



**Montpellier Méditerranée Métropole**

50, place Zeus

CS 39556

34961 MONTPELLIER Cedex 2

Tél. : 04 67 13 60 00

Fax : 04 67 13 61 01

# ***Maîtrise d'œuvre des aménagements de protection contre les inondations de la Mosson à Juvignac (34)***

***Avant-Projet***



**Antea Group**

**Direction Régionale Sud**

Pôle EAU

Parc Napollon - Bt C

400 Av du Passe-Temps

13676 AUBAGNE Cedex

Tél. : 04 42 08 70 70

Fax : 04 42 08 70 71

***Rapport n°100809 version H  
Février 2021***

# Sommaire

|   | <b>Pages</b> |
|---|--------------|
| <b>1. SITUATION ET OBJET DU PROJET .....</b>                                    | <b>6</b>     |
| 1.1. CONTEXTE GENERAL .....   | 6            |
| 1.2. LOCALISATION .....   | 7            |
| 1.3. DONNEES DISPONIBLES .....  | 9            |
| <b>2. CONTEXTE DU PROJET .....</b>  | <b>11</b>    |
| 2.1. CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE .....   | 11           |
| 2.2. HYDROLOGIE .....   | 12           |
| 2.3. CONTEXTE HYDRAULIQUE .....   | 13           |
| 2.4. DIGUE EXISTANTE .....  | 15           |
| 2.5. CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL .....  | 16           |
| 2.6. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES .....                           | 17           |
| 2.6.1. <i>Rapports cahier de sondages et G2AVP</i> .....                        | 17           |
| 2.6.2. <i>Réemploi des matériaux des stocks 3M - Rapport G5</i> .....           | 24           |
| 2.7. BILAN GEOTECHNIQUE AVANT CALCULS G2 AVP .....                              | 29           |
| 2.7.1. <i>Nature</i> .....  | 29           |
| 2.7.2. <i>Perméabilités hétérogènes et relativement élevées</i> .....           | 30           |
| 2.7.3. <i>Caractéristiques de cisaillement</i> .....                            | 31           |
| 2.7.4. <i>Remarque</i> .....  | 32           |
| 2.8. MODELE GEOTECHNIQUE RETENU DANS LA G2AVP ET ARTICULATION AVEC LA MOE ..... | 33           |
| 2.8.1. <i>Modèle géotechnique retenu dans la G2AVP</i> .....                    | 33           |
| 2.8.2. <i>Articulation avec la MOE</i> .....                                    | 33           |
| 2.9. CONTEXTE FONCIER .....   | 34           |
| 2.10. RESEAUX ENTERRES .....  | 35           |
| 2.11. SYNTHESE DES ENJEUX SUR LE MILIEU NATUREL VIS-A-VIS DU PROJET .....       | 37           |
| 2.11.1. <i>Connexion au réseau écologique</i> .....                             | 37           |
| 2.11.2. <i>Habitats</i> .....   | 37           |
| 2.11.3. <i>Faune</i> .....  | 37           |
| 2.11.4. <i>Flore</i> .....  | 38           |
| 2.11.5. <i>Synthèse des enjeux</i> .....  | 39           |
| 2.11.6. <i>Contraintes pour la réalisation du projet</i> .....                  | 39           |
| 2.12. AUTRES CONTRAINTES .....  | 41           |
| 2.12.1. <i>Régime hydrologique de la Mosson</i> .....                           | 41           |
| 2.12.2. <i>Raccordement aval RN109</i> .....                                    | 41           |
| <b>3. DESCRIPTION DU PROJET .....</b>   | <b>43</b>    |
| 3.1. OBJECTIFS DU PROGRAMME ET PRESENTATION DU PROJET .....                     | 43           |
| 3.2. PRESENTATION GENERALE DU PROJET .....                                      | 43           |
| 3.3. CALAGE ALTIMETRIQUE DE LA DIGUE .....                                      | 44           |
| 3.4. MOUVEMENTS DE TERRE .....  | 47           |
| 3.5. DESCRIPTION DETAILLEE DES OUVRAGES .....                                   | 48           |
| 3.5.1. <i>Profil type de la digue en tronçon courant</i> .....                  | 48           |
| 3.5.2. <i>Rétablissement des exutoires</i> .....                                | 49           |
| 3.5.3. <i>Accès pour l'entretien des digues</i> .....                           | 50           |
| 3.5.4. <i>Raccordement amont du tronçon T1</i> .....                            | 51           |
| 3.5.5. <i>Digue – Tronçons T1</i> .....   | 51           |
| 3.5.6. <i>Digue – Tronçon T2</i> .....  | 54           |
| 3.5.7. <i>Digue – Tronçon T3</i> .....  | 61           |
| 3.5.8. <i>Bassin</i> .....  | 65           |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.6.   | RESULTATS DES CALCULS G2AVP ET INCIDENCES SUR LA CONCEPTION ..... | 66 |
| 3.6.1. | Tronçons en digues meubles.....                                   | 66 |
| 3.6.2. | Variante digue traitée à la chaux .....                           | 69 |
| 3.7.   | PLANNING PREVISIONNEL .....                                       | 70 |
| 3.8.   | ESTIMATION FINANCIERE.....  | 73 |
| 3.8.1. | Estimation financière globale .....                               | 74 |
| 3.8.2. | Détails de l’estimation financière .....                          | 75 |

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Rapport Fondasol EMO.19.0072.001.INdA du 14/10/2019 – Juvignac – Protection contre les Inondations - Cahier de Sondages

Annexe 2 : Rapport Fondasol EMO.19.0072.003.INdB du 07/04/2020– Juvignac – Construction d’une digue – Etude géotechnique G2 AVP

Annexe 3 : Rapport Fondasol – Résultats nouveau tronçon T1 du 12/05/2020

Annexe 4 : Note Hydrogéotechnique Sud Ouest C18.41315 Ind1 du 08/05/2019 - Campagne d’essais en laboratoire sur les stocks de SAPORTA – Compte rendu d’investigations

Annexe 5 : Note Hydrogéotechnique Sud Ouest C.19.41260 du 31/01/2020 - Diagnostic géotechnique G5 – Site de Saporta à Lattes et Fabrègues – Conditions de ré-emploi de matériaux sur stocks identifiés

Annexe 6 : Vue en plan (4 pages)

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Localisation générale du site du projet.....   | 7  |
| Figure 2 : Localisation détaillée du site du projet.....  | 7  |
| Figure 3 : Zoom sur le quartier de la Plaine.....   | 8  |
| Figure 4 : Contexte topographique du secteur d'étude.....   | 11 |
| Figure 5 : Inondation par le ruisseau de la Plaine (source Egis Eau 2015).....  | 13 |
| Figure 6 : Inondations se produisant à partir d'un débit de 200 m <sup>3</sup> /s (source Egis Eau 2015).....         | 14 |
| Figure 7 : Inondations pour un débit supérieur à 400 m <sup>3</sup> /s (source Egis Eau 2015).....                    | 15 |
| Figure 8 : Vue de la digue existante.....   | 16 |
| Figure 9 : Extraits de la carte géologique et de la légende associée (BRGM).....                                      | 17 |
| Figure 10 : Positionnement des sondages.....  | 18 |
| Figure 11 : Synthèse graphique des sondages – Extrait G2AVP.....  | 19 |
| Figure 12 : Synthèse piézométrique – Extrait G2 AVP.....  | 20 |
| Figure 13 : Plan des stocks de Saporta – Extrait G5, Hydrogéotechnique.....   | 25 |
| Figure 14 : Parcelles cadastrales au droit du projet.....   | 34 |
| Figure 15 : Carte de synthèse des enjeux écologiques sur la zone d'étude (source : Les Ecologistes de l'Euzière)..... | 39 |
| Figure 16 : Périodes de sensibilité des espèces à enjeu.....  | 40 |
| Figure 17 : Régime hydrologique de la Mosson à la station Saint Jean de Védas – Source : Banque Hydro.....            | 41 |
| Figure 18 : Variante 2 du projet de Contournement Ouest de Montpellier.....   | 42 |
| Figure 19 : Présentation générale du projet.....  | 44 |
| Figure 20 : Carte des hauteurs d'eau maximales pour la crue 460 m <sup>3</sup> /s en état projet.....                 | 45 |
| Figure 21 : Lignes d'eau au droit du projet.....  | 46 |
| Figure 22 : Coupe type de la digue en tronçon courant (hors spécificités).....  | 49 |
| Figure 23 : Coupe type – Ouvrage traversant.....  | 49 |
| Figure 24 : Accès pour l'entretien des digues.....  | 50 |
| Figure 25 : Tracé de la digue sur le tronçon T1.....  | 51 |
| Figure 26 : Coupe type de la digue au droit de l'aval du tronçon T1.....  | 52 |
| Figure 27 : Coupe type de la digue au droit de l'aval du tronçon T1, nécessitant des adaptations.....                 | 53 |
| Figure 28 : Réseaux présents sur le tronçon T1.....   | 53 |
| Figure 29 : Tracé de la digue sur le tronçon T2.....  | 55 |
| Figure 30 : Coupe type du terrain naturel en état actuel au niveau du tronçon T2.....                                 | 56 |
| Figure 31 : Vue du tronçon T2 en état actuel (Antea Group, février 2019).....   | 56 |
| Figure 32 : Vue en plan de l'interface entre T1 et T2 au niveau de la rue de la Rivière.....                          | 58 |
| Figure 33 : Vue de la rue de la rivière depuis la berge de la Mosson (Antea Group – février 2019).....                | 58 |
| Figure 34 : Vue de l'accès véhicule au chemin de halage existant rue de la Mosson (Google).....                       | 59 |
| Figure 35 : Vue schématique de l'interface T1 – T2.....   | 59 |
| Figure 36 : Interface T1-T2 – vue en plan.....  | 60 |
| Figure 37 : Vue du caniveau pluvial existant au niveau de la rue de la Mosson.....                                    | 61 |
| Figure 38 : Tracé de la digue sur le tronçon T3.....  | 62 |
| Figure 39 : Coupe type de la digue sur le tronçon T3.....   | 64 |
| Figure 40 : Coupe type au droit du déversoir.....   | 64 |
| Figure 41 : Implantation du bassin.....   | 65 |
| Figure 42 : Planning prévisionnel.....  | 72 |

## LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Données topographiques existantes.....   | 10 |
| Tableau 2 : Débits de référence de la Mosson à Juvignac – source INGEROP 2011.....   | 12 |
| Tableau 3 : Estimation par extrapolation des débits de période de retour supérieure à 100 ans .  | 12 |
| Tableau 4 : Niveaux piézométriques mesurés au droit des sondages – Extrait G2 AVP.....   | 20 |
| Tableau 5 : Résultats des essais au laboratoire G2AVP .....  | 21 |
| Tableau 6 : Résultats d’essais de perméabilité .....   | 24 |
| Tableau 7 : Résultats campagne initiale site de Saporta – Extrait G5, Hydrogéotechnique.....   | 25 |
| Tableau 8 : Résultats campagne complémentaire site de Saporta (mélanges) – Extrait G5,<br>Hydrogéotechnique .....                                | 26 |
| Tableau 9 : Résultats de l’étude de traitement à la bentonite - Site de Saporta (mélanges) – Extrait<br>G5, Hydrogéotechnique.....               | 27 |
| Tableau 10 : Résultats campagne Fabrègues – Extrait G5, Hydrogéotechnique .....  | 27 |
| Tableau 11 : Modèle géotechnique G2 AVP .....  | 33 |
| Tableau 12 : Etat des réponses des concessionnaires de réseaux présents à proximité du site du<br>projet.....                                    | 35 |
| Tableau 13 : Localisation approximative des réseaux enterrés (dans la limite des réponses<br>obtenues).....                                      | 36 |
| Tableau 14 : Niveaux d’eau au droit du projet et altimétrie de la crête de digue (m NGF).....  | 47 |
| Tableau 15 : localisation et valeurs des gradients maximum calculés en G2 AVP.....   | 67 |
| Tableau 16 : résultats des calculs de stabilité PLAXIS en G2 AVP .....   | 68 |
| Tableau 17 : résultats des calculs de stabilité TALREN en G2 AVP .....   | 68 |
| Tableau 18 : Estimation financière au stade AVP (en € HT).....   | 74 |
| Tableau 19 : Détails estimation financière – Tronçon T1.....   | 75 |
| Tableau 20 : Détails estimation financière – Raccord tronçon T1-T2 – Rampe en remblai.....   | 76 |
| Tableau 21 : Détails estimation financière – Tronçon T2 –Digue en remblai - talus en gabions coté<br>zone protégée et 2/1 coté cours d’eau ..... | 77 |
| Tableau 22 : Détails estimation financière – Tronçon T3 –Digue en remblai .....  | 78 |
| Tableau 23 : Détails estimation financière - Bassin .....  | 78 |

# 1. Situation et objet du projet

## 1.1. Contexte général

Le quartier de la Plaine à Juvignac (34) est exposé au risque d'inondation par débordement de la Mosson ainsi que du ruisseau de Plaine, directement alimenté par les ruissellements pluviaux de la commune.

Suite aux importantes inondations connues en septembre et octobre 2014 sur ce territoire, Montpellier Méditerranée Métropole a lancé un programme d'aménagement visant à améliorer la protection du quartier de la Plaine face au risque d'inondation.

Antea Group a été mandaté par Montpellier Méditerranée Métropole pour assurer la maîtrise d'œuvre de l'opération depuis les études préliminaires jusqu'à la réception des travaux.

**Le présent rapport constitue le rapport d'Avant-Projet (AVP). Plusieurs versions précédentes d'AVP ont été réalisées et ont abouti aux choix des variantes par 3M. Aussi, ce rapport présente uniquement les variantes qui ont été retenues.**

**Dans cette version de l'AVP, la crête de digue a été recalée sur la base de la modélisation réalisée dans le cadre de l'étude de dangers. Par rapport aux versions précédentes, la crête de digue a été réhaussée entre 20 et 40 cm.**

**Les calculs de stabilités (G2 AVP) n'ont pas été repris dans cette version de l'AVP. La réhausse de la digue projetée étant de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, la stabilité générale de l'ouvrage n'est pas remise en cause. Elle sera étudiée en phase PRO.**

Dans le cadre de la présente mission de maîtrise d'œuvre, au stade des études préliminaires, un programme d'investigations et d'études géotechniques a été défini pour la phase AVP. Il a pour fonction d'une part de caractériser les terrains en place au niveau du tracé des futurs ouvrages ainsi que de la digue existante qui sera déconstruite ; d'autre part de concevoir au stade AVP les ouvrages, c'est-à-dire de les adapter au contexte géotechnique du site et d'en justifier la stabilité. Cette mission G2AVP a été réalisée par un prestataire différent du maître d'œuvre (MOE), titulaire d'un marché à bons de commandes du maître d'ouvrage (MOA). Un autre prestataire du MOA traite du ré-emploi de matériaux d'apport présents sur les sites de Saporta (Lattes) et Fabrègues.

La présente version G du rapport AVP de la MOE prend en compte :

- le rapport géotechnique G2 AVP (cf. annexe n°2) : 18/03/2020 ;
- la note de Fondasol sur le tronçon T1 du 12/05/2020 (cf. annexe 3) ;
- le rapport de diagnostic géotechnique G5 sur le ré-emploi des matériaux : 06/02/2020 (cf. annexe 5).

## 1.2. Localisation

La localisation générale du projet est présentée sur la Figure 1 ci-dessous. La localisation détaillée est présentée sur les Figure 2 et Figure 3 en pages suivantes.



Figure 1 : Localisation générale du site du projet

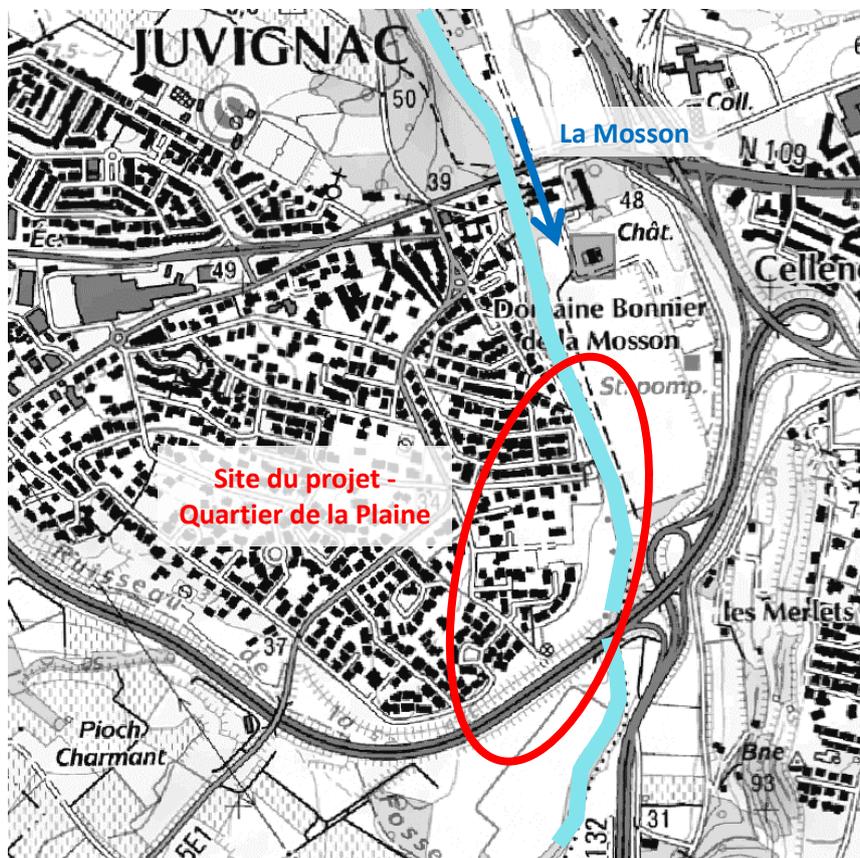


Figure 2 : Localisation détaillée du site du projet



Figure 3 : Zoom sur le quartier de la Plaine

### 1.3. Données disponibles

Les documents consultés dans le cadre de la présente étude sont les suivants :

- Etude hydraulique du bassin versant de la Mosson – Ingérop - décembre 2011
- Etudes des risques inondation de la Mosson sur la commune de Juvignac – EGIS Eau – octobre 2015
- Dossier technique d'avenant au PAPI2 Lez – extrait secteur Mosson aval à Juvignac – EGIS Eau – janvier 2016
- Arrêté n°DDTM34-2013-05-03174 portant autorisation de construction et déconstruction d'une digue le long de la Mosson au titre des articles L214-1 à L 214-6 du code de l'environnement – commune de Juvignac – 21 mai 2013

Ce document autorisait, sous réserve de compléments, un projet porté par la commune de Juvignac consistant en la déconstruction de la digue existante et la reconstruction d'une nouvelle digue ayant un tracé proche de celui envisagé dans le cadre du présent projet.

- Niveaux des plus hautes eaux mesurés lors de la crue du 6 et 7 octobre 2014.
- Etat initial des milieux naturels – novembre 2018 – Les Ecologistes de l'Euzière
- Rapport Fondasol EMO.19.0072.001.INdA du 14/10/2019 – Juvignac – Protection contre les Inondations - Cahier de Sondages
- Rapport Fondasol EMO.19.0072.003.INdA du 18/03/2020 – Juvignac – Construction d'une digue – Etude géotechnique G2 AVP
- Rapport Fondasol – Résultats sur le nouveau tronçon T1 du 12/05/2020
- Note Hydrogéotechnique Sud Ouest C18.41315 Ind1 du 08/05/2019 - Campagne d'essais en laboratoire sur les stocks de SAPORTA – Compte rendu d'investigations
- Note Hydrogéotechnique Sud Ouest C.19.41260 du 31/01/2020 - Diagnostic géotechnique G5 – Site de Saporta à Lattes et Fabrègues – Conditions de ré-emploi de matériaux sur stocks identifiés

Les données topographiques disponibles sont listées dans le tableau ci-dessous.

| Nom du fichier   | Date       | Auteur           | Contenu  |
|------------------|------------|------------------|--|
| 20090_BE         | 28/04/2020 | Cabinet<br>PAGES | Levé du terrain naturel des habitations en amont du tronçon T1 (159, 160, 161, 162)<br>Levé des réseaux EU sur le tronçon T1   |
| 15088_BE.dwg     | 28/04/2015 | Cabinet<br>PAGES | Profils en travers de la Mosson et du ruisseau de la Fosse<br>Profil en long de la digue existante<br>Coupe des ouvrages de franchissement                                 |
| L93_15166_BE.dwg | 01/06/2015 | Cabinet<br>PAGES | Levé de seuils d'habitations et de niveaux des PHE de la crue du 06/10/2014  |
| 17164_BE.dwg     | 21/09/2017 | Cabinet<br>PAGES | Plan topographique au 1/200e   |
| RGE Alti         | -          | IGN              | Modèle numérique de terrain<br>Origine de la donnée : laser topo et laser topo / bathy –<br>Résolution à 1 m – précision Emq < 30 cm (Informations<br>fournies par l'IGN ) |

**Tableau 1 : Données topographiques existantes**

## 2. Contexte du projet

### 2.1. Contexte topographique

Le site du projet s'inscrit en rive droite de la Mosson. La figure ci-dessous présente le contexte topographique du secteur d'étude.

Le quartier de la Plaine présente une topographie douce, entre 30 m NGF environ immédiatement en rive droite de la Mosson et 36 à 40 m NGF en remontant vers le nord-ouest. Il est drainé par un caniveau pluvial franchissant la RN109, appelé ruisseau de la Plaine.

En rive gauche, l'expansion de la Mosson est contrainte par un coteau marqué. Le remblai de la RN 109 vient fermer le secteur d'étude en aval. Une digue est actuellement présente en rive droite de la Mosson au droit du quartier de la Plaine.

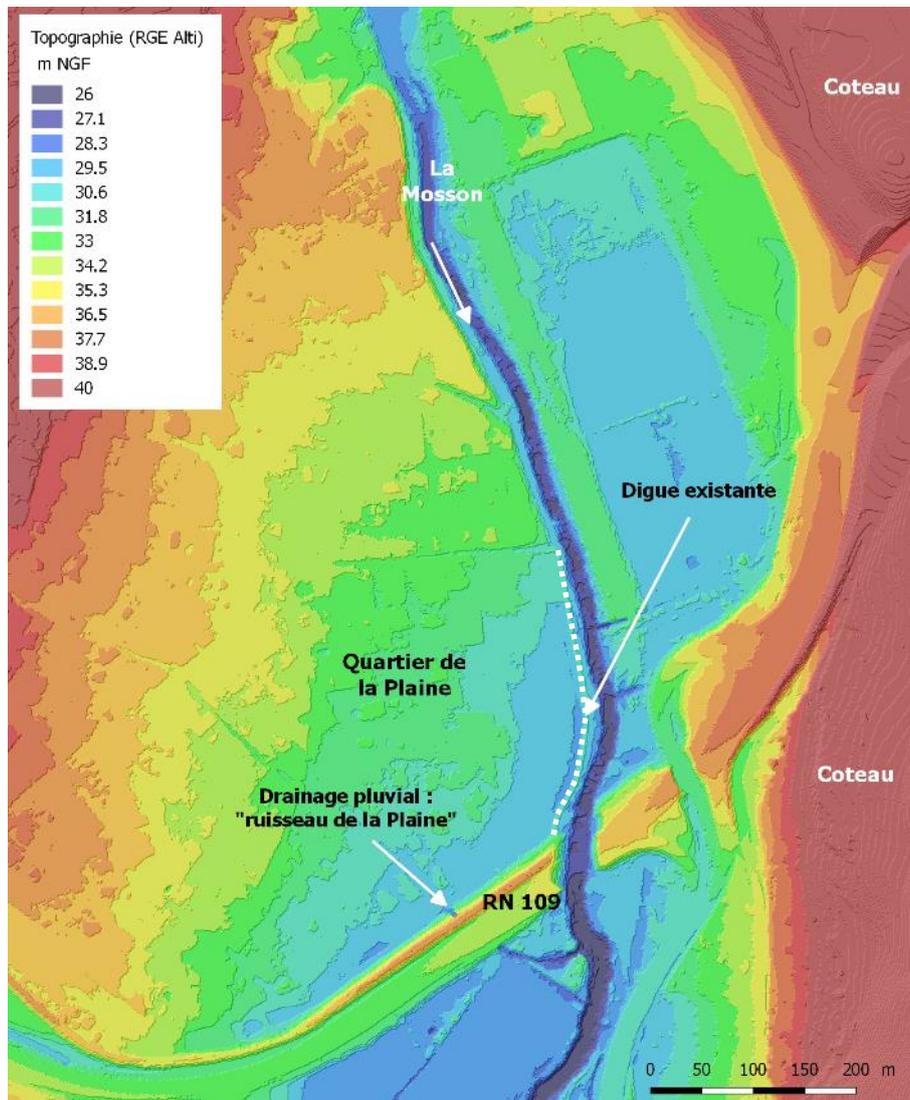


Figure 4 : Contexte topographique du secteur d'étude

## 2.2. Hydrologie

Les éléments cités dans le présent paragraphe sont issus de l' « *Etude des risques inondation de la Mosson sur la commune de Juvignac – Egis Eau octobre 2015* ». Ils visent à présenter une synthèse du contexte hydrologique au droit du site du projet.

La Mosson présente un bassin versant de 161 km<sup>2</sup> à Juvignac (RN 109). La géologie du bassin versant est marquée par la présence de réseaux karstiques qui peuvent avoir une grande influence sur les débits résultants de la Mosson. En effet, la capacité de stockage de ces cavités est importante et peut agir comme un tampon au début de la crue ou au contraire augmenter le débit de pointe lors de la décharge du réseau.

Une étude hydrologique du bassin versant de la Mosson a été réalisée en 2011 par Ingérop et a conduit à la définition des débits de référence de la Mosson pour les périodes de retour 2 ans, 5 ans, 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans. Elle a mis en œuvre pour cela un modèle pluie-débit sur le bassin versant, calé au niveau de la station hydrométrique de la Lauze sur des événements de 1994 et 2003. Elle prend également en compte l'incidence que peut avoir le réseau karstique sur les débits de la Mosson.

Les débits retenus à Juvignac sont résumés dans le tableau suivant :

|                              | Modèle Pluie – Débit [Sols non saturés ; Sols saturés] |                                   |                                   |
|------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                              | 10 ans   | 30 ans                            | 100 ans                           |
| Mosson à Juvignac (nœud 5.1) | 110 m <sup>3</sup> /s [60 ; 160]                       | 175 m <sup>3</sup> /s [110 ; 240] | 265 m <sup>3</sup> /s [185 ; 345] |

**Tableau 2 : Débits de référence de la Mosson à Juvignac – source INGEROP 2011**

Juvignac a été fortement touché lors de l'épisode du 6 et 7 octobre 2014. D'après l'expertise réalisée par le CEREMA, l'épisode pluvieux est considéré comme supérieur à un événement centennal sur la combe du renard et le ruisseau de la Fosse, débouchant dans la Mosson à Juvignac. Concernant les débits, Egis Eau a estimé les valeurs suivantes pour la crue d'octobre 2014 :

- En amont du stade de la Mosson : 331 m<sup>3</sup>/s
- A l'aval de la confluence avec la Combe du Renard : 383 m<sup>3</sup>/s
- Au droit du pont de la RN 109 (lieu du projet) : 410 m<sup>3</sup>/s

Ces débits sont supérieurs au débit centennal retenu dans l'étude INGEROP.

Une estimation des débits de période de retour supérieure à 100 ans a été nécessaire dans le cadre de l'AVP. Une extrapolation des débits de référence ci-dessus suivant une loi de Gumbel a été réalisée.

|                   | [Sols non saturés ; Sols saturés] |                                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                   | 100 ans                           | 500 ans                           | 1000 ans                          |
| Mosson à Juvignac | 265 m <sup>3</sup> /s [185 ; 345] | 385 m <sup>3</sup> /s [285 ; 485] | 435 m <sup>3</sup> /s [330 ; 545] |

**Tableau 3 : Estimation par extrapolation des débits de période de retour supérieure à 100 ans**

La période de retour de la crue d'octobre 2014 peut être estimée en suivant cette extrapolation. Pour cet événement, la configuration la plus probable est celle de sols saturés dans la mesure où il a fait suite à deux épisodes intenses en septembre (17 au 19 septembre, 29 au 30 septembre). Dans cette hypothèse, la période de retour du débit de la Mosson à Juvignac pour cet épisode ( $410 \text{ m}^3/\text{s}$ ) peut être estimée à 210 ans.

**Pour la suite de l'étude d'avant-projet, et de façon à se placer en configuration sécuritaire et similaire à celle d'octobre 2014, les débits correspondants à des sols saturés seront retenus.**

### 2.3. Contexte hydraulique

Le contexte hydraulique a été appréhendé dans le cadre de l'« *Etude des risques inondation de la Mosson sur la commune de Juvignac – Egis Eau octobre 2015* ». Un modèle hydraulique bi-dimensionnel a été construit pour caractériser les conditions d'écoulement en état actuel et tester des propositions d'aménagement.

Ce modèle, qui s'appuie sur des données topographiques récentes (2015) en lit mineur et sur un levé LIDAR (RGE Alti de l'IGN) en lit majeur, a été calé sur la crue du 6 et 7 octobre 2014, pour laquelle un certain nombre de laisses de crue sont disponibles.

D'après cette étude, les mécanismes d'inondation sur le secteur d'étude en état actuel sont les suivants :

- Les inondations démarrent par l'arrivée des eaux du ruisseau de la Plaine par la rue des Mimosas. Les écoulements pluviaux bloquent devant l'émissaire pluvial sous la RN109 et débordent en rive droite et en rive gauche. En rive droite de la Mosson, les écoulements sont bloqués par la digue existante.



Figure 5 : Inondation par le ruisseau de la Plaine (source Egis Eau 2015)

- A partir d'un débit de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , il est observé le début des débordements de la Mosson vers le Domaine Bonnier de la Mosson en rive gauche et le début de la submersion de la digue existante en rive droite.



Figure 6 : Inondations se produisant à partir d'un débit de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  (source Egis Eau 2015)

- Pour un débit de  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ , la zone habitée est inondée sous de fortes hauteurs de submersion : 2,5 m en bordure de la digue actuelle, entre 1 et 1,5 m sur les zones habitées.

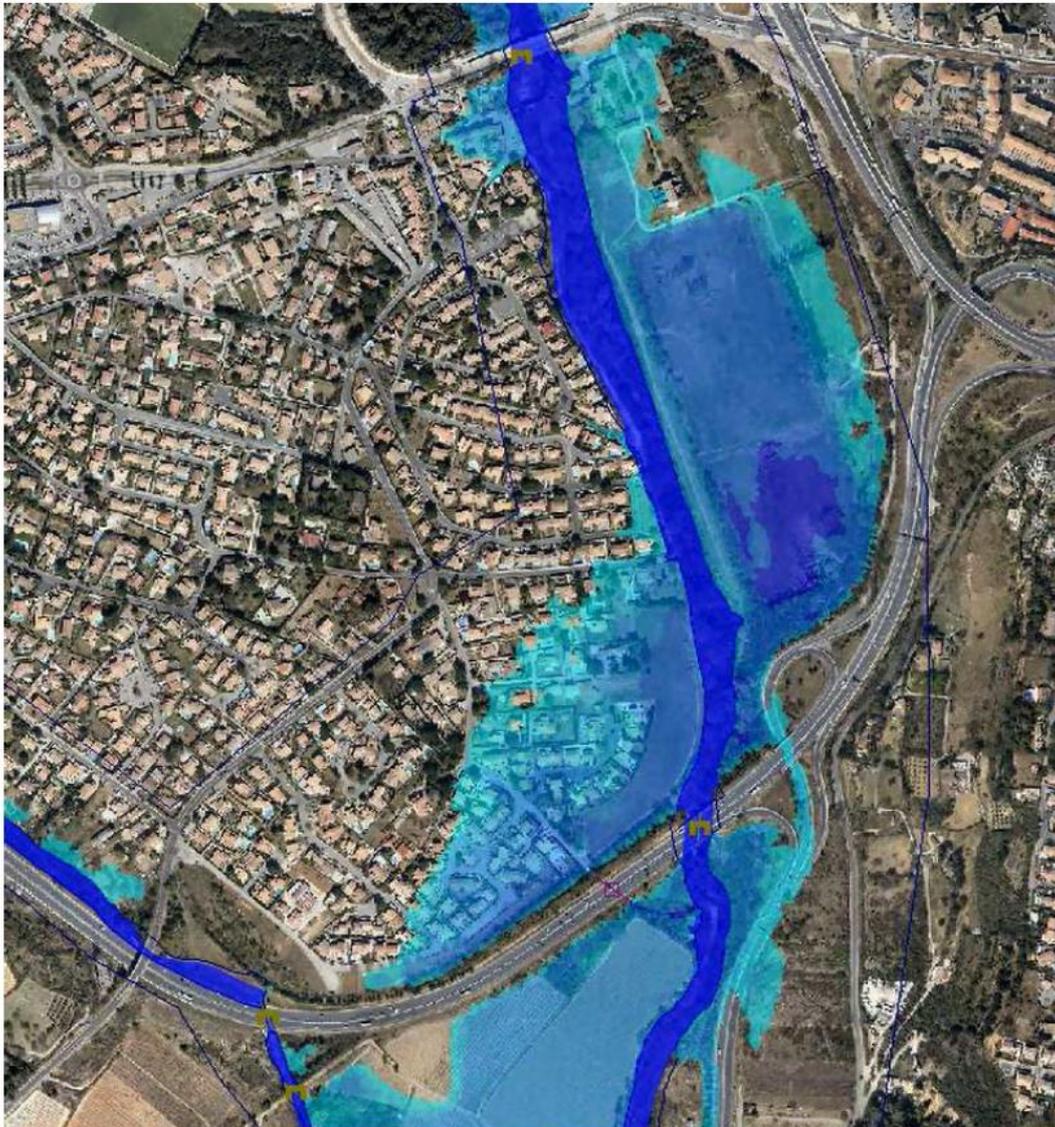


Figure 7 : Inondations pour un débit supérieur à  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  (source Egis Eau 2015)

## 2.4. Digue existante

La digue de protection actuelle du quartier de la Plaine présente une longueur de 260 m et une hauteur moyenne de 1,5 m (voir localisation sur la Figure 4 ci-avant). Elle est calée à la côté 31 m NGF. Comme évoqué ci-avant, elle assure un niveau de protection jusqu'à un débit de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit une période de retour de l'ordre de 30 ans.

Il s'agit d'une digue en remblai végétalisée, sans protection sur ses talus ou sur sa crête.



**Figure 8 : Vue de la digue existante**

Cette digue, qui aurait été construite suite aux inondations de 2003 a été submergée lors de la crue d'octobre 2014 par une hauteur d'eau d'environ 1,5 m, sans formation de brèche d'après les éléments recueillis, mais avec des érosions. Point original, apparemment la surverse s'est faite dans le sens plaine vers Mosson ; en effet, les eaux ont contourné la digue en amont, rejoint les débordements du ruisseau de la Plaine, le champ a fait office de stockage jusqu'à déborder vers la Mosson. Il n'existe pas de données concernant la construction de cet ouvrage, en particulier sur la nature des matériaux mis en œuvre dans le corps de digue. D'après l'étude Egis de 2015, un risque important de rupture est à considérer sur cet ouvrage.

Lors des investigations géotechniques réalisées dans le cadre de la mission investigation, 2 carottés verticaux courts SC1 et SC3 ont été réalisés. Ils ont montré la présence de graves sablo-argileuses de type C2B4 et C2B3 au sens de la GTR. Les deux perméabilités mesurées in situ sont hétérogènes (avec quatre puissances de dix d'écart), mais celle paraissant la plus représentative ( $2,65 \cdot 10^{-4}$  m/s) est relativement élevée. Sur ces graves, il n'a pas été possible de confectionner des échantillons pour essais de cisaillement compte tenu de la présence des gros éléments ; mais on peut s'attendre par expérience pour de tels matériaux à une cohésion  $c'$  faible (entre 0 et 5 kPa) et à un angle de frottement de l'ordre ou un peu inférieur à  $30^\circ$ .

## 2.5. Contexte géologique général

Le secteur du Projet, situé en rive droite de la Mosson, met en évidence un contexte géologique globalement hétérogène (cf. carte géologique de Montpellier et sa légende ci-après - feuille de Montpellier à 1/50 000, BRGM) :

- en rive droite, on se situe au sein des alluvions récentes du quaternaire (Fz), à la composition fort variable, supposées plutôt limoneuses ici, mais on note la présence peu à l'Ouest d'un lambeau de terrasse d'alluvions anciennes (Fx-y) a priori plus grossières (galets siliceux) ;
- en rive droite, le substratum Miocène serait situé directement sous les alluvions, sous forme de marnes argileuses (m1), à bancs calcaires et coquilliers (m2a) ;

- en rive gauche, il y a intercalation de niveaux du Pléistocène, recouvrant le Miocène présentant des faciès en plus grand nombre.

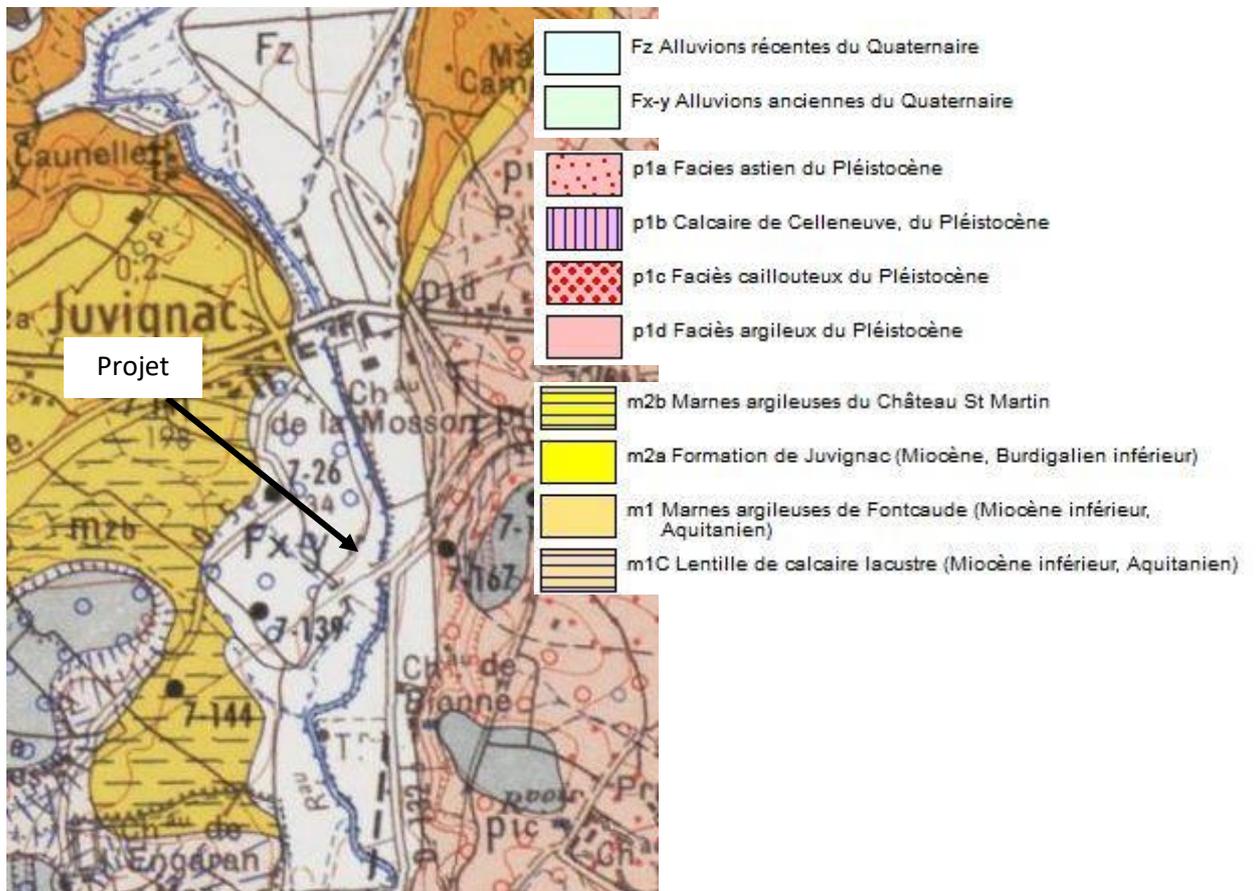


Figure 9 : Extraits de la carte géologique et de la légende associée (BRGM)

Au niveau aléa retrait-gonflement des argiles, le secteur est classé sur la cartographie BRGM comme de niveau faible.

## 2.6. Résultats des investigations géotechniques

Dans un premier temps, les résultats synthétiques bruts des différentes investigations FONDASOL et HYDROGÉOTECHNIQUE sont présentées ci-après (cf. §2.6 et 2.7). **Les points importants seront éclairés / discutés ultérieurement (cf. §2.8).**

### 2.6.1. Rapports cahier de sondages et G2AVP

Les rapports investigations et G2 AVP (cf. annexes 1 et 2) fournissent les éléments synthétiques bruts suivants, en termes de résultats géotechniques au sens large (investigations et essais au laboratoire). L'implantation des sondages est fournie en figure 10 ci-après.

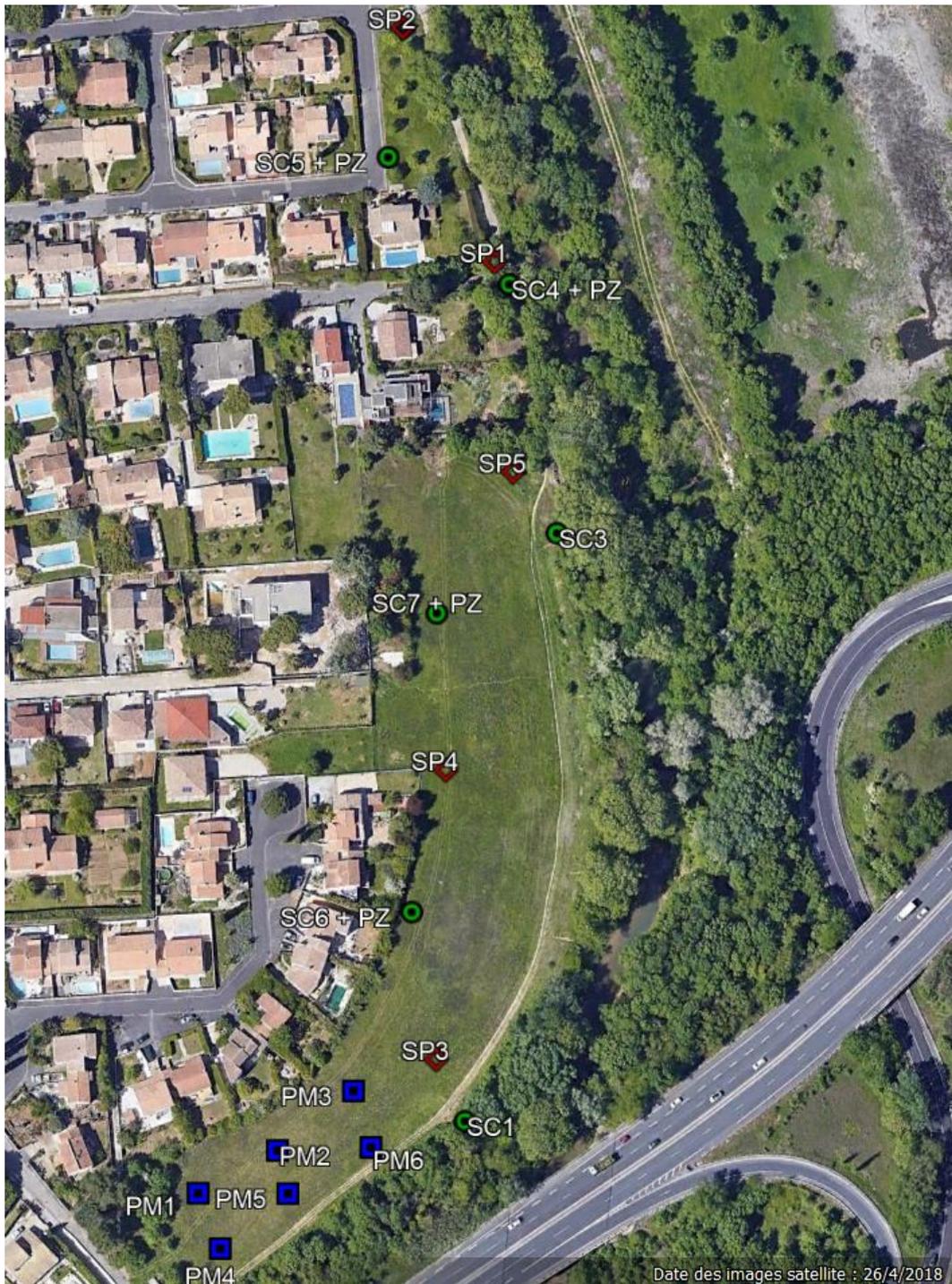


Figure 10 : Positionnement des sondages

#### 2.6.1.1. Lithologie

Les sondages ont mis en évidence les terrains suivants :

- de la **terre végétale** rencontrée au droit des sondages PM1 à PM6, SP1 à SP5 et SC4 à SC7 sur des épaisseurs de 0,1 m environ : couche C0-a ;
- des **remblais limono-graveleux** rencontrés au droit des sondages SC1 et SC3 jusqu'à des profondeurs variant entre 1,6 et 1,7 m : couche C0-b ;

- des **limons +/- argileux marron** rencontrés au droit des sondages PM1 à PM6, SP1 à SP5 et SC4 à SC7 jusqu'à des profondeurs variant entre 2,2 et 4,5 m et jusqu'à la base des sondages SC1 et SC3 (2 m) : couche C1 ;
- des **sables argileux à graveleux à graves argileuses marron**, rencontrés au droit des sondages SP1 à SP5 et SC4 à SC7 jusqu'à des profondeurs variant entre 3,5 et 7,0 m et jusqu'à la base des sondages PM1 à PM6 (3,0 m) : couche C2 ;
- des **argiles limoneuses localement sableuses beiges**, rencontrées au droit des sondages SP1, SP3 à SP5 et SC4 et SC5 jusqu'à des profondeurs variant entre 4,1 et 7,0 m : couche C3 ;
- des **argiles finement sableuses et marneuses gris à gris-bleu**, rencontrées jusqu'à la base des sondages SP1 à SP5 (10 m) et jusqu'à la base des sondages SC4 à SC6 (8m) : couche C4.

Ci-après une représentation graphique des résultats de sondages, issue du rapport G2 AVP (annexe 2) :

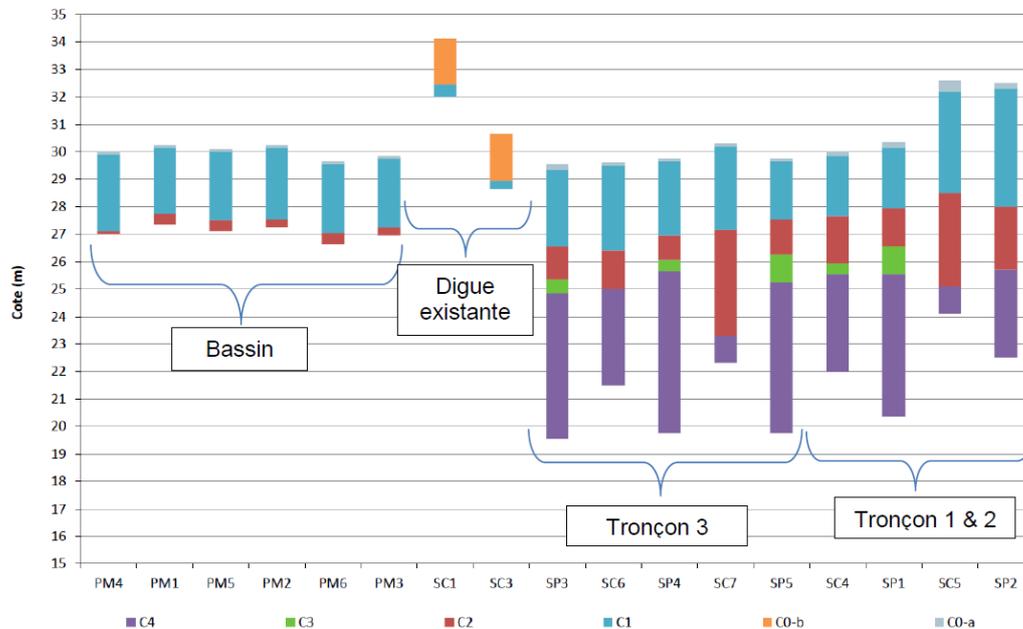


Figure 11 : Synthèse graphique des sondages – Extrait G2AVP

### 2.6.1.2. Contexte hydrogéologique

Le rapport d'investigations géotechniques (cf. annexe 1) indique les éléments suivants :

- Lors de la réalisation des sondages à la pelle (mai 2019) aucune arrivée d'eau n'a été rencontrée jusqu'à la base (3,0 m).
- En fin de forage, des niveaux d'eaux ont été relevés au droit des sondages SP1 à SP5 à des profondeurs variant entre 3,4 et 4,9 m.

Il s'agit très probablement de niveau en relation avec la nappe superficielle du secteur (Mosson).

On trouvera ci-dessous les relevés déjà effectués des 4 piézomètres installés sur le site lors des investigations :

| Date de relevé | SC4 - PZ   |             | SC5-PZ     |             | SC6-PZ     |             | SC7-PZ     |             |
|----------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
|                | Prof. m/TN | Cote (mNGF) |
| 20/06/19       | 3.85       | 26.15       | 6.10       | 26.5        | 3.8        | 26.0        | 4.4        | 25.9        |
| 18/07/19       | 3.95       | 26.05       | 5.65       | 26.95       | 3.85       | 25.95       | 4.4        | 25.9        |
| 22/08/19       | 3.97       | 26.03       | 6.13       | 26.47       | 3.93       | 25.87       | 4.45       | 25.85       |
| 11/10/19       | 4.02       | 25.98       | 6.09       | 26.51       | 4.22       | 25.58       | 4.46       | 25.84       |

Tableau 4 : Niveaux piézométriques mesurés au droit des sondages – Extrait G2 AVP

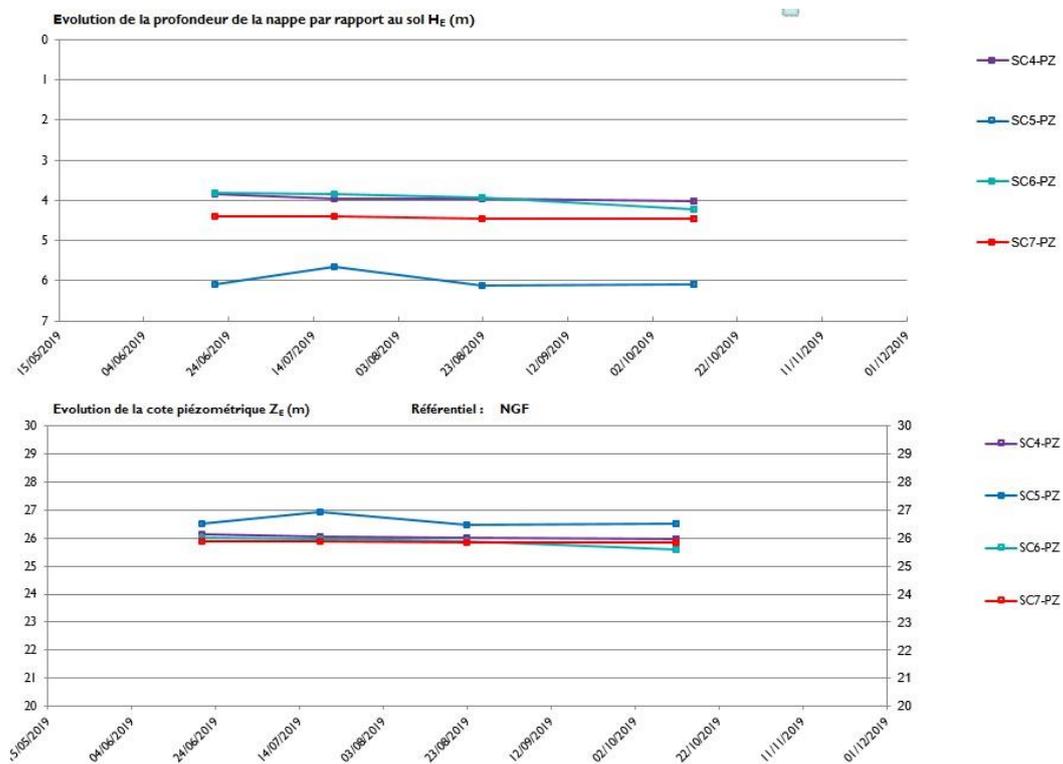


Figure 12 : Synthèse piézométrique – Extrait G2 AVP

Pour obtenir des indications plus précises, il est nécessaire de poursuivre le suivi mensuel des 4 piézomètres du site, et si possible y passer en période de hautes eaux.

### 2.6.1.3. Caractéristiques pressiométriques

Les caractéristiques mécaniques mesurées au moyen d'essais pressiométriques au sein des sols en place, hors digue existante, sont :

- **faibles à moyennes** dans les limons +/- argileux marron (couche C1), avec :
  - module pressiométrique :  $1,4 < E_M < 10$  MPa



Remarque FONDASOL : concernant les résultats des essais de cisaillement, il s'agit des valeurs brutes. Les valeurs qui ont été retenues dans les modèles géotechniques peuvent être différentes ;

Remarque MOE : les résultats d'essais de cisaillement obtenus sur l'échantillon SC6 (situé au niveau de la nouvelle digue – tronçon T3) à 6,49 m de profondeur sont manifestement non représentatifs (valeurs  $\phi'$  et  $c'$  bien supérieures à celles obtenues sur les autres échantillons pour les matériaux du même type).

#### 2.6.1.5. *Identifications GTR G2AVP*

##### a) Définition des classes GTR 2000.

La définition des classes est rappelée ci-après :

**Sols A1** : limons peu plastiques, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués.

Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur  $W_n$  est proche de  $W_{OPN}$ . Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement.

**Sols A2** : sables fins argileux, limons, argiles peu plastiques :

Il s'agit de sols fins sensibles à l'eau dont les performances mécaniques et traficabilité chutent rapidement en présence d'eau.

Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée).

**Sols A3** : argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...

Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire). Leur perméabilité très réduite rend leurs variations de teneur en eau très lentes, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.

**Sols B5** : sable et graves très silteux...

La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières rapprochent beaucoup le comportement de ces sols à celui des sols A1.

Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE).

**Sols C1B5 :**

Matériaux roulés dont la proportion de la fraction 0/50 mm dépasse 60 à 80 % et est de classe B5. Ces matériaux se comportent comme la fraction 0/50 mm, soit B5 dans le cas présent.

**Sols C2Bi :** argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...

Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm inférieure à 60 à 80 % et ou la fraction 0/50 mm est un sol de classe Bi

Le comportement des sols de cette classe dépend aussi de la fraction 50/D présente et ne peut plus être assimilé à celui de la seule fraction 0/50 mm.

L'importance de cette influence est toujours difficile à évaluer (fonction de la continuité granulométrique et de l'angularité des éléments grenus). La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières rapprochent beaucoup le comportement de ces sols à celui des sols A1 en raison des difficultés pratiques qu'il y a à réaliser des essais de laboratoire sur ces matériaux.

## b) Résultats

- les sols de la couche C0-b (digue existante) sont de classe C<sub>2</sub>B<sub>3</sub> et C<sub>2</sub>B<sub>4</sub> ;
- les sols de la couche C1 sont de classe A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub> ;
- les sols de la couche C2 sont de classe A<sub>1</sub>, B<sub>5</sub> et C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> ;
- les sols de la couche C3 sont de classe A<sub>2</sub> ;
- les sols de la couche C4 sont de classe A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>.

## c) Sensibilité au retrait-gonflement

Pour les couches C1 et C4, la G2 AVP retient une sensibilité moyenne à élevée des argiles vis-à-vis du risque de gonflement.

**2.6.1.6. Caractéristiques de perméabilité**

4 essais de perméabilité Matsuo ont été réalisés au droit des fouilles PM1, PM2, PM5 et PM6 et 13 essais Lefranc ont été réalisés au droit des sondages carottés SC1, SC3 à SC7.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

| Secteur                                    | Sondage    | Prof. Essai (m/TN) | Lithologie   | Couche      | Perméabilité (m/s)                     |
|--|------------|--------------------|--|-------------|--|
| Nouveau bassin                             | PM1        | 1,5                | <i>Limon argileux marron à granules calcaires</i>            | C1          | $1,8 \cdot 10^{-5}$                    |
|  | PM2        | 3,0                | Sable argileux brun-jaune                                    | C2          | $2,3 \cdot 10^{-5}$                    |
|  | PM5        | 3,0                | Sable argileux brun-jaune à débris coquillés                 | C2          | $2,2 \cdot 10^{-5}$                    |
|  | PM6        | 1,5                | <i>Limon argileux à granules calcaires</i>                   | C1          | $1,0 \cdot 10^{-5}$                    |
| Digue existante                            | <u>SC1</u> | <u>0,55-1,6</u>    | <u>Graves fines à grossières et matrice argilo-limoneuse</u> | <u>C0-b</u> | <u><math>2,65 \cdot 10^{-4}</math></u> |
|  | <u>SC3</u> | <u>0,4-1,4</u>     | <u>Graves fines à grossières et matrice sablo-limoneuse</u>  | <u>C0-b</u> | <u><math>4,13 \cdot 10^{-8}</math></u> |
| Tronçon T2 – Mur digue ou digue en remblai | SC4        | 1,0-2,0            | <i>Limon très fin peu argileux</i>                           | C1          | $1,83 \cdot 10^{-7}$                   |
|  | SC4        | 3,0-4,0            | Graves légèrement sableuses et limoneuses                    | C2          | $4,27 \cdot 10^{-6}$                   |
|  | SC4        | 6,0-7,0            | Limon argileux légèrement sableux                            | C4          | $9,2 \cdot 10^{-9}$                    |
|  | SC5        | 1,0-2,0            | <i>Limon argileux brun</i>                                   | C1          | $9,89 \cdot 10^{-8}$                   |
|  | SC5        | 3,0-4,0            | Limon argileux brun  | C1          | $1,47 \cdot 10^{-7}$                   |
|  | SC5        | 5,0-6,0            | Limon argileux gravelo-sableux                               | C3          | $1,25 \cdot 10^{-4}$                   |
| Tronçon T3 – Digue en remblai              | SC6        | 1,0-2,0            | <i>Argile marron limoneuse</i>                               | C1          | $3,83 \cdot 10^{-8}$                   |
|  | SC6        | 5,8-7,0            | Argile sableuse grises                                       | C4          | $3,6 \cdot 10^{-6}$                    |
|  | SC7        | 1,0-2,0            | <i>limon argileux marron</i>                                 | C1          | $3,72 \cdot 10^{-7}$                   |
|  | SC7        | 3,0-4,0            | Sable et graves limono-argileux                              | C2          | $3,09 \cdot 10^{-6}$                   |
|  | SC7        | 5,0-6,0            | Sable fin et graves sableuses                                | C2          | $1,69 \cdot 10^{-6}$                   |

Tableau 6 : Résultats d'essais de perméabilité

Dans le tableau précédent, ont été mis en évidence :

- en italique souligné, les résultats concernant les matériaux potentiellement réutilisables (digue existante) ;
- en italique les résultats concernant la couche C1, potentiellement réutilisables, de façon partielle, soit lors de la réalisation du bassin, soit d'un éventuel décapage superficiel entre la nouvelle digue sur le tronçon T3 et la Mosson. Cependant les profondeurs de réalisation (1 – 2 m) s'avèrent finalement trop élevées par rapport à celle du décapage éventuel (envisagé postérieurement aux investigations) ou du bassin (profondeur révisée à 1 m maximum).

### 2.6.2. Réemploi des matériaux des stocks 3M - Rapport G5

Le volume de matériaux disponibles sur site pour la constitution de la nouvelle digue étant déficitaire (cf. §3.4 Mouvements de terre), la problématique de la mobilisation de

matériaux d'apport a été anticipée. Le maître d'ouvrage a lancé une étude détaillée de ré-emploi de matériaux provenant des sites de Saporta (Lattes), puis de Fabrègues.

Les principaux résultats tirés du rapport G5 HYDROGÉOTECHNIQUE (cf. annexe 5), fourni postérieurement à l'étude G2 AVP, sont repris-ci après.

### 2.6.2.1. Site de Saporta

Les résultats des essais en laboratoire réalisés sur les matériaux du site de Saporta sont présentés dans les tableaux suivants :

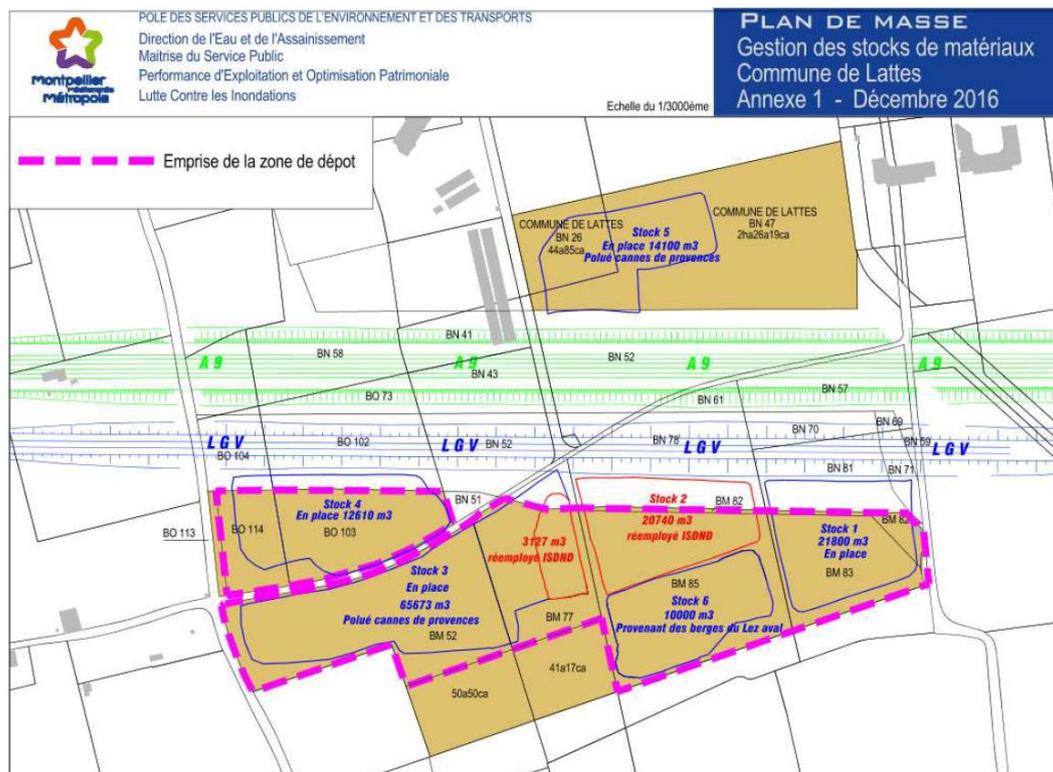


Figure 13 : Plan des stocks de Saporta – Extrait G5, Hydrogéotechnique

| Sondage               | N° Stock   | Classe GTR | VBS/WL                | W% à l'OPN | IPI à l'OPN | Densité à l'OPN | Perméabilité à l'oedomètre [m/s] | Essai de cisaillement    |
|-----------------------|------------|------------|-----------------------|------------|-------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
| PM 1                  | 3          | C1A2       | 4.22 / -              | 17.3       | 9.9         | 1.73            | 4.30*10 <sup>-6</sup>            | φ' = 28.1°               |
| PM 2                  | 4          | A2         | 3.85 / -              |            |             |                 |                                  | c' = 8kPa                |
| PM 3                  | 3          | C1A1       | 2.42 / -              | 16.6       | 9.2         | 1.76            | 5.31*10 <sup>-9</sup>            | φ' = 31.1°               |
| PM 4                  | 7<br>ISDND | C1A2       | 3.85 / -              |            |             |                 |                                  | c' = 2 kPa               |
| PM 5                  | 2          | A2         | 3.30 / -              | 17.6       | 10.8        | 1.71            | 1.13*10 <sup>-5</sup>            | φ' = 29.6°               |
| PM 6 de 1.00- à 2.00m | 6          | A1         | 1.10 / -              |            |             |                 |                                  | c' = 8 kPa               |
| PM 6 de 0.00- à 1.00m | 6          | C1A1       | 1.08 / -              | 13.6       | 4.6         | 1.86            | 1.47*10 <sup>-5</sup>            | φ' = 29.9°<br>c' = 9 kPa |
| PM 7                  | 1          | A2         | 2.61 / -              | 15.2       | 10.2        | 1.78            | 8.64*10 <sup>-6</sup>            | φ' = 29.3°               |
| PM 10                 | 5          | A2         | - / WL=43<br>et Ip=17 |            |             |                 |                                  | c' = 4 kPa               |

Tableau 7 : Résultats campagne initiale site de Saporta – Extrait G5, Hydrogéotechnique

| Sondage complémentaire | N° Stock   | Classe GTR | VBS/WL                | W% à l'OPN | IPI à l'OPN | Densité à l'OPN |
|------------------------|------------|------------|-----------------------|------------|-------------|-----------------|
| PM1L+ PM3L+ PM7L       | 1+2+3      | A1         | 2.47 / -              | 15         | 10.5        | 1.77            |
| PM4L                   | 7<br>ISDND | A1         | 2.06 / -              |            |             |                 |
| PM5L                   | 2          | A2         | - /<br>WL=46<br>Ip=22 | -          | -           | -               |

**Tableau 8 : Résultats campagne complémentaire site de Saporta (mélanges) – Extrait G5, Hydrogéotechnique**

Les investigations menées sur les stocks du site de Saporta à Lattes ont permis de mettre en évidence la présence de matériaux dont la classification GTR est C1A1, C1A2, A1 ou A2.

On retiendra qu'il s'agit de matériaux fins pouvant présenter des éléments grossiers dont la matrice est constituée d'éléments fins type sables fins, de limon et d'argile. Ces matériaux sont très sensibles aux variations de teneur en eau, une variation de quelques points de la teneur en eau peut changer brusquement l'état et le comportement du matériau.

Compte tenu des similitudes entre les prélèvements du point de vue de la GTR, des regroupements de matériaux ont été réalisés pour caractériser un comportement moyen. Des courbes Proctor + point IPI (Indice Portant Immédiat) ont été réalisées. On note que les valeurs d'IPI à l'OPN sont hétérogènes y compris au sein d'un même stock avec  $4,6 \leq IPI_{OPN} \leq 10,8$ . En écartant le résultat de la courbe Proctor menée sur PM6 de 1,00 m à 2,00 m de profondeur on note que  $9,2 \leq IPI_{OPN} \leq 10,8$ .

Les paramètres intrinsèques de cohésion et d'angle de frottement interne sont respectivement compris entre :  $2 \leq c'_{OPN} [kPa] \leq 9$  et  $28,1 \leq \phi'_{OPN} \leq 31,1$ . On note que la cohésion des matériaux est faible et que l'angle de frottement interne long terme moyen est proche de 30°.

Les perméabilités mesurées sur les échantillons naturels compactés à l'OPN sont de  $1,13 \cdot 10^{-5} \leq k[m/s] \leq 5,31 \cdot 10^{-9}$ . On note des perméabilités dont l'ordre de grandeur est compris entre  $10^{-5}$  et  $10^{-6}$  m/s (hors sondage PM3 et PM4), valeurs fortes pour des matériaux à réemployer en corps de digue.

De sa propre initiative, le maître d'ouvrage a donc demandé des tests de traitement à la bentonite dans le but de réduire la perméabilité.

Les résultats sont les suivants (extraits du rapport G5 de HYDROGÉOTECHNIQUE) :

| Sondage complémentaire         | W% à l'OPN | IPI à l'OPN | Densité à l'OPN | Perméabilité à l'oedomètre [m/s] |
|--------------------------------|------------|-------------|-----------------|----------------------------------|
| PM1L+PM3L+PM7L+1% de bentonite | 15,1       | 12,5        | 1,78            | $1,43 \cdot 10^{-9}$             |
| PM1L+PM3L+PM7L+3% de bentonite | 15,5       | 9,2         | 1,75            | $5,59 \cdot 10^{-10}$            |
| PM1L+PM3L+PM7L+5% de bentonite | 15,5       | 8,8         | 1,75            | $4,59 \cdot 10^{-9}$             |

**Tableau 9 : Résultats de l'étude de traitement à la bentonite - Site de Saporta (mélanges) – Extrait G5, Hydrogéotechnique**

Sur l'échantillon testé, on remarque que l'emploi de bentonite dans les matériaux permet de réduire la valeur de la perméabilité.

Toutefois, il semblerait que l'ajout de bentonite ait tendance à réduire l'IPI et la densité à l'OPN (à confirmer par la réalisation de sondages et essais complémentaires, plus essais de cisaillement sur matériaux traité à la bentonite).

Le cas échéant, nous recommandons l'ajout de chaux ou de ciment en vue d'améliorer les caractéristiques mécaniques des sols mise en oeuvre. Cet aspect doit être validé par des essais complémentaires en laboratoire.

Dans le cadre de la conception des ouvrages en terre permettant de se protéger contre les inondations, il est recommandé de viser une perméabilité de  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s. L'ajout de 1% de bentonite devrait permettre d'atteindre l'objectif de perméabilité sans nuire aux caractéristiques mécaniques des matériaux.

Les analyses complémentaires menées sur les stocks 2 et 7 classent respectivement les matériaux en A1 et A2 au sens du Guide des Travaux Routier.

#### 2.6.2.2. Site de Fabrègues

Le rapport G5 de réemploi des matériaux donne les résultats suivants sur le site de Fabrègues.

| Sondage                  | Classe GTR | VBS  | W% à l'OPN | IPI à l'OPN | Densité à l'OPN | Perméabilité à l'oedomètre [m/s] | Essai de cisaillement                            |
|--------------------------|------------|------|------------|-------------|-----------------|----------------------------------|--|
| PM1F+PM2F+PM3F+PM4F+PM5F | A1         | 2.01 | 12.5       | 11          | 1.88            | $1.02 \cdot 10^{-10}$            | $\varphi' = 25.8^\circ$<br>$c' = 13 \text{ kPa}$ |

**Tableau 10 : Résultats campagne Fabrègues – Extrait G5, Hydrogéotechnique**

A noter que les analyses ont été réalisées sur un mélange de 5 sondages notés PM1F à PM5F.

Les investigations menées sur le stock du site de Fabrègues ont permis de mettre en évidence la présence de matériaux dont la classification GTR est A1 sur le mélange des 5 points de prélèvement.

On retiendra qu'il s'agit de matériaux fins dont la matrice est constituée d'éléments fins type sables fins, de limon et d'argile. Ces matériaux sont très sensibles aux variations de teneur en eau, une variation de quelques points de la teneur en eau peut changer brusquement l'état et le comportement du matériau.

On note que la valeur d'IPI à l'OPN,  $IPI_{OPN} = 11$ , valeur correcte pour un réemploi en remblai technique.

Les paramètres intrinsèques de cohésion et d'angle de frottement interne sont respectivement  $c'_{OPN} = 13$  kPa,  $\phi'_{OPN} = 25,8$ .

La perméabilité mesurée sur l'échantillon naturel compacté à l'OPN est de  $k = 1,02 \cdot 10^{-10}$  m/s valeur faible, adaptée pour un réemploi en corps de digue.

### 2.6.2.3. Bilan sur le ré-emploi des stocks des sites de Saporta et Fabrègues – Extrait du rapport G5

D'après les métrés qui nous ont été communiqués, les volumes disponibles sont :

- de l'ordre de 10 000 m<sup>3</sup> sur le site de Fabrègues,
- de l'ordre de 115 000 m<sup>3</sup> sur le site de Saporta répartis comme suit:
  - o stock 1, 21 000 m<sup>3</sup>,
  - o stock 2, environ 2/3 de 20 740 m<sup>3</sup> soit 14 000 m<sup>3</sup>,
  - o stock 3, 65 673 m<sup>3</sup> pollués en cannes de Provence,
  - o stock 4, déplacer sur le stock n°2, 12 610 m<sup>3</sup>,
  - o stock 7, 3127 m<sup>3</sup> réemployé ISDND.

Les investigations menées sur les sites de Fabrègues et de Lattes ont mis en évidence la présence d'un stock de matériaux classé GTR A1, A2, C1A1 et C1A2.

Toutefois, il convient de nuancer ces classifications avec la présence de :

- cannes de Provence sur le stocks n°3,
- débris végétaux en PM2 de 1,00 m à 2,00 m / TN,
- débris de briques en PM1F et PM5F,
- débris de briques en PM5L,
- débris de briques en PM1L+PM3L+PM7L,
- blocs calcaires pluridécimétriques dans les matériaux du stock n°4.

On pourra s'attendre à des hétérogénéités en nature et en comportement pendant la phase d'extraction. Dans le cadre de la conception du projet, nous conseillons de limiter le taux de réemploi entre 60 et 80 %. A ce stade, le stock disponible de la nourrice du chantier serait de 70 000 m<sup>3</sup> et 90 000 m<sup>3</sup>.

Le réemploi des matériaux disponibles sur la commune de Lattes est conditionné par un tri préalable et un traitement aux conditions cités précédemment.

Remarque : à première vue, les matériaux de Fabrègues pourraient paraître plus favorables : matériaux avec moins d'éléments grossiers, perméabilité à l'oedomètre faible... Mais d'une part ils ont fait l'objet d'un seul essai sur des mélanges ; d'autre part il est actuellement probable que ces matériaux soient mobilisés pour d'autres projets.

#### 2.6.2.4. Recommandations pour les terrassements – extrait du rapport G5

Le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd nécessitant la création d'une piste de chantier et de plateformes de portance correcte. On vérifiera que les ouvrages existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des terrassements. Les terrassements seront réalisés au moyen d'une pelle mécanique puissante en rétro de 25 tonnes, en excluant toute circulation d'engins à pneus sur l'arase terrassée, avec pistes pour les tombereaux en anticipant une traficabilité difficile.

Les matériaux seront compactés au moyen d'un Compacteur V3 ou V5.

Nous conseillons la réalisation des travaux en situation météorologique favorable exclusivement. En cas de météo défavorable, nous conseillons l'arrêt du chantier.

Le réemploi des matériaux est conditionné par :

- le tri préalable des gros éléments,
- le retrait des rhizomes,
- la purge des sols humifères et/ou évolutifs,
- le retrait des éléments anthropiques.

Pour le réemploi des matériaux de déblais, nous conseillons :

- des matériaux classés GTR A1 ou A2,
- objectif de compactage q4 :
  - matériaux à l'état hydrique s, m : réutilisable en l'état
  - matériaux à l'état hydrique h : **réutilisable après aération pour ramener à un état hydrique m,**
  - matériaux ts **réutilisables après humidification pour les ramener en m ou mise en dépôt,**
  - réutilisation des matériaux th déconseillée.
- les matériaux extraits devront être ramenés à un état hydrique m au moment du chantier (à vérifier par essais spécifique au démarrage du chantier),
- on veillera à écarter les éventuels blocs et cailloux gênants à la mise en oeuvre,
- on prêtera attention aux sols pouvant être indurés et extraits en motte rendant difficile un réemploi.

## 2.7. Bilan géotechnique avant calculs G2 AVP

**Concernant les matériaux mobilisables pour la construction de la digue nouvelle, les points importants à relever, avant calculs G2AVP, sont les suivants.**

### 2.7.1. Nature

Les matériaux susceptibles de constituer les matériaux d'apport pour l'édification de la digue nouvelle se classent au sens de la GTR :

- en C2B4 et C2B3 : graves de la digue existante (couche C0-b) ;
- en A1, A2, A3 (couche supérieure C1 expurgée de la terre végétale), issue de la réalisation du bassin, et du décapage éventuel entre digue nouvelle et cours d'eau ;
- en C1A1, C1A2, A1 et A2 sur les sites de Saporta (Lattes et Fabrègues).

Ces matériaux sont globalement constitués d'éléments grossiers et d'une matrice plus fine (type sables fins, limons et argiles). Ils sont très sensibles aux variations de teneur en eau, une variation de quelques points de cette dernière peut changer brusquement l'état et le comportement du matériau. Les conditions météorologiques de mise en œuvre devront être favorables. On se reportera au chapitre 8 du rapport G5 pour plus de détails.

Les matériaux d'apport extérieur (Saporta, Fabrègues) sont hétérogènes par nature, et par leur historique de stockage, remobilisation, mise en dépôt, mélange... **Des opérations préalables conditionneront en 1<sup>er</sup> lieu leur ré-emploi** : tri préalable des gros éléments, retrait des rhizomes de cannes de Provence, purge de débris végétaux ou évolutifs, retrait des éléments anthropiques (briques, blocs...), vérification de l'absence de toute pollution à caractère environnemental...

### 2.7.2. Perméabilités hétérogènes et relativement élevées

Les perméabilités mesurées sont globalement **hétérogènes** :

- celles de la digue existante s'étalent dans les essais in situ en forage avec quatre puissances de dix d'écart sur les deux valeurs mesurées, celle paraissant la plus représentative ( $2,65 \cdot 10^{-4}$  m/s) étant élevée ;
- la tranche 0/3 m du bassin et du tronçon T3, et notamment sa frange la plus superficielle (horizon C1), présente des perméabilités allant de  $10^{-5}$  m/s (les 4 essais in situ en fouilles à la pelle dans la zone du bassin donnent ce même résultat) à  $10^{-7}$  -  $10^{-8}$  m/s pour les essais in situ en forage en zone contiguë de la nouvelle digue ;
- les matériaux d'apport extérieur se caractérisent par une perméabilité allant de  $10^{-5}$  m/s à  $10^{-10}$  m/s dans les essais au laboratoire à l'oedomètre après compactage à l'OPN.

Il faut par ailleurs préciser :

- que l'on considère de façon générale au moins une puissance de dix d'écart entre essais au laboratoire et in situ (perméabilité plus forte in situ) ;
- que les conditions d'essai au laboratoire après compactage à l'OPN peuvent être relativement éloignées d'un compactage en grand in situ (lors de la réalisation) ;
- que les tranches de profondeurs d'essais pour l'horizon supérieur C1 au droit du site sont plus fortes que la profondeur finalement envisagée pour la réalisation du bassin ou du décapage éventuel : 1 m maximum. La perméabilité dans le 1<sup>er</sup> mètre peut être plus élevée que celle mesurée en dessous.

La problématique perméabilité apparaît donc globalement la même pour les matériaux du site potentiellement réutilisables et les matériaux d'apport extérieur. **Les perméabilités sont hétérogènes et globalement élevées** : de l'ordre de  $10^{-4}$  m/s à  $10^{-6}$  m/s :

- $10^{-4}$  m/s pour la digue existante est élevé, mais cohérent avec ses graves de constitution ;
- les 2 valeurs de  $10^{-5}$  m/s mesurées in situ en fouilles au tracto-pelle pour l'horizon C1 sont élevées pour des matériaux de type A1/A2 ;
- on note également une valeur de  $10^{-5}$  m/s (après compactage à l'oedomètre) sur un des matériaux d'apport extérieur de Saporta, également classé en A1. D'ailleurs HYDROGÉOTECHIQUE considère globalement des perméabilités dont

l'ordre de grandeur est de  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  m/s, c'est-à-dire des « valeurs fortes pour des matériaux à ré-employer en corps de digue », et qui ont donc fait l'objet de tests de traitement à la bentonite.

La perméabilité retenue au stade G2AVP pour les matériaux de corps de digue, en liaison avec le MOE, a été de  $10^{-5}$  m/s. Ce dernier a demandé sur un cas de calcul un test de sensibilité en faisant varier la perméabilité de  $10^{-4}$  à  $10^{-7}$  m/s.

Dans le cadre de la constitution d'une digue nouvelle, pour limiter l'extension de la pénétration de l'eau au sein de la digue lors d'une crue, notamment jusqu'au côté terre, il est d'usage en principe de viser plutôt une perméabilité limitée à  $10^{-7}$  m/s.

Il est rappelé que les calculs G2 AVP ont été conçus et réalisés avant d'avoir le rapport G5 ré-emploi des matériaux.

Les tests de traitement (cf. rapport G5) montrent qu'il faut vraisemblablement traiter à 1 % de bentonite pour réduire la perméabilité de façon suffisante, au-delà l'Indice Portant Immédiat (IPI) chute.

**Au final, au-delà des opérations préalables conditionnant en 1<sup>er</sup> lieu leur ré-emploi (cf. fin de §2.8.1.1), on retiendra à ce stade (avant calculs G2 AVP) les orientations suivantes en vue de la phase PRO :**

- **un criblage des matériaux, en vue de mobiliser en constitution de corps de digue uniquement des matériaux fins de type A1/A2 (élimination des plus gros éléments) ;  
Ce criblage pourrait avoir également un effet bénéfique vis-à-vis des cannes de Provence ;**
- **un traitement à 1 % de bentonite pour viser une perméabilité  $\leq 10^{-7}$  m/s, tout en maintenant un IPI correct ;**
- **l'importance des conditions météorologiques à la mise en œuvre, de la qualité de compactage en cours de réalisation et de son contrôle.**

### 2.7.3. Caractéristiques de cisaillement

Concernant les graves C2B4 et C2B3 de la digue existante, il n'a pas été possible de confectionner des échantillons pour essais de cisaillement compte tenu de la présence des gros éléments ; mais on peut s'attendre par expérience pour de tels matériaux à une cohésion  $c'$  faible (entre 0 et 5 kPa) et à un angle de frottement de l'ordre ou un peu inférieur à  $30^\circ$ .

Concernant les matériaux en place de l'horizon C1, l'angle de frottement  $\phi'$  mesuré est homogène : entre  $26^\circ$  et  $30^\circ$ , avec une moyenne de  $27,5^\circ$ . Concernant la cohésion  $c'$ , elle est plus hétérogène sur les 8 essais (toutes profondeurs confondues), mais pour les échantillons les plus superficiels, elle varie entre 4 et 14 kPa (moyenne 11 kPa).

Concernant les matériaux d'apport, les angles de frottement sont du même ordre de grandeur ( $28,8$  à  $31^\circ$ , moyenne de  $29^\circ$ ). La cohésion reste faible (2 à 13 kPa, moyenne de 7 kPa). On relève 2 valeurs particulièrement faibles 2 et 4 kPa (matériau A2).

Remarque : cette dernière valeur a également été trouvée pour un échantillon de matériau en place de type A1 issu de l'horizon C1.

Les valeurs finalement retenues pour les matériaux de constitution de la digue nouvelle, au stade G2AVP sont dans ce contexte :  $\phi'=27^\circ$   $c'=5$  kPa.

Le choix de  $c'=5$  kPa résulte tout à la fois d'une analyse statistique des résultats, que de la volonté d'éliminer les cercles dits « de peau » qui apparaîtraient comme les plus critiques dans les calculs de stabilité si une cohésion nulle ou très faible était considérée. Or ce ne sont pas de tels cercles que l'on recherche.

Concernant cette valeur de 5 kPa de cohésion, il faut garder à l'esprit que :

- des matériaux extraits perdent leur cohésion naturelle, déjà relativement faible ;
- un très bon compactage peut éventuellement en redonner une faible part, mais ce n'est pas garanti ;
- les conditions d'essais au laboratoire sur un échantillon de faible taille, en particulier compacté à l'OPN, peuvent être éloignées d'une digue in situ « en grand ».

Compte tenu d'un angle de frottement naturel faible ( $27^\circ$ ), proche de la pente prise en hypothèse de base en conception ( $2H/1V= 26,5^\circ$ ), pente pourtant elle-même réputée habituellement comme « conservatrice », la cohésion a donc toute son importance pour assurer la stabilité de la digue.

Or on sait que même au laboratoire, des très faibles cohésions ont été mesurées, inférieures aux 5 kPa retenus. A titre d'exemple, pour une situation normale d'exploitation, une pente de  $2H/1V$  et une hauteur de 3,3 m (l'un des cas retenus en conception, cf. plus loin), passer de 5 à 3 kPa de cohésion réduit le coefficient de sécurité (stabilité au glissement) de 12 %. Passer de 5 à 2 kPa le réduit de 17 % environ.

**Il apparaît donc dès à présent opportun de recommander le recours, en plus du traitement à la bentonite, à un traitement à la chaux pour augmenter les caractéristiques de cisaillement, au moins dans le tronçon T3 où il y a à la fois la hauteur maximale de digue (environ 3 m / 3,3 m, pour environ 2 m dans le tronçon T2 et 1 m dans le tronçon T1).**

Outre le gain en termes de stabilité intrinsèque, un tel traitement pourrait s'avérer intéressant pour la pollution aux cannes de Provence. Il pourrait selon le pourcentage de chaux optimiser la géométrie de la digue, en réduisant son emprise et donc le volume de matériaux à mettre en œuvre.

Cette réduction d'emprise pourrait s'avérer également opportune dans le tronçon T2 dans le cas de la solution digue meuble, pour réduire l'impact foncier sur les avoisinants.

#### 2.7.4. Remarque

L'ensemble des points précédents devront être approfondis ou développés en phase PRO, notamment le traitement à la bentonite et à la chaux, y/c études de formulation pour un traitement combiné (bentonite + chaux).

## 2.8. Modèle géotechnique retenu dans la G2AVP et articulation avec la MOE

### 2.8.1. Modèle géotechnique retenu dans la G2AVP

Le modèle retenu dans cette étude est le suivant :

| Couche             | $E_M$<br>(MPa) | $PI^*$<br>(MPa) | $Pf^*$<br>(MPa) | $\alpha$ | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $c'$<br>(kPa) | $\phi'$<br>(°) | k<br>(m/s)         |
|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------|----------------------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Matériaux d'apport | 10             | 0.8             | 0.5             | 1/2      | 20                               | 5             | 27             | 1.10 <sup>-5</sup> |

| Couche | $E_M$<br>(MPa) | $PI^*$<br>(MPa) | $Pf^*$<br>(MPa) | $\alpha$ | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $c'$<br>(kPa) | $\phi'$<br>(°) | k<br>(m/s)           |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|----------|----------------------------------|---------------|----------------|----------------------|
| C1     | 3              | 0.3             | 0.2             | 1/2      | 19                               | 5             | 27             | 1.0 10 <sup>-6</sup> |
| C2     | 15             | 1.5             | 1.0             | 1/3      | 19                               | 4             | 30             | 1.0 10 <sup>-5</sup> |
| C3     | 5              | 0.5             | 0.3             | 2/3      | 20                               | 10            | 20             | 1.0 10 <sup>-5</sup> |
| C4     | 28             | 2.3             | 1.6             | 2/3      | 20                               | 20            | 20             | 1.0 10 <sup>-7</sup> |

| Couche | $E_M$<br>(MPa) | $\alpha$ | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $c'$<br>(kPa) | $\phi'$<br>(°) | k<br>(m/s) |
|--------|----------------|----------|----------------------------------|---------------|----------------|------------|
| Gabion | 10             | 1/2      | 16                               | 5             | 35             |            |

Tableau 11 : Modèle géotechnique G2 AVP

### 2.8.2. Articulation avec la MOE

Antea Group avait établi un cahier des charges pour les investigations et la mission G2AVP, puis avait émis une note fournissant les données d'entrée relatives à la conception au stade AVP des ouvrages, tronçon par tronçon. Les différents cas de calculs et de charges étaient précisés. Les limnigrammes étaient fournis (courbes et tableaux de valeur). Suite au cahier des investigations Fondasol, le MOE a demandé au prestataire en charge de la mission G2AVP une synthèse des résultats sous la forme d'une note d'hypothèses. Cette dernière a été amendée notamment sur les points suivants relatifs aux tronçons en digues :

- complément d'essais et de structuration des données ;
- adaptation de quelques cas de calculs ;
- coefficients partiels CFBR pour les calculs de stabilité (recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblai, octobre 2015) ;
- classe du système d'endiguement (C, à confirmer par le MOA pour la phase PRO) et prise en compte induites sous sollicitations sismiques (Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques, octobre 2014) ;
- discussion sur les paramètres géotechniques des matériaux constituant la digue, fonction des informations disponibles, notamment sur les matériaux d'apport (la G2AVP a été faite avant fourniture du rapport G5 Hydrogéotechnique) et du 1<sup>er</sup> horizon sous-jacent ;
- demande de tests d'influence de la perméabilité sur un cas de calcul ;
- demande de tests d'influence d'une surcharge routière en crête de digue (entretien ou intervention d'urgence).

## 2.9. Contexte foncier

La Figure 14 ci-dessous présente les parcelles cadastrales au droit du projet. Les parcelles concernées sont les suivantes :

- BM163, BM 448, BM 449
- BI 374, BI372, BI 287, BI 251, et éventuellement BI306.

Ces parcelles appartiennent à la commune de Juvignac à l'exception des parcelles BI374 et BI372 qui sont des terrains privés.

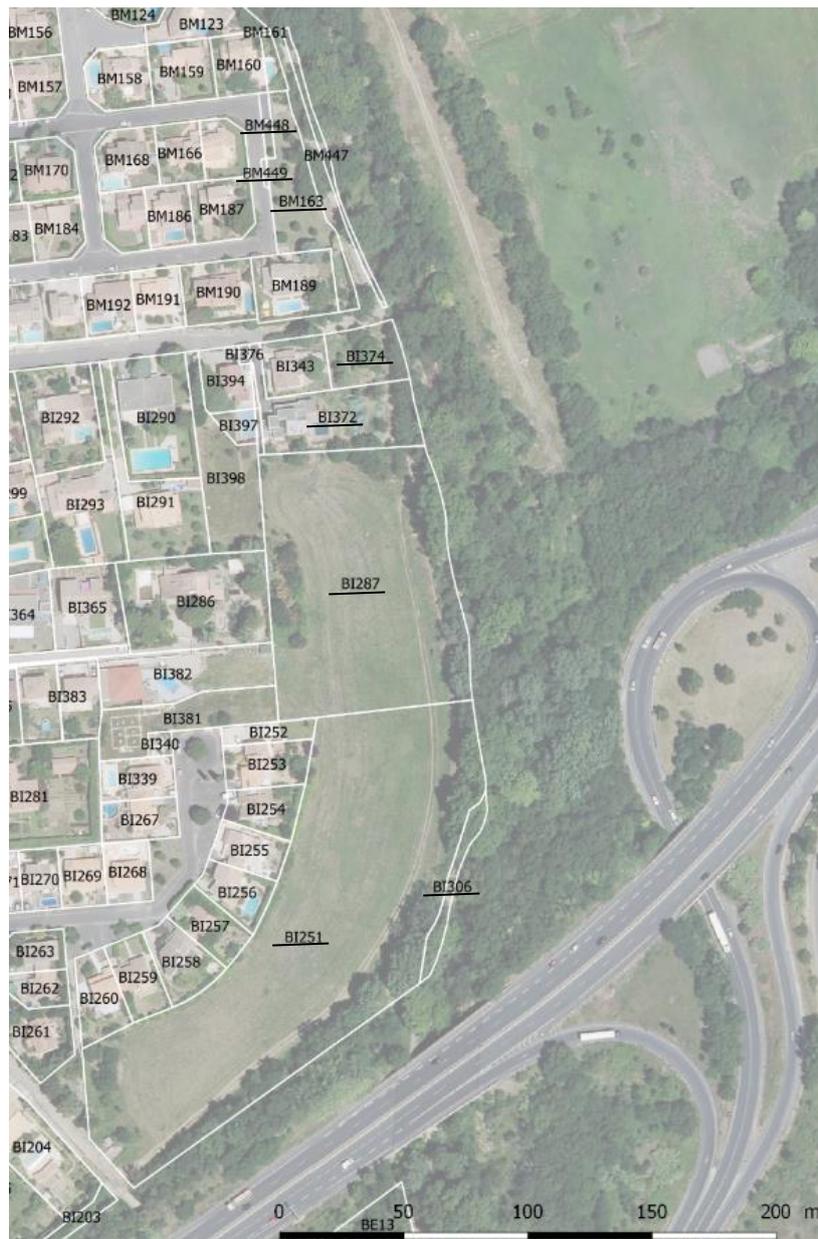


Figure 14 : Parcelles cadastrales au droit du projet

## 2.10. Réseaux enterrés

Une Déclaration de Travaux a été réalisée en vue d’acquérir la connaissance des réseaux enterrés au droit du site du projet. Le tableau ci-dessous synthétise les retours obtenus et ceux en attente.

| Concessionnaire               | Type de réseau concerné | Classe              |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Eclairage Public              | non concerné            |                     |
| Orange                        | réseau TL               | B                   |
| Régie des Eaux Montpellier 3M | Réseau eau Potable      | classe non indiquée |
| MMM Pôle Piémont et Garrigues | non concerné            |                     |
| ENEDIS                        | EL                      | A et B              |
| GRDF                          | non concerné            |                     |
| Véolia                        | EU                      | C                   |
| DIR Massif central            | non concerné            |                     |
| Vérizon France                | non concerné            |                     |
| ILIAD                         | non concerné            |                     |
| Spie Citynetworks             | non concerné            |                     |
| Numéricable                   | Non répondu à date      |                     |
| Spie Sud Ouest                |                         |                     |

**Tableau 12 : Etat des réponses des concessionnaires de réseaux présents à proximité du site du projet**

La figure ci-après présente le positionnement approximatif des réseaux à proximité du projet (dans la limite des retours obtenus à date).

Le réseau Télécom, le réseau d’eau potable ainsi que le réseau de lignes électriques et d’éclairage public ne seront pas concernés par les aménagements du projet.

Concernant le réseau d’Eau Usée, les plans fournis par Véolia recensent quatre conduites dans l’emprise de la zone d’étude. Un levé topographique de ces conduites a été réalisé pour les besoins de l’étude.

- les deux premières se situent de part et d’autre du coude de la rue Georges Brassens. La conduite située au nord est en acier et présente un diamètre de 150 mm. Elle est située à plus de 2 m sous le TN. Pour celle au sud, le diamètre et le type de conduite sont inconnus à ce jour. Elle est située à plus d’1,5 m sous le TN et a une pente de 18%
- la troisième est située le long de la rue de la Rivière. La conduite en acier présente un diamètre de 200 mm, est située à environ 1,2 m en dessous du terrain naturel et à une pente de l’ordre de 3 %.
- Les trois réseaux précédents rejoignent une canalisation en acier de 200 mm de diamètre présente au niveau du chemin de halage qui longe le cours d’eau sur le tronçon T1. Il est à environ 1 m sous le terrain naturel au droit de la parcelle BM189 et a une pente de 0,5 %.

Les réseaux sont suffisamment profonds pour ne pas être impactés par le projet. Cependant, une attention particulière devra être portée à ces derniers en phase travaux lors des décaissements.



Tableau 13 : Localisation approximative des réseaux enterrés (dans la limite des réponses obtenues)

## 2.11. Synthèse des enjeux sur le milieu naturel vis-à-vis du projet

Ce paragraphe présente une synthèse des enjeux écologiques pouvant être impactés par le projet.

Les informations suivantes sont issues du rapport Aménagement des berges de la Mosson secteur intermédiaire Juvignac - Montpellier (34) Etat initial des milieux naturels – Les Ecologistes de l'Euzière – novembre 2018. A noter que cette étude ne prend pas en considération la faune piscicole ni les mollusques. A noter également que le dossier réglementaire est réalisé par un autre prestataire en parallèle.

### 2.11.1. Connexion au réseau écologique

Le site du projet se situe en Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I qui couvre 27% du territoire de Juvignac. Les ZNIEFF de type 1 correspondent à des espaces de grand intérêt biologique ou écologique. Dans le cas présent, le secteur est peu étendu et concerne un patrimoine naturel régional et national ainsi que quelques espèces remarquables.

Deux autres ZNIEFF de type I et une ZNIEFF de type II se trouvent à proximité (5km en moyenne) et offrent une plus grande aire de distribution des espèces. Cette portion de la Mosson est importante pour connecter deux grands espaces moins urbains au nord et sud-ouest. C'est un corridor de déplacement pour la faune terrestre et une voie de prolifération pour la flore aquatique.

### 2.11.2. Habitats

Sur le territoire pouvant être impacté par les travaux, seul le cours d'eau (y compris la ripisylve et les berges) et la végétation aquatique qu'il abrite représentent un enjeu fort. Ils fournissent en effet des habitats et zones de reproduction pour la faune locale. C'est également un espace nourricier pour les oiseaux piscivores par exemple.

D'autres habitats, comme des prairies méditerranéennes sub-nitrophiles humides et des bancs de galets à Glaucière jaune (*Glaucium flavum*) sont localisés en rive gauche de la Mosson ou en amont et ne seront donc pas impactés par les travaux en rive droite plus en aval.

### 2.11.3. Faune

#### 2.11.3.1. Les oiseaux

Les enjeux sur l'avifaune sont modérés. Le héron pourpré (*Ardea purpurea*) a une valeur patrimoniale forte mais n'utilise le site étudié que pour chasser dans la Mosson. Le Guêpier d'Europe (*Merops apiaster*) niche sur le site et deux talus servant de niche ont été remarqués sur zone. Il incombe par ailleurs à la région de le protéger. Les travaux ne devront pas perturber son habitat et protéger au mieux les talus des berges de la Mosson.

Tout comme le guêpier d'Europe, la chouette chevêche (*Athene noctua*) participe à la désignation des ZNIEFF. Elle niche probablement dans les arbres de la ripisylve et chasse en rive droite. Deux autres espèces, le gobemouche gris et la huppe fasciée sont présents sur site et protégés au niveau national.

### 2.11.3.2. Les mammifères

L'enjeu le plus fort est la présence de la loutre (*Lutra*). Son utilisation de la zone n'est pas connue mais des traces de son passage ont été relevées. Le lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) utilise les parcs, jardins et talus en bord de chemin comme site de reproduction. C'est une espèce à prendre en compte dans l'aménagement du site car elle constitue la base alimentaire de nombreux prédateurs. Trois autres espèces ont été observées en 2018 mais représentent un enjeu faible.

Les Chiroptères ont fait l'objet d'une attention particulière. 15 espèces sont présentes sur la zone dont 3 ont une valeur patrimoniale : le Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) et le Murin de Capaccini (*Myotis capaccinii*) et la Noctule de leisler (*Nyctalus leislerii*). Toutes les chauves-souris sont protégées au niveau national. Elles utilisent la Mosson et ses alentours comme transit, gîte, lieu de chasse.

### 2.11.3.3. Les reptiles

La Mosson et ses abords représentent des zones potentielles de ponte pour la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*). Cette tortue a une valeur patrimoniale forte. Elle n'a pas été observée en 2018 lors des investigations terrains mais peut toujours être présente sur site car des habitats lui sont favorables ; tout comme pour la Couleuvre de Montpellier et la Couleuvre à échelons.

### 2.11.3.4. Les amphibiens

La prairie située entre la digue actuelle et les habitations est un lieu de reproduction probable pour la rainette méridionale (*Hyla meridionalis*) qui a une faible valeur patrimoniale. Des complexes de grenouilles vertes ont été observées.

### 2.11.3.5. Les invertébrés

Cinq espèces patrimoniales d'odonates ont été identifiées. Toutes sont déterminantes dans la désignation des ZNIEFF et deux ont une valeur patrimoniale forte et un statut de protection. Les bois morts sont favorables au développement de coléoptères saproxyliques. Aucun individu adulte n'a été identifié mais des traces de développement larvaire ont été observées.

Parmi les lépidoptères, la Diane (*Zerynthia polyxena*) et la Zygène cendré (*Zygaena rhadamentus*) ont été identifiées en 2013 et des indices relevés en 2018 laissent penser qu'elles sont toujours présentes. Ces espèces sont protégées au niveau national, le respect de leur habitat et l'évitement de leur période de sensibilité sont à prévoir en période de travaux. Néanmoins, aucun site de reproduction de la Diane n'est avéré sur le site d'étude. La possible zone de reproduction de la Zygène cendré est au nord, hors zone de travaux.

## 2.11.4. Flore

La zone est fortement urbanisée, beaucoup d'habitats ont donc disparu avec le temps : aucune espèce à valeur patrimoniale recensée fin XIX<sup>ème</sup> début XX<sup>ème</sup> n'a été retrouvée durant les inventaires terrains de 2018. La flore du site ne représente donc pas un enjeu de conservation majeur. Les frênes présents dans la ripisylve de la rive gauche de la zone

d'étude, caractérisant un bon fonctionnement hydraulique, ne devront pas faire l'objet d'arrachage ou de coupe.

### 2.11.5. Synthèse des enjeux

La carte ci-dessous synthétise les enjeux liés aux habitats, à la flore et à la faune pouvant conduire à des enjeux locaux majeurs, bien que pris séparément, chaque espèce ou habitat présente un enjeu fort seulement.

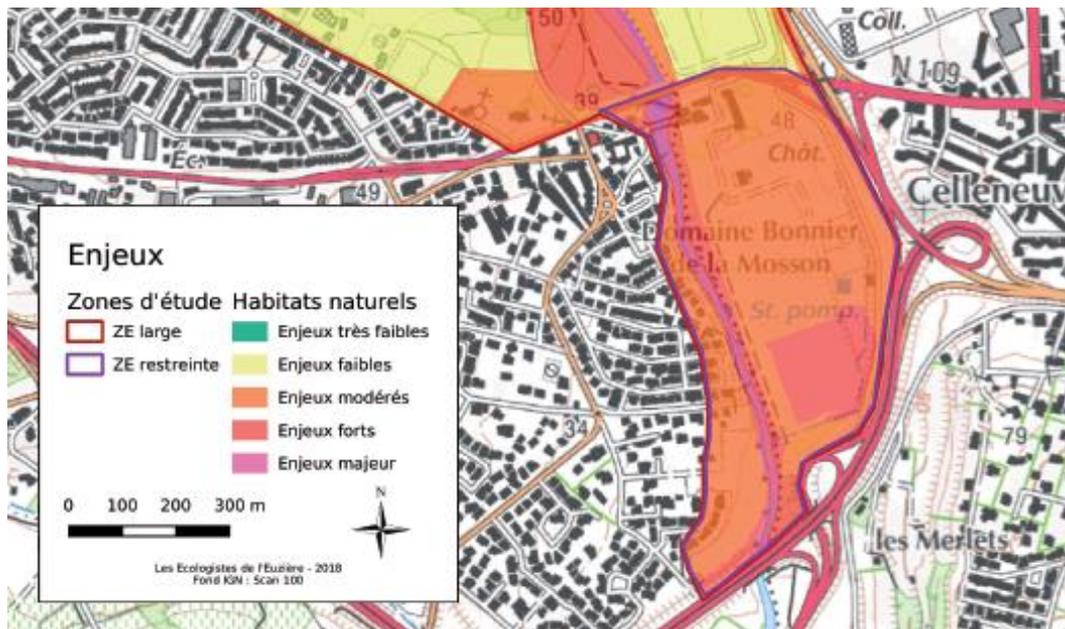


Figure 15 : Carte de synthèse des enjeux écologiques sur la zone d'étude  
(source : Les Ecologistes de l'Euzière)

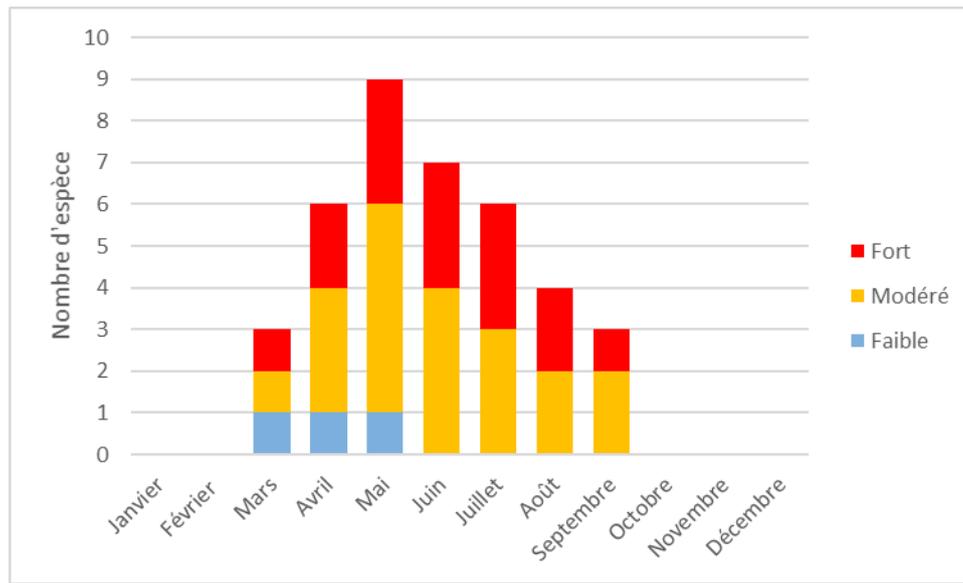
### 2.11.6. Contraintes pour la réalisation du projet

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Lez/Mosson préconise de ne plus porter atteinte à la rivière, sa ripisylve et les prairies humides bordant la Mosson. La réalisation des travaux devra donc se tenir dans le respect de la continuité écologique et paysagère, permettant de stopper les polluants de la zone urbanisée proche et garantissant le déplacement faunistique.

Au regard des éléments produits dans le rapport d'état des lieux du milieu naturel sur la zone d'étude (Les Ecologistes de l'Euzière, 2018), le projet devra prendre en compte les modalités suivantes :

- Le charriage des matériaux sera une contrainte importante lors des travaux car il est important de ne pas apporter des sédiments à la rivière, ni de troubler la turbidité de l'eau.
- Les terriers de la berge ne devront pas être obstrués. Cela risquerait de dégrader les habitats et zones de reproduction de nombreuses espèces patrimoniales et protégées.
- Le planning des travaux prendra en compte autant que possible la période de reproduction des odonates patrimoniaux protégés, de la loutre et de la Diane,

enjeux majeurs sur la zone. Celle du Guêpier d'Europe sera également prise en considération, bien qu'il présente un enjeu modéré. Bien qu'elle ne représente qu'un enjeu faible, il est préférable d'éviter également la période de reproduction de la rainette méridionale car elle utilise toutes les dépressions, petites et dégagées dans les secteurs urbanisés comme lieu de ponte. Il faudra donc éviter au maximum d'abimer les pontes. Le graphique suivant permet de connaître les périodes de forte sensibilité des espèces remarquables, à éviter pour la réalisation des travaux par catégorie d'enjeu.



| Groupe  | Types de travaux   | Localisation                                 | J      | F      | M      | A      | M     | J     | J     | A      | S      | O      | N      | D      |
|---|--|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ichtyofaune   | Terrassement roches de la berge                            | Ensemble du projet (déconstruction sur T3)   | Orange | Orange | Vert   | Rouge  | Rouge | Rouge | Rouge | Vert   | Orange | Orange | Orange | Orange |
| Avifaune (dont Gobemouche)                          | Débroussaillage, abattage                                  | T2 -variante mur, T3 (déconstruction sur T3) | Vert   | Vert   | Vert   | Rouge  | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge  | Orange | Vert   | Vert   | Vert   |
| Insectes (dont Cordulie, Coléoptères saproxyliques) | Débroussaillage, abattage                                  | T2 -variante mur, T3 (déconstruction sur T3) | Vert   | Vert   | Vert   | Vert   | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge  | Vert   | Vert   | Vert   | Vert   |
| Loutre  | Terrassement roches de la berge                            | T2 -variante mur, T3 (déconstruction sur T3) | Orange | Orange | Orange | Orange | Rouge | Rouge | Rouge | Orange | Orange | Orange | Orange | Orange |
| Chiroptères   | Abattage d'arbres adultes et sénescents                    | T2 -variante mur, T3 (déconstruction sur T3) | Orange | Orange | Vert   | Vert   | Rouge | Rouge | Rouge | Vert   | Vert   | Vert   | Vert   | Orange |
| Reptiles  | Débroussaillage, abattage, décapage terre végétale         | Ensemble du projet                           | Orange | Orange | Vert   | Vert   | Vert  | Rouge | Rouge | Rouge  | Vert   | Vert   | Vert   | Orange |
| Amphibiens  | Tous débroussaillages et terrassements proches de la berge | T2 -variante mur, T3 (déconstruction sur T3) | Orange | Orange | Vert   | Vert   | Vert  | Vert  | Vert  | Vert   | Vert   | Vert   | Vert   | Orange |

Rouge : Défavorable ; Orange : Favorable sous condition ; Vert : Favorable

Figure 16 : Périodes de sensibilité des espèces à enjeu

Le planning sera à affiner dans les dossiers règlementaires.

- Les arbres des berges sont également très importants. Ils sont des lieux de vie d'espèces de divers groupes taxonomiques et sont vitaux pour leur survie.
- Les arbres avec des cavités et les arbres morts sont à conserver au maximum au vu de leurs fonctionnalités écologiques. La ripisylve de toute hauteur devra donc au maximum être conservée ou restaurée pour sauvegarder entre autres les espèces patrimoniales protégées.

## 2.12. Autres contraintes

### 2.12.1. Régime hydrologique de la Mosson

Le régime hydrologique de la Mosson à la station hydrométrique Saint Jean de Védas est présenté sur la figure suivante :

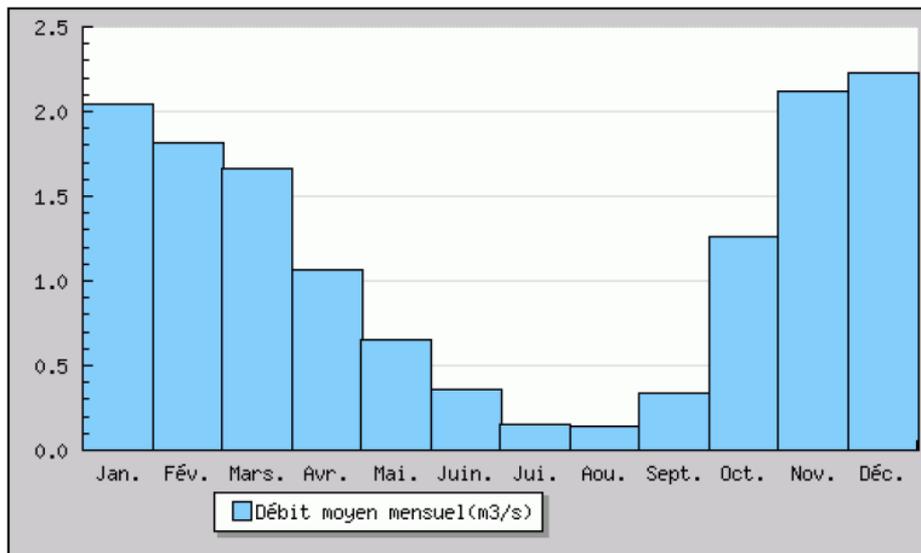


Figure 17 : Régime hydrologique de la Mosson à la station Saint Jean de Védas – Source : Banque Hydro

Le graphique met en évidence une période de basses eaux d'avril à septembre et une période de hautes eaux d'octobre à mars. La période propice à la réalisation des travaux est la période de basses eaux et hors crues de la Mosson.

### 2.12.2. Raccordement aval RN109

La digue à créer dans le cadre du marché s'appuiera à l'aval sur le remblai routier de la RN 109. Une concertation est engagée avec la DIR Massif-Central, gestionnaire de cette infrastructure, pour établir les conditions de raccordement de la digue au remblai routier.

Remarque : Le projet de Contournement Ouest de Montpellier (COM) se situe en aval immédiat du projet. Au niveau du raccordement nord A750, la variante 2 du projet de COM semble avoir été retenue. Elle n'impacte pas directement le projet. Il faudra cependant vérifier l'impact hydraulique amont du projet COM étant donné que certains ouvrages sont situés en zone inondable. Ce point sera à valider avec la DIR Massif-Central.

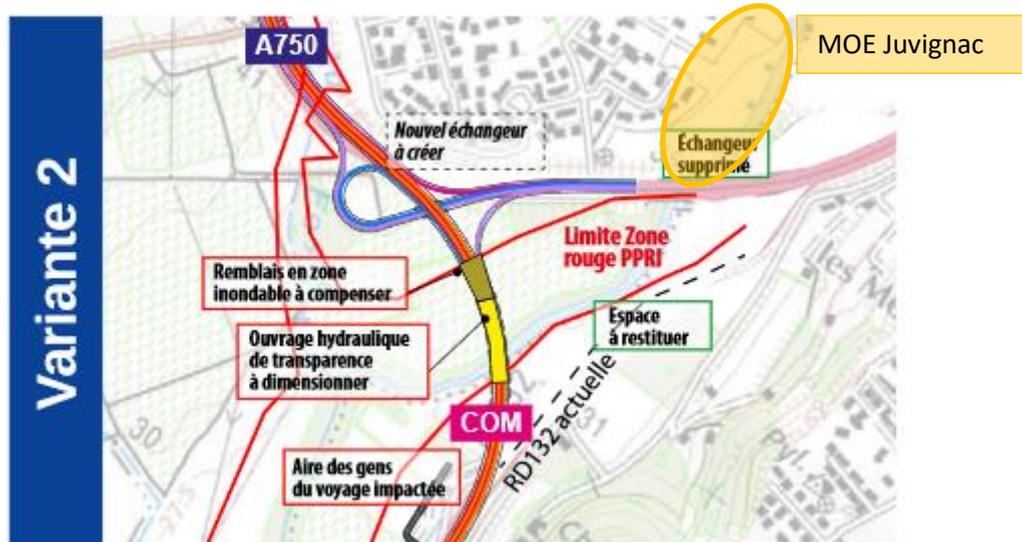


Figure 18 : Variante 2 du projet de Contournement Ouest de Montpellier

## 3. Description du projet

### 3.1. Objectifs du programme et présentation du projet

Plusieurs propositions d'aménagement ont été étudiées dans le cadre de l'étude Egis de 2015. Le scénario finalement retenu à l'issue de cette étude est le suivant :

- Déconstruction de la digue existante, qui présente un niveau de protection de l'ordre de 30 ans, n'est pas fiabilisée vis-à-vis de risques de rupture, et est contournée par l'amont pour des événements importants,
- Reconstruction d'une digue en retrait par rapport au lit vif de la Mosson, calée au niveau de la crue d'octobre 2014 + 50 cm.
- Création d'un bassin de rétention permettant de stocker une partie des eaux pluviales du quartier. Ce bassin a été dimensionné à 3400 m<sup>3</sup> en fonction de l'emprise disponible (profondeur de 1 m).

L'aménagement permet de protéger les zones habitées du quartier de la Plaine contre les crues de la Mosson.

Le secteur reste toutefois inondable par les débordements du ruisseau de la Plaine, mais les hauteurs d'eau attendues sont bien moins importantes qu'en état actuel. Des aménagements ont été réalisés sur l'exutoire du ruisseau de la Plaine et d'autres sont envisagés. Ils ne font pas l'objet du présent programme de travaux.

### 3.2. Présentation générale du projet

Suite aux études préliminaires, le projet comprendra les ouvrages suivants :

- Une digue neuve le long de la Mosson depuis l'extrémité sud de la Rue Maurice Ravel jusqu'à la RN 109. Cette digue se compose de différents tronçons :
  - T1 : Digue en remblai,
  - T2 : Digue en remblai, plusieurs variantes ont été étudiées dans le cadre de l'AVP (digue mur, digues en remblai avec raidissement des pentes par la mise en place d'enrochements et/ou de gabions), celle retenue par la métropole est une digue en remblai avec une partie verticale en gabions coté zone protégée ;
  - T3 : Digue en remblai en retrait du lit mineur, se terminant par un déversoir de sécurité, et se raccordant en aval sur le remblai de la RN 109,
- Un bassin en déblais, positionné en partie sud du site, collectant une partie des eaux pluviales du quartier et utilisé comme zone de dissipation d'énergie en cas de fonctionnement du déversoir de sécurité.

Le projet comprend également la déconstruction de la digue existante.

Le plan en page suivante localise ces ouvrages.



Figure 19 : Présentation générale du projet

### 3.3. Calage altimétrique de la digue

La crête de digue a été recalée dans cette version de l'AVP sur la base du modèle hydraulique réalisée par EGIS dans le cadre de l'étude de dangers de l'ouvrage.

L'exploitation de ce modèle a permis de préciser les niveaux d'eau attendus en état projet pour une crue type d'octobre 2014, ainsi que pour des crues de période de retour

supérieure (selon hypothèse de sol saturé – cf. paragraphe 2.2).

Un contournement de la digue par l'amont a été identifié pour un débit de  $460 \text{ m}^3/\text{s}$  au niveau des parcelles 124, 125, 159 et 160 (cf. Figure 20 ci-dessous). Une période de retour de 375 ans a été rattachée à ce débit, par extrapolation des données existantes.

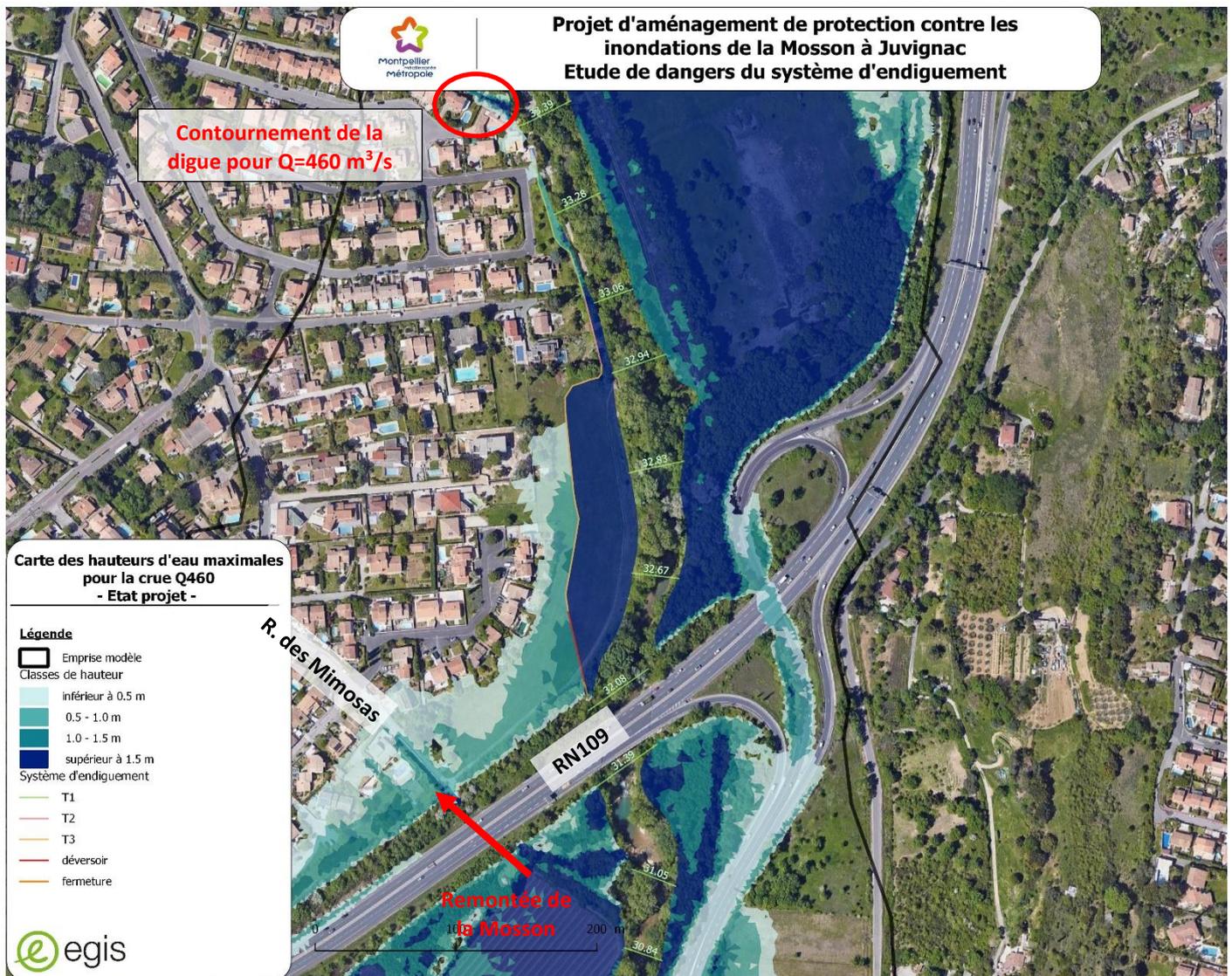


Figure 20 : Carte des hauteurs d'eau maximales pour la crue  $460 \text{ m}^3/\text{s}$  en état projet

Nota : Cette cartographie met également en évidence la remontée de la Mosson en aval de la RN109 conduisant à des inondations dans le secteur de la rue des Mimosas (l'ouvrage sous la RN109 n'est pas limitant pour cette crue).

Les lignes d'eau obtenues pour ces différents évènements au droit du projet sont présentées sur le graphe ci-dessous (l'extension totale du modèle étant plus importante).

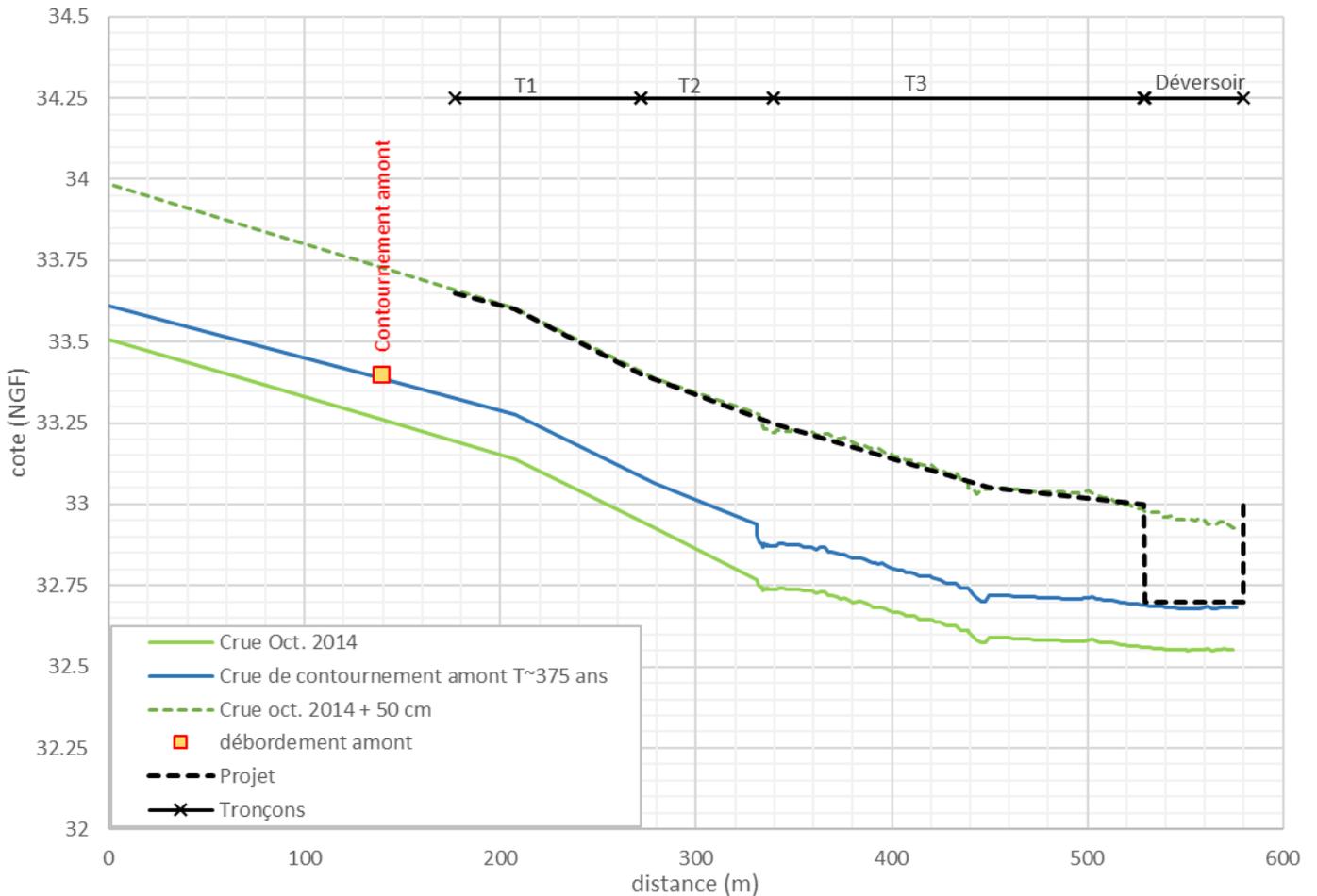


Figure 21 : Lignes d'eau au droit du projet

Le contournement amont a conduit la métropole à retenir comme niveau de protection la crue engendrant les premières entrées d'eau dans la zone habitée (débit de  $460 \text{ m}^3/\text{s}$ , associé à une période de retour d'environ 375 ans). La crête de l'ouvrage a donc été calée de la manière suivante :

- Crête du déversoir au niveau de la crue de contournement amont ( $460 \text{ m}^3/\text{s}$  - période de retour d'environ 375 ans), soit environ 15 cm au-dessus du niveau de la crue d'octobre 2014,
- Crête de digue sur les tronçons non déversant au niveau de la crue d'octobre 2014 + 50 cm.

Le niveau de protection du système d'endiguement sera donc établi au niveau de la crue de débit  $460 \text{ m}^3/\text{s}$  (période de retour 375 ans). La crue d'octobre 2014+50 cm correspondra au niveau de danger du système.

Le tableau ci-dessous définit le calage altimétrique précis du projet sur tous les tronçons. La crête de digue du projet figure également sur le graphe en Figure 21 ci-dessus.

|              |       | PK    | Crête de digue projet (m NGF) |
|--------------|-------|-------|-------------------------------|
| T1           | Amont | 177   | 33,65                         |
|              |       | 207   | 33,60                         |
|              | Aval  | 271,5 | 33,40                         |
| T2           | Amont | 271,5 | 33,40                         |
|              | Aval  | 339,5 | 33,25                         |
| T3           | Amont | 339,5 | 33,25                         |
|              |       | 450   | 33,05                         |
|              | Aval  | 528,8 | 33,00                         |
| T3-déversoir | Amont | 529,4 | 32,7                          |
|              | Aval  | 579,4 | 32,7                          |

Tableau 14 : Niveaux d'eau au droit du projet et altimétrie de la crête de digue (m NGF)

### 3.4. Mouvements de terre

Le bilan sur les mouvements de terre pour la solution retenue est le suivant :

- Besoins : 12 300 m<sup>3</sup>
  - o T1 : 700 m<sup>3</sup>
  - o Raccord T1-T2 en rampe : 400 m<sup>3</sup>
  - o T2 (variante retenue) : 1 400 m<sup>3</sup>
  - o T3 : 9 800 m<sup>3</sup>
- Gisements sur site :
  - o Déconstruction ancienne digue : env. 600 m<sup>3</sup>,
  - o Bassin pluvial : env. 3000 m<sup>3</sup>.

Le projet est en déficit de matériaux. A ce stade le besoin est estimé à environ 8 700 m<sup>3</sup>.

Un décaissement sur la zone entre l'ancienne digue et la nouvelle digue sur une profondeur de 1 m est envisageable. Il permettrait de disposer d'environ 2500 m<sup>3</sup> de matériaux supplémentaires. Il y aura lieu au stade PRO d'approfondir ce point mais on peut d'ores et déjà envisager pour l'utilisation de ces matériaux, compte tenu des perméabilités (cf. §2.5), le recours à des solutions palliatives telles que : criblage, traitement à la bentonite, matériaux d'apport... ; ceci impliquera des surcoûts.

Par ailleurs, 3M dispose de stocks de matériaux qu'il serait possible de mobiliser pour ce projet (sites de Saporta et Fabrègues). Une mission G5 sur les conditions de ré-emploi des matériaux des stocks a été menée par Hydrogéotechnique à la demande de 3M dont les principaux éléments ont été repris dans le présent rapport au paragraphe 2.6.2. Les investigations ont montré une perméabilité légèrement élevée, donc avec une problématique perméabilité globalement la même que pour les matériaux du site potentiellement réutilisables (cf. §2.5).

Pour les matériaux des stocks, au-delà des opérations préalables conditionnant en 1<sup>er</sup> lieu leur ré-emploi (cf. fin de §2.8.1.1), on retiendra à ce stade les orientations suivantes en vue de la phase PRO :

- un criblage des matériaux, en vue de mobiliser en constitution de corps de digue uniquement des matériaux fins de type A1/A2 (élimination des plus gros éléments) ;  
Ce criblage pourrait avoir également un effet bénéfique vis-à-vis des cannes de Provence ;
- un traitement à 1 % de bentonite pour viser une perméabilité  $\leq 10^{-7}$  m/s, tout en maintenant un IPI correct ;
- un traitement à la chaux pour assurer une cohésion suffisante ;
- l'importance des conditions météorologiques à la mise en œuvre, de la qualité de compactage en cours de réalisation et de son contrôle.

### 3.5. Description détaillée des ouvrages

Le §3.6 synthétise les résultats du rapport G2AVP et donne les incidences éventuelles par rapport aux orientations géotechniques générales énoncées au §2.8 (bilan géotechnique avant calculs G2AVP) d'une part, à la conception générale des ouvrages décrite dans le présent paragraphe d'autre part.

#### 3.5.1. Profil type de la digue en tronçon courant

La digue en tronçon courant aura pour fonction d'assurer la protection contre les inondations jusqu'à une crue de niveau de la crue d'octobre 2014 + 50 cm. Elle devra donc être conçue pour résister aux différentes sollicitations. Il sera donc nécessaire que la stabilité de la digue soit garantie en période normale hors crue, mais également lors des crues et de la décrue.

Au-delà de la crue d'octobre 2014 + 50 cm, la digue sera surversée et n'aura pas pour fonction de résister à la surverse.

Par ailleurs, une fois construite, il n'est pas prévu que la digue soit utilisée pour d'autre fonction que celle de protection contre les sollicitations hydrauliques (circulation, etc.). Elle devra toutefois présenter une géométrie permettant la circulation des véhicules d'entretien et des engins en cas de travaux de réparation.

Au regard de ces différents éléments, le profil type de la digue en tronçon courant (hors spécificités) sera le suivant :

- Largeur en crête : 3,5 m,
- Pente des talus 2H / 1V,
- Talus enherbés côté cours d'eau et côté zone protégée (ZP),
- Purge de la terre végétale sous la digue sur une épaisseur de 50 cm,
- Remblai homogène en matériaux A1 – A2 issu des déblais du projet ou des stocks 3M,
- Création d'une clé d'ancrage sous la digue (50 cm),
- Mise en œuvre d'un grillage anti-fouisseur sur les talus.

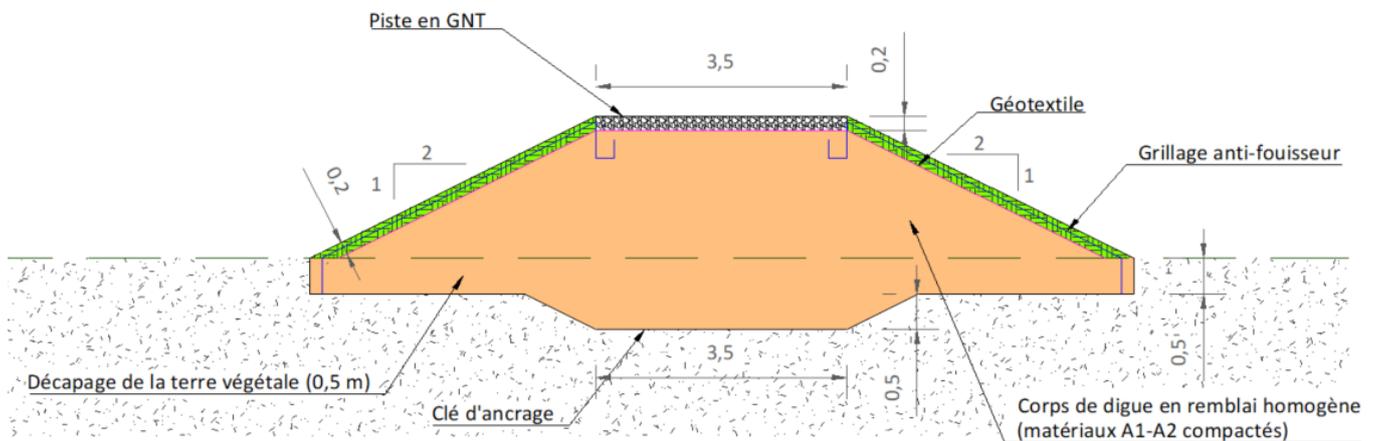


Figure 22 : Coupe type de la digue en tronçon courant (hors spécificités)

Ce profil sera adapté dès lors que des contraintes spécifiques s'appliquent à la digue : contraintes d'emprise, sollicitation hydraulique spécifique, hétérogénéités géotechniques, etc.

### 3.5.2. Rétablissement des exutoires

Le projet prévoit par ailleurs le rétablissement de plusieurs exutoires d'eau pluviale sous la digue (cf. ci-après).

Chaque canalisation qui sera créée sera munie d'un clapet anti-retour et fera l'objet de dispositions spécifiques anti-renard :

- Enrobage béton de la canalisation permettant un bon niveau de compactage des terrains autour de la canalisation,
- Réalisation d'un écran anti-renard sur la canalisation, permettant de rallonger les lignes de fuite et donc de diminuer le risque d'érosion interne,
- Réalisation d'une tête de buse contiguë au remblai côté rivière assurant une étanchéité autour de la canalisation.

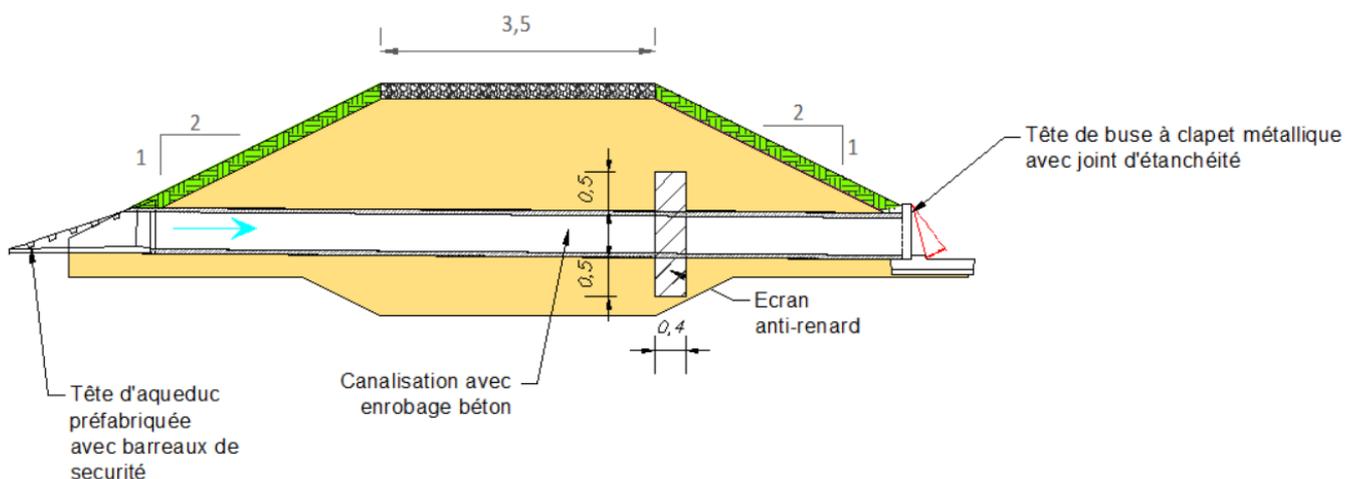


Figure 23 : Coupe type – Ouvrage traversant

### 3.5.3. Accès pour l'entretien des digues

L'entretien des digues sera réalisé depuis la crête pour les tronçons T2 et T3. Le tronçon T1 étant de faible hauteur, un entretien manuel sera réalisé. Les différents accès envisagés sont positionnés sur la figure suivante.



Figure 24 : Accès pour l'entretien des digues

### 3.5.4. Raccordement amont du tronçon T1

La digue du tronçon T1 se raccordera à l'amont sur la parcelle privée BM162. L'étanchéité avec le mur de la parcelle devra être assurée.

Un levé topographique des parcelles amont (BM123, BM160, BM161 et BM162) a été réalisé pour identifier le débit de contournement amont ( $Q=460 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Les parcelles BM123, BM161 et BM162 (non incluses dans la zone protégée) seront en partie inondées pour la crue de projet.

Les éventuels débordements sur ces parcelles ne se propagent pas vers la zone protégée pour la crue de protection.

### 3.5.5. Digue – Tronçons T1

#### 3.5.5.1. Implantation

Sur le tronçon T1, la protection sera assurée par une digue en remblai, positionnée le long du talus de la parcelle communale BM163.

Cette parcelle est actuellement aménagée en espace végétalisé entre les habitations et le chemin de halage bordant la Mosson. Elle présente une largeur de 10 à 20 m environ sur l'amont puis devient plus étroite au droit de la parcelle privée BM189 (4 à 8 m), réduisant la largeur disponible pour la digue.

A noter qu'actuellement, cette surface a été clôturée par les propriétaires de la parcelle BM189.

La parcelle BM163 surplombe un chemin de halage bordant la rivière. Celui-ci est situé environ 2 mètres en contrebas.

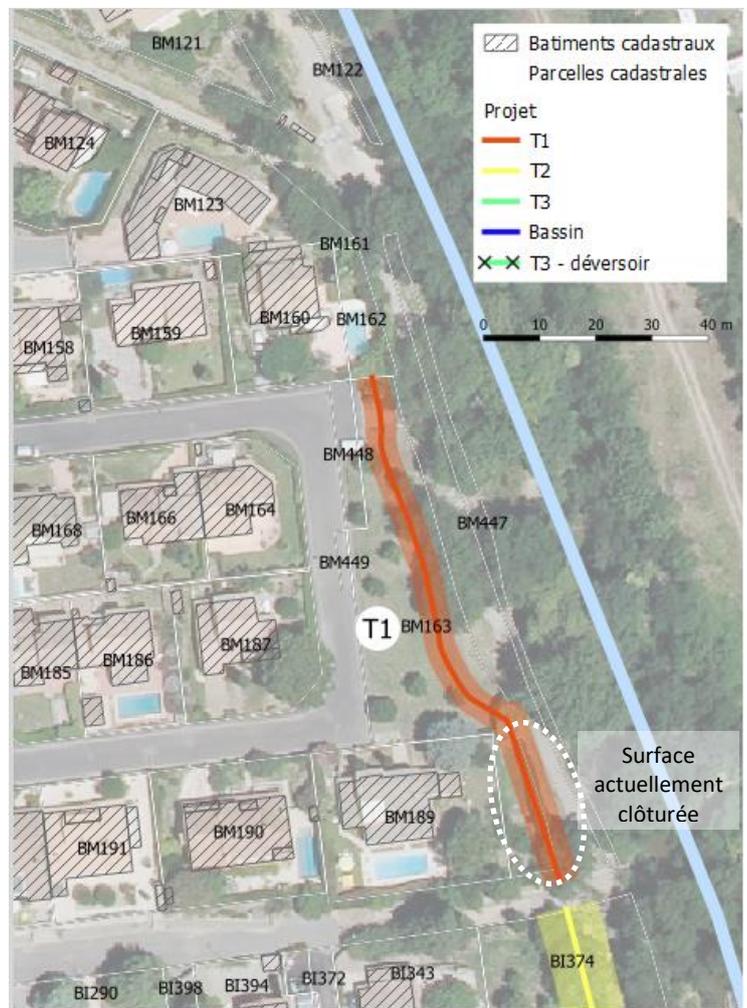


Figure 25 : Tracé de la digue sur le tronçon T1

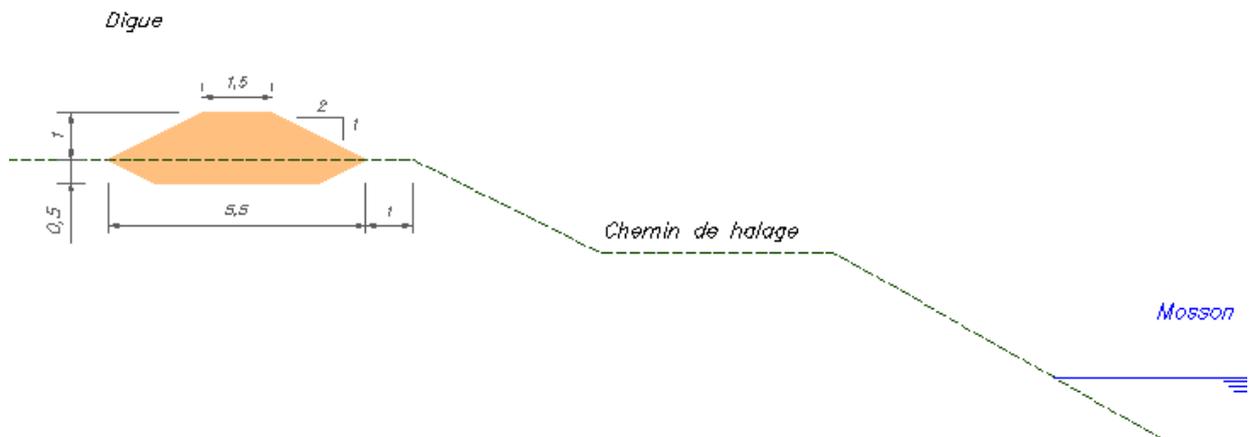
### 3.5.5.2. Profil de digue sur le tronçon T1

De manière à optimiser l'emprise au sol de la digue du tronçon T1 ainsi que son coût, la largeur en crête de digue a été réduite à 1,5 m par rapport aux 3,5 m retenus dans le profil type. La stabilité de ce profil a été vérifiée (cf. paragraphe 3.6).

L'ouvrage présentant une hauteur d'environ 1 m, son entretien (végétation) sera réalisé à pied.

Le nivellement de la crête de digue est compris entre 33,65 m NGF à l'amont et 33,40 m NGF à l'aval.

Le terrain naturel au droit de la digue s'établit entre les cotes 32,20 et 32,75 m NGF. La hauteur de digue sera donc comprise entre 70 cm et 1,5 m.



**Figure 26 : Coupe type de la digue au droit de l'aval du tronçon T1**

Par rapport au profil type, la largeur en crête a été abaissée à 1,5 m. La digue présente alors une emprise au sol de 5,5 m.

Au regard des emprises disponibles, ce profil type de digue peut être appliqué sur le linéaire à l'amont de la parcelle BM189. A l'angle nord-est de cette parcelle, l'emprise disponible se réduit à 4 m environ et ne permettra pas l'implantation de la digue selon la géométrie présentée ci-dessus.

L'adaptation suivante du profil type est donc envisagée : sur tout le linéaire au droit de la parcelle BM189 (soit environ 30 ml), le talus côté cours d'eau est raidi à 1/1 au maximum et se confond avec le talus du chemin de halage. Pour assurer la stabilité du talus d'une part et la résistance à l'érosion externe d'autre part, ce talus sera protégé par des enrochements liaisonnés.

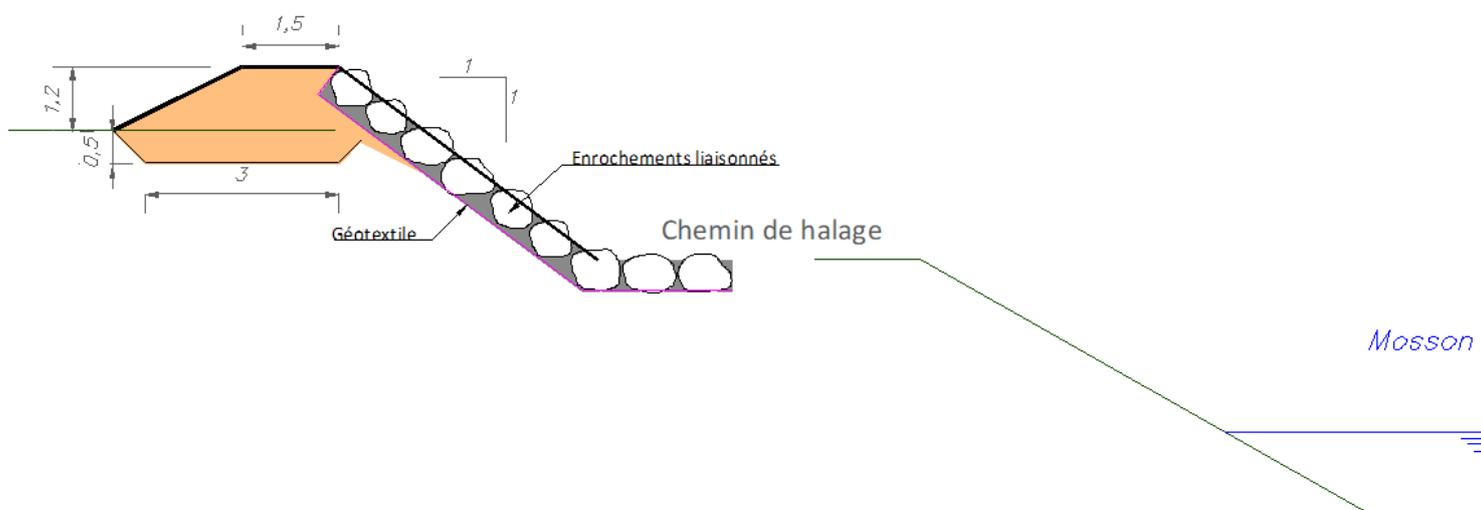


Figure 27 : Coupe type de la digue au droit de l'aval du tronçon T1, nécessitant des adaptations

### 3.5.5.3. Réseaux

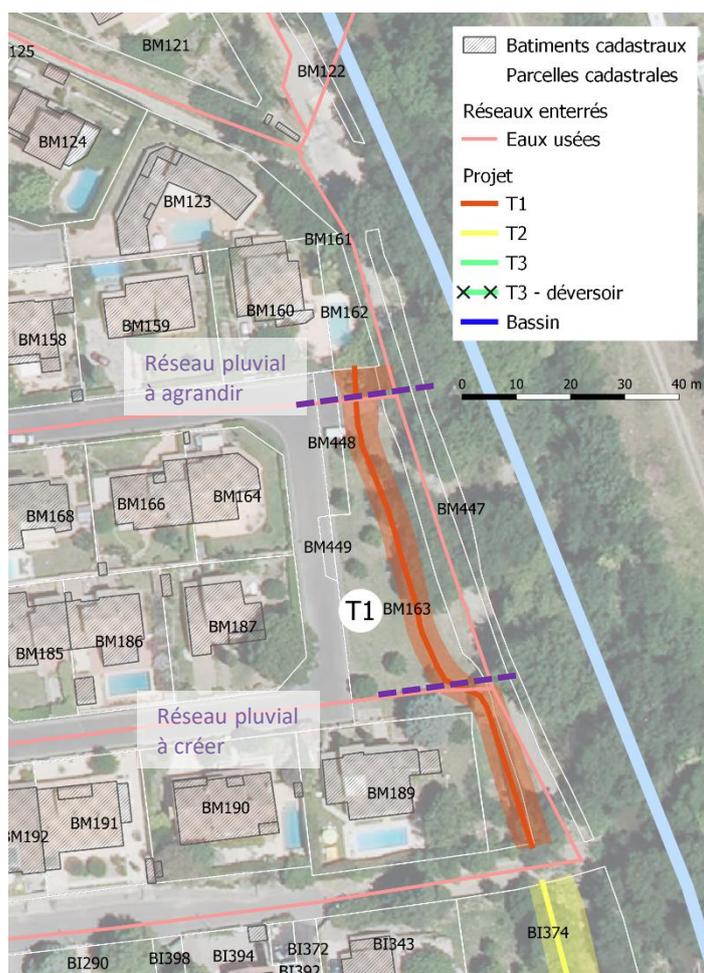


Figure 28 : Réseaux présents sur le tronçon T1

Une canalisation pluviale existe sur l'amont du tronçon et permet l'évacuation du réseau de drainage du quartier vers la Mosson. Elle présente un diamètre 350 mm et débouche dans le talus du chemin de halage.

La commune a indiqué que la capacité de ce réseau était insuffisante en cas de fortes pluies, et que les débordements s'écoulaient en surface vers la Mosson. Ainsi, une canalisation de diamètre plus important sera mise en place sous la digue. Elle sera dimensionnée au stade PRO sur la base des caractéristiques du réseau pluvial (non disponible à date).

A l'angle sud de la rue Georges Brassens, la commune a également indiqué que des écoulements se produisent en surface lors

d'épisodes pluvieux intenses. Ainsi, pour rétablir l'écoulement de ces eaux après

aménagement un réseau sera mis en place sous la digue. Il sera dimensionné au stade PRO sur la base des caractéristiques du réseau pluvial (non disponible à date).

Trois réseaux d'eaux usées sont présents sur le tronçon T1 (cf. Figure 13 page 25) :

- le premier se situe en amont du tronçon, dans la continuité de la partie nord de la rue Georges Brassens. La conduite en acier présente un diamètre de 150 mm. Elle est située à plus de 2 m sous le TN.
- le second est situé au niveau du coude de la digue du tronçon T1. Le diamètre et le type de conduite sont inconnus à ce jour. Elle est située à plus d'1,5 m sous le TN.
- Les deux réseaux précédents rejoignent une canalisation en acier de 200 mm de diamètre présente sous le chemin de halage. Elle est à environ 1 m sous le terrain naturel au droit de la parcelle BM189.

Les levés topographiques des trois réseaux indiquent qu'ils sont suffisamment profonds pour ne pas être impactés par le projet. Cependant, une attention particulière devra être portée à ces derniers en phase travaux lors des décaissements.

### 3.5.6. Digue – Tronçon T2

#### 3.5.6.1. Implantation et variantes envisagées

Sur le tronçon T2, la digue est positionnée le long de la berge, au niveau des parcelles BI374 et BI372.

Sur ce tronçon, quatre variantes ont été étudiées dans les précédentes versions de l'AVP :

- une variante Digue Mur : implantation d'un mur sur les parcelles privées à environ 7 m du haut de berge,
- trois variantes Digue en remblai : implantation d'une digue en remblai, mobilisant des emprises plus ou moins conséquentes selon les profils envisagés (murs gabions, enrochements liaisonnés, talus classique, ...)

La variante retenue est celle présentée ci-dessous : **Digue en remblai avec talus classique coté cours d'eau et gabions coté zone protégée.**

Dans toutes les variantes, la digue se situe sur l'emprise foncière des parcelles privées BI374 et BI372 (cf. Figure 29 ci-dessous). A noter que des variantes n'impactant pas le parcellaire privé ont été recherchées mais ne permettaient pas de répondre aux contraintes en présence (notamment écologique -cf. ci-dessous).

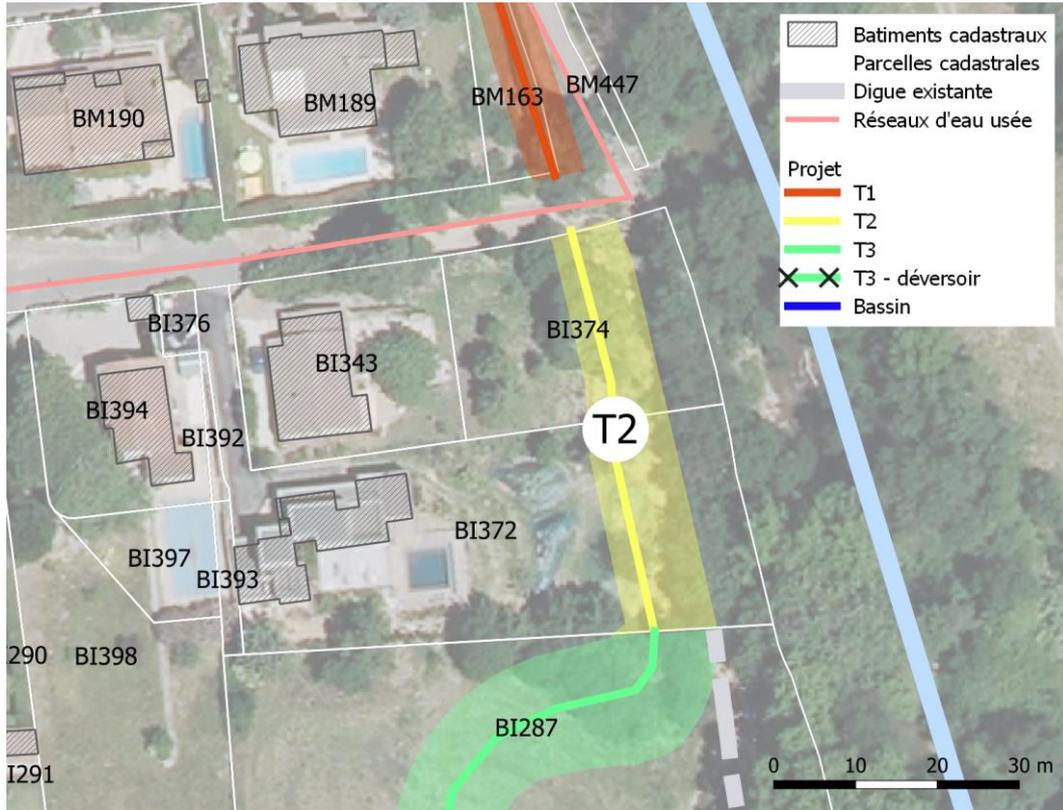
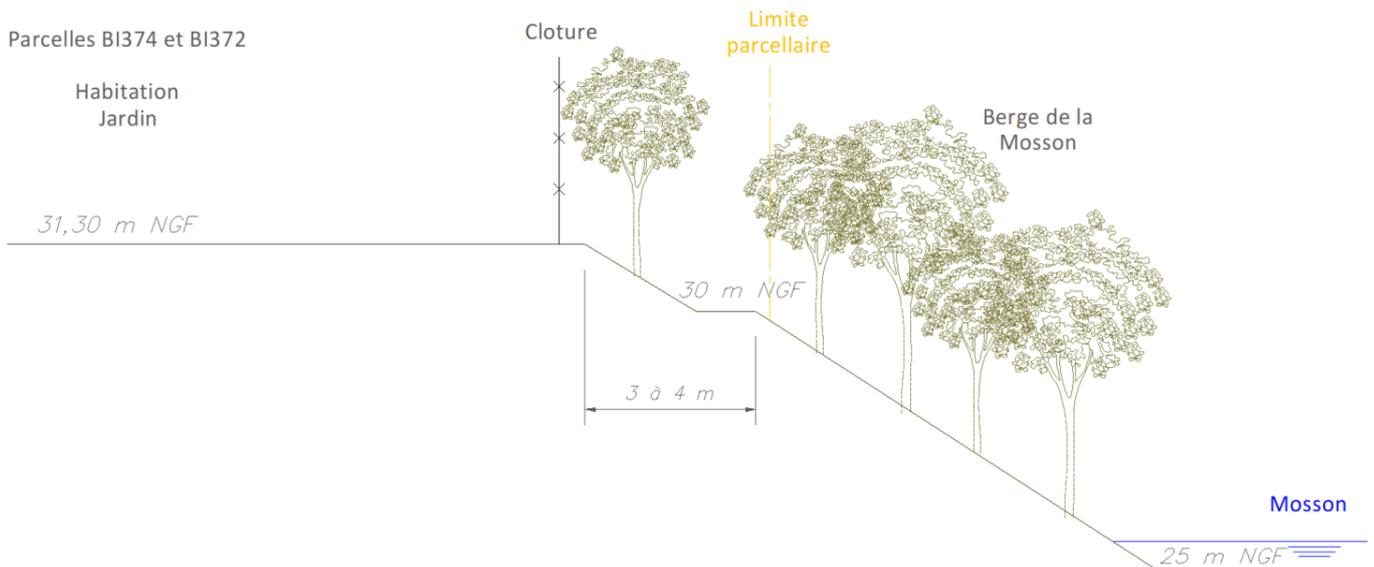


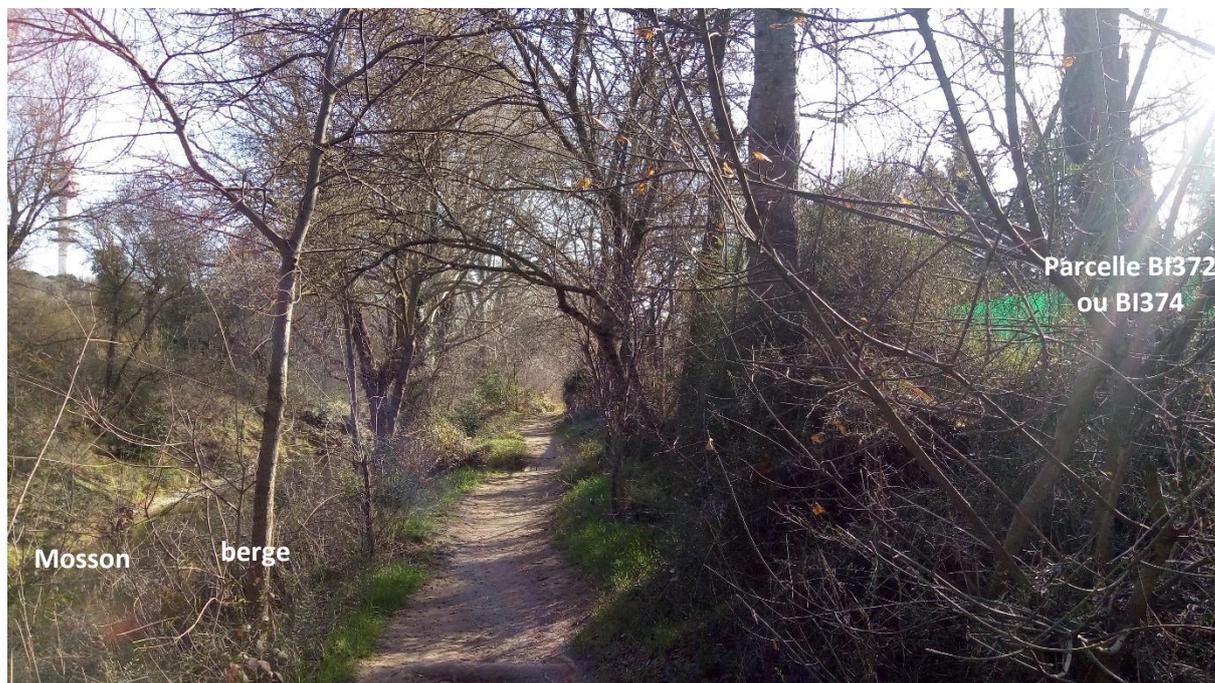
Figure 29 : Tracé de la digue sur le tronçon T2

La topographie du terrain naturel sur ce secteur est présentée sur le schéma ci-dessous. La berge de la Mosson est actuellement largement arborée, et présente un état structurel médiocre (érosions, terriers, etc.). Elle a par ailleurs été identifiée lors de l'étude écologique comme revêtant un enjeu particulier en termes d'habitat pour les espèces locales, dont certaines sont protégées (berge en elle-même et ripisylve).

Aucune des variantes présentées dans l'AVP n'impacte les berges de la Mosson (volonté du maître d'ouvrage).



**Figure 30 : Coupe type du terrain naturel en état actuel au niveau du tronçon T2**



**Figure 31 : Vue du tronçon T2 en état actuel (Antea Group, février 2019)**

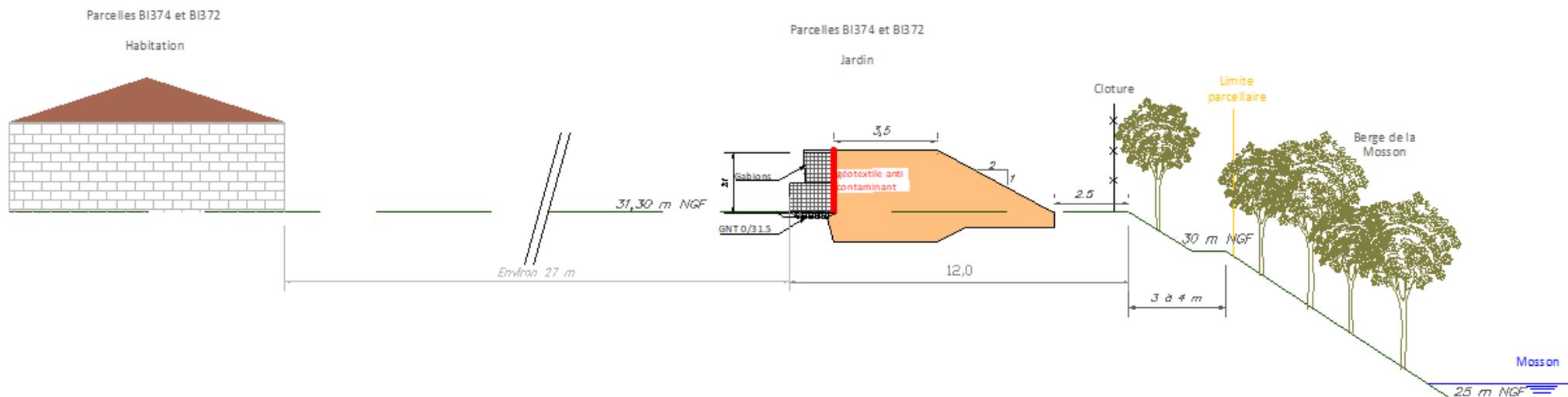
Nota : la limite cadastrale des parcelles B1372 et B1374 ne se situe en réalité pas à l'emplacement des clôtures existantes mais au niveau du haut de berge. Le chemin existant se situe donc sur le parcellaire privé.

### 3.5.6.2. Profil de digue sur le tronçon T2

Le nivellement de la crête de digue est compris entre 33,40 m NGF à l'amont et 33,25 m NGF à l'aval.

La digue est implantée dans les jardins des parcelles privées, dont l'altimétrie est de l'ordre de 31,3 m NGF. Elle présentera donc une hauteur hors sol de 2,1 m en moyenne.

Pour réduire l'emprise sur le parcellaire privé, le maître d'ouvrage a retenu une digue en remblai avec un talus classique coté Mosson et un mur en gabions coté habitations. L'emprise de la digue d'environ 9 m. La digue est implantée à 2,5 m de la crête du talus naturel constituant la berge de la Mosson afin d'assurer la stabilité de la digue, limiter les risques d'érosion externe et éviter tout impact sur la ripisylve.



### 3.5.6.3. Réseaux

Aucun réseau n'a été identifié à ce stade sur le linéaire du tronçon T2.

### 3.5.6.4. Interface avec le tronçon T1

La rue de la rivière constitue l'interface entre les tronçons T1 et T2. Un ouvrage spécifique devra être aménagé à ce niveau pour assurer la continuité de la ligne de protection.

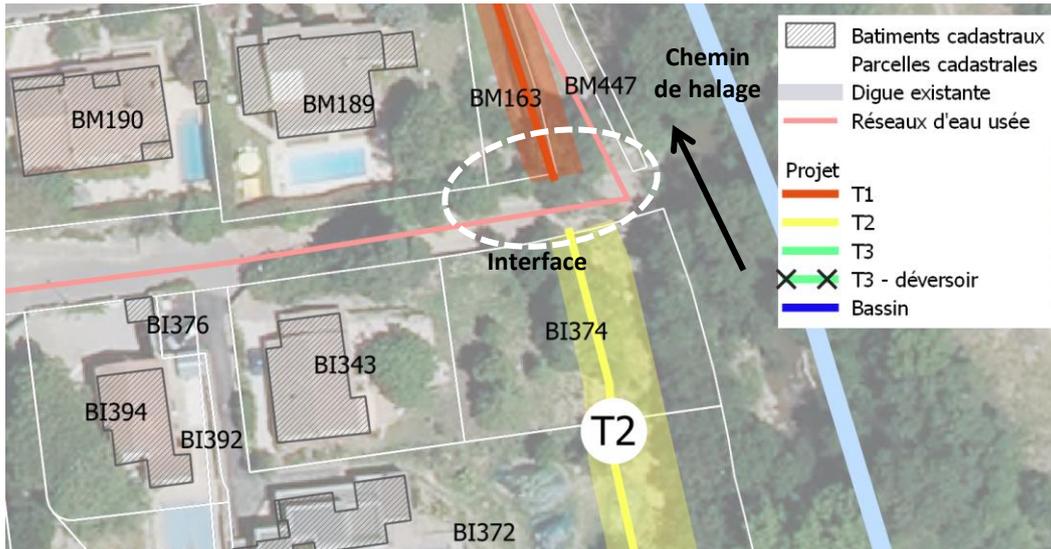


Figure 32 : Vue en plan de l'interface entre T1 et T2 au niveau de la rue de la Rivière



Figure 33 : Vue de la rue de la rivière depuis la berge de la Mosson (Antea Group – février 2019)

Actuellement, la rue de la rivière permet un accès véhicule au chemin de halage existant en rive droite de la Mosson (vers le nord). Elle permet également l'évacuation des eaux pluviales d'une partie du quartier.

A noter que le chemin de halage est accessible pour les véhicules par le nord au niveau de la rue de la Mosson.



Figure 34 : Vue de l'accès véhiculaire au chemin de halage existant rue de la Mosson (Google)

Deux options ont été envisagées pour assurer la continuité de la protection sur ce secteur (mise en place d'un portail étanche ou d'une rampe en remblai). La métropole de Montpellier a retenu la rampe en remblai.

Elle consiste à poursuivre la digue en remblai du tronçon T1 au tronçon T2. Dans cette option, la rue de la rivière sera « barrée » par la digue en remblai (hauteur d'environ 3 m). Une rampe (avec barrière) sera créée pour permettre un accès aux véhicules d'entretien.

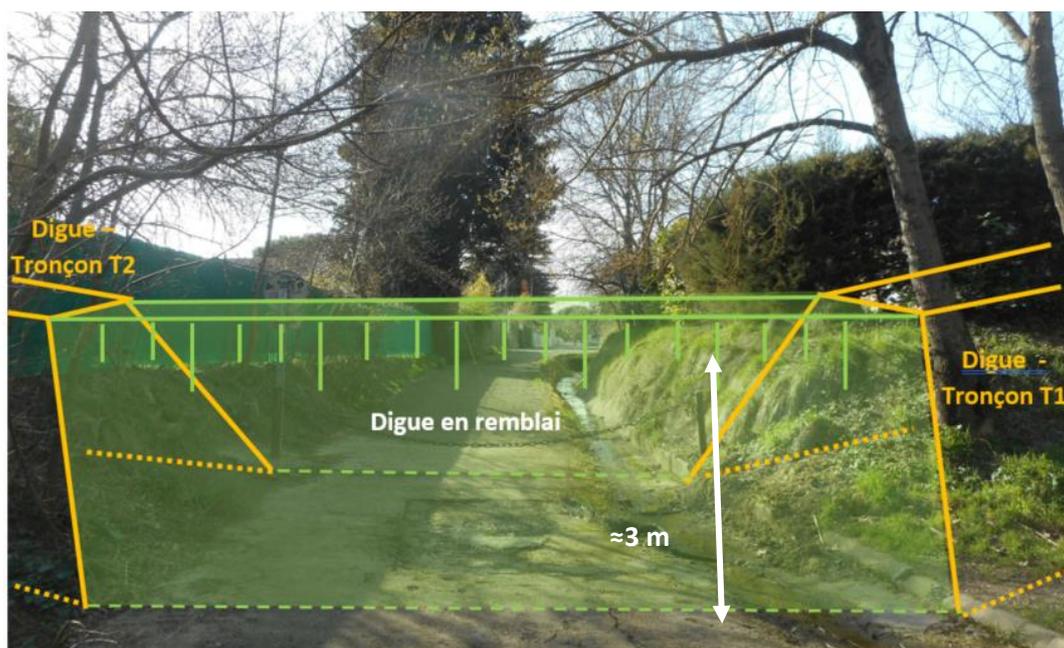


Figure 35 : Vue schématique de l'interface T1 – T2

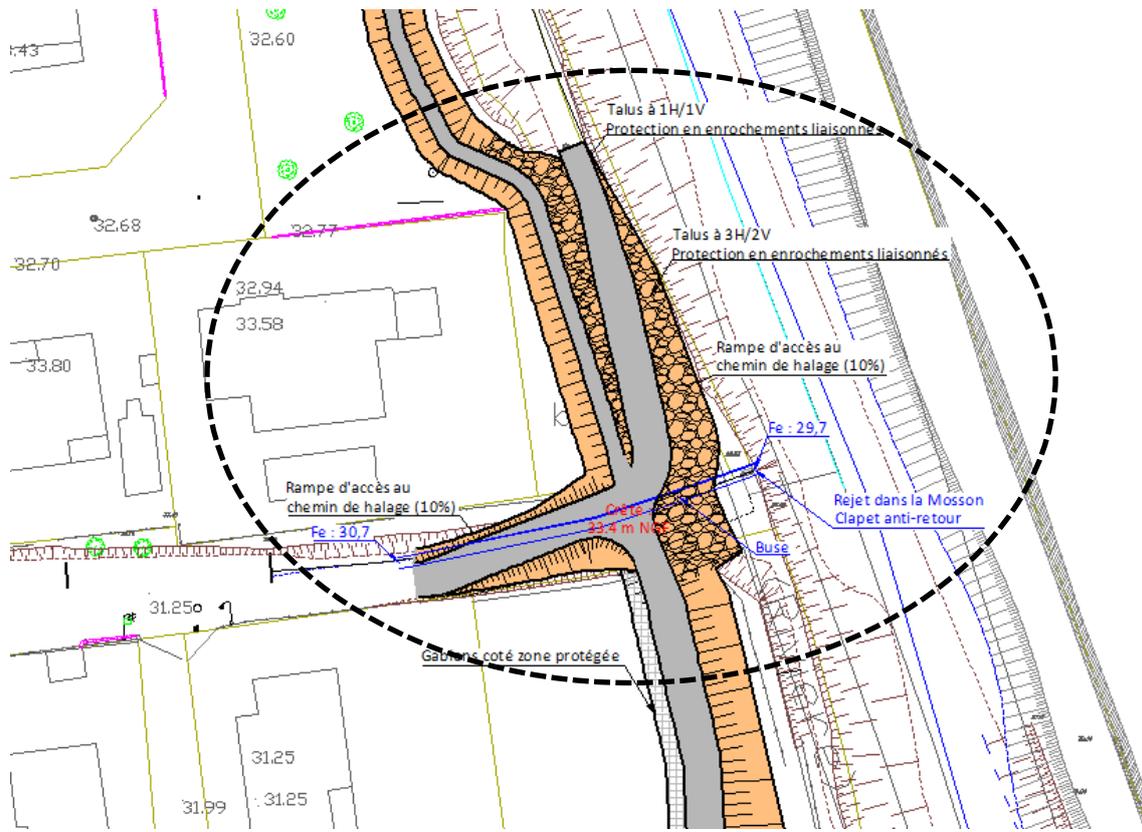


Figure 36 : Interface T1-T2 – vue en plan

#### ❖ Transparence hydraulique du réseau d'eaux pluviales

La rue de la Rivière est longée par un caniveau pluvial qui se rejette dans la Mosson dans le prolongement de la rue.

Afin de rétablir cet écoulement, un busage de l'écoulement sera envisagé et transitera sous la digue. Le point de rejet au niveau de la berge sera maintenu. Un clapet anti-retour sera mis en place au niveau de l'exutoire dans la Mosson.



Caniveau (vue vers l'amont)

Caniveau (rejet dans la Mosson)

Figure 37 : Vue du caniveau pluvial existant au niveau de la rue de la Mosson

Une cinquantaine de mètres en amont de la digue, le caniveau se transforme en dalot 1,5 m x 0,7 m pour assurer un accès à des parcelles privées. La pente d'écoulement sur ce tronçon couvert est de 0,9 %, ce qui conduit à une débitance du dalot de 2,6 m<sup>3</sup>/s environ.

Cette débitance n'est pas suffisante lors d'évènement pluvieux importants. Des écoulements sur la voirie ont été constatés. La métropole de Montpellier a engagé une étude spécifique de gestion des eaux pluviales. Les résultats seront intégrés au stade PRO et permettront le dimensionnement de l'ouvrage sous la digue.

Dans la mesure du possible, une buse circulaire sera préférable dans la mesure où elle facilite la mise en place d'un clapet anti-retour.

### 3.5.7. Digue – Tronçon T3

#### 3.5.7.1. Implantation

Sur le tronçon T3, la digue est positionnée le long du quartier de la Plaine, au niveau des parcelles communales B1287 et B125. Le projet prévoit de profiter des emprises foncières pour éloigner la digue du lit mineur de la Mosson.

Suite aux études préliminaires, le projet prévoit l'aménagement d'un déversoir de sécurité de la digue sur sa partie aval. Les eaux surversées rejoindront le bassin pluvial, qui agira également comme zone de dissipation d'énergie.

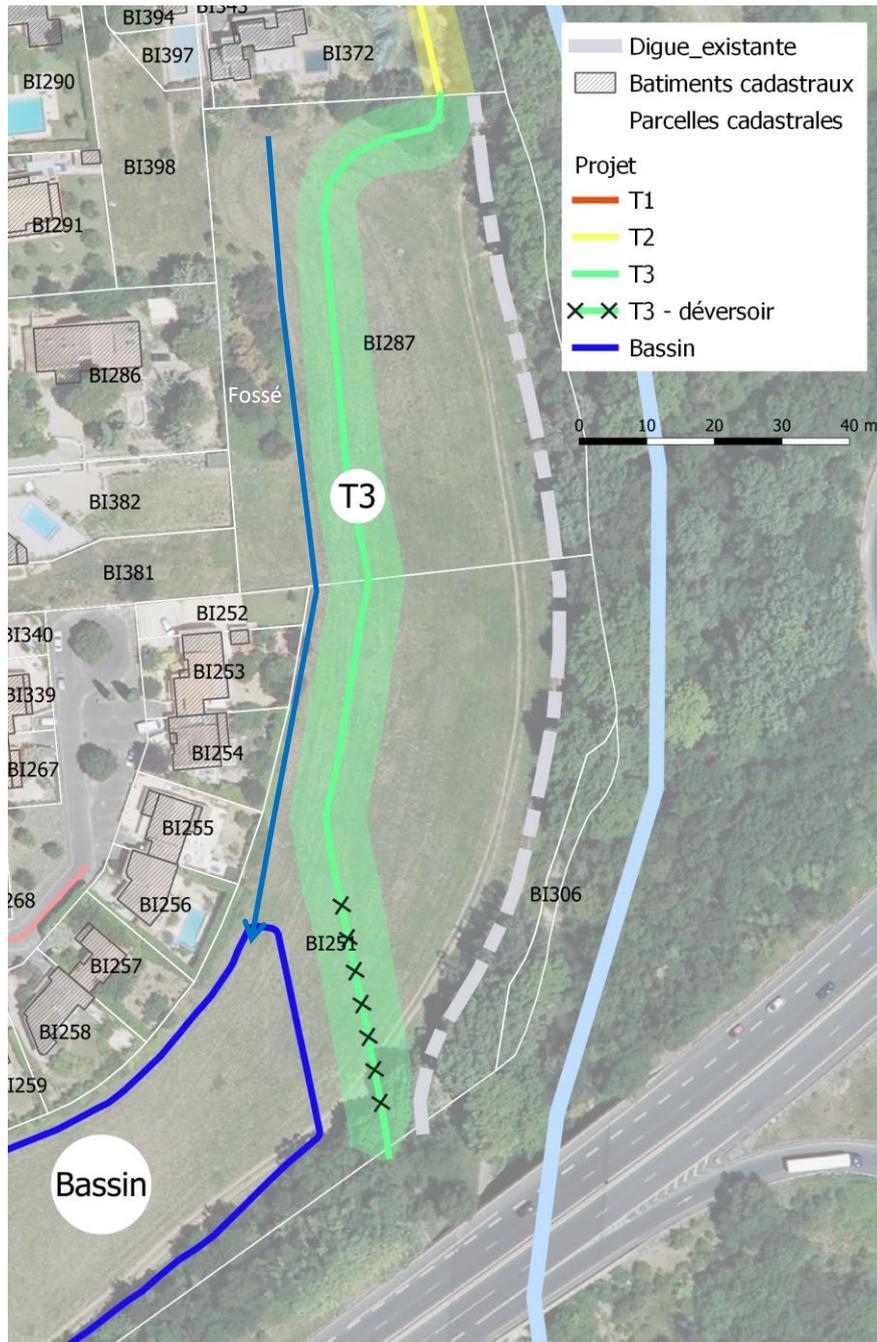


Figure 38 : Tracé de la digue sur le tronçon T3

### 3.5.7.2. Profil de digue sur le tronçon T3

Le nivellement de la crête de digue est compris entre 33,25 m NGF à l'amont et 33 m NGF à l'aval. Le déversoir est quant à lui calé à la cote 32,70 m NGF.

Le terrain naturel se situe entre la cote 29,6 m NGF et la cote 31 m NGF. La digue présentera donc une hauteur moyenne entre 2,5 m à 3,4 m.

En considérant les caractéristiques géométriques du profil type en section courante (cf. paragraphe 3.5.1 ci-avant), la digue présentera une emprise moyenne au sol entre 14 et 17 m environ.

Un fossé pluvial sera aménagé en pied de digue côté terre. Il visera à collecter les eaux de ruissellement superficiel de la digue et des habitations voisines. Ce fossé rejoindra le bassin en aval. Une étude de gestion des eaux pluviales est en cours. Ce fossé sera redimensionné en phase PRO si nécessaire sur la base des résultats de cette étude.

La digue existante sera entièrement déconstruite.

Une zone de déversoir sera aménagée au droit du bassin, sur une longueur d'environ 50 mètres. Sur ce linéaire, la digue sera légèrement abaissée et sa crête et son parement aval seront confortés pour être résistants à la surverse. Pour cela, la réalisation d'un coursier en gabions est proposée, qui débouchera dans le bassin, lui-même protégé sur une dizaine de mètres pour servir de fosse de dissipation. Il présentera pour cela une sur-profondeur de 50 cm (cf. coupe en page suivante). L'évacuation des eaux de la fosse de dissipation sera assurée soit par infiltration / évapotranspiration étant donné la faible profondeur de ce dernier et la perméabilité du sol (environ  $2 \cdot 10^{-5}$ , soit une vidange de la fosse de dissipation en quelques heures).

Une longrine en béton armé sera positionnée en crête pour caler précisément la côte de surverse.

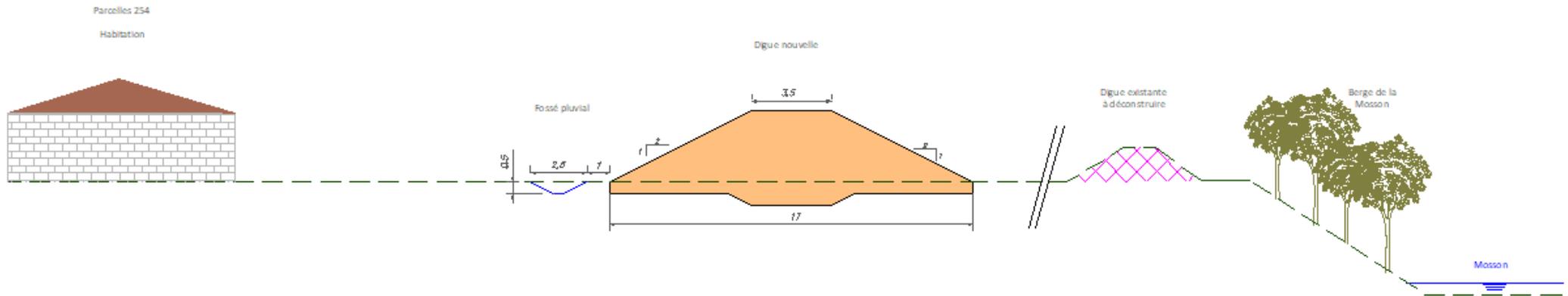


Figure 39 : Coupe type de la digue sur le tronçon T3

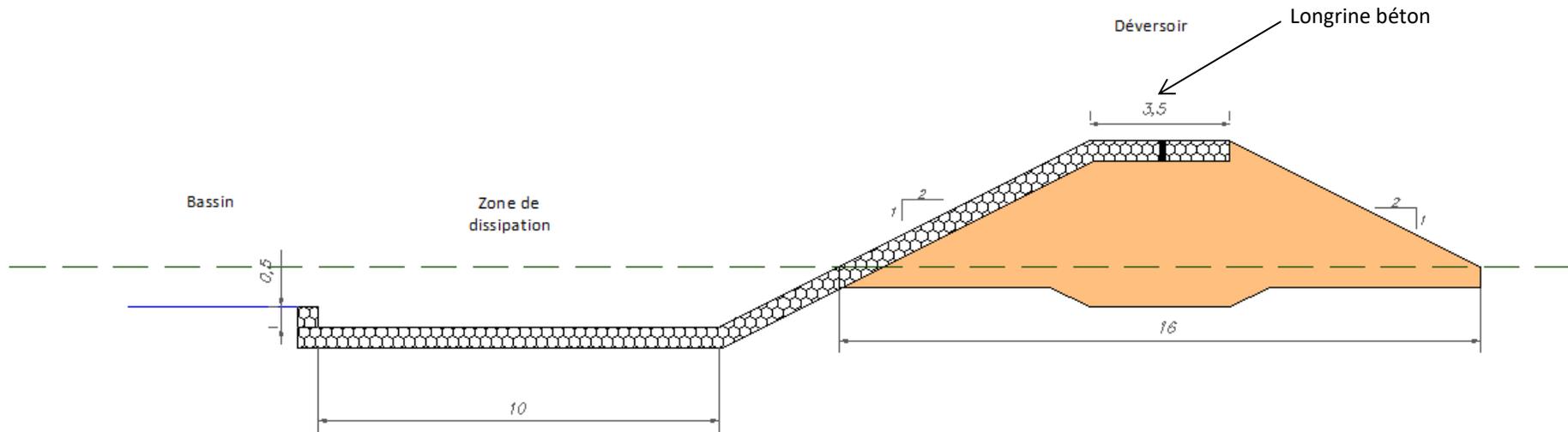


Figure 40 : Coupe type au droit du déversoir

### 3.5.7.3. Réseaux

Aucun réseau n'a été identifié à ce stade sur le linéaire du tronçon T3.

### 3.5.7.4. Raccordement aval

La digue se raccorde à l'aval sur le remblai de la RN 109. Le projet prévoit actuellement un épaulement de la digue sur le remblai, qui surplombera la digue (cote remblai RN109 : environ 37 m NGF – cote digue : 33 m NGF).

Une réunion avec la Directions Interdépartementales des Routes du Massif Central le 2 juillet 2020 a validé le principe de raccordement. Ce point sera affiné au stade PRO.

### 3.5.8. Bassin

#### 3.5.8.1. Implantation

Le bassin est positionné sur l'aval du secteur d'étude, au niveau de la parcelle communale BI251.

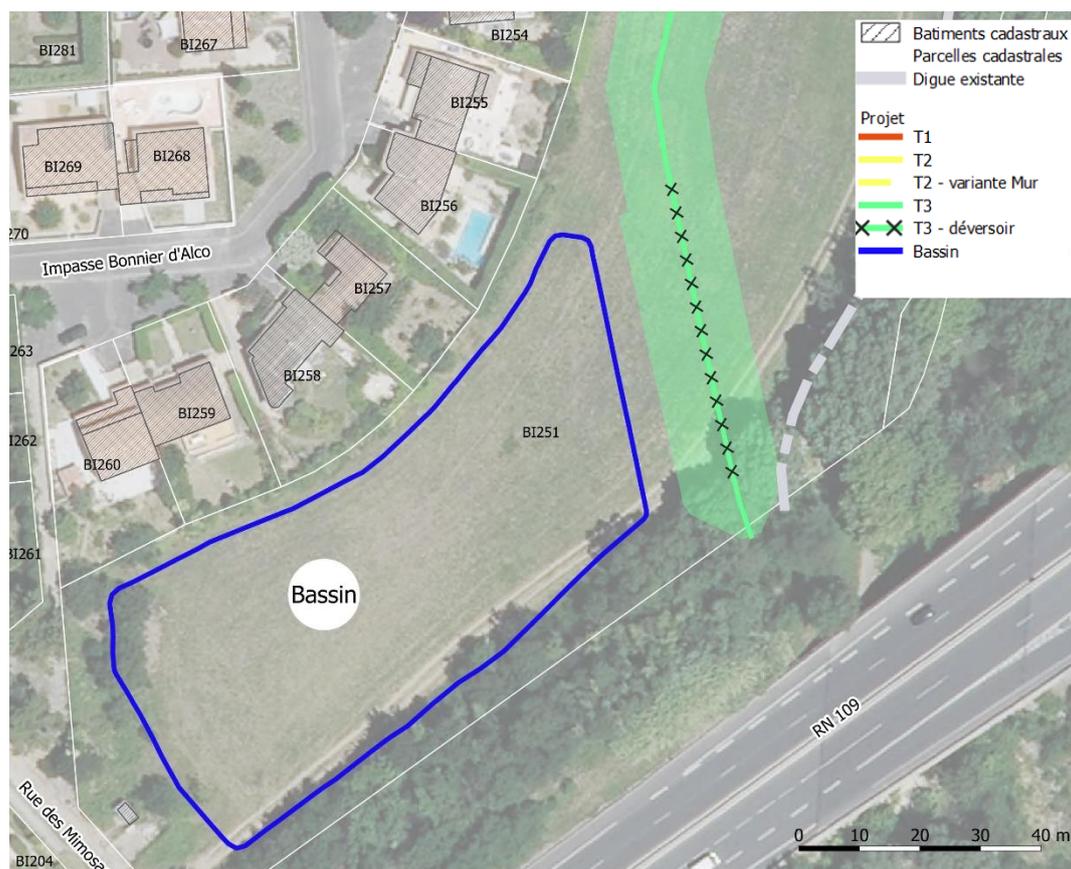


Figure 41 : Implantation du bassin

### 3.5.8.2. Géométrie du bassin

Au droit du bassin, la topographie est d'environ 29,6 à 30 m NGF. Le fil d'eau amont de l'émissaire sous la RN 109 est positionné à 28,8 m NGF environ.

Au regard de ces éléments, le bassin présentera les caractéristiques suivantes :

- Fond : 28,85 m NGF
- Niveau de berge : 29,8 m NGF (léger nivellement du terrain autour du bassin à prévoir)
- Profondeur : 0,95 m
- Surface en fond de bassin : 3200 m<sup>2</sup> en fond
- Volume estimatif : 3300 m<sup>3</sup>
- Pentes de talus : 2H / 1V.

Le fossé pluvial viendra se raccorder en fond de bassin.

Le bassin se vidangera via une canalisation Ø500 positionnée en fond de bassin qui rejoindra l'émissaire sous la RN109. Le raccordement exact a été positionné dans l'objectif d'assurer un écoulement gravitaire. Sur la partie finale, la canalisation de sortie se transformera en caniveau en raison du faible recouvrement.

L'évacuation des eaux de la fosse de dissipation sera assurée soit par infiltration / évapotranspiration étant donnée la faible profondeur de ce dernier et la perméabilité des terrains en place.

## 3.6. Résultats des calculs G2AVP et incidences sur la conception

On se reportera au rapport correspondant pour plus de détails (Annexes 2 et 3).

**Pour rappel, la crête de digue a été recalée sur la base de la modélisation réalisée dans le cadre de l'étude de dangers. Par rapport aux versions précédentes, la crête de digue a été réhaussée de 20 à 40 cm.**

**Les calculs de stabilités (G2 AVP) n'ont pas été repris dans cette version de l'AVP. La réhausse de la digue projetée étant de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, la stabilité générale de l'ouvrage n'est pas remise en cause. Elle sera étudiée en phase PRO.**

### 3.6.1. Tronçons en digues meubles

#### 3.6.1.1. Poinçonnement, tassements

Les vérifications au poinçonnement sont satisfaisantes. Les tassements estimés sont de l'ordre de 4 à 5 cm, dont la majorité se produirait en cours de chantier.

### 3.6.1.2. Calculs hydrodynamiques (Plaxflow)

Les tests de sensibilité réalisés sur le tronçon T3 montrent clairement l'influence de la perméabilité, c'est-à-dire son impact sur la pénétration de l'eau dans la digue du côté rivière vers le côté terre.

Cependant, pour la crue considérée, relativement rapide, et la géométrie de la digue, même avec une perméabilité de  $10^{-4}$  m/s l'eau est loin de saturer la digue jusqu'au côté terre, même partiellement. De ce point de vue, les calculs G2AVP en l'état indiquent a priori qu'il n'y a pas de risque d'érosion interne ou de saturation côté terre, générant un risque de glissement à la vidange rapide.

Globalement les gradients calculés peuvent être localement importants, sans atteindre le gradient critique (1) :

| Cas de calcul | T3 déversoir                             | T3 courant                              | T2                                      | T1                               |
|---------------|--|---|---|----------------------------------|
| Décru         | Talus digue côté rivière<br>0,83         | Talus digue côté rivière<br>0,77        | Talus digue côté rivière<br>0,75        | Talus digue côté rivière<br>0,08 |
| Décru         | Pied de talus digue côté rivière<br>0,74 | Pied de talus digue côté rivière<br>0,8 | Pied de talus digue côté rivière<br>0,4 |                                  |
| Décru         |  | Talus Mosson<br>0,3                     | Talus Mosson<br>0,4                     | Talus Mosson<br>0,11             |

Tableau 15 : localisation et valeurs des gradients maximum calculés en G2 AVP

Il faut cependant garder à l'esprit que des épisodes de crue plus longs pourraient conduire à une saturation plus importante de la digue.

**A ce stade AVP, nous avons retenu l'option d'un traitement à la bentonite pour réduire un peu la perméabilité (cf. §2.8). Ce traitement se ferait à 1% de bentonite pour réduire la perméabilité tout en limitant l'impact sur l'Indice Portant Immédiat.**

**Les approches hydrodynamiques devront être approfondies en phase PRO au regard des caractéristiques des matériaux traités obtenus suite à l'étude de formulation.**

### 3.6.1.3. Calculs de stabilité au glissement

Les résultats des calculs de stabilité aux glissements pour les talus coté terre et rivière obtenus dans la G2 AVP sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

| Cas de calcul                               | T3 déversoir            | T3 courant               | T2                      | T1                               |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Crue régime permanent                       | Talus côté terre<br>1,2 | Talus côté terre<br>1,5  | Talus côté terre<br>1,8 | Talus berge de la Mosson<br>2,25 |
| Crue régime transitoire<br>Talus côté terre | Talus côté terre<br>1,8 | Talus côté terre<br>2,05 | Talus côté terre<br>2,4 | Talus côté terre<br>3,35         |

|                          |                           |  |   |  |
|--------------------------|---------------------------|--|---|--|
| Décru régime transitoire | Talus côté rivière<br>1,8 | côté rivière<br><b>1,31</b><br>Mais talus Mosson éloigné | côté rivière<br><b>1,4</b><br>Talus Mosson proche | Talus berge de la Mosson<br><b>1,4</b> |
|--------------------------|---------------------------|--|---|--|

**Tableau 16 : résultats des calculs de stabilité PLAXIS en G2 AVP**

Remarque : la référence (objectif de stabilité) à atteindre pour les cas de calcul du tableau 17 est  $F=1,3$

| Cas de calcul  | T3 déversoir | T3 courant | T2   | T1   |
|--|--------------|------------|------|--|
| Situation normale d'Exploitation<br>Talus digue côté rivière                             | 1,38         | 1,33       | 1,60 | 1,02<br>Talus de la Mosson                     |
| Situation normale d'Exploitation (SNE) et surcharge routière<br>Talus digue côté rivière | 1,24         | 1,20       | 1,32 |  |
| Situation normale d'Exploitation<br>Talus digue côté terre                               | 1,25         | 1,39       | 1,60 | 2,34   |
| Situation normale d'Exploitation et surcharge routière<br>Talus digue côté terre         | 1,15         | 1,23       | 1,32 |  |
| Crue en régime permanent<br>Talus digue côté terre                                       | <b>0,97</b>  | 1,14       | 1,37 | 2,09   |
| Crue en régime transitoire<br>Talus digue côté terre                                     | 1,41         | 1,58       | 1,81 | 2,66   |
| Vidange rapide<br>Talus côté rivière   | OK           | OK         | OK   | OK (Stabilité tout juste assurée talus Mosson) |
| Séisme<br>Talus côté rivière   | 1,76         | 1,71       | 1,94 | 1,32   |

**Tableau 17 : résultats des calculs de stabilité TALREN en G2 AVP**

Remarque : la référence (objectif de stabilité) à atteindre pour les cas de calcul du tableau 18 est  $F=1,0$

On notera :

- l'influence notable de la surcharge routière : réduction de 8 à 20 % du coefficient de sécurité dans le cas de la SNE ;
- des coefficients de sécurité globalement satisfaisants, validant les principes généraux de conception globale décrite jusque là (cf. §3.5) ;
- quelques rares cas de coefficients de sécurité proches (surlignement en jaune) ou inférieurs à l'objectif (surlignement en rouge). Il s'agit respectivement :
  - de la décrue côté rivière pour les tronçons T2 et T1 (T3 à voir) ;
  - du côté terre en crue régime permanent pour le tronçon T3 déversoir (compte tenu de la hauteur totale plus importante). On sait cependant que l'approche en régime permanent est pénalisante.

Globalement, compte tenu :

- de l'influence notable de la surcharge routière (intervention d'urgence au voisinage temporel d'une crue) ;
- de la forte sensibilité à la valeur de la cohésion  $c'$  du corps de digue et de la difficulté à la garantir suffisante pour les matériaux disponibles en phase réalisation « en grand » : cf. §2.8.3 ;

**au stade AVP, nous avons retenu l'option d'un traitement à la chaux à 2 % en plus du traitement à la bentonite (1 %).**

### 3.6.2. Variante digue traitée à la chaux

Le traitement des sols à la chaux est couramment utilisé pour l'amélioration et la stabilisation des sols limoneux et argileux, dans le cadre de la construction d'infrastructures. Cette technique peut présenter un intérêt dans le cadre des ouvrages hydrauliques en terre. En effet, il a été montré lors de programmes de recherche que le matériau sol-chaux pouvait efficacement remplir une série de fonctions pertinentes pour les ouvrages hydrauliques : amélioration de la cohésion, donc réduction des pentes et des volumes à mettre en œuvre, amélioration de la résistance à l'érosion interne et de surface.

Si de telles tendances apparaissent séduisantes vis-à-vis d'un ouvrage de type digue de protection, les mises en œuvre opérationnelles à grande échelle restent à venir. Il convient donc à ce stade de garder à l'esprit que certaines fonctionnalités relèvent du stade recherche/développement, et sont donc à prendre avec une certaine prudence.

Il est précisé également qu'au stade AVP actuel, aucun essai particulier dédié au traitement à la chaux n'a été réalisé.

L'aptitude au traitement à la chaux, et les améliorations effectives à attendre **in situ**, que ce soit des matériaux du site (extraits du bassin, ou de la digue existante), ou d'apport externe demanderont un certain nombre d'études, essais et planches d'essais in situ, par différents partenaires : sociétés spécialisées ou organisme « références » (CEREMA), Laboratoire d'essais rompus aux études de formulations, BET, MOE, Entreprise.

On peut citer entre autres :

- Etudes de formulation ;
- Essais de laboratoire : notamment pour détermination des caractéristiques mécaniques après traitement ;
- Etudes de résistance à la surverse dans le contexte hydraulique du site (vitesses...) ;
- Calculs justificatifs de stabilité au stade G2 PRO ;
- Planches d'essais en phase préparation de chantier (entreprises), avec essais de contrôle ;
- Calculs justificatifs de stabilité au stade des études G3 (entreprise).

Les planches d'essai pourront être intégrées à l'ouvrage définitif, si les paramètres objectifs sont atteints. Dans le cas inverse, elles permettront d'ajuster les paramètres pour garantir les objectifs, et les ouvrages d'essais seront déconstruits.

Il est à noter (cf. §2.8.2) que la recherche d'une diminution de la perméabilité, passant par un traitement à la bentonite est retenue. La combinaison d'un double traitement chaux/bentonite, renchérit la variante chaux, et l'aptitude d'un traitement combiné chaux/bentonite doit être démontrée dans les conditions locales. A ce stade et en ce sens, la mise en œuvre d'un traitement à la chaux, et son pourcentage, restent encore à démontrer et devra faire l'objet des développements nécessaires en phase PRO.

Dans ce contexte, les estimations financières pour le traitement à la chaux ont été réalisées avec un traitement des terres à 2 % de chaux et 1 % de bentonite. Un surcoût a été appliqué pour tenir compte d'un traitement combiné chaux/bentonite, étant entendu que la capacité à faire ce double traitement localement reste à valider techniquement. Des études de formulations et des planches d'essais dédiées sont également intégrées.

Des pourcentages plus importants de chaux pourraient permettre de raidir les pentes de talus et donc de diminuer les emprises foncières ainsi que les quantités de matériaux nécessaire. Ces possibilités seront étudiées en G2 PRO (essais de formulation + calculs de stabilité).

#### Remarque :

Il est envisagé, au stade AVP, un traitement combiné bentonite / chaux. Cependant, en fonction du type de matériaux (et notamment en fonction de l'argilosité du matériaux) une alternative au traitement combiné bentonite / chaux sera envisagée dans les essais de formulation : traitement bentonite / liant hydraulique. Ce traitement pourrait présenter des optimisations par rapport au premier traitement cité, pour le cas où le pôle A1/A2 est bien dominant :

- moins grande influence sur la perméabilité (la chaux l'impacte défavorablement, dans une certaine mesure) ;
- amélioration plus rapide des caractéristiques mécaniques ;
- prix au m<sup>3</sup> traité.

La métropole de Montpellier a fait le choix de ne pas utiliser les matériaux issus des stocks de Saporta (coûts des traitements, délais et incertitudes sur les matériaux). Ainsi, il a été retenu le principe suivant : les tronçons T1, T2 et le raccord entre T1 et T2 seront réalisés avec les terres issues des déblais du bassin. Le tronçon T3 sera quant à lui réalisé avec des matériaux d'apport. Les caractéristiques de ses matériaux seront définies dans la consultation des entreprises. L'entreprise en charge du marché devra proposer des matériaux répondant aux exigences du cahier des charges et démontrer la stabilité de l'ouvrage (G3).

### **3.7. Planning prévisionnel**

Plusieurs contraintes ont été mises en évidence pour la réalisation des travaux. Elles sont détaillées dans les paragraphes 2.11.6 et 2.12 et synthétisées ci-dessous :

- D'un point de vu des enjeux écologiques, la période favorable est pour la majorité des travaux en automne ou en hivers,

- D'un point de vu du risque inondation, la période favorable à la réalisation des travaux est la période de basses eaux et hors période de crue de la Mosson : printemps et été.

Sur le tronçon T3, la nouvelle digue étant en retrait par rapport au cours d'eau, les contraintes écologiques sont faibles. La construction du tronçon pourrait être réalisé durant l'été. La déconstruction de la digue existante (cette dernière étant proche du lit) pourrait être réalisé dans un second temps, en période favorable, en automne par exemple.

Sur les autres tronçons, pour limiter l'impact écologique des travaux, les défrichements, le débroussaillage ainsi que le décapage pourront être réalisés autant que possible en période favorable (entre septembre et mars) en fonction de la période de réalisation des travaux.

La durée des travaux est estimée entre 5 et 10 mois. Il pourra être imposé à l'entreprise de travaux (dans le cahier des charges) d'optimiser la durée de réalisation des travaux (par exemple en réalisant en parallèle deux tronçons).

Le planning prévisionnel est présenté en page suivante. Il sera affiné au stade PRO sur la base des éléments des dossiers règlementaires (notamment le planning des travaux).

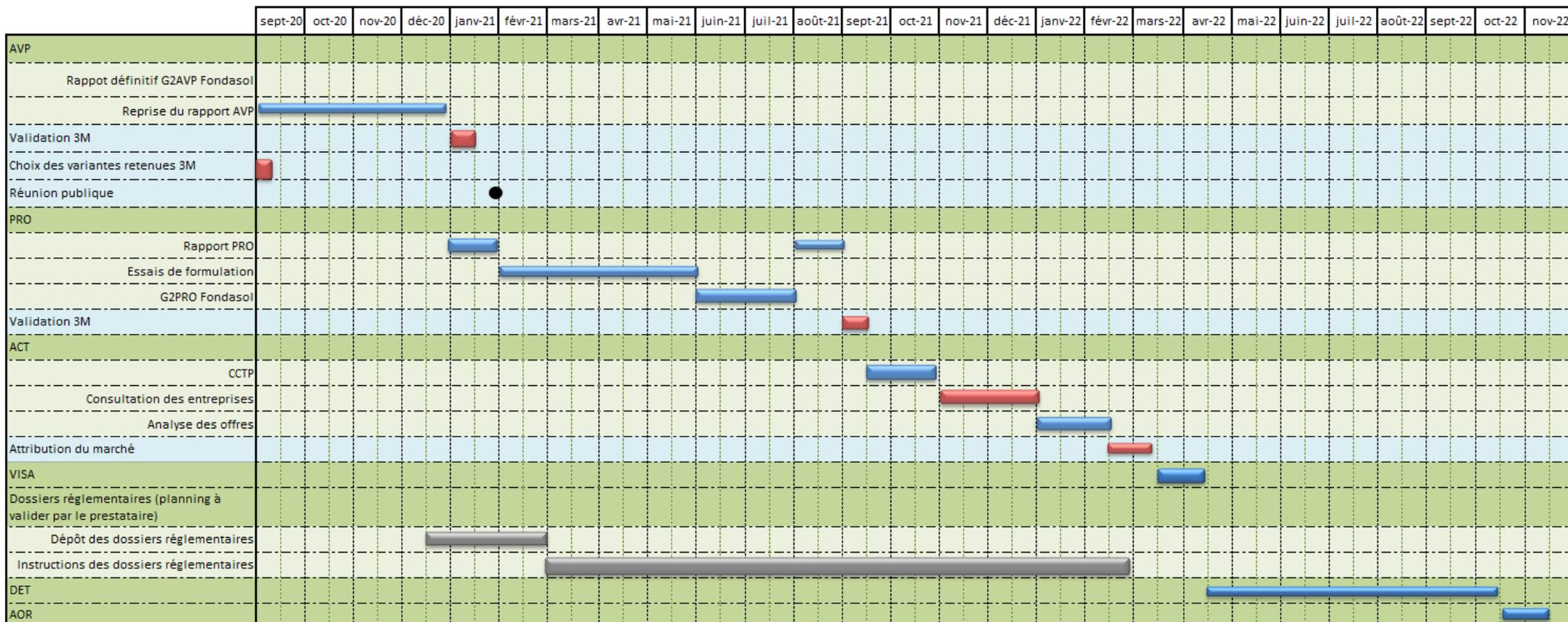


Figure 42 : Planning prévisionnel

### 3.8. Estimation financière

Une estimation financière des travaux est réalisée à ce stade, sur la base des principes énoncés ci-avant et du planning prévisionnel.

Le montant inclut à ce stade une provision de 20 % pour aléas et éléments non chiffrés. Il n'inclut pas le coût des acquisitions foncières nécessaires.

Le chiffrage détaillé fait l'objet du tableau ci-dessous. Le montant des postes généraux et des installations de chantier est estimé sur la base du phasage prévisionnel présenté précédemment.

Pour rappel, la métropole de Montpellier a fait le choix de ne pas utiliser les matériaux issus des stocks de Saporta (coûts des traitements, délais et incertitudes sur les matériaux). Aussi, il sera à la charge de l'entreprise de proposer des matériaux répondant aux caractéristiques et contraintes de stabilité de l'ouvrage.

La répartition des terres est la suivante :

- Tronçons T1, T2 et raccord T1-T2 : réalisés avec les terres issues des déblais du bassin ;
- Tronçon T3 : réalisé à partir de matériaux d'apport.

Pour l'estimation financière, il a été retenu un traitement des terres à 1 % de bentonite (y/c pour les matériaux d'apport par sécurité).

Des études de formulations devront préciser les pourcentages définitifs de bentonite sur les déblais du site. Pour passer du stade laboratoire à la phase travaux des planches d'essais in situ en démarrage de chantier seront nécessaires.

## 3.8.1. Estimation financière globale

| Tronçon                       | Solutions retenues   | Coût travaux     | Cout Installations et travaux préparatoires | Aléas et non chiffrés (20%) | TOTAL              |
|-------------------------------|--|------------------|---|-----------------------------|--------------------|
| T1                            | Digue en remblai   | 99 540 €         | 19 908 €                                    | 19 900 €                    | 139 348 €          |
| Raccord T1-T2                 | Solution rampe   | 43 130 €         | 8 600 €                                     | 8 600 €                     | 60 330 €           |
| T2                            | Digue en remblai – Talus en gabions coté zone protégée et 2/1 coté cours d'eau | 86 730 €         | 17 300 €                                    | 17 300 €                    | 121 330 €          |
| T3                            | Digue en remblai   | 445 810 €        | 89 200 €                                    | 89 200 €                    | 624 210 €          |
| Bassin                        |  | 198 500 €        | 39 700 €                                    | 39 700 €                    | 277 900 €          |
| <b>TOTAL solution de base</b> |  | <b>873 710 €</b> | <b>174 708 €</b>                            | <b>174 700 €</b>            | <b>1 223 118 €</b> |

Tableau 18 : Estimation financière au stade AVP (en € HT)

L'enveloppe financière globale des travaux est de l'ordre de 1,2 M€ HT (hors acquisition foncière).

### 3.8.2. Détails de l'estimation financière

#### 3.8.2.1. Tronçon T1

| Tronçon T1  |                |           |          |                |
|---|----------------|-----------|----------|----------------|
| Poste   | Unité          | PU (€ HT) | Quantité | Total (€ HT)   |
| Décapage terre végétale                               | m <sup>2</sup> | 2         | 900      | 1 800          |
| Déblais pour clé d'ancrage et stockage sur site       | m <sup>3</sup> | 5         | 300      | 1 500          |
| Mise en œuvre remblais issu du bassin                 | m <sup>3</sup> | 8         | 700      | 5 600          |
| Criblage des terres                                   | m <sup>3</sup> | 4         | 910      | 3 640          |
| Surcoût traitement à 1% bentonite                     | m <sup>3</sup> | 6         | 700      | 4 200          |
| Enrochements liaisonnés                               | m <sup>3</sup> | 150       | 200      | 30 000         |
| Grillage anti-fouisseur                               | m <sup>2</sup> | 3,5       | 600      | 2 100          |
| Géotextile de transition                              | m <sup>2</sup> | 2         | 700      | 1 400          |
| GNT   | m <sup>3</sup> | 35        | 40       | 1 400          |
| Nappage TV / ensemencement                            | m <sup>3</sup> | 10        | 90       | 900            |
| Ouvrages traversants - réseaux                        | FT             | 12 000    | 2        | 24 000         |
| Parcelle BM189 - Réseaux en pied de berge peu profond | FT             | 3 000     | 1        | 3 000          |
| Surcout pour raccords / changement de géométrie       | FT             | 10 000    | 1        | 10 000         |
| Etanchéité amont                                      | FT             | 5 000     | 2        | 10 000         |
| SOUS TOTAL  |                |           |          | 99 540         |
| Installations - Travaux généraux et préparatoires     |                |           |          | 19 908         |
| Aléas et non chiffrés                                 |                |           |          | 19 900         |
| <b>TOTAL Tronçon T1 (€ HT)</b>                        |                |           |          | <b>139 348</b> |

Tableau 19 : Détails estimation financière – Tronçon T1

## 3.8.2.2. Raccord tronçon T1-T2

| <b>Raccord T1-T2 – Rampe en remblai – Variante retenue par 3M</b> |                |                  |                 |                     |
|---|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| <b>Postes</b>   | <b>Unité</b>   | <b>PU (€ HT)</b> | <b>Quantité</b> | <b>Total (€ HT)</b> |
| Décapage sol en place (goudron, ...)                              | m <sup>2</sup> | 10               | 100             | 1 000               |
| Mise en œuvre remblais issu du bassin                             | m <sup>3</sup> | 8                | 400             | 3 200               |
| Criblage des terres   | m <sup>3</sup> | 4                | 520             | 2 080               |
| Surcoût traitement à 1% bentonite                                 | m <sup>3</sup> | 6                | 400             | 2 400               |
| Grillage anti-fouisseur   | m <sup>2</sup> | 3,5              | 300             | 1 050               |
| Géotextile de transition  | m <sup>2</sup> | 2                | 500             | 1 000               |
| GNT   | m <sup>3</sup> | 35               | 100             | 3 500               |
| Nappage TV / ensemencement  | m <sup>3</sup> | 10               | 60              | 600                 |
| Busage Ø1000  | ml             | 280              | 35              | 9 800               |
| Clapet anti-retour  | FT             | 2 500            | 1               | 2 500               |
| Dispositif complémentaire anti-renard                             | FT             | 4 000            | 1               | 4 000               |
| Ouvrage traversant / réseau EU                                    | FT             | 12 000           | 1               | 12 000              |
| <b>SOUS TOTAL</b>   |                |                  |                 | <b>43 130</b>       |
| Installations - Travaux généraux et préparatoires                 |                |                  |                 | 8 600               |
| Aléas et non chiffrés   |                |                  |                 | 8 600               |
| <b>TOTAL Raccord T1-T2 - Digue en remblai (€ HT)</b>              |                |                  |                 | <b>60 330</b>       |

Tableau 20 : Détails estimation financière – Raccord tronçon T1-T2 – Rampe en remblai

## 3.8.2.3. Tronçon T2

| <b>Tronçon T2 – Talus en gabions côté zone protégée et à 2/1 côté cours d'eau – Variante retenue par 3M</b> |                |                  |                 |                     |
|---|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| <b>Postes</b>   | <b>Unité</b>   | <b>PU (€ HT)</b> | <b>Quantité</b> | <b>Total (€ HT)</b> |
| Décapage terre végétale   | m <sup>2</sup> | 2                | 700             | 1 400               |
| Déblais pour clé d'ancrage et stockage sur site   | m <sup>3</sup> | 5                | 100             | 500                 |
| Mise en œuvre remblais issu du bassin   | m <sup>3</sup> | 8                | 1400            | 11 200              |
| Criblage des terres   | m <sup>3</sup> | 4                | 1820            | 7 280               |
| Surcoût traitement à 1% bentonite   | m <sup>3</sup> | 6                | 1400            | 8 400               |
| Gabions   | m <sup>3</sup> | 250              | 170             | 42 500              |
| Grillage anti-fouisseur   | m <sup>2</sup> | 3,5              | 400             | 1 400               |
| Géotextile de transition  | m <sup>2</sup> | 2                | 700             | 1 400               |
| GNT   | m <sup>3</sup> | 35               | 50              | 1 750               |
| Nappage TV / ensemencement  | m <sup>3</sup> | 10               | 90              | 900                 |
| Surcout pour raccord / Changement de géométrie  | FT             | 10 000           | 1               | 10 000              |
| <b>SOUS TOTAL</b>   |                |                  |                 | <b>86 730</b>       |
| Installations - Travaux généraux et préparatoires   |                |                  |                 | 17 300              |
| Aléas et non chiffrés   |                |                  |                 | 17 300              |
| <b>TOTAL Tronçon T2 - Digue en remblai (€ HT)</b>   |                |                  |                 | <b>121 330</b>      |

**Tableau 21 : Détails estimation financière – Tronçon T2 –Digue en remblai - talus en gabions coté zone protégée et 2/1 coté cours d'eau**

## 3.8.2.4. Tronçon T3

| Tronçon T3   |                |           |          |                |
|--|----------------|-----------|----------|----------------|
| Postes   | Unité          | PU (€ HT) | Quantité | Total (€ HT)   |
| Décapage terre végétale  | m <sup>2</sup> | 2         | 4300     | 8 600          |
| Déblais et stockage sur site pour réutilisation                      | m <sup>3</sup> | 5         | 2200     | 11 000         |
| Evacuation des déblais impropres                                     | T              | 15        | 800      | 12 000         |
| Remblais d'apport  | m <sup>3</sup> | 14        | 9800     | 137 200        |
| Criblage des terres  | m <sup>3</sup> | 4         | 8840     | 35 360         |
| Surcoût traitement à la bentonite 1%                                 | m <sup>3</sup> | 6         | 9800     | 58 800         |
| Gabions  | m <sup>3</sup> | 250       | 330      | 82 500         |
| Longrine béton   | m <sup>3</sup> | 850       | 6        | 5 100          |
| Grillage anti-fouisseur  | m <sup>2</sup> | 3,5       | 3700     | 12 950         |
| Géotextile de transition   | m <sup>2</sup> | 2         | 4900     | 9 800          |
| GNT  | m <sup>3</sup> | 35        | 160      | 5 600          |
| Nappage TV / ensemencement   | m <sup>3</sup> | 10        | 690      | 6 900          |
| Surcoût pour raccords / sinuosité                                    | FT             | 10 000    | 2        | 20 000         |
| Essais matériaux + études sur matériaux du site + matériaux d'apport | FT             | 40 000    | 1        | 40 000         |
| SOUS TOTAL   |                |           |          | 445 810        |
| Installations - Travaux généraux et préparatoires                    |                |           |          | 89 200         |
| Aléas et non chiffrés  |                |           |          | 89 200         |
| <b>TOTAL Tronçon T3 (€ HT)</b>                                       |                |           |          | <b>624 210</b> |

Tableau 22 : Détails estimation financière – Tronçon T3 –Digue en remblai

## 3.8.2.5. Bassin

| Bassin  |                |           |          |                |
|---|----------------|-----------|----------|----------------|
| Postes  | Unité          | PU (€ HT) | Quantité | Total (€ HT)   |
| Décapage terre végétale                           | m <sup>2</sup> | 2         | 4900     | 9 800          |
| Déblais et stockage sur site pour réutilisation   | m <sup>3</sup> | 5         | 3800     | 19 000         |
| Gabions   | m <sup>3</sup> | 250       | 590      | 147 500        |
| Nappage TV / ensemencement                        | m <sup>3</sup> | 10        | 1460     | 14 600         |
| Canalisation rejet Ø500                           | ml             | 130       | 40       | 5 200          |
| Regard  | u              | 800       | 3        | 2 400          |
| SOUS TOTAL  |                |           |          | 198 500        |
| Installations - Travaux généraux et préparatoires |                |           |          | 39 700         |
| Aléas et non chiffrés                             |                |           |          | 39 700         |
| <b>TOTAL BASSIN (€ HT)</b>                        |                |           |          | <b>277 900</b> |

Tableau 23 : Détails estimation financière - Bassin

### **Observations sur l'utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.



## Fiche signalétique

### Rapport

---

Titre : Montpellier Méditerranée Métropole – Maîtrise d'œuvre des aménagements de protection contre les inondations de la Mosson à Juvignac (34) – Avant-Projet

Numéro et indice de version : n°100809/H

Date d'envoi : février 2021

Nombre de pages : 79

Diffusion (nombre et destinataires) :

Nombre d'annexes dans le texte : 6

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

numérique

### Client

---

Coordonnées complètes : **Montpellier Méditerranée Métropole**

50, place Zeus

CS 39556

34961 MONTPELLIER Cedex 2

Nom et fonction des interlocuteurs :

Vivien NGUYEN VAN

Tél. : 04.67.13.97.11 / 06.12.75.37.79

E-mail : [v.nguyenvan@montpellier3m.fr](mailto:v.nguyenvan@montpellier3m.fr)

### Antea Group

---

Unité réalisatrice : Pôle Eau – région Sud

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : Lise MOUCHE / Nicolas DU BOISBERRANGER

Responsable de projet : Lise MOUCHE

Auteurs : Lise MOUCHE, Claire ARRIGHI, Daniel CHASSAGNEUX

Expert technique : Lise MOUCHE / Daniel CHASSAGNEUX

Secrétariat : Marie-Laure ANTONUCCI

### Qualité

---

Contrôlé par : Lise MOUCHE

Date : février 2021

N° du projet : LROP170307

Références et date de la commande : marché 4757 EA 17 du 03/08/2018

Mots clés : Maitre d'œuvre, AVP, digue, inondation

**ANNEXE 1 : Rapport Fondasol  
EMO.19.0072.001.INdA du 14/10/2019 – Juvignac –  
Protection contre les Inondations - Cahier de  
Sondages**

**ANNEXE 2 : Rapport Fondasol  
EMO.19.0072.003.INdB du 07/04/2020 – Juvignac –  
Construction d'une digue – Etude géotechnique G2  
AVP**

**ANNEXE 3 : Rapport Fondasol Résultats nouveau  
tronçon T1 du 12/05/2020**

**ANNEXE 4 : Note Hydrogéotechnique Sud Ouest  
C18.41315 Ind1 du 08/05/2019 - Campagne d'essais  
en laboratoire sur les stocks de SAPORTA – Compte  
rendu d'investigations**

**ANNEXE 5 : Note Hydrogéotechnique Sud Ouest  
C.19.41260 du 31/01/2020 - Diagnostic géotechnique  
G5 – Site de Saporta à Lattes et Fabrègues –  
Conditions de ré-emploi de matériaux sur stocks  
identifiés**

**ANNEXE 6 : Vue en plan (4 pages)**