouvrage ne sont pas compris dans la présente étude.

### 3. DESCRIPTION DU SITE ET DE L'OUVRAGE

#### 3.1 Contexte géologique et hydrogéologique

D'après les renseignements fournis par la carte géologique de Nevers au 1/50 000 et notre expérience locale, nous devrions rencontrer successivement :

- La structure de voiries de l'autoroute,
- Le corps de digue (aucune donnée disponible),
- Des alluvions à dominante argilo-sableuses et plus ou moins graveleuses liées à la Loire,
- Un substratum marneux ou calcaire du Bathonien.



D'un point de vue hydrogéologique, les formations alluvionnaires sont réputées être le siège d'un aquifère lié à la Loire. Le toit de l'aquifère fluctue avec le niveau du fleuve.

Par ailleurs des circulations erratiques ne sont pas exclues au sein des superficielles en période de nappe basse.

Source : [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

#### 3.2 Contexte sismique

Depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011, le nouveau zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) est désormais applicable.

Le site étudié est classé en zone de sismicité 1 (très faible).

#### 3.3 Risques naturels

##### 3.3.1 Liquéfaction des sols sous séisme

Le site étant classé en zone sismique 1 (très faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise d'après l'EUROCODE 8.



### 3.3.2 Inondabilité

Il est à noter que la commune a fait l'objet de 2 arrêtés de catastrophe naturelle « inondation et coulée de boue » (cf. tableau ci-dessous) et que plusieurs évènements ont été répertoriés (ces données ne sont pas cartographiées et il sera du ressort du Maître d'Ouvrage de s'assurer de l'absence de tels phénomènes au niveau du site).

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

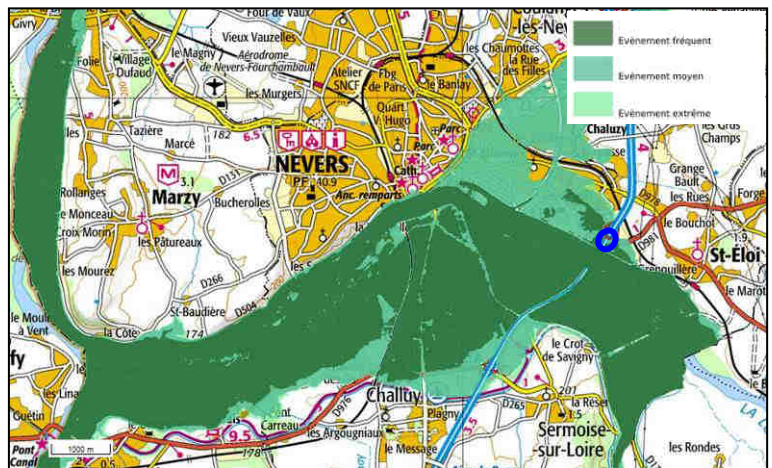
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
58PREF19990250	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
58PREF20030031	05/12/2003	08/12/2003	19/12/2003	20/12/2003

Source : [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)

Après consultation du site du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire sur les risques majeurs ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr) – cf. extrait ci-contre), et de la carte du territoire à Risque d'Inondation (TRI) approuvé en 2012, le site serait soumis des inondations pour des « évènements moyens ».



Source : [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)

Par ailleurs des informations précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (PLU) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

### 3.3.3 Mouvements de terrain

Après consultation du site du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire sur les risques majeurs ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)), il apparaît qu'il n'y a aucun mouvement de terrain répertorié dans un rayon de 500 m autour du projet.

### 3.3.4 Cavités

Après consultation du site du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire sur les risques majeurs ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)), il apparaît qu'il n'y a aucune cavité naturelle répertoriée dans un rayon de 500 m autour du projet.

### 3.3.5 Potentiel de sensibilité aux phénomènes de retrait et gonflement

Il est à noter que la commune a fait l'objet de 1 arrêté de catastrophe naturelle « mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols » (cf. tableau ci-dessous) :

Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
58PREF20130142	01/04/2011	30/06/2011	27/07/2012	02/08/2012

Source : [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)

Après consultation du site du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire sur les risques majeurs ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr) – cf. extrait ci-contre), il apparaît que le terrain est situé en aléa faible.



Source : [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)

### 3.4 Description de la digue

La digue étudiée est constituée par le remblai de rehausse de l'autoroute A77.

Elle se situe en rive droite de la Loire sur le territoire communal de Saint Eloi (58). Elle est perpendiculaire au lit de la Loire et à la levée de Saint Eloi qu'elle recoupe au niveau du PK 750. Cette digue n'est donc pas en contact avec le lit vif de la Loire.

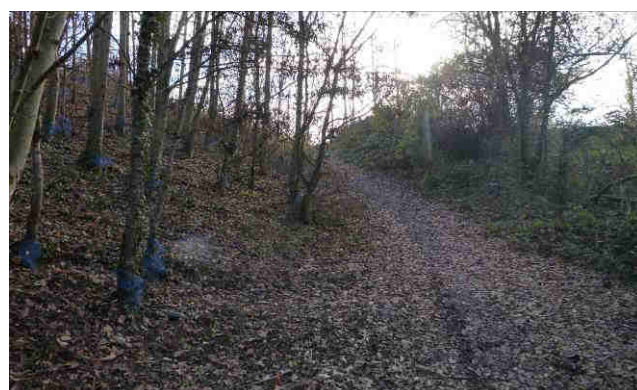
Vues de l'autoroute A77 (côtés Est et Ouest ) depuis l'extrémité du pont Bérégovoy, avec la levée de Saint Eloi visible en pied :



Les talus sont végétalisés, avec des broussailles et petits arbres (jeunes bouleaux plantés de façon régulière) :



La hauteur de cette digue est d'une dizaine de mètres, avec un chemin en pied côté Ouest :



La crête de cette digue est occupée par les voies de l'autoroute A77, route à 2 x 2 voies délimitées par un terre plein central. Les accotements sont constitués par une bande d'arrêt d'urgence puis, au-delà des glissières, un accotement herbeux :



On note la présence de réseaux dans l'accotement herbeux Ouest (télécom) et d'une traversée de gaz :



## 4. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

### 4.1 Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par BRL Ingénierie en accord avec la Communauté d'agglomération de Nevers.

Toutes les investigations in-situ prévues ont pu être réalisées du 07 au 10 janvier 2019.  
 Les essais mécaniques en laboratoire prévus ont pu être réalisés du 21 janvier au 11 février 2019.

### 4.2 Implantation

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2.

Elle a été définie et réalisée par BRL ingénierie en accord avec la Communauté d'agglomération de Nevers puis réalisée conjointement par GINGER CEBTP et la DIR Centre Est en fonction de la configuration du site (gestion de la circulation atoutoutière et notamment de la visibilité avec la présence de bretelles d'entrée et de sortie) et de la localisation des réseaux.

A noter que le positionnement des sondages sur le plan d'implantation reste approximatif en l'absence de relevé géométrique (X/Y/Z) et de plan topographique géoréférencé.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain actuel (TA) au moment des investigations.

### 4.3 Sondages et essais géotechniques in situ

#### 4.3.1 Investigations in situ

Pour la présente étude, les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Dénomination	Profondeur
Sondage carotté Ø 114 mm	2	SC25 SC26	15.0 m/TA 15.0 m/TA

La profondeur des sondages est conforme à celle définie au contrat.

Les coupes des sondages sont présentées en annexe 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- Sondages carottés :
  - coupe détaillée des sols
  - outil de forage et tubage

- niveau d'eau en fin de forage
- photos des carottes mises dans des caisses en bois ou prélevés sous gaine

#### 4.3.2 Essais de perméabilité in situ

Pour la présente étude, les essais suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité in situ	Sondage de référence	Profondeur de l'essai
Essai d'injection à charge variable dit « Nasberg » selon la norme NF ISO 22282-2	SC25	1.0 – 2.0 m/TA 3.0 – 3.5 m/TA 6.0 – 7.0 m/TA
	SC26	0.5 – 1.5 m/TA 3.3 – 3.9 m/TA 6.0 – 7.0 m/TA

Les résultats de ces essais sont présentés en annexe 4, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- Essais d'infiltration :
  - nature des sols
  - infiltration mesurée
  - perméabilité des sols

#### 4.4 Essais en laboratoire

Pour la présente étude, les essais suivants ont été réalisés :

Caractéristiques mécaniques	Sondage de référence	Profondeur de l'essai
Cisaillement direct Consolidé Drainé (CD) lent à la boîte de Casagrande selon la norme NF P 94-071-1	SC25	3.4 – 3.6 m/TA
	SC26	1.5 – 2.0 m/TA 3.5 – 4.0 m/TA 5.7 – 5.9 m/TA

Les résultats de ces essais sont présentés en annexe 5, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- Essais en laboratoire :
  - notations relatives aux essais en laboratoire
  - résultats des essais décrits ci-avant

*Nota : les prélèvements d'échantillons sont la propriété du client. Ils seront conservés pendant un mois à compter de l'envoi du rapport. S'il le souhaite, le client pourra donc soit récupérer ses prélèvements, soit demander à ce qu'ils soient conservés. A défaut de demande expresse, les prélèvements seront mis au rebus.*

## 5. SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS

### 5.1 Analyse et synthèse géologique

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de reconnaître les formations suivantes :

► **Formation 0.R : Structure de chaussée avec revêtement bitumineux**

Les remblais sont principalement des matériaux d'apport graveleux (concassés) avec une matrice sableuse et argileuse plus ou moins abondante, et localement des morceaux d'enrobé bitumineux dans la matrice

► **Formations 1 : Sols à dominante argileuse**

- Horizon 1a : Argile marron contenant de petits blocs calcaires
- Horizon 1b : Argile graveleuse marron-ocre

► **Formations 2 : Sols à dominante sableuse et graveleuse**

- Horizon 2a : Sables grossiers et graviers marron
- Horizon 2b : Sables et graviers limoneux bruns  
A noter que cet horizon renferme des passages argilo-sableux de 20 à 50 cm
- Horizon 2c : Sables et graviers argileux à très argileux bruns  
A noter qu'un passage argilo-sableux de 30 cm a été observé au sein de cet horizon  
Cet horizon renferme également localement des racines et radicules (observés jusqu'à la fin du sondage).

Le tableau ci-dessous donne la lithologie rencontrée au droit de chaque sondage (profondeur par rapport au terrain à la date des investigations) :

Sondage	SC25	SC26
Implantation	Crête – BAU côté Est	Crête – BAU côté Ouest
0.R – Structure de chaussée	0.0 – 1.9 m/TA	0.0 – 3.9 m/TA
1a - Argile à petits blocs calcaires	1.9 – 3.0 m/TA	-
2a – Sables grossiers et graviers	3.0 – 5.7 m/TA	
1b – Argile graveleuse	-	3.9 – 6.9 m/TA
2b – Sables et graviers limoneux avec des passages d'argile sableuse	5.7 – 15.0* m/TA	-
2c – Sables et graviers +/- argileux	-	6.9 – 15.0* m/TA

\* Arrêt du sondage

- Formation absente ou non reconnue

Remarques :

- A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment de chacune des reconnaissances ;
- Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet ; de ce fait, les caractéristiques indiquées ont un caractère représentatif mais non absolu ;
- Il ne nous a été communiqué aucun élément concernant la constitution de la digue : l'épaisseur et la nature des remblais peut fortement varier ;
- Les différentes formations rencontrées, de par leur nature, peuvent présenter d'importantes variations verticales et horizontales de faciès ; de même, la profondeur du toit du substratum peut fluctuer.

## 5.2 Caractéristiques physiques des sols

Les procès verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe, les résultats étant synthétisés dans le tableau ci-après :

Sondage	Formation	Profondeur	Teneur en eau W	Essai de cisaillement		
				Densité	Cohésion	Angle de frottement
				$\gamma_d$	$c'$	$\phi'$
SC25	2a – Sables grossiers et graviers	3.4 – 3.6 m/TA	11.7 %	1.61 t/m <sup>3</sup>	0 kPa	36 °
SC26	0.R – Structure de chaussée graveleuse	1.5 – 2.0 m/TA	17.7 %	1.71 t/m <sup>3</sup>	1 kPa	27 °
SC26	0.R – Structure de chaussée graveleuse	3.5 – 4.0 m/TA	23.5 %	1.54 t/m <sup>3</sup>	2 kPa	27 °
SC26	1b – Argile graveleuse	5.7 – 5.9 m/TA	25.0 %	1.49 t/m <sup>3</sup>	9 kPa	25 °

Comme le montrent les résultats des essais :

- La structure de chaussée (formation 0.R) est frottante et presque pas cohérente (cohésion de 1 à 2 kPa) et présente des caractéristiques mécaniques faibles,
- Les sols de la formation 1 sont cohérents mais avec des caractéristiques mécaniques faibles,
- Les sols de la formation 2 sont purement frottants.



### 5.3 Perméabilité in situ

Afin d'estimer la perméabilité des terrains, des essais de perméabilité de type Nasberg ont été réalisés. Les résultats de ces essais de perméabilité sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Formation	Sondage	Profondeur	Coefficient de perméabilité
			K
0.R – Structure de chaussée	SC25	1.0 – 2.0 m/TA	2 à 4 . 10 <sup>-6</sup> m/s
2a – Sables grossiers et graviers	SC25	3.0 – 3.5 m/TA	1 . 10 <sup>-6</sup> m/s
2b – Sables et graviers limoneux	SC25	6.0 – 7.0 m/TA	2 à 3 . 10 <sup>-7</sup> m/s
0.R – Structure de chaussée	SC26	0.5 – 1.5 m/TA	5 à 7 . 10 <sup>-7</sup> m/s
0.R – Structure de chaussée	SC26	3.3 – 3.9 m/TA	1 . 10 <sup>-6</sup> m/s
1b – Argile graveleuse	SC26	6.0 – 7.0 m/TA	1 . 10 <sup>-7</sup> m/s

Remarques importantes :

- Les essais de type Nasberg ont tendance à sous-estimer la perméabilité des sols lorsque leur coefficient de perméabilité « k » est inférieur à 10<sup>-3</sup> m/s en raison d'un colmatage inéluctable de la cavité par l'injection d'eau ;
- Nous rappelons qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité sur une surface très limitée par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues.

### 5.4 Risques résiduels

Les risques géotechniques résiduels sont en relation entre autres avec les paramètres suivants.

- **La géologie**
  - à la présence en surface d'une couche de terre végétale (accotement et talus),
  - à la présence locale en surface d'un revêtement bitumineux (voirie),
  - à la présence de remblais de nature et épaisseur variables (structure de chaussée, remblais de la digue, ...), avec ici un manque d'information à ce sujet,
  - aux variations latérales et verticales de faciès des différentes couches rencontrées (sables et graviers plus ou moins argileux/limoneux et passages argileux),
  - à l'instabilité des parois des fouilles dans un contexte frottant, en particulier à la traversée des remblais.
- **La nature des matériaux**
  - à la sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution des fouilles dans les formations rencontrées,
  - à la sensibilité des terrains argileux et limoneux aux variations hydriques,

- à la présence de matière organique évolutive (racines et radicelles).
- **L'hydrogéologie**
  - à la présence probable de circulations d'eau, voire de stagnations, notamment au niveau des remblais et des passages plus perméables par infiltration du ruissellement superficiel,
  - à la présence d'une nappe liée à la Loire.
- **L'environnement**
  - à la présence d'ouvrages existants (autoroute, culées et murs en retour du pont Bérégovoy),
  - à la présence de réseaux enterrés,
  - à la présence de végétation, à laquelle est associée la présence de racines.

## 6. TABLEAUX RECAPITULATIFS

### 6.1 Corps de digue

Sondage	Localisation	Caractéristiques du corps de digue						
		Lithologie	Profondeur de la base	Epaisseur	Densité $\gamma_h$	Perméabilité	Cohésion $C'$	Angle de frottement $\phi'$
SC25	Crête – BAU côté Est	0.R – Structure de chaussée	1.9 m/TA	1.9 m	19** kN/m <sup>3</sup>	2 à 4 . 10 <sup>-6</sup> m/s	1 kPa	27 °
		1a - Argile à petits blocs calcaires	3.0 m/TA	1.1 m	18** kN/m <sup>3</sup>	1 . 10 <sup>-7</sup> ** m/s	5** kPa	25** °
		2a – Sables grossiers et graviers	5.7 m/TA	2.7 m	18 kN/m <sup>3</sup>	1 . 10 <sup>-6</sup> m/s	0 kPa	36 °
		2b – Sables et graviers limoneux avec des passages d'argile sableuse	10.0* m/TA	4.3* m	20** kN/m <sup>3</sup>	2 à 3 . 10 <sup>-7</sup> m/s	0** kPa	35** °
SC26	Crête – BAU côté Ouest	0.R – Structure de chaussée	3.9 m/TA	3.9 m	19 kN/m <sup>3</sup>	2 . 10 <sup>-6</sup> m/s	1 kPa	27 °
		1b – Argile graveleuse	6.9 m/TA	3.0 m	18 kN/m <sup>3</sup>	1 . 10 <sup>-7</sup> m/s	9 kPa	25 °
		2c – Sables et graviers +/- argileux	10.0* m/TA	3.1* m	20** kN/m <sup>3</sup>	1 . 10 <sup>-7</sup> ** m/s	0** kPa	35** °

\* valeur estimée d'après la topographie du site

\*\* valeur extrapolée à partir des essais réalisés à proximité sur des terrains a priori de mêmes caractéristiques

### 6.2 Sol d'assise alluvionnaire

Sondage	Localisation	Caractéristiques du sol d'assise alluvionnaire						
		Lithologie	Profondeur de la base	Epaisseur	Densité $\gamma_h$	Perméabilité	Cohésion $C'$	Angle de frottement $\phi'$
SC25	Crête – BAU côté Est	2b – Sables et graviers limoneux avec des passages d'argile sableuse	≥ 15.0 m/TA	5.0* m	20** kN/m <sup>3</sup>	2 à 3 . 10 <sup>-7</sup> m/s	2** kPa	35** °
SC26	Crête – BAU côté Ouest	2c – Sables et graviers +/- argileux	≥ 15.0 m/TA	5.0* m	20** kN/m <sup>3</sup>	1 . 10 <sup>-7</sup> ** m/s	2** kPa	35** °

\* valeur estimée d'après la topographie du site

\*\* valeur extrapolée à partir des essais réalisés à proximité sur des terrains a priori de mêmes caractéristiques

## 7. OBSERVATIONS MAJEURES

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'un diagnostic (G5) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de projet (G2 PRO) doit être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) en cas de travaux pour :

- Permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- Vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché.

## ***ANNEXE 1 : NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES***

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique  
Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

## Tableau 1 - Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013 - page 15)

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

## Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013 - pages 16 et 17)

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

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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'avoisnants avec visite du site et des alentours.

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

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

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants

identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

#### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), 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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

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

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

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

### **ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**

#### **ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Étude

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

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

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

##### Phase Suivi

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

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

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### **SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

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

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

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

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

#### **DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

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

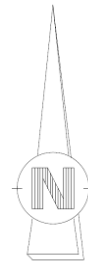
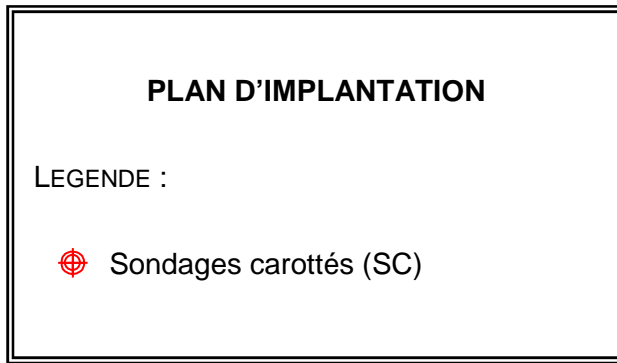
— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

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



## ***ANNEXE 2 : PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES***



## **ANNEXE 3 :   SONDAGES CAROTTES**

Coupe détaillée des sols  
Diagrammes des enregistrements de paramètres  
Photographies des carottes



**Fiabilisation des digues domaniales de Nevers en rive droite  
 Remblais de l'autoroute A77 (BAU côté Est)**

Date de début : 07/01/2019

Machine : Socomafor 50/65

Date de fin : 08/01/2019

Equipe : M395 - M. Kairouani

1/75

**Forage : SC25**

EXGTE 3.21.1/LB2GEO102FR

Profondeur	Lithologie	Echantillon	Outil	Passe	Tubage	Niveau d'eau
0	0.1 m Revêtement bitumineux	Caisse	Carottier LS Ø 114 mm	1.0 m 2.0 m 3.0 m 4.0 m 5.5 m 7.0 m 8.5 m 10.0 m 11.5 m 13.0 m 14.5 m 15.0 m	Tubage Ø 130/140 mm	10.3 m 08/01/2019
1	1.2 m Grave (concassé) sableuse et légèrement argileuse beige à marron	Caisse				
2	1.9 m Grave calcaire (concassé) plus ou moins argileuse et sableuse beige à marron	Gaine				
3	3.0 m Argile marron contenant de petits blocs calcaires	Caisse				
4	Sables grossiers et graviers marron	Gaine				
5	5.7 m Argile sableuse brune	Caisse				
6	5.9 m Sables et graviers limoneux marron	Caisse				
7	7.6 m Sables limoneux bruns	Caisse				
8	8.0 m Argile sableuse marron à brune	Caisse				
9	9.0 m Sables et graviers limoneux bruns	Caisse				
10	10.0 m Argile sableuse brune	Caisse				
11	10.5 m Sables et graviers limoneux bruns	Caisse				
12	12.2 m Argile sableuse marron	Caisse				
13	12.5 m Sables et graviers limoneux bruns	Caisse				
14	14.7 m Argile sableuse brune	Caisse				
15	15.0 m	Caisse				

**GINGER**  
CEBTP

Chantier : Etude de fiabilisation des digues communales de Nevers en rive droite  
Dossier : RD12.I.048  
Client : COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DE NEVERS

**Sondage carotté SC25 - Remblais de l'autoroute A77**





**Fiabilisation des digues domaniales de Nevers en rive droite  
 Remblais de l'autoroute A77 (BAU côté Ouest)**

Date de début : 09/01/2019

Machine : Socomafor 50/65

Date de fin : 10/01/2019

Equipe : M395 - M. Kairouani

1/75

Forage : SC26

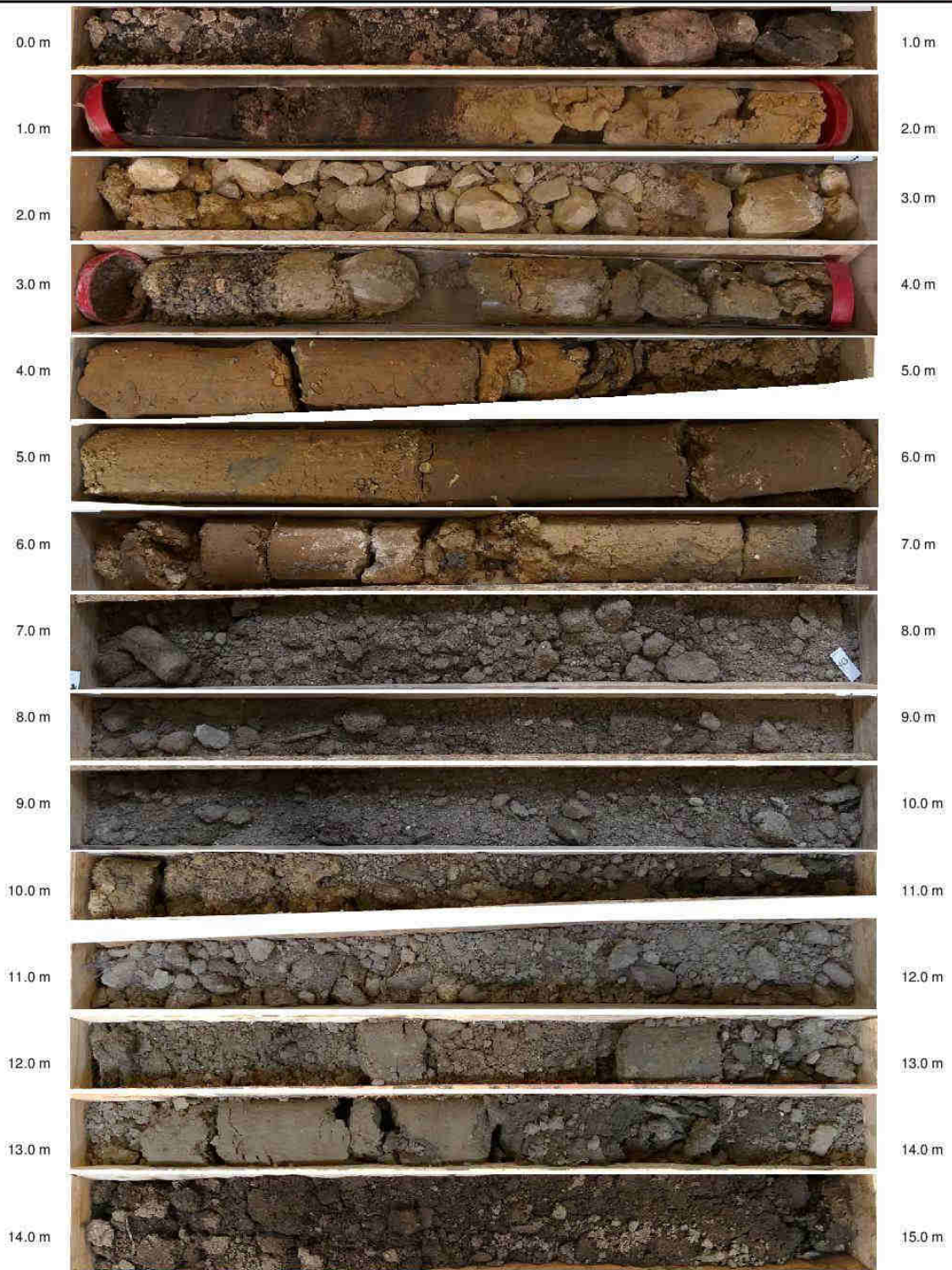
EXGTE 3.21.1/LB2GEO102FR

Profondeur	Lithologie	Echantillon	Outil	Passe	Tubage	Niveau d'eau
0	0.1 m Revêtement bitumineux	Caisse	Carottier LS Ø 114 mm		Tubage Ø 130/140 mm	9.8 m 09/01/2019
1	1.5 m Grave calcaire (concassé grossier) sableuse et légèrement argileuse beige à brune avec des morceaux d'enrobé bitumineux	Gaine		1.0 m		
2	2.0 m Grave calcaire (concassé grossier) sableuse et légèrement argileuse beige à marron	Caisse		2.0 m		
3	3.0 m Sables et graviers beiges	Gaine		3.0 m		
3.3 m	3.3 m Grave calcaire (concassé) sableuse et limoneuse marron			4.0 m		
4	3.9 m Argile graveleuse marron-ocre	Caisse		5.5 m		
5	6.9 m Sables et graviers argileux à très argileux bruns - présence locale de racines et racielles -	Caisse		7.0 m		
6		Caisse		8.5 m		
7	10.0 m Argile sableuse marron	Caisse		10.0 m		
8		Caisse		11.5 m		
9	10.3 m Sables et graviers argileux à très argileux bruns - présence locale de racines et racielles -	Caisse		13.0 m		
10		Caisse		14.5 m		
11	15.0 m Sables et graviers argileux à très argileux bruns - présence locale de racines et racielles -	Caisse		15.0 m		
12		Caisse				
13						
14						
15						

**GINGER**  
CEBTP

Chantier : Etude de fiabilisation des digues communales de Nevers en rive droite  
Dossier : RD12.I.048  
Client : COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DE NEVERS

**Sondage carotté SC26 - Remblais de l'autoroute A77**



## ***ANNEXE 4 : ESSAIS D'INFILTRATION***

Coupes des sols  
Infiltrations mesurées  
Perméabilités des terrains















## ***ANNEXE 5 : ESSAIS EN LABORATOIRE***

Notations relatives aux essais en laboratoire  
Identification des sols

## Notions relatives aux essais en laboratoire

W : Teneur en eau

Densités : c'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule, pores à l'intérieur des grains exclus), après passage à l'étuve à 105 °C. On distingue la densité sèche de l'échantillon de sa densité humide.

Essai de cisaillement lent à la boîte de Casagrande : il s'agit de déterminer expérimentalement la courbe intrinsèque d'un sol puis d'en déduire les paramètres de cisaillement en provoquant la rupture de l'échantillon suivant un plan imposé : on applique une contrainte normale ( $\sigma$ ) puis on cisaille le sol. La valeur de la contrainte tangentielle ( $\tau_{lim}$ ) étant alors connue, la représentation dans le plan de Mohr permet de trouver la valeur de l'angle de frottement interne d'un sol ( $\varphi$ ), et la cohésion (C) de l'échantillon.



**PROCES VERBAL D'ESSAI**  
**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE**  
**Partie 1 : Cisaillement direct**  
 NF P 94-071-1

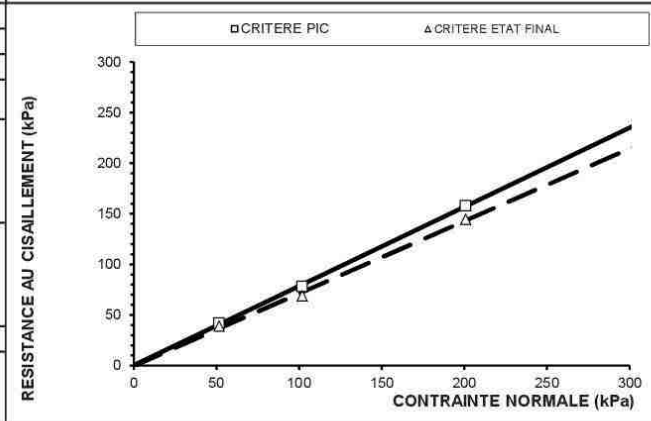
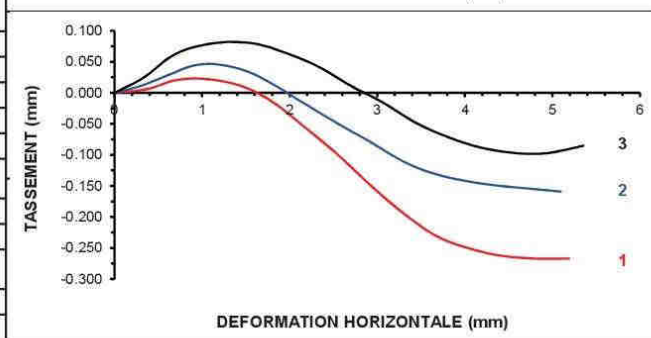
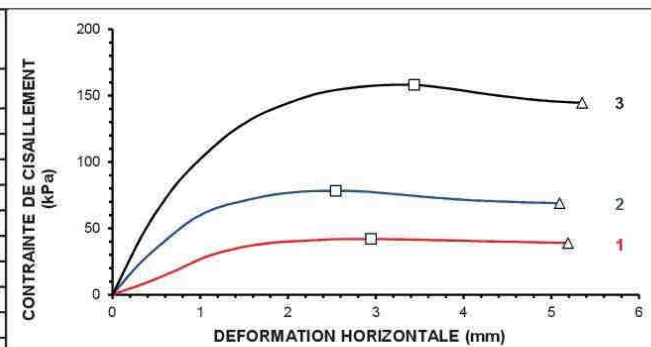
**Informations générales**

Dossier n° : RD12.1048.0001  
 Chantier : NEVERS (58) - FIABILISATION DES DIGUES RD  
 Client : BRL INGENIERIE

**Informations sur l'échantillon**

Mode de prélèvement : Sondage carotté      Sondage n° : SC25  
 Date de prélèvement : 08/01/2019      Profondeur : 3.40/3.60 m  
 Mode de conservation : Gaine PVC      Date : 28/01/2019  
 Numéro d'identification : 19TLS-0177  
 Date de réception : 21/01/2019  
 Description : Sable grossier graveleux

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES				
VALEURS INITIALES				
Eprouvette		1	2	3
H <sub>0</sub>	mm	22.53	22.53	22.53
D <sub>0</sub>	mm	60.00	60.00	60.00
w	%	11.5	11.4	12.3
ρ <sub>h</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1798	1816	1797
ρ <sub>d</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1613	1630	1600
ρ <sub>s</sub> estimé	kg/m <sup>3</sup>	2700	2700	2700
e		0.67	0.66	0.69
Sr	%	46.0	46.9	48.2
CONSOLIDATION				
σ <sub>3</sub> cons	kPa	52	102	201
ΔH <sub>cons</sub>	mm	0.65	1.26	1.96
H <sub>cons</sub>	mm	21.88	21.27	20.57
ρ <sub>d</sub> cons	kg/m <sup>3</sup>	1661	1726	1753
T100	min	2	2	2
CISAILLEMENT				
Vitesse	mm/min	0.024	0.024	0.024
σ <sub>3</sub> cis	kPa	52	102	201
PARAMETRES DE CISAILLEMENT				
τ <sub>f</sub> pic	kPa	42	78	158
Δl à τ <sub>f</sub> pic	mm	2.95	2.54	3.44
τ <sub>f</sub> final	kPa	39	69	145
Δl à τ <sub>f</sub> final	mm	5.19	5.10	5.35
W finale	%	19.8	17.6	18.2
CRITERES DE RUPTURE				
CRITERE DE PIC	φ <sub>p</sub> =	38	Degrés	
	c <sub>p</sub> =	0	kPa	
CRITERE D'ETAT FINAL	φ <sub>f</sub> =	36	Degrés	
	c <sub>f</sub> =	0	kPa	
OBSERVATIONS				
Essai réalisé sur la fraction 0/5 mm				



**PROCES VERBAL D'ESSAI**  
**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE**  
**Partie 1 : Cisaillement direct**  
 NF P 94-071-1

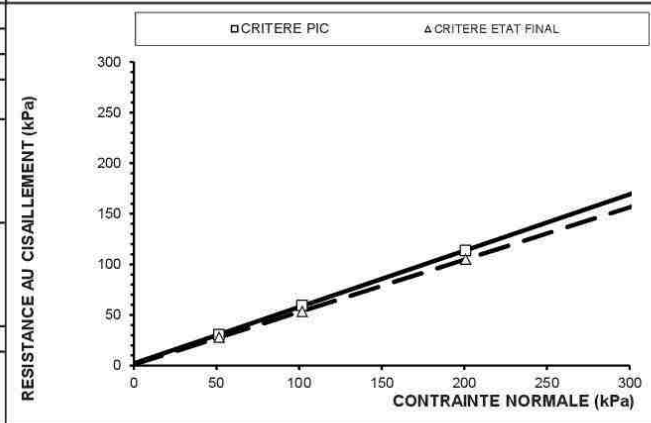
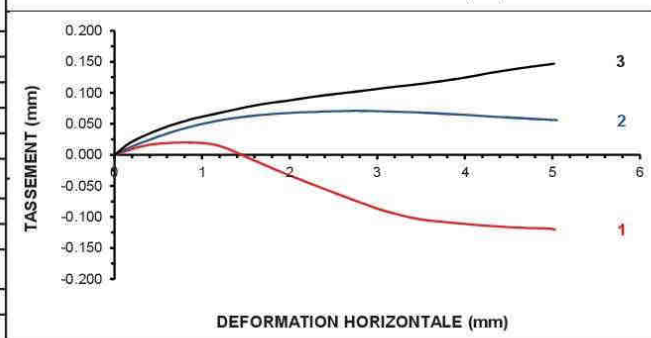
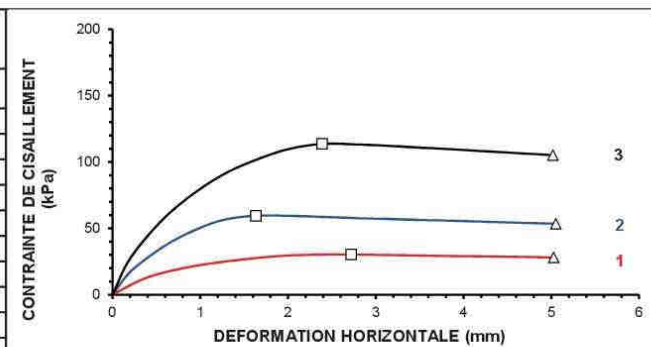
**Informations générales**

Dossier n° : RD12.1048.0001  
 Chantier : NEVERS (58) - FIABILISATION DES DIGUES RD  
 Client : BRL INGENIERIE

**Informations sur l'échantillon**

Mode de prélèvement : Sondage carotté      Sondage n° : SC26  
 Date de prélèvement : 09/01/2019      Profondeur : 1.50/2.00 m  
 Mode de conservation : Gaine PVC      Date : 30/01/2019  
 Numéro d'identification : 19TLS-0178  
 Date de réception : 21/01/2019  
 Description : Grave sablo-limoneuse

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES				
VALEURS INITIALES				
Eprouvette		1	2	3
H <sub>0</sub>	mm	22.53	22.53	22.53
D <sub>0</sub>	mm	60.00	60.00	60.00
w	%	17.6	17.5	18.0
ρ <sub>h</sub>	kg/m <sup>3</sup>	2007	2010	2026
ρ <sub>d</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1707	1711	1716
ρ <sub>s</sub> estimé	kg/m <sup>3</sup>	2700	2700	2700
e		0.58	0.58	0.57
Sr	%	81.6	81.5	85.0
CONSOLIDATION				
σ <sub>3</sub> cons	kPa	52	102	201
ΔH <sub>cons</sub>	mm	0.73	1.64	2.05
H <sub>cons</sub>	mm	21.80	20.89	20.48
ρ <sub>d</sub> cons	kg/m <sup>3</sup>	1764	1845	1888
T100	min	4	4	3
CISAILLEMENT				
Vitesse	mm/min	0.024	0.024	0.024
σ <sub>3</sub> cis	kPa	52	102	201
PARAMETRES DE CISAILLEMENT				
τ <sub>f</sub> pic	kPa	30	59	114
Δl à τ <sub>f</sub> pic	mm	2.72	1.63	2.39
τ <sub>f</sub> final	kPa	28	53	105
Δl à τ <sub>f</sub> final	mm	5.03	5.05	5.02
W finale	%	19.8	19.4	18.3
CRITERES DE RUPTURE				
CRITERE DE PIC	φ <sub>p</sub> =	29	Degrés	
	c <sub>p</sub> =	2	kPa	
CRITERE D'ETAT FINAL	φ <sub>f</sub> =	27	Degrés	
	c <sub>f</sub> =	1	kPa	
OBSERVATIONS				
Essai réalisé sur la fraction 0/5 mm				



**PROCES VERBAL D'ESSAI**  
**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE**  
**Partie 1 : Cisaillement direct**  
 NF P 94-071-1

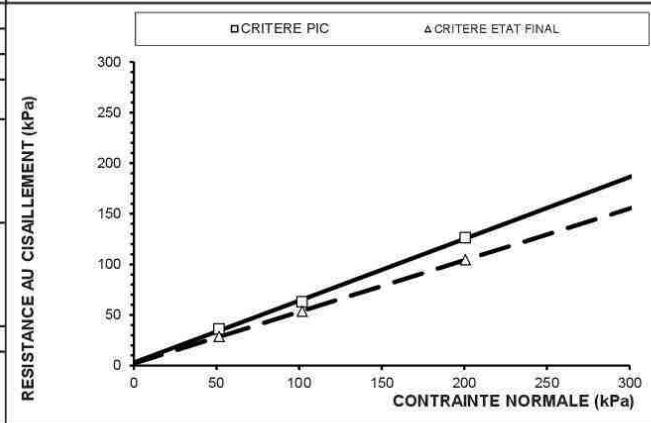
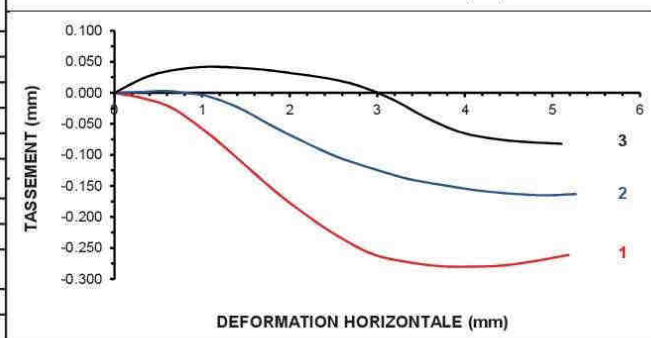
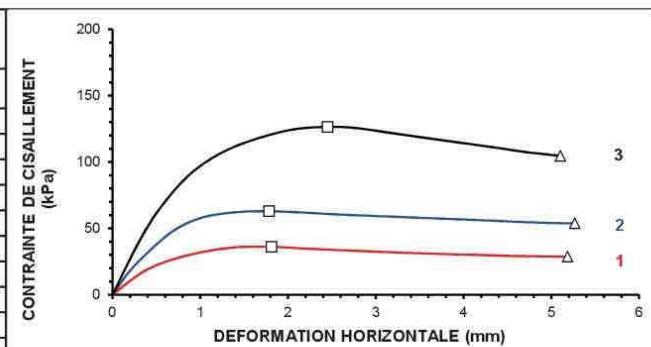
**Informations générales**

Dossier n° : RD12.1048.0001  
 Chantier : NEVERS (58) - FIABILISATION DES DIGUES RD  
 Client : BRL INGENIERIE

**Informations sur l'échantillon**

Mode de prélèvement : Sondage carotté      Sondage n° : SC26  
 Date de prélèvement : 09/01/2019      Profondeur : 3.50/4.00 m  
 Mode de conservation : Gaine PVC      Date : 06/02/2019  
 Numéro d'identification : 19TLS-0179  
 Date de réception : 21/01/2019  
 Description : Grave limono-sableuse

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES				
VALEURS INITIALES				
Eprouvette		1	2	3
H <sub>0</sub>	mm	22.53	22.53	22.53
D <sub>0</sub>	mm	60.00	60.00	60.00
w	%	24.6	24.0	23.9
ρ <sub>h</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1941	1909	1918
ρ <sub>d</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1558	1539	1548
ρ <sub>s</sub> estimé	kg/m <sup>3</sup>	2700	2700	2700
e		0.73	0.75	0.74
Sr	%	90.6	85.9	86.6
CONSOLIDATION				
σ <sub>3</sub> cons	kPa	51	102	201
ΔH <sub>cons</sub>	mm	0.82	1.28	1.74
H <sub>cons</sub>	mm	21.71	21.25	20.79
ρ <sub>d</sub> cons	kg/m <sup>3</sup>	1616	1632	1677
T100	min	5	5	5
CISAILLEMENT				
Vitesse	mm/min	0.024	0.024	0.024
σ <sub>3</sub> cis	kPa	51	102	201
PARAMETRES DE CISAILLEMENT				
τ <sub>f</sub> pic	kPa	36	63	126
Δl à τ <sub>f</sub> pic	mm	1.81	1.78	2.45
τ <sub>f</sub> final	kPa	29	54	105
Δl à τ <sub>f</sub> final	mm	5.19	5.27	5.10
W finale	%	26.5	26.2	25.7
CRITERES DE RUPTURE				
CRITERE DE PIC	φ <sub>p</sub> =	31	Degrés	
	c <sub>p</sub> =	3	kPa	
CRITERE D'ETAT FINAL	φ <sub>f</sub> =	27	Degrés	
	c <sub>f</sub> =	2	kPa	
OBSERVATIONS				
Essai réalisé sur la fraction 0/5 mm				



**PROCES VERBAL D'ESSAI**  
**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE**  
**Partie 1 : Cisaillement direct**  
 NF P 94-071-1

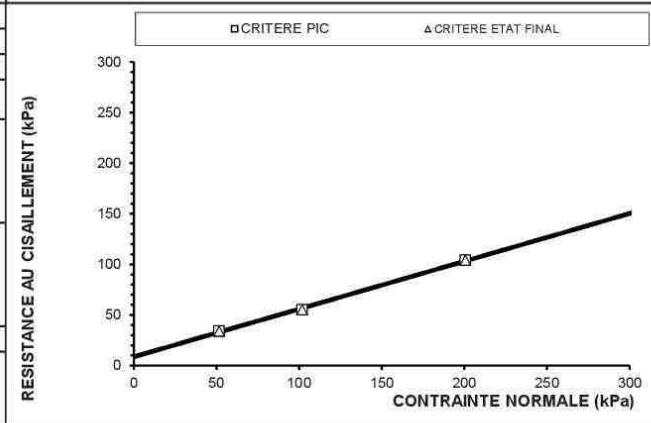
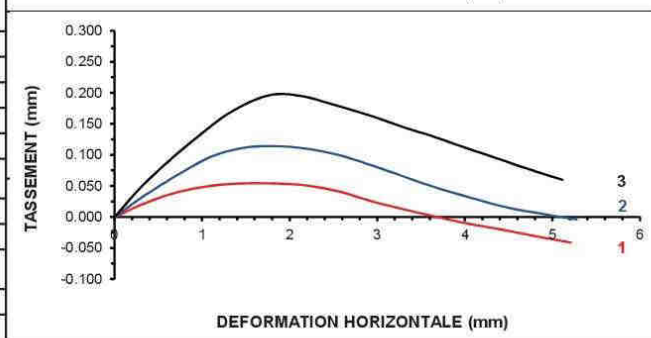
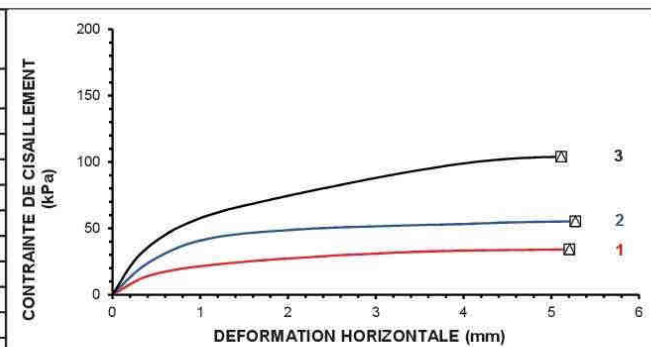
**Informations générales**

Dossier n° : RD12.1048.0001  
 Chantier : NEVERS (58) - FIABILISATION DES DIGUES RD  
 Client : BRL INGENIERIE

**Informations sur l'échantillon**

Mode de prélèvement : Sondage carotté      Sondage n° : SC26  
 Date de prélèvement : 09/01/2019      Profondeur : 5.75/5.95 m  
 Mode de conservation : Gaine PVC      Date : 11/02/2019  
 Numéro d'identification : 19TLS-0180  
 Date de réception : 21/01/2019  
 Description : Argile graveleuse

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES				
VALEURS INITIALES				
Eprouvette		1	2	3
H <sub>0</sub>	mm	22.53	22.53	22.53
D <sub>0</sub>	mm	60.00	60.00	60.00
w	%	24.1	25.9	24.9
ρ <sub>h</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1847	1872	1869
ρ <sub>d</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1489	1487	1496
ρ <sub>s</sub> estimé	kg/m <sup>3</sup>	2700	2700	2700
e		0.81	0.82	0.80
Sr	%	79.8	85.8	83.6
CONSOLIDATION				
σ <sub>3</sub> cons	kPa	51	102	201
ΔH <sub>cons</sub>	mm	0.45	0.62	1.54
H <sub>cons</sub>	mm	22.08	21.91	21.00
ρ <sub>d</sub> cons	kg/m <sup>3</sup>	1519	1529	1606
T100	min	NC	NC	10
CISAILLEMENT				
Vitesse	mm/min	0.010	0.010	0.010
σ <sub>3</sub> cis	kPa	51	102	201
PARAMETRES DE CISAILLEMENT				
τ <sub>f</sub> pic	kPa	34	55	104
Δl à τ <sub>f</sub> pic	mm	5.21	5.28	5.11
τ <sub>f</sub> final	kPa	34	55	104
Δl à τ <sub>f</sub> final	mm	5.21	5.28	5.11
W finale	%	39.6	36.6	27.5
CRITERES DE RUPTURE				
CRITERE DE PIC	φ <sub>p</sub> =	25	Degrés	
	c <sub>p</sub> =	9	kPa	
CRITERE D'ETAT FINAL	φ <sub>f</sub> =	25	Degrés	
	c <sub>f</sub> =	9	kPa	
OBSERVATIONS				
Essai réalisé sur la fraction 0/5 mm				



## ***ANNEXE 6 : REBOUCHAGE DES EMPREINTES DE FOARGE***

Dans l'empreinte du sondage SC25, le volume (coulis de ciment/sable/argile) injecté est de 180 litres. Une pastille d'enrobé à froid a été remise en place en tête :



Dans l'empreinte du sondage SC26, le volume (coulis de ciment/sable/argile) injecté est de 200 litres. Une pastille d'enrobé à froid a été remise en place en tête :

