



HYDROGEOTECHNIQUE SUD OUEST

INGENIERIE GEOTECHNIQUE, GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUEE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT.
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

MONTPELLIER MEDITERRANEE METROPOLE
BASSIN ECRÊTEUR DE CRUES
DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE DES DESORDRES AFFECTANT LA DIGUE DU
RIEUMASSELLE
GRABELS (34) - LIEU DIT DE L'ARBRE BLANC

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
Mission G5

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :
C.14.41243	0	01/06/2015	Julien LEYDIER	Georges DE CARVALHO

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
1.1. MISSION.....	3
1.2. REFERENTIELS	4
1.3. DESCRIPTION DE L'ETUDE	5
2. CONTEXTE SITOLOGIQUE – GÉOLOGIQUE – HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL	6
2.1. SITOLOGIE	6
2.2. GEOLOGIE.....	13
2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	14
2.4. RISQUES NATURELS	15
2.5. SISMICITÉ.....	18
3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE.....	19
3.1. INVESTIGATIONS SPECIFIQUES	19
3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES	21
3.3. ORGANISATION DES ANNEXES	21
4. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES, GÉOTECHNIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES APPRÉHENDÉES PAR LES INVESTIGATIONS SPÉCIFIQUES	22
4.1. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES	22
4.2. RECONNAISSANCE DES FONDATIONS.....	24
4.3. CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES MESUREES	28
4.4. CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES	28
4.5. ANALYSES DE LABORATOIRE	30
5. DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE SUR LES DÉSORDRS AFFECTANT LA DIGUE DU RIEUMASSEL 33	
5.1. GEOMETRIE GENERALE	33
5.2. DIAGNOSTIC VISUEL	33
5.3. PRECONISATIONS DU DCE.....	37
5.4. OBSERVATIONS ISSUS DE NOS INVESTIGATIONS	38
5.5. ALEAS GEOTECHNIQUES	39
5.6. CONCLUSION.....	41
6. PROPOSITION DE CONFORTEMENT DE LA DIGUE	42
6.1. COUPE TYPE DE LA SOLUTION PROPOSEE	43
6.2. SUJETIONS D'EXECUTIONS.....	45
7. ELEMENTS A INTEGRER EN PHASE PROJET ET EXECUTION	46
ANNEXES.....	48

BOC BOC BOC BOC BOC

1. INTRODUCTION

1.1. MISSION

À la demande de **MONTPELLIER MEDITERRANNEE METROPOLE**, la Direction Régionale Languedoc-Roussillon du Bureau d'Etudes HYDROGEOTECHNIQUE SUD-OUEST a été chargée d'une mission G5 dans le cadre d'une étude de diagnostic géotechnique des désordres affectant la digue du RIEUMASSEL au lieu dit de « l'Arbre Blanc » (bassin G), sur la commune de GRABELS (34).

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme NF P 94.500 des missions géotechniques de l'AFNOR-USG, à savoir :

- **ÉTAPE 1** : étude géotechnique préalable (G1)
 - ES : Phase étude de site,
 - PGC : Phase principes généraux de construction,
- **ÉTAPE 2** : étude géotechnique de conception (G2)
 - AVP : Phase avant projet,
 - PRO : Phase projet,
 - DCE / ACT
- **ÉTAPE 3** : études géotechniques de réalisation
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
- **Étude d'éléments spécifiques géotechniques**
 - Diagnostic géotechnique (G5).

Cette mission se termine à la remise du présent rapport.

Elle devra être suivie au sens de la norme NF P 94-500 des missions G2 de projet de la solution de confortement et G4 de suivi géotechnique d'exécution.

La mission G3 d'étude d'exécution est à la charge de l'entreprise exécutante.

Cette étude a été réalisée par **Julien LEYDIER**, Ingénieur Civil -Géotechnicien ENISE, avec le contrôle interne de **Georges DE CARVALHO**, Ingénieur Géologue – Géotechnicien, DESS de Géologie Appliquée, Directeur Régional Languedoc-Roussillon.

1.2. REFERENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- **Eurocodes 1** – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- **Eurocodes 7** – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- **Eurocodes 8** – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- les recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblai :
 - recommandation du Cfbr de juin 2010
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- Le guide des recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi des Petits Barrages du Cemagref (1997),
- Les Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais du Comité Français des barrages et réservoirs (Cfbr) de juin 2010.
- **Le DCE établie en avril 2009 dans le cadre des aménagements du bassin G écrêteur de crues au lit de « l'Arbre Blanc ».**
- **L'étude de sol d'avant projet réalisée par le BET GINGER en décembre 2008.**
- **L'étude hydraulique d'avant projet réalisée par le BET IPSEAU en avril 2009**
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

L'étude d'avant projet nous été remis pour établir ce diagnostic. Les études de projet ne nous ont pas été communiquées.

1.3. **DESCRIPTION DE L'ETUDE**

L'objet de ce rapport d'étude est :

- de définir le contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique général du secteur,
- de décrire au regard de nos reconnaissances, le contexte particulier au droit du projet,
- reconnaître la géométrie et la constitution du corps de la digue sur la base de nos investigations,
- de rechercher les causes probables des pathologies affectant la digue du Rleumassel, sur la base de nos investigations,.
- proposer une solution de confortement sur la base des observations et essais effectués in situ,

Cette mission fait suite à la campagne de prestations géotechniques réalisée par nos soins. Le détail de cette campagne est décrit au chapitre 3.

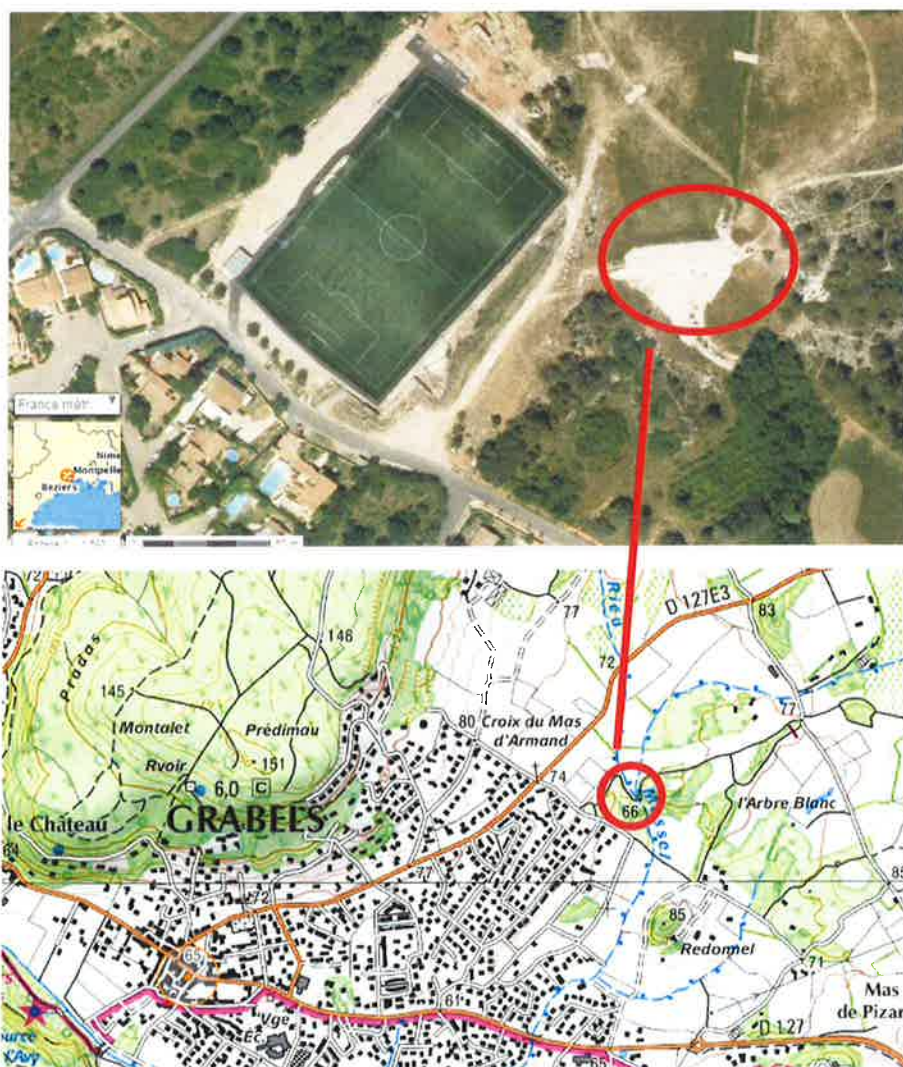
2. CONTEXTE SITOLOGIQUE – GÉOLOGIQUE – HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

2.1. SITOLOGIE

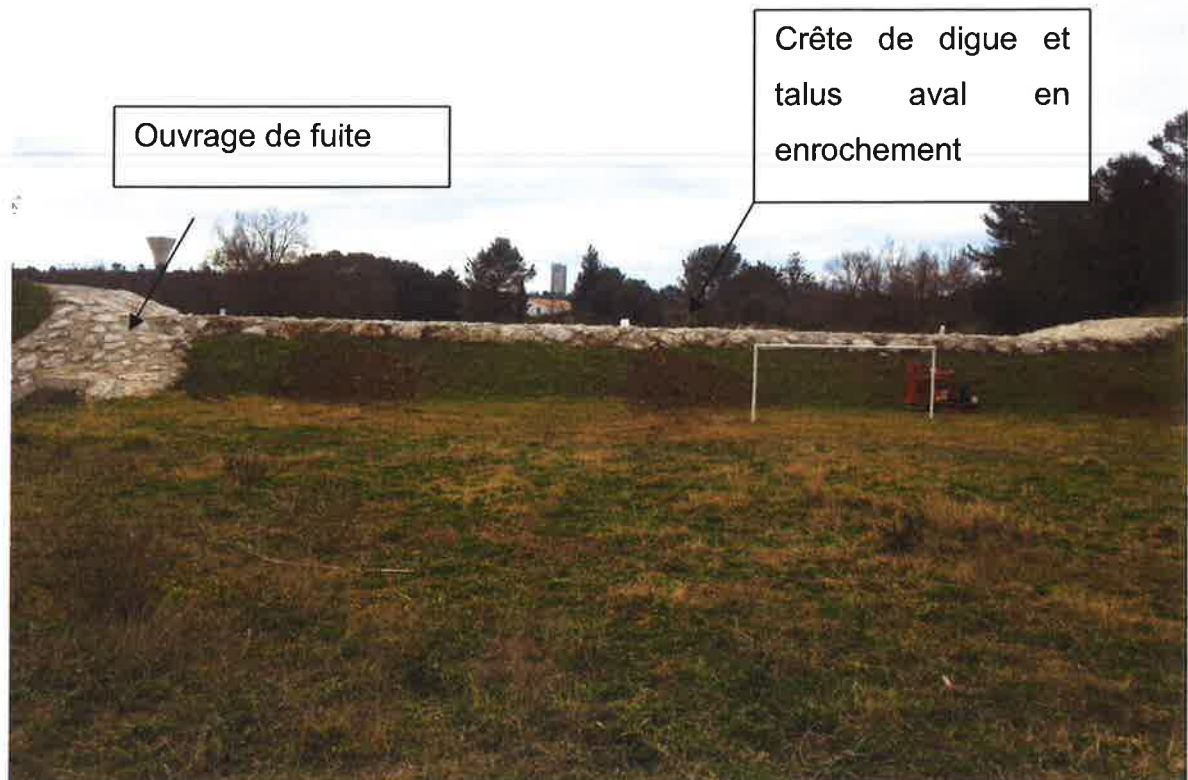
La digue du Rleumassel est située au NORD-EST de la commune de GRABELS (34), à proximité du 130 rue du Mas d'Armand et du lieu dit « l'Arbre Blanc ».

D'après les informations qui nous ont été communiquées par MONTPELLIER MEDITERRANEE METROPOLE, la digue aurait été construite il y a environ 5 ans.

La vue aérienne ci-après permet de localiser la zone d'étude.



La photographie ci-dessous illustre le profil en long de la digue.



Vue sur le talus amont

L'ouvrage s'inscrit dans un projet global d'aménagement hydraulique sur la commune de GRABELS comprenant:

- la création de 4 bassins de rétention (dénommés G, I, J et K) afin d'écarter les débits de pointes de crue par stockage temporaire des eaux ;
- le recalibrage du Rieumassel sur 200 m, en aval de la RD 127, afin d'accroître la section d'écoulement et de faciliter l'évacuation des eaux en période de crue au droit d'enjeux forts (lotissements) ;
- l'aménagement du confluent du Redonnel par déplacement du lit mineur du Redonnel, endiguement du lit actuel et remodelage de la zone afin de protéger ce secteur urbanisé vis-à-vis des crues du Redonnel.

L'aménagement concerné par la présente étude est la digue du Rieumassel située en aval du bassin de rétention G implanté au lieu dit « l'Arbre Blanc ».

Les photographies ci-dessous illustrent le site.



Vue depuis la berge rive droite en direction de l'Est.



Vue depuis la partie sommitale en direction du Nord



Vue depuis la partie sommitale en direction du Nord-Ouest



Vue depuis la partie à l'aval de la digue en direction du Sud



Vue sur l'ancrage de la digue rive gauche



Vue sur l'ancrage de la digue rive droite

L'inspection préalable de la digue permet de mettre en évidence les éléments suivant :

- ouvrage d'une hauteur de 3.50m environ, 20.00m de longueur et de 4.50m de largeur environ en partie sommitale,
- insertion de l'ouvrage en rive gauche et en rive droit dans le relief du terrain naturel,
- présence d'une carapace en enrochement bétonné en partie supérieure de l'ouvrage de l'ordre de 50 à 60cm d'épaisseur,
- recouvrement total du talus aval en enrochement maçonné penté à 1H/1V,
- absence de dispositif d'étanchéité sur le talus amont penté à 1H/1V,
- réalisation d'un ouvrage dissipateur d'énergie en enrochement à l'aval.

Après les forts épisodes de crues de Septembre 2014, il a été constaté des désordres visibles en crête de digue comme l'illustre les photographiques ci-dessous :



Vue depuis la partie sommitale, on note l'extrémité amont de la carapace en enrochement se désolidarise



Vue sur l'interface en la partie en terre et l'enrochement maçonné.

On note que sur la partie amont de la digue, la première ligne de blocs rocheux se désolidarise de la partie sommitale.

Depuis la partie sommitale en enrochement, on observe la présence de fissures traversant l'ouvrage.



Vue sur les désordres en partie sommitale.

Le pourtour de la digue est relativement dégagé de végétation en partie amont pour favoriser le passage de l'eau. On note également que la digue est munie d'un ouvrage traversant pour permettre l'écoulement du Rieumassel. Un ouvrage anti embâcle a été installé.



Mise en œuvre d'ouvrage anti embâcle autour duquel un dispositif anti affouillement a été réalisé au moyen d'enrochement maçonné. Pas de désordre constaté



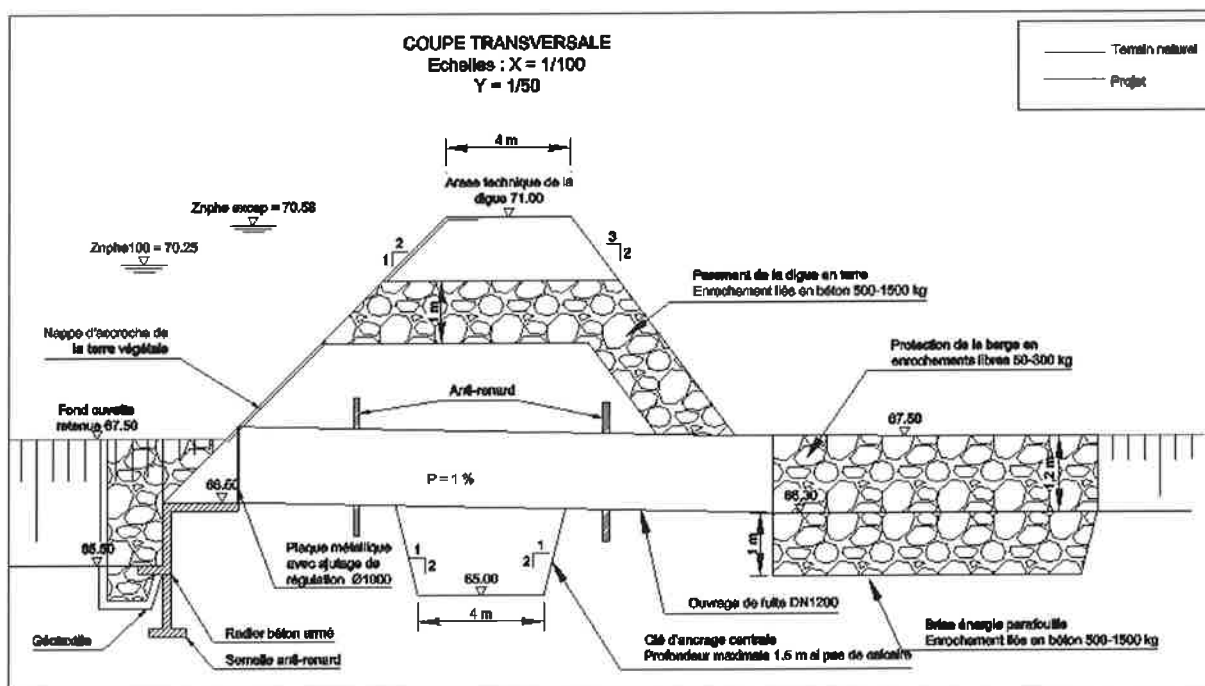
Vue depuis l'aval sur enrochement de recouvrement du talus. Pas désordre visible sur cette partie



Vue sur ouvrage dissipateur d'énergie d'écoulement des eaux – Pas de désordre constaté.

On note également la présence d'enrochement à l'aval de l'ouvrage pour permettre la dissipation de l'énergie liée à l'écoulement de l'eau. Nous n'avons pas relevé de désordres sur cette partie.

La coupe type au droit de l'ouvrage de fuite présentée dans le DCE est rappelée ci-dessous :



- des pentes de talus à 2B/1 et 3B/2H,
- un radier amont sur semelle au droit du tuyau de fuite,
- une clef d'ancrage,
- une carapace en enrochement de 1.00m d'épaisseur maçonnée,
- une nappe d'accroche de la terre végétale à l'amont,

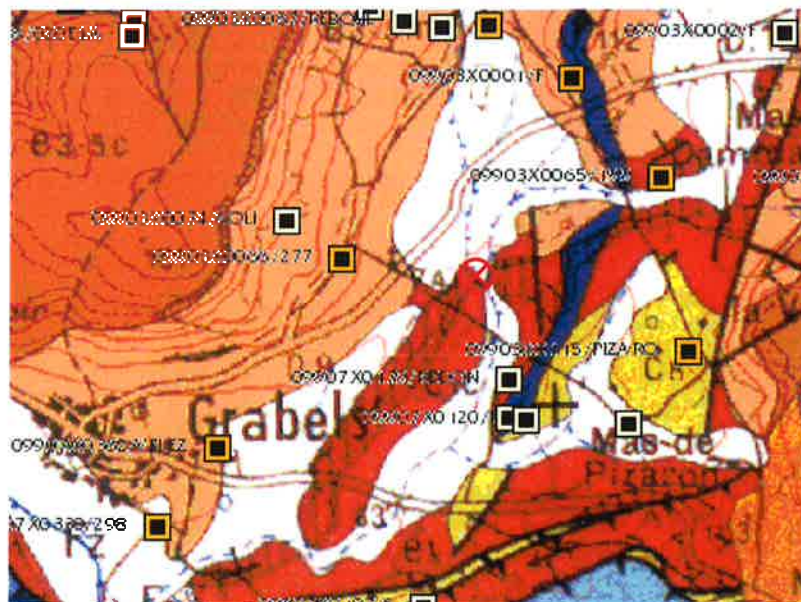
- des dispositifs parafouilles amont et aval.

D'après les informations qui nous ont été communiquées par le Maître d'Ouvrage, les désordres sont apparus suite aux événements pluvieux et de crues de septembre 2014 et novembre 2014.

2.2. GEOLOGIE

La carte géologique au 1/50 000^{ème} de MONTPELLIER montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes:

- en surface, alluvions et des colluvions constitués de limon argileux et de blocs, notées Fz sur cette carte,
- qui recouvrent des molasses de l'Eéocène notées e1C en profondeur constitué de marne et de calcaires lacustres.



Nous disposons du rapport d'étude d'avant projet réalisé par le BET GINGER.

La géologie rencontrée au droit de la digue est la suivante :

Le sondage pressiométrique a permis de mettre en évidence :

- Un **limon brun** jusqu'à 1,3 m de profondeur.
Ses caractéristiques mécaniques sont faibles, avec :
 $p_l - p_o = 0,38 \text{ MPa}$
 $E_M = 6,1 \text{ MPa}$
- Une **argile brune** jusqu'à 2,8 m de profondeur.
Ses caractéristiques mécaniques sont faibles, avec :
 $p_l - p_o = 0,52 \text{ MPa}$
 $E_M = 6,3 \text{ MPa}$
- Des **blocs à matrice argilo-marneuse** jusqu'à 3,4 m de profondeur.
Ses caractéristiques mécaniques sont faibles, avec :
 $p_l - p_o = 0,58 \text{ MPa}$
 $E_M = 5,2 \text{ MPa}$
- Le **substratum calcaire** ensuite.
Ses caractéristiques mécaniques sont excellentes, avec :
 $p_l - p_o > 4,8 \text{ MPa}$
 $E_M > 150 \text{ MPa}$

Les essais de pénétration dynamique ont mis en évidence des sols de compacité faible à moyenne jusqu'à 0,8 m en PD1 et 3,0 m en PD2 (le terme de pointe q_d variant de 2 à 5 MPa), puis la compacité croît rapidement jusqu'au refus à 1,4 m en PD1 et 4,0 m en PD2. On retrouve donc les mêmes formations que dans le sondage pressiométrique : les limons, argile et l'altération argilo-marneuse et graveleuse qui constituent l'ensemble peu compact superficiel (épaisseur de 0,8 m en PD1 et 3,0 m en PD2, puis le refus sur le calcaire).

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

D'après la carte IGN, le secteur est parcouru par le Rieumassel. Le site a été aménagé en zone de rétention des pics de pluviométrie.

Les principales données hydrauliques sont récapitulées dans la note hydraulique établie par le BET IPSEAU en avril 2009.

On peut supposer la présence d'eau :

- sous forme de ruissellement superficiel en relation avec le bassin versant,,
- des arrivées d'eau en talus amont au retour d'épisodes pluvieux significatifs,
- des circulations erratiques plus en profondeur comme l'indique la végétation hydrophile mise en évidence autour de l'ouvrage,
- liée à l'infiltration des eaux en provenance des zones imperméabilisées périphériques,
- suivant les battements du Rieumassel et dont le NPHE Exceptionnel est situé à 70.58mNGF.

D'après les informations que nous avons recueillies in situ auprès du Maître d'Ouvrage, le niveau d'eau en septembre 2014 était situé à environ 1.00m au dessus de la partie sommitale de l'ouvrage, proche du NPHE.

2.4. RISQUES NATURELS

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et des logements, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune sont les suivants :

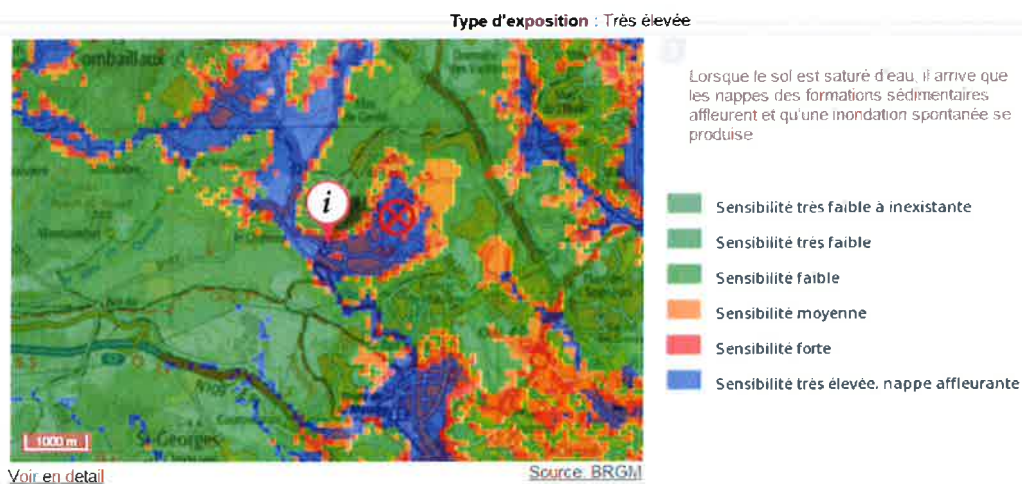
Arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	08/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/01/1990	31/12/1990	18/08/1995	03/08/1995
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1991	31/12/1995	01/10/1996	17/10/1996
Inondations et coulées de boue	17/10/1994	28/10/1994	21/11/1994	25/11/1994
Inondations et coulées de boue	04/11/1994	08/11/1994	12/01/1995	31/01/1995
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1996	31/08/1998	18/03/1999	03/04/1999
Inondations et coulées de boue	25/11/1997	25/11/1997	02/02/1998	18/02/1998
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/08/1998	30/08/1999	01/08/2002	22/08/2002
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2000	31/12/2000	01/08/2002	22/08/2002
Inondations et coulées de boue	08/10/2001	08/10/2001	28/04/2002	05/05/2002
Inondations et coulées de boue	11/12/2002	12/12/2002	23/01/2003	07/02/2003
Inondations et coulées de boue	22/08/2003	22/08/2003	17/11/2003	30/11/2003
Inondations et coulées de boue	02/12/2003	04/12/2003	18/12/2003	20/12/2003
Inondations et coulées de boue	06/08/2005	07/08/2005	10/10/2005	14/10/2005
Inondations et coulées de boue	31/10/2011	01/11/2011	21/12/2011	03/01/2012
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2012	31/12/2012	21/05/2013	25/05/2013
Inondations et coulées de boue	29/09/2014	30/09/2014	08/10/2014	11/10/2014
Inondations et coulées de boue	08/10/2014	07/10/2014	04/11/2014	07/11/2014

On recense un nombre important d'arrêté relatif à des inondations dont l'épisode de crue de septembre et novembre 2014.

2.4.1. ALÉA LIÉ AUX REMONTÉES DE NAPPES

Le portail Internet (www.inondationsnappes.fr) classe le site en zone de nappe suaffleurante et dont le NPHE se situe à 70.58mNGF :



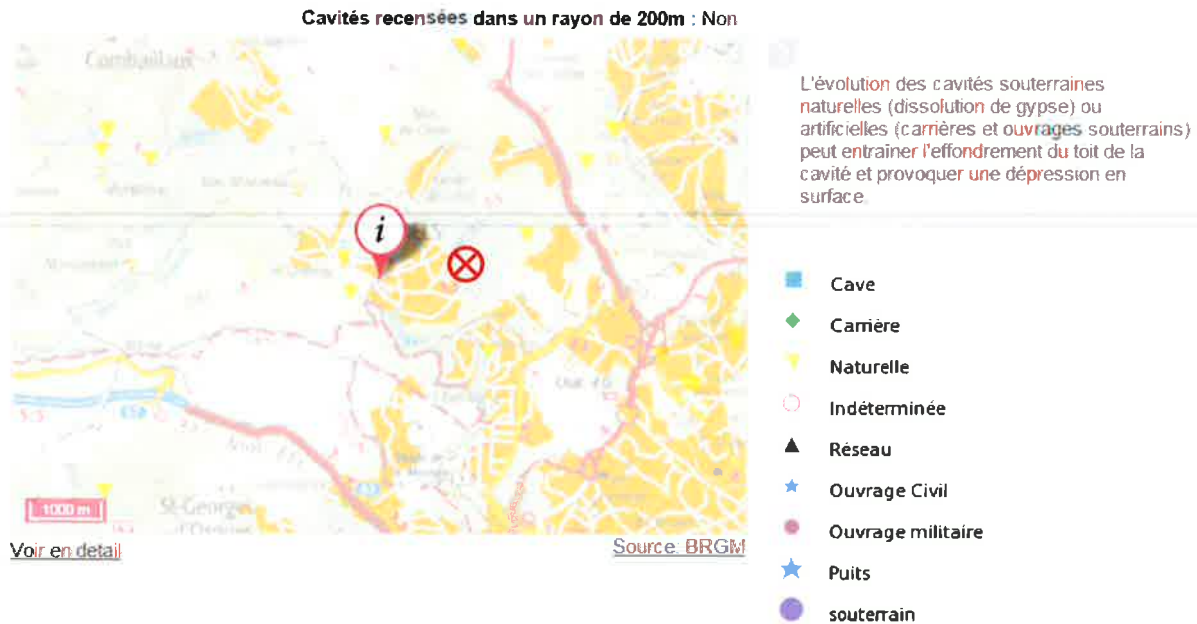
2.4.2. LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone **d'aléa fort, à proximité et au droit du site d'étude.**



2.4.3. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

Aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM au droit de la zone d'étude.



2.4.4. RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN

La zone d'étude n'est pas recensée sur le site <http://www.georisques.gouv.fr>



2.4.5. BASE DE DONNÉES DES SITES POLLUES

Aucun ancien site industriel n'a été recensé par le BRGM au droit de la zone d'étude.

2.4.6. RISQUE MINIER

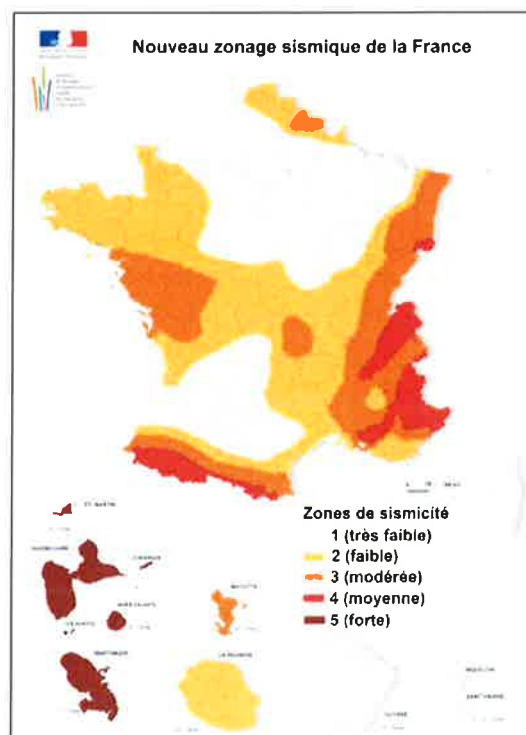
La zone d'étude n'est pas recensée sur le site <http://macommune.prim.net/>

2.5. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les bâtiments ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur. Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée en **zone 2**.



3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. INVESTIGATIONS SPECIFIQUES

Nous avons réalisé le 25 Février 2015 :

- **3 reconnaissances de fondations en pied de digue** par un Ingénieur Géotechnicien, avec :
- relevé de la lithologie,
 - relevé de la géométrie apparente des fondations,
 - prélèvements d'échantillons pour analyses en laboratoire,
 - et reportage photographique.

Ces fouilles notées RF1, RF2 et RF3 ont été descendues aux profondeurs référencées dans le tableau ci-dessous :

Sondage	RF1	RF2	RF3
Profondeur (m)	1.40	1.20	1.80
Motif d'arrêt	Eboulement des parois, arrivée d'eau	Eboulement des parois, arrivée d'eau	Eboulement des parois, arrivée d'eau

- **3 forages en carottage continu** :
- notés SC1 à SC3,
 - à l'aide d'une sondeuse électrique HILTI DD350,
 - spitée dans la carapace en enrochement,
 - réalisés au carottier rotation Ø100mm sur l'épaisseur de l'enrochement à 80cm de profondeur,
 - dans l'empreinte de ces sondages, nous avons **procédé à un passage caméra** pour préciser la constitution de la carapace.

- **4 essais au pénétromètre dynamique lourd, au moyen d'une HYDROFORE200 muni d'un mouton de 64 kg. Les profondeurs atteintes sont les suivantes :**

Sondage	PD1 en partie sommitale	PD2 en partie sommitale	PD3 en partie sommitale	PD4 en pied de digue
Profondeur (m)	4.00	5.40	2.80	2.40
Motif d'arrêt	Refus	Refus	Refus	Refus

- **ces pénétromètres ont été prolongés à la tarière hélicoïdale de 63mm de diamètre, au moyen d'une HYDROFORE200. Les profondeurs atteintes sont les suivantes :**

Sondage	TH1 en partie sommitale	TH2 en partie sommitale	TH3 en partie sommitale
Profondeur (m)	3.80	3.00	2.40
Motif d'arrêt	Refus/Peu de remontée	Refus/Peu de remontée	Refus

- **Enfin en laboratoire**, suivant les normes NFP correspondantes, sur les échantillons prélevés au droit des fouilles au tractopelle **3 identifications GTR** sur des échantillons prélevés en RF1, RF2 et RF3 comprenant:
- 1 limite d'Atterberg NF P 94-051 sur 3 échantillons
 - 1 valeur au bleu de méthylène NF P 94-068 sur 1 échantillons,
 - 1 analyse granulométrique NF P 94-056,
 - 1 teneur en eau NF P 94-050.

NOTA : la quantité et la qualité de l'échantillonnage prélevé dans l'empreinte des tarières TH1 à TH3 n'ont pas permis la réalisation d'essais en laboratoire. Les matériaux du corps de digue ont été identifiés au moyen des échantillons prélevés depuis les fouilles à la pelle.

3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES

Les sondages ont été reportés le plan de masse qui nous a été remis présenté en annexe 1. Les profondeurs indiquées dans ce rapport sont prises par rapport à la tête des sondages.

3.3. ORGANISATION DES ANNEXES

Nous présentons à la fin de ce rapport :

- en annexe 1, le schéma d'implantation des sondages,
- en annexe 2, les résultats des essais au pénétromètre dynamique,
- en annexe 3, les résultats des essais de laboratoire,
- en annexe 4, le rappel de la classification des missions géotechniques.

4. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES, GÉOTECHNIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES APPRÉHENDÉES PAR LES INVESTIGATIONS SPÉCIFIQUES

4.1. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des sondages rappelées au chapitre 4.2, permet de mettre en évidence la lithologie suivante :

- Uniquement sur RF1, RF2 et RF3, une **couche C0.1 constituée de terre végétale** de 30cm d'épaisseur en pied de digue et sur le talus amont,
- sur la partie sommitale, uniquement reconnue dans l'empreinte de nos sondages carottés :
 - une **couche C0.2 d'enrochements maçonnés** uniquement reconnue dans l'empreinte de nos sondages carottés sur une épaisseur comprise entre 43 et 60cm d'épaisseur,
 - sur une **couche C0.3 de graviers, cailloux et cailloutis dans une matrice sableuse +/- abondante gris beige** et sur une épaisseur comprise entre 20 et 37cm.

Les passages caméra effectués sur la hauteur de la carapace confirment la description ci-dessus. Les graviers rencontrés lors de nos sondages carottés sont attribués à des matériaux de réglage des enrochements.

- puis, une **couche C0.4 d'argile limoneuse à limon argileuse brun clair à quelques cailloux** observée aux profondeurs suivantes :

Sondage	Profondeur du toit (m)	Profondeur du mur (m)	Epaisseur (m)
RF1	0.30	1.00	0.70
RF2	0.30	0.90	0.60
RF3	0.30	0.95	0.65
TH1	0.80	≥3.80	≥3.00
TH2	0.80	≥3.00	≥2.20
TH3	0.80	≥2.40	≥1.60

La nature argileuse et la faible tenue des parois n'a pas permis de reconnaître des cavités à la caméra compte tenu de l'occultation de l'objectif.

- enfin, uniquement en pied de pied de digue dans l'empreinte de RF1, RF2 et RF3, une **couche C1 de graviers, cailloux et cailloutis dans une matrice sable limoneuse +/- abondante**, observée aux profondeurs suivantes :

Sondage	Profondeur du toit (m)	Profondeur du mur (m)	Epaisseur (m)
RF1	1.00	≥1.30	≥0.30
RF2	0.90	≥1.50	≥0.60
RF3	0.95	≥1.40	≥0.45

Au delà, la nature des sols n'a pas été reconnue.

On gardera à l'esprit que cette esquisse reste schématique et que l'épaisseur des différentes couches n'est certaine qu'au droit **de nos sondages**.

4.2. RECONNAISSANCE DES FONDATIONS

Les résultats des fouilles de reconnaissance de fondation de la digue sont présentés pages suivantes.

RF1, RF2 et RF3 ont été réalisées sur le talus amont (aval hydraulique).

Les reconnaissances ont montré :

- une couverture végétale de 30cm sur le talus,
- un corps de digue constitué de matériaux limono argileux,
- un géotextile entre la terre végétale et le corps de digue,
- l'absence d'ouvrage para fouille comme indiqué dans le DCE,
- un horizon plus perméable avec des arrivées d'eau, sous le corps de digue.

RF1

Znpe excep = 70.58



Znpe100 = 70.25



Parement de la digue en terre
Enrochement liés en béton
500-1500 kg

SC1+TH1+ PD1

Protection de la
berge en
enrochements libres
et maçonnés 50-300
kg

1 1

Enrochement maçonné sur lit de graviers
0.60m/TN
0.80m/TN

Limon argileux à argile limoneuse brun

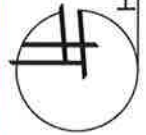
3.80m/TN

Abi 5.40m/TN au refus

Nappe à 1.20m/TN

0.30m/TN Limon argileux brun à radicle en terre (TV)
1.00m/TN Argile limoneuse à quelques cailloux
1.30m/TN Gravier et cailloux dans une matrice limoneuse +/- abondante

Géotextile



HYDROGEOTECHNIQUE SUD EST

Tel: 04.68.40.91.36 - Fax:04.68.46.55.14

MONTPELLIER MEDITERRANEE METROPOLE

Digue du Rleumassel

GRABELS (34)

Echelle : 1/100

Dossier C.14.41243

Dressé le 20 Mai 2015

RF2

Znphe excep = 70.58

Znphe100 = 70.25

Parement de la digue en terre
Enrochement liés en béton
500-1500 kg

SC2+TH2+PD2

Protection de la
berge en
enrochements libres
et maçonnés 50-300
kg

1
1

0.60m/TN Enrochement maçonné sur lit de graviers
0.80m/TN

Limon argileux à argile limoneuse brun

3.80m/TN

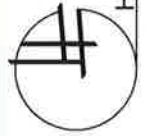
0.30m/TN Limon argileux brun à radicle en terre (TV)

0.90m/TN Argile limoneuse à quelques cailloutis

1.50m/TN Graviers et cailloutis dans une matrice
limoneuse +/- abondante

Nappe à 1.20m/TN

PD2 5.40m/TN au refus



HYDROGEOTECHNIQUE SUD EST

Tel: 04.68.40.91.36 - Fax:04.68.46.55.14

MONTPELLIER MEDITERRANEE METROPOLE
Digue du Rleumassel
GRABELS (34)

Echelle : 1/100

Dossier C.14.41243

Dressé le 20 Mai 2015

✓

1

The graph shows a sharp increase in the number of people with a university degree from 1970 to 1990, followed by a slight decline. The x-axis represents the year (1970, 1980, 1990) and the y-axis represents the number of people (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100). The line starts at approximately 10 in 1970, rises to about 45 in 1980, and then falls to around 35 in 1990.

1

PD3 3 20m/TN au refus

Naþpe á 1,20m/TN

HYDROGEOTECHNIQUE SUD EST

Dressé le 20 Mai 2015

4.3. CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES MESUREES

L'analyse des caractéristiques mécaniques mesurées au pénétromètre dynamique dans chacune des couches conduit, couche par couche, aux valeurs et commentaires suivants :

- **couche C0.1, C0.2, C0.3 :**
 - couche non testée au pénétromètre
- **couche C0.4 d'argile limoneuse à limon argileux :**
 - Couche de compacité très faible à modeste sensible à l'eau, avec :
$$0.6 \text{ MPa} < q_d < 6.00 \text{ MPa}$$
 - valeur faible pour un remblai technique. Les horizons les plus faibles peuvent correspondre à des circulation d'eau dans le corps de digue non étanche.
- **couche C1 de graviers, cailloux et cailloutis dans une matrice sablo limoneuse +/- abondante:**
 - couche de compacité faible à modeste, avec :
$$1 \text{ MPa} < q_d < 21.66 \text{ MPa}$$
 - compacité faible sous le corps de digue.

4.4. CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

- Les fouilles réalisées par temps sec en février 2015.
- Elles ont montré des arrivées d'eau en pied de talus à 1.20m/TN sur les trois fouilles à la pelle dans l'horizon plus perméable de la couche C1.
- Le niveau d'eau est en relation avec le Rieumassel comme l'illustre la photographie page suivante.
- Le site répertorié en zone de nappe subaffleurante.

D'après la note hydraulique rédigée par le BET IPSEAU le site à été aménagé en bassin de rétention pour écrêter les pics de pluviométrie.

D'après les informations que nous avons collectées auprès du Maître d'Ouvrage, les épisodes crues du septembre et de novembre 2015 ont provoqué une surverse dont le niveau était de 1.00m au dessus de la partie sommitale.

Le niveau de crues de nous a pas été communiqué (décennale ? centennale ?).



De plus, l'extrait de la note hydraulique du BET IPSEAU d'avril 2009 permet d'illustrer l'hydrologie qui caractérise le site :

«

Avec **un régime pluvial méditerranéen littoral**, le Rieumassel et ses affluents connaissent des fluctuations de leurs débits selon la saison donnée. Ainsi, ces cours d'eau présentent des débits faibles à nuls en période estivale alors que les précipitations automnales ou printanières favorisent des crues torrentielles. **Le ruisseau est donc non pérenne naturellement et ne coule que par fortes pluies quelques mois par an.** Les variabilités saisonnières et interannuelles sont parmi les plus fortes de la région Languedoc Roussillon, à l'image des variations climatiques du littoral.

Le Rieumassel présente un débit d'étiage nul en juin, juillet et août, septembre et souvent octobre. En fait l'écoulement naturel est des plus réduit en dehors des périodes pluvieuses.

Les débits caractéristiques de crue du ruisseau du Rieumassel au droit de la zone de projet (lieu dit l'arbre blanc) sont les suivants :

Période de retour	Débit
10 ans	8.6 m ³ /s
20 ans	12.7 m ³ /s
50 ans	17.7 m ³ /s
100 ans	21.5 m ³ /s

Tableau 1 : Débits caractéristiques du Rieumassel au droit du secteur de projet

4.5. ANALYSES DE LABORATOIRE

Les résultats des essais en laboratoire sont présentés en annexe 4.

➤ Identification GTR :

4 identifications GTR ont été réalisées :

- en RF1 à 1.20m de profondeur dans la couche C0.4,
- en RF2 à 1.20m de profondeur dans la couche C0.4,
- en RF2 à 1.20m de profondeur dans la couche C0.4,
- en RF3 à 1.20m de profondeur dans la couche C1,

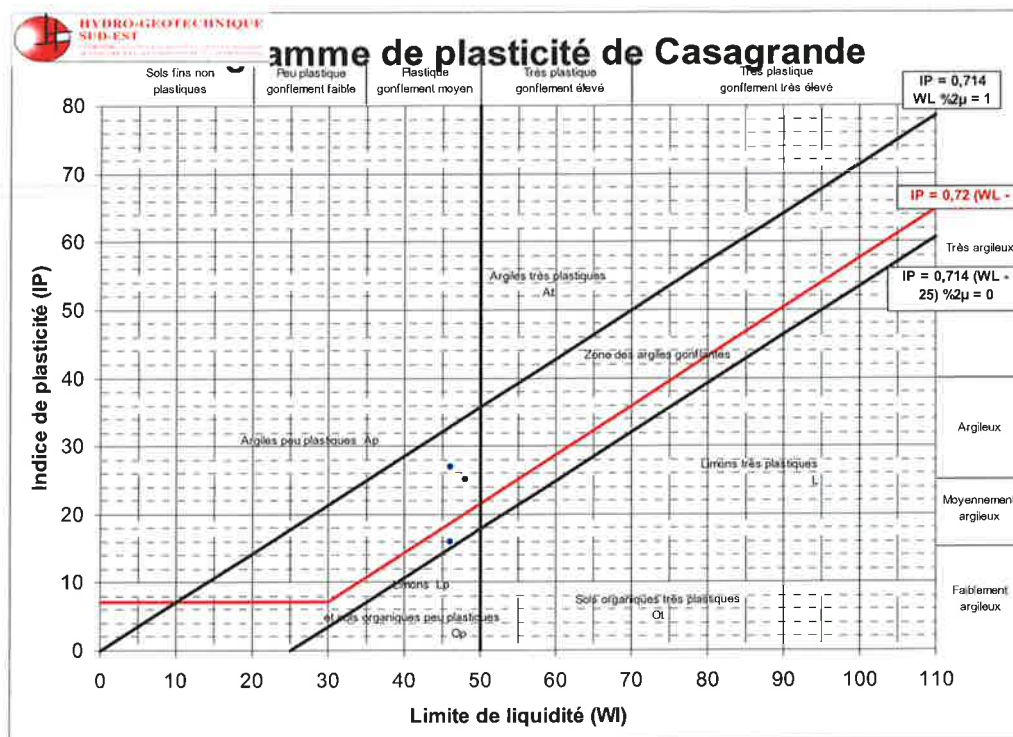
Les essais réalisés sont présentés dans le tableau de synthèse ci-dessous :

ESSAIS D'IDENTIFICATION			Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage								Limites d'Atterberg		
			11-300	94-050	94-050	94-068	94-056								94-051		
Sondages	Prof (m)	Nature	GTR	W% (0.2)	W% (0.20)	FBS	% de passant								WL%	IP	IC
							Dmax (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm				
RF1 (PM1)	1.20	Argile légèrement limoneuse marron-ocre à quelques cailloux, cailloutis	A2h	23.1%	23.2%		30	100	100	96	93	87	73.9	48	25	0.99	
RF2 (PM2)	1.20	Argile légèrement sableuse ocre-beige à traces rouge, à cailloux, cailloutis, blocs	C1A2	16.3%	18.7%		64	90	87	84	82	68	45.7	34	16		
RF3 (PM3)	1.20	Argile légèrement sableuse marron-gris à cailloutis et rares cailloux	A3h	24.4%	24.4%		15	100	100	99	99	92	73.5	46	27	0.83	
RF3 (PM3)	1.40	Sable argileux brun, marron-ocre à cailloux, cailloutis	B6	13.2%	13.8%	1.97	36	100	95	68	45	26	17.6				

On note :

- une classification GTR A2h, C1A2 et A3h de la couche C0.4 au sens du guide des terrassements routiers des matériaux prélevé en pied de digue,
 - avec une teneur en eau comprise entre 16.3 et 24.4%, matériaux humide
 - $34 \leq WL \leq 48\%$,
 - $16 \leq IP \leq 18$,
- une classification GTR B6 de la couche C1 sous jacente au corps de digue au sens du guide des terrassements routiers, dont le $\%80\mu m < 20\%$ (matériaux permable)

Au regard nos investigations, les matériaux qui constituent le corps sont très sensible à l'eau, à potentiel de gonflement moyen à élevée dans le diagramme de Casagrande. **Leur compacité fortement chuter l'augmentation de la teneur en eau.**



5. DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE SUR LES DÉSDORDRES AFFECTANT LA DIGUE DU RIEUMASSEL

5.1. GEOMETRIE GENERALE

L'inspection visuelle générale de la digue permet de mettre en évidence les éléments suivant :

- ouvrage d'une hauteur de 3.50m environ, 20.00m de longueur et de 4.50m de largeur environ en partie sommitale,
- insertion de l'ouvrage en rive gauche et en rive droit dans le relief du terrain naturel,
- présence d'une carapace en enrochement bétonné en partie supérieure de l'ouvrage et sur le talus aval,
- recouvrement total du talus aval en enrochement maçonné,
- réalisation d'un ouvrage dissipateur d'énergie en enrochement à l'aval.
- un talus amont et aval à 1H/1B (3B/2H et 2B/1H sur la coupe type du DCE).

5.2. DIAGNOSTIC VISUEL

Le Maître d'ouvrage a constaté en novembre 2014, des désordres visuels sur la digue du RIEUMASSEL faisant suite aux épisodes de crues de septembre et de novembre 2014. Nous avons procédé à un relevé des principales dégradations constatées visuellement :

- la présence d'une végétation arbustive sur le talus amont lors de notre inspection préalable, source de matière évolutive,
- la présence de cavités sous les enrochements maçonnés visibles depuis le talus amont,

- des fissures dans la carapace en enrochement,
 - longitudinales en crête du talus amont (ouverture de fissures de 3cm),
 - transversales sur la partie sommitale (ouverture de fissures de 1 à 2mm)

On note la présence des dispositifs antiaffouillement ne présentant pas de désordre apparent :

- enrochement maçonné sur le talus aval,
- enrochement libre de dissipation à l'aval de l'ouvrage,
- ouvrage para fouille autour de l'ouvrage de fuite à l'amont et à l'aval,
- dispositif anti embâcle à l'amont et à l'aval,
- remontée de la piste sommitale de l'ordre de +/- 1.00m en enrochement maçonné formant un ouvrage de déversement de 20.00m de longueur par 4.00m de largeur.

Les photos ci-après illustrent ces différents points.



Fissurations transversales et longitudinales



Fissuration longitudinale en crête de talus amont (3cm)



Présence de vide sous l'enrochement visible en talus amont



Dispositifs anti embâcle



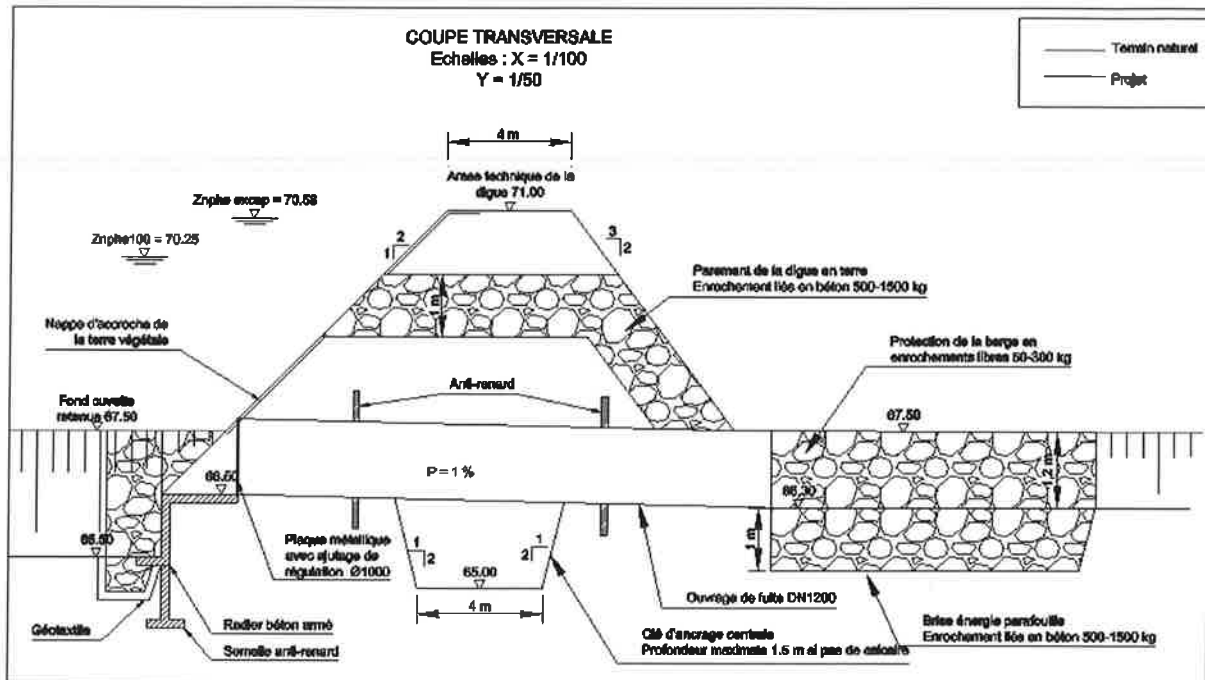
Dispositif antiaffouillement aux extrémités du déversoir



Aménagement d'un ouvrage de dissipation à l'aval

5.3. PRECONISATIONS DE L'AVANT PROJET

D'après les informations en notre possession, l'ouvrage tel qu'il devait être conçu est rappelé ci-dessous :



Coupe type au droit de l'ouvrage de fuite.

On note que le projet prévoyait :

- une clef d'ancrage,
- une carapace en enrochement de 1.00m d'épaisseur maçonnée,
- une nappe d'accroche de la terre végétale à l'amont,
- des dispositifs parafeuilles amont et aval,
- un talutage amont à 1H/2V,
- un talutage aval à 2H/3B.

5.4. OBSERVATIONS ISSUS DE NOS INVESTIGATIONS

Nos investigations ont permis de mettre en évidence la présence :

- **d'un talutage à 1H/1V.** Le talutage préconisé était de 1H/2B sur le talus amont et 3B/2H sur le talus aval,
- **d'une carapace en enrochement maçonnée de 60cm d'épaisseur,**
d'après nos sondages carottés, on note que la partie maçonnée est de l'ordre de 60cm d'épaisseur. Toutefois nos sondages sont ponctuels et les épaisseurs reconnues ne sont valables qu'au droit de nos sondages, elles peuvent correspondre aux zones de raccordement entre les blocs.
- **des passages décomprimés et/ou de circulation d'eau comme l'indique le marqueur de compacité faible des matériaux du corps de digue.** Les préconisations du CCTP indiquent un objectif de compacte à 95% de l'OPN (objectif q4 compacité élevée supérieure à 5.00MPa toute hauteur). On note des passages décomprimés pluridécimétriques de compacité faible $q_d < 2.00\text{Mpa}$,
- **des matériaux hétérogènes en nature** (GTRA2h, C1A2, A3h et B6). Les matériaux classés GTR A3 peuvent être utilisés en noyaux étanche. Toutefois, nous avons constaté leur présence en dehors d'un potentiel noyau d'étanchéité,
- **la présence de matériaux à potentiel de gonflement moyen à élevée et très plastique (GTR A3),**
- **d'un affouillement du talus amont,** sous les enrochements,
- **la présence d'une nappe baignant l'assise de la digue du RIEUMASSEL à 1.20m de profondeur.** Les matériaux employés étant très sensibles à l'eau, **leur portance chute fortement** avec l'augmentation de la teneur en eau.
- **l'absence de dispositif d'étanchéité sur la talus amont** (aval hydraulique) favorisant la pénétration de l'eau dans l'ouvrage

5.5. ALEAS GEOTECHNIQUES

Les risques d'aléas géotechniques sont en relation entre autres avec :

5.5.1. La géologie

- digue constituée d'une couche notée C0 :
 - à dominante limono argileuse potentiellement gonflant, de classe GTR A2, C1A2 et A3
 - à passages graveleux sous la digue,
 - de perméabilité non testée probablement forte dans C1 en fonction de la proportion en fines,
 - matériaux sensibles à l'eau et aux phénomènes de renard non propices à la constitution de digue d'étanchéité,
 - passages décomprimés.
- sur une couche d'alluvions en place de même nature (gisement probable du matériau de la digue),
- la transition entre le matériau de la digue et les alluvions de même nature reste imprécise, elle est basée dans notre rapport sur des critères géométriques et une logique de profil en travers (**clef d'ancrage ?**)

5.5.2. L'hydrogéologie

- la présence d'eau dans le sol à faible profondeur (1.20m en février 2015) en relation avec le RIEUMASSEL.
- matériaux C1 de perméabilité faible à forte en fonction de l'importance de la fraction fine.
- réseaux d'écoulement interne,
- érosion par entraînement de fines,

5.5.3. Nature des matériaux

- matériaux sensibles à l'eau et aux phénomènes de renard,
- présence d'une végétation abondante au droit de la digue qui contribue au

foisonnement de la digue (action des racines) et de sa pollution en matière organique.

- sensibilité au gonflement des matériaux classés GTRA3,
- matériaux +/- perméables et décomprimés.

5.5.4. L'environnement

- digue de protection côté amont vis-à-vis des crues qui manifeste des signes de faiblesses importants (érosion sous les enrochements),
- matériaux constitutifs de la digue à dominante argileuse de perméabilité faible à forte,
- végétation sur les talus amont de la digue qui participe à la destruction du matériau de la digue mais à l'inverse la chevelure racinaire joue également un rôle difficile à maîtriser sur la tenue des matériaux,
- carapace en enrochement d'épaisseur apparente inférieure à celle indiquée dans le DCE qui nous a été transmis.

5.6. CONCLUSION

La digue n'est pas conçue pour éviter les infiltrations et circulations d'eau en son sein.

Le matériau B6 en base présente une matrice fine sablo argileuse abondante qui lui confère une sensibilité forte aux phénomènes de renard.

Les matériaux A2, C1A2 sont adaptés mais ne présentent pas les compacités recherchées dans l'élaboration d'un remblai technique.

La vulnérabilité de la digue vis-à-vis des agressions hydrauliques est par conséquent confirmée dans la configuration actuelle en cas de crue et d'infiltrations dans le corps de digue.

La carapace semble en apparence moins épaisse que prévu, de l'ordre de 60cm (1.00m préconisé). On note une désolidarisation de l'ouvrage par l'apparition de fissures plus ou moins importance dans l'ouvrage. L'érosion sous l'ouvrage participe à la dégradation de ce dispositif de protection.

Enfin, il ne nous a pas été transmis :

- de plans de recollement,
- de note justificative de la tenue de l'ouvrage
- de compte rendu de réunion,
- d'essai de contrôle et de suivi

permettant de justifier des adaptation en cours de chantier.

6. PROPOSITION DE CONFORTEMENT DE LA DIGUE

Classiquement pour une digue, on recherche :

- une **étanchéification** côté crue,
- un **drainage coté aval**,
- un ouvrage suffisamment lourd pour résister aux sollicitations hydrauliques.

L'étanchéité n'a pas été observée sur l'ouvrage en partie amont. Des pistes d'amélioration de la stabilité hydraulique de l'ouvrage sont à rechercher en ce sens.

Des circulations d'eau s'établissent au sein de la digue provoquant un phénomène d'érosion interne par entraînement de fines à chaque épisode de crues.

La présence d'eau en pied de digue joue un rôle déstabilisateur en faisant chuter ses caractéristiques mécaniques.

Compte tenu de l'environnement du l'ouvrages plusieurs solutions sont envisageables :

- Le rétablissement des pentes de talus à l'amont et à l'aval de la digue conformément aux préconisations du DCE,
- **Sur le talus amont :**
 - effectuer une **bêche d'ancrage** en matériaux peu perméables de 1.50m de profondeur minimum pour fonder l'ouvrage sur un horizon compact et limiter les écoulements sous la digue,
 - **rétablir la pente de talus** préconisée dans le DCE à 2B/1H, au moyen d'une banquette en matériaux classé GTRA2 d'une épaisseur minimum en tête de 1.00m par la méthode des remblais excédentaires pour permettre un compactage soigné,

- les matériaux employés pour effectuer la banquette devront être identifiés en laboratoire (identification GTR et courbe Proctor 5 points IPI) pour mise en œuvre à 95% de l'OPN.
- puis, seront recouverts d'un géotextile antipoinçonnement de classe 6 à la rupture non tissé, non aiguilleté et de porométrie 150µm,
- enfin, la banquette sera recouverte d'un enrochement en blocs de 50 à 300kg, maçonnés pour limiter les arrivées d'eau dans le corps de digue.

➤ **Sur le talus aval:**

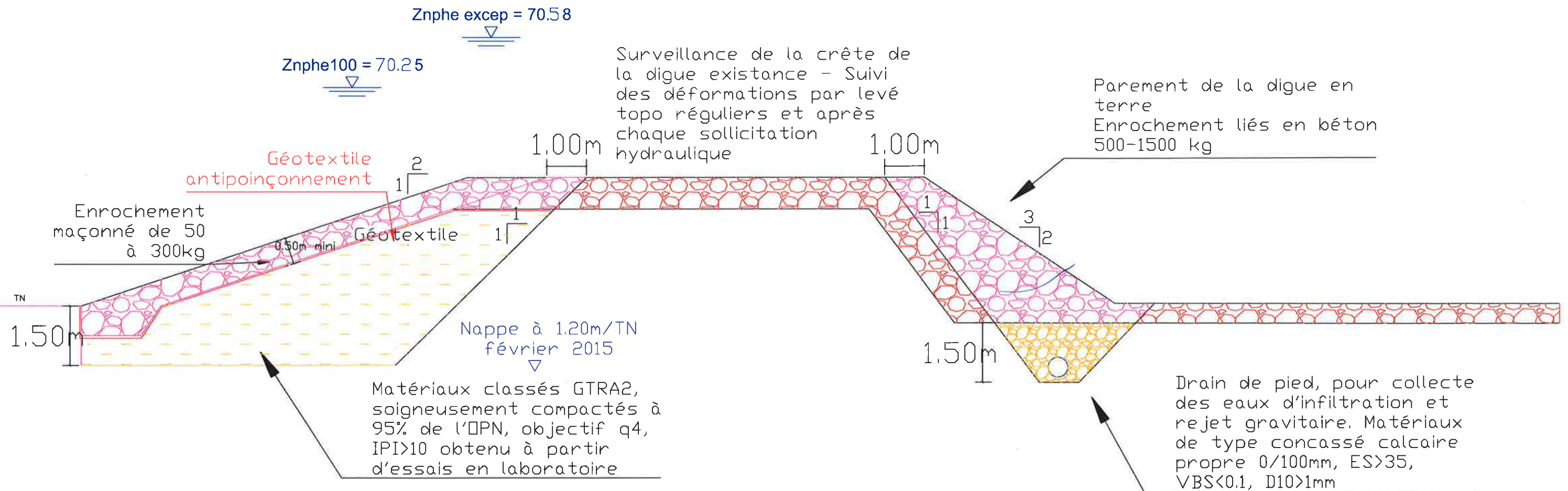
- **effectuer un drainage de pied** au moyen d'un matériaux granulaire type 0/100mm, propre, ES>35, passant 80µm>5%, D10>1mm, VBS<0.1 ou un 20/100m emballé dans un géotextile anticontaminant.
- les eaux recueillies en pied d'ouvrage seront rejetés gravitairement dans la zone de l'ouvrage de dissipation
- **rétablir la pente de talus** selon les préconisations du DCE à 3B/2H au moyen d'une banquette en enrochement (blocs de 500 à 1500kg) maçonnés avec une épaisseur en tête de 1.00 m minimum

6.1. **COUPE TYPE DE LA SOLUTION PROPOSEE**

Les dispositions de confortement sont présentés page suivante.

DIGUE DU RIEUMASSEL

PRINCIPE DE CONFORTEMENT



6.2. SUJETIONS D'EXECUTIONS

Elles sont liées :

- à un suivi régulier de l'ouvrage des déformations de l'ouvrage
- à la présence d'une nappe en relation avec le Rieumassel à faible profondeur en période hivernale,
- à l'ouvrage existant à ne pas déstabiliser,
- à la présence d'un dispositif de fuite qu'il faudra adapter à la solution de confortement,
- à la réalisation des travaux de confortement en dehors des périodes de crues uniquement,
- à la surveillance de l'ouvrage.

En phase travaux, on veillera également à réinjecter au béton tous les sous-cavages décelés sur la carapace enrochement existante.

7. ELEMENTS A INTEGRER EN PHASE PROJET ET EXECUTION

Les investigations et études complémentaires seront nécessaires au stade de l'étude de projet et d'établissement du dossier de plan d'exécutions :

- relevé de détail de l'ouvrage, de sa géométrie et de son évolution,
- vérification des hypothèses hydrauliques,
- caractérisation des matériaux de la zone d'emprunt (Analyse GTR, courbe Proctor 5 points et essais de perméabilité)
- intégration d'une étude d'exécution de type G3 à la charge de l'entreprise en charge des travaux,
- le suivi et le contrôle par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G4 des travaux réalisés.

Nous restons à la disposition de **MONTPELLIER MEDITERRANEE METROPOLE**
et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

L'ingénieur chargé d'études :

Julien LEYDIER

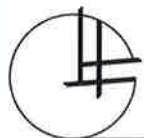
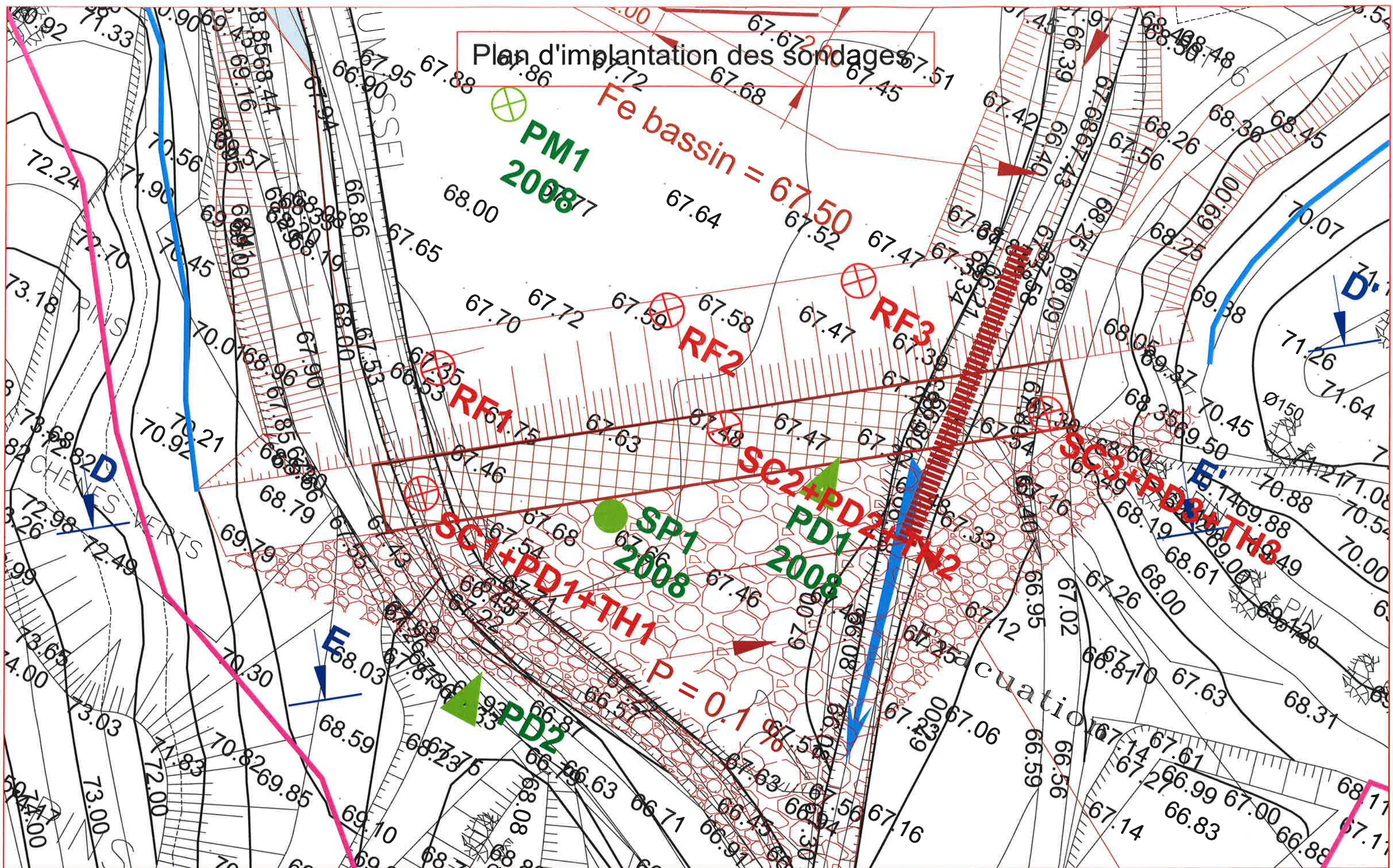
Contrôle interne par l'ingénieur soussigné

Georges DE CARVALHO

ANNEXES

ANNEXE 1

Plan d'implantation des sondages



HYDROGEOTECHNIQUE SUD OUEST
Tel: 04.68.40.91.36 - Fax: 04.68.46.55.14

MONTPELLIER MEDITERRANEE METROPOLE
Bassin écreteur du Rieumassel
GRABELS (34)

Echelle : 1/200

Dossier C.14.41243

Dressé le 20 Mai 2015

ANNEXE 2

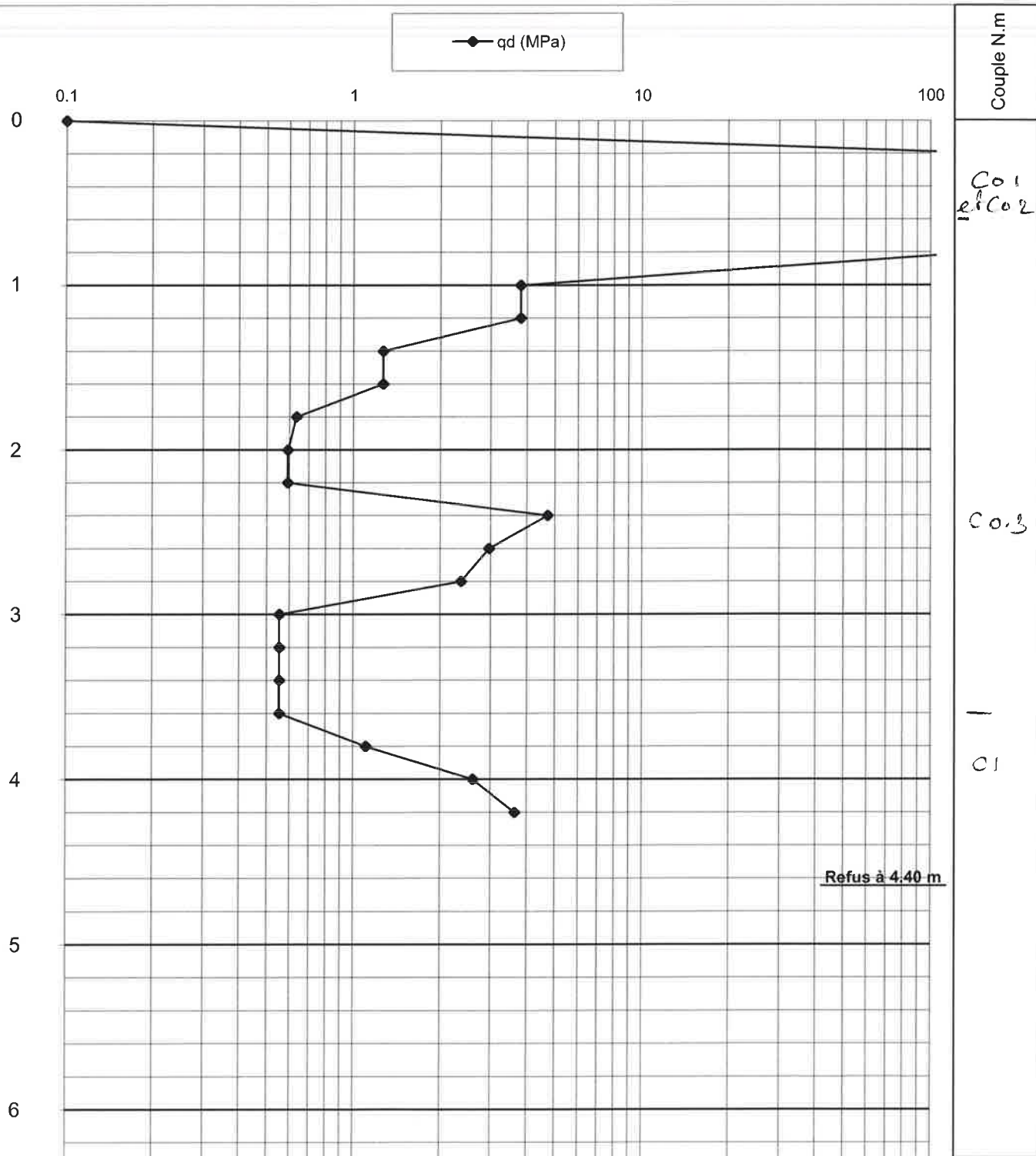
Résultats des essais au pénétromètre dynamique

**HYDRO-GEOTECHNIQUE**LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT**ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client **3M**
 Chantier **Digue de Rieumassel**
 Dossier C.14.41243
 Date 25 février 2015

Sondage PD1

qd= résistance de pointe en MPa
 Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration



HYDRO-GEOTECHNIQUE

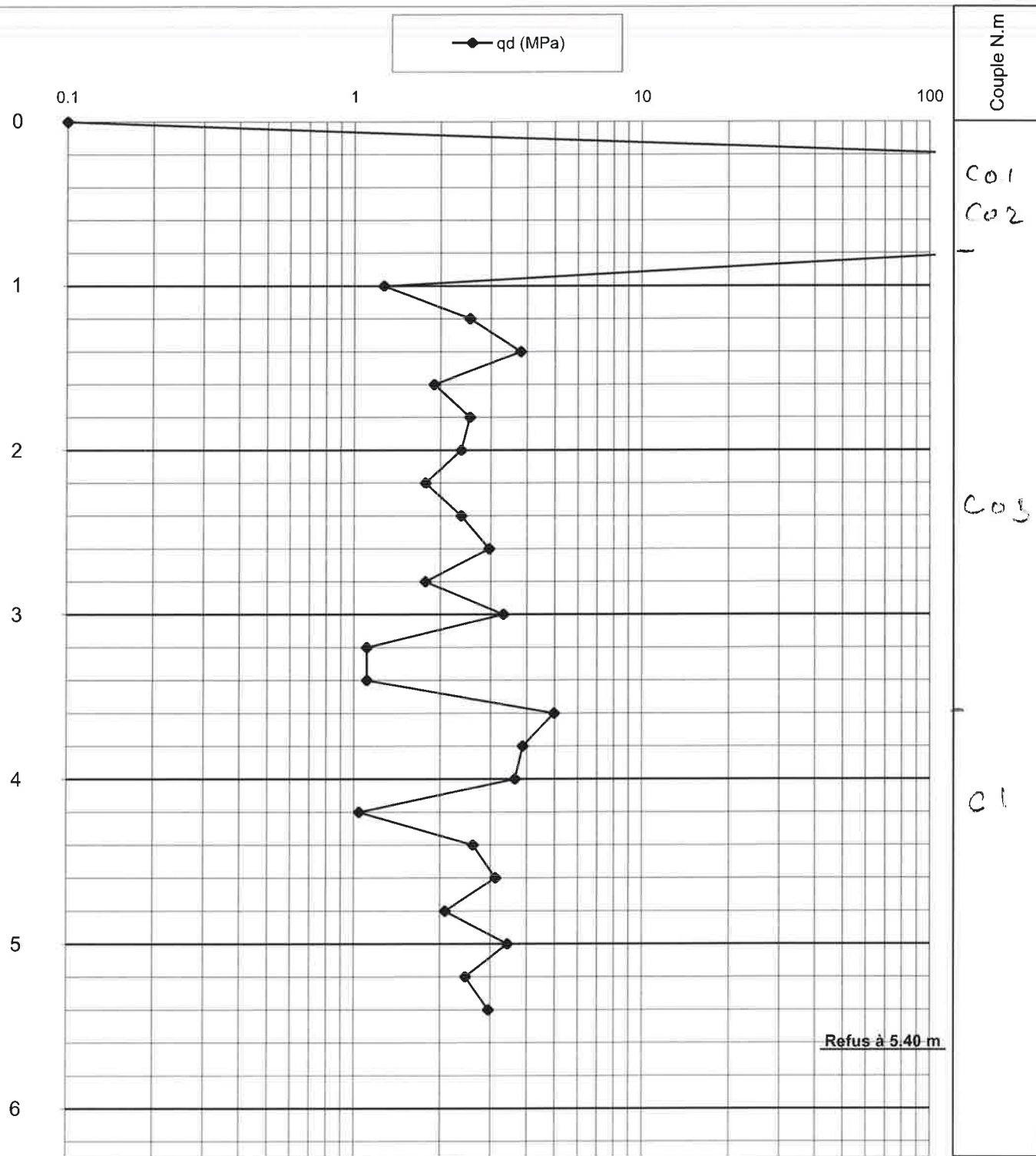
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

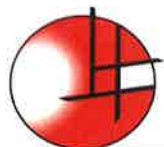
Client **3M**
Chantier **Digue de Rieumassel**
Dossier C.14.41243
Date 25 février 2015

Sondage **PD2**

qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



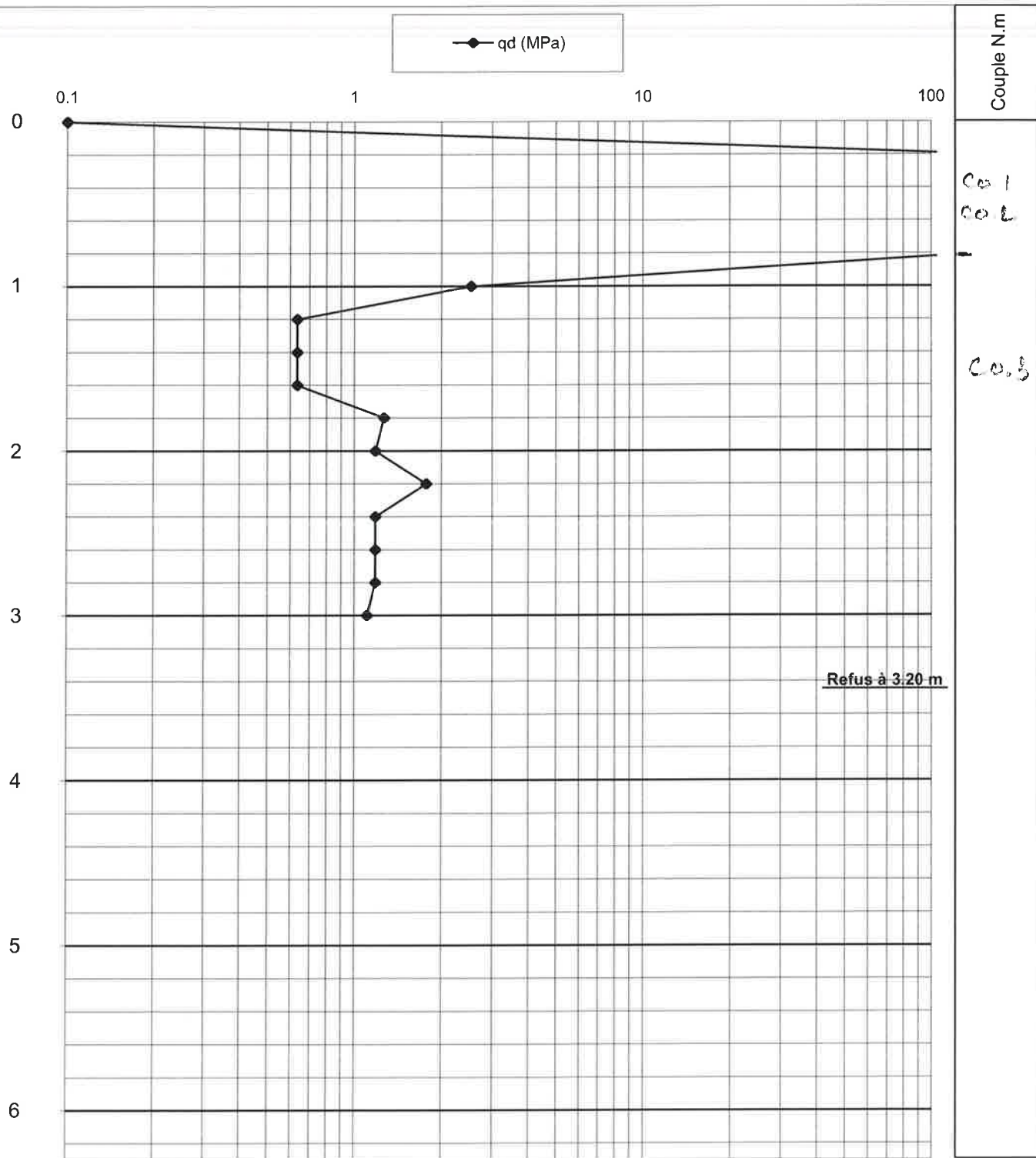
Eau : pas notoire lors de la foration

**HYDRO-GEOTECHNIQUE**LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT**ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client **3M**
 Chantier **Digue de Rieumassel**
 Dossier C.14.41243
 Date 25 février 2015

Sondage PD3

qd = résistance de pointe en MPa
 Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration



HYDROGEOTECHNIQUE

MONTPELLIER MEDITERRANNE METROPOLE
Diagnostic sur la digue du Rieumassel


(Contrat C.14.41243)

Date : 25/02/2015 Machine : Carotteuse en 100mm Profondeur : 0.00 - 3.80 m

1/25

Forage : SC1+TH1

EXGTE 2.27/GTE

Prof. en m	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	récupération
0	 <div>Enrochement maçonné</div> <div>0.60 m</div> <div>Graviers, cailloux et cailloutis dans une matrice sableuse gris beige</div> <div>0.80 m</div> <div>Argile limoneuse brun beige finement sableuse à quelques cailloux</div>	Pas notoire lors de la foration	caroteuse en 100mm	95%
0.60 m				20%
0.80 m	Tarrière hélicoïdale Ø63mm		10%	
1				
2				
3			0%	
3.80 m	3.80 m			

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

**HYDROGEOTECHNIQUE****MONTPELLIER MEDITERRANNE METROPOLE**
Diagnostic sur la digue du Rieumassel


(Contrat C.14.41243)

Date : 25/02/2015 Machine : Carotteuse en 100mm Profondeur : 0.00 - 3.00 m

1/25

Forage : SC2+TH2

EXGTE 2.27/GTE

Prof. en m	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	récupération
0	 <div>Enrochement maçonné</div> <div>0.60 m</div> <div>Gravier, cailloux et cailloutis dans une matrice sableuse gris beige</div> <div>0.80 m</div> <div>Argile limoneuse brun beige finement sableuse à quelques cailloux</div> <div>3.00 m</div>	Pas notoire lors de la foration	carotteuse en 100mm	95%
0.60 m				15%
0.80 m			carotteuse en 100mm	10%
1				
2				
3				

HYDROGEOTECHNIQUE SUD OUEST - Direction Régionale Languedoc-Roussillon - ZI de Truilhas 11590 SALLELES D'AUDE



HYDROGEOTECHNIQUE

MONTPELLIER MEDITERRANNE METROPOLE
Diagnostic sur la digue du Rieumassel

(Contrat C.14.41243)

Date : 25/02/2015 Machine : Carotteuse en 100mm Profondeur : 0.00 - 2.40 m

1/25

Forage : SC3+TH3

EXGTE 2.27/GTE

Prof. en m	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	récupération
0	Enrochement maçonné	Pas notoire lors de la foration	carotteuse en 100mm	95%
0.43 m	Graviers, cailloux et cailloutis dans une matrice sabloargileuse gris beige			50%
0.80 m	Argile limoneuse brun beige finement sableuse à quelques cailloux		Tarrière hélicoïdale Ø63mm	10%
2	2.40 m			

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

RF1



RF2



RF3



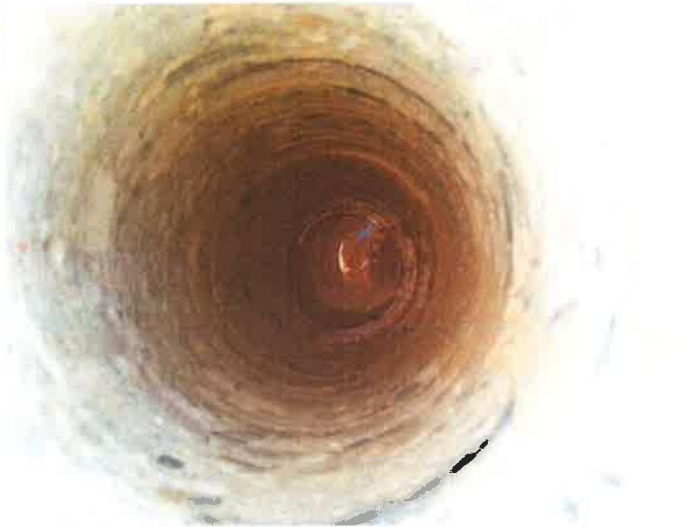
SC1 : de 0.00 à 0.80m



SC2 : de 0.00 à 0.80m



SC3 : de 0.00 à 0.80m



ANNEXE 3

Résultats d'essais en laboratoire



Affaire CAM	03/04/2015
Grabels	C.14.41243

[illegible]



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Julien LEYDIER

En date du: 03/04/2015

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.41243

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: CAM

Lieu: Grabels

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM1

Profondeur (m): 1.2

Nature: Argile légèrement limoneuse marron-ocre à quelques cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marion DUPUIS

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

-

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

Responsable Estelle BROUSMICHE

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM1

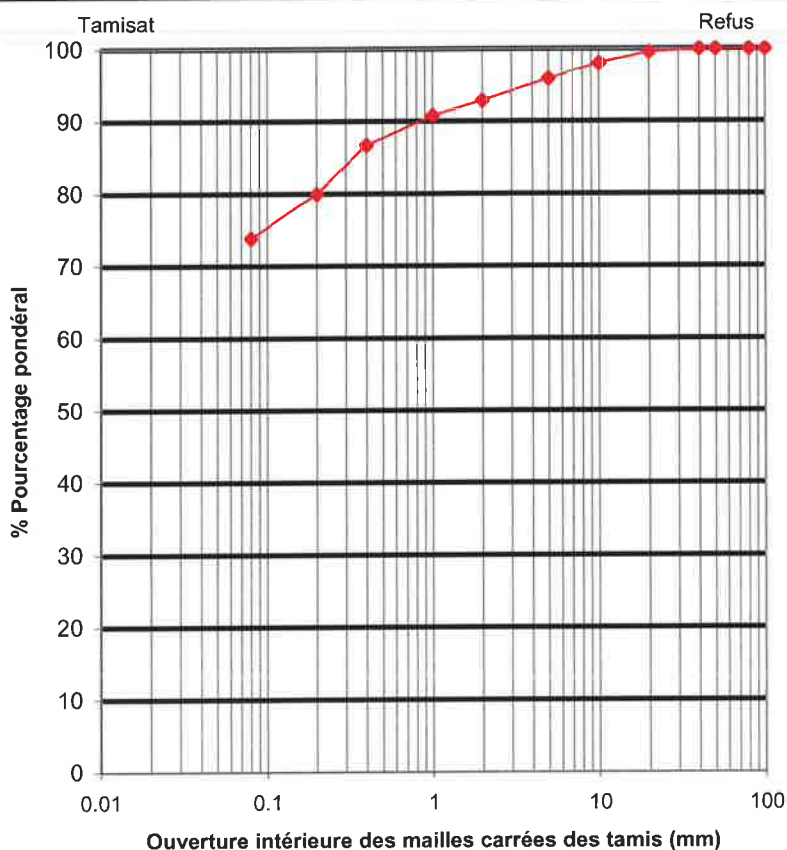
Profondeur: 1.20

Nature: Argile légèrement limoneuse marron-ocre à quelques cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	100
10	98
5	96
2	93
1	91
0.4	87
0.2	80
0.08	73.9

D max (mm):	30
Passant à 0,08 mm:	73.9
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-



Limite de liquidité	WL	48
Indice de plasticité	Ip	25
Valeur au bleu	VBS	-
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Classe
A

Sous-classe
2

Indice portant immédiat	IPi	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	23.1
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	23.2
Densité sèche	gd	-

Etat hydrique
h

Classement selon la NF P 11-300:

A2h



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Julien LEYDIER

En date du: 03/04/2015

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.41243

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: CAM

Lieu: Grabels

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM2

Profondeur (m): 1.2

Nature: Argile légèrement sableuse ocre-beige à traces rouge, à cailloux, cailloutis, blocs

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marion DUPUIS

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

-

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

Responsable Estelle BROUSMICHE

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM2

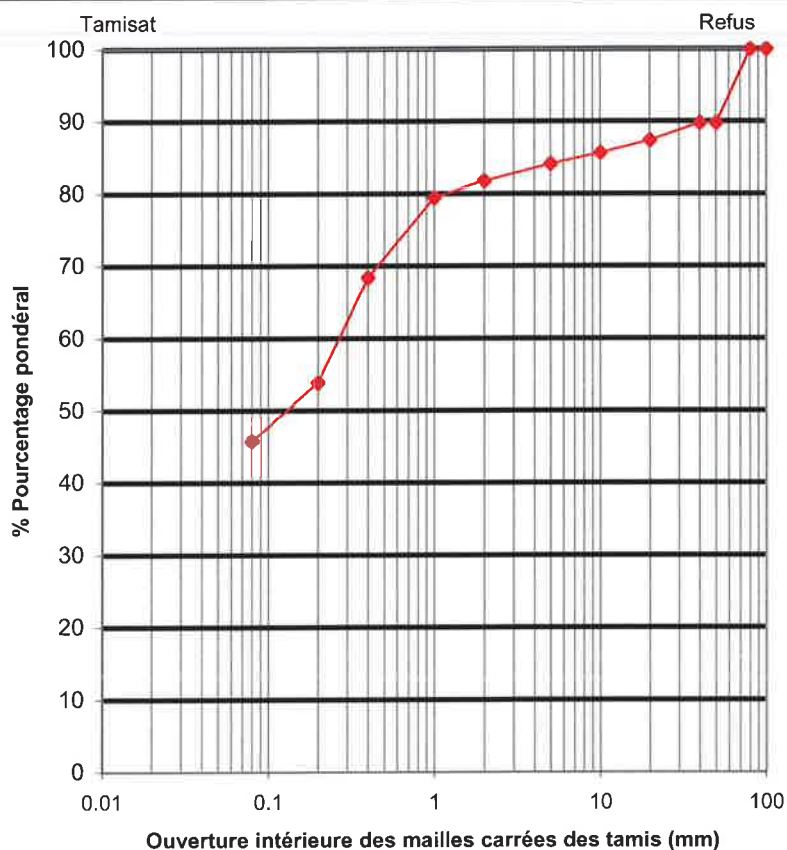
Profondeur: 1.20

Nature: Argile légèrement sableuse ocre-beige à traces rouge, à cailloux, cailloutis, blocs

Réaction à l'acide : -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	90
40	90
20	87
10	86
5	84
2	82
1	79
0.4	68
0.2	54
0.08	45.7

D max (mm):	64
Passant à 0,08 mm:	45.7
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-



Limite de liquidité	WL	34
Indice de plasticité	Ip	16
Valeur au bleu	VBS	-
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	16.3
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	18.7
Densité sèche	gd	-

Classe
C1

Sous-classe
A2

Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:

C1A2-



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Julien LEYDIER

En date du: 03/04/2015

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.41243

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: CAM

Lieu: Grabels

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM2

Profondeur (m): Corps de digue

Nature: Argile légèrement sableuse marron-gris à cailloutis, rares cailloux

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marion DUPUIS

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

-

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

Responsable Estelle BROUSMICHE

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM2

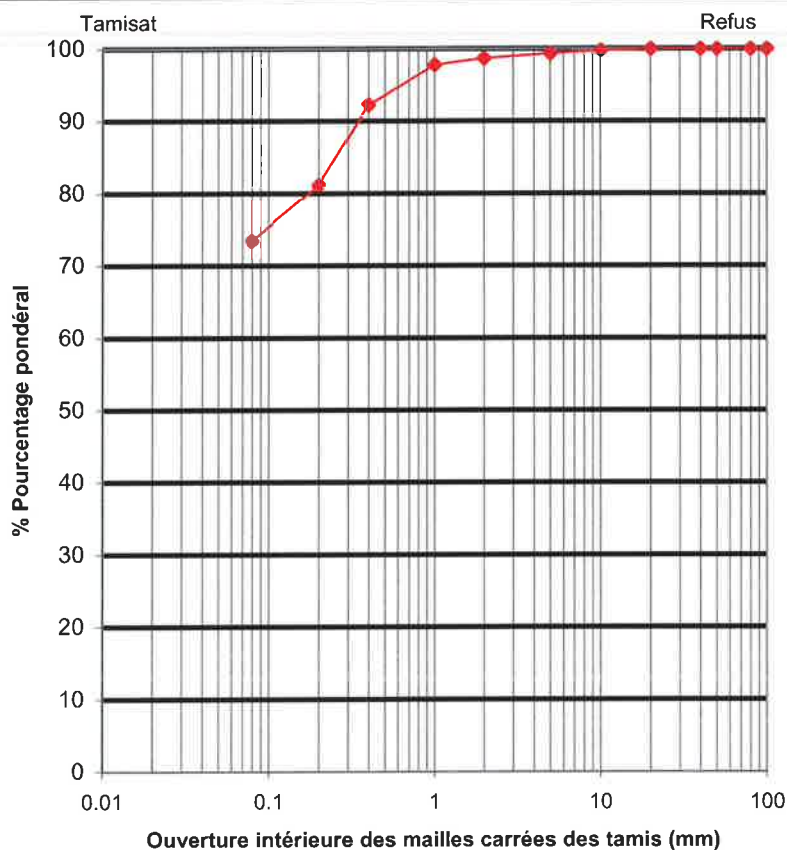
Profondeur: Corps de digue

Nature: Argile légèrement sableuse marron-gris à cailloutis, rares cailloux

Réaction à l'acide : -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	100
10	100
5	99
2	99
1	98
0.4	92
0.2	81
0.08	73.5

D max (mm):	15
Passant à 0,08 mm:	73.5
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-



Limite de liquidité	WL	46
Indice de plasticité	Ip	27
Valeur au bleu	VBS	-
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	24.4
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	24.4
Densité sèche	gd	-

Classe
A

Sous-classe
3

Etat hydrique
h

Classement selon la NF P 11-300:

A3h



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Julien LEYDIER

En date du: 03/04/2015

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.41243

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: CAM

Lieu: Grabels

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM2

Profondeur (m): Corps de digue

Nature: Sable argileux brun, marron-ocre à cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marion DUPUIS

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opératrice Marion DUPUIS

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

-

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM2

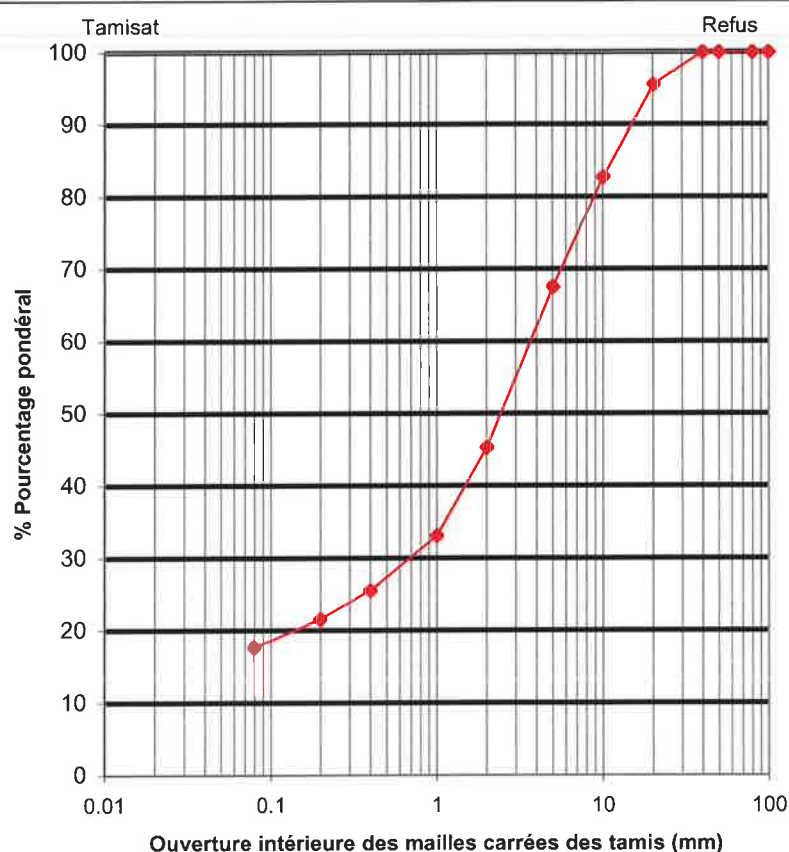
Profondeur: Corps de digue

Nature: Sable argileux brun, marron-ocre à cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	95
10	83
5	68
2	45
1	33
0.4	26
0.2	22
0.08	17.6

D max (mm):	36
Passant à 0,08 mm:	17.6
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-



Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	1.97
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	13.2
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	13.8
Densité sèche	gd	-

Classe
B

Sous-classe
6

Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:

B6-



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Julien LEYDIER

En date du: 03/04/2015

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.41243

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: CAM

Lieu: Grabels

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM2

Profondeur (m): Base du corps de digue

Nature: Sable argileux brun, marron-ocre à cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marion DUPUIS

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opératrice Marion DUPUIS

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

-

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM2

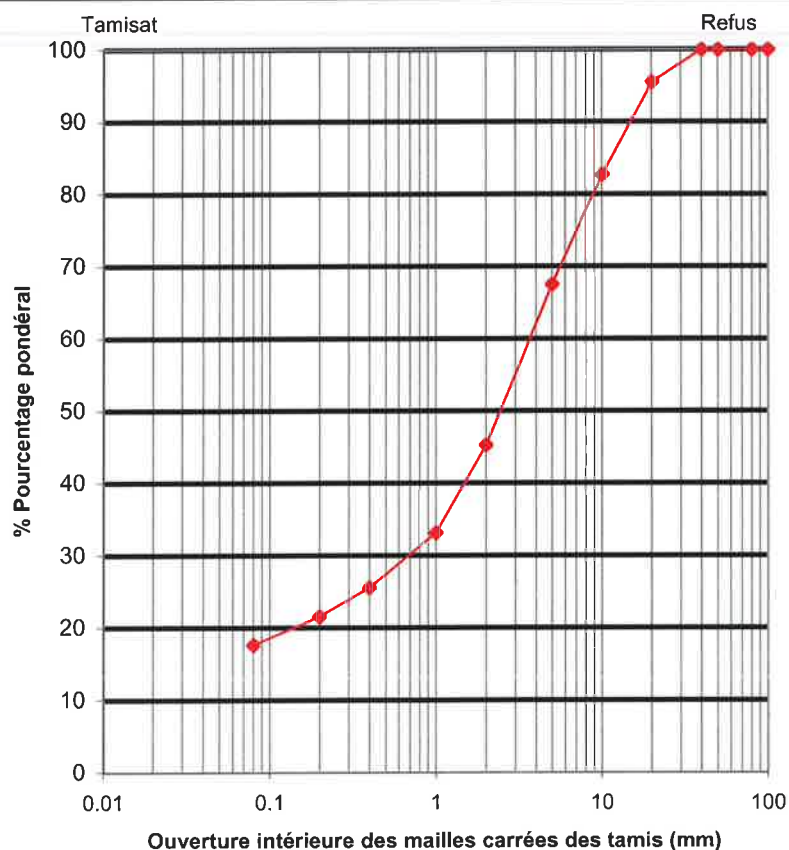
Profondeur: Base du corps de digue

Nature: Sable argileux brun, marron-ocre à cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	95
10	83
5	68
2	45
1	33
0.4	26
0.2	22
0.08	17.6

D max (mm):	36
Passant à 0,08 mm:	17.6
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-



Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	1.97
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	13.2
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	13.8
Densité sèche	gd	-

Classe
B

Sous-classe
6

Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:

B6-

ANNEXE 4

Missions Géotechniques

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(Extraite de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

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 Etude 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 en 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.

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

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

Etude et suivi géotechniques d'exécution (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 Etude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier 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).
- Elaborer 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 Etude.
- 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).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

Supervision géotechnique d'exécution (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

Diagnostic géotechnique (G5)

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

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

SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES

(Extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

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
Etape 1 : étude 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, esquisses, APS	Etude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Etape 2 : étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant Projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	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		
Etape 3 : études géotechniques de réalisation (G3/G4)		la charge de l'entreprise	la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude 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
 Dernière 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