

DEPARTEMENT DE LA LOIRE ATLANTIQUE



Diagnostic technique de l'ouvrage de Bérigo

DIAGNOSTIC

RAPPORT DE PRESENTATION

VILLE & TRANSPORT

DIRECTION REGIONALE OUEST

Espace bureaux Sillon de Bretagne
8 avenue des Thébaudières
CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tel. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99



Ville & Transport
Direction Régionale Ouest
Espace bureaux Sillon de Bretagne
8 avenue des Thébaudières – CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

ARTELIA Ville & Transport Direction Régionale Ouest Espace bureaux Sillon de Bretagne 8 avenue des Thébaudières – CS 20232 44815 SAINT HERBLAIN CEDEX Tél. : 02 28 09 18 00 Fax : 02 40 94 80 99	N° Affaire	4-53-1947	Etabli et vérifié par				
	Date	NOVEMBRE 2017			A. LESAGE		
	Indice	A	B	C	D	E	

SOMMAIRE

Contexte de l'ouvrage	1
1. DIAGNOSTIC DE L'OUVRAGE	3
1.1. ELEMENTS EXISTANTS	3
1.2. DIAGNOSTIC	5
1.2.1. TOPOGRAPHIE ET DIMENSIONS DE L'OUVRAGE	5
1.2.1.1. Campagne topographique - 2015	5
1.2.1.2. Campagne topographique – ARTELIA 2016	6
1.2.2. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE DE BERIGO	7
1.2.3. DIAGNOSTIC VISUEL	9
1.2.3.1. Déroulement des visites	9
1.2.3.2. Parement amont (coté étier)	10
1.2.3.3. Parement aval (coté Traict du Croisic)	13
1.2.3.4. Crête de l'ouvrage	14
1.2.3.5. Organes hydrauliques	14
1.2.3.6. Etier de Bérigo	15
1.2.3.7. Digue marine	16
1.2.4. SYNTHESE	18
1.2.5. GEOTECHNIQUE ET STABILITE	20
1.3. FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE	22
1.3.1. FONCTIONNEMENT ACTUEL	22
1.3.2. FONCTIONNEMENT GLOBAL DES OUVRAGES EN ENTREE D'ETIER	23
1.4. CONCLUSIONS GENERALES	24
2. PROPOSITION D'ACTIONS	25
2.1. OBJECTIFS	25
2.2. SCENARIO 1 – REFECTION DE L'OUVRAGE	25
2.3. SCENARIO 2 – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE	27
2.3.1. SCENARIO 2 A – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE PAR MISE EN PLACE D'UN MERLON	27
2.3.2. SCENARIO 2 B – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE	29
2.4. SCENARIO 3 – REPRISE DE L'OUVRAGE	30
2.5. FAISABILITE DES ACCES A L'OUVRAGE DE BERIGO	32
2.6. ANALYSE ET FAISABILITE DES SOLUTIONS	35
2.6.1. ASPECT REGLEMENTAIRE	35
2.6.2. ANALYSE ET FAISABILITE DES SOLUTIONS	37
2.6.2.1. faisabilité des solutions	37
2.6.2.2. Estimatif des solutions	39
3. SCENARIO RETENU	40
3.1. JUSTIFICATION DU PROJET DE CONFORTEMENT	40
3.2. SOLUTION RETENUE	41
3.3. PROGRAMMATION ENVISAGEE	44

-
- ANNEXE 1** **Eléments du diagnostic de 2009 de l'ouvrage de Bérigo – SOGREAH/ARTELIA**
- ANNEXE 2** **Plans et coupes topographiques de l'ouvrage de Bérigo**
- ANNEXE 3** **Investigations géotechniques réalisées sur l'ouvrage de Bérigo**
- ANNEXE 4** **Note réglementaire liée aux scénarios de confortement de l'ouvrage de Bérigo**

TABLEAUX

Tabl. 1 -	Faisabilité technique et financière des accès à l'ouvrage de Bérigo	34
Tabl. 2 -	Analyse réglementaire pour les scénarios de confortement envisagés	36
Tabl. 3 -	Faisabilité des scénarios proposés dans le cadre du confortement de l'ouvrage de Bérigo	38
Tabl. 4 -	Estimatif financier des scénarios de confortement	39

FIGURES

Fig. 1.	Carte de situation de l'ouvrage de Bérigo	1
Fig. 2.	Vue aérienne de l'ouvrage de Bérigo	2
Fig. 3.	Photos de l'ouvrage de Bérigo issus du diagnostic de 2008 (SOGREAH/ARTELIA – 2008)	4
Fig. 4.	Plans des façades de l'ouvrage de Bérigo (AGE – 2015)	6
Fig. 5.	Entreprise BOURDIC située le long de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2016)	7
Fig. 6.	Vue aérienne du secteur de Batz-sur-Mer datant de 1932 (source : Géoportail)	8
Fig. 7.	Vue aérienne du secteur de Batz-sur-Mer datant de 1948 (source : Géoportail)	8
Fig. 8.	Vue globale du parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	10
Fig. 9.	Fissures (A et B) présentes sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	10
Fig. 10.	Fissure A côté rive gauche de l'étier (ARTELIA - 2016)	11
Fig. 11.	Fissure B coté rive droite de l'étier (ARTELIA - 2016)	11
Fig. 12.	Fissure C coté rive droite de l'étier (ARTELIA - 2016)	11
Fig. 13.	Déjointoiements observés sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	12
Fig. 14.	Pile dégradée sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	12
Fig. 15.	Vue globale du parement aval de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	13
Fig. 16.	Fissures (A et B) sur le parement aval de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	13
Fig. 17.	Fissure C en rive droite sur le parement aval de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	14
Fig. 18.	Fissure C en crête de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)	14
Fig. 19.	Vue globale de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2016)	15
Fig. 20.	Exemple de lacune observée sur le parement en pierres sèches des berges de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2016)	16
Fig. 21.	Vue globale de la digue marine au droit de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA – 2016)	16
Fig. 22.	Désordres sur le parement de la digue marine en rive droite dans le prolongement de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA – 2016)	17
Fig. 23.	Dégradations en crête de la digue marine en rive droite dans le prolongement de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA – 2016)	17
Fig. 24.	Ouvrage de Bérigo lors d'une pleine mer (coefficient 115)	22
Fig. 25.	Ouvrage d'alimentation de la vasière située à l'Est de l'étier	23
Fig. 26.	Scénario 1 : réfection superficielle de l'ouvrage	26
Fig. 27.	Scénario 2A : Confortement de l'ouvrage	28
Fig. 28.	Scénario 2B : Confortement de l'ouvrage	29
Fig. 29.	Scénario 3 : reconstruction de l'ouvrage	31
Fig. 30.	Accès possibles pour l'ouvrage de Bérigo	32
Fig. 31.	Enjeux naturels remarquables sur le site de Bérigo	35
Fig. 32.	Localisation des points bas le long de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2017)	43

CONTEXTE DE L'OUVRAGE

L'ouvrage de Bérigo est situé dans la continuité de la digue primaire à l'entrée de l'étier de Bérigo. Il est situé sur le tronçon de la digue de la Guillemette au nord de la commune de Batz-sur-mer.

La particularité de cet ouvrage réside dans sa configuration, isolant l'étier de Bérigo des Traicts du Croisic. Des enjeux importants sont présents le long de l'étier de Bérigo, en effet ce dernier continue au sud sur un linéaire d'environ 180m et ceinture le quartier de la Herpe à Batz-sur-mer.

Actuellement, le rôle de protection de l'ouvrage est limité lors des périodes de tempêtes et de pleines mers. En effet, en configuration actuelle, il maintient un niveau d'eau coté étier légèrement inférieur par rapport aux conditions coté Traicts du Croisic et assure des conditions hydrauliques plus calmes.

L'ouvrage est constitué d'un mur maçonné de forme trapézoïdale avec une base d'une épaisseur variant de 1.7 à 1.8 m et une crête d'une largeur de l'ordre de 0,45m. Sa hauteur est d'environ 3m. Il comporte dans sa partie basse un dalot de 1m de largeur et 0,95m de hauteur et deux buses de 800mm de diamètre de part et d'autre du dalot (Cf chapitre 1.2.1).

La carte ci-après précise la situation de cet ouvrage.

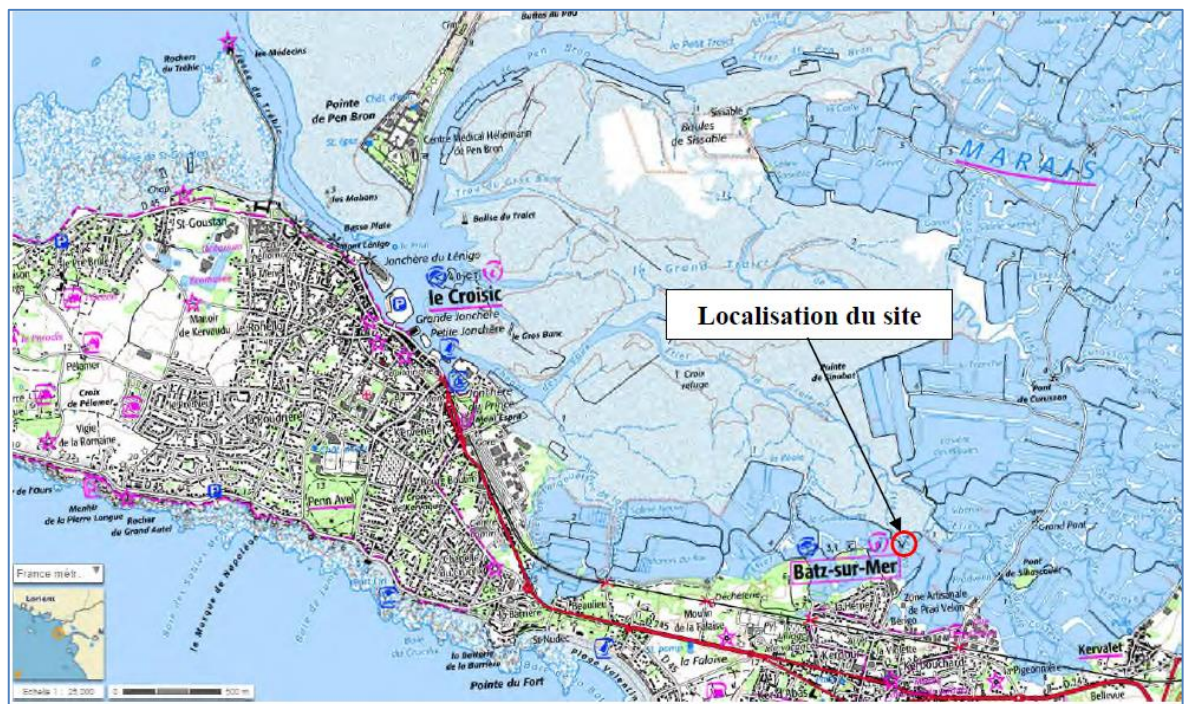


Fig. 1. Carte de situation de l'ouvrage de Bérigo

La vue aérienne de l'ouvrage est indiquée ci-après.



Fig. 2. Vue aérienne de l'ouvrage de Bérigo

1. DIAGNOSTIC DE L'OUVRAGE

1.1. ELEMENTS EXISTANTS

L'ouvrage de Bérigo a fait l'objet d'un premier diagnostic en 2008 (SOGREAH/ARTELIA - 2008).

Le diagnostic fait état des désordres suivants :

- Deux importantes fissures traversant le mur et le fragilisant fortement. L'ouvrage ayant un rapport, de sa largeur en pied avec sa hauteur, insuffisant ;
- Les fondations ne sont pas connues, mais l'absence de radier nuit à l'étanchéité des clapets situés côté mer ;
- Côté marais, de nombreuses pierres des perrés sont tombées dans l'étier ;
- Côté mer en, rive droite, la tête du mur est déversée sur environ 15,00 m.





Fig. 3. Photos de l'ouvrage de Bérigo issus du diagnostic de 2008 (SOGREAH/ARTELIA – 2008)

Une comparaison entre les désordres observés en 2008 et ceux observés en 2016 est indiquée au chapitre 1.2.4.

L'**Annexe 1** présente le diagnostic réalisé en 2008.

Au regard de l'état de l'ouvrage de Bérigo, le diagnostic conclut sur la nécessité d'envisager des solutions de confortement de première urgence et/ou démolition et reconstruction d'un nouvel aménagement.

La solution de confortement alors proposée consiste :

- Créer un contre voile de part et d'autre du mur existant et à injecter les maçonneries. Les contre voiles sont prévus en béton projeté, avec des coutures traversant l'existant et faisant office de tirant afin de reprendre tout phénomène de surpression entre les deux types d'ouvrages. Le contre voile prévu, a une épaisseur d'environ 25 cm et se retourne sur le dessus du mur existant. Le scénario n°3 proposé (Cf chapitre 2.4) reprend ce principe d'aménagement.
- Afin de ne pas déstabiliser l'assise, il est proposé de mettre en œuvre au travers du mur une série de micropieux en chevalet, destinés à reprendre les nouvelles charges.
- Concernant les buses en pied de mur, il est proposé une reprise de ces dernières afin de créer de nouveaux appuis pour les clapets.

1.2. DIAGNOSTIC

1.2.1. TOPOGRAPHIE ET DIMENSIONS DE L'OUVRAGE

1.2.1.1. CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE - 2015

Un levé topographique de l'ouvrage a été réalisé en Décembre 2015 par CAP Atlantique.

Les dimensions de l'ouvrage de Bérigo sont les suivantes :

- Hauteur du mur comprise entre **2.80 à 3.00m** par rapport au fond de l'étier ;
- Epaisseur du mur en crête : **45 à 50cm** ;
- Epaisseur du mur en pied (au niveau du fond de l'étier) : de l'ordre de **1.7 à 1.8m** ;
- Longueur totale de l'ouvrage entre la rive droite et gauche : **environ 12.5m** ;
- Organes hydrauliques :
 - 2 buses DN800mm de part et d'autre du dalot ;
 - 1 dalot central de 1m de large sur 0.95m de haut ;

Les niveaux de protection de l'ouvrage de Bérigo, à savoir les cotes hautes du mur maçonné varient entre 3.70m IGN69 en rive gauche de l'étier de Bérigo à 3.88m IGN69 en rive droite.

Les cotes fil d'eau des organes hydrauliques sont de :

- Z=0.95m IGN69 pour les deux buses DN800 ;
- Z=0.89m IGN69 pour le dalot central.

Les principales dimensions sont reprises sur les coupes ci-après.

PLAN DES FACADES

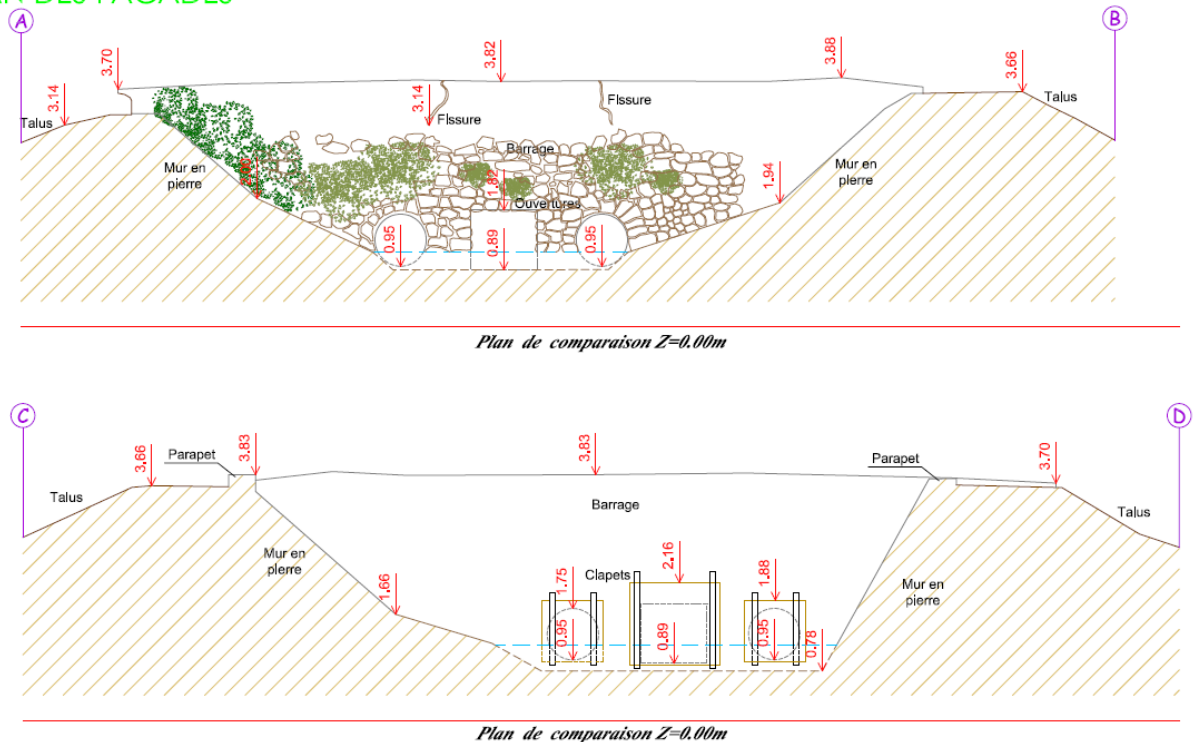


Fig. 4. Plans des façades de l'ouvrage de Bérigo (AGE – 2015)

Côté Traict du Croisic, les niveaux de protection de la digue marine situés de part et d'autre de l'ouvrage de Bérigo sont de l'ordre de **3.85 à 4.10m IGN69**.

Côté étier de Bérigo, les hauts de talus longeant l'étier sont de l'ordre de **3.10 à 3.60m IGN69**.

L'**Annexe 2** présente le plan topographique et les coupes en travers provenant du levé topographique réalisé.

1.2.1.2. CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE – ARTELIA 2016

ARTELIA a réalisé une campagne topographique complémentaire sur les berges de l'étier de Bérigo en Septembre 2016. Cette campagne topographique a permis de préciser les cotes altimétriques de ces dernières :

- Berge côté Est : cotes comprises entre **3.14 et 3.69m IGN69** ;
- Berge côté Ouest : cotes comprises entre **3.13 à 3.39 m IGN69**.

Les enjeux situés quartier de la Herpe ont également été levés. Ces derniers sont localisés sur la Fig. 2.

- Entreprise BOURDIC : Cette entreprise est située le long de l'étier de Bérigo. Ses bâtiments donnent directement sur l'étier à l'exception d'une zone de stockage située à l'arrière d'un muret présent le long de l'étier. Cette zone de stockage est à une altitude moyenne de 3.10m IGN69 avec des niveaux de murets variant :
 - Muret haut (tracé rouge – Cf photographies ci-après) : **z=4.20m IGN69** ;
 - Muret intermédiaire (tracé orange – Cf photographies ci-après) : **z=3.65 à 3.81m IGN69**.



Fig. 5. Entreprise BOURDIC située le long de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2016)

- Habitations de la Herpe : Une quinzaine d'habitations, situées rue Alain Barbe-Torte, ont leur fond de jardin en lien direct avec l'étier de Bérigo. Des levés topographiques ont été réalisés sur les berges de l'étier en limite avec ces propriétés privés. Notons que certaines de ces habitations ont aménagé des murets de protection (généralement d'une trentaine de centimètres) en haut de berge. Globalement, les hauts de berge se situent à des altitudes :
 - De l'ordre de **3.00 à 3.40m IGN69** pour les habitations donnant directement sur l'étier ;
 - De l'ordre de **3.60 à 3.76m IGN69** en cas de présence de murets de protection.

1.2.2. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE DE BERIGO

L'ouvrage de Bérigo a été construit en 1938 (*source* : «*Le site classé des marais salants de Guérande à l'épreuve de Xynthia* » - Gildas Buron – 2010).

Les photographies aériennes ci-après témoignent de cette présence (source: Géoportail). L'ouvrage de Bérigo n'est pas visible sur une photographie aérienne de 1932 mais est bien présent sur une photographie aérienne de 1948.



Fig. 6. Vue aérienne du secteur de Batz-sur-Mer datant de 1932 (source : Géoportail)



Fig. 7. Vue aérienne du secteur de Batz-sur-Mer datant de 1948 (source : Géoportail)

1.2.3. DIAGNOSTIC VISUEL

L'ouvrage de Bérigo a été diagnostiqué à différentes dates correspondant :

- A basse mer : 25 Février 2016 (coefficient 90) / 11 Mars 2016 (coefficient 116)
- A pleine mer : 7 Avril 2016 (coefficient 115)

Etaient présents sur le site :

- M. Alexandre LESAGE: chargé d'affaire et ingénieur hydraulique fluviale de la société ARTELIA,
- M. Sylvain GROLLEAU : technicien génie-civiliste de la société ARTELIA.

Les objectifs de la visite sont :

- D'identifier les éléments constitutifs de l'ouvrage, de ses organes annexes et de ses abords;
- D'observer et de caractériser l'état de l'ouvrage et de ses éléments constitutifs afin de conclure sur son évolution probable ainsi que sur d'éventuelles recommandations ou actions à réaliser.

1.2.3.1. DEROULEMENT DES VISITES

Les visites consistent en une inspection visuelle des parties visibles de l'ouvrage (en fonction des niveaux d'eau).

Sont ainsi inspectés :

- Les parements côté mer et côté étier de l'ouvrage de Bérigo ainsi que la crête ;
- Les organes hydrauliques présents ;
- Les parements des berges de part et d'autre de l'étier de Bérigo coté marais;
- Les parements et la morphologie de la digue marine de l'ouvrage côté mer et Traict du Croisic.

Dans la suite du document, sont définis les termes suivants :

- Parement amont de l'ouvrage : parement de l'ouvrage situé côté étier (façade sud) ;
- Parement aval de l'ouvrage : parement de l'ouvrage situé côté mer et traict du Croisic (façade nord) ;
- Berge en rive droite : berge façade Est de l'étier de Bérigo, dans le sens d'écoulement Sud-Nord de l'étier ;
- Berge en rive gauche : berge façade Ouest de l'étier de Bérigo, dans le sens d'écoulement Sud-Nord de l'étier.

1.2.3.2. PAREMENT AMONT (COTE ETIER)

Le parement amont de l'ouvrage de Bérigo est un mur maçonné avec la présence de 3 ouvrages traversant à savoir deux buses DN800 ainsi qu'un dalot central (1m*0.95m).



Fig. 8. Vue globale du parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)

Après diagnostic visuel de l'ouvrage, les désordres suivants ont été observés sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo :

- La présence de deux fissures (Fissures A et B) verticales dans la maçonnerie depuis la crête de l'ouvrage sur 80 à 90cm de longueur.

La largeur de ces fissures, relativement importante, varie entre 3 à 5cm.



Fig. 9. Fissures (A et B) présentes sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)



Fig. 10. Fissure A côté rive gauche de l'étier (ARTELIA - 2016)



Fig. 11. Fissure B côté rive droite de l'étier (ARTELIA - 2016)

- Une autre fissure (fissure C) est présente côté amont, à l'extrémité droite de l'ouvrage. Cette fissure débute depuis la crête et se rabat obliquement vers la digue. Elle témoigne d'une instabilité (tassement ou glissement) de la digue sur laquelle repose l'ouvrage de Bérigo.



Fig. 12. Fissure C côté rive droite de l'étier (ARTELIA - 2016)

- Sur les premiers 2/3 de la hauteur de l'ouvrage, une dégradation générale des joints de la maçonnerie sont observés. Ce secteur est le plus soumis au marnage lié à la marée.

De la végétation est d'ailleurs observée dans les lacunes entre la maçonnerie.



Fig. 13. Déjointoiements observés sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)

- Enfin la pile située coté rive droite de l'étier entre la buse DN800 et le dalot central est déstructurée avec un manque de moellons.

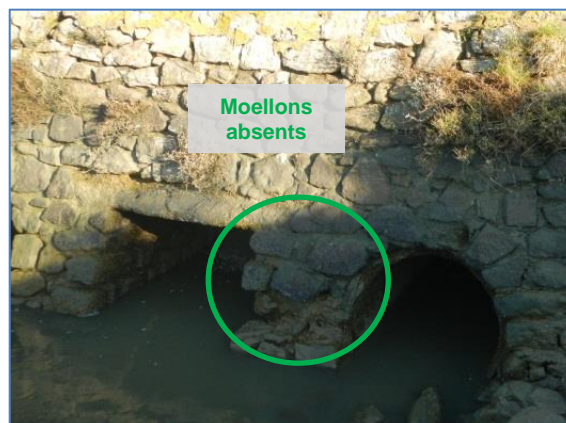


Fig. 14. Pile dégradée sur le parement amont de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)

1.2.3.3. PAREMENT AVAL (COTE TRACT DU CROISIC)

Le parement aval de l'ouvrage de Bérigo présente un état plus homogène. La maçonnerie est globalement dans un état correct avec la présence de joints autour des pierres de maçonnerie.



Fig. 15. *Vue globale du parement aval de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)*

Les fissures observées (A et B) sur le parement amont sont également observables sur le parement aval mais dans des proportions moins importantes.



Fig. 16. *Fissures (A et B) sur le parement aval de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)*

La fissure C observée côté amont est également visible côté aval.



Fig. 17. *Fissure C en rive droite sur le parement aval de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)*

1.2.3.4. CRETE DE L'OUVRAGE

La crête de l'ouvrage est très étroite avec une largeur de l'ordre de 45 à 50cm.

Sur la crête, la fissure C est également observable, traversant toute la largeur de la crête.



Fig. 18. *Fissure C en crête de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA - 2016)*

La crête présente globalement un niveau de protection homogène de l'ordre de 3.70m IGN69 en rive gauche de l'étier de Bérigo à 3.88m IGN69 en rive droite.

Notons que le point haut à 3.88m IGN69 présent en rive droite provient du rehaussement local lié à la fissure C et au basculement observé vers l'extérieur.

1.2.3.5. ORGANES HYDRAULIQUES

Comme indiqué précédemment, l'ouvrage est traversé par deux buses DN 800 et un dalot central (1m x 0.95m). Côté étier de Bérigo, des sédiments et des blocs rocheux sont présents au pied de ces organes.

Côté trait du Croisic, les ouvrages sont munis de clapets en bois articulés dépourvus de dispositif de manœuvre rendant obligatoire une manipulation depuis le lit de l'étier. Ces clapets ne sont plus étanches.

Une fosse peu profonde est observée au pied de l'ouvrage coté Traict du Croisic. La manipulation des clapets, coté Traict est ainsi compromise.

Les charnières d'articulation des clapets sont dans un état de corrosion avancé rendant incertaine la possibilité de les manoeuvrer.

L'ouvrage et ses organes hydrauliques n'étant plus étanches, aucune manoeuvre de ces derniers n'est réalisée de nos jours. Les passages d'eau entre l'étier de Bérigo et les Traicts du Croisic se font par les lacunes et les fuites sur les clapets ainsi que par la perméabilité de la maçonnerie.

1.2.3.6. ETIER DE BERIGO

L'étier de Bérigo présente un profil en travers s'étendant :

- D'environ 4m de large en lit mineur ;
- d'environ 10 à 11m entre la crête des talus en rive droite et gauche.

Les talus de part et d'autre de l'étier sont constitués d'argile avec un parement en pierres sèches et la présence d'une végétation rase.



Fig. 19. *Vue globale de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2016)*

Les talus ont une largeur en tête très étroite de l'ordre de 1m à 1.50m. Le profil en tête est également irrégulier avec la présence de végétation.

Les cotes de crête des talus le long de l'étier sont de l'ordre de **3.2 à 3.5m IGN69**. Elles sont donc inférieures à celles de crête de l'ouvrage de Bérigo et de la digue marine.

Localement le parement présente des dégradations caractérisées majoritairement par des lacunes de pierres sèches.



Fig. 20. *Exemple de lacune observée sur le parement en pierres sèches des berges de l'étier de Bérigo (ARTELIA – 2016)*

1.2.3.7. DIGUE MARINE

Côté Traict du Croisic, la digue marine se poursuit de part et d'autre de l'ouvrage de Bérigo.

De part et d'autre de l'ouvrage de Bérigo (sur environ 30m de linéaire de digue), les niveaux de protection de la digue marine sont de l'ordre de **3.85 à 4.10m IGN69**. La crête de la digue marine demeure étroite avec une largeur de l'ordre de 1.5m avec la présence de végétation. De plus, un dévers est observable sur la crête en direction des marais salants notamment sur le tronçon en rive droite, s'étendant vers l'Est de l'ouvrage de Bérigo. Ce tronçon présente d'ailleurs des signes de désordres.



Fig. 21. *Vue globale de la digue marine au droit de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA – 2016)*

La digue marine est constituée d'un talus en argile protégé côté traict du Croisic par un parement maçonné. Le tronçon situé en rive droite dans le prolongement de l'étier de Bérigo présente des signes sérieux de désordres sur le parement mais également en crête.

Les désordres observés sur le parement sont liés à l'action mécanique de la houle qui engendre des contraintes importantes sur le parement. Cette érosion de l'assise du parement maçonné engendre la désolidarisation progressive des moellons.

En plus des contraintes mécaniques de la houle, les dégradations observées en haut du parement et sur la rehausse maçonnée sont également liées à la morphologie globale de la digue. En effet ces secteurs se caractérisent par une largeur en crête réduite et présentant un dévers en direction des marais. Le parement coté marais est également très raide avec des signes de glissement.

Ces désordres sont principalement observés sur le tronçon de digue, en rive droite, s'étendant vers l'Est de l'ouvrage de Bérigo.



Fig. 22. *Désordres sur le parement de la digue marine en rive droite dans le prolongement de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA – 2016)*



Fig. 23. *Dégradations en crête de la digue marine en rive droite dans le prolongement de l'ouvrage de Bérigo (ARTELIA – 2016)*

1.2.4. SYNTHÈSE

En comparant ces éléments de diagnostic avec ceux réalisés dans le diagnostic de 2008, les conclusions suivantes peuvent être indiquées sur l'évolution de l'état de l'ouvrage :

- Le diagnostic de 2008 statue sur la présence de deux importantes fissures traversant l'ouvrage et le fragilisant. Ces fissures sont également constatées sur ce nouveau diagnostic. Quant à l'évolution, seule une comparaison sur la base de photographies a pu être réalisée. **D'après cette comparaison aucune évolution notable n'est constatée.**
- Les autres désordres observés en 2008 sont également observés dans le diagnostic 2016, à savoir :
 - La méconnaissance des fondations et l'absence de radier qui nuit à l'étanchéité des clapets situés côté mer ;
 - Côté marais et étier de Bérigo, de nombreuses pierres des perrés sont tombées ;
 - Côté mer en rive droite, la crête de digue est déversée sur environ 15,00 m.
- Des désordres, non observés en 2008 mais constatés en 2016 témoignent d'une potentielle évolution de l'état de l'ouvrage et notamment :
 - Parement amont : Fissure oblique depuis la crête de l'ouvrage vers la digue en appui sur le côté en rive droite de l'étier ;
 - Parement amont : Absence de moellons de la pile située entre la buse DN800 et le dalot central.

Sur la base de ces éléments, peu d'évolution notable est constaté entre les diagnostics de 2008 et de 2016. Les différentes tempêtes ayant eu lieu et notamment la tempête Xynthia n'ont donc pas provoqué de dégâts notables sur cet ouvrage.



MARAIS SALANTS DU BASSIN DE GUERANDE - DIAGNOSTIC DE L'OUVRAGE DE BERIGO

ETIER :	Bérigo	COMMUNE :	Batz-sur-Mer	NOM DE L'OUVRAGE :	Ouvrage de Bérigo
ANNEE DE CONSTRUCTION HISTORIQUE DE L'OUVRAGE :	1938			DATE DE REALISATION DU DIAGNOSTIC :	Mars 2016
FONCTION	<p>Historique : Isoler l'étier de Bérigo des Traicts du Croisic et empêcher une remontée de la marée dans l'étier de Bérigo afin de protéger l'activité salicole du secteur ;</p> <p>Actuelle : Ouvrage aujourd'hui perméable malgré la fermeture des clapets (passage au travers de la maçonnerie, clapets non étanches...). Cela créé un différentiel de niveau d'eau entre l'étier de Bérigo des Traicts du Croisic lors des pleines mers. Le maintien de niveaux d'eau coté étier de Bérigo inférieurs à ceux coté Traicts du Croisic permet de limiter le risque de submersion le long de l'étier et notamment au droit du quartier de la Herpe.</p>				
DESCRIPTION GENERALE	Barrage en pierres maçonnées, avec orifices en partie inférieure	DIMENSIONS DE L'OUVRAGE			
		Longueur =	environ 12.5m	Hauteur =	2.80 à 3.00m par rapport au fond de l'étier
ORGANES HYDRAULIQUES	2 buses DN800 + 1 dalot de 1,00 x 0,95 m équipés de clapets coté étier	Largeur en crête =	45 à 50cm	Largeur en pied =	de 1.7 à 1.8m
DESCRIPTION ET DIAGNOSTIC DE L'OUVRAGE 2016					
	Désordres observés			Commentaires	
PAREMENT AMONT	■ Présence de deux principales fissures verticales (A et B) en partie centrale du parement (Cf Fig. 9)			Fissures importantes d'environ 80 à 90cm de long avec des largeurs d'ouverture de 2 à 5cm	
	■ Présence d'une fissure oblique (C) depuis la crête de l'ouvrage vers la digue en appui sur le côté en rive droite de l'étier			Signes et prémices d'un mouvement de la digue servant d'appui à l'ouvrage de Bérigo : basculement progressif du bloc situé au-dessus de la fissure vers la rive droite (vers l'Est)	
	■ Dégradation des joints du parement maçonné sur la partie basse (premiers 2/3 de la hauteur)			Développement de végétation	
	■ Déstructuration de la pile située entre la buse DN800 et le dalot central			Absence de moellons en base de la pile	
PAREMENT AVAL	■ Présence de deux fissures verticales (A et B) en partie centrale du parement			Fissures moins importantes que sur le parement amont	
	■ Présence d'une fissure oblique (C) depuis la crête vers la digue en appui sur le côté en rive droite de l'étier			/	
CRETE DE L'OUVRAGE	■ Présence de la fissure C sur toute la largeur de la crête			Un point haut en crête est présent au droit de la fissure provenant du rehaussement local lié à la fissure C et au basculement observé vers l'extérieur.	
ORGANES HYDRAULIQUES	<ul style="list-style-type: none"> ■ Coté Traict du Croisic, des clapets sont présents en position fermée, articulés sur des pentures ■ Les charnières d'articulation des clapets sont dans un état de corrosion avancé rendant incertain la possibilité de les manœuvrer. 			Aucun dispositif de manœuvre de ces clapets n'est présent, nécessitant une intervention depuis le lit de l'étier pour relever ces derniers.	
PRESENTATION DE L'ETIER DE BERIGO ET DE LA DIGUE MARINE AU DROIT DE L'OUVRAGE					
ETIER DE BERIGO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Talus en argile avec parement en pierres sèches ; ■ Crête des talus étroite et irrégulier (inférieure à 1.50m) avec la présence de végétation ■ Dégradations locales des parements en pierres sèches (absence de pierres, érosion...) 			Accès possible à l'ouvrage de Bérigo uniquement par l'intermédiaire de la crête des talus le long de l'étier. Passage piéton uniquement – aucune possibilité pour un engin	
DIGUE MARINE	<ul style="list-style-type: none"> ■ Digue marine en argile avec parement en maçonnerie ; ■ Crête de la digue relativement étroite (≈1.5m) et présentant un dévers important vers les salines notamment sur le tronçon de digue en rive droite de l'ouvrage et de l'étier de Bérigo ; ■ Dégradations importantes du parement de la digue située en rive droite de l'ouvrage et de l'étier de Bérigo - signe de déstabilisation de la crête de la digue ; 			Signe de déstabilisation de la crête de la digue marine située en rive droite de l'ouvrage et de l'étier de Bérigo	

1.2.5. GEOTECHNIQUE ET STABILITE

Des investigations géotechniques ont été menées sur l'ouvrage de Bérigo. Notons qu'au vu de la difficulté d'accès à l'ouvrage, ces dernières ont été réalisées uniquement à l'aide de moyens manuels.

Ces investigations ont consisté en la réalisation de:

- 1 sondage de reconnaissance des fondations existantes ;
- 4 sondages géologiques permettant d'appréhender la nature des sols par prélèvement ;
- 4 essais au pénétromètre dynamique permettant d'appréhender l'homogénéité et la portance du sol ;
- 3 sondages scissométriques manuels permettant d'appréhender la cohésion des sols.

Les principales conclusions de ces investigations sont :

- Impossibilité de reconnaître la géométrie des fondations de l'ouvrage avec des moyens manuels. Le sondage a été réalisé à la pioche et à la pelle jusqu'à une profondeur de l'ordre de 0.80m/TA¹. Il a été poursuivi par une série de sondage réalisé au perforateur jusqu'à 2.20m/TA.

Cette série de sondages n'a permis de visualiser la géométrie des fondations que partiellement.

L'ouvrage de Bérigo a une largeur de 1.70 à 1.80 mètres de large à sa base visible. Il est probable qu'il soit fondé sans structure particulière par simple approfondissement au-delà de 2m par rapport au fond de l'étier soit au-delà de la cote **-0.65m IGN69**.

- Des sols globalement classés en A du GTR (Guide Technique de réalisation des remblais et couches de forme). Ce sont des sols fins sensibles à l'eau. Leur perméabilité est donc très faible et leur structure sensible à la présence ou non d'eau (retrait ou gonflement).
- Les refus à la pénétration dynamique sont observés probablement au toit du substratum granitique aux cotes de l'ordre de **-2.05 à -2.25m IGN69**.
- Sur les digues situées de part et d'autre de l'ouvrage de Bérigo, les investigations ont montré la présence de matériaux argileux parfois sableux sur 2,00 mètres de hauteur environ. Les pentes des parements sont assez raides de l'ordre de 50 à 60° et sont couvertes par des pierres maçonnées. La digue située en aval de l'ouvrage, coté Nord-Est est affectée de glissements sur les deux côtés (coté Traict et saline) et de zones fortement dégradées.

L'essai de pénétration dynamique P4 montre la présence de sols décomprimés entre 1,40 et 2,40 m de profondeur environ.

L'un des risques principaux réside dans le retrait de butée par glissement des digues sur lesquelles s'appuie l'ouvrage hydraulique, glissements provoqués par les différents épisodes tempétueux et par la houle qui ont, en outre, dégradés les parements des digues (simple protection anti-érosion) et également déjointés les pierres constitutives de l'ouvrage.

¹ TA : Terrain Actuel

De plus, les matériaux argileux constitutifs des digues sont sujets au phénomène de retrait-gonflement ce qui contribue ainsi à une perte de cohésion et de stabilité des digues de la frange superficielle lors d'épisodes secs.

L'orientation des fissures présentes sur l'ouvrage de Bérigo et l'estimation d'un ancrage de l'ouvrage maçonné au sein des sables ou au toit du faciès compact, semble indiquer que le tassement des digues entraîne un tassement différentiel entre le centre de l'ouvrage (qui se serait moins tassé) et les bords de l'ouvrage (qui ont suivis le tassement des digues). En outre, il est probable qu'un phénomène d'érosion interne du corps de digue contribue à l'instabilité globale des digues.

Le rapport présenté en **Annexe 3** précise l'ensemble de la méthodologie ainsi que les résultats de ces investigations.

1.3. FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE

1.3.1. FONCTIONNEMENT ACTUEL

Actuellement l'ouvrage de Bérigo n'est plus fonctionnel. En effet, les clapets présents en sortie des organes hydrauliques (deux buses DN800 et un dalot) sont dans un état de dégradation avancé. Ces derniers sont maintenus en position fermée.

Aucun dispositif de manœuvre des clapets n'est présent nécessitant une intervention depuis le lit de l'étier pour relever ces derniers.

Les clapets sont toutefois perméables (découpe d'un des clapets). En effet, lors des pleines mers, le niveau dans l'étier de Bérigo augmente avec la marée avec toutefois un différentiel de charge de l'ordre de 50cm. Cela permet ainsi d'équilibrer les charges hydrauliques amont et aval de l'ouvrage et limite ainsi la poussée hydrostatique sur l'ouvrage. **Cette perméabilité sauvegarde notamment l'ouvrage car le différentiel de charge amont/aval est limité.**



Niveau d'eau de la marée coté Traict du Croisic

Niveau d'eau coté étier de Bérigo



Fig. 24. Ouvrage de Bérigo lors d'une pleine mer (coefficient 115)

Rappelons que les cotes de crête des talus côté étier sont inférieures à celles de la crête de l'ouvrage ainsi que de la digue marine. Les cotes sont reprises ci-après :

- Cote des talus le long de l'étier : **3.20 à 3.50m IGN69** ;
- Cote de crête de l'ouvrage de Bérigo : **3.70 à 3.88m IGN69** ;
- Cote de crête de la digue marine : **3.85 à 4.10m IGN69**.

En configuration actuelle, l'ouvrage de Bérigo permet d'atténuer le niveau d'eau coté étier et de maintenir ce niveau d'eau en dessous du niveau de crête des talus le long de l'étier.

Lors des basses mers, les eaux de l'étier sont progressivement évacuées.

Historiquement, l'ouvrage de Bérigo a été construit pour protéger l'activité salicole. En effet, le long de l'étier de Bérigo, différents ouvrages hydrauliques liés à l'activité salicole sont présents. Ces derniers permettent notamment l'alimentation de la vasière située à l'Est de l'étier.



Fig. 25. Ouvrage d'alimentation de la vasière située à l'Est de l'étier

1.3.2. FONCTIONNEMENT GLOBAL DES OUVRAGES EN ENTREE D'ETIER

Le fonctionnement classique des ouvrages en entrée d'étier consiste en :

- Une ouverture quasiment en permanence afin de ne pas perturber la continuité hydraulique et sédimentaire et de permettre l'alimentation des activités salicoles.
- Une fermeture en cas de marée à fort coefficient (supérieur à 105), en cas de tempêtes ou de pollution.

1.4. CONCLUSIONS GENERALES

Sur la base des éléments du diagnostic réalisé sur l'ouvrage de Bérigo, les conclusions principales sont reprises ci-après :

- Le diagnostic visuel de l'ouvrage a conclu en la présence de nombreux désordres dont les principaux sont :
 - 2 fissures verticales présentes en partie centrale ;
 - 1 fissure oblique depuis la crête sur le côté rive droite du parement ;
 - L'état des clapets des organes hydrauliques ainsi que l'incapacité de les manœuvrer ;
 - La présence de désordres et de signes de glissement des digues en appui de l'ouvrage notamment en rive droite de l'étier de Bérigo. Ce point est notamment conforté par les investigations géotechniques.
 - Globalement peu d'évolution depuis le diagnostic réalisé en 2008.

- Les investigations géotechniques n'ont pas permis qu'une reconnaissance partielle des fondations de l'ouvrage. D'après les observations, ces dernières suivent la largeur en base de l'ouvrage (de l'ordre de 2m) et sont à minima à la cote -0.65m IGN69.

Ces investigations renseignent également sur la cote probable du toit du substratum granitique (de l'ordre de -2.05 à -2.25m IGN69).

- Sur le fonctionnement de l'ouvrage, malgré son état, il répond globalement au fonctionnement attendu de ce type d'ouvrage, à savoir :
 - En période normale : l'ouvrage permet l'évacuation des eaux de l'étier de Bérigo (débit limité mais à priori suffisant) à basse mer et une entrée des eaux dans l'étier de Bérigo en pleine mer ;
 - En période de pleine mer (pour des coefficients supérieurs à 105 ou en cas de tempêtes) : l'ouvrage malgré une perméabilité, permet une protection coté étier avec globalement des niveaux inférieurs de l'ordre de 50 à 70cm par rapport au niveau coté Traict du Croisic.

Notons que cette perméabilité de l'ouvrage permet d'équilibrer les charges hydrauliques en amont et aval et limite ainsi la poussée sur l'ouvrage.

- Une des principales contraintes de l'ouvrage réside dans son accès. Actuellement l'accès est possible uniquement à pied coté étier ou en barge coté Traict du Croisic.

Ce point est notamment à intégrer dans les scénarii de confortement.

2. PROPOSITION D' ACTIONS

2.1. OBJECTIFS

L'ouvrage de Bérigo, dans sa disposition actuelle, participe à la protection du quartier de la Herpe à Batz-sur-Mer.

Les éléments présentés dans le diagnostic concluent en la présence de désordres sérieux, pouvant mettre en péril les enjeux situés en arrière. Le confortement de cet ouvrage répond donc aux objectifs suivants :

- Pérenniser et sécuriser l'ouvrage de Bérigo ;
- Assurer le fonctionnement classique de ce type d'ouvrage tel qu'indiqué au chapitre 1.3.2.

Pour ce faire, différentes solutions de confortement peuvent être proposées.

Ces solutions sont graduées selon leur importance, à savoir :

- Scénario 1 : Réfection de l'ouvrage et réparation des organes hydrauliques ;
- Scénario 2 : Renforcement et confortement de l'ouvrage ;
- Scénario 3 : Reprise complète de l'ouvrage.

2.2. SCENARIO 1 – REFECTION DE L'OUVRAGE

Ce scénario consiste en une simple réfection de l'ouvrage. Cette réfection comprend :

- La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.

Ces travaux ne nécessitent pas l'utilisation d'engins lourds. Aussi l'accès pourra se faire soit par moyens terrestres en passant sur la crête des talus de l'étier de Bérigo ou par des moyens nautiques par une barge pouvant s'échouer à l'aval de l'ouvrage.

Aucune piste d'accès n'est donc prévue.

Le schéma ci-après récapitule ce scénario.

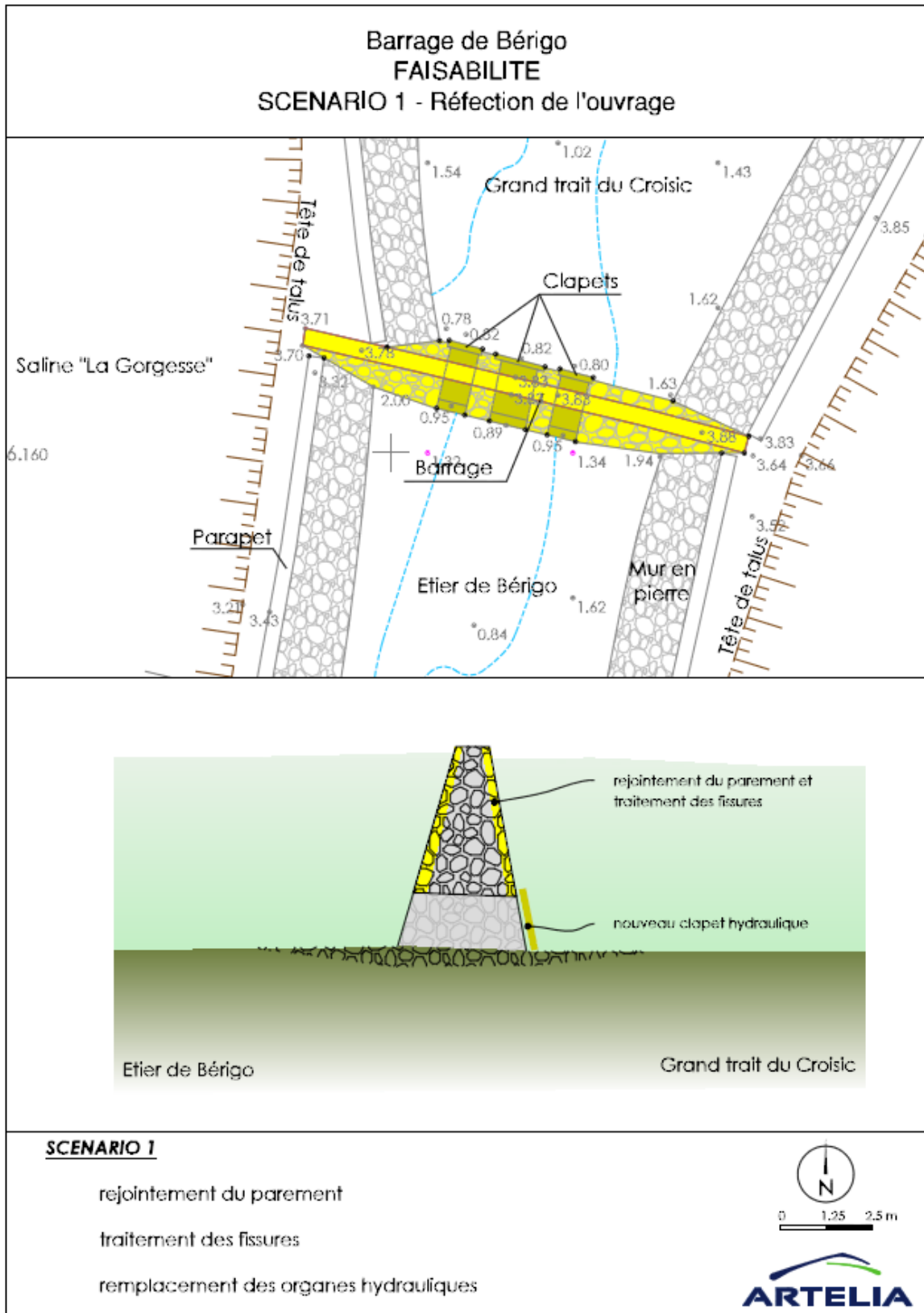


Fig. 26. *Scénario 1 : réfection superficielle de l'ouvrage*

Cet aménagement permettrait de rétablir un fonctionnement normal pour ce type d'ouvrage par l'intermédiaire de nouveaux organes hydrauliques fonctionnels.

Concernant la pérennité de l'ouvrage, seuls les désordres superficiels seront repris. Aucune action n'est prévue sur les digues en appui de l'ouvrage ce qui pourrait conduire à terme à de nouvelles fissurations de l'ouvrage.

De plus, le fait de remplacer les organes hydrauliques et de reprendre les fissures et déjoints réduirait les passages d'eau au droit de l'ouvrage et augmenterait le gradient hydraulique amont/aval lors d'événements tempétueux (clapets fermés).

Les contraintes hydrauliques seraient ainsi plus importantes pouvant remettre en cause la stabilité de l'ouvrage.

2.3. SCENARIO 2 – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE

Pour ce scénario, deux alternatives sont envisagées, à savoir :

2.3.1. SCENARIO 2 A – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE PAR MISE EN PLACE D'UN MERLON

Ce premier scénario consiste à conforter l'ouvrage de Bérigo par l'aménagement d'un merlon coté étier. Ce confortement comprend :

- La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.
- La création d'un merlon de soutènement en argile en amont de l'ouvrage avec dispositif d'ancrage ;
- La réalisation d'un couronnement bétonné en crête d'ouvrage. Ce couronnement permettra de reprendre les phénomènes de surpression sur l'ouvrage et contribuera à un renforcement global de l'ouvrage.

Ces travaux nécessitent l'utilisation d'engins lourds afin de réaliser le merlon et de réaliser le couronnement de l'ouvrage. Une piste d'accès est donc à prévoir (Cf chapitre 2.5).

Le schéma ci-après récapitule ce scénario.

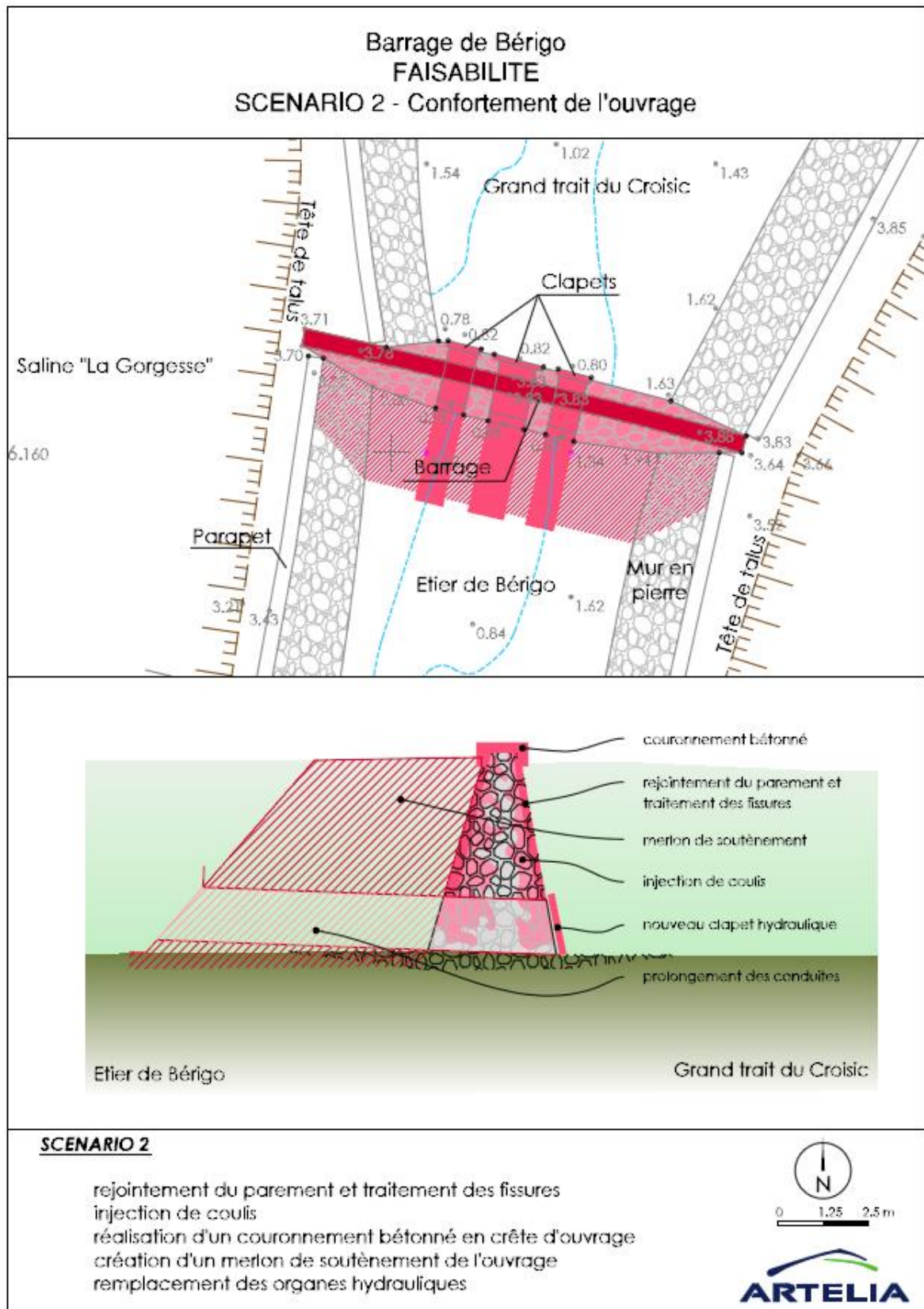


Fig. 27. Scénario 2A : Confortement de l'ouvrage

2.3.2. SCENARIO 2 B – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE

Cette variante consiste à conforter l'ouvrage de Bérigo par l'aménagement de gabions ancrés en amont et aval de l'ouvrage. Elle comprend :

- ♦ La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;
- ♦ Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.
- ♦ L'aménagement de gabions ancrés au droit des parements amont et aval.

Ces travaux nécessitent également l'utilisation d'engins lourds afin de réaliser le merlon et de réaliser le couronnement de l'ouvrage. Une piste d'accès est donc à prévoir (Cf chapitre 2.5).

Le schéma ci-après récapitule ce scénario.

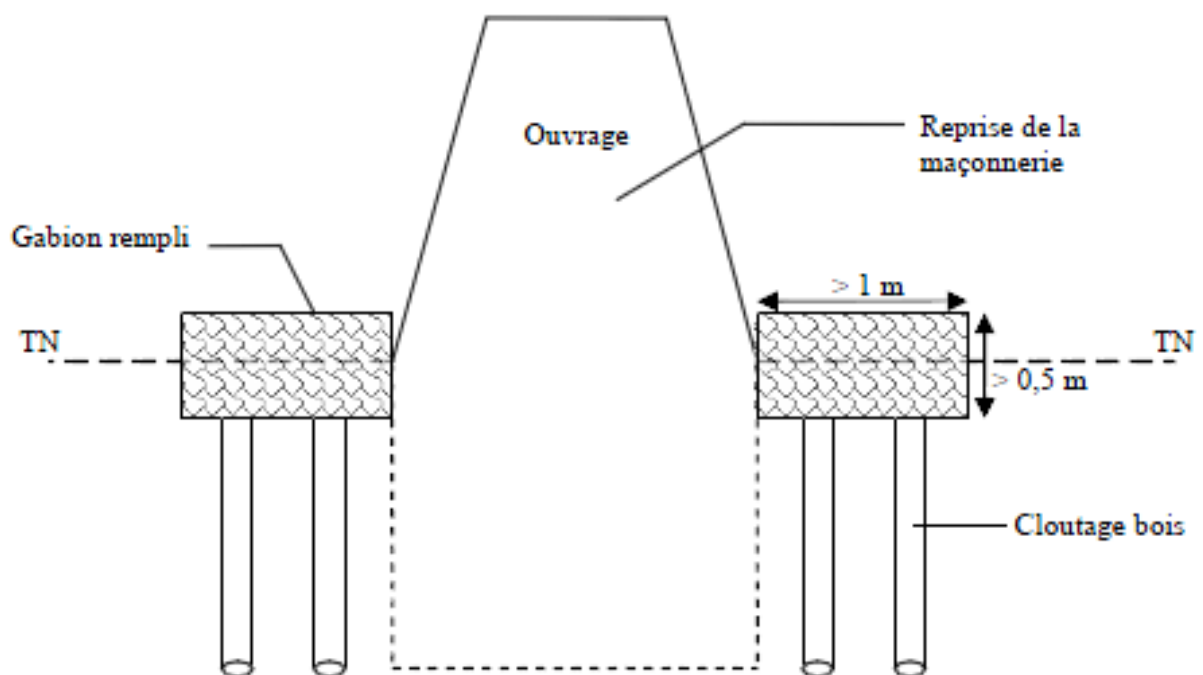


Fig. 28. Scénario 2B : Confortement de l'ouvrage

2.4. SCENARIO 3 – REPRISE DE L'OUVRAGE

Ce dernier scénario prévoit une reprise complète de l'ouvrage. Cet aménagement comprend :

- La reprise de la maçonnerie de l'ouvrage, à savoir rejointoiement des parements et traitement des fissures observées par injection de coulis ;
- Création d'un voile béton de part et d'autre de l'ouvrage avec armatures aciers et présence de tirants au travers l'ouvrage. Une reprise des fondations devra être prévue ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre ;
- Traitement des digues en rive gauche et droite de l'ouvrage servant d'appui à l'ouvrage par un dispositif anti basculement. Cette reprise des digues d'appui consistera en un reprofilage permettant d'assurer une bonne stabilité de l'ouvrage. Le linéaire de digue traité est de l'ordre de 10m sur chacune des rives de l'ouvrage de Bérigo. Cette reprise comprendra:
 - Un élargissement de la crête de digue ;
 - Talutage du parement coté marais avec des pentes de l'ordre de 1/2 à 1/3 (selon investigations géotechniques) ;
 - Reprise de la maçonnerie du parement côté mer ;

Cette reprise des digues nécessitera des investigations géotechniques supplémentaires.

Ce scénario nécessite également l'emploi d'engins lourds pour la réalisation des travaux. Un accès est donc à prévoir (Cf. chapitre 2.5). Une plateforme devra être créée dans l'étier afin d'accéder à la rive opposée.

Le schéma ci-après récapitule ce scénario.

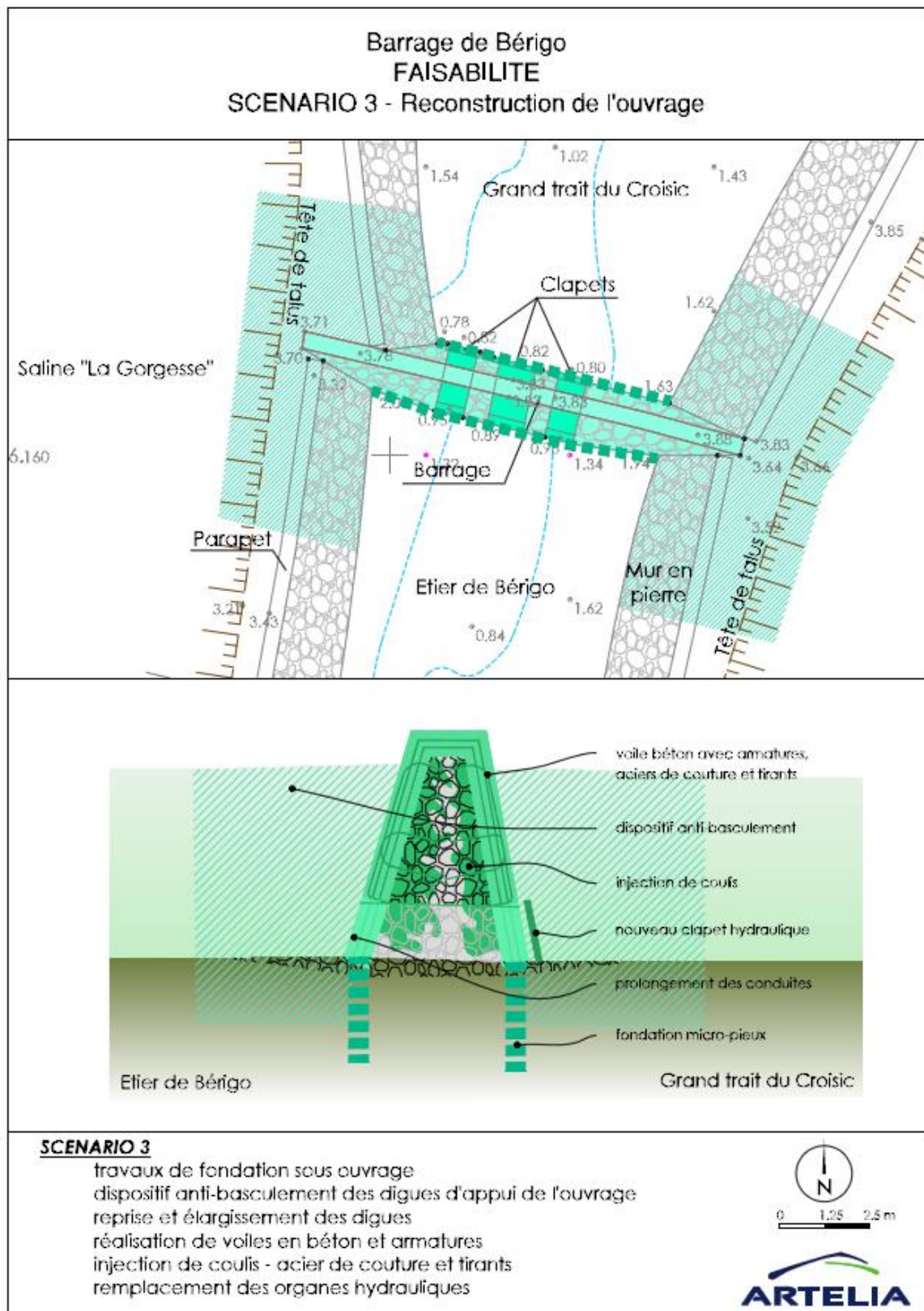


Fig. 29. Scénario 3 : reconstruction de l'ouvrage

2.5. FAISABILITE DES ACCES A L'OUVRAGE DE BERIGO

Comme indiqué précédemment, les scénarios 2 et 3 nécessiteront l'aménagement d'accès pour engins jusqu'à l'ouvrage de Bérigo.

Différents accès sont envisageables sur le site d'étude. La carte ci-après localise ces derniers.

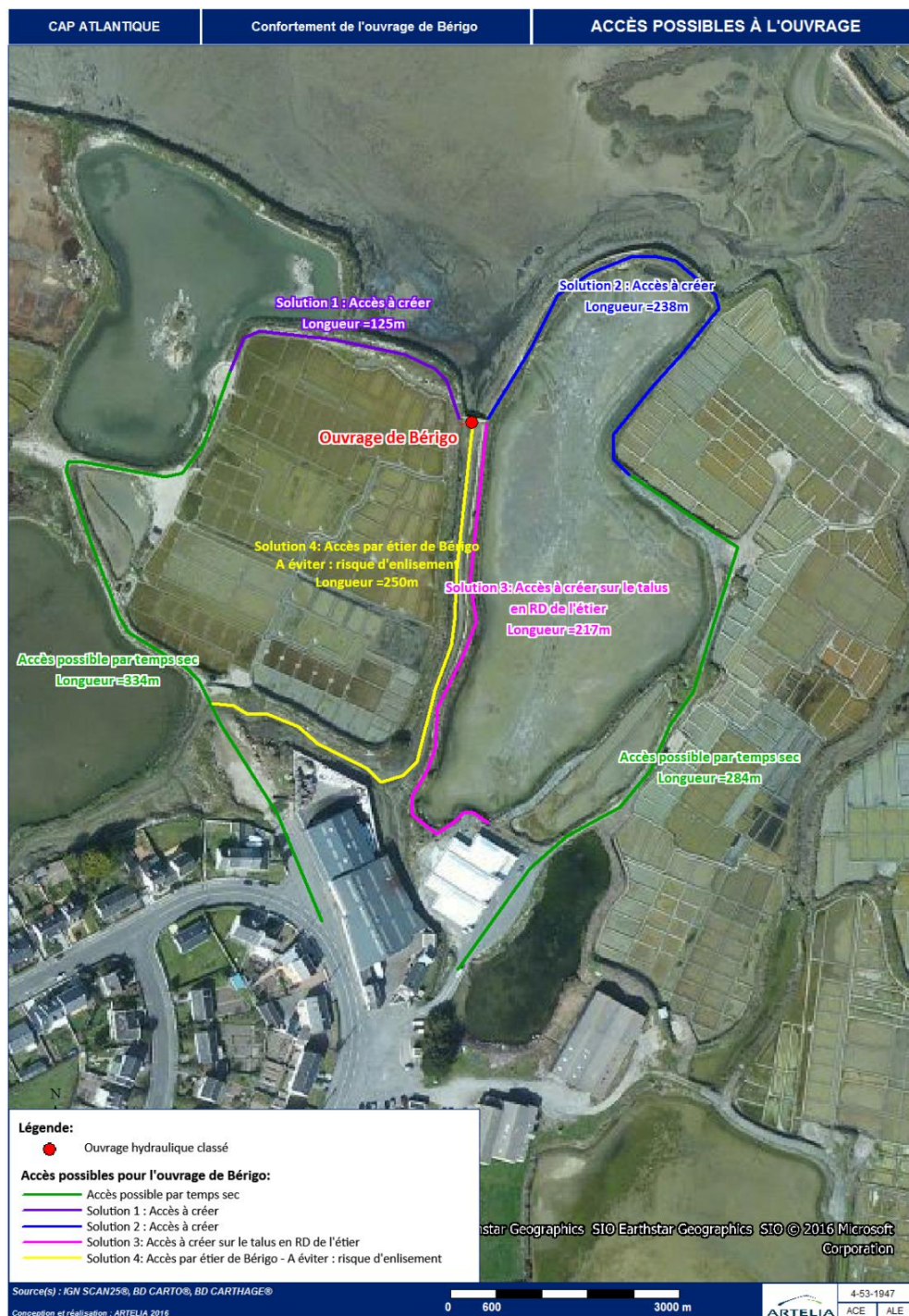


Fig. 30. Accès possibles pour l'ouvrage de Bérigo

Le tableau ci-après détaille la faisabilité de chacun des accès.

L'estimation réalisée a été faite sur la base de volumes moyens de remblai à mettre en place pour créer les accès. Cette estimation devra être affinée en fonction de :

- La disponibilité de la ressource en argile sur le secteur. Le prix indiqué tient compte de la fourniture de l'argile ;
- Définition précise des métrés par la réalisation d'une coupe type ;
- Investigations géotechniques complémentaires (Type G2 AVP et PRO).

Tabl. 1 - Faisabilité technique et financière des accès à l'ouvrage de Bérigo

Accès possible	Linéaire	Description	Contrainte foncière	Faisabilité technique	Faisabilité réglementaire	Estimation des travaux
Solution n°1	125m	Création d'une piste le long de la digue marine à l'Ouest de l'ouvrage	Oui – en lien avec le propriétaire des salines	+ : Linéaire le plus court -/+ : A vérifier avec les stocks d'argile - : Nécessité d'enlever le merlon	Dossier d'incidence Natura2000 :	Entre 42 000 à 53 000€ HT
Solution n°2	238m	Création d'une piste le long de la digue marine à l'Est de l'ouvrage et autour de la vasière	Oui – en lien avec le propriétaire des salines à proximité	+ : Permet de renforcer le secteur de digue marine le plus dégradé (à l'Est de l'ouvrage de Bérigo) - : linéaire important -/+ : A vérifier avec les stocks d'argile	<ul style="list-style-type: none"> Etat initial des espèces présentes sur le site de travaux (ouvrage et accès) : faune, flore, avifaune Définition des impacts en phase travaux 	Entre 77 000 à 96 000€ HT
Solution n°3	217m	Création d'une piste d'accès en rive droite de l'étier de Bérigo	Oui – en lien avec le propriétaire des salines à proximité	- : linéaire important -/+ : A vérifier avec les stocks d'argile	<p>Nécessite un dossier d'autorisation au titre de la Loi sur l'eau incluant une évaluation d'incidence Natura2000 pour la rubrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Rubrique 3.1.2.0 « Modification du profil en long ou en travers d'un cours d'eau supérieur à 100m ») : Car modification du profil en travers de l'étier de Bérigo 	Entre 57 000 à 72 000€ HT
Solution n°4	250m	Passage des engins par l'étier depuis le passage à gué	Aucune	- - : Risque élevé d'enlèvement des engins lors du passage dans l'étier	Dossier d'incidence Natura2000	<5 000€ HT : Aménagement du passage à gué

D'après ces éléments, nous préconisons la solution n°1 qui présente la meilleure faisabilité en intégrant les contraintes techniques et financières. Cette solution d'accès sera considérée dans les scénarios d'aménagement de l'ouvrage de Bérigo.



2.6. ANALYSE ET FAISABILITE DES SOLUTIONS

2.6.1. ASPECT REGLEMENTAIRE

L'Annexe 4 précise la note réglementaire pour les différents scénarios.

Le site de Bérigo est inclus dans le site Natura 2000 « Marais Salants de Guérande, traicts du Croisic et dunes de Pen-Bron » (ZSC FR5200627 et ZPS FR5210090) et situé également en site classé.

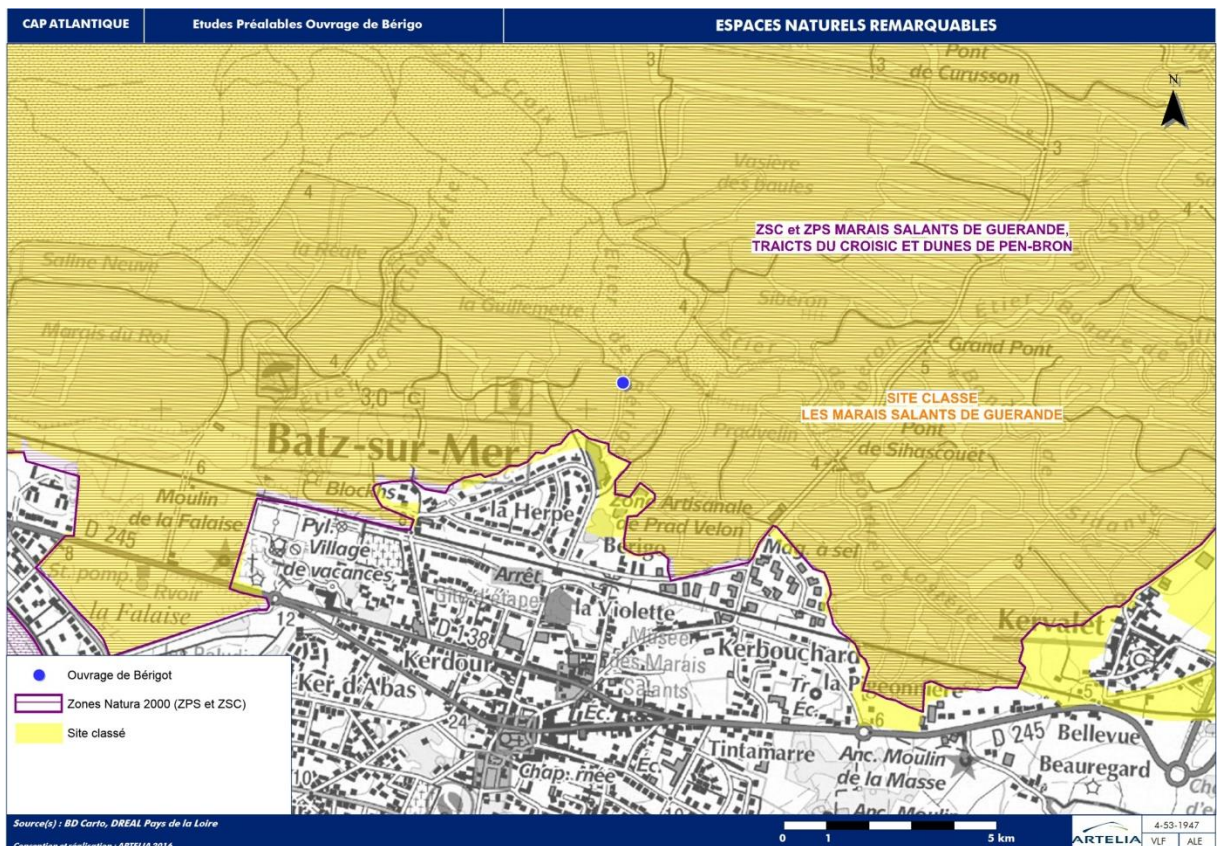


Fig. 31. Enjeux naturels remarquables sur le site de Bérigo

Les solutions proposées dans le cadre du confortement de l'ouvrage de Bérigo sont soumis à la Loi sur l'eau, à l'évaluation des incidences Natura2000 et à l'analyse site classé.

Notons que pour les scénarios 2A, 2B et 3, la création de la piste d'accès est nécessaire. Cette dernière a été intégrée dans l'analyse réglementaire sur la base de la solution n°1 décrite au chapitre 2.5.

Le tableau ci-après présente les rubriques visées pour chacun des scénarios envisagés.

Tabl. 2 - Analyse réglementaire pour les scénarios de confortement envisagés

	SCENARIO 1	SCENARIO 2A ET 2B	SCENARIO 3
	Réalisation d'une déclaration d'existence de l'ouvrage au préalable		
Analyse réglementaire Loi sur l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Rubrique 3.1.2.0. « Modification du profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau » : pas de modification du lit mineur → projet non concerné par cette rubrique - Rubrique 4.1.2.0. « Travaux en contact avec le milieu marin » : coût des travaux inférieur à 160 000 € → projet non soumis à déclaration 	<ul style="list-style-type: none"> - Rubrique 3.1.1.0. « Obstacle à l'écoulement des crues » : pas de phénomène de crue observé, projet permettant d'améliorer la continuité hydraulique → projet non concerné par cette rubrique - 3.1.5.0. « Impact sur la faune et flore aquatique » : projet soumis à déclaration - Rubrique 4.1.2.0. « Travaux en contact avec le milieu marin » : à vérifier selon coût des travaux (si supérieur à 160 000 € mais inférieurs à 1,9 M€ → projet soumis à déclaration) 	<ul style="list-style-type: none"> - Rubrique 3.1.2.0. « Modification du profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau » : modification du lit mineur sur un linéaire inférieur à 100 m pour la création de la piste d'accès → projet soumis à déclaration - Rubrique 3.1.1.0. « Obstacle à l'écoulement des crues » : pas de phénomène de crue observé, projet permettant d'améliorer la continuité hydraulique → projet non concerné par cette rubrique - 3.1.5.0. « Impact sur la faune et flore aquatique » : projet soumis à déclaration - Rubrique 4.1.2.0. « Travaux en contact avec le milieu marin » : à vérifier selon coût des travaux (si supérieur à 160 000 € mais inférieurs à 1,9 M€ → projet soumis à déclaration)
Analyse réglementaire Natura 2000	Travaux limités à l'ouvrage sur une période limitée	Projet soumis à la Loi sur l'Eau dans un site Natura 2000 → projet soumis à évaluation des incidences Natura 2000	
Espèces protégées et impacts durant les travaux	Non concerné	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation des incidences sur le milieu et natura2000 : <ul style="list-style-type: none"> ○ Etat initial des espèces présentes sur le site de travaux (ouvrage et accès) : faune, flore, avifaune ○ Périodes d'intervention des travaux / détails des travaux (engins, rejets...) et incidences sur milieu 	
Aspect loi Littoral	Articles L 121.23 et R-121.5 : non concerné		
Analyse réglementaire Site Classé	A priori non concerné : Simple entretien de l'ouvrage : paysage non modifié	<ul style="list-style-type: none"> - Projet soumis à autorisation spéciale au titre des sites classés : <ul style="list-style-type: none"> ○ Justification du projet ; ○ Présentation du projet ; ○ Définition des incidences paysagères 	
Conclusions	Projet non concerné par une procédure réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> - Projet soumis à déclaration Loi sur l'Eau incluant une évaluation des incidences Natura 2000 - Procédure de déclaration : durée de la procédure 2 mois² - Projet soumis à autorisation spéciale au titre du site classé : durée d'instruction de la procédure 6 mois 	

² A titre de comparaison, la procédure d'autorisation unique est de l'ordre de 10 mois avec réalisation d'une enquête publique.

2.6.2. ANALYSE ET FAISABILITE DES SOLUTIONS

2.6.2.1. FAISABILITE DES SOLUTIONS

Sur la base des éléments présentés précédemment, une synthèse sur la faisabilité des aménagements est indiquée dans le tableau ci-après.

Tabl. 3 - Faisabilité des scénarios proposés dans le cadre du confortement de l'ouvrage de Bérigo

	RESPECT DES OBJECTIFS		FAISABILITE DE L'AMENAGEMENT		
	<i>Assurer le fonctionnement classique</i>	<i>Pérenniser et sécuriser l'ouvrage</i>	<i>Accès à la zone de travaux</i>	<i>Complexité des travaux</i>	<i>Pérennité de l'ouvrage post travaux</i>
Scénario 1	Oui	Partiellement – Aucune action sur les digues et vérification de la stabilité de l'ouvrage à faire lors des événements importants (gradient hydraulique important)	AV = accès par le traict ou par l'étier possible pour engins légers	AV = technique globalement éprouvée sur les travaux d'entretien des digues des Marais salants	Court à moyen terme : - ces travaux d'étanchéification du barrage ne traite pas les problèmes liés aux tassements différentiels aux interfaces digues/barrage relevés par l'étude géotechnique - Stabilité de l'ouvrage à vérifier de par l'augmentation du gradient hydraulique amont/aval
Scénario 2A	Oui	Sous réserve d'un suivi sur les digues en appui de l'ouvrage	INC = nécessite la réalisation de travaux d'élargissement des digues d'accès pour passage d'engins lourds	INC = des études géotechniques supplémentaires sont à réaliser en vue du dimensionnement du merlon et du calcul de stabilité du barrage au regard de la contrainte de basculement	Moyen à long terme: si les conditions géotechniques le permettent, ce scénario déjà éprouvé sur l'ouvrage de Silhascouet, assure une continuité structurelle vis-à-vis des digues attenantes
Scénario 2B	Oui			INC = études géotechniques supplémentaires à réaliser en vue du dimensionnement des micro-pieux et des gabions à mettre en place en pied de barrage	Long terme: si les conditions géotechniques le permettent, ce scénario supprime les tassements différentiels et assure la stabilité de l'ouvrage et des digues attenantes
Scénario 3	Oui	Oui		INC = études géotechniques supplémentaires à réaliser en vue du dimensionnement des micro-pieux, de la coquille en béton armé et du calcul de stabilité du barrage au regard des surcharges intégrées à l'ouvrage - ainsi que du dimensionnement des dispositifs anti-basculement	Long terme: si les conditions géotechniques le permettent, ce scénario supprime les tassements différentiels et assure la stabilité de l'ouvrage et des digues attenantes

2.6.2.2. ESTIMATIF DES SOLUTIONS

Un estimatif des solutions envisagées a été réalisé dans le tableau ci-après.

Rappelons que l'estimatif a été réalisé à un stade de faisabilité.

Remarques:

- Au vu de la nature des travaux, des investigations géotechniques complémentaires (mission G2) sont à réaliser. Ces missions viendront préciser la nature des travaux à réaliser et sont susceptibles de faire évoluer le coût des travaux. Notons que ces investigations géotechniques sont également dépendantes d'un accès à l'ouvrage.
- Notons que pour les scénarios 2A, 2B et 3, la création d'une piste d'accès est nécessaire. Cette dernière a été arrêtée sur la base de la solution n°1 décrite au chapitre 2.5 ;
- Les frais de MOE intègre la réalisation des pièces techniques du DCE (CCTP), des dossiers réglementaires nécessaires pour les différentes solutions (Dossier de déclaration loi sur l'eau avec évaluation des incidences Natura2000, dossier d'autorisation spécial au titre des sites classés) ainsi que le suivi des travaux.
- Afin de prendre en compte l'intégration paysagère des différents scénarios (ravalement en maçonnerie...), un surplus a été intégré à l'estimatif des travaux pour les scénarios 2A, 2B et 3.

Tabl. 4 - Estimatif financier des scénarios de confortement

POSTE	Scénario			
	1	2A	2B	3
Frais généraux (installation de chantier...)	5 000€ HT à 10 000.00€ HT	15 000 à 20 000€ HT		
Estimatif des travaux	≈ 30 000.00€ HT	≈ 65 000 à 80 000€ HT	≈ 120 000 à 130 000€ HT	≈ 190 000€ à 210 000€ HT
Frais de MOE : suivi, dossier réglementaire...	10 000€ HT	20 000€ à 25 000€ HT	25 000€ à 30 000€ HT	30 000€ à 35 000€ HT
Piste d'accès (Solution n°1)	/	Entre 42 000 à 53 000€ HT		
Etudes géotechniques complémentaires (G2)	/	≈ 10 000€ HT	≈ 10 000€ à 15 000€ HT	≈ 15 000€ à 20 000€ HT
Estimatif total (enveloppe moyenne) :	≈ 45 000€ HT à 50 000€ HT	≈ 152 000 à 188 000€ HT	≈212 000 à 248 000€ HT	≈292 000€ à 338 000€ HT

3. SCENARIO RETENU

3.1. JUSTIFICATION DU PROJET DE CONFORTEMENT

Après présentation des propositions d'aménagement en comité technique (réunion tenue le 26/09/2017), il a été convenu de procéder au confortement de l'ouvrage de Bérigo pour les raisons suivantes :

- D'une part, cet ouvrage permet de fermer et d'isoler l'étier de Bérigo des Traicts du Croisic. A ce titre, il a une action de « casse » du clapot engendré par le vent et protège ainsi l'étier de Bérigo.

Les berges de l'étier de Bérigo présentent des cotes de crête inférieures à la digue marine et à la cote de crête de l'ouvrage de Bérigo. L'ouvrage de Bérigo a ainsi un rôle de protection en empêchant les débordements le long de l'étier qui impacteraient des secteurs de marais salants notamment pour des événements fréquents.

Pour des événements marins moyens (niveau marin de 3.80m IGN69), il a été démontré que l'ouvrage a également un rôle de protection direct pour le quartier de la Herpe (Batz-sur-Mer).

- D'autre part, l'ouvrage de Bérigo est un ouvrage historique sur le secteur. Sa sauvegarde constitue ainsi un enjeu patrimonial.

Le confortement de l'ouvrage répond ainsi aux objectifs suivants :

1. Sécuriser l'ouvrage et permettre la manœuvre des organes hydrauliques ;
2. Augmenter le différentiel hydraulique étier/traict lors des grandes marées et tempêtes pour protéger les débordements vers les marais salants et le quartier de la Herpe ;
3. Permettre l'accès à l'ouvrage ;
4. Conforter l'ouvrage dans le respect de l'environnement des marais salants de Guérande.

3.2. SOLUTION RETENUE

Le projet de confortement retenu par le comité technique repose sur la solution 2A. Pour rappel, ce dernier comprend :

- La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.
- La création d'un merlon de soutènement en argile en amont de l'ouvrage avec dispositif d'ancrage ;
- La réalisation d'un couronnement bétonné en crête d'ouvrage. Ce couronnement permettra de reprendre les phénomènes de surpression sur l'ouvrage et contribuera à un renforcement global de l'ouvrage. Les modalités techniques seront approfondies dans les études techniques.

Sur cette base, il a été demandé lors du comité technique :

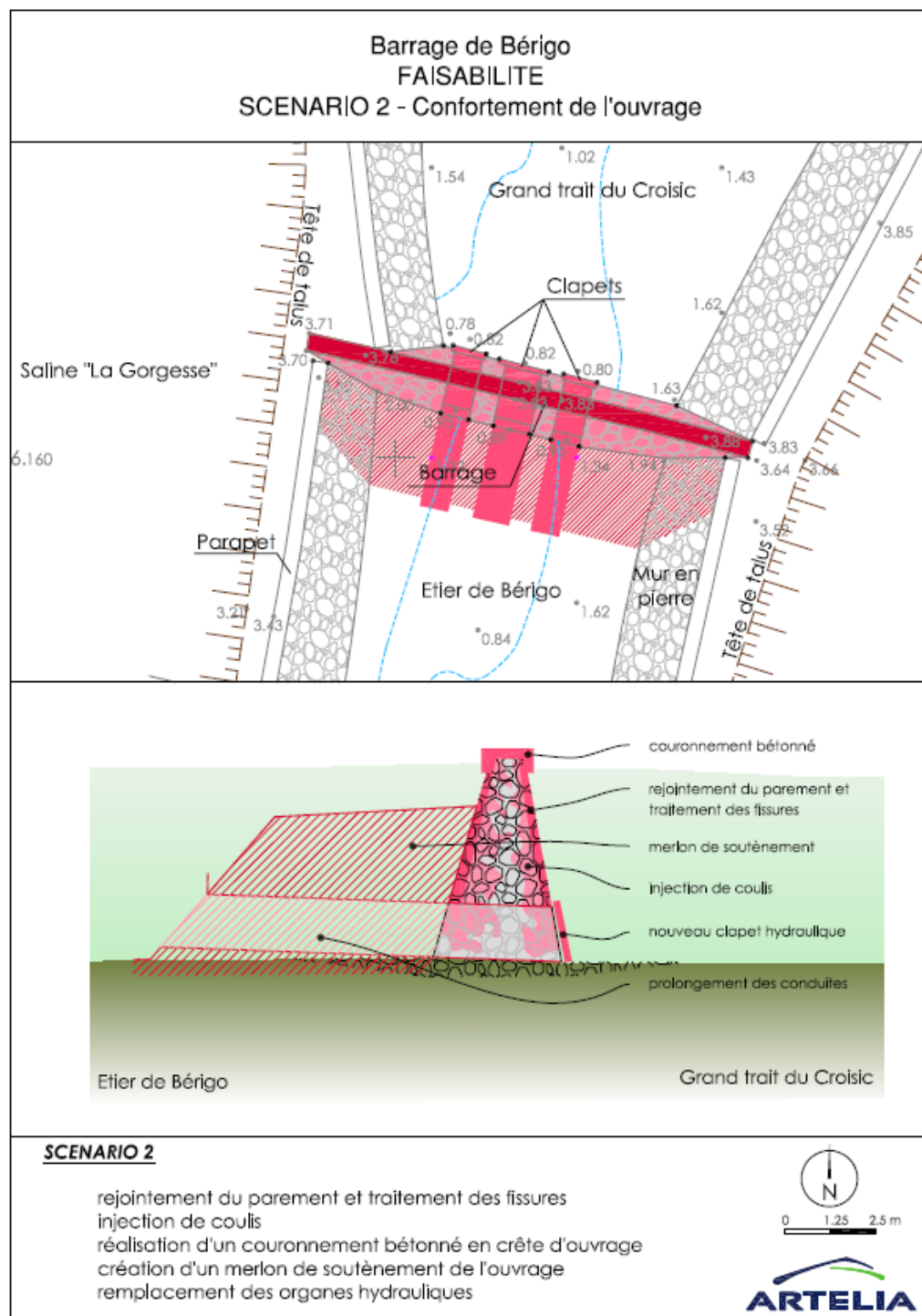
- De revoir la hauteur du merlon coté étier venant en soutien de l'ouvrage de Bérigo ;
- D'identifier les points bas présents sur les berges de l'étier afin de les traiter (d'après relevés topographiques de 2016 – Cf. chapitre 1.2.1.2).

Après échange, la hauteur du merlon coté étier peut être à priori baissée. Les études techniques à venir (AVP, PRO) permettront de définir cette hauteur en fonction des contraintes.

Concernant la réalisation d'un couronnement bétonné, ce dernier est recommandé afin de reprendre les éventuels phénomènes de surpression. Les études techniques à venir permettront d'affiner cette solution.

Un suivi de la stabilité des digues au droit de l'ouvrage de Bérigo est à prévoir. Un renforcement de ces digues pourra être nécessaire dans le cadre du confortement de l'ouvrage.

Le schéma de faisabilité actualisé est indiqué ci-après.



L'estimatif de cette solution de confortement est indiqué au chapitre 2.6.2.2.

Concernant l'identification des points bas présents le long des berges de l'étier de Bérigo, la carte ci-après les localise.



Fig. 32. Localisation des points bas le long de l'étier de Bérigo (ARTELIA - 2017)

En considérant, une fermeture de l'ouvrage de Bérigo dès l'atteinte d'une cote **entre 5.85 et 6m CM** de Saint Nazaire (consigne pour les fermetures des ouvrages de Milaret et Grand Bal : équivaut à un niveau de l'ordre de 2.70 à 2.90m IGN69), le risque de submersion des berges est toutefois limité.

3.3. PROGRAMMATION ENVISAGEE

Afin de procéder au confortement envisagé de l'ouvrage de Bérigo, il est prévu le calendrier suivant :

- **2018** : Lancement des études réglementaires et techniques (AVP / PRO) permettant le confortement de l'ouvrage ;
- **2019** : Lancement des travaux de confortement de l'ouvrage.

ANNEXE 1

Eléments du diagnostic de 2009 de l'ouvrage de Bérigo – SOGREAH/ARTELIA

Marais salants du bassin de Guérande - Fiche Synthétique d'Ouvrage n°1



Nom de l'ouvrage :	Ouvrage de Bérigo
Indice - Date mise à jour	A - 01/04/2008

Localisation / photo



Date et heure d'inspection	08/02/2008 à 15 h 45
Marée	BM coeff 94

Etier	Bérigo	Commune	Batz-sur-Mer
Nature d'ouvrage	Barrage en pierres maçonnées, avec orifices en partie inférieure		
Année de construction Historique de l'ouvrage			
Fonction	Réduire le risque de destruction des digues en limitant la remontée des niveaux marins dans l'étier lors d'aléas climatiques extrêmes		
Propriétaire			
Gestionnaire(s)	David CHOLON 02-40-53-41-57 / Jean-Yves BOURDIC 02-40-23-98-39		
Syndic(s)	Aubin RIVALANT 02-40-23-98-73 / Louis-Charles RIO 02-40-23-85-83		
Gestion actuelle			
Recommandation de gestion			
Description générale			
Buses	Nb clapets		
2 Ø 800 + 1 dalot de 1,00 x 0,95 m	3		
Largeur hors tout (entre berges)	Surface utile		
~ 15 m	~ 2 m ²		

Accessibilité	Ouvrage sous pont routier
Par la mer ou par les digues entre salines	Non

	Etat des lieux				Recommandations- travaux
	Nature	Désordres apparents	Dysfonctionnement	N° de photo	
Génie Civil					
Sous-œuvre	fondé sur terrain				
Radier	néant				
Parement amont	maçonnerie	2 fissures traversantes		1, 5	fissures structurelles traversantes avec risque important de ruine de l'ouvrage par rupture sous les effets des clapets et des vagues avec envahissement de l'étier et des salines, voir partie basse de la ville
Parement aval	maçonnerie	2 fissures traversantes			
Organes hydrauliques					
3 clapets	clapets en bois articulés sur des pentures		problèmes étanchéité des clapets dûs à l'absence de radier	2	pas d'organe de manœuvre. Intervention depuis le lit de l'étier pour relèvement des clapets
Dispositifs de sécurité					
NEANT					
Radier					
Murs de soutènement maçonné en rives	côté mer : maçonnerie joints ciment	tête du mur en RD tombée sur 10 à 15 m		4	reconstruire la tête du mur RD côté mer, vérifier et remettre en état le reste des perrés
	côté étier : maçonnerie joints secs	perré en RG avec pierres désorganisées en tête et en RD quelques pierres absentes en pied		1, 5	reprendre le perré RG côté marais
Morphologie de l'étier					
Au droit de l'ouvrage	fond jonché de blocs épars issus des perrés			3	de la largeur du barrage se rétrécissant en allant vers l'amont, et s'évasant en aval avec des murs ouverts à 15° à 20°
Lit amont	lit se rétrécissant avec dépôt vaseux localisé			6	
Lit aval	étier débouchant sur la mer. Fond vaseux				
Berges	perrés	côté marais, désordres en tête de perrés et en pied côté mer, quelques pierres absentes en RD		4, 5, 6	

MARAIS SALANTS DU BASSIN DE GUERANDE

N°1 : Ouvrage de BERIGO

MARS 2008

DIAGNOSTIC DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL

GUERANDE

4 53 0389

Photo 1 : Côté amont du barrage

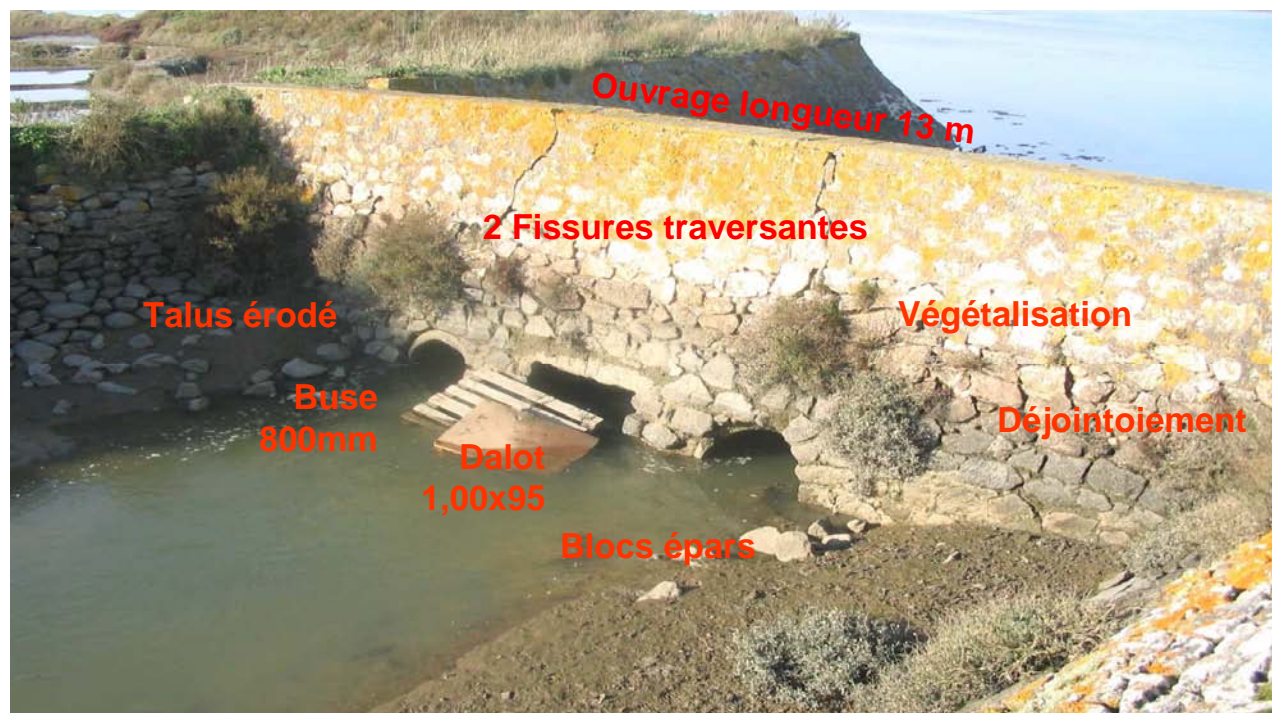
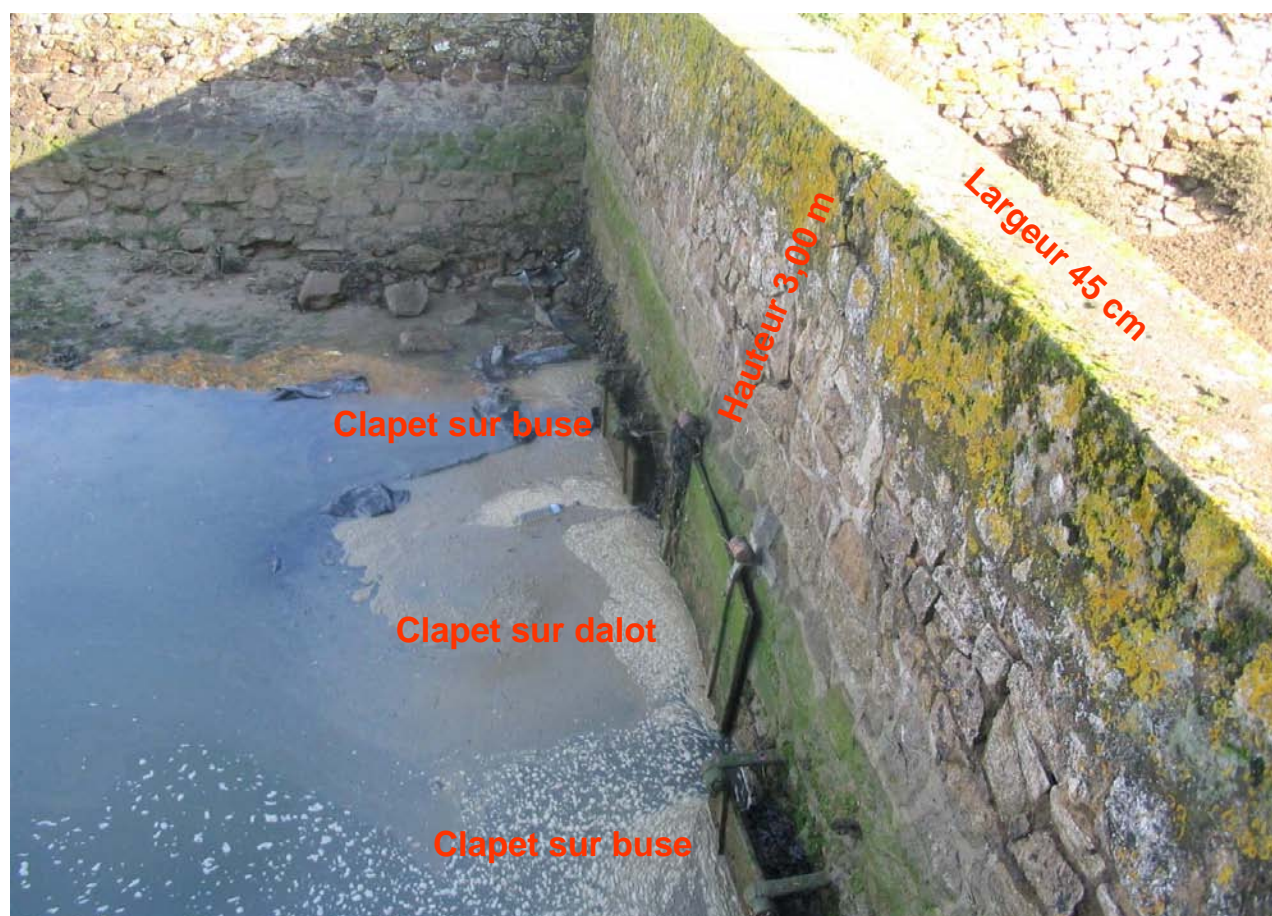


Photo 2 : Côté aval du barrage



MARS 2008

DIAGNOSTIC DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL

GUERANDE

Photo 3 : Détail côté amont du barrage



Photo 4 : Mur aval rive droite




MARS 2008	DIAGNOSTIC DES OUVRAGES DE GENIE CIVL	GUERANDE
	Marais salants de GUERANDE Ouvrage N°1 : Barrage de BERIGO	4 53 0389
		Page 2

Photo 5 : Mur amont rive gauche

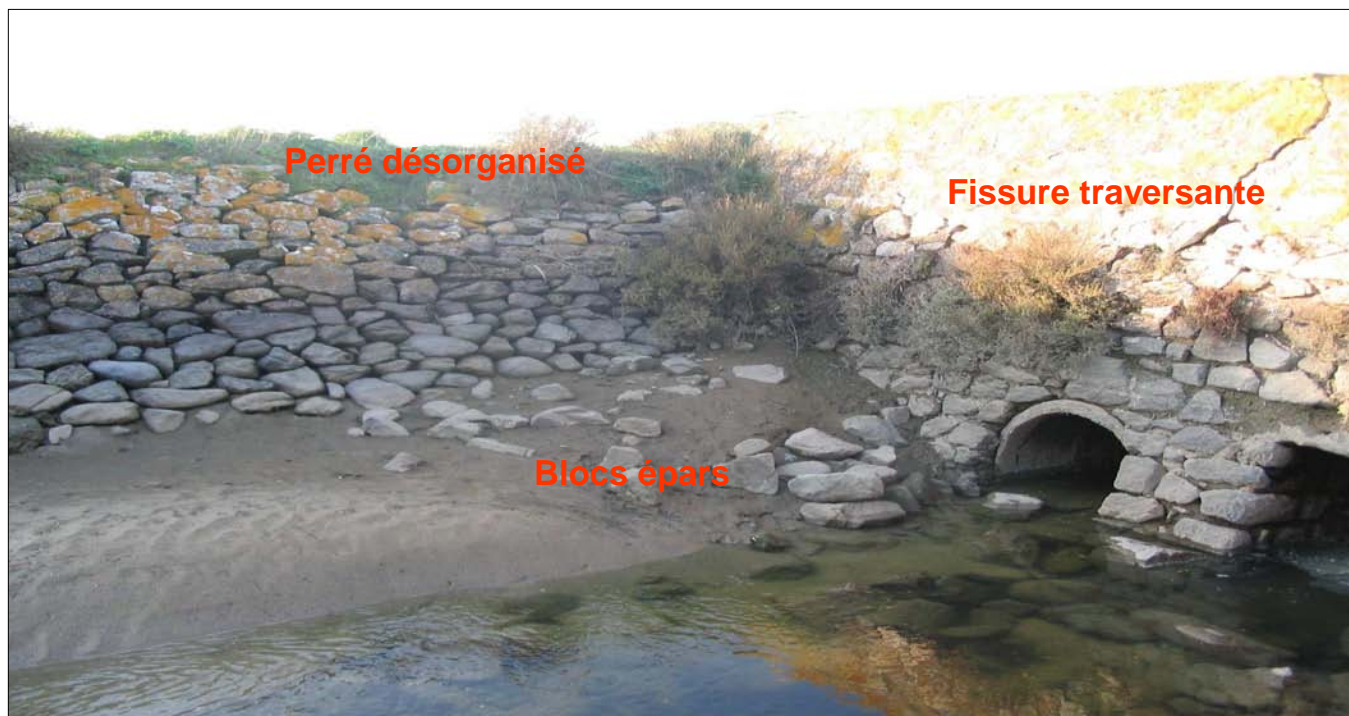


Photo 6 : Etier côté amont



MARS 2008

DIAGNOSTIC DES OUVRAGES DE GENIE CIVL

GUERANDE



Marais salants de GUERANDE
Ouvrage N°1 : Barrage de BERIGO

4 53 0389

Page 3

ANNEXE 2

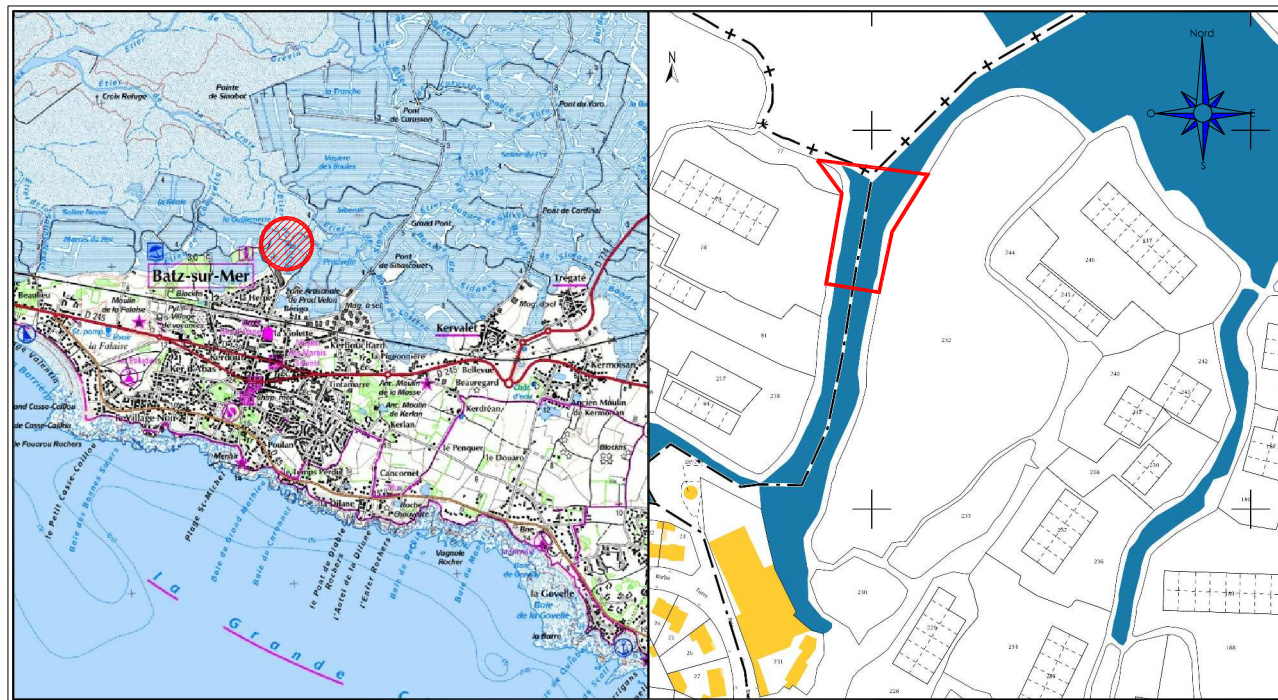
Plans et coupes topographiques de l'ouvrage de Bérigo

Cap Atlantique

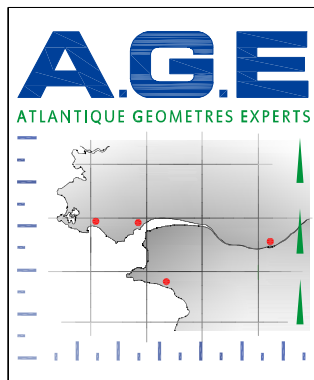
PLAN TOPOGRAPHIQUE

Echelle 1/200^e

PLAN DE SITUATION

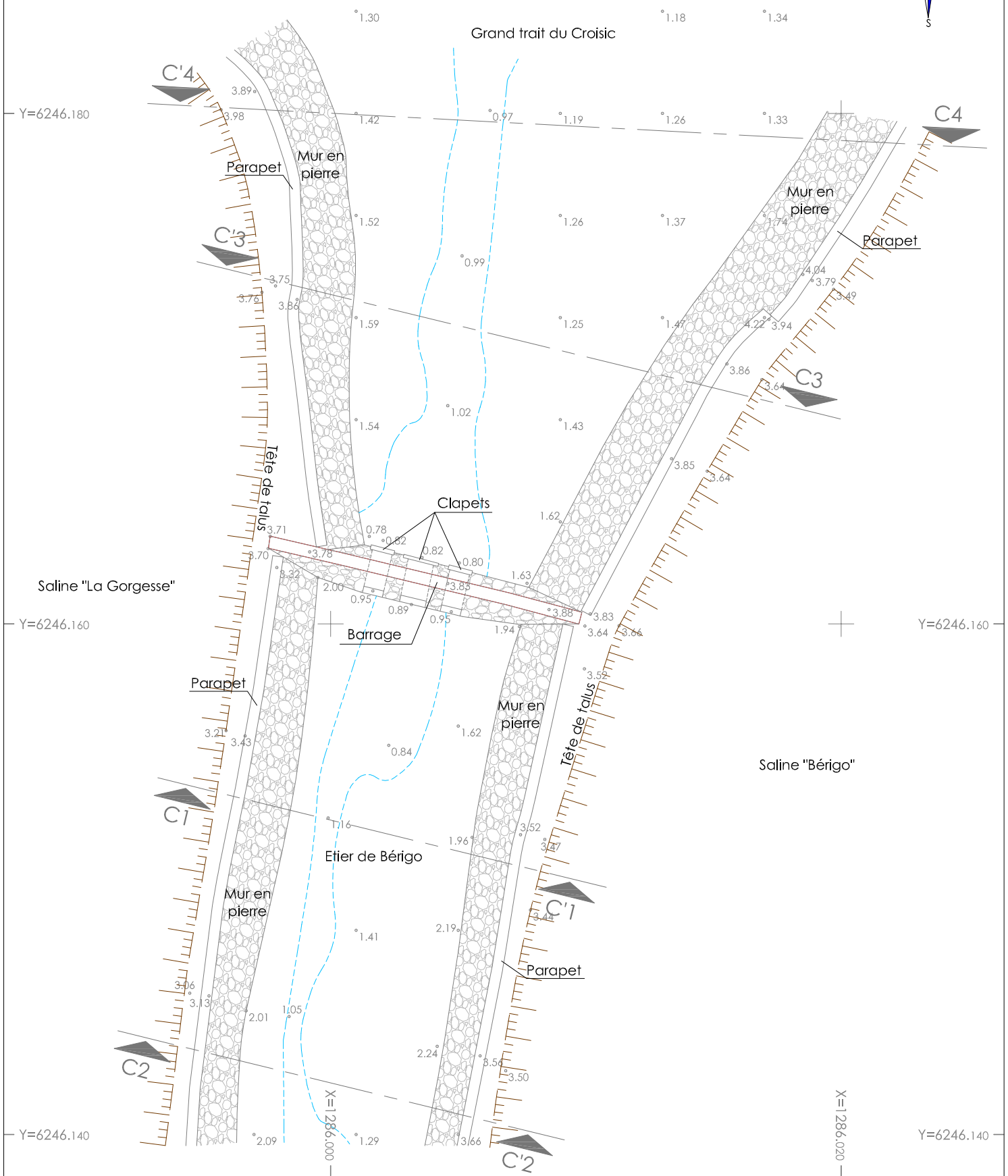
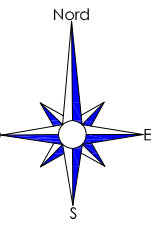


DOSSIER - n° 15.0722B



A	09-12-2015	Réalisation du plan	DC
B			
C			
D			
E			

Etienne PRINCE Géomètre Expert DPLG - Urbaniste e.prince@age-lb.com Stéphanie PRIEUR-DELAGE Géomètre Expert DPLG - Urbaniste contact@prieur-ge.fr Fabien PALFROY Géomètre Expert - Diplômé ICH f.palfroy@age-lb.com	AGENCE DE LA BAULE 55 Avenue Lajarrige BP n°3 44500 LA BAULE Tél : 02.40.42.78.40 Fax : 02.40.42.78.43 AGENCE DE SAINT-NAZAIRE - BUREAU VRD 10 Rue Louis Pasteur 44600 SAINT NAZAIRE Tél : 02.40.66.00.04 Fax : 02.40.66.00.06	AGENCE DE PORNIC - SUD LOIRE 420, rte de la Janvrie BP1412 44214 PORNIC Tél : 02.40.82.01.44 Fax : 02.40.82.59.88 AGENCE DE NANTES 3, place des Enfants Nantais 44000 NANTES Tél : 02.40.74.55.23 Fax : 02.40.74.40.99
--	---	---



Nota :
 - Système géodésique RGF 93-CC47. " Rattaché par GPS avec système TERIA ± 5 cm "
 - Nivellement NGF-IGN 69 " Rattaché par GPS avec système TERIA ± 5 cm "
 - Plan topographique réalisé le 09-12-2015 à 10h00.
 - Marée basse à 9h21 (horaire du Croisic) coefficient de 67.

AGE
 ATLANTIQUE GEOMETRES EXPERTS
 Echelle 1/200^e
 Dressé le : 09-12-2015
 DOSSIER - n° 15.0722B

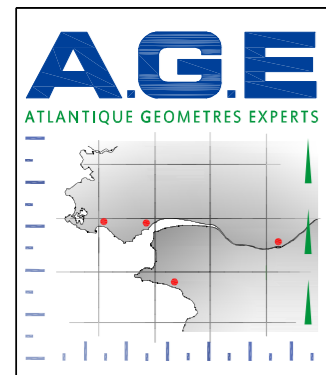
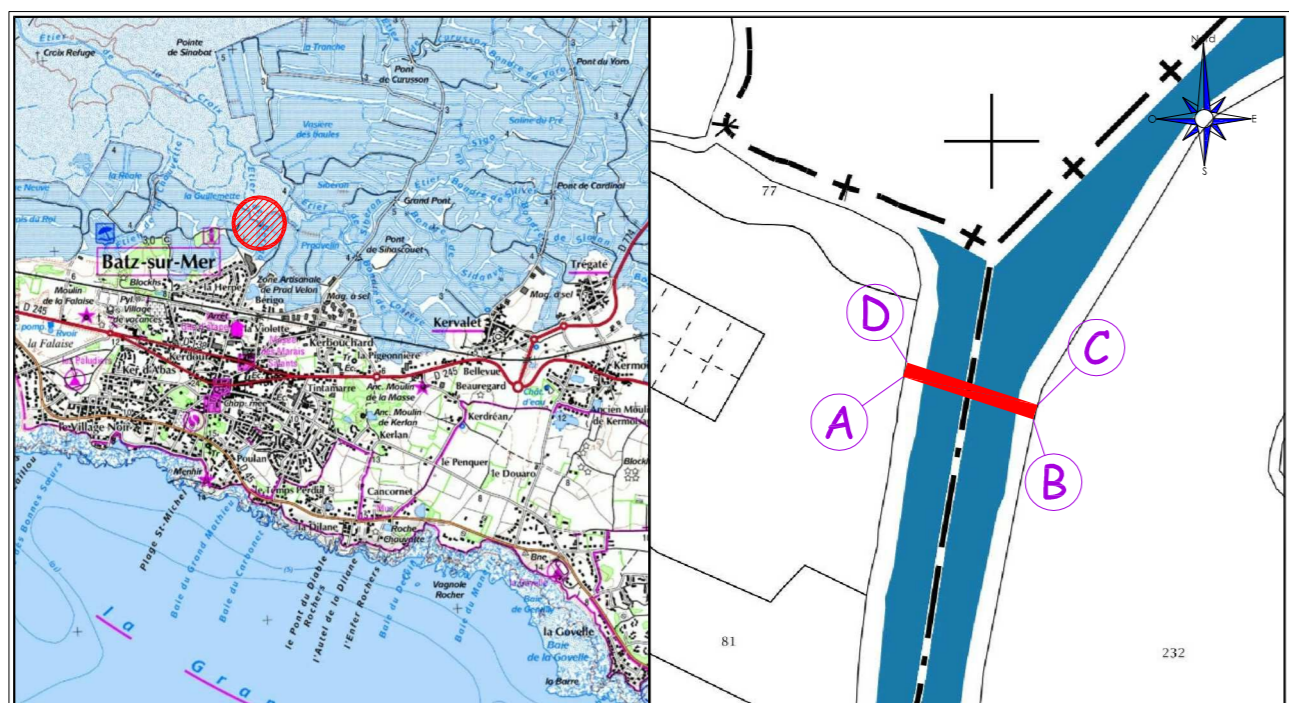
DEPARTEMENT DE LOIRE ATLANTIQUE
 COMMUNE DE BATZ-SUR-MER
 Barrage de Bérigo

Cap Atlantique

PLAN DES FACADES

Echelle 1/50^e

PLAN DE SITUATION



SELARL au capital de 322000€ - n° de Siret 404 966 665 - RCS St NAZAIRE - Code APE 7112A

Tranche	Date	Description	Code
A	09-12-2015	Réalisation du plan	DC
B			
C			
D			
E			

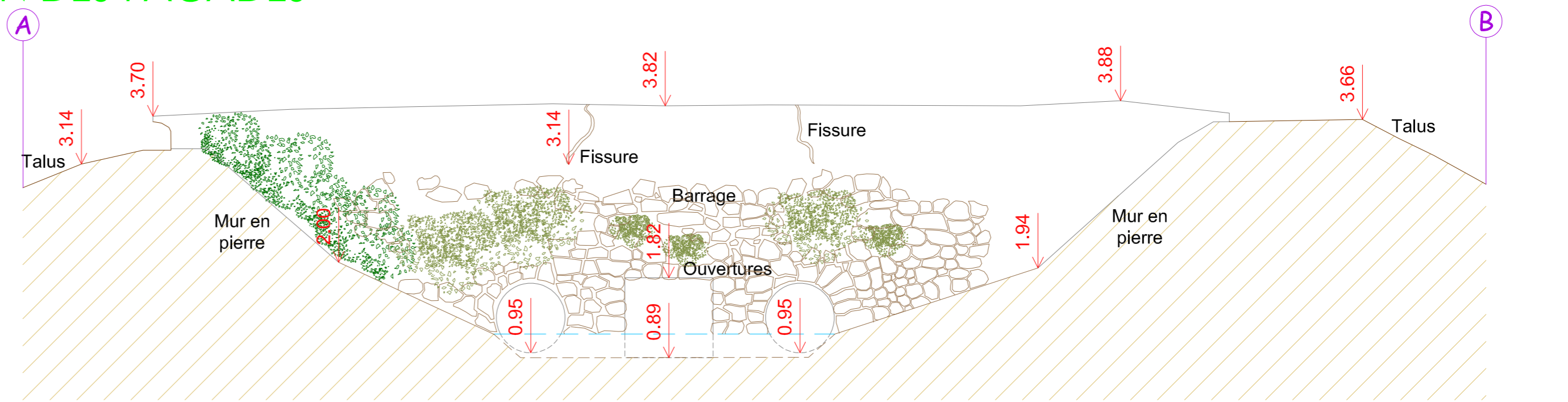
Etienne PRINCE Géomètre Expert DPLG - Urbaniste e.prince@age-lb.com Stéphane PRIEUR-DELAGE Géomètre Expert DPLG - Urbaniste contact@prieur-ge.fr Fabien FALFROY Géomètre Expert - Diplômé ICH f.falfroy@age-lb.com	AGENCE DE LA BAULE 55 Avenue Lajarrige BP n°3 44500 LA BAULE Tél : 02.40.42.78.40 Fax : 02.40.42.78.43 AGENCE DE SAINT-NAZAIRE - BUREAU VRD 10 Rue Louis Pasteur 44600 Saint NAZAIRE Tél : 02.40.66.00.04 Fax : 02.40.66.00.06	AGENCE DE PORNIC - SUD LOIRE 420, rte de la Jarvite BP1412 44214 PORNIC Tél : 02.40.82.01.44 Fax : 02.40.82.59.88 AGENCE DE NANTES 3, place des Enfants Nantais 44000 NANTES Tél : 02.40.74.55.23 Fax : 02.40.74.40.99
---	---	---

DOSSIER - n° 15.0722B

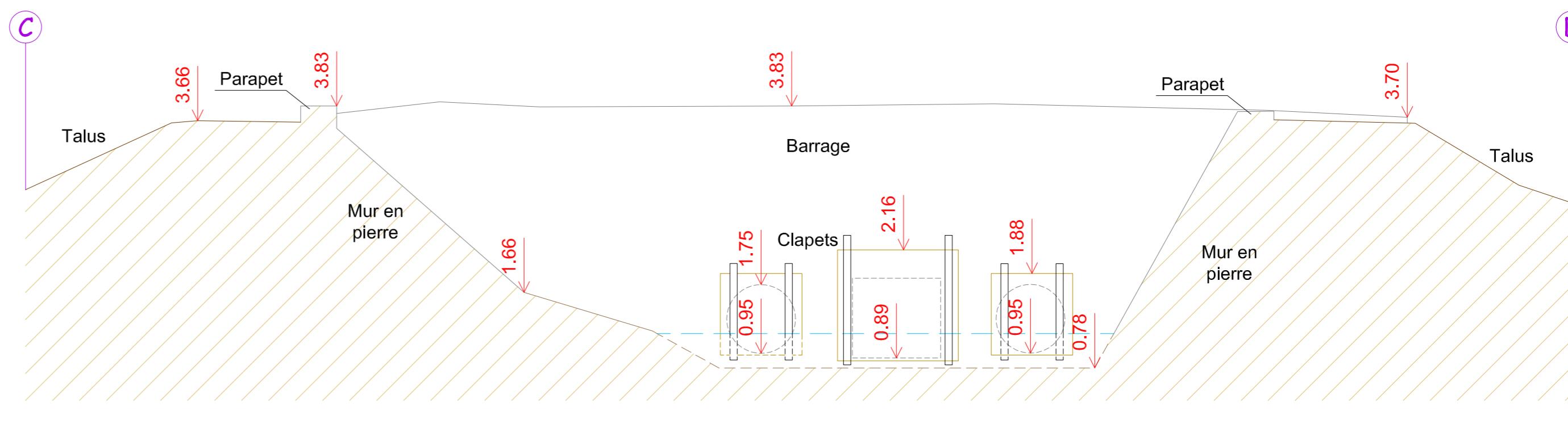
DEPARTEMENT DE LOIRE ATLANTIQUE
 COMMUNE DE BATZ-SUR-MER

Barrage de Bérigo

PLAN DES FACADES



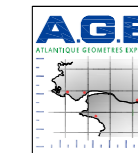
Plan de comparaison Z=0.00m



Plan de comparaison Z=0.00m

Nota :

- Système géodésique RGF 93-CC47, "Rattaché par GPS avec système TERIA ± 5 cm"
- Nivellement NGF-IGN 69 "Rattaché par GPS avec système TERIA ± 5 cm"
- Plan topographique réalisé le 09-12-2015 à 10h00.
- Marée basse à 9h21 (horaire du Croisic) coefficient de 67.



Echelle 1/50^e
 Dressé le : 09-12-2015
 DOSSIER - n° 15.0722B

ANNEXE 3

Investigations géotechniques réalisées sur l'ouvrage de Bérigo





 **GÉOTEC**
FRANCE



 **GÉOTEC**
EXPERT



 **GÉOTEC**
ENVIRONNEMENT



 **GÉOTEC**
ÉQUIPEMENT

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION
PHASE AVANT PROJET (G2 AVP)

2015/07935/NANTS

(44740) BATZ-SUR-MER
Etier de Bérigo

Diagnostic de l'ouvrage de Bérigo



- 13 Avril 2016 -

 **GROUPE**
GÉOTEC
LA GÉOTECHNIQUE **PARTENAIRE**

Etude géotechnique de conception Phase Avant-Projet (G2 AVP)

Diagnostic de l'ouvrage de Bérigo

(44740) BATZ-SUR-MER
Etier de Bérigo

N° AFFAIRE		2015/07935/NANTS		TP	MISSION : G5		
INDICE	DATE	Nbre de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	13/04/16	23	20	Jean POLLATZ 	Thomas PORTENART	Première émission	Jean POLLATZ 
A							
B							
C							

SOMMAIRE

I - CADRE DE L'INTERVENTION	4
I.1. INTERVENANTS	4
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	4
I.3. MISSIONS	4
II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	5
II.1. LE SITE	5
II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	8
II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES	9
III. CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE	10
III.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	10
III.2 RECONNAISSANCE DE FONDATION	13
III.3 HYDROGEOLOGIE – RISQUES NATURELS	13
IV. AVIS SUR LES DESORDRES - PRECONISATIONS	14
IV.1. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES	14
IV.2. DESORDRES VISIBLES	14
RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET	20
Conditions d'utilisation du présent document	21
Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique	22
Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique	23
ANNEXES	24
<i>Plan de situation</i>	25
<i>Schéma d'implantation des sondages</i>	26
<i>Sondages géologiques à la tarière</i>	27 à 30
<i>Essais de pénétration dynamique</i>	31 à 34
<i>Schéma de reconnaissance de fondation</i>	35 et 36
<i>Résultats d'analyses et d'essais en laboratoire</i>	37 à 43

I - CADRE DE L'INTERVENTION

I.1. INTERVENANTS

A la demande et pour le compte de la Communauté d'Agglomération de la Presqu'île de Guérande Atlantique - 3 Avenue des Noëllles – BP 64 – 44503 LA BAULE Cedex, GEOTEC a réalisé la présente étude sur le site suivant : diagnostic de l'ouvrage de Bérigo, en commune de BATZ-SUR-MER (44740).

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

- Bureau d'Etude Technique : ARTELIA Service Hydraulique Environnement - 8 Avenue des Thébaudières - CS 20232 - 44815 SAINT HERBLAIN Cedex
- Géomètre : Atlantique Géomètres Experts (AGE) – 55 Avenue Louis Lajarrige - 44500 LA BAULE-ESCOUBLAC

I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

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

Documents	Emetteur	Référence	Date	Echelle	Cote altimétrique	Remarque
CCTP	ARTELIA	Marché MPA n°15042	/	/	/	/
Plan topographique		15.0722B	09/12/15	1/200	Oui	Système de nivellement NGF-IGN 69
Coupes 1-2				1/50		
Coupes 3-4						
Plan des façades						
Rapport de diagnostic structure de la digue marine	Géolithe 10-110I 1 ind. A	27/02/12	/	/	/	

Le présent diagnostic s'inscrit dans le cadre de l'étude de dangers de la digue marine des marais salants du bassin de Guérande et des études préalables à la réhabilitation de l'ouvrage de Bérigo. Il fait suite au classement de l'ouvrage (digue marine) en catégorie C.

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

- TA : terrain actuel

I.3. MISSIONS

Conformément à son offre Réf. 2015/07935/NANTS du 08/12/2015, GEOTEC a reçu pour mission le diagnostic de l'ouvrage de Bérigo.

Cette étude repose sur des investigations géotechniques réalisées par GEOTEC, et correspond à la mission G5 de diagnostic géotechnique selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en Novembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

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

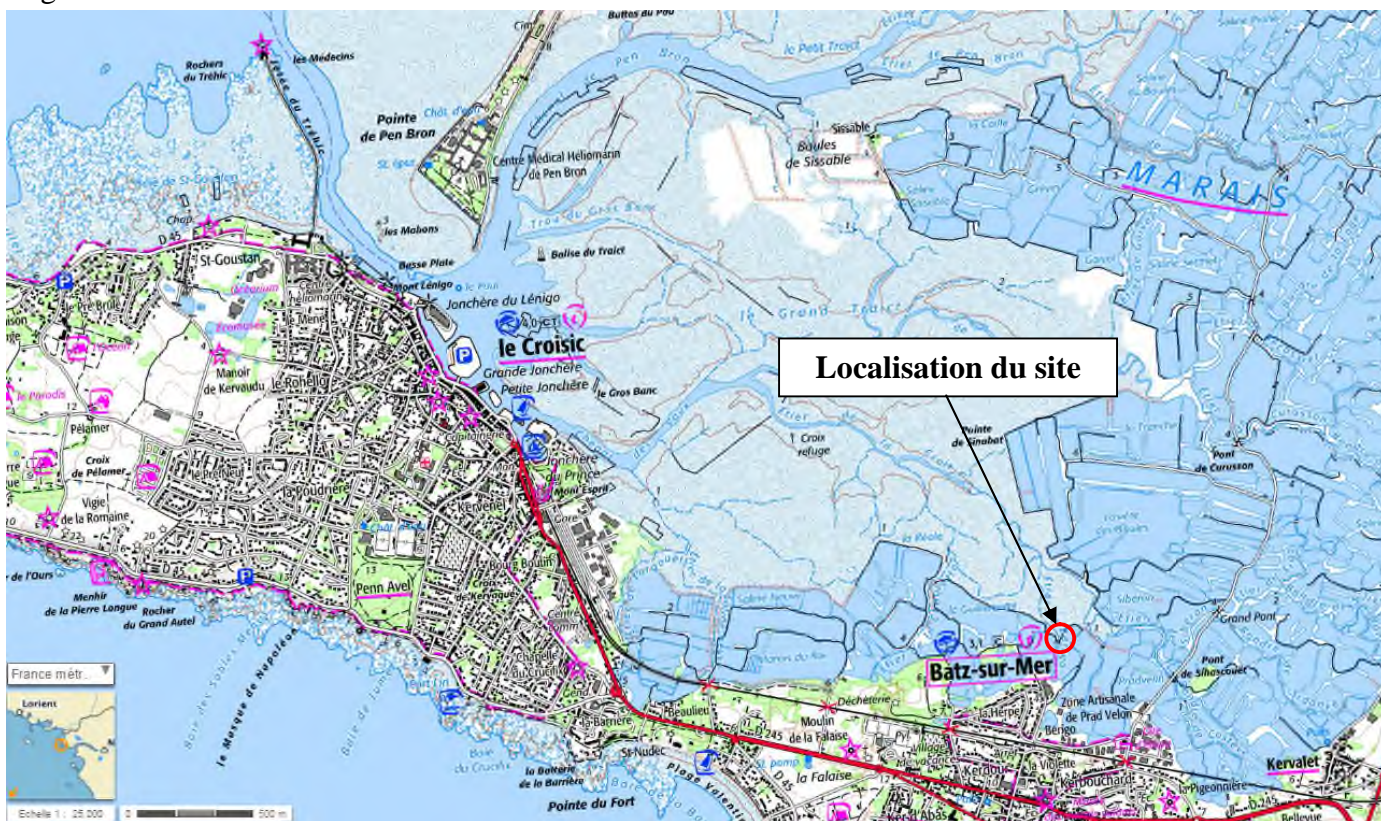
*

**

II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

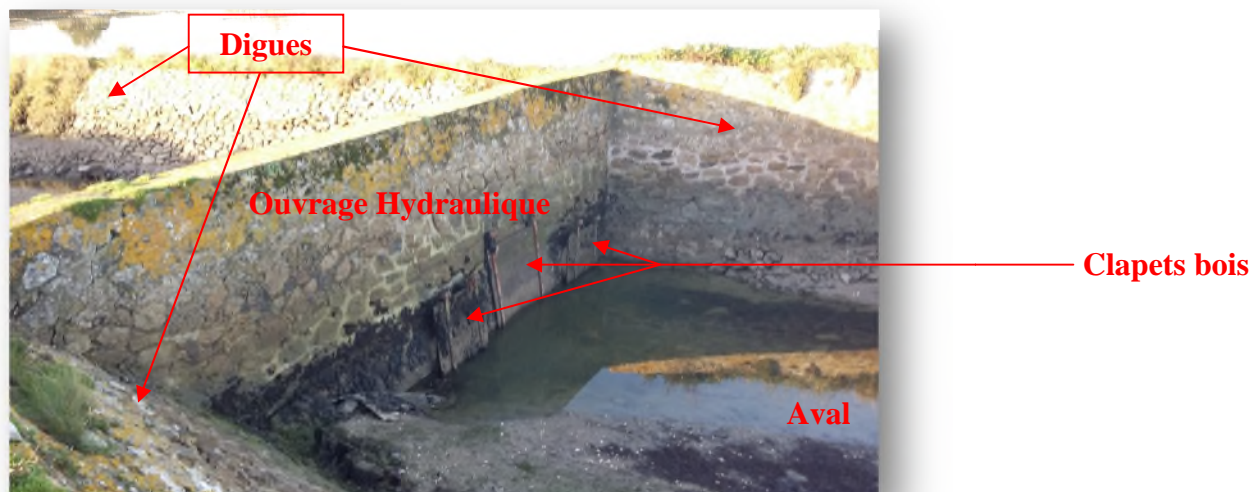
II.1. LE SITE

Le terrain étudié se trouve en commune de BATZ-SUR-MER (44740), en entrée de l'étier de Bérigo.



L'ouvrage hydraulique de Bérigo se situe à l'entrée de l'étier du même nom. Il s'inscrit dans le système de protection des marais salants, constitué par la digue de la Guillemette et qui protège ainsi le quartier de la Herpe.

L'ouvrage, d'environ 12 mètres de long sur 2,00 mètres de large à sa base visible et 0,40 m en crête, est constitué de moellons en pierres de taille. Il barre l'entrée de l'étier de Bérigo en s'appuyant de part et d'autre sur deux digues d'environ 3,00 mètres de haut.







3 buses (2 circulaires et 1 rectangulaire) le traversent. Elles sont fermées côté aval (Grand Traict du Croisic) par des clapets bois qui restent fermés en permanence.

Des parements en pierres de taille maçonnées sont présents sur les talus des digues de part et d'autre de l'ouvrage, aussi bien côté étier (amont) que côté Grand Traict (aval).





Deux fissures subverticales affectent l'ouvrage en tête au-dessus des buses circulaires. Par ailleurs, quelques pierres de l'ouvrage sont destructurées. Les parements de la digue de part et d'autre de l'ouvrage sont endommagés avec quelques pierres éboulées en pied de talus.

II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage de reconnaissance des fondations existantes** (RF1) réalisé manuellement à la pelle et à la pioche. Ce sondage a atteint une profondeur de 0,80 m/TA. Il a permis de déterminer la nature et l'épaisseur des sols traversés. Il a été poursuivi par une série de sondages à la barre à mine et au perforateur. Cette série de sondages n'a permis de visualiser la géométrie des fondations que partiellement et jusqu'à 2.20 m/TA.
- **4 sondages géologiques** (T1 à T4) réalisés à la tarière manuelle équipée d'une cuillère diamètre 63 mm. Les sondages ont atteint une profondeur de 0,70 à 4,15 m/TA. Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés et de prélever des échantillons pour analyses en laboratoire.
- **4 essais au pénétromètre dynamique léger manuel** (P1 à P4), poussés au refus observés entre 3,00 et 6,40 m/TA. Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.
- **3 sondages scissométriques** manuels réalisés jusqu'à 2,20 m de profondeur. Ils ont permis de déterminer la cohésion apparente S_u et la cohésion remaniée apparente S_r .
- des **analyses de laboratoire** complètent ces investigations.

II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

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

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

L'altimétrie des points de sondage a été estimée par interpolation des indications du plan topographique au 1/200 (dossier 15.0722B daté du 09/12/2015).

Le système de nivellement mentionné est le système NGF.

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel.

*

* *

III. CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique de SAINT-NAZAIRE au 1/50000 et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- Alluvions modernes sablo-vasardes argileuses
- Substratum granitique altéré en tête

Les descriptions géologiques suivantes n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.

III.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

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

En pied de l'ouvrage hydraulique :

- **Une argile vasarde** grisâtre à nombreux blocs décimétriques à centimétriques reconnue en T1, T2 et RF1 sur 40 à 50 cm. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0,7 \leq R_d \leq 3,1 \text{ MPa}$$

$$17 \leq S_u \leq 55 \text{ KPa}$$

- **Un sable argilo-vasard** noirâtre à nombreux blocs reconnu en T3 (aval) sur 70 cm d'épaisseur. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0 \leq R_d \leq 4,5 \text{ MPa}$$

$$S_u \approx 19 \text{ KPa}$$

$$S_r \approx 14 \text{ KPa}$$

Au-delà de cet horizon, les caractéristiques mécaniques sont :

$$0,6 \leq R_d \leq 9,2 \text{ MPa}$$

$$75 \leq S_u \leq 110 \text{ KPa}$$

$$24 \leq S_r \leq 37 \text{ KPa}$$

- **Une argile vasarde légèrement sableuse** grise reconnue en T1, T2 et RF1 à partir de 0,40-0,50 m/TA et jusqu'à 0,80-2,00 m/TA. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0,4 \leq R_d \leq 4,2 \text{ MPa}$$

$$23 \leq S_u \leq 81 \text{ KPa}$$

$$9 \leq S_r \leq 27 \text{ KPa}$$

- **Un sable argileux** gris à blanchâtre reconnu en T1, T2 à partir de 1,60-2,00 m/TA et jusqu'à 2,50-2,60 m/TA. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$1,6 \leq R_d \leq 6,7 \text{ MPa}$$

$$36 \leq S_u \leq 62 \text{ KPa}$$

$$17 \leq S_r \leq 98 \text{ KPa}$$

Les valeurs S_u et S_r sont peu représentatives compte tenu de la nature sableuse de cet horizon .

Les analyses en laboratoire réalisées sur un échantillon pris dans cet horizon donnent pour résultats :

Teneur en eau :	$W_{\text{nat}} = 37,6 \%$
Granulométrie :	$D_{\text{max}} = 5 \text{ mm}$
	% inf. 50 mm = 100
	% inf. 2 mm = 99.4
	% inf. 80 μm = 35.3
Valeur d Bleu :	VBS = 1.83 ($\mu/100 \text{ g}$)

Ceci replace l'échantillon de sol analysé en classe A_1 du GTR (Guide Technique de Réalisation des remblais et couches de forme). Ce sont des sols fins, sensibles à l'eau.

Les refus à la pénétration dynamique sont observés probablement au toit du substratum granitique aux profondeurs et cotes suivantes :

Sondages	P1	P2
Cote tête de sondage (NGF)	0.95	0.95
Profondeur de refus (m/TA)	3.20	3.00
Cote de refus (NGF)	- 2.25	- 2.05

En crête de digue – Côté Est (sondages de réf : T4, P4) :

- **Une argile à graviers** reconnue sur 60 cm d'épaisseur. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0,2 \leq R_d \leq 1,5 \text{ MPa}$$

- **Un sable** reconnu sur 20 cm d'épaisseur. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$R_d \approx 1,6 \text{ MPa}$$

- **Une argile** marron à grisâtre reconnue à partir de 0,80 m/TA et jusqu'à 1,40 m/TA. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0,9 \leq R_d \leq 1,8 \text{ MPa}$$

- **Une argile légèrement sableuse** grise beige à ocre reconnue à partir de 1,40 m/TA et jusqu'à 2,00 m/TA. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0,6 \leq Rd \leq 0,7 \text{ MPa}$$

Ces horizons constituent vraisemblablement le corps de la digue.

- **Une argile vasarde** grisâtre reconnue à partir de 2,00 m/TA et jusqu'à 3,50 m/TA. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$0,5 \leq Rd \leq 1,2 \text{ MPa}$$

Les analyses en laboratoire réalisées sur un échantillon pris dans cet horizon donnent pour résultats :

Teneur en eau :	$W_{\text{nat}} = 56,2 \%$
Granulométrie :	$D_{\text{max}} = 8 \text{ mm}$ $\% \text{ inf. } 50 \text{ mm} = 100$ $\% \text{ inf. } 2 \text{ mm} = 98.2$ $\% \text{ inf. } 80 \mu\text{m} = 85.4$
Limites d'Atterberg :	$W_l = 75 \%$ $W_p = 29 \%$ $IP = 46$ $IC = 0,41$

Ceci replace l'échantillon de sol analysé en classe A₄ du GTR. Ce sont des sols fins, sujets au phénomène de retrait-gonflement.

- **Un sable argileux** gris à blanchâtre reconnu à partir de 3,50 m/TA et jusqu'à 4,15 m/TA. Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$1,2 \leq Rd \leq 2,1 \text{ MPa}$$

Au-delà des horizons reconnus en sondage, les caractéristiques mécaniques sont :

$$2 \leq Rd \leq 4,2 \text{ MPa}$$

III.2 RECONNAISSANCE DE FONDATION

La fouille manuelle réalisée à la pelle et pioche et les sondages à la barre à mine et au perforateur n'ont pas permis de reconnaître la base de la fondation, compte-tenu du contexte (fond d'étier envahi par l'eau) et de sa profondeur.

Rappelons cependant que l'ouvrage est un ouvrage en pierres maçonnées de 2,00 mètres de large à sa base visible, fondé sans structure particulière par simple approfondissement au-delà de 2,00 mètres par rapport au fond de l'étier soit au-delà de la cote – 0,65 NGF. On note qu'au-delà du fond de l'étier, le mur de l'ouvrage est droit, ce qui laisse supposer une largeur en pied identique soit environ 2,00 mètres.

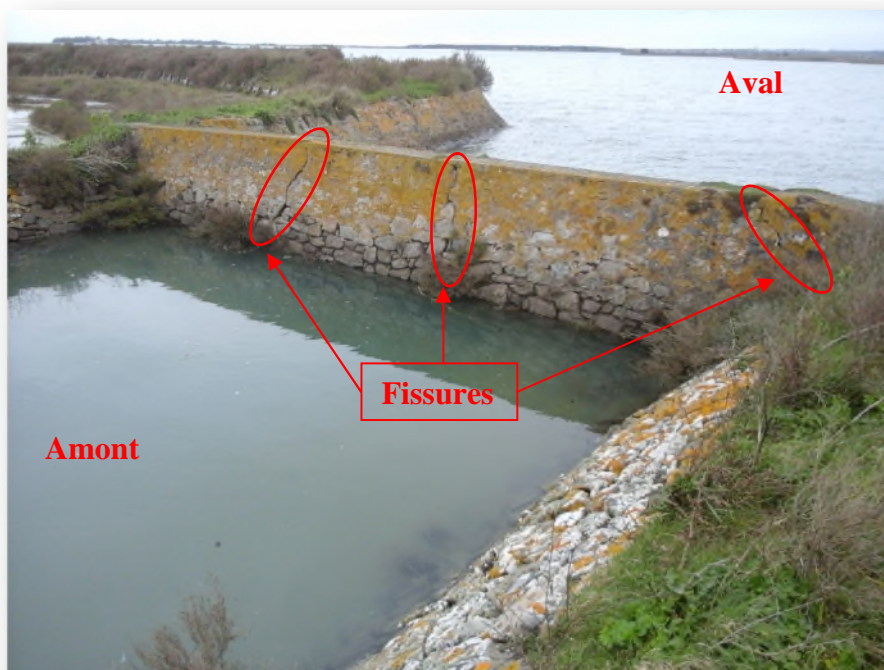
III.3 HYDROGEOLOGIE – RISQUES NATURELS

L'ouvrage hydraulique de Bérigo s'inscrit dans le cadre plus large des ouvrages de défense maritime du Bassin de Guérande.

Celui-ci est constitué de deux lagunes ; le Grand Traict au Sud et le Petit Traict au Nord, fermées à l'Ouest par un cordon littoral laissant un chenal d'environ 300 mètres de large, communiquant avec l'Océan Atlantique.

Les ouvrages de défense sont constitués par des digues maritimes à l'aval desquelles s'étendent des marais et des étiers dont l'étier de Bérigo (au Sud) fermé par l'ouvrage hydraulique du même nom.

S'agissant d'un site en domaine maritime, il est soumis aux marées (chocs, agressivité de l'eau, ...), aux houles et aux risques de submersion marine, lors de phénomènes tempétueux dont le dernier est la tempête Xynthia en Février 2010.



*

**

IV. AVIS SUR LES DESORDRES - PRECONISATIONS

IV.1. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES

Les reconnaissances géotechniques ont mis en évidence :

- De part et d'autre de l'ouvrage hydraulique en fond d'étier, des sols principalement argilo-vasards mous de faible cohésion non drainée et décomprimés vers 1,00 à 2,00 m de profondeur , puis des faciès sablo-argileux et d'un faciès compact reconnu entre – 2.05 et – 2.85 NGF(refus des pénétromètres).
- Des matériaux constitutifs des digues principalement argileux, décomprimés à leur base et reposant sur des argiles vasardes décomprimées en tête.

IV.2. DESORDRES VISIBLES

Ouvrage hydraulique :

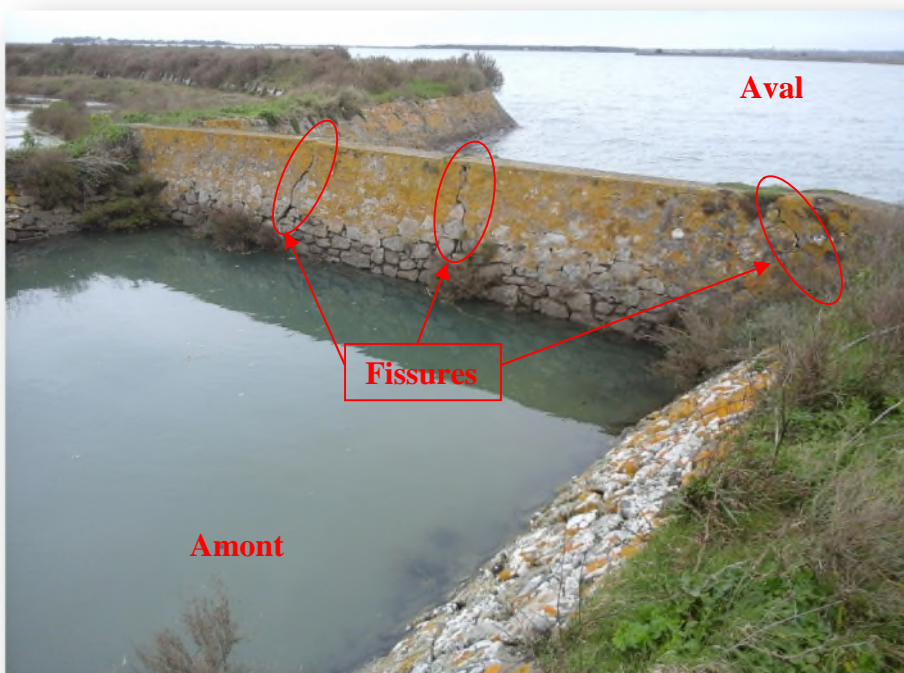
Plusieurs désordres affectent l'ouvrage hydraulique de Bérigo :

En amont (côté étier), deux fissures subverticales d'ouverture centimétrique affectent l'ouvrage en tête au-dessus des buses circulaires. Elles ne sont apparemment pas totalement traversantes à priori puisque l'on ne les retrouve pas sur la face Nord (côté aval – Grand Traict) :





Une fissuration centimétrique, en diagonale et visiblement traversante affecte l'ouvrage en tête sur son côté Est.



**Fissures**

Par ailleurs, on note en partie inférieure de l'ouvrage, un phénomène de creusement des joints.

Digues encadrantes :

Elles sont constituées de matériaux argileux parfois sableux (en T4) sur 2,00 mètres de hauteur environ. Les pentes de talus sont d'environ 50 à 60 ° et sont couvertes par un parement superficiel constitué de pierres maçonnées sur des éléments non jointoyés.

**Digues**



On note de nombreux éléments manquants dans le parement, éboulés en pied de talus dans l'étier, aussi bien à l'amont qu'à l'aval de l'ouvrage.

Par ailleurs, la digue aval côté Est est affectée de départ de glissements sur ses deux côtés (Grand Traict et salants), ou de zone fortement dégradée (effondrement) côté Ouest :





L'essai de pénétration dynamique P4 montre la présence de sols décomprimés entre 1,40 et 2,40 m de profondeur environ.

D'autre part, les renseignements recueillis auprès d'un paludier font état de circulations d'eau (fuites) au travers de la digue à marée basse.

Le rapport de Géolithe indique que la digue Est à l'aval de l'ouvrage est sujette à une exposition importante (largeur de la digue métrique, hauteur de digue inférieure aux hauteurs d'eau prises en compte avec possibilité de surverse et de brèche importante) et avec un aléa de rupture fort.

L'un des risques principaux réside dans le retrait de butée par glissement des digues sur lesquelles s'appuie l'ouvrage hydraulique, glissements provoqués par les différents épisodes tempétueux et par la houle qui ont, en outre, dégradés les parements des digues (simple protection anti-érosion) et également déjointés les pierres constitutives de l'ouvrage.

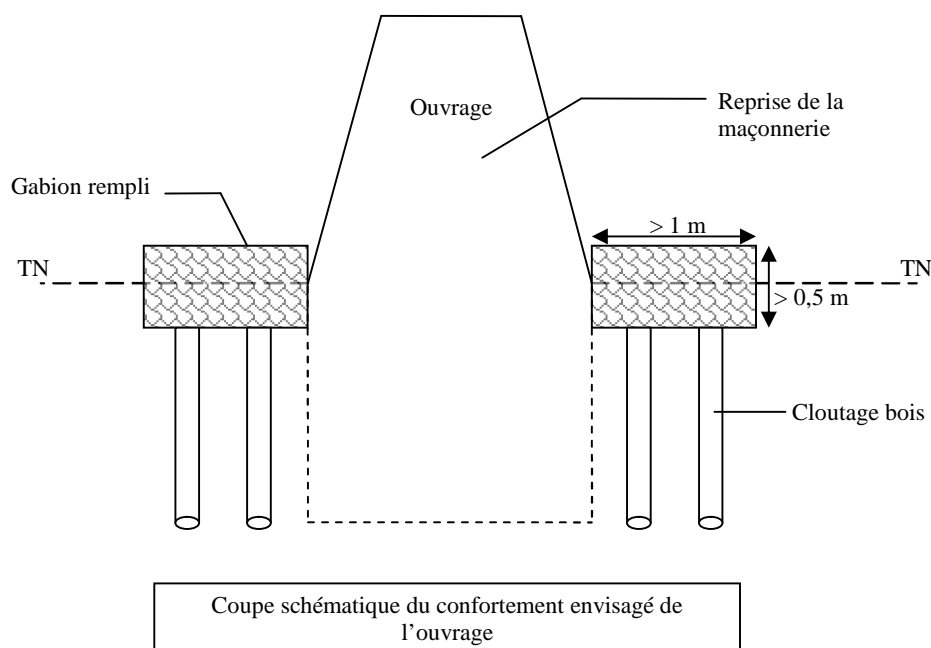
De plus, les matériaux argileux constitutifs des digues sont certainement sujets au phénomène de retrait-gonflement et qui contribuent ainsi à une perte de cohésion et de stabilité des digues de la frange superficielle lors d'épisodes secs.

L'orientation des fissures de l'ouvrage et l'estimation d'un ancrage de l'ouvrage maçonné au sein des sables ou au toit du faciès compact, semble indiquer que le tassement des digues entraîne un tassement différentiel entre le centre de l'ouvrage (qui aurait moins tassé) et les bords de l'ouvrage (qui ont suivis le tassement des digues)

En outre, il est probable qu'un phénomène d'érosion interne du corps de digue contribue à l'instabilité globale des digues.

Compte-tenu de l'état de dégradation de l'ouvrage, une solution de confortement pourrait consister :

- D'une part, il paraît indispensable de redonner de la cohésion à l'ouvrage hydraulique par injection dans le corps de l'ouvrage et en rejointant le nu extérieur de celui-ci. La réalisation d'un cloutage bois de part et d'autre de l'ouvrage sur lesquels reposeraient des gabions permettraient de redonner de la butée à l'ouvrage



- D'autre part à conforter les digues encadrant l'ouvrage hydraulique, en rejointant le parement et en injectant les vides résiduels ou francs à l'arrière du parement, et en rehaussant et élargissant les digues actuelles par apport de matériaux argileux relativement imperméables et la mise en oeuvre d'un tunage bois en pied. Ceci permettrait de redonner de la butée à l'ouvrage hydraulique. Une étude spécifique de la stabilité des digues devra être réalisée au préalable

*

**

RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission de diagnostic géotechnique G5. Cette mission G5 confiée à GEOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations.

Les objectifs de fonctionnement hydraulique pourront nécessiter une vérification spécifique de la stabilité de l'ouvrage.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet, c'est-à-dire notamment :

- ✚ Géométrie des fondations de l'ouvrage hydraulique
- ✚ Géométrie des digues ;
- ✚ Variations du toit et des caractéristiques mécaniques des différents horizons ;
- ✚ Variations du niveau d'eau dans le sol.

Les digues de part et d'autre de l'ouvrage présentent des désordres importants et nécessite un diagnostic spécifique.

*

* *

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

Conditions d'utilisation du présent document

1. **GEOTEC** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **GEOTEC** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.
2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **GEOTEC**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **GEOTEC**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **GEOTEC** a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **GEOTEC** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **GEOTEC** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
5. Les moyens techniques à la disposition de **GEOTEC** pour la présente étude ne permettent d'obtenir qu'une identification ponctuelle des sols, sur les seuls lieux d'implantation des sondages mentionnés ci-avant, lesquels portent sur une profondeur limitée.

En conséquence, des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, cavene de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.) doivent être immédiatement signalés à **GEOTEC** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **GEOTEC**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **GEOTEC**. Une mission G2 **d'étude géotechnique de projet** minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.
7. **GEOTEC** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **GEOTEC** lorsqu'elle est chargée d'une mission G4 de **supervision géotechnique d'exécution**. Le client est alors prié de prévenir **GEOTEC** en temps utile.

Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.

9. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF*) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
10. Hydrogéologie : les relevés des venues d'eau dans les sondages ont un caractère ponctuel et instantané.
11. Le Maître d'Ouvrage devra informer **GEOTEC** de la date de Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **GEOTEC** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

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

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

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

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

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

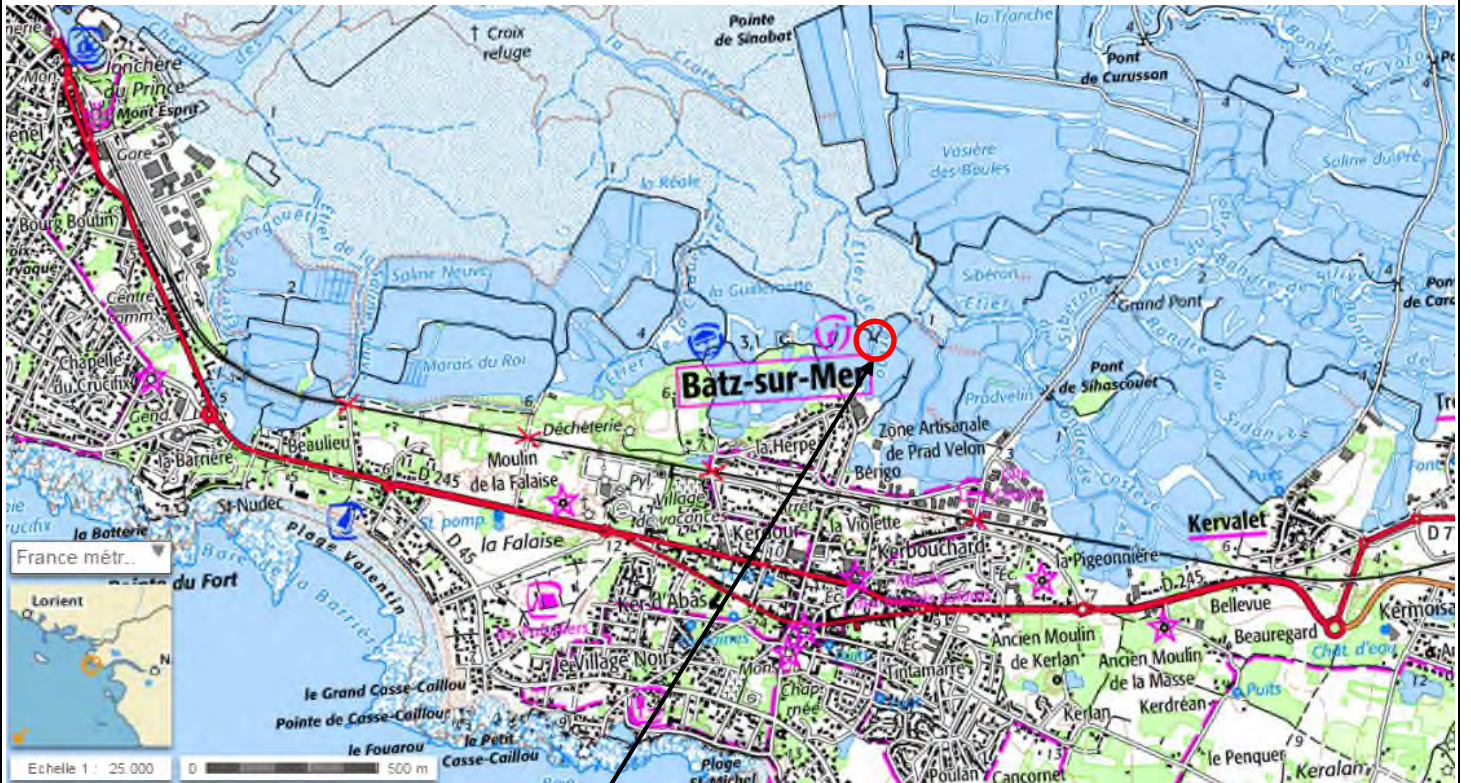
ANNEXES



BATZ SUR MER

Diagnostic géotechnique de l'ouvrage de Bérigo

Plan de situation



Localisation du site

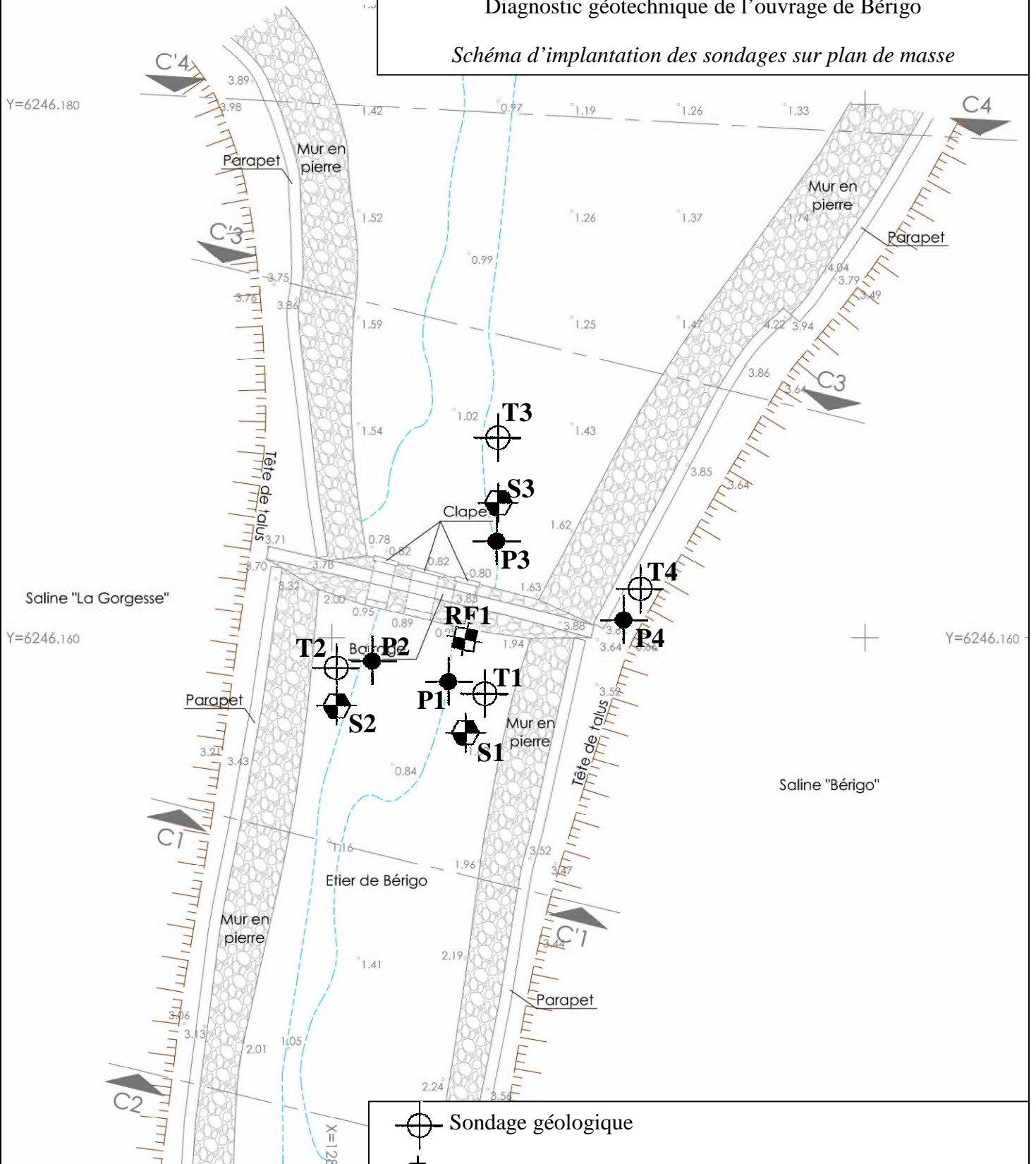








BATZ SUR MER

Diagnostic géotechnique de l'ouvrage de Bérigo

Schéma d'implantation des sondages sur plan de masse



-  Sondage géologique
-  Essais au scissomètre
-  Essai de pénétration dynamique
-  Reconnaissance de fondation existante

Echelle approximative : 0 2 4 6 8 10 m





Sondage : T1

Inclinaison/Verticale :

Date : 10/03/2016

Site : BATZ SUR MER

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2015/07935/NANTS

Z : 1,30 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Outil	Eau	Su (Kpa)	Sr (Kpa)
1.30	0.00					
0.80	0.50	Argile vasarde grisâtre à nombreux blocs décimétrique à centimétrique	TAR manuelle Ø55	1.00 m	17	3
		Argile vasarde légèrement sableuse grise			23	9
					26	15
					55	25
-0.70	2.00				62	98
-1.30	2.60	Sable argileux gris à blanchâtre				

Observations :

Refus du sondage à 2,60 m/TA
Niveau d'eau stabilisé à 1,00 m/TA



Sondage : T2

Inclinaison/Verticale :

Date : 10/03/2016

Site : BATZ SUR MER

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2015/07935/NANTS

Z : 1,30 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.		Nature du terrain	Outil	Eau	Su (Kpa)	Sr (Kpa)
1.30	0.00						
0.90	0.40		Argile vasarde grisâtre à nombreux blocs décimétrique à centimétrique	TAR manuelle Ø55	1.00 m 	20	10
			Argile vasarde légèrement sableuse grise			55	22
-0.30	1.60		Sable argileux gris à blanchâtre			81	27
-1.20	2.50					36	17
						43	18

EXGTE 2.30

Observations :

Refus du sondage à 2,50 m/TA
Niveau d'eau stabilisé à 1,00 m/TA



Sondage : T3

Inclinaison/Verticale :

Date : 10/03/2016

Site : BATZ SUR MER

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2015/07935/NANTS

Z : 1.00 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.		Nature du terrain	Outil	Eau	Su (Kpa)	Sr (Kpa)
1.00	0.00						
0.30	0.70		Sable argilo-vasard noirâtre à nombreux blocs	TAR man uel		19	14
						110	37
						105	35
						75	24
						90	30

EXGTE 2.30

Observations :

Refus du sondage à la Tarière à 0,70 m/TA



Sondage : T4

Inclinaison/Verticale :

Date : 11/03/2016

Site : BATZ SUR MER

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2015/07935/NANTS

Z : 3.85 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Perméabilité (m/s)	Outil	Eau	Equipement
3.85	0.00					
3.25	0.60	Argile à quelques graviers		TAR manuelle Ø55	2.50 m	
3.05	0.80	Sable				
2.45	1.40	Argile marron à grisâtre				
1.85	2.00	Argile légèrement sableuse grise beige à ocre				
0.35	3.50	Argile vasarde grisâtre				
-0.30	4.15	Sable argileux gris à blanchâtre				

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

Observations :

Refus du sondage à 4,15 m/TA
Niveau d'eau stabilisé à 2,50 m/TA



Pénétromètre : P1

Site : BATZ SUR MER

X :

Y :

Z : 0,95 NGF

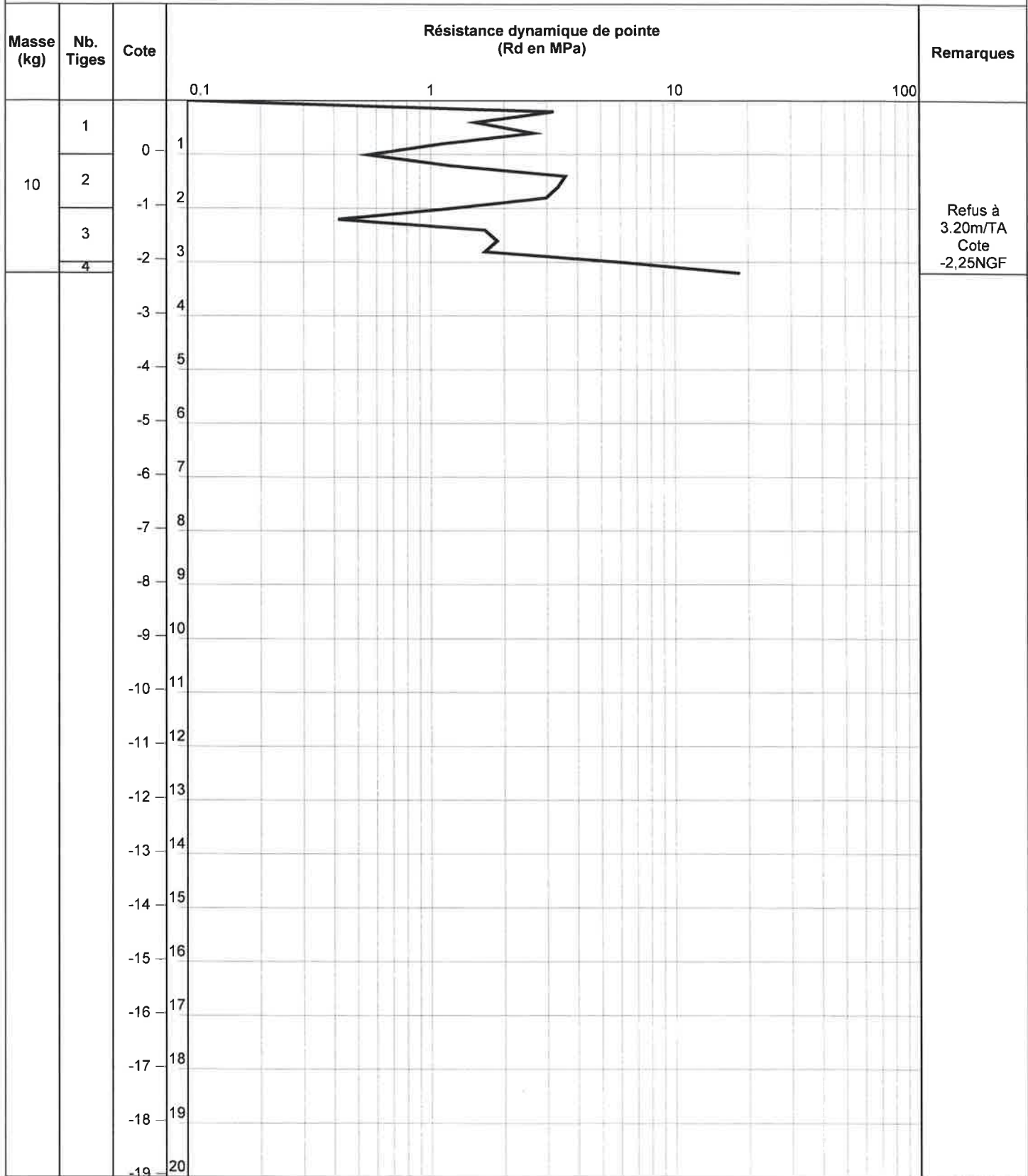
Date : 09/03/2016

Type : PD_LEGER

Echelle : 1/100

Affaire : 2015/07935/NANTS

Page : 1/1



EXGTE 2.30

Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton : 10 kg
 Hauteur de chute : 50 cm
 Section de la pointe : 10 cm²

Masse enclume : 4.12 kg
 Masse de la pointe : 0.69 kg
 Masse d'une tige : 2.96 kg

Observations :

Modèle_PENDYN1



Pénétromètre : P2

Site : PENETRO LUTZ

X :

Date : 09/03/2016

Y :

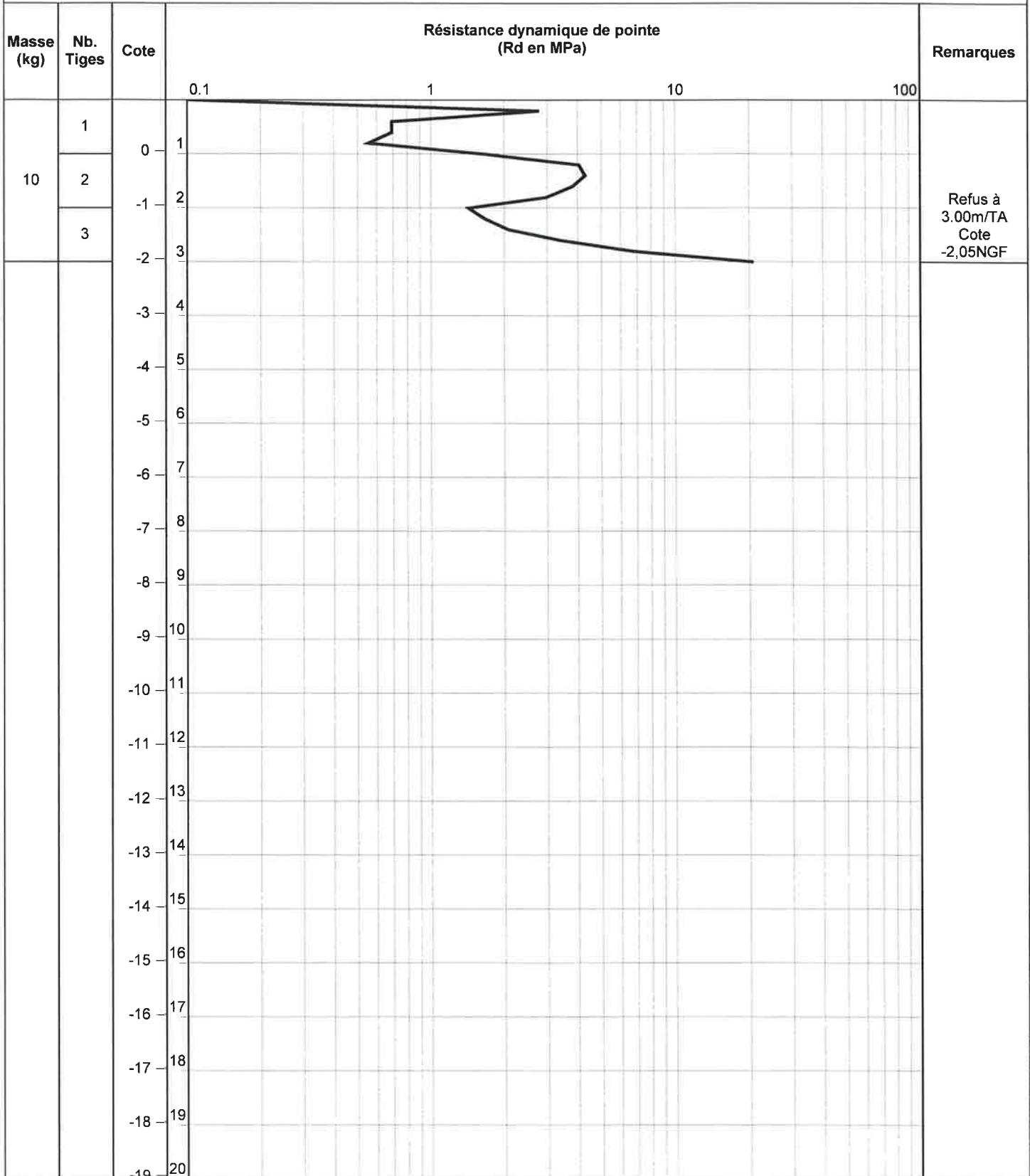
Type : PD_LEGER

Echelle : 1/100

Affaire : 2015/07935/NANTS

Z : 0,95 NGF

Page : 1/1



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton : 10 kg
 Hauteur de chute : 50 cm
 Section de la pointe : 10 cm²

Masse enclume : 4.12 kg
 Masse de la pointe : 0.69 kg
 Masse d'une tige : 2.96 kg

Observations :



Pénétrromètre : P3

Site : BATZ SUR MER

X :

Date : 09/03/2016

Type : PD_LEGER

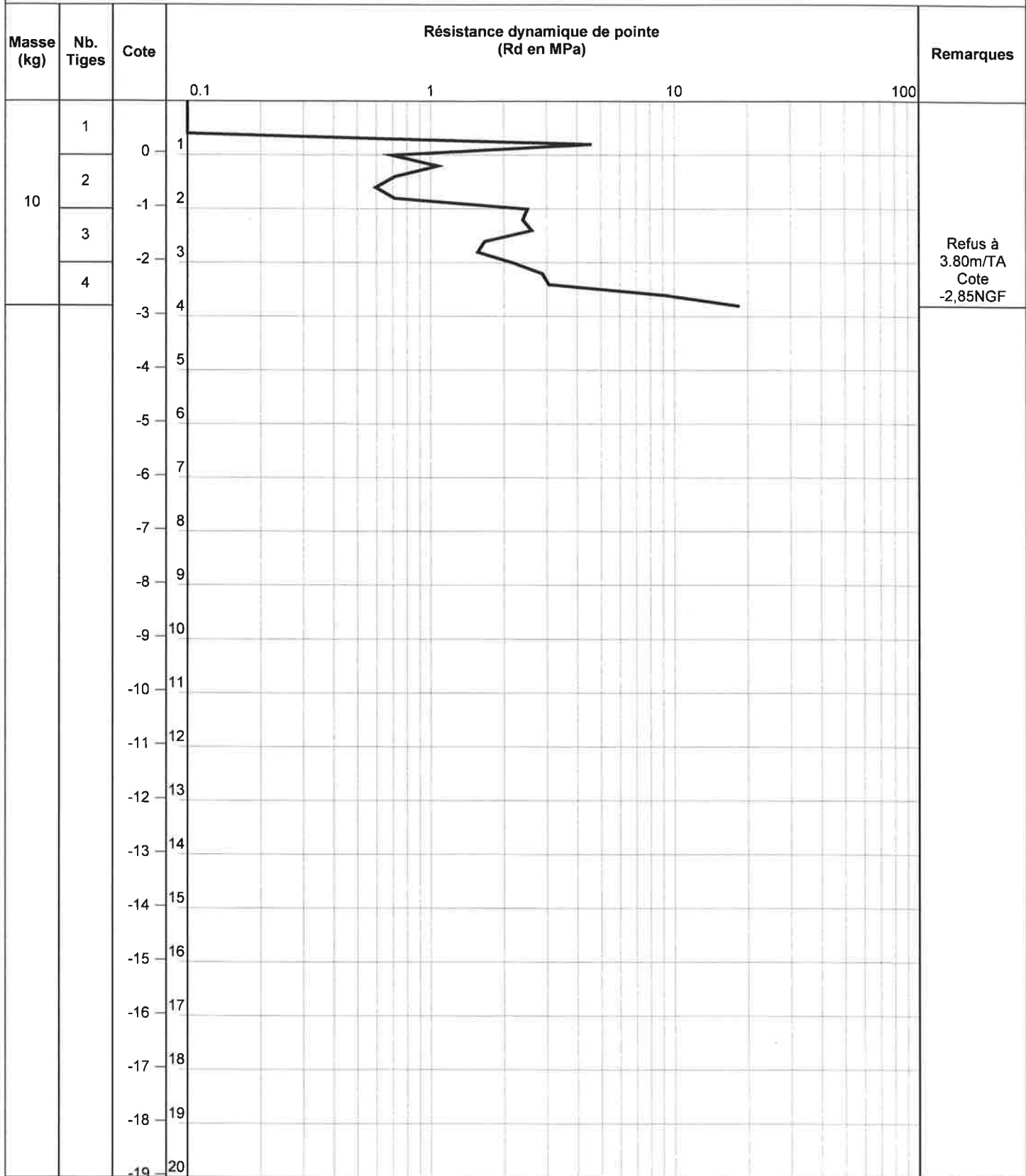
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2015/07935/NANTS

Z : 0.95 NGF

Page : 1/1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

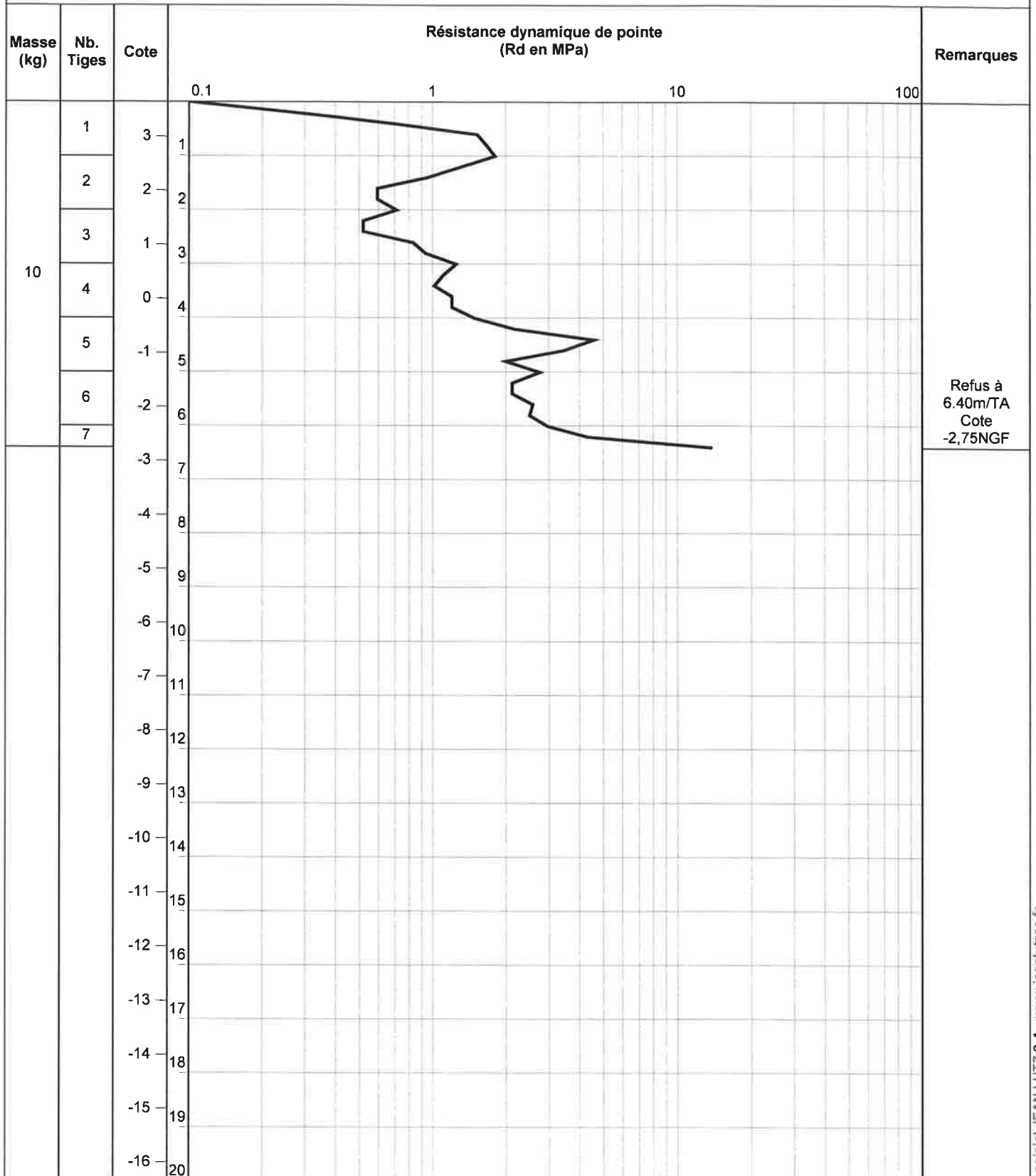
Caractéristiques du pénétrromètre dynamique

Masse mouton : 10 kg
 Hauteur de chute : 50 cm
 Section de la pointe : 10 cm²

Masse enclume : 4.12 kg
 Masse de la pointe : 0.69 kg
 Masse d'une tige : 2.96 kg

Observations :

Modèle _PENDYN1


Caractéristiques du pénétrromètre dynamique

Masse mouton : 10 kg
 Hauteur de chute : 50 cm
 Section de la pointe : 10 cm²

Masse enclume : 4.12 kg
 Masse de la pointe : 0.69 kg
 Masse d'une tige : 2.96 kg

Observations :

Modèle_PENDYN1

BATZ SUR MER

Diagnostic géotechnique de l'ouvrage de Bérigo

Schéma de reconnaissance de fondation
Coupe RF1 Cote 1.35 NGF.
Echelle 1/10^{ème}

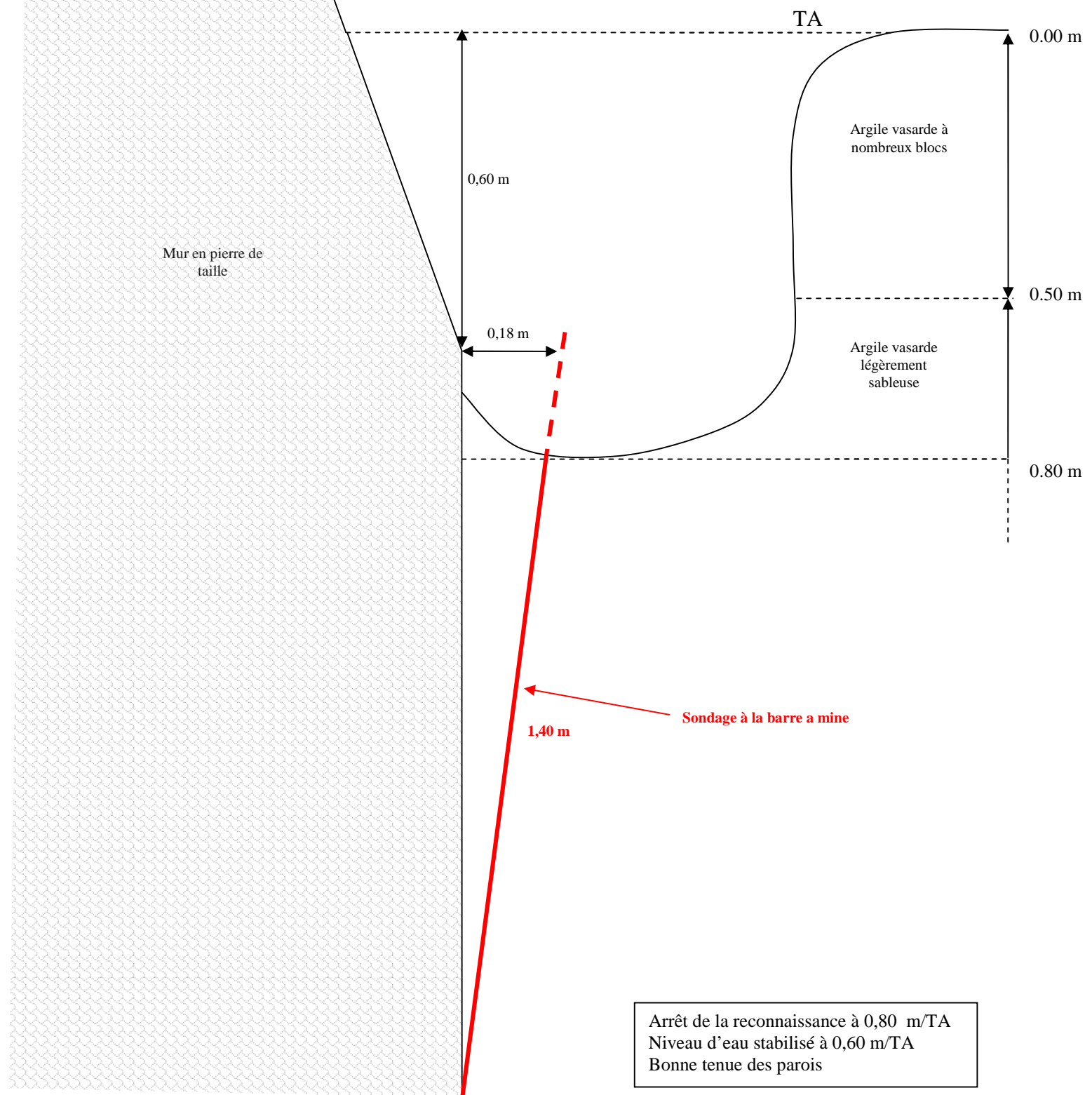


Photo F1



Tableau Récapitulatif des Résultats d'Essais Laboratoire

AFFAIRE N°: 15-07935-NANTS

Nom : BATZ SUR MER

Date : 01/04/16

SONDAGE N°	T1	T4				
Profondeur (m)	2.00-2.40	2.00-3.40				
Description du sol	sable fin argileux grisâtre	argile vasarde grise				

ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

Teneur en eau naturelle (0 / D)	W _{nat} (%)	37.6	56.2			
Masse volumique sèche	ρ _d (Mg/m ³)					
Indice des vides	e					
Degré de saturation	S _r (%)					

Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie

D max	(mm)	5.0	8.0			
< 50 mm	(%)	100.0	100.0			
< 2 mm	(%)	99.4	98.2			
< 80 μm	(%)	35.3	85.4			
< 2 μm	(%)					

Valeur au bleu de méthylène

V.B.S	(g/100g)	1.83				
-------	----------	------	--	--	--	--

Limites d'Atterberg

Limite de liquidité	W _L (%)		75			
Limite de plasticité	W _p (%)		29			
Indice de plasticité	I _p		46			
Indice de consistance	I _c		0.41			

Essai de dessiccation

Limite de retrait effectif	W _{re} (%)					
Facteur de retrait effectif	R _i					

Analyses chimiques

Teneur en matière organique	MO (%)					
Teneur en carbonates	CaCO ₃ (%)					

CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)

A₁ A₄

ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE

WOPN	(%)					
ρ _d OPN	(Mg/m ³)					
IPI (W _{nat})						
I CBR (W _{nat})						

ESSAIS DE PERMEABILITE - SOLS FINS

Coefficient de perméabilité	k (m/s)					
-----------------------------	---------	--	--	--	--	--

ESSAIS DE COMPORTEMENT ET DE MECANIQUE DES SOLS

Essais Triaxiaux

Type UU	Cohésion	C _{uu} (kPa)				
	Angle de frottement	φ _{uu} (°)				
Type CU+u	Cohésion	C' (kPa)				
	Angle de frottement	φ' (°)				

Cisaillement rectiligne direct à la boîte

Type UU	Cohésion	C _{uu} kPa				
	Angle de frottement	φ _{uu} °				
Type CD	Cohésion	C' kPa				
	Angle de frottement	φ' °				

Compressibilité et Gonflement à l'Oedomètre

Gonflement	Pression de gonflement	σ _g (kPa)				
	Rapport de gonflement	R _g				
Compress. Oedo CT	Contrainte de préconsolidation	σ' _p (kPa)				
	Indice de compression	C _c				
	Indice de gonflement	C _g				

ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS

Essai Los Angeles	LA					
Essai Micro-Devat	MDE					
Coefficient de dégradabilité	DG					
Coefficient de fragmentabilité	FR					

Technicien : C. JOUANNO

OULAB-02-v1

Vérificateur : J. POLLATZ



ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056) - Valeur au bleu de méthylène du sol (NF P 94-068)

Affaire : BATZ SUR MER N°: 15-07935-NANTS Date réalisation: 31-mars-16

Rédacteur: CJ

Légende	Sondage	Profondeur	Nature du terrain	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	VBS
	T1	2.00-2.40 m	sable fin argileux grisâtre	100.0	99.4	35.3	1.83
				D Max (mm) = 5		W% sur 0/10 37.6	
				D Max (mm) = 5		W% sur 0/20 37.6	

ARGILES

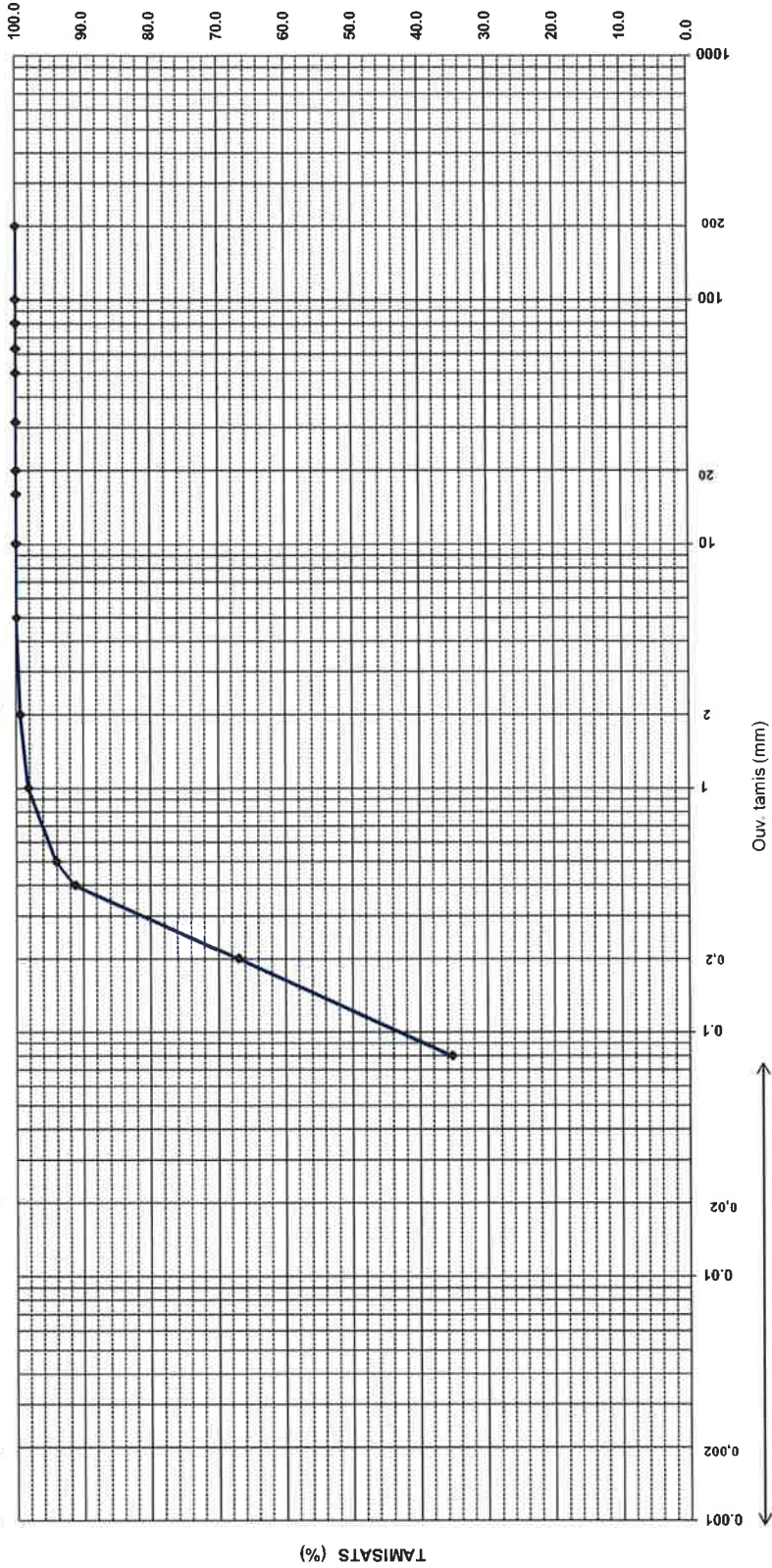
LIMONS

SABLE FIN

GROS SABLE

GRAVIERES

CAILLOUX



Tamis (mm)	Passants (%)
200	100.0
100	100.0
80	100.0
63	100.0
50	100.0
31.5	100.0
20	100.0
16	100.0
10	100.0
5	99.9
2	99.4
1	98.3
0.5	94.1
0.4	91.3
0.2	67.0
0.08	35.3

Observations :

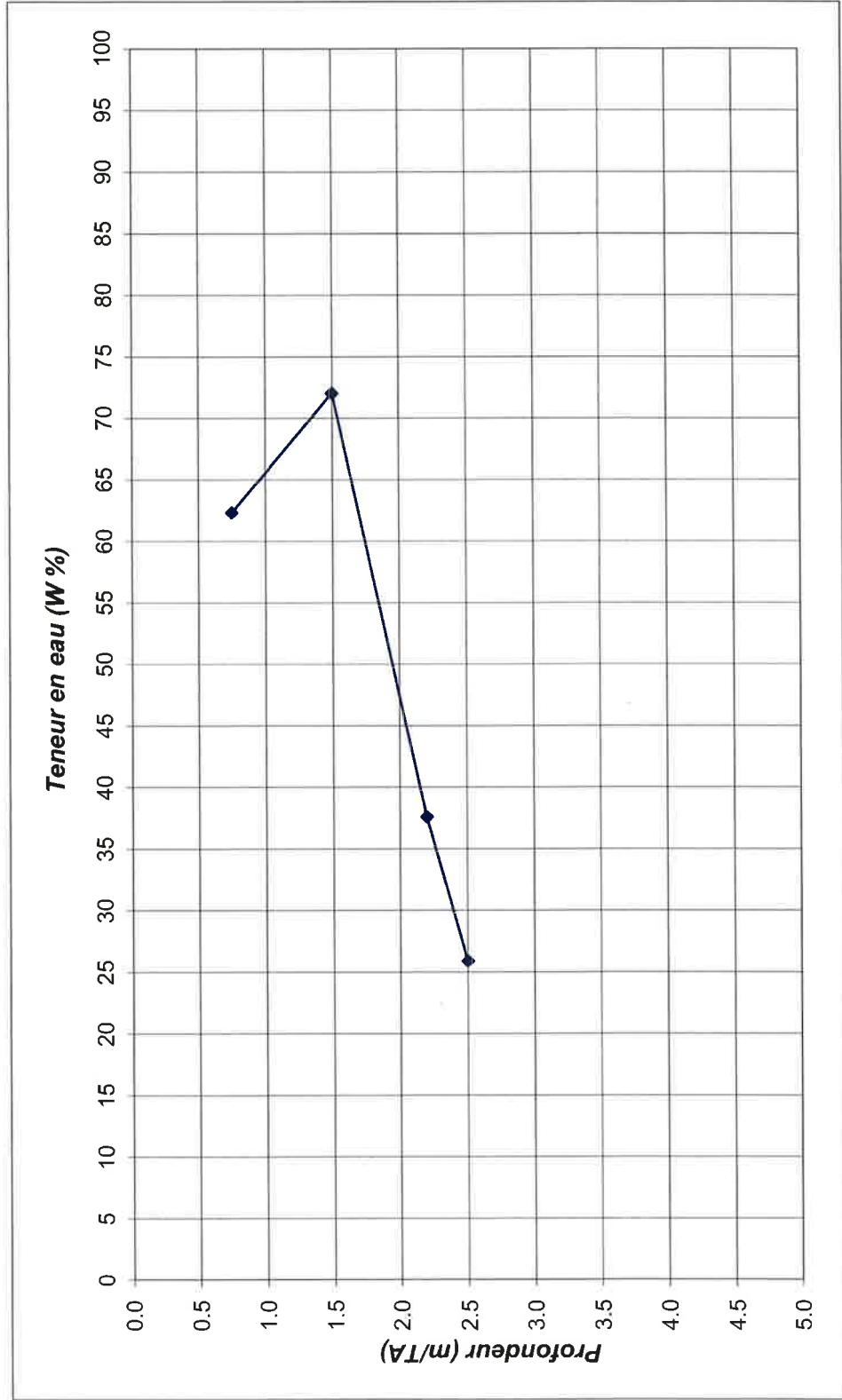
Analyse granulométrique par sédimentation NF94-057

DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU PONDÉRALE DES SOLS (NF P94-050)

Affaire : **BATZ SUR MER**
N° d'affaire : **15-07935-NANTS**

Sondage : **T1**
Profondeur : **0.50-2.60 m**

Date de réalisation : **25/03/16**



Profondeur (m)	Teneur en eau (%)
0.75	62.3
1.50	72.0
2.20	37.6
2.50	25.9

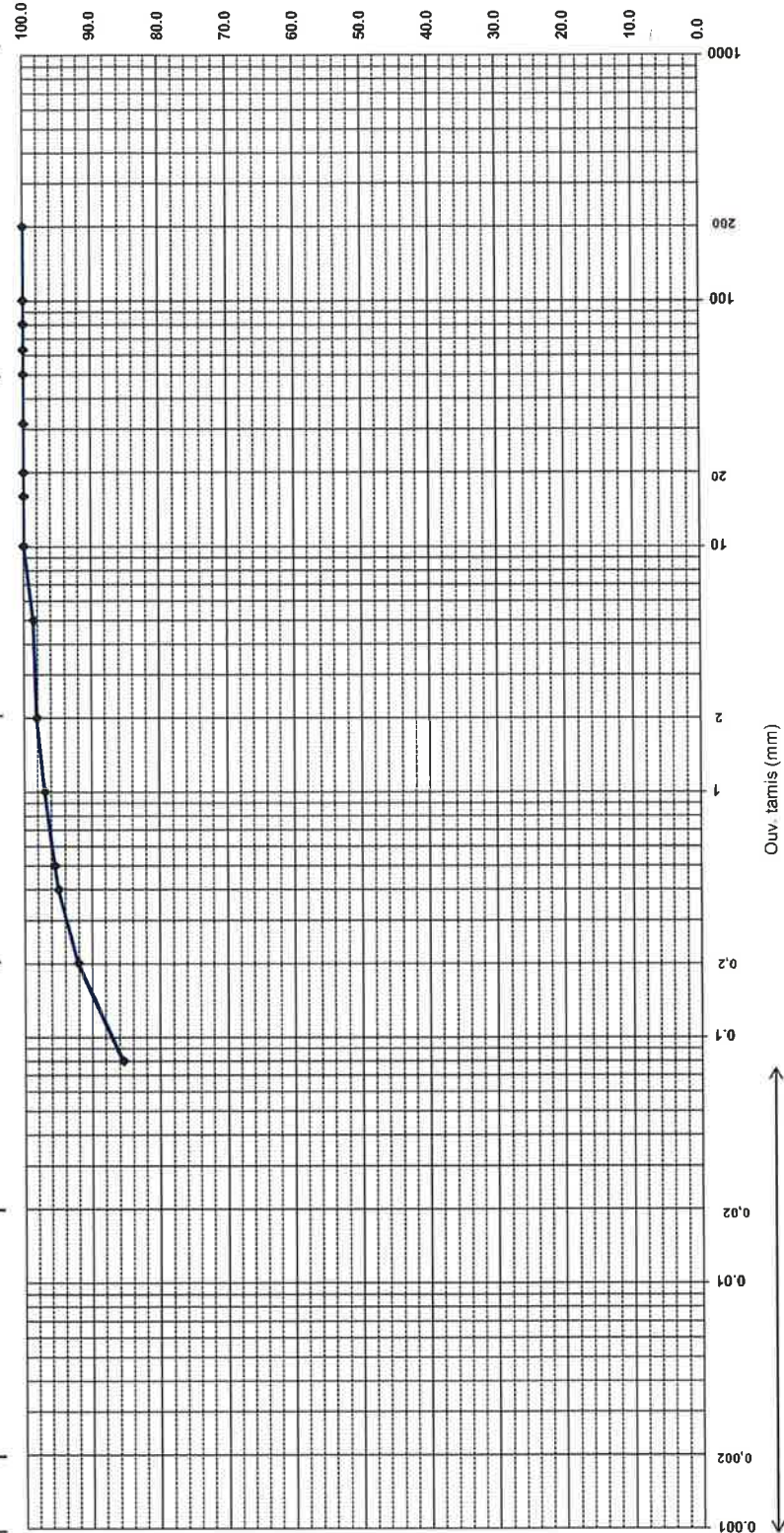
ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056) - Valeur au bleu de méthylène du sol (NF P 94-068)

N°: 15-07935-NANTS Date réalisation: 31-mars-16

Affaire : BATZ SUR MER

Rédacteur: CJ

Légende	Sondage	Profondeur	Nature du terrain	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	VBS
	T4	2,00-3,40 m	argile vaseuse grise	100.0	98.2	85.4	-
				D Max (mm) = 8		W% sur 0/D 56.2	
				CAILLOUX		W% sur 0/20 56.2	



Tamis (mm)	Passants (%)
200	100.0
100	100.0
80	100.0
63	100.0
50	100.0
31.5	100.0
20	100.0
16	100.0
10	100.0
5	98.6
2	98.2
1	97.0
0.5	95.5
0.4	95.0
0.2	92.1
0.08	85.4

Observations :

Analyse granulométrique par sédimentation NF94-057

DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG NF P 94-051

N° Affaire: 15-07935-NANTS

Nom: BATZ SUR MER

Date de réalisation: 31-mars-16

Opérateur: CJ

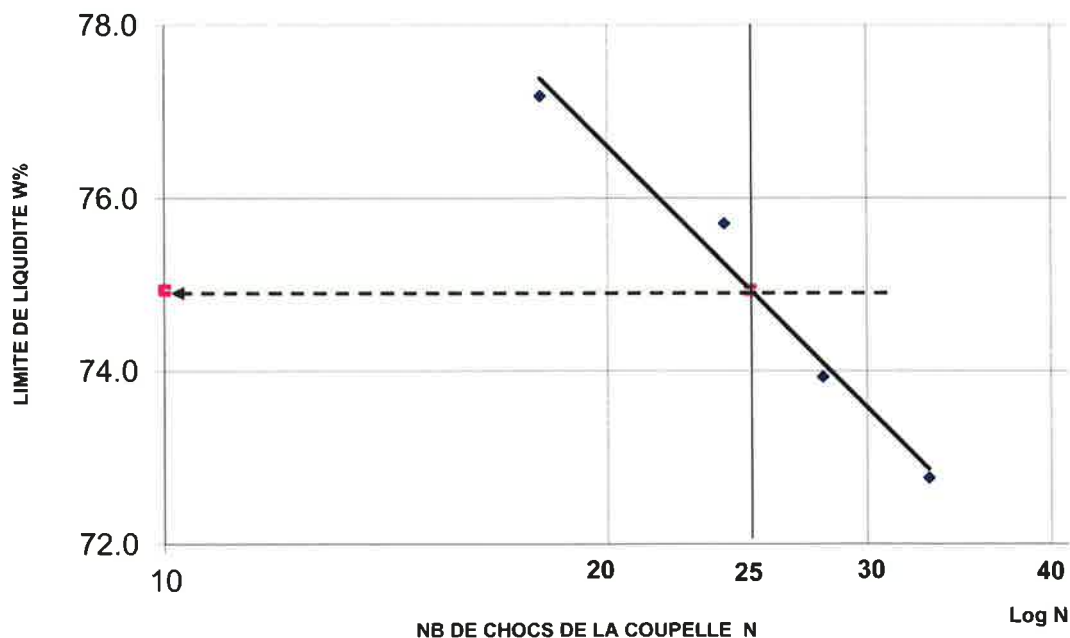
Sondage: T4

Profondeur: 2.00-3.40 m

Nature du terrain: argile vasarde grise

Essai n°	1	2	3	4
Nombre de coups décroissant →	33	28	24	18
Teneur en eau	72.8	73.9	75.7	77.2

LIMITE D'ATTERBERG NF P 94-051 Limite de liquidité



$$y = -7.448 \ln(x) + 98.911$$

$$R^2 = 0.9743$$

Teneur en eau de plasticité	W1=	29.3	Moyenne:	28.9
	W2=	28.5		

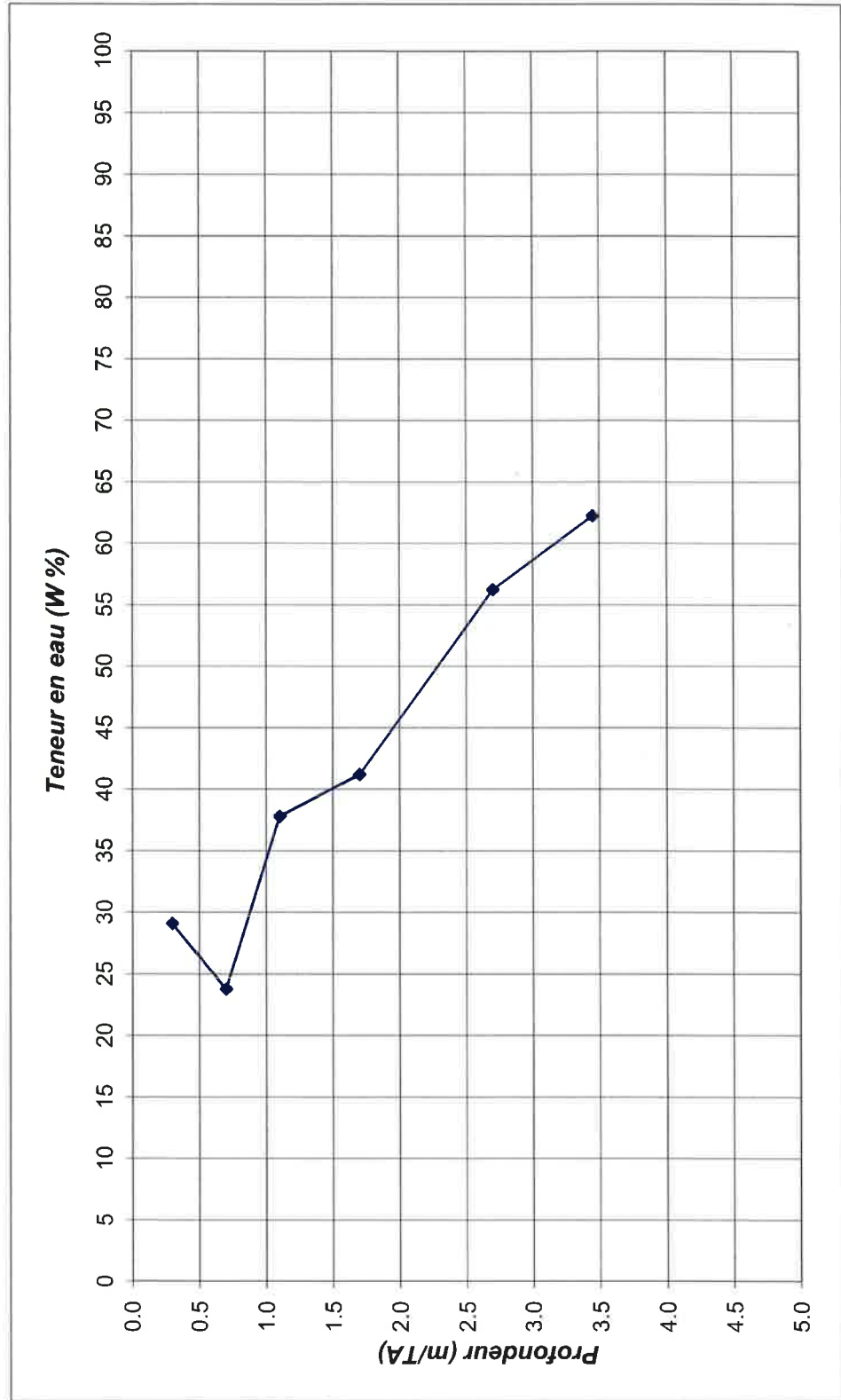
TENEUR EN EAU (NF-P 94-050)	W=	56.2
LIMITE DE LIQUIDITE	Wl=	74.9
LIMITE DE PLASTICITE	Wp=	28.9
INDICE DE PLASTICITE	Ip=	46.0
INDICE DE CONSISTANCE	Ic=	0.41

DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU PONDÉRALE DES SOLS (NF P94-050)

Affaire : **BATZ SUR MER**
N° d'affaire : **15-07935-NANTS**

Sonage : **T4**
Profondeur : **0.00-3.50 m**

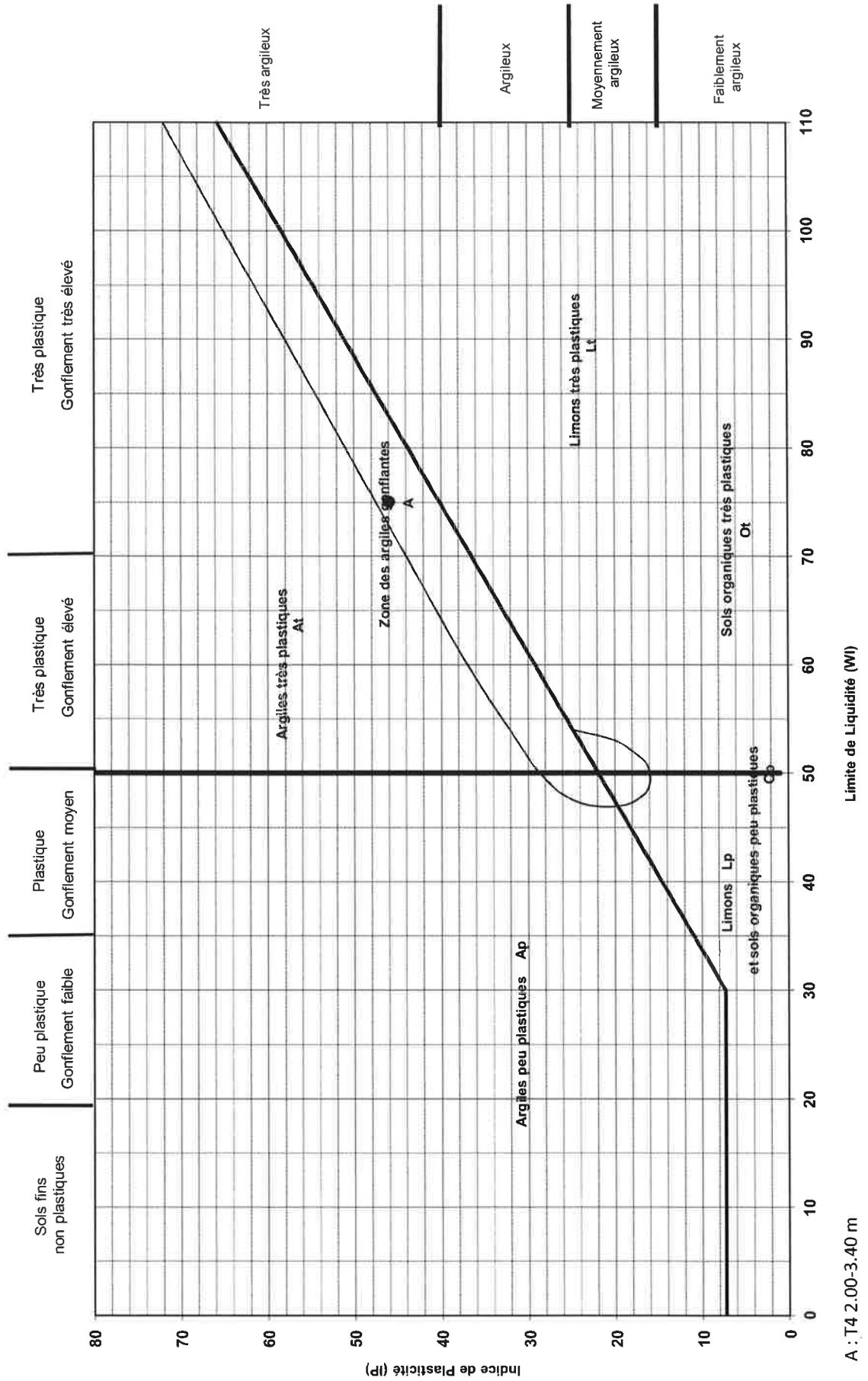
Date de réalisation : **25/03/16**



Profondeur (m)	Teneur en eau (%)
0.30	29.1
0.70	23.8
1.10	37.8
1.70	41.2
2.70	56.2
3.45	62.2

Affaire de BATZ SUR MER 15-07935-LILLE
Diagramme de plasticité

Rédacteur : CJ



A : T4 2.00-3.40 m

GÉOTEC ANNECY

Parc de Calvi
463, rue de l'Artisanat - 74330 POISY
Tél : 04 50 24 32 81 - Fax : 04 50 22 35 87
Mail : agence-annecy@geotec-sa.com

GÉOTEC AUXERRE

Parc Technologique de la Chapelle - Bâtiment 29
Chemin de la Chapelle - 89470 MONETEAU
Tél : 03 86 72 04 40 - Fax : 03 86 72 04 41
Mail : agence-auxerre@geotec-sa.com

GÉOTEC BESANÇON

ZA au Bois - 6, rue des Tilleuls
25770 FRANOIS
Tél : 03 81 48 55 35 - Fax : 03 81 48 55 36
Mail : agence-besancon@geotec-sa.com

GÉOTEC BORDEAUX

1, rue Pierre & Marie Curie
Parc de Chavailles - 33525 BRUGES Cedex
Tél : 05 56 11 25 40 - Fax : 05 56 11 25 41
Mail : agence-bordeaux@geotec-sa.com

GÉOTEC DIJON

2 bis, rue Champeau
21800 QUÉTIGNY-LES-DIJON
Tél : 03 80 48 93 21 - Fax : 03 80 48 93 22
Mail : agence-dijon@geotec-sa.com

GÉOTEC LA ROCHELLE

26, rue Lavoisier
ZAC de Belle Aire - 17440 AYTRE
Tél : 05 46 68 76 42 - Fax : 05 46 68 76 43
Mail : agence-larochelle@geotec-sa.com

GÉOTEC LILLE

10, rue Gutenberg
Zi du Château - 62220 CARVIN
Tél : 03 91 83 38 30 - Fax : 03 91 83 38 31
Mail : agence-nordpicardie@geotec-sa.com

GÉOTEC LIMOGES

27, allée de Grinjolles
Z.I. Nord - 87280 LIMOGES
Tél : 05 55 36 30 30 - Fax : 05 55 38 12 31
Mail : agence-limoges@geotec-sa.com

GÉOTEC LYON

15, rue Lavoisier - 69680 CHASSIEU
Tél : 04 72 79 46 50 - Fax : 04 72 79 46 51
Mail : agence-rhonealpes@geotec-sa.com

GÉOTEC MANOSQUE

84, rue des Artisans
Zone Industrielle St Joseph - 04100 MANOSQUE
Tél : 04 92 71 13 94 - Fax : 04 92 71 08 01
Mail : agence-manosque@geotec-sa.com

GÉOTEC MARSEILLE

Centre d'Activités Concorde - Lot N° 14
11, avenue de Rome - ZI Les Estroublans - 13127 VITROLLES
Tél : 04 42 46 08 09 - Fax : 04 42 46 08 10
Mail : agence-marseille@geotec-sa.com

GÉOTEC MONTPELLIER

10, Parc Club du Millénaire
1025, rue Henri Becquerel - 34000 MONTPELLIER
Tél : 04 67 20 41 10 - Fax : 04 67 20 40 20
Mail : agence-montpellier@geotec-sa.com

GÉOTEC MULHOUSE

9, rue du Manurhin - Cellule 10 - Bassin artisanal
68120 RICHWILLER
Tél : 03 89 51 31 31 - Fax : 03 89 51 31 32
Mail : agence-mulhouse@geotec-sa.com

GÉOTEC NANCY

Dynapôle Ludres Fleville - 273, rue du Ruisseau d'Urpont
54710 FLEVILLE-DEVANT-NANCY
Tél : 03 83 51 04 36 - Fax : 03 83 51 04 33
Mail : agence-nancy@geotec-sa.com

GÉOTEC NANTES

ZA Clair de Lune
44360 SAINT-ETIENNE-DE-MONTLUC
Tél : 02 40 92 04 90 - Fax : 02 40 92 16 43
Mail : agence-nantes@geotec-sa.com

GÉOTEC ORLÉANS

270, rue de Picardie
45160 OLIVET
Tél : 02 38 76 06 46 - Fax : 02 38 76 01 99
Mail : agence-orleans@geotec-sa.com

GÉOTEC PARIS

3, avenue des Chaumes
78180 MONTIGNY-LE-BRETONNEUX
Tél : 01 61 37 28 60 - Fax : 01 61 37 28 61
Mail : agence-paris@geotec-sa.com

GÉOTEC PAU

39, avenue de Pau
64230 LESCAR
Tél : 05 59 72 12 45 - Fax : 05 59 61 47 84
Mail : agence-pau@geotec-sa.com

GÉOTEC REIMS

26, rue du Capitaine Georges Madon
ZAC Croix Blandin - 51100 REIMS
Tél : 03 26 03 09 30 - Fax : 03 26 04 35 26
Mail : agence-reims@geotec-sa.com

GÉOTEC ROUEN

1690, rue Aristide Briand - BP 62
76650 PETIT COURONNE
Tél : 02 35 68 87 50 - Fax : 02 35 68 87 07
Mail : agence-rouen@geotec-sa.com

GÉOTEC STRASBOURG

14, rue de l'Industrie
67720 HOERDT
Tél : 03 90 29 72 30 - Fax : 03 88 69 26 21
Mail : agence-strasbourg@geotec-sa.com

GÉOTEC TOULOUSE

8, avenue Hermès - Z.A. de Montredon
31240 L'UNION
Tél : 05 34 26 02 60 - Fax : 05 34 26 02 61
Mail : agence-toulouse@geotec-sa.com

GÉOTEC GUYANE

2051, route de Montjoly
97354 REMIRE-MONTJOLY
Tél : 05 94 35 34 34 - Fax : 05 94 38 22 31
Mail : agence-guyane@geotec-sa.com



Siège social :

9, boulevard de l'Europe • 21800 QUÉTIGNY-LES-DIJON
Tél. : 03 80 48 93 20 • Fax : 03 80 48 93 30

Découvrez nos agences sur

www.geotec-sa.com

ANNEXE 4

Note réglementaire liée aux scénarios de confortement de l'ouvrage de Bérigo

DEPARTEMENT DE LOIRE ATLANTIQUE
CAP ATLANTIQUE



Etudes préalables à la réhabilitation de l'ouvrage de Bérigo

NOTE REGLEMENTAIRE

RAPPORT DE PRESENTATION

VILLE & TRANSPORT
DIRECTION REGIONALE OUEST
Espace bureaux Sillon de Bretagne
8 avenue des Thébaudières
CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tel. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99



Ville & Transport
Direction Régionale Ouest
Espace bureaux Sillon de Bretagne
8 avenue des Thébaudières – CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

ARTELIA Ville & Transport Direction Régionale Ouest Espace bureaux Sillon de Bretagne 8 avenue des Thébaudières – CS 20232 44815 SAINT HERBLAIN CEDEX Tél. : 02 28 09 18 00 Fax : 02 40 94 80 99	N° Affaire	4-53-1947	Etabli par	Vérifié par
	Date	SEPTEMBRE 2016	A.LESAGE	S.GROLLEAU
	Indice	A		

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'OUVRAGE	1
1.1. CONTEXTE GENERAL	1
1.2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	2
2. ANALYSE REGLEMENTAIRE DES SOLUTIONS DE REHABILITATION	4
2.1. SCENARIO 1 – REFECTION DE L'OUVRAGE	4
2.1.1. DESCRIPTION	4
2.1.2. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES	4
2.2. SCENARIO 2 – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE	5
2.2.1. DESCRIPTION	5
2.2.1.1. Scénario 2 A – Renforcement de l'ouvrage par mise en place d'un merlon	5
2.2.1.2. Scénario 2 B – Renforcement de l'ouvrage	5
2.2.2. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES	6
2.3. SCENARIO 3 – REPRISE DE L'OUVRAGE	7
2.3.1. DESCRIPTION	7
2.3.2. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES	7

TABLEAUX

Tabl. 1 - Analyse réglementaire pour le scénario n°1	4
Tabl. 2 - Analyse réglementaire pour le scénario n°2	6
Tabl. 3 - Analyse réglementaire pour le scénario n°3	8

FIGURES

Fig. 1. Enjeux naturels remarquables sur le site de Bérigo	3
--	---

1. CONTEXTE DE L'OUVRAGE

1.1. CONTEXTE GENERAL

L'ouvrage de Bérigo est situé dans la continuité de la digue primaire à l'entrée de l'étier de Bérigo. Il est situé sur le tronçon de la digue de la Guillemette au nord de la commune de Batz-sur-mer.

Cet ouvrage a fait l'objet d'un diagnostic en 2016. Sur la base de ce dernier, les désordres suivants ont été constatés :

- La présence de deux fissures (Fissures A et B) verticales dans la maçonnerie depuis la crête de l'ouvrage sur 80 à 90cm de longueur. La largeur de ces fissures, relativement importante, varie entre 3 à 5cm.
- Une autre fissure (fissure C) est présente côté amont, à l'extrémité droite de l'ouvrage. Cette fissure débute depuis la crête et se rabat obliquement vers la digue. Elle témoigne d'une instabilité (tassement ou glissement) de la digue sur laquelle repose l'ouvrage de Bérigo.
- Sur les premiers 2/3 de la hauteur de l'ouvrage, une dégradation générale des joints de la maçonnerie sont observés. Ce secteur est le plus soumis au marnage lié à la marée. De la végétation est d'ailleurs observée dans les lacunes entre la maçonnerie.
- Enfin la pile située coté rive droite de l'étier entre la buse DN800 et le dalot central est déstructurée avec un manque de moellons.
- Les organes hydrauliques présents (deux buses DN 800 et un dalot central : 1mx0.95m) sont munis, côté trait du Croisic, de clapets en bois articulés dépourvus de dispositif de manœuvre rendant obligatoire une manipulation depuis le lit de l'étier. Ces clapets ne sont plus étanches.

Le diagnostic conclut en la présence de désordres sérieux, pouvant mettre en péril les enjeux situés en arrière. Le confortement de cet ouvrage répond donc aux objectifs suivants :

- Pérenniser et sécuriser l'ouvrage de Bérigo ;
- Assurer le fonctionnement classique de ce type d'ouvrage

Pour ce faire, différentes solutions de confortement peuvent être proposées. Ces solutions sont graduées selon leur importance, à savoir :

- Scénario 1 : Réfection de l'ouvrage et réparation des organes hydrauliques ;
- Scénario 2 : Renforcement et confortement de l'ouvrage ;
- Scénario 3 : Reprise complète de l'ouvrage.

1.2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Dans le cadre de la réhabilitation de l'ouvrage de Bérigo, les solutions proposées sont soumises à la réglementation en vigueur et à la réalisation de certaines prescriptions.

Au regard de la nature des travaux, ces derniers vont être soumis à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

De plus, le site de Bérigo est inclus dans le site Natura 2000 « Marais Salants de Guérande, traicts du Croisic et dunes de Pen-Bron » (ZSC FR5200627 et ZPS FR5210090). Cet ouvrage est également situé dans le périmètre de site classé.

D'après les alinéas 2° et 4° de l'article R. 121-5 du code de l'urbanisme, ces travaux situés dans les espaces remarquables du littoral ne sont pas concernés par un formulaire cas par cas ou une étude d'impact.

De même, ces travaux ne sont pas soumis à la loi Littorale.

Chaque solution, selon son ampleur, va être soumise à différentes nomenclatures réglementaires.

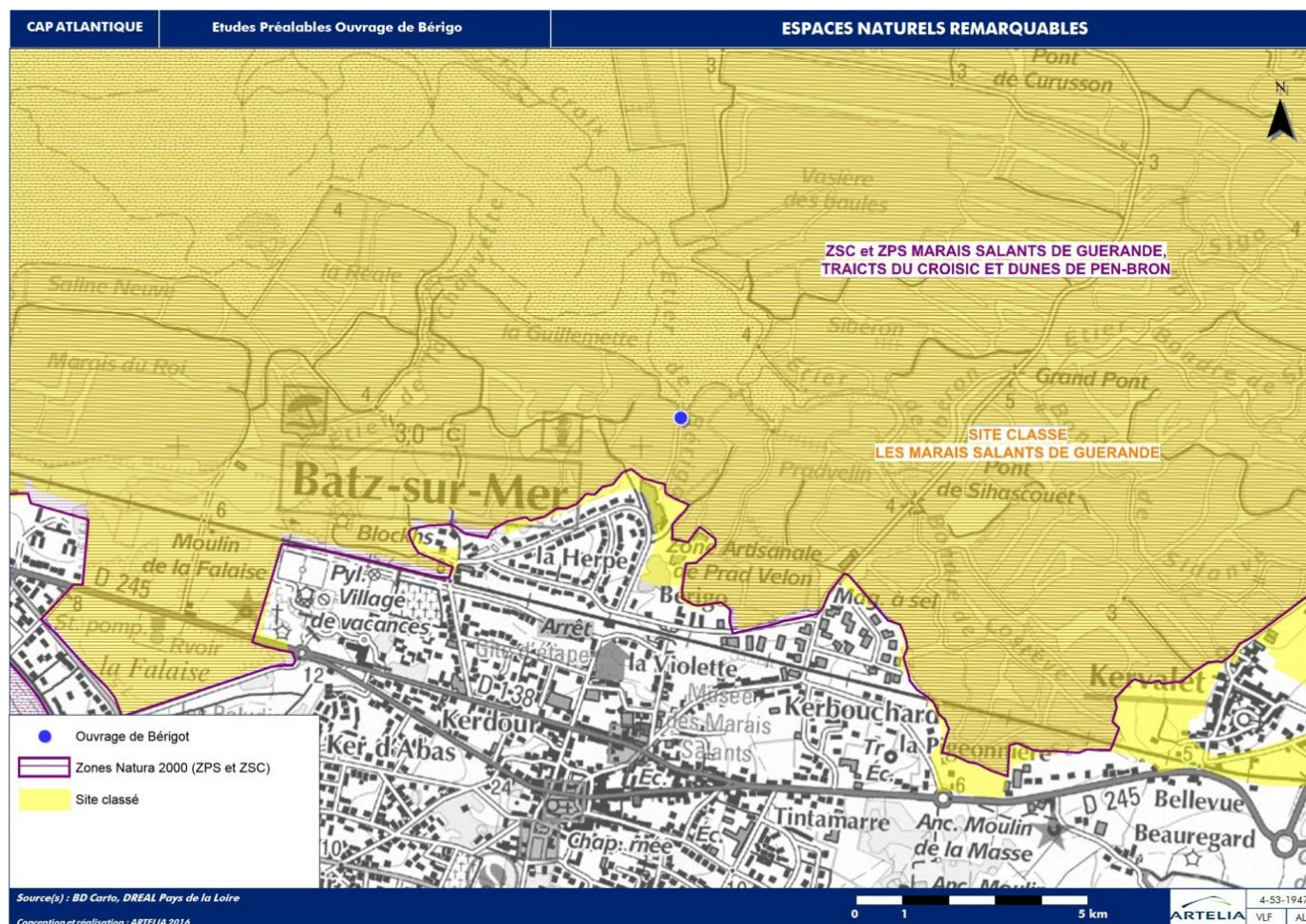


Fig. 1. Enjeux naturels remarquables sur le site de Bérigo

2. ANALYSE REGLEMENTAIRE DES SOLUTIONS DE REHABILITATION

Comme indiqué précédemment, des solutions graduées de confortement de l'ouvrage ont été proposées.

Des études réglementaires préalables à l'aménagement des différentes solutions sont ainsi nécessaires, selon l'ampleur des travaux.

Il est à noter qu'au regard de l'antériorité de l'ouvrage par rapport aux principaux textes de loi, l'ouvrage est autorisée. Toutefois, il est à prévoir, quels que soient les travaux réalisés, une déclaration d'existence de l'ouvrage.

Cette déclaration doit ainsi reprendre la présentation, la description, le rôle et le fonctionnement de l'ouvrage.

2.1. SCENARIO 1 – REFECTION DE L'OUVRAGE

2.1.1. DESCRIPTION

Ce scénario consiste en une simple réfection de l'ouvrage. Cette réfection comprend :

- La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.

2.1.2. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES

Le tableau ci-après reprend les prescriptions réglementaires nécessaires à cette solution.

Tabl. 1 - Analyse réglementaire pour le scénario n°1

	SCENARIO 1
Analyse réglementaire Loi sur l'eau	Réalisation d'une déclaration d'existence de l'ouvrage au préalable
	<ul style="list-style-type: none"> - Rubrique 3.1.2.0. « Modification du profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau » : pas de modification du lit mineur → projet non concerné par cette rubrique - Rubrique 4.1.2.0. « Travaux en contact avec le milieu marin » : coût des travaux inférieur à 160 000 € → projet non soumis à déclaration

Analyse réglementaire Natura 2000	Travaux limités à l'ouvrage sur une période limitée
Espèces protégées et impacts durant les travaux	Non concerné
Aspect loi Littoral	Articles L 121.23 et R-121.5 : non concerné
Analyse réglementaire Site Classé	A priori non concerné : Simple entretien de l'ouvrage : paysage non modifié
Conclusions	Projet non concerné par une procédure réglementaire

2.2. SCENARIO 2 – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE

2.2.1. DESCRIPTION

Pour ce scénario, deux alternatives sont envisagées, à savoir :

2.2.1.1. SCENARIO 2 A – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE PAR MISE EN PLACE D'UN MERLON

Ce premier scénario consiste à conforter l'ouvrage de Bérigo par l'aménagement d'un merlon coté étier. Ce confortement comprend :

- La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.
- La création d'un merlon de soutènement en argile en amont de l'ouvrage avec dispositif d'ancrage ;
- La réalisation d'un couronnement bétonné en crête d'ouvrage. Ce couronnement permettra de reprendre les phénomènes de surpression sur l'ouvrage et contribuera à un renforcement global de l'ouvrage.

Ces travaux nécessitent l'utilisation d'engins lourds afin de réaliser le merlon et de réaliser le couronnement de l'ouvrage. Une piste d'accès est donc à prévoir.

2.2.1.2. SCENARIO 2 B – RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE

Cette variante consiste à conforter l'ouvrage de Bérigo par l'aménagement de gabions ancrés en amont et aval de l'ouvrage. Elle comprend :

- La reprise de la maçonnerie des parements amont et aval de l'ouvrage, à savoir du rejointoiement des parements et le traitement des fissures observées ;

- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre.
- L'aménagement de gabions ancrés au droit des parements amont et aval.

Ces travaux nécessitent également l'utilisation d'engins lourds afin de réaliser le merlon et de réaliser le couronnement de l'ouvrage. Une piste d'accès est donc à prévoir.

2.2.2. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES

Le tableau ci-après reprend les prescriptions réglementaires nécessaires à cette solution.

Tabl. 2 - Analyse réglementaire pour le scénario n°2

	SCENARIO 2A ET 2B
	Réalisation d'une déclaration d'existence de l'ouvrage au préalable
Analyse réglementaire Loi sur l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Rubrique 3.1.1.0. « Obstacle à l'écoulement des crues » : pas de phénomène de crue observé, projet permettant d'améliorer la continuité hydraulique → projet non concerné par cette rubrique - Rubrique 3.1.5.0. « Impact sur la faune et flore aquatique » : projet soumis à déclaration - Rubrique 4.1.2.0. « Travaux en contact avec le milieu marin » : à vérifier selon coût des travaux (si supérieur à 160 000 € mais inférieurs à 1,9 M€ → projet soumis à déclaration)
Analyse réglementaire Natura 2000	Projet soumis à la Loi sur l'Eau dans un site Natura 2000 → projet soumis à évaluation des incidences Natura 2000
Espèces protégées et impacts durant les travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation des incidences sur le milieu et natura2000 : <ul style="list-style-type: none"> ○ Etat initial des espèces présentes sur le site de travaux (ouvrage et accès) : faune, flore, avifaune ○ Périodes d'intervention des travaux / détails des travaux (engins, rejets...) et incidences sur milieu
Aspect loi Littoral	Articles L 121.23 et R-121.5 : non concerné
Analyse réglementaire Site Classé	<ul style="list-style-type: none"> - Projet soumis à autorisation spéciale au titre des sites classés : <ul style="list-style-type: none"> ○ Justification du projet ; ○ Présentation du projet ; ○ Définition des incidences paysagères ○ Conclusions <p>Durée de procédure pour instruction du ministère : 6 mois</p>

Conclusions

- **Projet soumis à déclaration Loi sur l'Eau incluant une évaluation des incidences Natura 2000**
- **Procédure de déclaration : durée de la procédure 2 mois¹**
- **Projet soumis à autorisation spéciale au titre du site classé : durée d'instruction de la procédure 6 mois**

2.3. SCENARIO 3 – REPRISE DE L'OUVRAGE**2.3.1. DESCRIPTION**

Ce dernier scénario prévoit une reprise complète de l'ouvrage. Cet aménagement comprend :

- La reprise de la maçonnerie de l'ouvrage, à savoir rejointoiement des parements et traitement des fissures observées par injection de coulis ;
- Création d'un voile béton de part et d'autre de l'ouvrage avec armatures aciers et présence de tirants au travers l'ouvrage. Une reprise des fondations devra être prévue ;
- Le remplacement des clapets existants par des clapets fonctionnels et munis d'organes de manœuvre ;
- Traitement des digues en rive gauche et droite de l'ouvrage servant d'appui à l'ouvrage par un dispositif anti basculement. Cette reprise des digues d'appui consistera en un reprofilage permettant d'assurer une bonne stabilité de l'ouvrage. Le linéaire de digue traité est de l'ordre de 10m sur chacune des rives de l'ouvrage de Bérigo. Cette reprise comprendra:
 - Un élargissement de la crête de digue ;
 - Talutage du parement coté marais avec des pentes de l'ordre de 1/2 à 1/3 (selon investigations géotechniques) ;
 - Reprise de la maçonnerie du parement côté mer ;

Cette reprise des digues nécessitera des investigations géotechniques supplémentaires.

Ce scénario nécessite également l'emploi d'engins lourds pour la réalisation des travaux. Un accès est donc à prévoir. Une plateforme devra être créée dans l'étier afin d'accéder à la rive opposée.

2.3.2. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES

Le tableau ci-après reprend les prescriptions réglementaires nécessaires à cette solution.

¹ A titre de comparaison, la procédure d'autorisation unique est de l'ordre de 10mois avec réalisation d'une enquête publique

Tabl. 3 - Analyse réglementaire pour le scénario n°3

	SCENARIO 3
Analyse réglementaire Loi sur l'eau	Réalisation d'une déclaration d'existence de l'ouvrage au préalable
	<ul style="list-style-type: none"> - Rubrique 3.1.2.0. « Modification du profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau » : modification du lit mineur sur un linéaire inférieur à 100 m pour la création de la piste d'accès → projet soumis à déclaration - Rubrique 3.1.1.0. « Obstacle à l'écoulement des crues » : pas de phénomène de crue observé, projet permettant d'améliorer la continuité hydraulique → projet non concerné par cette rubrique - Rubrique 3.1.5.0. « Impact sur la faune et flore aquatique » : projet soumis à déclaration - Rubrique 4.1.2.0. « Travaux en contact avec le milieu marin » : à vérifier selon coût des travaux (si supérieur à 160 000 € mais inférieurs à 1,9 M€ → projet soumis à déclaration)
Analyse réglementaire Natura 2000	Projet soumis à la Loi sur l'Eau dans un site Natura 2000 → projet soumis à évaluation des incidences Natura 2000
Espèces protégées et impacts durant les travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation des incidences sur le milieu et natura2000 : <ul style="list-style-type: none"> ○ Etat initial des espèces présentes sur le site de travaux (ouvrage et accès) : faune, flore, avifaune ○ Périodes d'intervention des travaux / détails des travaux (engins, rejets...) et incidences sur milieu
Aspect loi Littoral	Articles L 121.23 et R-121.5 : non concerné
Analyse réglementaire Site Classé	<ul style="list-style-type: none"> - Projet soumis à autorisation spéciale au titre des sites classés : <ul style="list-style-type: none"> ○ Justification du projet ; ○ Présentation du projet ; ○ Définition des incidences paysagères ○ Conclusions <p>Durée de procédure pour instruction du ministère : 6 mois</p>
Conclusions	<ul style="list-style-type: none"> - Projet soumis à déclaration Loi sur l'Eau incluant une évaluation des incidences Natura 2000 - Procédure de déclaration : durée de la procédure 2 mois² - Projet soumis à autorisation spéciale au titre du site classé : durée d'instruction de la procédure 6 mois

² A titre de comparaison, la procédure d'autorisation unique est de l'ordre de 10mois avec réalisation d'une enquête publique