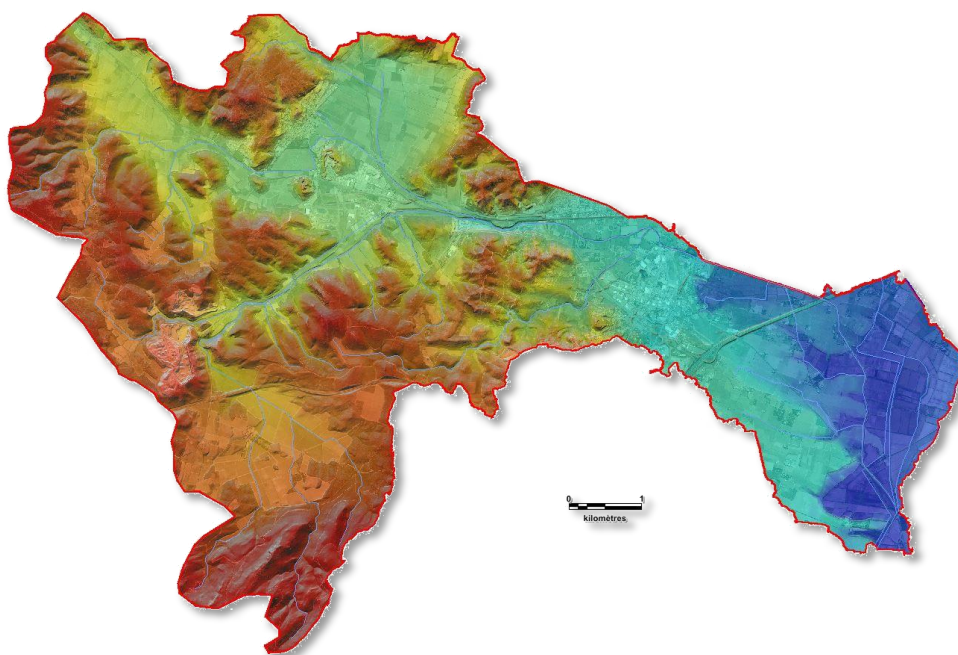



AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET- MAÎTRISE D'ŒUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES *Tranche ferme : faisabilité/conception*



Jun 2018

Co-financeurs :

	<p>BRL ingénierie</p> <p>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
---	---

Date du document	28 juin 2018
Contact	Gwenaëli CHEVALLET

Titre du document	AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET- MAÎTRISE D'ŒUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES Tranche ferme : faisabilité/conception
Référence du document :	A00142_rapport_Rec_Veyret_Hydrologie_Hydraulique_v4
Indice :	d

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérfié et Validé par
28/11/2017	a	Première émission	GCH/CTH	JAU
01/03/2018	b	Seconde émission	GCH/CTH	JAU
16/05/2018	c	Troisième émission	GCH/CTH	JAU
28/06/2018	d	Quatrième émission	GCH/CTH	JAU

Aménagement du Rec de Veyret - Maîtrise d'œuvre et procédures réglementaires

TF faisabilité / conception

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	9
1.1 Contexte général	9
1.2 Objectifs et Contenu de la mission	11
2. PRESENTATION DU DOMAINE D'ETUDE.....	12
2.1 Le bassin versant	12
2.2 Les cours d'eau	13
2.2.1 Le Rec de Veyret	13
2.2.1.1 Généralités	13
2.2.1.2 Le couloir endigué en amont de l'autoroute A9	15
2.2.2 La Maire	18
2.2.3 Las Tinos	19
2.3 Les principaux enjeux d'activités humaines	20
3. SYNTHESE DES ETUDES PRECEDENTES	23
3.1 Préambule	23
3.2 Synthèse « PPRi du Rec de Veyret »	23
3.3 Synthèse « EDD digue rive gauche du Rec de Veyret »	25
3.4 Synthèse « Etude LNMP »	26
3.5 Synthèse « Etudes BG de protection contre les crues »	28
4. DONNEES TOPOGRAPHIQUES EXPLOITEES.....	29
5. HYDROLOGIE.....	30
5.1 Hypothèses pluviométriques retenues	30
5.2 Modélisations hydrologiques	31
5.2.1 Préambule	31
5.2.2 Modèle PHENIX _{BRLI}	32
5.2.3 Modèle hybride HEC-RAS 2D	33
5.2.4 Résultats des différentes approches et comparaison avec les études précédentes	35
5.2.4.1 Comparaison approches hydrologiques PHENIX _{BRLI} et HEC-RAS 2D	35
5.2.4.2 Comparaison avec les résultats des études précédentes	36
5.3 Conclusions de l'analyse hydrologique	37
6. MODELE HYDRAULIQUE DETAILLE	38
6.1 Généralités	38

	4
6.2 Présentation du modèle et des principaux résultats	39
6.2.1 Etapes de modélisation	39
6.2.2 Résultats des modélisations en état actuel	40
7. SCHEMA D'AMENAGEMENT RETENU.....	43
7.1 Préambule	43
7.2 Analyse critique des solutions de protection proposées dans les études précédentes	44
7.3 Ouvrages de rétention amont	45
7.3.1 Contexte réglementaire	45
7.3.2 Principes d'optimisation des ouvrages de rétention	46
7.3.3 Présentation générale des sites	47
7.3.4 Implantation des barrages et détermination des PHE	47
7.3.5 Caractéristiques des retenues	50
7.3.6 Réseaux à proximité	52
7.3.6.1 Barrage de la Plaine	52
7.3.6.2 Barrage Bagatelle	52
7.3.7 Géologie des 2 sites de rétention	53
7.3.7.1 Contexte géologique local	53
7.3.7.2 Site de la Plaine-RD613	54
7.3.7.3 Site de Bagatelle	59
7.3.8 Classement des barrages projetés	62
7.3.8.1 Classement selon la réglementation « barrages »	62
7.3.8.2 Classement selon la réglementation « digues »	63
7.3.8.3 Conclusion quant au classement des ouvrages	63
7.3.9 Dimensionnement des évacuateurs de crue	64
7.3.10 Efficacité hydraulique des ouvrages de rétention	66
7.3.10.1 Efficacité locale	66
7.3.10.2 Efficacité à l'échelle du bassin versant	67
7.3.11 Caractéristiques des ouvrages projetés	68
7.3.11.1 Profils de barrage proposés à ce stade de l'étude	69
7.3.11.2 La retenue	71
7.3.11.3 Plans de principe	71
7.3.12 Déviation de la route RD613	74
7.4 Sécurisation/confortement/reprise du couloir endigué	79
7.4.1 Aménagements projetés	79
7.4.2 Réseaux	82
7.4.3 Coûts associés	83
7.5 Synthèse des coûts liés au génie civil du schéma d'aménagement retenu	83
7.6 Comparaison des zones inondées « Etat actuel-Etat aménagé »	84
7.7 Synthèse des enjeux environnementaux et réglementaires liés au schéma d'aménagement retenu	85
7.7.1 Enjeux écologiques	85
7.7.2 Enjeux liés au paysage et au patrimoine	89
8. SOLUTIONS ALTERNATIVES ETUDIEES	91
8.1 Etude du bassin de rétention d'Aussières	91
8.2 Bassins de rétention de taille modérée (H<10 m) en lieu et place du bassin de Plaine-RD613	93
8.3 Efficacité hydraulique de l'ouvrage de Cap De Pla et possibilité d'optimisation	95

	5
8.3.1.1 Géométrie actuelle	95
8.3.1.2 Optimisation de l'ouvrage	95
8.3.1.3 Risques et coûts	96
8.3.1.4 Optimisation et pérennisation de la gestion de la retenue	96
8.4 Augmentation de la hauteur du barrage de Bagatelle	97
8.5 Arasement total ou partiel de la digue rive droite du couloir endigué	99
8.6 Recalibrage du couloir endigué	102
8.6.1 Hypothèses et incidences hydrauliques	102
8.6.2 Contraintes d'implantation	106
8.6.3 Coûts estimés du recalibrage	107
8.6.4 Test complémentaire : recalibrage seul du couloir endigué	108
8.7 Possibilité de mettre en œuvre une digue de second rang en rive gauche du Rec de Veyret	111
ANNEXES	113
Annexe 1. Enjeux activités humaines	115
Annexe 2. Zones inondables dans l'état actuel (T= 2 à 100 ans)	117
Annexe 3. Comparaison zones inondables dans l'état actuel et dans l'état aménagé (T= 2 à 100 ans)	119

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principaux enjeux vulnérables (en bleu zonage préliminaire Q100)	9
Figure 2 : Présentation de la zone d'étude	10
Figure 3 : Bassin versant du Rec de Veyret	12
Figure 4 : Localisation de la digue rive gauche du Rec de Veyret (issue de l'Etude de Dangers)	15
Figure 5 : Cartes règlementaires du PPRi du Rec de Veyret	24
Figure 6 : Emprise du modèle 2D réalisé dans le cadre de l'EDD	25
Figure 7 : Emprise du modèle 2D réalisé dans le cadre de l'étude LNMP	27
Figure 8 : Principaux ouvrages de protection contre les crues étudiés dans les études BG	28
Figure 9 : Modèle Numérique de Terrain final	29
Figure 10 : Hyétogrammes retenus (T=10 et 100 ans)	30
Figure 11 : Synoptique du modèle Phenix du bassin du Rec de Veyret	32
Figure 12 : Emprise du modèle hybride hydrologie/hydraulique Hec-Ras (et zoom sur remblai autoroute A61 pour exemple)	33
Figure 13 : Pluies brute et nette (T=10 et 100 ans)	34
Figure 14 : Exemple de rendu du modèle hybride hydrologie/hydraulique Hec-Ras 2D (T=100 ans type PPRi)	34
Figure 15 : Comparaisons des résultats hydrologiques issus de Phenix et de Hec-Ras	35
Figure 16 : Comparaisons des résultats hydrologiques avec les études précédentes	36
Figure 17 : Hydrogrammes issus de la modélisation hybride menée avec Hec-Ras 2D	37
Figure 18 : Emprise du modèle hydraulique détaillé construit à l'aide de Hec-Ras 1D/2D	38

Figure 19 : Lits mineurs modélisés en 1D [Hec-Ras	39
Figure 20 : Prise en compte des remblais en lit majeur en 2D [Hec-Ras	39
Figure 21 : Structures latérales liant les zones 1D et 2D [Hec-Ras	40
Figure 22 : Zones inondées pour Q10, Q30 et Q100 [Hec-Ras]	41
Figure 23 : Vitesses pour Q10, Q30 et Q100 [Hec-Ras].....	42
Figure 24 : Plan de situation des ouvrages de rétention	47
Figure 25 : Axe et emprise des PHE (Z=55 m NGF) du barrage projeté de Plaine-RD613 sur le Rec de Veyret.....	48
Figure 26 : Axe et emprise des PHE (Z=35 m NGF) du barrage projeté de Bagatelle sur Las Tinos	49
Figure 27 : Enjeux ponctuels situés dans l’emprise des PHE du barrage de Plaine-RD613.....	50
Figure 28 : Courbe Hauteur/Surface/Volume du barrage de Plaine-RD613.....	51
Figure 29 : Courbe Hauteur/Surface/Volume du barrage de Bagatelle.....	51
Figure 30 : Zone de DT-Barrage de la Plaine	52
Figure 31 : Réseau aérien à proximité	52
Figure 32 : Zone de DT-Barrage Bagatelle.....	52
Figure 33 : Ligne HTA enterrée (rouge) et aérien (violet) à proximité de l’axe du barrage	53
Figure 34 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000 n°1061 – Narbonne.....	54
Figure 35 : Contexte géologique du site de La Plaine – Extrait de la carte à 1/50 000 de Narbonne.	55
Figure 36 : Coupe géologique transversale à l’axe de l’ouvrage (indices identiques à ceux de la carte géologique à 1/50 000 et repris dans le texte).....	57
Figure 37 : Contexte géologique du site de Bagatelle – Extrait de la carte à 1/50 000 de Narbonne.	59
Figure 38 : Coupe géologique transversale à l’axe de l’ouvrage (indices identiques à la carte géologique à 1/50 000 et repris dans le texte)	61
Figure 39 : Grandeurs prises en compte dans le classement des barrages.....	63
Figure 40 : Coupe de la vallée et barrage de Plaine-RD613	65
Figure 41 : Coupe de la vallée et barrage de Bagatelle	65
Figure 42 : Efficacité hydraulique locale du bassin de Plaine-RD613 pour Q30 (graphes).....	66
Figure 43 : Efficacité hydraulique locale du bassin de Bagatelle pour Q30 (graphes).....	67
Figure 44 : Efficacité hydraulique des ouvrages en amont du couloir endigué (graphes).....	68
Figure 45 : Différentes options pour la déviation de la RD613.....	74
Figure 46 : Exemple de profil type d’une zone déversante.....	79
Figure 47 : Extrait de l’Etude de danger, tronçons.....	80
Figure 48 : Extrait de l’Etude de danger, profil type de recharge.....	80
Figure 49 : Cinétique d’une éventuelle rupture en rive droite du couloir endigué [Q30 en état aménagé].....	81
Figure 50 : Zone de DT-couloir endigué	82
Figure 51 : Lignes HTA enterrées (rouge) –couloir endigué	82
Figure 52 : Synthèse des enjeux écologiques liés au schéma d’aménagement retenu	87
Figure 53 : Enjeux écologiques connus dans le cadre des études relatives à la Ligne Nouvelle Montpellier-Perpignan	88
Figure 54 : Synthèse des enjeux patrimoniaux liés au schéma d’aménagement retenu	90

Figure 55 : Axe et emprise des PHE (Z=70 m NGF) du barrage projeté d'Aussières sur le Rec de Veyret	91
Figure 56 : Coupe géologique transversale à l'axe de l'ouvrage d'Aussières	92
Figure 57 : Coupe de la vallée et barrage d'Aussières	92
Figure 58 : Implantation des 3 ouvrages de rétention testés	93
Figure 59 : Efficacité hydraulique du complexe de 3 ouvrages écrêteurs en lieu et place du bassin de Plaine-RD613.....	94
Figure 60 : Retenue de Cap de Pla	95
Figure 61 : Barrage de Bagatelle (PHE 35,0 et 38,0 m NGF)	97
Figure 62 : Comparaison de la ZI 100 ans avec et sans rehausse du barrage de Bagatelle	98
Figure 63 : Arasement de la digue RD du couloir endigué.....	99
Figure 64 : Arasement de la digue RD du couloir endigué (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q5]	100
Figure 65 : Arasement de la digue RD du couloir endigué (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100].....	101
Figure 66 : PL, Elargissement du couloir endigué sans reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]	102
Figure 67 : ZI, Elargissement du couloir endigué (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100].....	103
Figure 68 : PL, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]	104
Figure 69 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]	104
Figure 70 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]	105
Figure 71 : ZI aval A9, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100].....	105
Figure 72 : Couloir endigué - Ouvrages traversants interceptés	106
Figure 73 : Couloir endigué- bâtiments impactés	106
Figure 74 : Recalibrage du couloir endigué : profil type et volumes impactés.....	107
Figure 75 : Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100].....	108
Figure 76 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q10]	108
Figure 77 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q30]	109
Figure 78 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]	109
Figure 79 : Habitation potentiellement à délocaliser	110
Figure 80 : Digue de second rang (rive gauche).....	111

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Débits de référence issus du PPRi.....	23
Tableau 2 : Probabilités de rupture de la digue RG du Rec de Veyret	26
Tableau 3 : Cumuls pluviométriques retenus en mm	30
Tableau 4 : Débits de pointe retenus	38

Tableau 5 : Classement des barrages	45
Tableau 6 : Périodes de retour des crues de projets des barrages (en années)	46
Tableau 7 : Caractéristiques des retenues	50
Tableau 8 : Coût d'une G2-AVP sur Plaine	58
Tableau 9 : Coût d'une G2-AVP sur Bagatelle	61
Tableau 10 : Classement des barrages	63
Tableau 11 : Situations exceptionnelles et extrêmes	64
Tableau 12 : Caractéristiques des barrages	65
Tableau 13 : Efficacité hydraulique locale des barrages.....	66
Tableau 14 : Efficacité hydraulique des barrages à l'échelle du bassin versant	67
Tableau 15 : Coûts associés aux ouvrages écrêteurs projetés.....	71
Tableau 16 : Coûts associés aux différentes solutions pour la déviation de la RD613	75
Tableau 17 : Coûts associés au confortement du couloir endigué RG et RD	83
Tableau 18 : Synthèse des enjeux écologiques	86
Tableau 19 : Synthèse des enjeux liés au paysage et au patrimoine	89
Tableau 20 : Efficacités hydrauliques du barrage de Cap de Pla (Etats actuel et aménagé)	95
Tableau 21 : Efficacités hydrauliques du barrage de Cap de Pla (Etat aménagé avec ou sans agrandissement du pertuis)	96
Tableau 22 : Efficacités hydrauliques locales du barrage de Bagatelle (avec et sans rehausse)	97
Tableau 23 : Efficacités hydrauliques en amont du couloir endigué du schéma d'aménagement (avec et sans rehausse du barrage de Bagatelle)	97
Tableau 24 : Coût estimatif du recalibrage en euros	107

1. Contexte et objectifs

1.1 CONTEXTE GENERAL

Le présent marché porte sur le **programme de protection contre les inondations porté par le Syndicat Mixte du Delta de l'Aude [en tant que Maître d'ouvrage] et le SMMAR [en tant qu'animateur du PAPI]**, et en particulier sur **l'aménagement du bassin versant Rec de Veyret**, situé sur les communes de Narbonne et de Montredon.

Une carte de situation générale est insérée en page suivante.

Les débordements fréquents de ce cours d'eau et de ses affluents génèrent en effet des dommages importants sur les territoires qu'il traverse, notamment les zones suivantes présentées d'amont en aval (cf. carte ci-dessous) :

- La Zone Industrielle et Commerciale de Montredon,
- Les enjeux de la ville de Narbonne en rive gauche du couloir endigué du Rec de Veyret,
- La Zone Industrielle de la Coupe en rive droite du couloir endigué du Rec de Veyret.

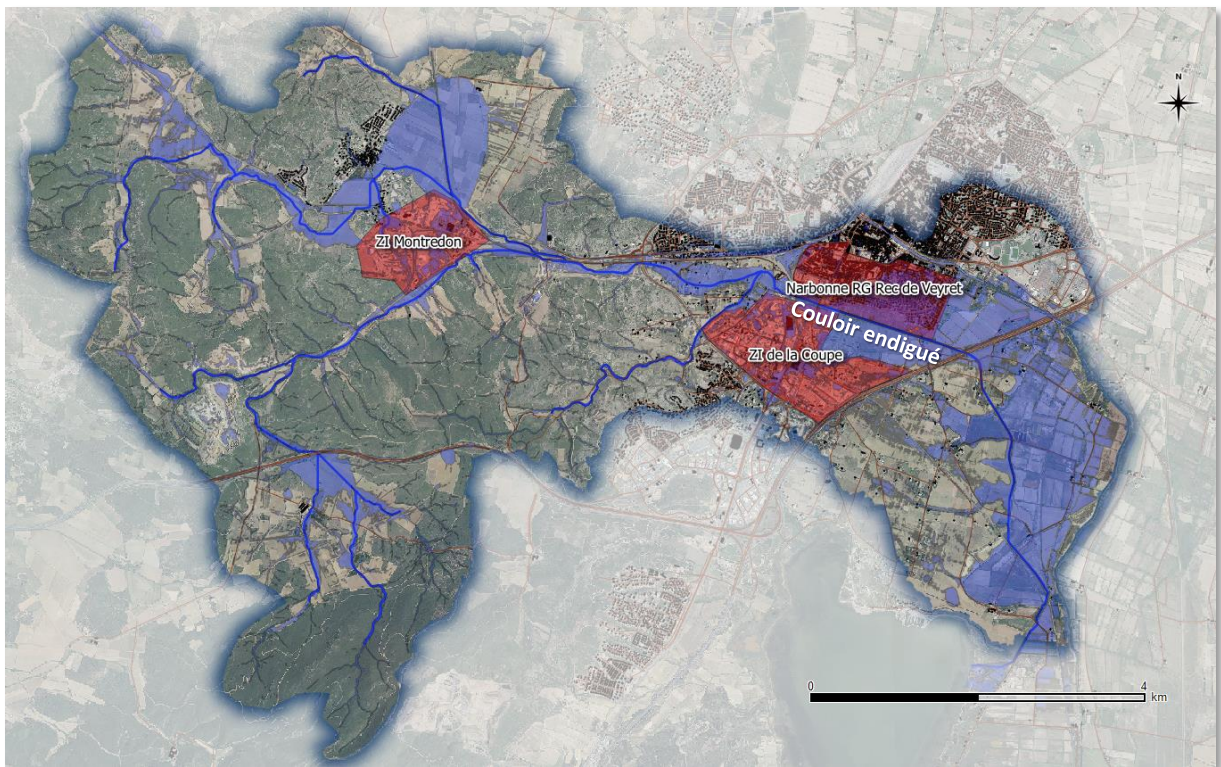


Figure 1 : Principaux enjeux vulnérables (en bleu zonage préliminaire Q100)

Dans ce secteur, aucun débordement majeur n'a été observé lors des événements de 1999 (crues de l'Aude avec un impact très important sur les territoires des basses plaines, en particulier à Cuxac d'Aude où l'inondation a alors été jugée catastrophique). Pour le Rec de Veyret, les crues les plus marquantes sont celles de 1965, 1992, 1994 et 1996 qui concernent majoritairement la traversée de Narbonne, le couloir endigué donc.

Depuis plus de 10 ans, des études ont été initiées afin de définir des aménagements permettant de réduire le risque inondation. Toutefois, certaines de ces études ne sont plus disponibles, la topographie et l'occupation des sols des lieux ont évolué : ainsi, le S.M.D.A. souhaite actualiser la réflexion et aboutir à une redéfinition des aménagements à réaliser pour assurer la protection contre les inondations du bassin de Rec de Veyret.

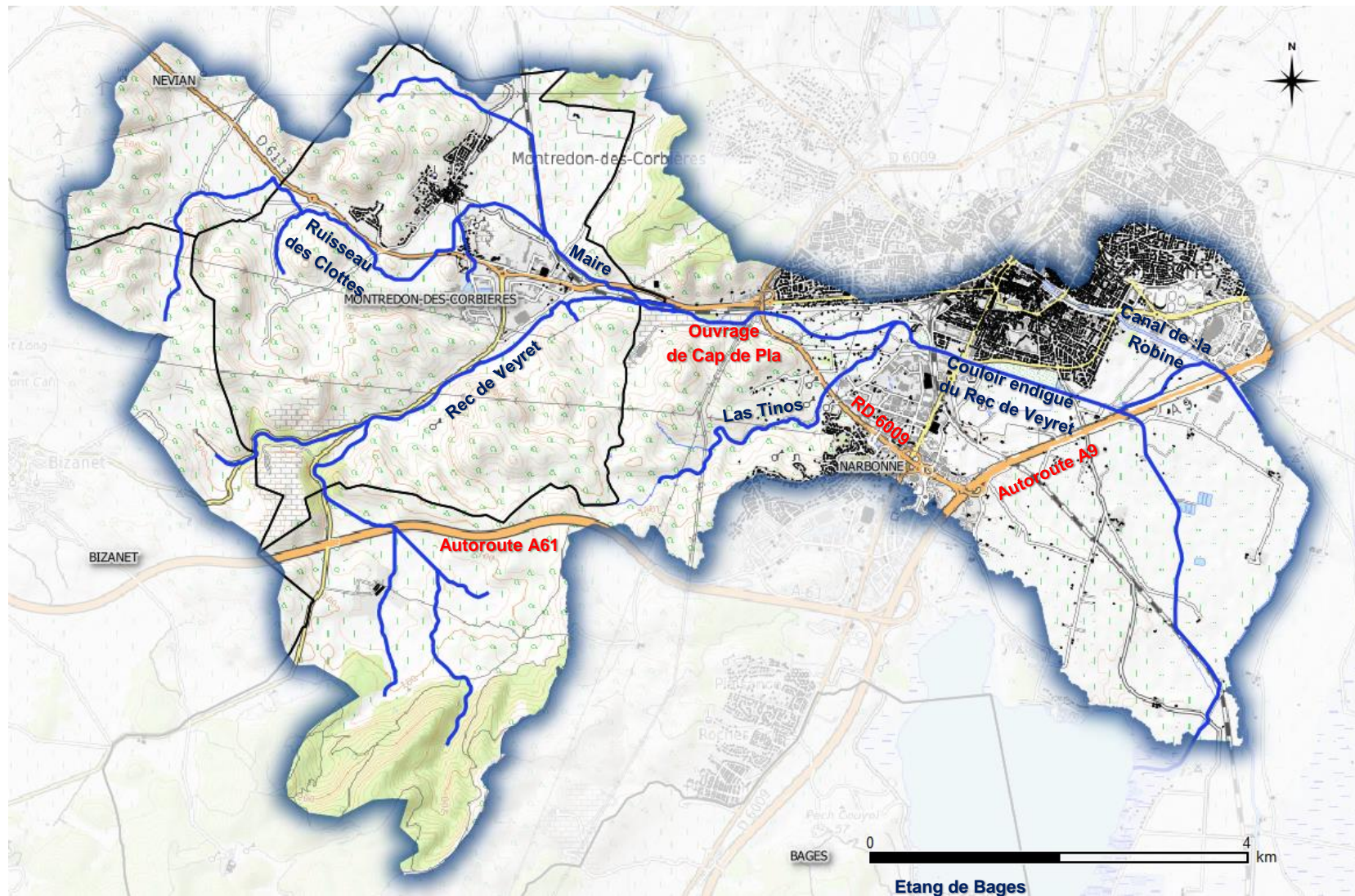


Figure 2 : Présentation de la zone d'étude

1.2 OBJECTIFS ET CONTENU DE LA MISSION

Les missions de BRLi sont les suivantes :

■ Tranche Ferme : Mission de maîtrise d'œuvre de Faisabilité / Conception :

- ▶ **Synthétiser et compléter si nécessaire l'aléa inondation** sur le secteur d'étude à partir d'une modélisation des écoulements,
- ▶ **Cartographier les enjeux** dans les secteurs inondés pour chaque crue étudiée, et identifier pour chacun d'entre eux leur degré de vulnérabilité selon les hauteurs relevées,
- ▶ **Etudier différents scénarios d'aménagement pour protéger les lieux habités existants** (possibilité de rétention en amont [optimisation d'ouvrages existants, création de nouveaux ouvrages], possibilité d'améliorer les conditions d'écoulement ou la section hydraulique du Rec de Veyret dans sa partie aval, dans la traversée des lieux habités de Narbonne),
- ▶ **Réaliser une analyse multi-critères (AMC)** des solutions proposées qui permettra au maître d'ouvrage de se prononcer sur le choix du parti d'aménagement.

■ Tranche Optionnelle : Missions de maîtrise d'œuvre de Conception et d'Exécution

- ▶ **Mission AVP** : Avant-Projet,
- ▶ **Mission PRO** : Etudes de Projet,
- ▶ **Mission ACT** : Assistance pour la passation des contrats de travaux,
- ▶ **Mission VISA** : Vérification et validation des documents conformes au projet,
- ▶ **Mission DET/OPC** : Direction et coordination de l'exécution des travaux,
- ▶ **Mission AOR** : Assistance pour les opérations de réception,
- ▶ **Missions complémentaires** : Etude d'Impact et Dossiers Règlementaires.

Le présent rapport est relatif à la tranche ferme, hormis les analyses AMC qui feront l'objet d'un rapport distinct.

2. Présentation du domaine d'étude

2.1 LE BASSIN VERSANT

La surface totale du bassin versant du Rec de Veyret à son exutoire (étang de Bages et Sigean) est proche de 50 km². En entrée du couloir endigué et au droit de l'autoroute A9, le bassin draine respectivement des bassins de 33 et 42 km² environ.

L'altitude s'étend de 280 m NGF en amont à 2 m NGF au droit du passage sous l'autoroute A9. Le bassin versant peut être divisé en quatre sous bassins versants principaux, à savoir les bassins versants du Rec de Veyret et des ruisseaux de Clottes, de la Maire et de Las Tinos.

Le Rec de Veyret transite, dans la zone amont, au travers de l'Autoroute A61 via un grand ouvrage de décharge, qui offre cependant un laminage important pour les crues courantes à rares (cf. analyse hydrologique).

Le Rec de Veyret reçoit ensuite les apports de la Maire en aval immédiat de la ZI de Montredon (dans l'emprise de la carrière de Cap de Pla aménagée dans les années 80 pour l'écrêtement des crues fréquentes). Ces apports sont très largement écrêtés à la faveur de la topographie de l'étang de Montredon et de la présence d'une voie ferrée en remblai qui coupe la vallée en deux parties distinctes.

Plus en aval, le Rec de Veyret reçoit les apports du ruisseau des Tinos (ou Tines) peu avant l'extrémité amont du couloir endigué.

Enfin, à l'extrémité aval du couloir endigué, le Rec de Veyret se scinde en deux :

- Les écoulements hors crue sont dirigés vers le canal de la Robine,
- Les écoulements en crue sont majoritairement dirigés vers le tronçon aval du Rec de Veyret en transitant sous le remblai de l'Autoroute A9.

In fine, les écoulements de crue débouchent dans l'étang de Bages.

Il est à noter que le domaine d'étude est plus étendu que le simple bassin du Rec de Veyret. En effet, les débordements de ce dernier en rive gauche au passage du couloir endigué mobilisent un secteur de Narbonne qui ne fait pas partie, à proprement parler, du bassin versant du Rec de Veyret.

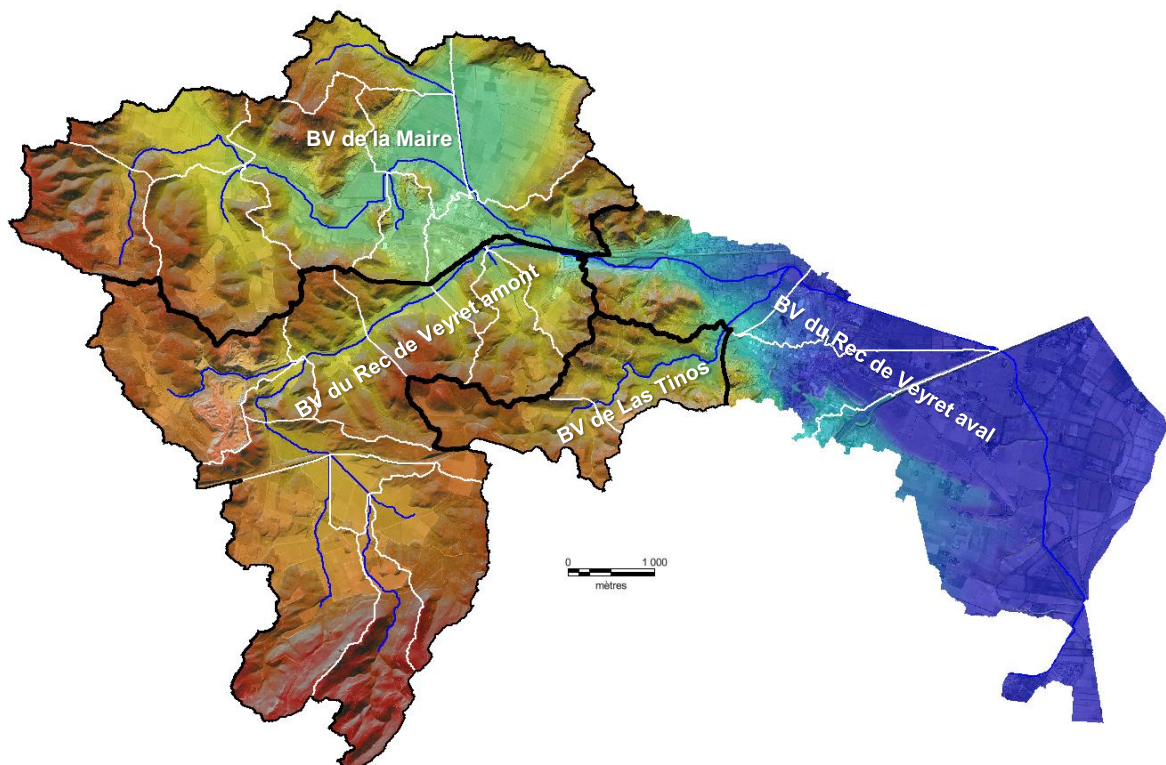


Figure 3 : Bassin versant du Rec de Veyret

2.2 LES COURS D'EAU

2.2.1 Le Rec de Veyret

2.2.1.1 Généralités

Le ruisseau du Rec de Veyret transite dans un lit mineur dont la largeur varie de 10 à 20 m environ. Il franchit plusieurs ouvrages (Autoroutes A61 et A9, passages à gué, passage souterrain, la carrière de Cap de Pla...). Au passage des zones densément urbanisées de Narbonne, il est canalisé dans un couloir endigué caractérisé par une largeur de l'ordre de 15 à 20 m et des endiguements latéraux dont la hauteur maximale atteint environ 2 m (cf. paragraphe suivant). Son exutoire final est l'étang de Bages.

Les photos ci-dessous illustrent le Rec de Veyret de l'amont vers l'aval :



Ouvrage de franchissement de l'Autoroute A61



Rec de Veyret au droit du lieu dit d'Aussières



Vue du lit mineur du ruisseau de Veyret avant la confluence avec le ruisseau Maire



Passage à gué busé sur le ruisseau de Veyret



Vue de l'ouvrage mobile de vidange de la retenue Cap de Pla –vue depuis l'amont



Vue de l'ouvrage mobile de vidange de la retenue Cap de Pla –vue depuis l'aval



Passage du Rec de Veyret sous la RD 6009



Passage du Rec de Veyret sous la voie ferrée



Le couloir endigué au passage de zones urbanisées de Narbonne



Ouvrage de franchissement de l'Autoroute A9 et déflueuse des deux bras du Rec de Veyret



Le Rec de Veyret en aval de la déflueuse



Le bras de décharge en crue du Rec de Veyret en aval de l'autoroute A9

2.2.1.2 Le couloir endigué en amont de l'autoroute A9

Le système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche est un système d'endiguement complètement fermé assurant la protection du val éponyme. Il a fait l'objet, par arrêté préfectoral en date du 29/07/2011, d'un classement en digue de classe B compte tenu de ses caractéristiques estimées alors et de la réglementation en vigueur à l'époque. La zone protégée en rive gauche par le système d'endiguement du Rec de Veyret abrite environ mille six cent personnes.

La digue rive gauche du Rec de Veyret à Narbonne est un ouvrage linéaire de 1,6 km environ, d'une hauteur variable entre 1 et 2 m. Le talus de cette digue est situé dans le prolongement du talus de Rec de Veyret. L'ouvrage s'inscrit aussi bien dans un contexte urbain que périurbain (communes de Narbonne). La figure suivante présente le système d'endiguement. La digue est comprise entre la RN9 à l'Ouest et l'Autoroute A9 à l'Est.

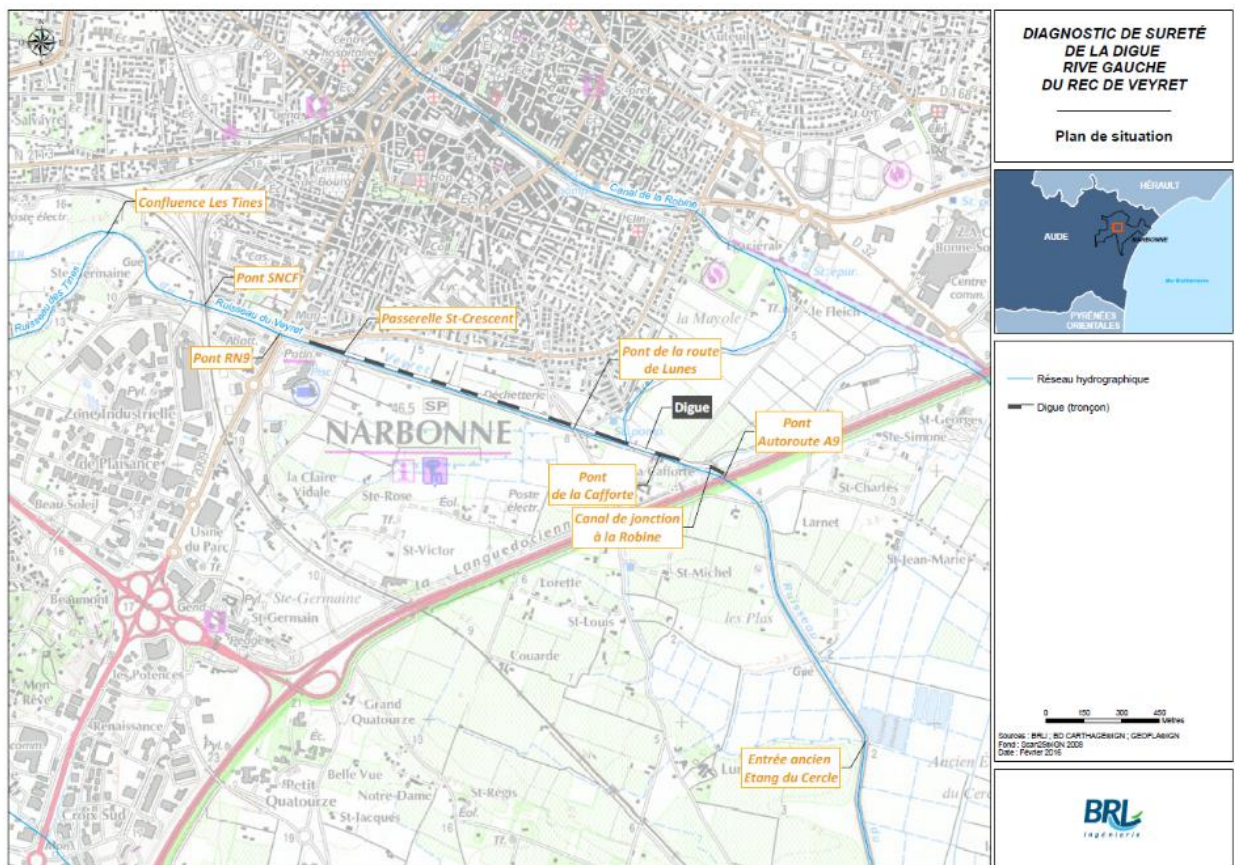


Figure 4 : Localisation de la digue rive gauche du Rec de Veyret (issue de l'Étude de Dangers)

La digue se caractérise par les tronçons suivants.

TRONÇON ENTRE LE PONT DE L'AVENUE DU GENERAL LECLERC ET LA PASSERELLE DE ST-CRESCENT :

Sur ce tronçon, la digue est homogène. Le talus coté rive est régulier avec une pente moyenne de 2H/3V. On y note la présence d'enrochements localisés. Le talus coté val a une hauteur de 20 à 40 cm. La crête est circulaire en voiture.



Tronçon entre le pont de l'avenue du Général Leclerc et la passerelle de St Crescent

TRONÇON ENTRE LA PASSERELLE DE ST-CRESCENT ET LA DECHETERIE :

Ce tronçon est également homogène en géométrie (pentes de talus, largeur de crête). En approchant de la déchèterie, le profil de la digue remonte au niveau du bassin de rétention. Un ouvrage hydraulique traverse la digue dans sa partie supérieure. Le talus coté rive est en moyenne à 1H/2V sur la moitié la plus proche de la passerelle et 2H/3V lorsque l'on se rapproche de la déchèterie. Il est ponctuellement renforcé avec des enrochements. La hauteur du talus coté val s'accroît plus on se rapproche de la déchèterie. La crête est circulaire en voiture.



Tronçon entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie



Tronçon entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie – bassin de rétention et ouvrage hydraulique

TRONÇON ENTRE LA DECHETERIE ET LE PONT DE LUNES :

Ce tronçon a fait l'objet de travaux. La crête de digue n'est plus circulaire. La digue a été creusée côté val et le matériaux d'excavation a servi au rehaussement de la digue.



Tronçon entre la déchèterie et le pont de Lunes

TRONÇON ENTRE LE PONT DE LUNES ET LE PONT DE LA CAFFORTE :

Ce tronçon est homogène en géométrie (pentes de talus, largeur de crête). Vers le pont de Lunes, une propriété privée est encastrée dans la digue (Soutènement en palplanche). La section de la digue y est diminuée. Le talus côté rive est de pente de 2H/1V. Il est ponctuellement renforcé avec des enrochements. La crête est circulaire en voiture sauf au niveau de la propriété privée.



Tronçon entre le pont de Lunes et le pont de la Cafforte

TRONÇON ENTRE LE PONT DE LA CAFFORTE ET LE PONT DE L'A9 :

Ce tronçon est homogène en géométrie (pentes de talus, largeur de crête). On note la présence de quelques arbres sur le talus coté rive. Cette dernière section débouche sur le seuil du pont de l'Autoroute. La crête est circulaire en voiture.



Tronçon entre le pont de la Cafforte et le pont de l'A9



Seuil du pont de l'A9

2.2.2 La Maire

De nombreux fossés ainsi que des ouvrages sont présents dans la plaine de Montredon et drainent les écoulements en provenance des collines. Ces écoulements sont dirigés le long de la voie SNCF (ruisseau de la Maire). Un ouvrage sous la voie SNCF est situé dans un point bas et permet de rétablir les écoulements de part et d'autre de la voie ferrée. Le ruisseau Maire reçoit les eaux du ruisseau des Clottes puis franchit l'ancienne route de Bizanet puis la RD 6113 et une voie de service. Il rejoint ensuite le ruisseau de Veyret au Cap de Pla après avoir franchi la voie SNCF par un ouvrage cadre de dimensions 3,9 x 3,4 m.

Le reportage photographique ci-dessous illustre le cheminement du ruisseau de la Maire :



Vue de l'ouvrage sous la voie ferrée 3 x 2,1 m – Point bas (ruisseau Maire)



Fossé



Passage à gué busé dans l'étang



Vue du ruisseau Maire après la confluence avec le ruisseau des Clottes



Vue de l'ouvrage 2,9 x 3,1 m sous l'ancienne route de Bizanet



Vue du pont 4 x 2,9 m sur la RD 6113

2.2.3 Las Tinos

Le ruisseau de Las Tinos draine un bassin versant d'environ 3,6 km² à sa confluence avec le Rec de Veyret, quelques centaines de mètres en amont du couloir endigué. Son lit mineur est assez peu marqué sur l'ensemble de son linéaire. Dans sa partie aval, il transite à proximité d'habitations.

Les photos ci-dessous illustrent le lit mineur du ruisseau de Las Tinos :



Ruisseau des Tinos en amont de la RD 6009



Ruisseau des Tinos en aval de la RD 6009 au passage d'un chemin desservant les habitations riveraines

2.3 LES PRINCIPAUX ENJEUX D'ACTIVITES HUMAINES

Les cartes insérées en page suivante et en **annexe 1** présentent les principaux enjeux du bassin du Rec de Veyret. Ces dernières distinguent notamment :

- Les enjeux de santé humaine, d'enseignement, culturels,
- Les enjeux liés à la gestion de crise,
- Les enjeux économiques (zones d'activité, principaux axes de circulation),
- Les enjeux environnementaux (station d'épuration...),
- ...

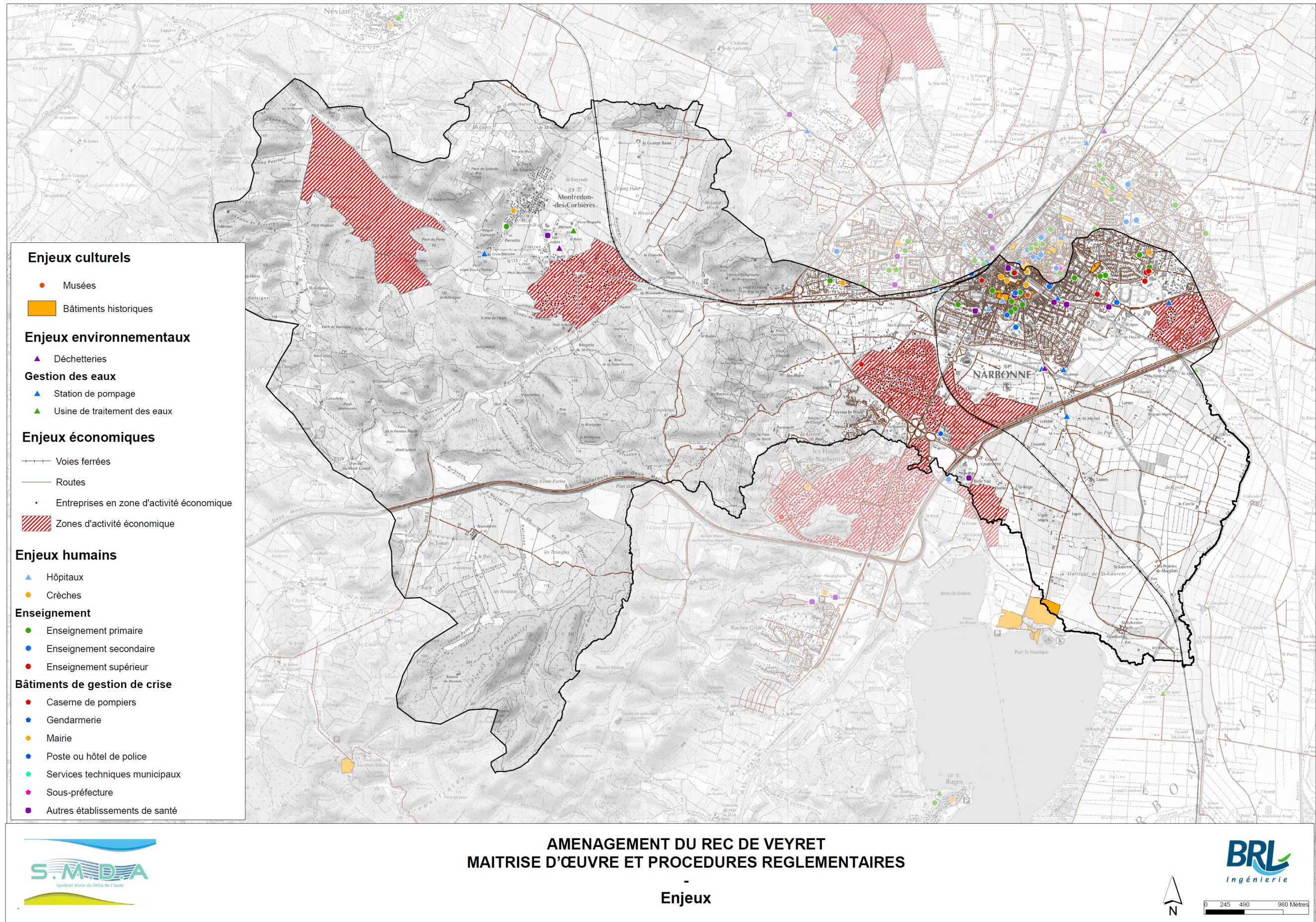
L'analyse des enjeux sera détaillée dans le cadre des Analyses Multicritères et Coûts-Bénéfices.

Comme précisé en préambule du présent rapport, les principales zones d'enjeux vulnérables sont constituées par :

- La Zone Industrielle et Commerciale de Montredon,
- Les enjeux de la ville de Narbonne en rive gauche du couloir endigué du Rec de Veyret,
- La Zone Industrielle de la Coupe en rive droite du couloir endigué du Rec de Veyret.

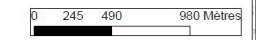
Des zooms ont été réalisés aux abords du couloir endigué (cf. annexe 1). Un recensement préliminaire des enjeux en rive droite de ce dernier, dans la zone délimitée au sud par l'autoroute A9 et à l'ouest par la voie ferrée a été effectué à titre informatif. On recense ainsi une dizaine de bâtiments d'habitations et les entreprises suivantes :

Type enjeu	Nom
ZA	ZA Salette
Entreprise en ZA	SARL ETABLISSEMENTS GRAVES LAURENS
Entreprise en ZA	SARL PITCH & PUTT
Entreprise en ZA	SARL LE RESTAURANT DU GOLF
Entreprise en ZA	SARL SALETTE PAUL SERGE
Entreprise en ZA	ROUAN
Entreprise en ZA	MONSIEUR PAUL SALETTE
Entreprise en ZA	KFC FRANCE SAS
Entreprise en ZA	MONSIEUR GILLES GARCIA



**AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET
MAITRISE D'ŒUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES**

Enjeux



3. Synthèse des études précédentes

3.1 PREAMBULE

Les principales études intéressant la présente démarche sont composées des études suivantes :

- « **le Plan de Prévention des Risques Inondations du Rec de Veyret** » réalisé par BCEOM en 2006 pour le compte de la DDT11,
- « **L'étude de dangers de la digue rive gauche du Rec de Veyret** » réalisée par BRLi en novembre 2016 pour le compte du S.M.D.A.,
- « **L'étude de modélisation hydraulique 2D des franchissements du secteur du Rec de Veyret / ruisseau Maire** » réalisée par BRLi en novembre 2016 pour le compte de SNCF Réseau dans le cadre des études plus générales relatives à la ligne nouvelle LGV entre Montpellier et Perpignan,
- « **Les études de réduction de la vulnérabilité et de définition d'aménagements de protection contre les crues du Rec de Veyret** » réalisées par BG ingénieurs conseils entre 2006 et 2013 pour le compte du S.M.D.A.

Les synthèses réalisées dans les chapitres suivants ont pour simple objectif de présenter les tenants et les aboutissants des études précédentes. Les résultats détaillés de ces dernières sont repris dans les chapitres correspondant du présent rapport (analyses hydrologique et hydraulique, analyse critique des ouvrages précédemment préconisés...).

3.2 SYNTHÈSE « PPRi DU REC DE VEYRET »

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des crues historiques de 1965, 1992, 1994 et 1999 a démontré que la crue centennale était la crue de référence. Pour la détermination du débit de référence centennal, la méthode de Bressand Golossov appliquée à l'Aude¹ a été jugée trop pénalisante pour ce type de bassin versant, qui présente des vastes plaines ou carrières influant très significativement sur le débit de pointe.

Les débits hydrologiques et hydrauliques en quelques points, issus du rapport de présentation du PPRi, sont présentés dans le tableau ci-après (les cartes réglementaires sont insérées en page suivante) :

Sous bassin versant	Superficie (km ²)	Débits hydrologiques (m ³ /s)	Débits hydrauliques (m ³ /s)
Rec de Veyret en amont de la confluence avec le ruisseau Maire	16.2	254	160
Rec de Veyret au droit de la RN9 (avenue du général Leclerc)	33	-	216
Ruisseau des Clottes à la RD69	10.2	127 + 34 (2 injections)	85
Ruisseau Maire, en amont de la confluence avec le Veyret	16	246	17

Tableau 1 : Débits de référence issus du PPRi

L'écrêtement est très important, et en particulier sur le BV du ruisseau Maire. En effet, sur le ruisseau des Clottes, la RN113 bloque les écoulements entre le Puech des 2 chemins et le Puech de Montredon, avant d'entrer dans la zone dite de l'étang. D'autre part, le Rec de Veyret déborde au droit de la zone industrielle, les débits rejoignant l'étang Ouest.

¹ Il s'agissait de la méthode Audoise de l'époque, proche de la méthode dite PPRi Aude actuellement appliquée pour les petits bassins.

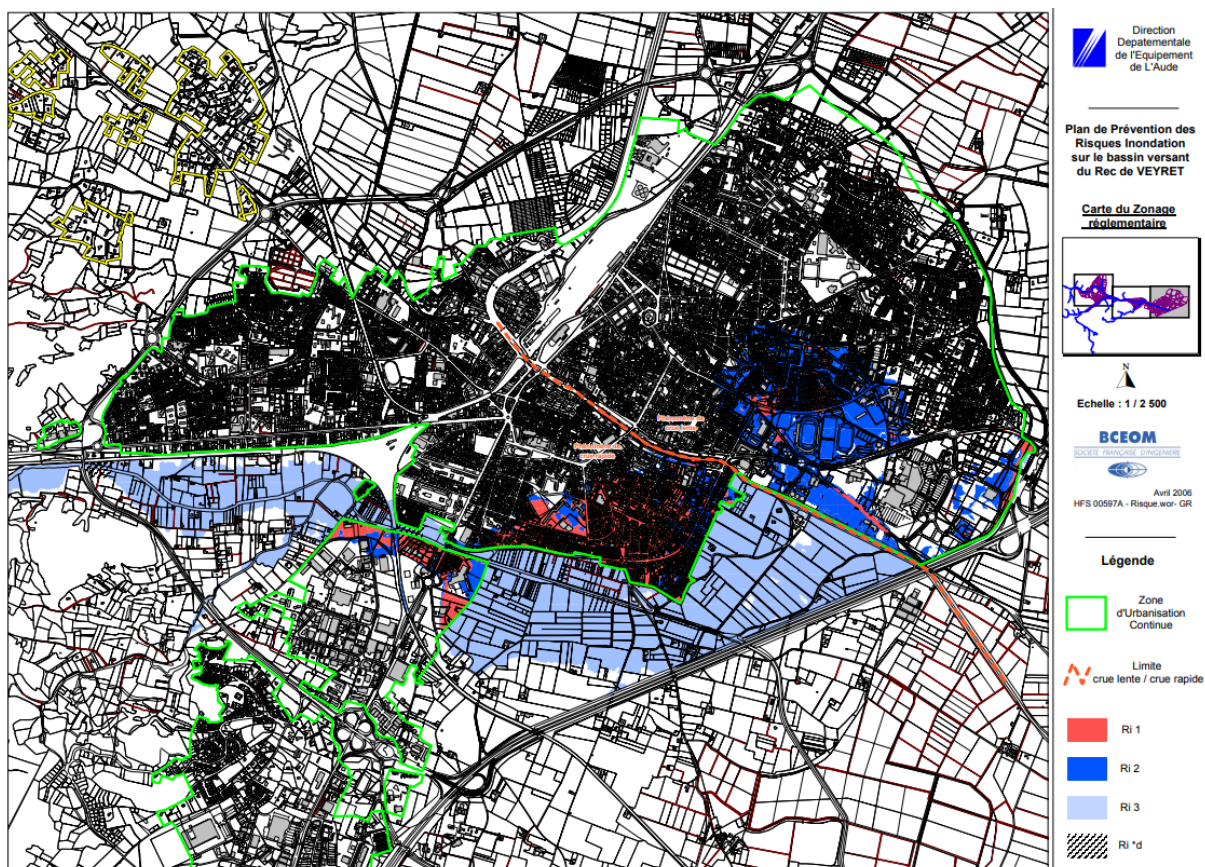
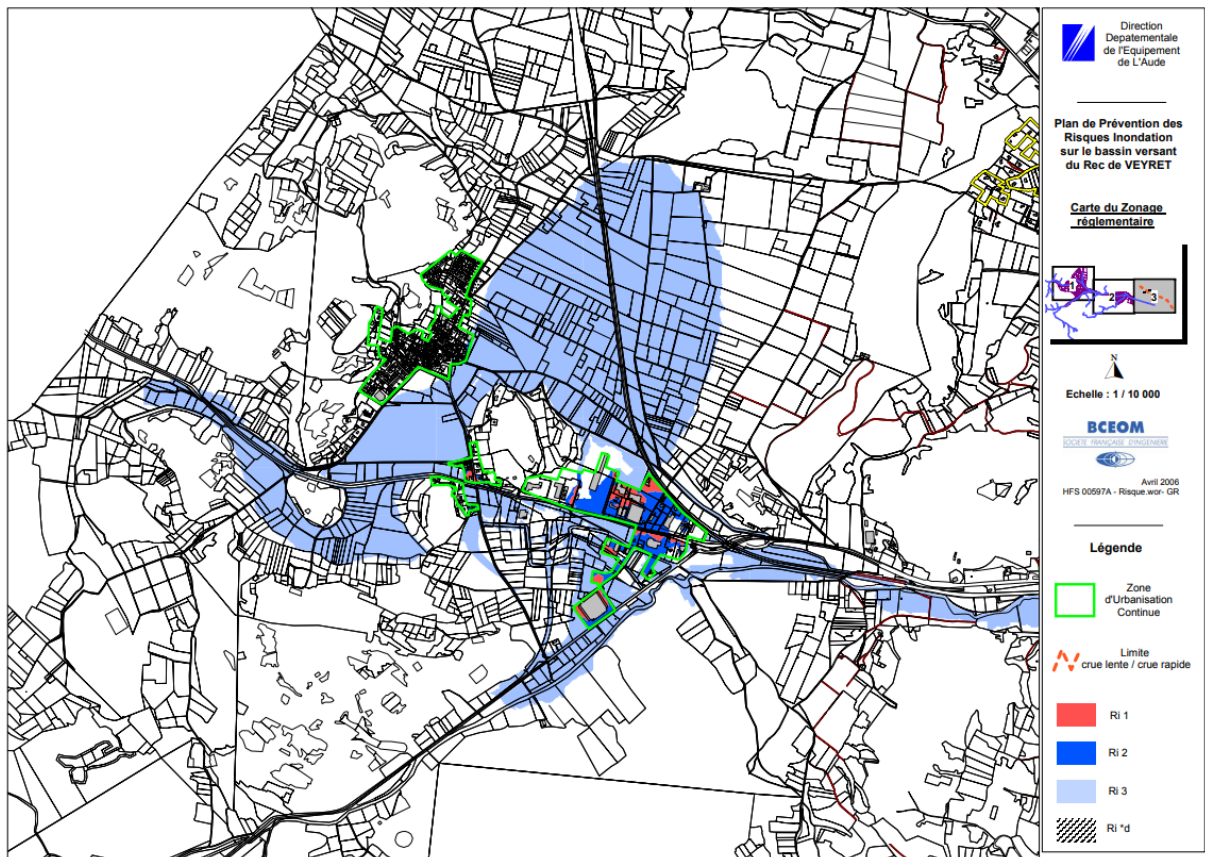


Figure 5 : Cartes réglementaires du PPRi du Rec de Veyret

3.3 SYNTHÈSE « EDD DIGUE RIVE GAUCHE DU REC DE VEYRET »

L'étude de Dangers a été réalisée par BRLi en 2016. Elle s'est appuyée notamment sur :

- Une Visite Technique Approfondie de l'ouvrage,
- Des analyses hydrologiques,
- Une modélisation hydraulique 2D détaillée dont l'emprise est présentée ci-dessous.

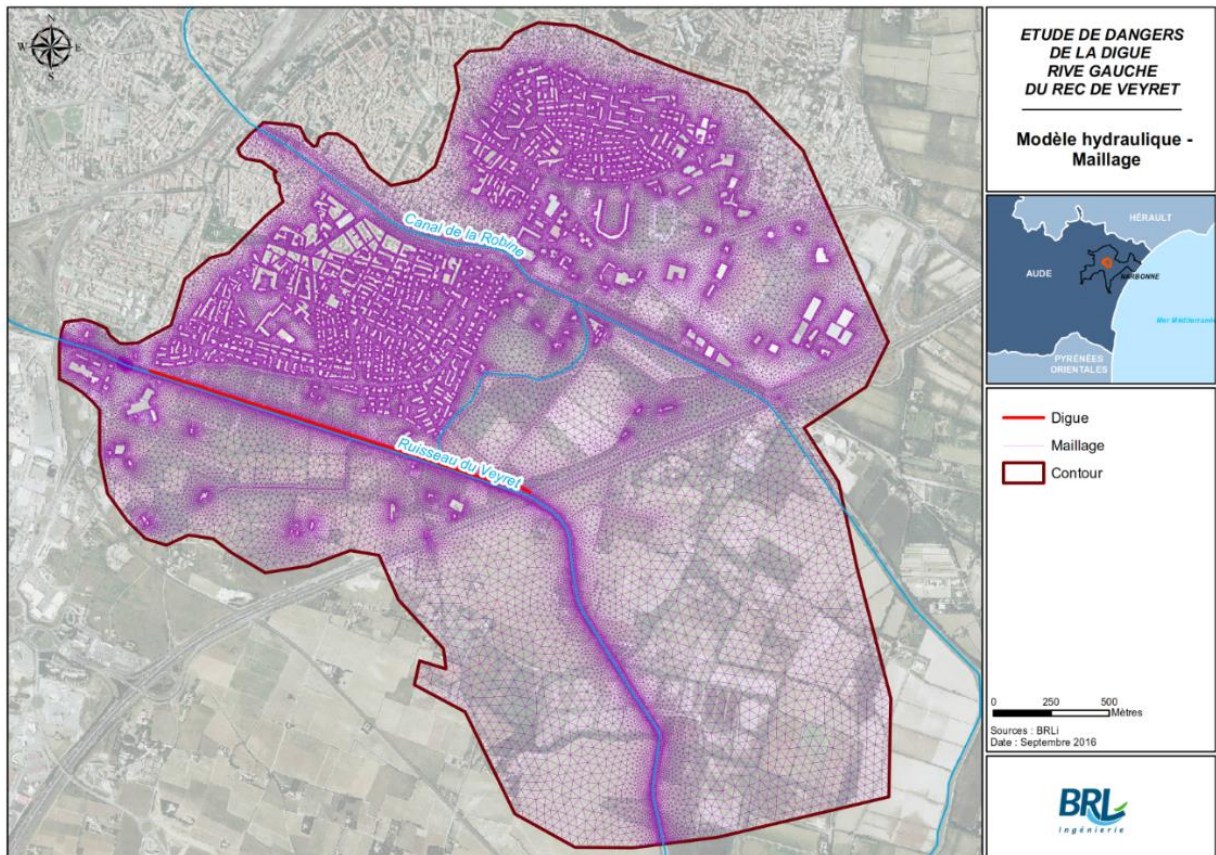


Figure 6 : Emprise du modèle 2D réalisé dans le cadre de l'EDD

La visite technique approfondie réalisée dans le cadre de l'EDD ainsi que les éléments du dossier d'ouvrage ont permis d'identifier un certain nombre d'anomalies fragilisant l'ouvrage en cas de crue :

- Signes de glissements de talus coté rive,
- Travaux de terrassements non autorisés dans la digue au niveau de la déchèterie,
- Végétation sur et aux abords de la levée,
- Obstacles sur les talus de digue.

Les différentes analyses hydrologiques, hydrauliques et structurelles ont abouti aux estimations des probabilités de rupture de la digue rive gauche consignées dans le tableau ci-dessous :

Identification du Profil		Surverse	Erosion interne	Glissement	Erosion externe	Soulèvement hydraulique	Aléa global : Probabilité de Rupture tous modes			Probabilité annuelle
N° du Profil utilisé	PK Digue (m/ OrigineVal)	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Q2	Q5	Q10	Σ
1	B1_B2_T2	2.92%	0.34%	0.02%	0.02%	0.00%	0.0%	9.3%	10.5%	3.27%
2	B3_T11	3.47%	0.34%	0.04%	0.04%	0.00%	0.0%	11.5%	11.5%	3.83%
3	B4_T16	1.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	4.0%	6.4%	1.68%

Tableau 2 : Probabilités de rupture de la digue RG du Rec de Veyret

Il ressort de ce tableau les informations essentielles suivantes concernant la capacité du secteur endigué avec un niveau acceptable de risque :

- **En état actuel (sans confortement) => Q2 ± 20 m³/s** : la crue de période de retour 2 ans, caractérisée par un débit de l'ordre de 20 m³/s peut transiter dans le couloir endigué sans risque de rupture en rive gauche dans son état actuel,
- **En état conforté (sans modification de la section hydraulique) => Q5 ± 50 à 60 m³/s** : la crue de période de retour 5 ans, caractérisée par un débit de l'ordre de 50 à 60 m³/s [qui correspond à la capacité hydraulique du couloir endigué] peut transiter dans le couloir endigué moyennant un confortement généralisé mais sans augmentation de sa section hydraulique.

Pour plus de détails, nous proposons au lecteur de se référer au rapport de l'Etude de Dangers.

3.4 SYNTHÈSE « ETUDE LNMP »

Cette étude a été réalisée par BRLi den 2016.

La ligne nouvelle entre Montpellier et Perpignan (LNMP) est le « chaînon manquant » entre la ligne à grande vitesse depuis Perpignan vers l'Espagne et le projet de ligne nouvelle dite « Contournement Nîmes Montpellier ». Sa réalisation présente plusieurs enjeux en matière d'aménagement du territoire, tels que relier la Région Languedoc Roussillon au réseau LGV, améliorer les dessertes intra-régionales et relancer le trafic du fret. Ces différents enjeux ont tous pour objectif d'apporter à la Région Languedoc Roussillon un nouveau dynamisme économique.

Dans ce cadre, des études ont été réalisées sur l'ensemble du linéaire de la ligne afin de permettre l'optimisation du projet et la production de l'ensemble des dossiers réglementaires nécessaires à la déclaration d'utilité publique.

Pour certains franchissements complexes ou présentant des enjeux très forts, il est apparu nécessaire de mettre en œuvre une modélisation plus fine de type bidimensionnel. Cela a été en particulier le cas sur le secteur de l'étang de Montredon traversé par les ruisseaux de Maire et du Rec de Veyret.

La complexité du fonctionnement hydraulique du secteur et les enjeux associés au projet LNMP (zone de gare) ont conduit SNCF Réseau à engager une modélisation hydraulique 2D fine afin de fournir tous les éléments hydrauliques nécessaires à l'optimisation hydraulique du projet sur ce secteur.

L'emprise de la modélisation 2D mise en œuvre est présentée ci-dessous :

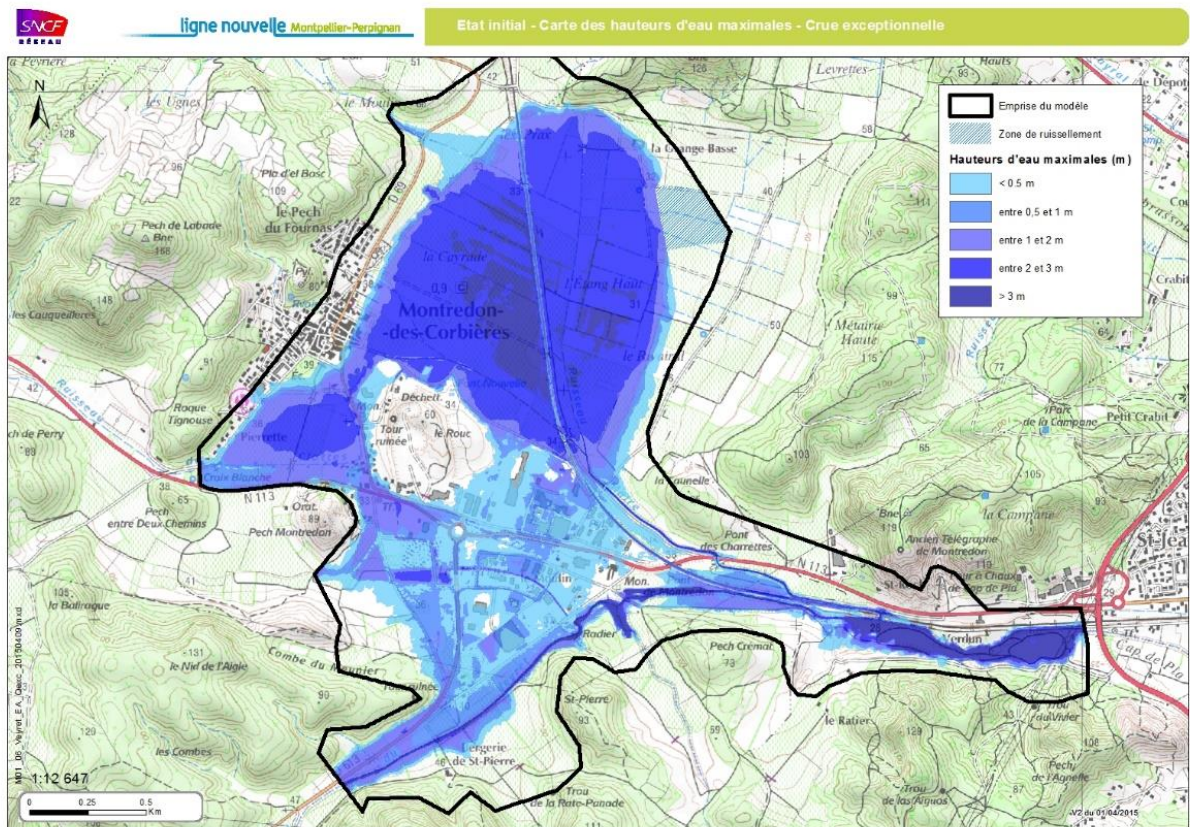


Figure 7 : Emprise du modèle 2D réalisé dans le cadre de l'étude LNMP

Les principaux enseignements de cette étude de dimensionnement de la ligne LGV et des ouvrages de transparence hydraulique associés sont les suivants :

- **Les conclusions de l'étude hydraulique sont globalement cohérentes avec les résultats de l'étude PPRI BCEOM de 2006 pour l'événement de référence** ; en termes de cote maximale, le modèle retrouve globalement les cotes du PPRI, avec des écarts d'au maximum 30 cm, ce qui reste acceptable compte tenu :
 - o des écarts pouvant exister en termes d'hydrologie de référence (en effet l'hydrologie ayant servi à l'élaboration du PPRI n'a pu être que reconstitué à partir des éléments disponibles) ; les hypothèses de pluie sont en revanche analogues : elles respectent les pluies type PPRI de l'Aude,
 - o des différences de topographies entre les deux modèles. Le modèle BRLi a été construit sur la base d'une topographie plus récente.
 - o des différences liées au type de modèle employé (le modèle utilisé pour réaliser le PPRI était un modèle à casiers, alors que le modèle utilisé dans la cadre de cette étude était un modèle 2D, avec donc une approche et un maillage plus fin et plus pertinent, en particulier sur le secteur de la zone industrielle, qui présente de faibles hauteurs d'eau).
- **Il a été démontré la grande capacité de laminage des débits de crue de l'étang de Montredon** : pour exemple, les débits de l'événement de référence centennal de type PPRI sont laminés en sortie à environ 15 m³/s pour des débits de pointe cumulés entrants de l'ordre de 150 m³/s.

Pour plus de détails, nous proposons au lecteur de se référer au rapport de l'Etude LNMP.

3.5 SYNTHÈSE « ETUDES BG DE PROTECTION CONTRE LES CRUES »

Les études réalisées par BG l'ont été sur une période allant de 2006 à 2013. Elles se sont appuyées sur différentes analyses :

- Analyse hydrologique réalisée à l'aide du logiciel HEC-HMS sur l'ensemble du bassin du Rec de Veyret,
- Analyses hydrauliques 1D et 2D à l'aide du logiciel HEC-RAS entre le pont SNCF et l'autoroute de l'A9.

Les grands axes de réflexion relatifs aux possibilités de protection contre les crues du Rec de Veyret définis dans le cadre de cette étude sont résumés sur la figure ci-dessous :

- Une optimisation de la gestion de l'étang de Montredon,
- Un stockage amont au moyen de trois ouvrages écrêteurs (Aussières, Cap de Pla et Bagatelle),
- Des travaux d'homogénéisation de la capacité du lit du rec de Veyret à l'aval (reprise d'ouvrages de franchissement, recalibrage, endiguements latéraux...),
- Modification de la condition limite aval avec la création d'un déversoir latéral à l'aval de l'autoroute A9, pour abaisser la ligne d'eau sur la partie aval du tronçon.

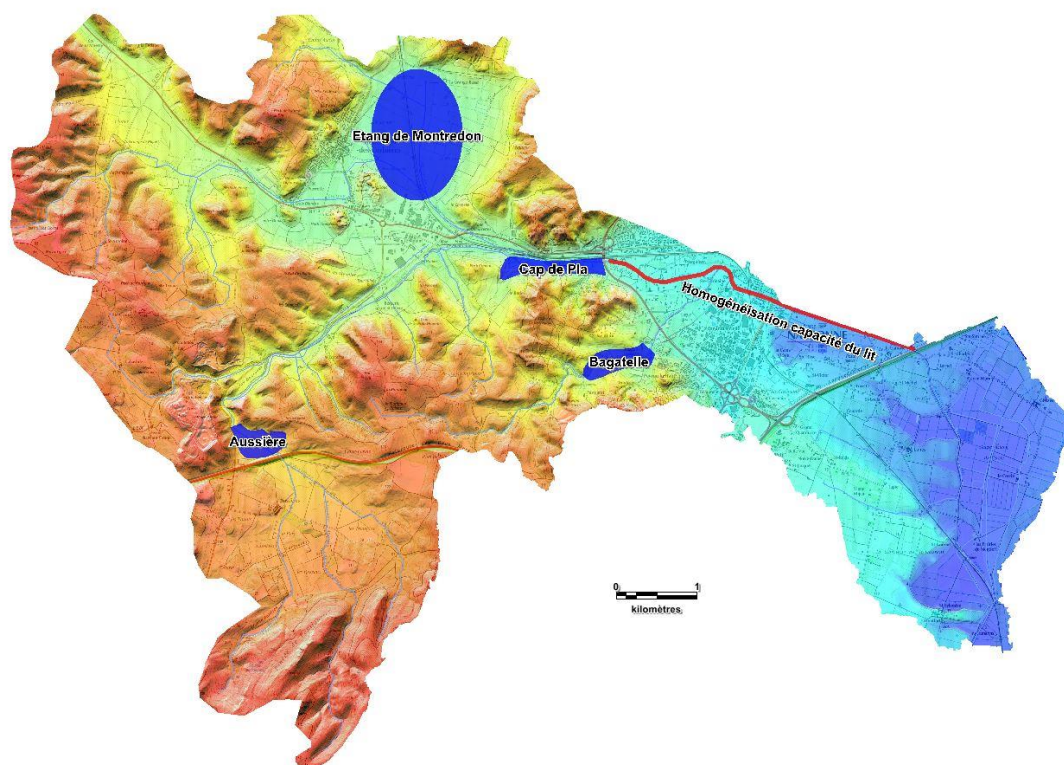


Figure 8 : Principaux ouvrages de protection contre les crues étudiés dans les études BG

A ce stade, le montant initial des travaux avait globalement été estimé à 6 500 000 € HT.

Lors de l'élaboration de l'offre par BRLi mais également lors de la première analyse ACB réalisée par Hydrétudes en 2014, ce montant a été jugé sous-estimé, particulièrement concernant les ouvrages d'homogénéisation/augmentation de la capacité du couloir endigué.

Pour plus de détails, nous proposons au lecteur de se référer aux différents rapports des études BG.

4. Données topographiques exploitées

Les principales données topographiques exploitées dans le cadre de cette analyse sont les suivantes :

- Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) réalisé la société Geofit en avril 2017 ; ce MNT est issu d'un lever Lidar ; il est caractérisé par un maillage régulier avec des dalles de 1 m x 1 m et une précision altimétrique de l'ordre de 0,2 m ; ce MNT couvre la moitié Ouest du bassin du Rec de Veyret,
- Le MNT de l'IGN LITTO3D, également caractérisé par un maillage régulier avec des dalles de 1 m x 1 m et une précision altimétrique de l'ordre de 0,2 m ; il couvre majoritairement la partie EST du bassin,
- Des points GPS levés par BRLi lors de la VTA de 2016 : ces points ont eu pour objectifs de mieux définir la géométrie des ouvrages du couloir endigué,
- Le lever des principaux ouvrages de franchissement du Rec de Veyret, de la Maire et de Las Tinos réalisés en novembre 2017 par le cabinet de géomètres experts Enjalbert.

L'ensemble de ces données ont été comparées. Aucune incohérence flagrante n'a été identifiée.

Le MNT construit par BRLi et couvrant l'ensemble du domaine d'étude est présenté ci-dessous :

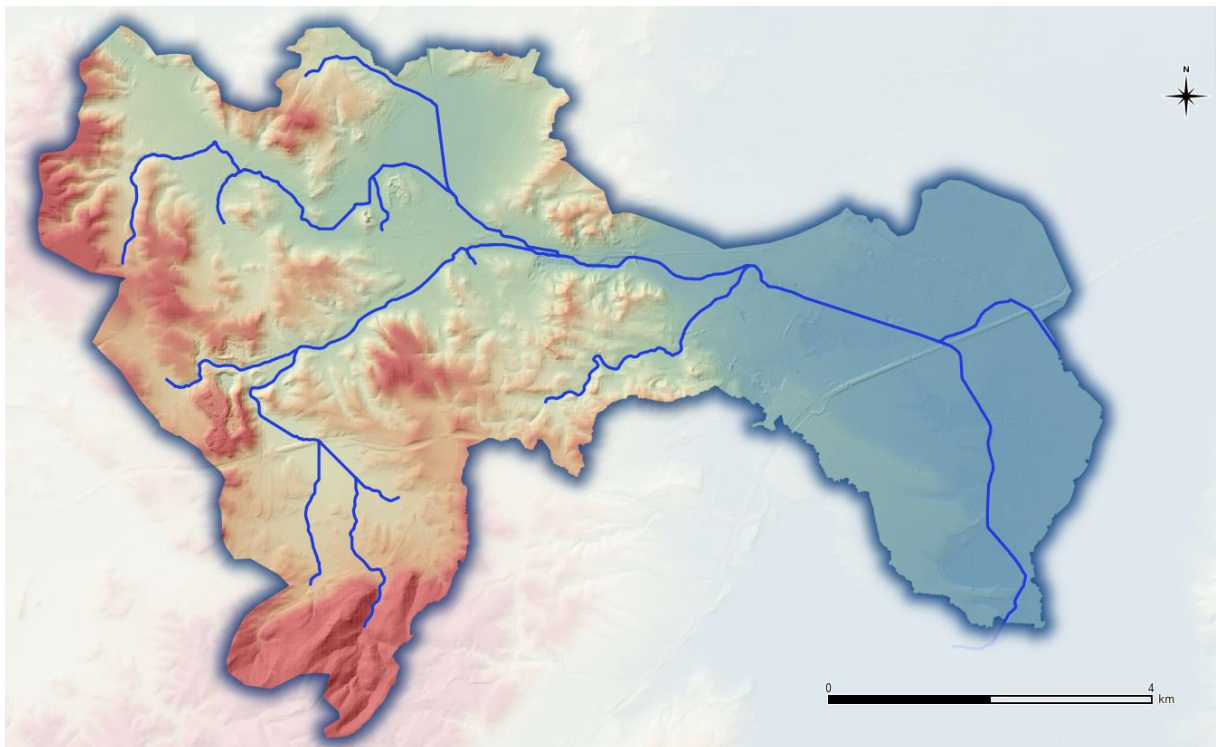


Figure 9 : Modèle Numérique de Terrain final

5. Hydrologie

5.1 HYPOTHESES PLUVIOMETRIQUES RETENUES

La définition des pluies courantes à rares ($T = 5$ à 100 ans) s'est appuyée sur les statistiques de précipitation de Météo-France à Narbonne. Ces mêmes valeurs ont été retenues dans le cadre des études BRLi LNMP et de l'EDD de la digue RG du Rec de Veyret.

Nous avons retenu au final les hyétogrammes suivants caractérisés par des durées de 24 h (le temps de concentration du bassin étant compris entre 3 et 6 h).

Pour la crue de référence, en cohérence avec le PPRi approuvé sur le Rec de Veyret, il a été retenu les hypothèses hydrologiques du PPRi.

Les cumuls sur 1h, 6h et 24 h sont consignés dans le tableau ci-dessous :

T en années	P1h (mm)	P6h (mm)	P24h (mm)
2	27	53	90
5	37	72	122
10	55	104	169
30	72	137	224
50	80	153	251
100 ans type PPRi	102	191	310

Tableau 3 : Cumuls pluviométriques retenus en mm

Des exemples de hyétogrammes pour des périodes de retour de 10 et 100 ans sont présentés ci-dessous :

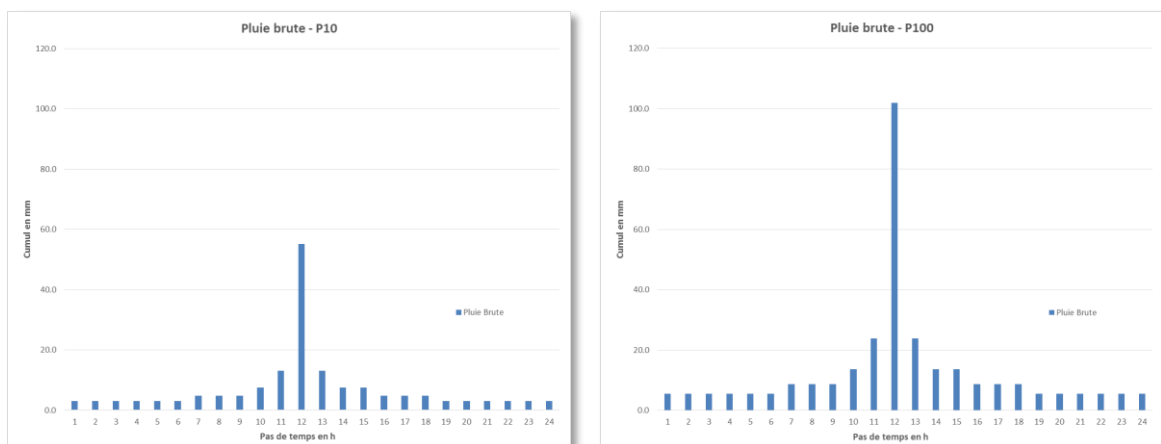


Figure 10 : Hyétogrammes retenus (T=10 et 100 ans)

5.2 MODELISATIONS HYDROLOGIQUES

5.2.1 Préambule

Il est à noter que deux analyses hydrologiques complémentaires ont été menées en parallèle. La principale motivation a été liée au fait que certains secteurs sont pourvus de pouvoirs naturels de laminage importants (notamment l'étang de Montredon mais aussi le secteur drainé en amont de l'autoroute A61 [en amont du site d'Aussières]), et que ces derniers sont difficiles à appréhender avec un modèle hydrologique pur.

De fait, deux modèles distincts mais complémentaires ont été construits :

- ▶ **Modèle hydrologique classique construit à l'aide du logiciel PHENIX_{BRLi}** (30 bassins versants, 35 nœuds et biefs...)
 - Avantages : rapidité de calculs, homogénéité avec analyses précédentes, possibilité de prise en compte des ouvrages de rétention...
 - Inconvénients : prise en compte simplifiée des zones naturelles de laminage, de l'influence aval des ouvrages (pour l'ouvrage de Cap de Pla par exemple)...
- ▶ **Modèle hybride hydrologique/hydraulique construit à l'aide du logiciel Hec-Ras 2D** : il s'agit d'un modèle bidimensionnel basé sur le MNT construit par BRLi sur lequel on précipite les pluies de projet ; le maillage est régulier avec des mailles de 20 m x 20 m et des zones densifiées afin de bien prendre en compte les remblais,
 - Avantages : pertinence des calculs, prise en compte détaillée de la topographie et des zones naturelles de laminage, possibilité de modéliser les ouvrages de rétention, première estimation des zones inondables, permet d'extraire en tout point un hydrogramme...
 - Inconvénients : Temps de calculs, nécessité de construire un modèle hydrologique pour transformation pluie brute/nette...

Cette approche est novatrice et permet de fiabiliser l'approche hydrologique.

En pratique, le modèle hydrologique classique **PHENIX_{BRLi}** est utilisé pour :

- Obtenir les premiers résultats,
- Faire les premières itérations pour optimiser les ouvrages de rétention amont,
- Calculer la transformation pluie brute/nette nécessaire afin d'alimenter le modèle hybride Hec-Ras 2D...

Le modèle hybride hydrologique/hydraulique **HEC-RAS 2D** est utilisé pour :

- Obtenir les résultats finaux (hydrologies dans l'état actuel et l'état aménagé),
- Calculer les potentiels de laminage naturels de certaines zones : certains paramètres du modèle hydrologique classique ont alors été mis à jour afin de refléter ce pouvoir écrêteur,
- Affiner le dimensionnement des ouvrages de rétention amont.

5.2.2 Modèle PHENIX_{BRLi}

Développé par BRLi, PHENIX est un logiciel de modélisation hydrologique de la formation et de la propagation de crue sur un bassin versant qui permet :

- ▶ de déterminer un hydrogramme à l'exutoire d'un bassin versant à partir de données pluviométriques (transformation pluie - débit) ;
- ▶ de le propager ensuite dans le cours d'eau (routage) ;
- ▶ de simuler l'effet de bassins de rétention sur le bassin versant.

Le modèle mis en œuvre dans le cadre de la présente étude compte :

- ▶ 30 bassins versants,
- ▶ 35 nœuds,
- ▶ 34 bief.

Un synoptique du modèle du bassin du Rec de Veyret est présenté ci-dessous :

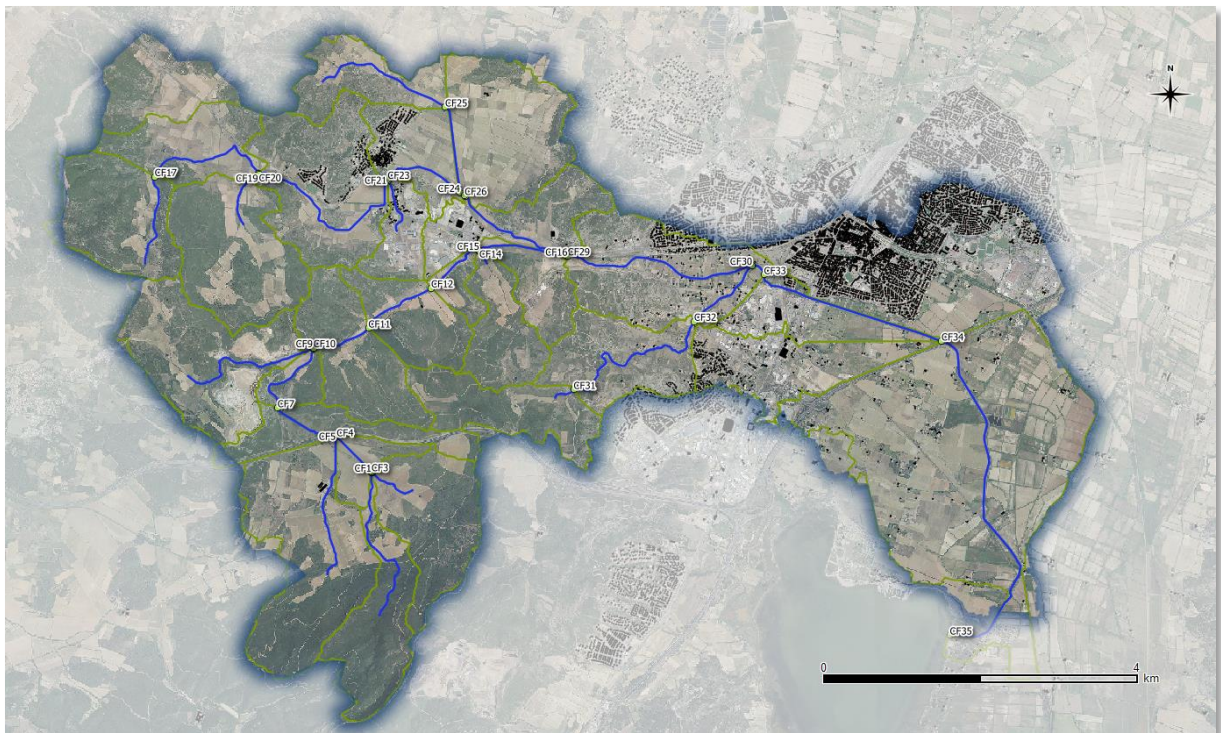


Figure 11 : Synoptique du modèle Phenix du bassin du Rec de Veyret

Les caractéristiques des bassins versants et des biefs ont été mises à jour sur la base :

- ▶ D'une analyse détaillée de l'occupation des sols,
- ▶ Des données topographiques issues du MNT construit par BRLi.

5.2.3 Modèle hybride HEC-RAS 2D

Le logiciel américain HEC-RAS Transitoire de l'US Army Corps of Engineers autorise la modélisation maillée en régime fluvial, torrentiel ou mixte (les deux), en régime transitoire ou permanent, filaire 1D, 2D et/ou à casiers. Les singularités hydrauliques peuvent également être prises en compte (ponts, buses, clapets asservis ou non au niveau amont ou aval, au débit...).

Il autorise également de faire précipiter une pluie nette (tout ruisselle) sur l'ensemble du domaine 2D. C'est cette fonction qui a été mise à profit ici.

Les figures ci-dessous illustrent cette modélisation :

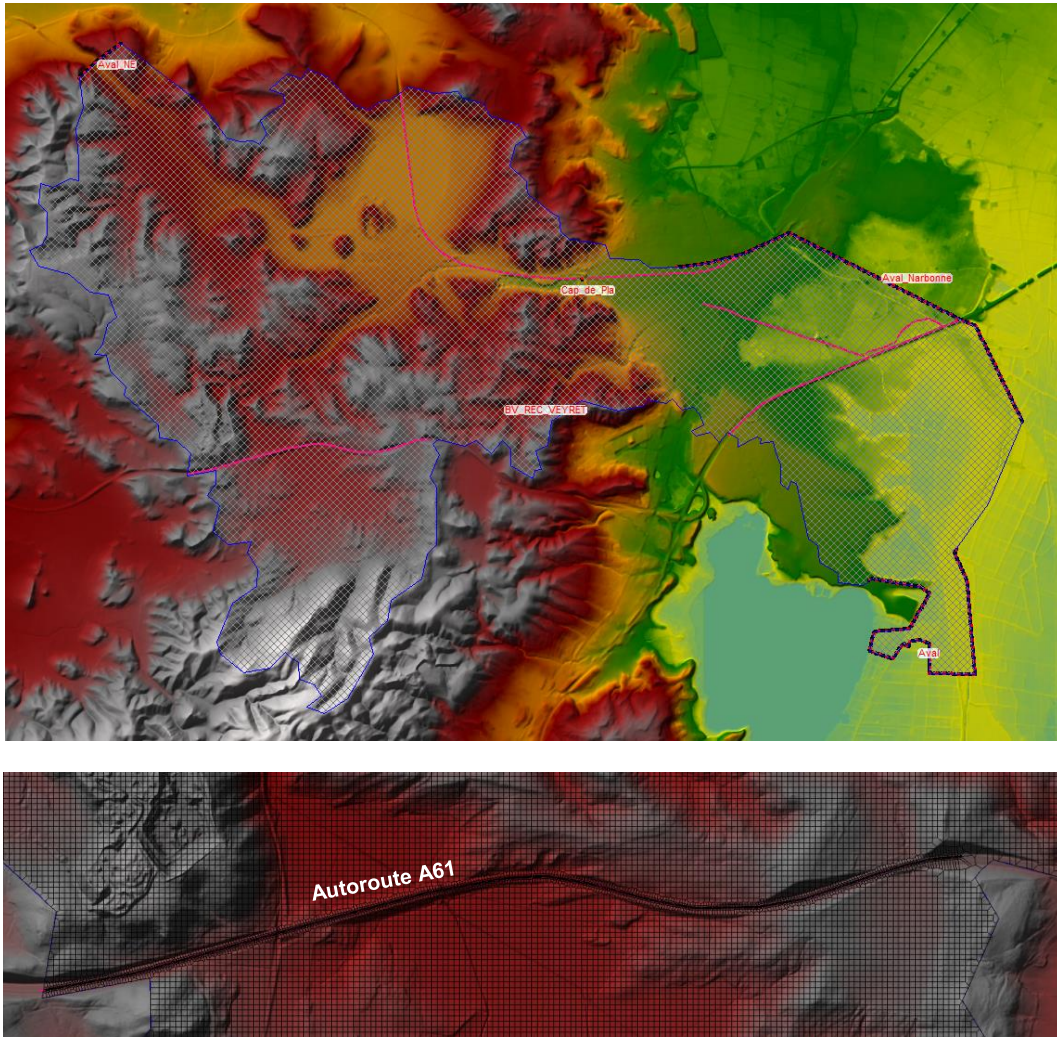


Figure 12 : Emprise du modèle hybride hydrologie/hydraulique Hec-Ras
(et zoom sur remblai autoroute A61 pour exemple)

Comme précisé précédemment, Hec-Ras nécessite en entrée des pluies nettes (pluies ruisselées) et non brutes. Le modèle hydrologique PHENIX_{BRL} a donc été exploité dans cet objectif.

Les pluies brutes et nettes pour les périodes de retour 10 et 100 ans sont présentée en page suivante pour exemple.



Figure 13 : Pluies brute et nette (T=10 et 100 ans)

De plus Hec-Ras permet, en première approximation, d'établir les zones inondables (y compris les zones de ruissellement). L'exemple de la crue de référence centennale type PPRi est présenté ci-dessous :

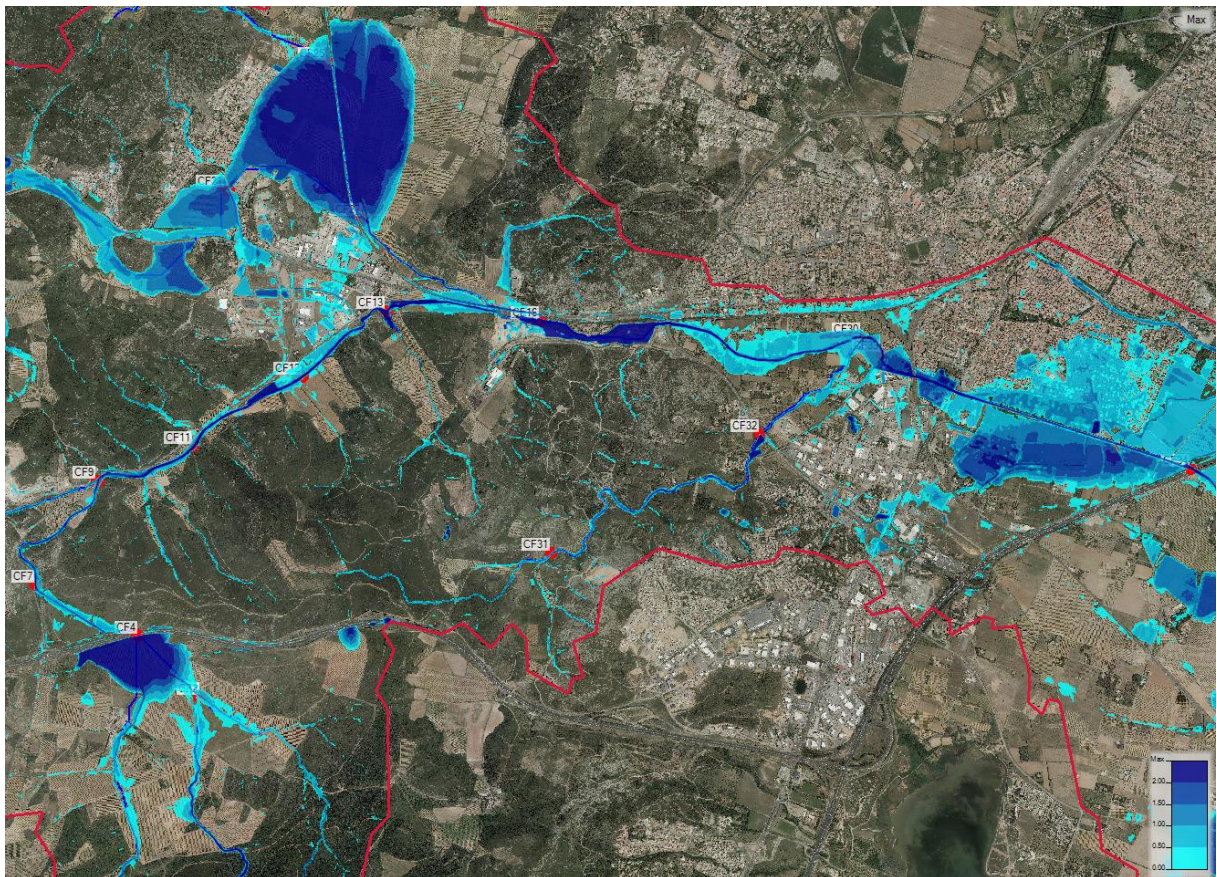


Figure 14 : Exemple de rendu du modèle hybride hydrologie/hydraulique Hec-Ras 2D (T=100 ans type PPRi)

Il est à noter qu'un modèle Hec-Ras 2D détaillé a été construit par la suite (cf. paragraphe 6).

C'est sur la base de cet unique modèle détaillé que seront estimés les ZI finales et les dommages dans le cadre des analyses AMC-ACB.

5.2.4 Résultats des différentes approches et comparaison avec les études précédentes

5.2.4.1 Comparaison approches hydrologiques PHENIX_{BRLi} et HEC-RAS 2D

Le tableau ci-dessous rassemble les résultats des différentes approches réalisées par BRLi :

Lieu	(m ³ /s)	Q2		Q5		Q10		Q30		Q50		QPPri	
		HEC-RAS	PHENIX	HEC-RAS	PHENIX	HEC-RAS	PHENIX	HEC-RAS	PHENIX	HEC-RAS	PHENIX	HEC-RAS	PHENIX
Amont autoroute A61	CF4am	26	14	44	28	57	53	80	82	97	96	135	131
Aval autoroute A61	CF6	7	8	13	14	18	25	25	36	32	41	50	53
ZI Montredon	CF12	23	13	41	27	56	53	79	84	96	99	139	135
Aval confluence Maire	CF29	18	17	42	32	66	57	101	88	122	103	170	139
Exutoire Tinos	CF32	12	6	21	11	28	22	38	34	45	40	64	54
Entrée couloir endigué - Pont SNCF	CF33	22	23	52	45	76	83	118	131	145	154	209	210

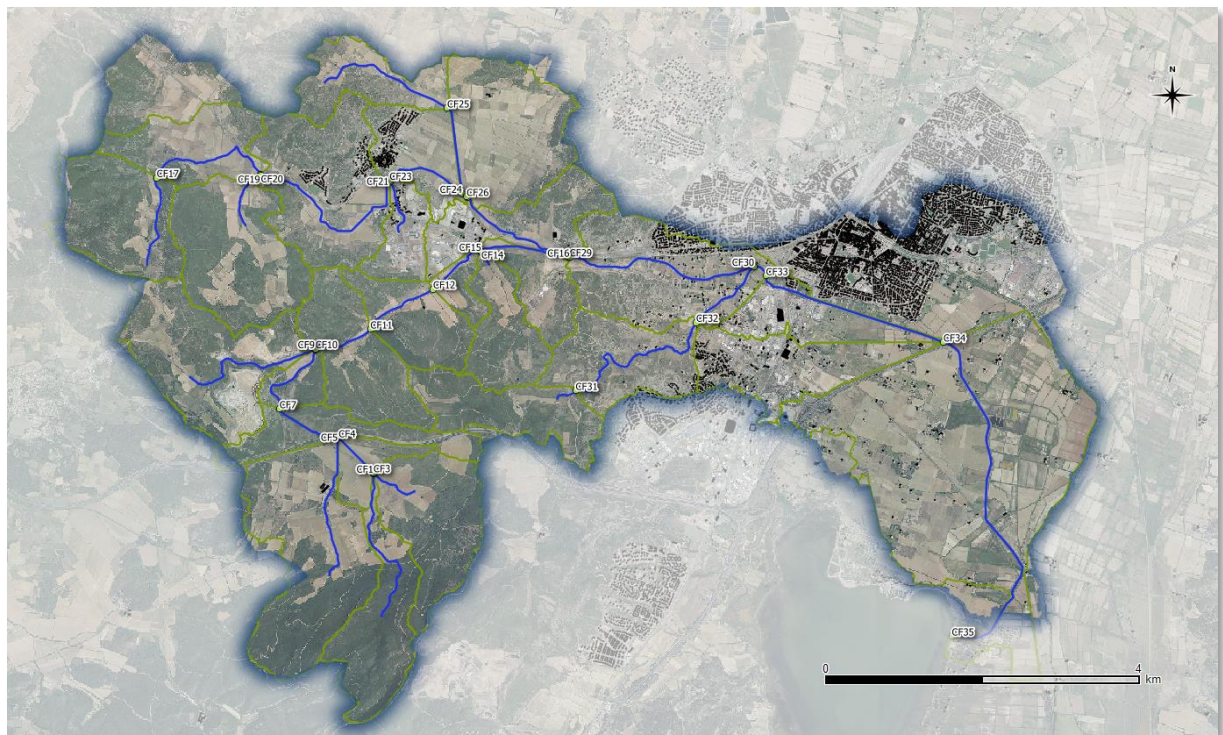


Figure 15 : Comparaisons des résultats hydrologiques issus de Phenix et de Hec-Ras

Quelques différences notables sont à noter pour Q₂ et Q₅. Elles sont liées :

- ▶ au pouvoir de laminage naturel parfois difficile à appréhender avec PHENIX_{BRLi},
- ▶ à la difficulté d'estimer finement le ratio pluie brute/nette pour les petits événements.

Au final, et comme précisé précédemment :

- ▶ PHENIX_{BRLi} est exploité pour les phases d'optimisation et de tests (notamment en raison de la rapidité de calculs),
- ▶ HEC-RAS 2D est exploité pour les configurations finales.

5.2.4.2 Comparaison avec les résultats des études précédentes

Le tableau ci-dessous compare pour l'événement de référence centennal type PPRI les débits de pointe calculés en des points stratégiques du bassin versant :

		Pour l'événement de référence type PPRI (proche de la centennale)				
		PPri	LNMP-BRLi (2013)	BG (2006-2013)	Aménagement Rec de Veyret (2017)	
Point	Site	Etude hydraulique préalable à l'élaboration du PPRI (m ³ /s)	Modèle hydraulique construit dans le cadre de l'étude sur la ligne nouvelle Montpellier-Perpignan (m ³ /s)	Etudes d'aménagement BG (m ³ /s)	Résultats du modèle PHENIX construit dans le cadre de la présente étude (m ³ /s)	Résultats du modèle HECRAS-2D construit dans le cadre de la présente étude (m ³ /s)
1	Débit dans le Veyret avant sa confluence avec le Maire	160	155	180	147	159
2	Los Tinos (RD6009)	-	-	70	54	64
3	Amont du couloir endigué - Pont SNCF	216	-	195	209	210

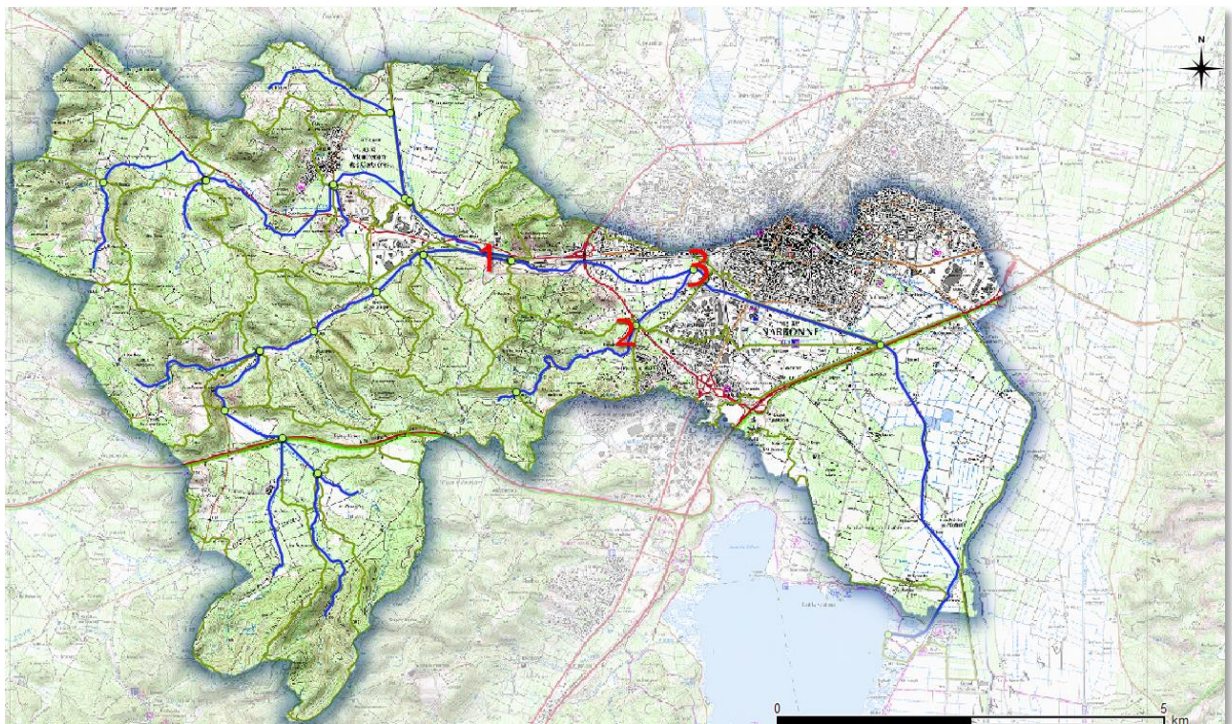


Figure 16 : Comparaisons des résultats hydrologiques avec les études précédentes

Il ressort de ce tableau que les résultats sont globalement cohérents entre les différentes études même si les hypothèses ou les méthodes peuvent parfois varier.

5.3 CONCLUSIONS DE L'ANALYSE HYDROLOGIQUE

BRLi a jugé nécessaire de mettre en œuvre deux modèles hydrologiques distincts mais complémentaires :

- ▶ Un modèle hydrologique classique réalisé à l'aide du logiciel PHENIX_{BRLi},
- ▶ Un modèle hybride hydrologique / hydraulique à l'aide du logiciel HEC-RAS 2D.

Les résultats obtenus sont globalement cohérents. Il sont également proches de ceux calculés dans les études précédentes.

Les résultats retenus in fine et exploités dans la suite du rapport sont issus du modèle hybride mené avec Hec-Ras 2D.

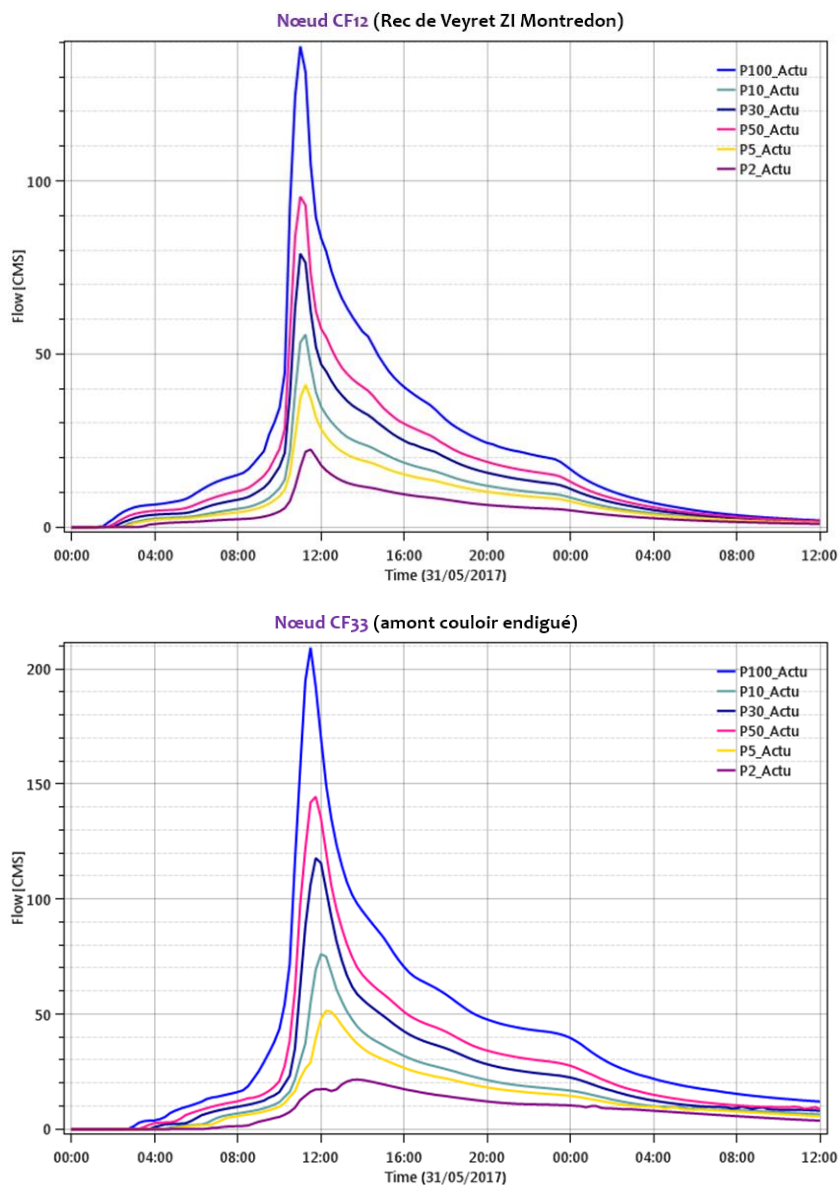


Figure 17 : Hydrogrammes issus de la modélisation hybride menée avec Hec-Ras 2D

Le tableau ci-dessous résume les débits de pointe retenus pour la suite des études :

Lieu	Nœud	Q2 (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q30 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 type PPRi (m ³ /s)
Amont autoroute A61	CF4am	26	44	57	80	97	135
Aval autoroute A61	CF6	7	13	18	25	32	50
ZI Montredon amont	CF12	23	41	56	79	96	139
ZI Montredon aval	CF13	27	51	69	92	107	141
Aval confluence Maire	CF29	18	42	66	101	122	170
Exutoire Tinos	CF32	12	21	28	38	45	64
Entrée couloir endigué - Pont SNCF	CF33	22	52	76	118	145	209

Tableau 4 : Débits de pointe retenus

6. Modèle hydraulique détaillé

6.1 GENERALITES

Un modèle hydraulique détaillé 1D/2D a ensuite été construit sur l'emprise ci-dessous à l'aide du logiciel HEC-RAS version 5 :

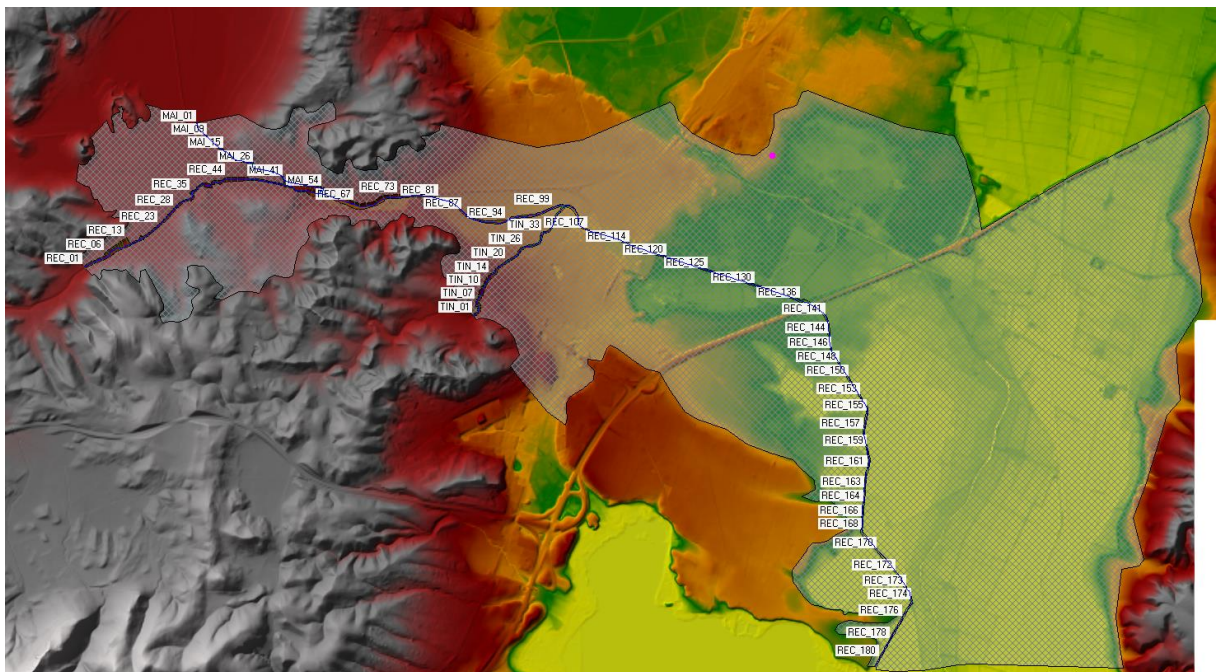


Figure 18 : Emprise du modèle hydraulique détaillé construit à l'aide de Hec-Ras 1D/2D

Les lits mineurs du Rec de Veyret, de la Maire et des Tinos ont été réalisés en 1D à l'aide de 250 profils environ extraits du MNT final construit par BRLi. Les lits majeurs associés ont été construits en 2D.

La topographie exploitée est détaillée au chapitre 4.

6.2 PRESENTATION DU MODELE ET DES PRINCIPAUX RESULTATS

6.2.1 Etapes de modélisation

Dans un premier temps les 250 profils ainsi que les ouvrages en lit mineur (seuils, ponts...) ont été intégrés au modèle.

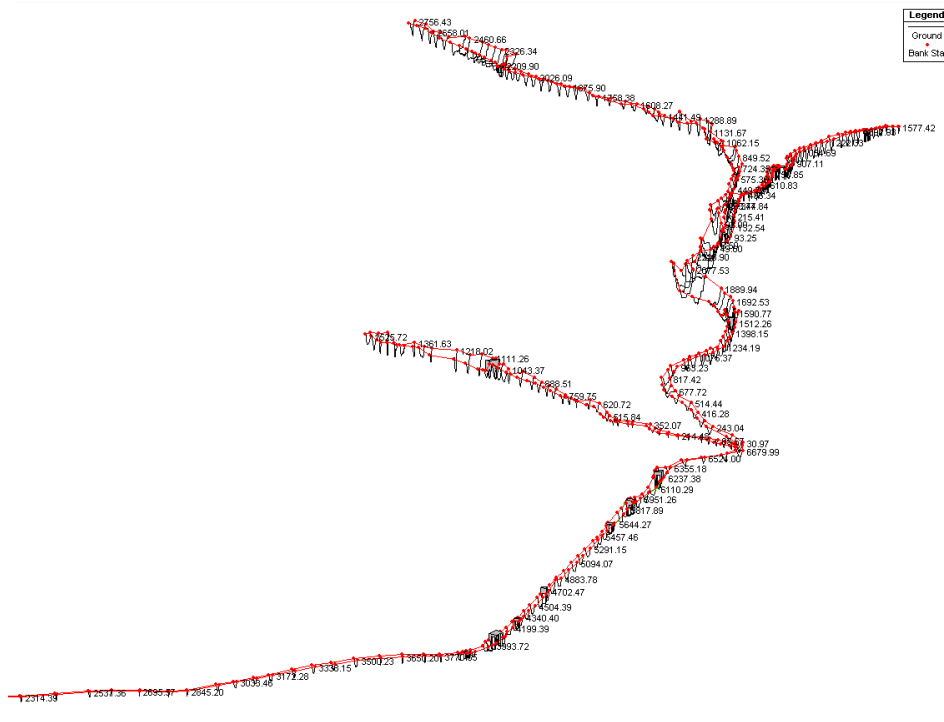


Figure 19 : Lits mineurs modélisés en 1D [Hec-Ras]

Les zones 2D sont ensuite ajoutées à la modélisation. Afin de prendre en compte finement les ouvrages présents en 2D, il est possible de densifier le maillage dans ces secteurs et d'ajouter des ouvrages en lit majeur.

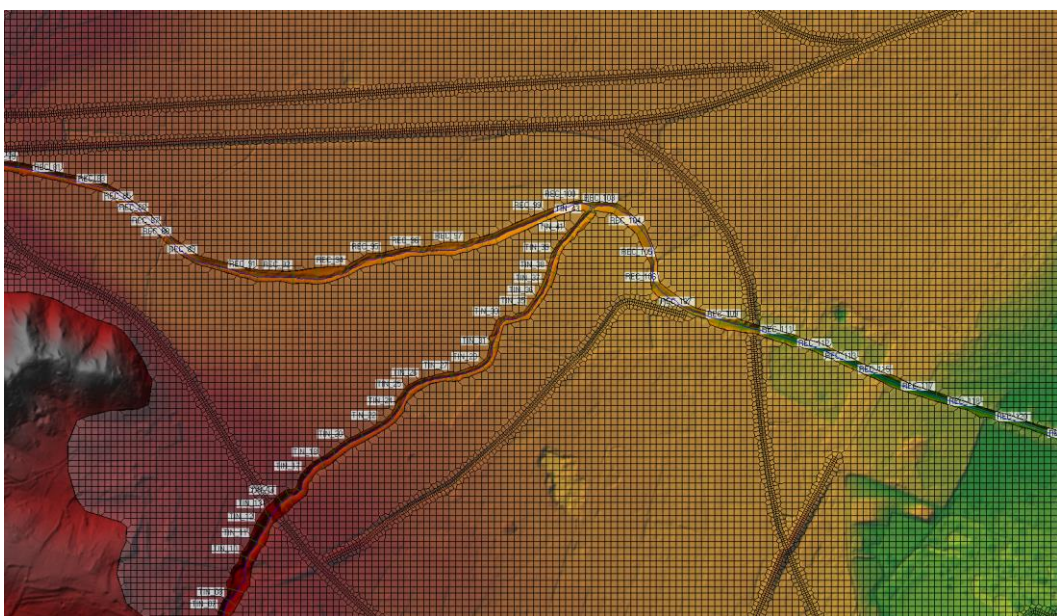


Figure 20 : Prise en compte des remblais en lit majeur en 2D [Hec-Ras]

La dernière étape consiste à lier les objets 1D et 2D avec des structures latérales.

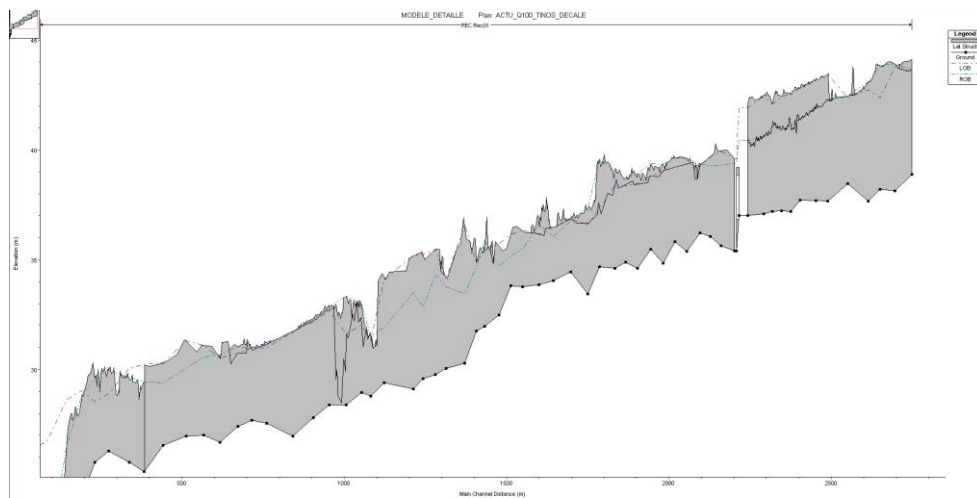


Figure 21 : Structures latérales liant les zones 1D et 2D [Hec-Ras]

6.2.2 Résultats des modélisations en état actuel

Les zones inondables dans l'état actuel sont insérées en **annexe 2**.

Quelques extraits des zones inondables et des vitesses d'écoulement issues ces simulations sont présentées dans les pages suivantes.

Les principaux enseignements de cette modélisation sont les suivants :

- ▶ **En amont de l'autoroute A9, les crues de période de retour inférieure à 5 ans ne provoquent que de légers débordements localisés** ; les inondations tendent à se généraliser pour une période de retour 10 ans ; pour cette dernière, les débordements s'initient au droit de la ZI de Montredon et tendent déjà à se généraliser pour les zones riveraines du couloir endigué,
- ▶ **En aval de l'autoroute A9, dès les crues de période de retour 2 ans, les zones inondables sont assez largement étendues** à la faveur de la topographie très plane dans ce secteur,
- ▶ **La capacité du couloir endigué avant débordement est estimée de l'ordre de 40 à 50 m³/s** (ce qui est proche des précédentes estimations).

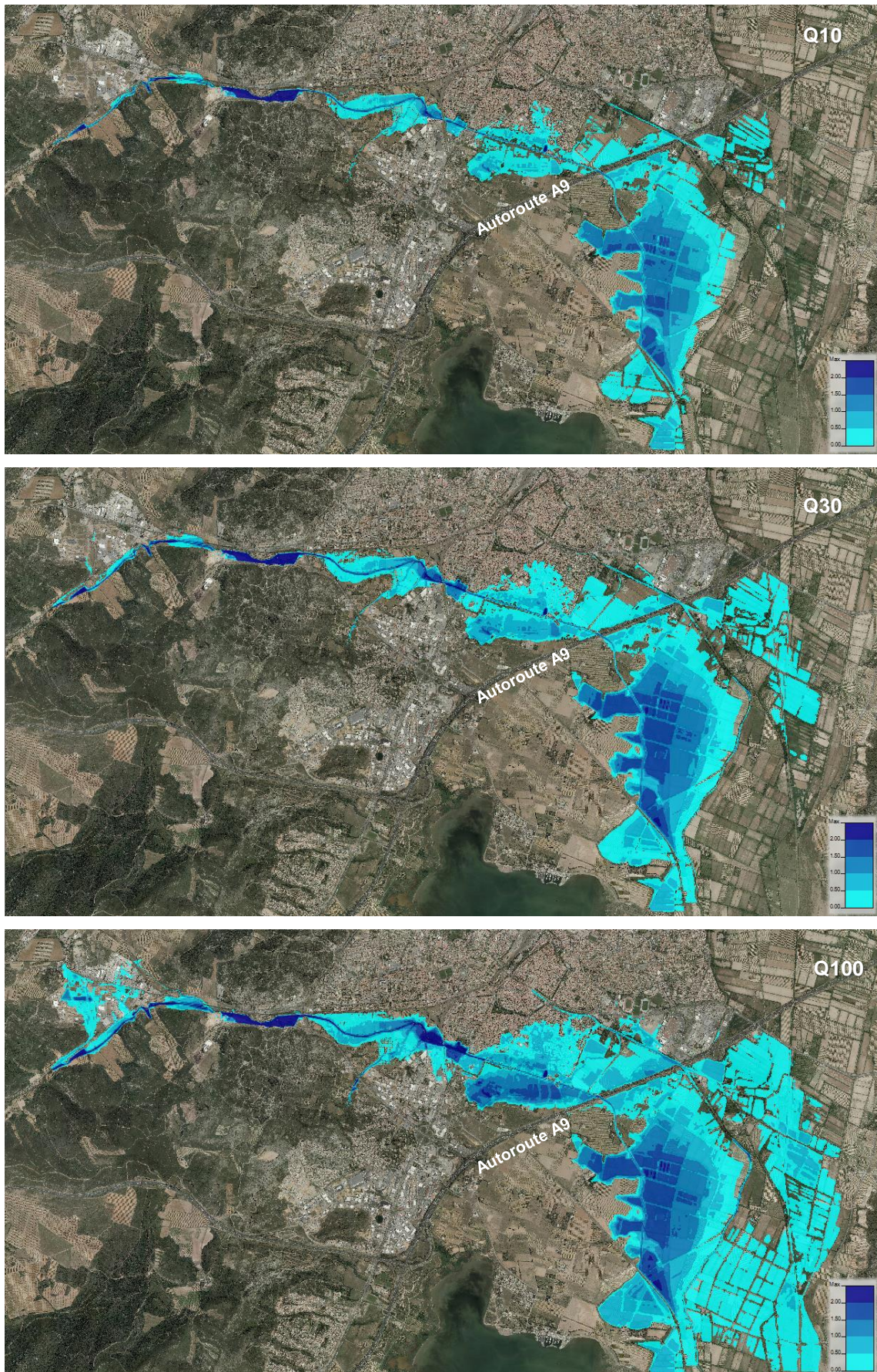


Figure 22 : Zones inondées pour Q10, Q30 et Q100 [Hec-Ras]

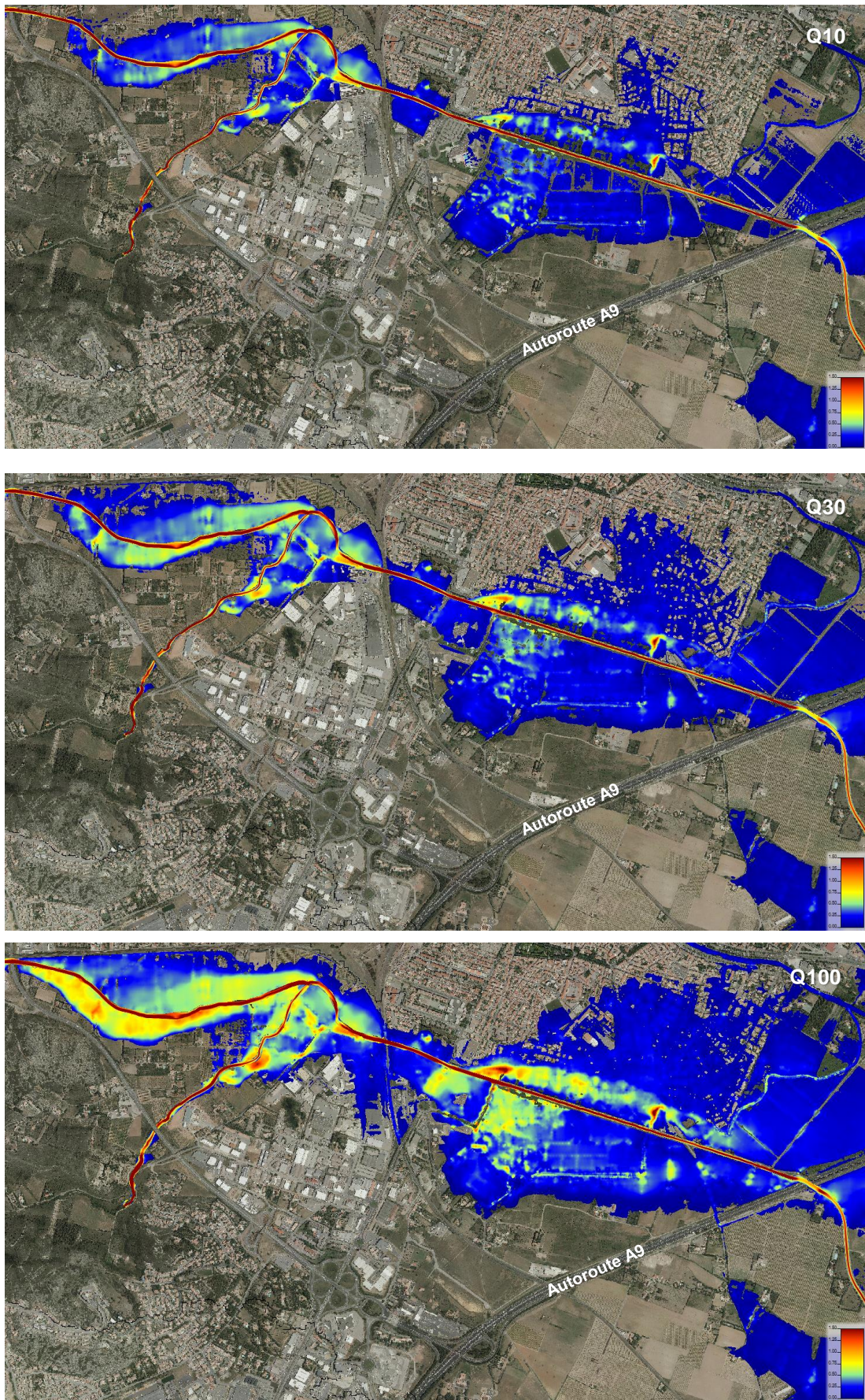


Figure 23 : Vitesses pour Q10, Q30 et Q100 [Hec-Ras]

7. Schéma d'aménagement retenu

7.1 PREAMBULE

Dans une première approche, des zones potentielles de rétention ont été recherchées de manière systématique sur l'ensemble du bassin versant. En effet, l'objectif était, dans une logique amont-aval d'identifier toutes les possibilités de protection amont afin d'être en mesure dans une seconde approche de dimensionner les ouvrages aval (redimensionnement/confortement du couloir endigué par exemple).

Outre la logique amont-aval, cette recherche préalable de sites de rétention a été motivée par les éléments suivants :

- ▶ L'étude de sites de rétention nécessitait un volume moins important de topographie fine et pouvait être menée plus tôt dans le déroulement des études,
- ▶ Le simple recalibrage du couloir endigué nécessite de compenser les incidences aval, ce qui peut s'avérer extrêmement compliqué.

Dans une seconde approche, les autres solutions de protection des enjeux contre les inondations et notamment les possibilités de redimensionnement/confortement du couloir endigué ont été étudiées.

L'ensemble des secteurs susceptibles d'accueillir ces ouvrages de protection ont fait l'objet :

- ▶ D'une visite par deux ingénieurs spécialisés en hydraulique et aménagements hydrauliques,
- ▶ D'une visite par une ingénieure expérimentée en génie civil et un expert en géologie.

Après plusieurs réunions de comité technique, le schéma d'aménagement suivant a été retenu :

- ▶ **Mise en œuvre des bassins de rétention de :**
 - **Plaine-RD613 [yc la déviation de la route RD613] sur le Rec de Veyret,**
 - **de Bagatelle sur Las Tinos,**
- ▶ **Sécurisation/confortement du couloir endigué.**

Ce schéma est présenté en détails dans la suite de ce chapitre.

Afin d'aboutir à ce schéma d'aménagement et pour alimenter la réflexion du comité technique, de nombreux autres ouvrages de protection ont fait l'objet d'analyses seuls ou au sein de scénarii :

- ▶ Etude du bassin de rétention d'Aussières,
- ▶ Optimisation du barrage de Cap de Pla,
- ▶ Augmentation de la hauteur du barrage de Bagatelle,
- ▶ Arasement total ou partiel de la digue rive droite du couloir endigué,
- ▶ Recalibrage du couloir endigué,
- ▶ Possibilité de mettre en œuvre une digue de second rang en rive gauche du Rec de Veyret.

Un chapitre est consacré à ces études spécifiques.

Le schéma d'aménagement final a donc été choisi par un comité de pilotage regroupant les service de l'état, de la région, du département, des communes et du SMDA en connaissance de cause :

- ▶ **Des incidences hydrauliques attendus de nombreux ouvrages,**
- ▶ **Des coûts associés à chacune des solutions étudiées,**
- ▶ **Des impact potentiels sur l'environnement et les enjeux humains estimés en première approche.**

7.2 ANALYSE CRITIQUE DES SOLUTIONS DE PROTECTION PROPOSEES DANS LES ETUDES PRECEDENTES

Les principales études qui ont abouti à la définition d'ouvrages de protection contre les crues du Rec de Veyret, sont les études réalisées par le bureau d'études BG entre 2006 et 2013. Nos principales observations sont résumées ci-dessous.

BG a proposé dans ses différents rapports :

- ▶ **L'optimisation de l'étang de Montredon** : cet axe de réflexion nous semble clairement devoir être écarté ; en effet, l'étang joue déjà son rôle écrêteur de façon très marquée et les éventuels impacts sur la voie ferrée transitant au sein de l'étang devront être compensés ; compte tenu de notre expérience, les coûts liés à cette compensation sont déjà rédhibitoires au regard des gains attendus,
- ▶ **L'optimisation de l'ouvrage de Cap de Pla** : a priori, l'approche menée par BG semble incomplète car elle ne prend pas en compte l'incidence aval qui est essentielle pour les petits ouvrages (ici 4 à 5 m de hauteur) qui peuvent être noyés par l'aval,
- ▶ **Un ouvrage écrêteur sur le site d'Aussières** : dans cette analyse, l'effet écrêteur amont de l'autoroute A61 (qui est important, les débits entrant peuvent être divisés par deux à trois environ [Q_{100} amont = 135 m³/s, Q_{100} aval = 50 m³/s]) n'a pas été pris en compte ; les incidences hydrauliques de l'ouvrage d'Aussières doivent ainsi être estimés à nouveau,
- ▶ **Un ouvrage écrêteur sur le site de Bagatelle** : les grands principes de cet ouvrage nous semblent pertinents et ont été repris dans notre analyse à suivre ; il est en effet nécessaire de contrôler ce bassin versant aval,
- ▶ **Le redimensionnement/confortement du couloir endigué** : les coûts associés à ces aménagements nous semblent assez largement sous-estimés, notamment les coûts relatifs à l'élargissement du couloir endigué qui incluent la reprise de plusieurs ouvrages de franchissement.

7.3 OUVRAGES DE RETENTION AMONT

7.3.1 Contexte réglementaire

Afin de dimensionner l'évacuateur de crue d'un ouvrage, il est important de définir la période de retour de la crue de projet pour laquelle est dimensionnée le barrage. Celle-ci est fonction en effet de la classe et du type du barrage.

L'article R214-112 du Code de l'Environnement, modifié par le Décret n°2015-526 du 12 mai 2015, définit les classes de barrages selon le tableau suivant :

Classe	Pour mémoire, anciennes règles de classement des barrages avant le décret n° 20015-526 du 12 mai 2015	Nouvelles règles de classement des barrages
A	$H \geq 20$	$H \geq 20$ et $(H^2 \times V^{0,5}) \geq 1500$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel : $H \geq 10$ et $(H^2 \times V^{0,5}) \geq 200$	Ouvrage non classé en A et pour lequel : $H \geq 10$ et $(H^2 \times V^{0,5}) \geq 200$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel : $H \geq 5$ et $(H^2 \times V^{0,5}) \geq 20$	Critère a) Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel : $H \geq 5$ et $(H^2 \times V^{0,5}) \geq 20$ <u>OU BIEN</u> Critère b) Ouvrage pour lequel les conditions prévues au a) ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$; ii) $V > 0,05$; iii) Il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.
D	Ouvrage non classé en A, B ou C et pour lequel : $H \geq 2$	Classe supprimée mais certains ouvrages précédemment classés D relèveront de la classe C.

Tableau 5 : Classement des barrages

Avec :

"H", la hauteur de l'ouvrage exprimée en mètres et définie comme la plus grande hauteur mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel à l'aplomb de ce sommet ;

"V", le volume retenu exprimé en millions de mètres cubes et défini comme le volume qui est retenu par le barrage à la cote de retenue normale.

Les dernières recommandations sur le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages (*Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages – CFBR – Juin 2013*) préconisent la prise en compte d'une crue de période de retour dépendant du type d'ouvrage et de sa classe selon le tableau ci-dessous :

Classe de l'ouvrage	Barrages rigides	Barrages meubles
A	3000	10 000
B	1000	3000
C	300	1000

Tableau 6 : Périodes de retour des crues de projets des barrages (en années)

Il sera donc regardé pour chaque barrage la classe et le type de barrage envisagés pour en conclure la période de retour de la crue de projet du barrage.

D'autre part, la réglementation sur les digues peut également être appliquée. En effet, dans le décret relatif aux digues, il est évoqué un « système hydraulique stockant temporairement les eaux » assimilable à un ouvrage de rétention. Le classement des digues est uniquement basé sur le nombre de personnes protégées.

CLASSE	POPULATION PROTÉGÉE par le système d'endiguement ou par l'aménagement hydraulique
A	Population > 30 000 personnes
B	3 000 personnes < population ≤ 30 000 personnes
C	30 personnes ≤ population ≤ 3 000 personnes

Ainsi, nous avons retenu le classement des ouvrages le plus pénalisant entre les réglementations « digues » et « barrages ». Il est à noter que la population protégée est estimée de l'ordre de 6000 personnes soit des ouvrages de **classe B selon la réglementation « digues »**.

7.3.2 Principes d'optimisation des ouvrages de rétention

La capacité hydraulique du couloir endigué a été estimée de l'ordre de 40 à 50 m³/s .

Les ouvrages ont alors été optimisés (après plusieurs itérations) pour un événement de période de retour approximatif de 30 ans (la cote de crête de déversoirs de sécurité ont été calés à la cote atteinte pour un débit Q₃₀).

Les ouvrages ont été optimisés d'amont en aval, ce qui signifie que les ouvrages aval bénéficient de l'effet écrêteur des ouvrages amont (T=5 à 100 ans). En revanche, ils ont été dimensionnés de manière individuelle pour les crues exceptionnelles et extrêmes (T >> 100 ans).

L'objectif poursuivi a ainsi été le suivant : écrêtement une crue de période de retour 30 ans à un débit de l'ordre de 40 à 50 m³/s après aménagement en amont du couloir endigué (aujourd'hui Q₃₀ = 120 m³/s) pour limiter les travaux sur ce dernier (confortement/sécurisation uniquement).

7.3.3 Présentation générale des sites

Comme précisé précédemment une recherche systématique de sites potentiels de rétention a été réalisée sur l'ensemble du bassin versant du Rec de Veyret. Les contraintes principales prises en compte sont les suivantes :

- ▶ Le barrage doit drainer un bassin versant suffisamment étendu et le volume offert par le barrage doit être suffisamment grand pour espérer avoir une incidence sur les débits au droit des enjeux,
- ▶ L'emprise des Plus Hautes Exceptionnelles (PHE : niveau atteint par la crue de projet en situation exceptionnelle) doit englober un minimum d'enjeux.

Cette recherche a abouti à l'étude de faisabilité de 2 ouvrages :

- ▶ **Le barrage de la Plaine-RD613** sur le Rec de Veyret,
- ▶ **Le barrage de Bagatelle** sur Las Tinos.

La localisation des ouvrages de rétention étudiés est précisée ci-dessous :

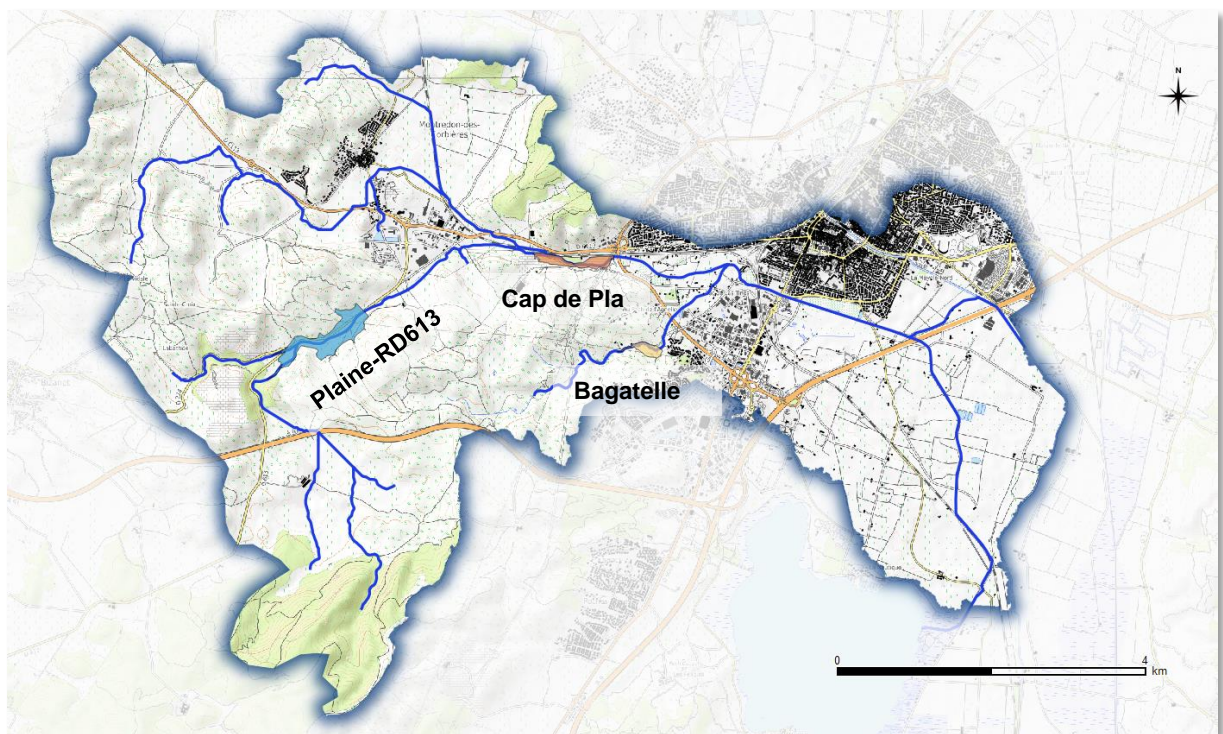


Figure 24 : Plan de situation des ouvrages de rétention

7.3.4 Implantation des barrages et détermination des PHE

Les axes des 3 barrages projetés et l'emprise des PHE sont présentées dans les pages suivantes.

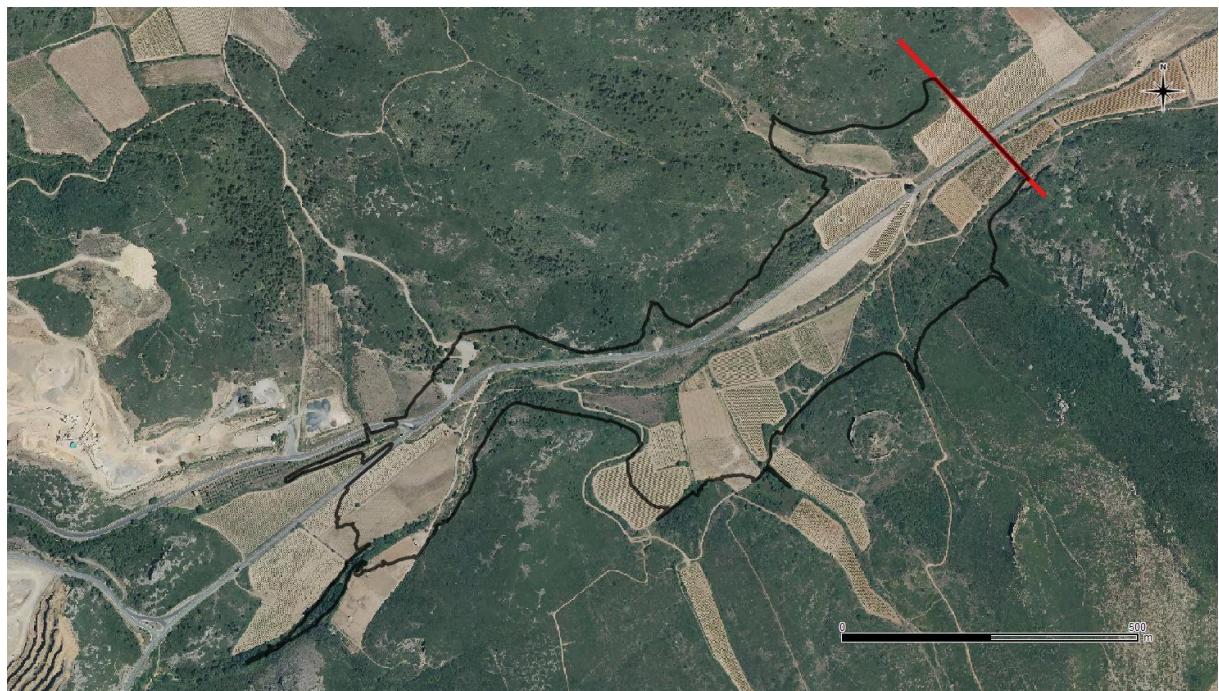
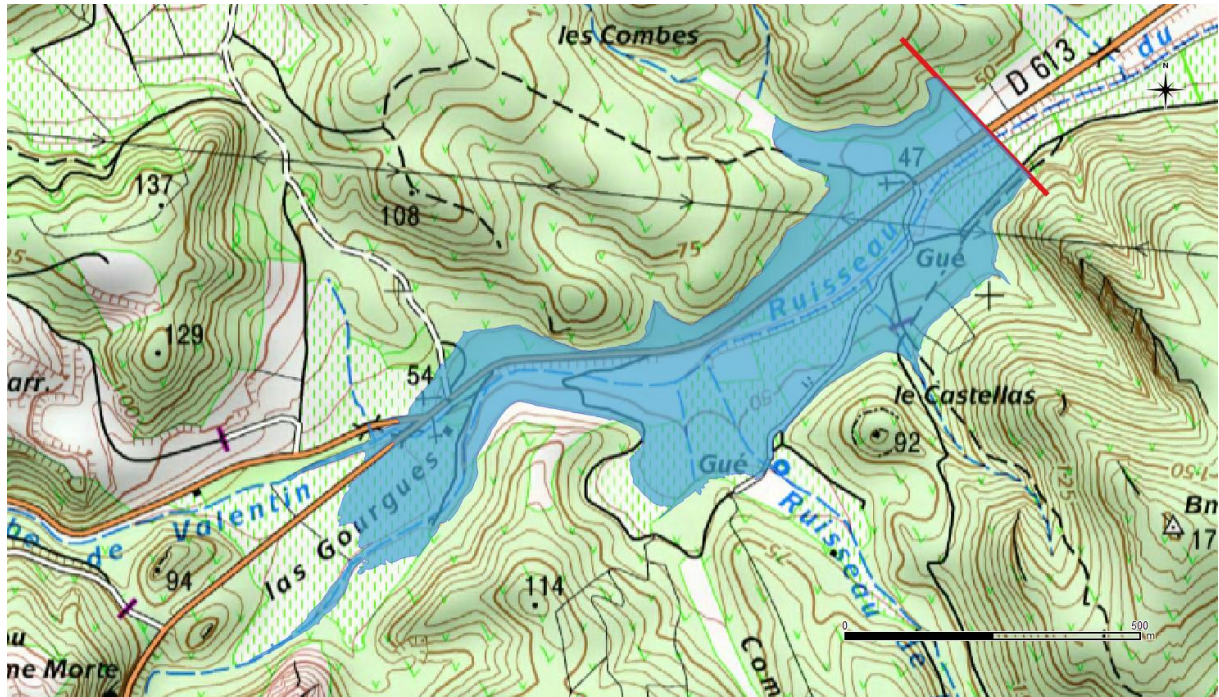


Figure 25 : Axe et emprise des PHE (Z=55 m NGF) du barrage projeté de Plaine-RD613 sur le Rec de Veyret

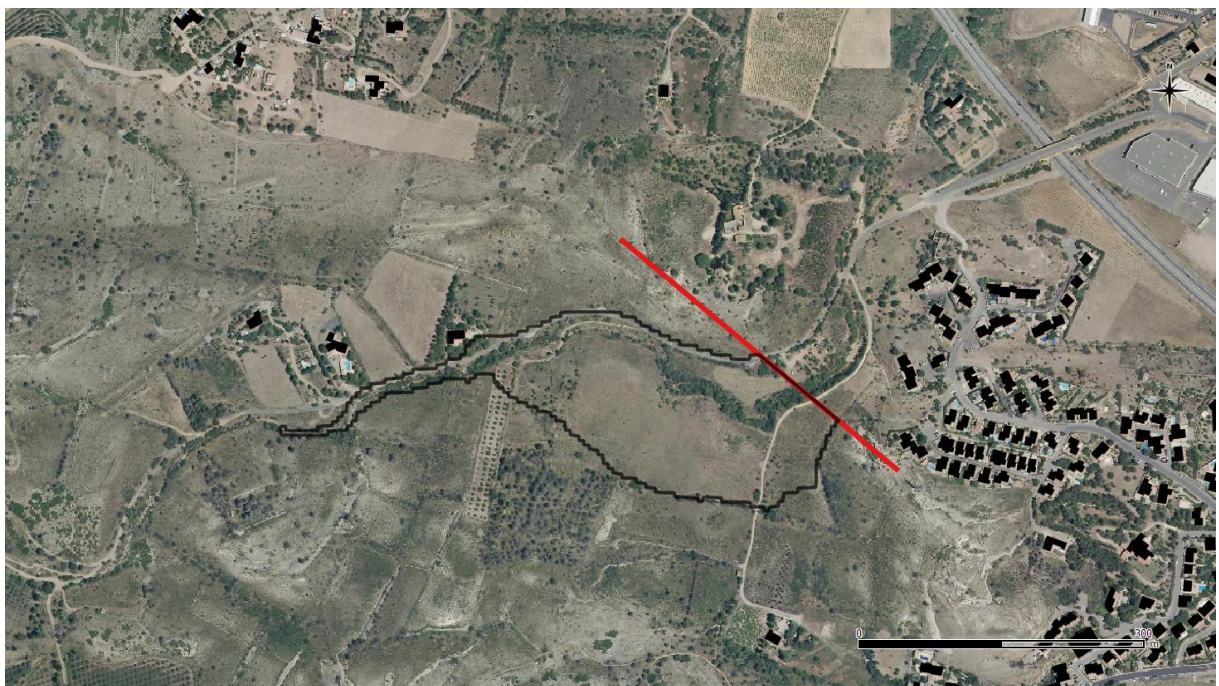
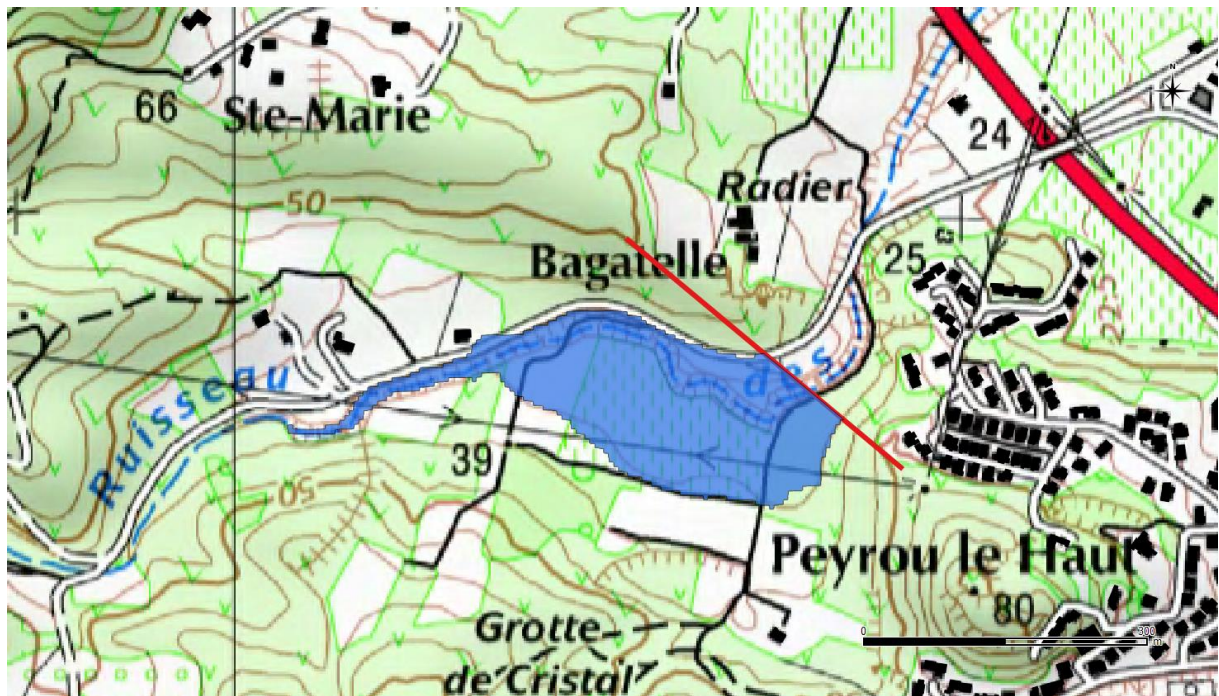


Figure 26 : Axe et emprise des PHE (Z=35 m NGF) du barrage projeté de Bagatelle sur Las Tinos

Les principaux enjeux qui ont contraint l'emprise des PHE sont les suivants :

- ▶ **Barrage de Plaine-RD613** : Il est à signaler que la route RD613 est noyée pour les PHE sur un linéaire de 1,2 km ; il est dès lors possible de la déplacer sur ce linéaire ou sur un linéaire plus faible (en acceptant que ponctuellement la route puisse être submergée) ; l'emprise des PHE comprend également un petit bâtiment agricole et les écuries du centre équestre,



Figure 27 : Enjeux ponctuels situés dans l'emprise des PHE du barrage de Plaine-RD613

- ▶ **Barrage de Bagatelle** : aucun enjeu n'est à signaler dans l'emprise des PHE ; cette dernière est contrainte en rive gauche par la présence d'une habitation ; en rive droite, un chemin d'accès à une autre d'habitation devra être déplacé.

7.3.5 Caractéristiques des retenues

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques des 2 retenues projetées :

Lieu	Retenue de Plaine-RD613	Retenue de Bagatelle
Surface du bassin versant intercepté (en km ²)	13,7	3,2
Cote des PHE (m NGF)	55	35
Surface sous l'emprise des PHE (ha)	30,9	5,0
Volume sous l'emprise des PHE (m ³)	1 500 000	120 000

Tableau 7 : Caractéristiques des retenues

Les courbes « Hauteur/Surface/Volume » sont insérées dans les pages suivantes.

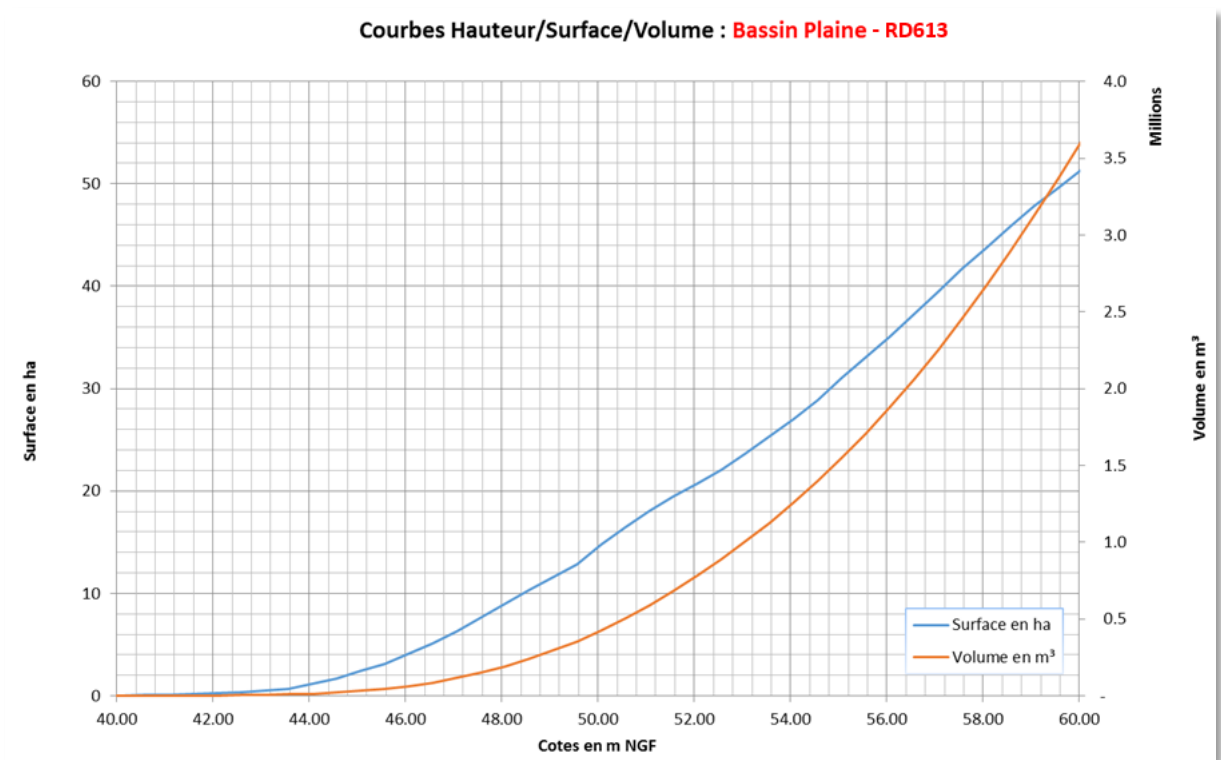


Figure 28 : Courbe Hauteur/Surface/Volume du barrage de Plaine-RD613

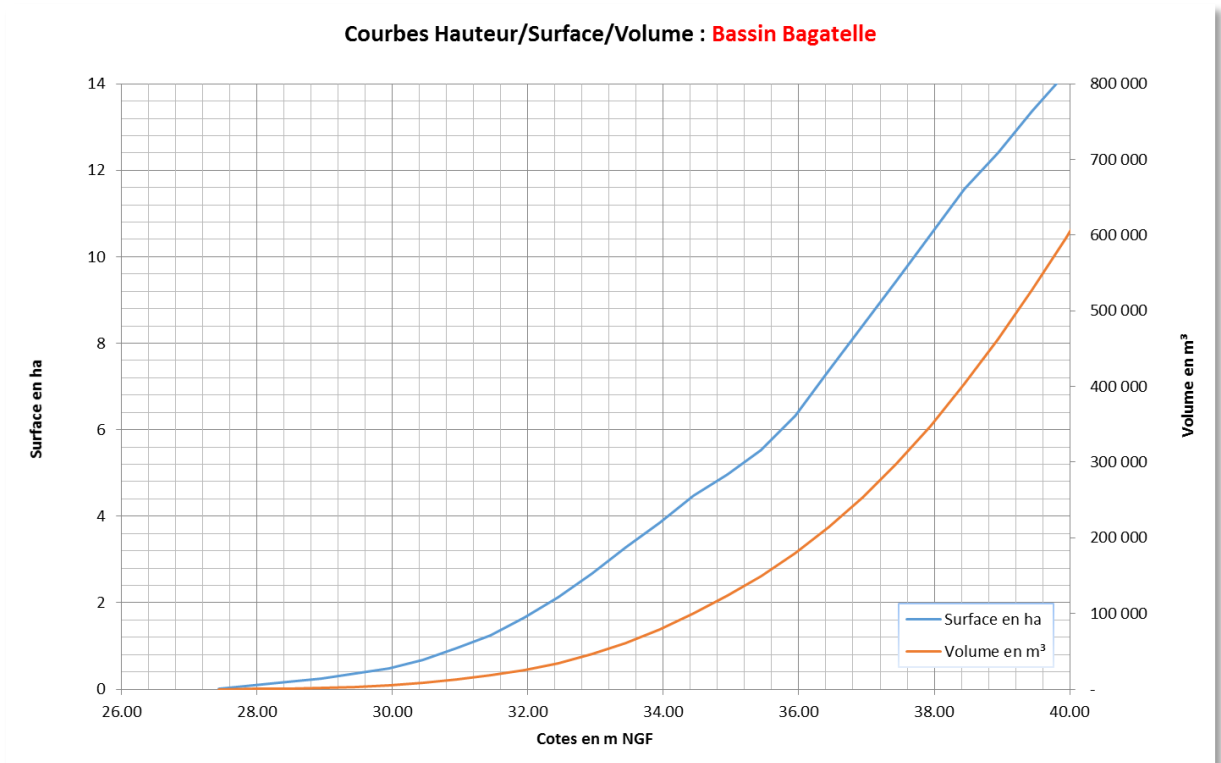


Figure 29 : Courbe Hauteur/Surface/Volume du barrage de Bagatelle

7.3.6 Réseaux à proximité

7.3.6.1 Barrage de la Plaine

La déclaration de travaux a été réalisée sur l'emprise suivante :



Figure 30 : Zone de DT-Barrage de la Plaine

Les retours des DT montrent que le projet de barrage n'intercepte que des lignes Orange enterrées le long de la RD613. Une ligne aérienne 63kV passe également à proximité de l'emprise.

barrage de la Plaine- Réseaux à proximité		
	enterée	aérien
ORANGE	le long de la RD 613	
RTE		ligne 63kV Lezignan Livière

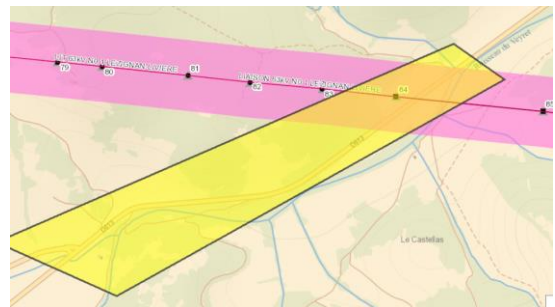


Figure 31 : Réseau aérien à proximité

7.3.6.2 Barrage Bagatelle

La déclaration de travaux a été réalisée sur l'emprise suivante :

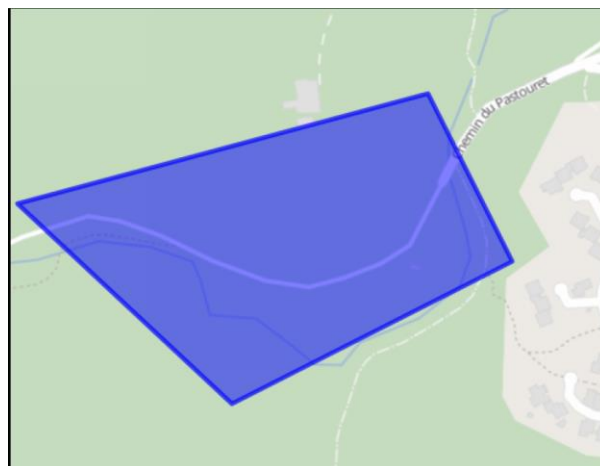


Figure 32 : Zone de DT-Barrage Bagatelle

Les retours des DT montrent que le projet de barrage des réseaux d'assainissement enterrés le long du chemin du Pastouret (ou des fours à Chaux) et passent à proximité de lignes aériennes. Une ligne HTA enterrée est également proche de l'axe du barrage.

barrage Bagatelle- Réseaux à proximité		
	enterée	aérien
ORANGE		le long du chemin Pastouret
ENEDIS	HTA proche axe barrage	le long du chemin Pastouret
RTE		ligne 63kV Livière Lunès
VEOLIA	PVC 75 chemin du Pastouret	

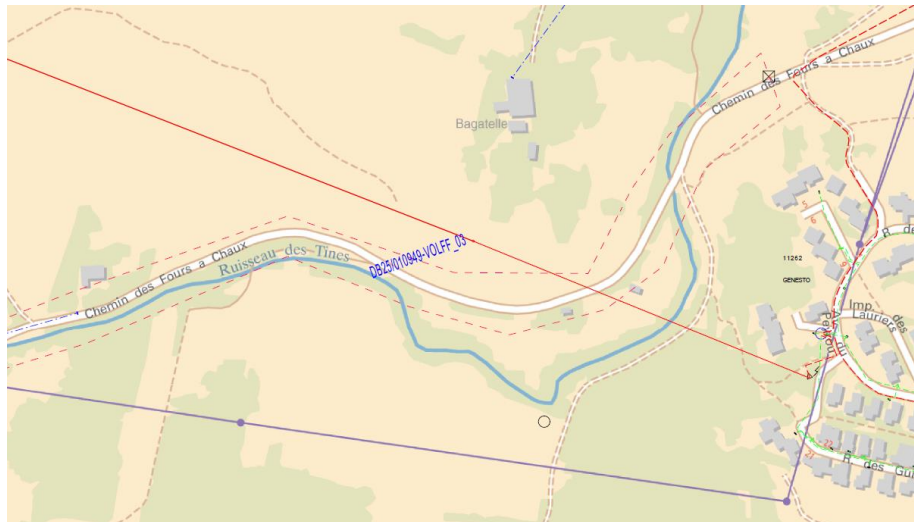


Figure 33 : Ligne HTA enterrée (rouge) et aérien (violet) à proximité de l'axe du barrage

7.3.7 Géologie des 2 sites de rétention

7.3.7.1 Contexte géologique local

Le bassin versant du Rec de Veyret en amont et à l'Ouest de l'agglomération de Narbonne se situe principalement sur la nappe des Corbières orientales et plus précisément sur le lobe d'Ornaison-Bizanet. Ces formations allochtones sont formées de panneaux déformés de roches carbonatées Mésozoïques (du Lias (I1-2, I3-4) au Jurassique moyen et supérieur (JD, J1-2, J7-9) et Crétacé inférieur (n7)) plus ou moins disloqués reposant sur une semelle argilo-gypseuse du Trias supérieur (t7-9). Les formations Crétacés autochtones sous la nappe (n7 et C3b) sont fortement déformées et redressées. L'ensemble de ces unités est découpé par un réseau de failles normales postérieures à la mise en place des nappes.

Après la mise en place de la nappe des Corbières (chaîne Pyrénéo-Provençale) une phase de distension se met en place à l'Oligocène pendant l'ouverture du Golfe de Lion et l'installation du bassin laguno-lacustre de Narbonne –Sigean. Sur la bordure Ouest de ce bassin les formations Oligomiocènes (g3-m1, m1C) : conglomérats, marnes et calcaires lacustres, reposent en discordance sur les lambeaux de la nappe des Corbières orientales (site de Bagatelle).

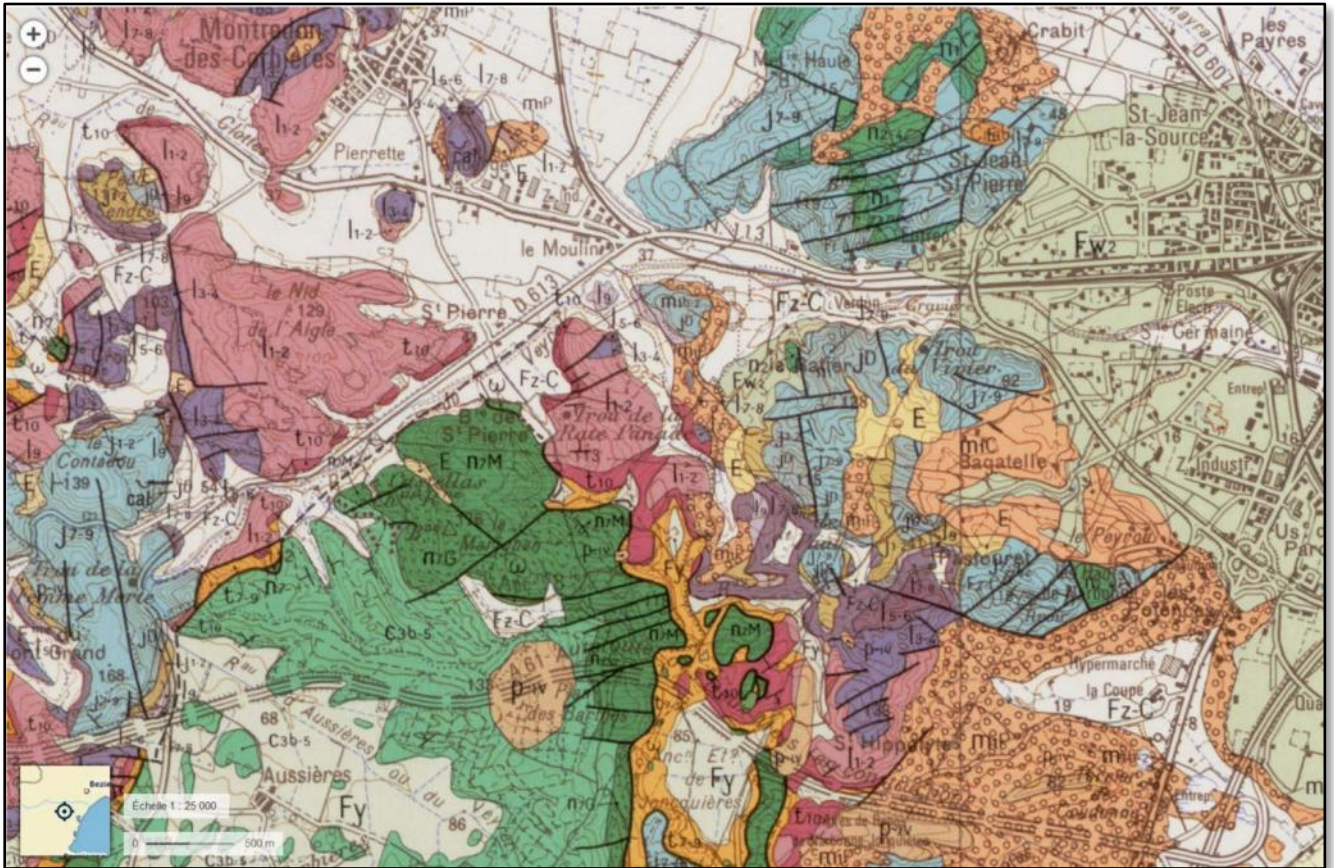


Figure 34 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000 n°1061 - Narbonne

Partie du bassin versant du Rec de Veyret où se situent les 2 sites de projet.

7.3.7.2 Site de la Plaine-RD613

Le site de la Plaine-RD613 est situé sur le ruisseau du Rec de Veyret au Sud de Montredon sur le tracé de la RD 613 à cheval sur le contact entre l'autochtone Crétacé (C3b5 et n7) dans le secteur du Castellas (en RD) et la nappe des Corbières orientales avec les roches carbonatées du sommet du Trias et Lias (t10, l1-2 et l3-4) principalement en Rive Gauche. Les marnes du Trias supérieur (t7-9) jalonnent le contact de chevauchement entre ces deux domaines structuraux ; ce plan de contact est déformé par une faille normale qui effondre le compartiment Nord.

Le fond de la vallée du Rec de Veyret est tapissé d'une épaisse couche d'alluvions et de colluvions argilo-caillouteuses (Quaternaire : Holocène - Fz-C) qui masque intégralement les formations sous-jacentes. Les colluvions situées en pied de versant proviennent principalement des barres rocheuses (notamment Crétacé en RD).

Le lit vif du ruisseau incise profondément la couverture d'alluvions.

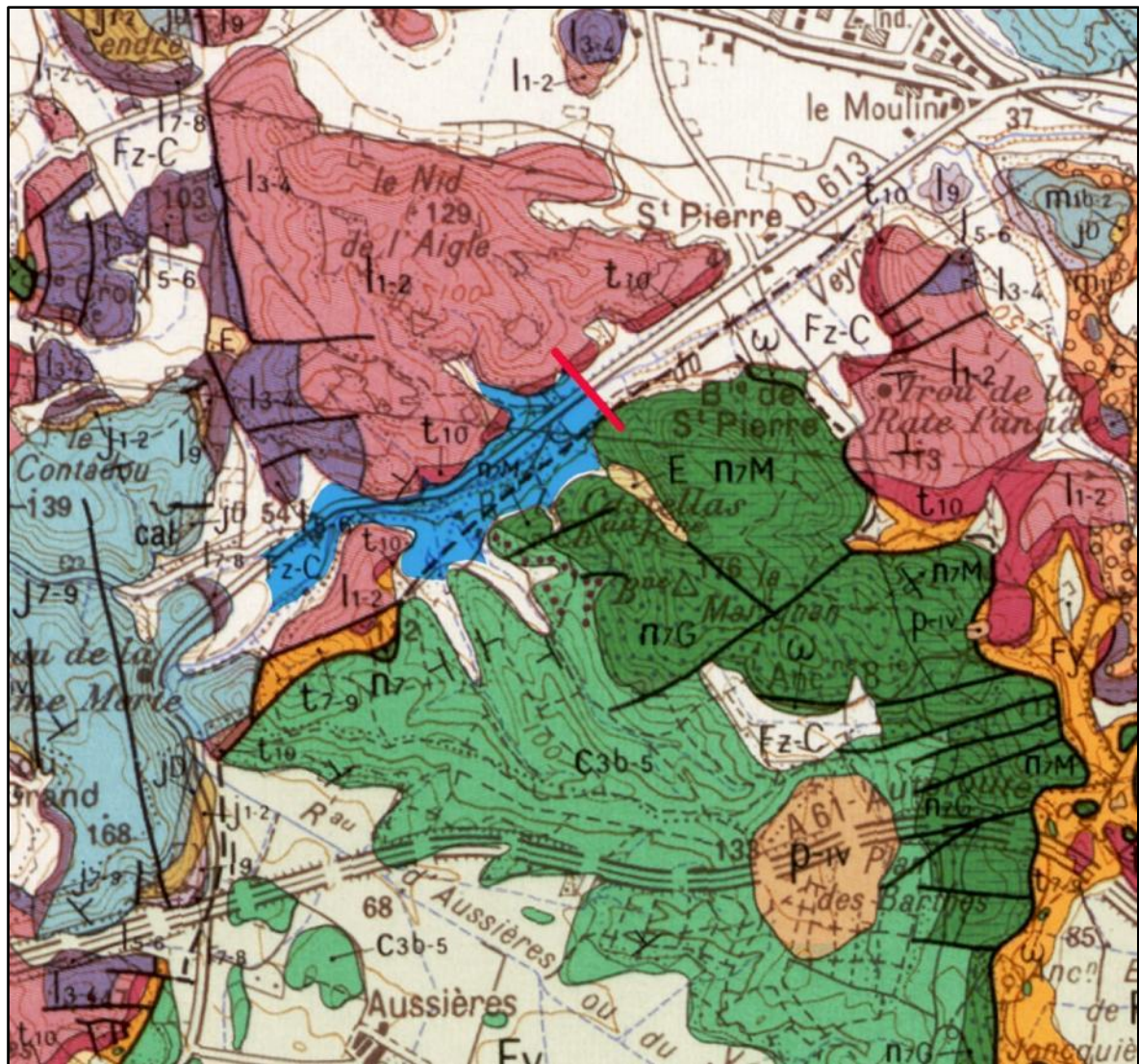


Figure 35 : Contexte géologique du site de La Plaine - Extrait de la carte à 1/50 000 de Narbonne.

7.3.7.2.1 Barrage

Le projet prévoit de positionner le barrage au niveau d'un léger resserrement de la vallée avec des versants rocheux tant en Rive Droite : calcaires blancs massifs du Crétacé inférieur (Albien : n7) qu'en Rive Gauche : calcaires plus ou moins gréseux en plaquettes du Trias supérieur (Rhétien : t10) et dolomies vacuolaires du Lias inférieur (Hettangien : l1-2).

En RD les calcaires massifs blancs à grain fin forment des bancs épais de puissance métrique à plongement N-W : 65 à 75°. Situés immédiatement sous le plan de chevauchement de la nappe des Corbières. Ils sont déformés et fracturés (aspect bréchique mais bien recimentés) en particulier le long de la faille normale qui structure la vallée à cet endroit (N45°E : NE-SW) ; ces calcaires ont été autrefois exploités : petite carrière située au niveau de l'appui RD (cf. photo 4).



*Photo 1 : Miroir de faille ondulant dans les calcaires Albiens au droit de l'appui RD
Glissement banc sur banc à plongement NW (65 à 75°)*

En RG les formations carbonatées de l'allochtone (nappe des Corbières) présentent globalement un plongement assez régulier vers le NW (N40-50°E 20-40°W), ce sont les grès calcaires et les calcaires en plaquettes du rhétien (t10 : plus de 20 m de puissance) surmontés par les dolomies vacuolaires de l'Hettangien.

Dans le fond de la vallée la couverture des formations superficielles paraît épaisse (Fz-C). Profondément incisée par le lit vif (4 à >6 m, cf. photo 5), on observe à ce niveau des alluvions grossières, des cailloutis plus ou moins roulés et des blocs (200 à 600 mm) recouverts de limons argileux et des colluvions argilo-caillouteuses provenant du remaniement des colluvions de pied de versant.

Avant la mise en place des formations superficielles le substratum argileux Triasique (t10) a été profondément érodé (niveau de base nettement plus bas lors des dernières glaciations Quaternaires). Le lit vif du cours d'eau pouvait alors se situer dans des zones surcreusées non concordantes avec la position du lit actuel (cf. coupe géologique insérée dans les pages suivantes).



Photo 2 : Alluvions grossières du Rec de Veyret surmontées par des colluvions argilo-caillouteuses (Fz-C) profondément incisées en RG au droit de l'ouvrage; le substratum n'est pas affleurant.

La couverture des formations superficielles masque complètement le substratum et le contact structural de la base de la nappe ainsi que la présence plus que probable d'une semelle de Trias supérieur (Keuper : t7-6, cartographié en amont de la cuvette le long de la faille normale) qui correspond à la surface de décollement de cette nappe. Ce sont des argilites et des marnes bariolées pouvant comporter des amas de gypse et des niveaux de cargneules. Ces matériaux sont en général intensément tectonisés et déformés : broyés, laminés, plissés, bourrés, etc.

Au niveau des appuis latéraux les calcaires Crétacés affleurent largement en RD et les calcaires gréseux et dolomies du Trias et du Lias en RG. Des placages de cailloutis parfois cimentés se sont déposés en pied de versant, principalement en RD ; ces colluvions de pente qui peuvent contenir des blocs rocheux de grande taille, elles sont remaniées par les alluvions et les colluvions qui recouvrent la plaine alluviale.

Les formations de roches carbonatées (calcaires, dolomies, etc.) peuvent être affectées par des phénomènes de karstification.

Il n'a toutefois pas été observé de karstifications notables : lapiaz, cavités au droit de ce projet.

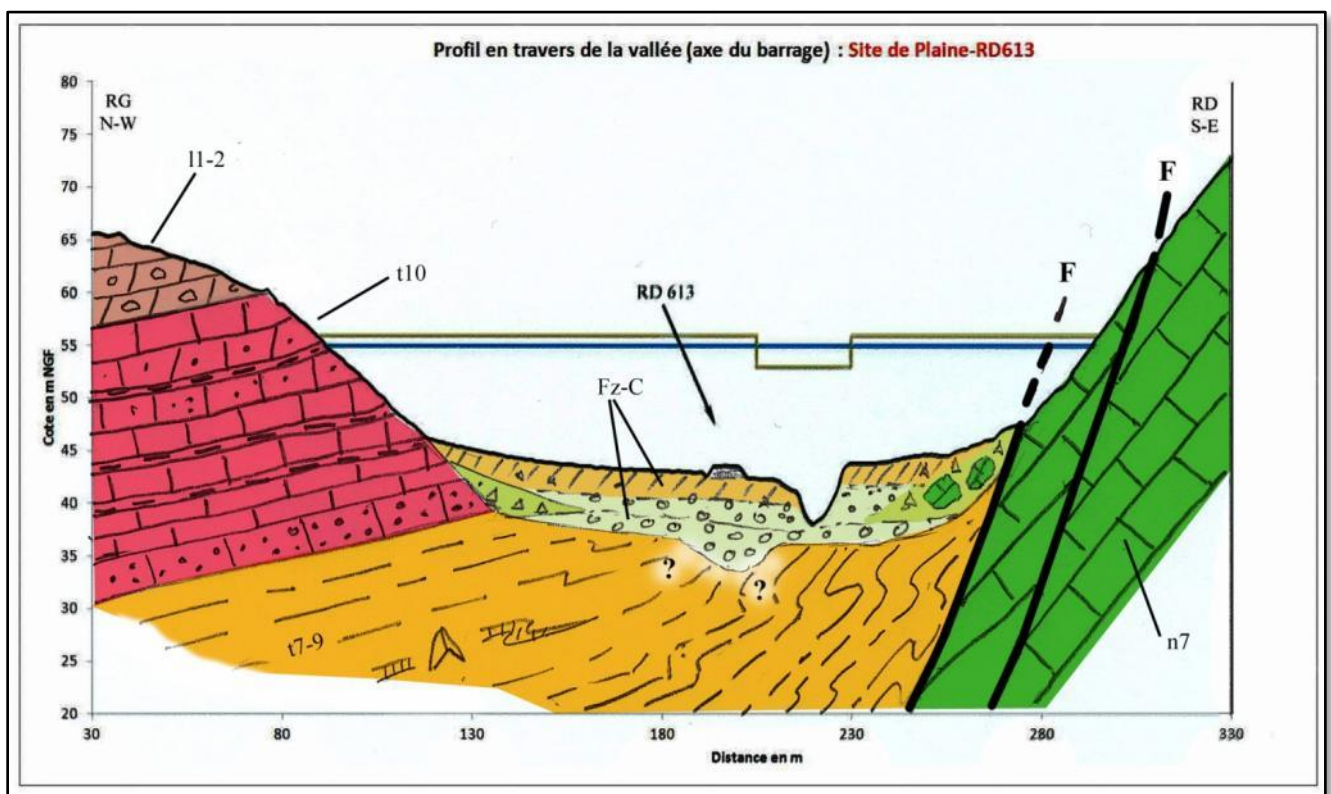


Figure 36 : Coupe géologique transversale à l'axe de l'ouvrage
(indices identiques à ceux de la carte géologique à 1/50 000 et repris dans le texte)

7.3.7.2.2 Cuvette

La cuvette de la retenue est située principalement sur les formations superficielles Quaternaires (Holocène : Fz-C). Ces formations masquent intégralement dans ce secteur le contact entre la nappe des Corbières et son substratum autochtone et plus particulièrement la semelle des argilites bariolées du Trias (Keuper t7-9) qui forme probablement la majeure partie du substratum du recouvrement Quaternaire de la cuvette.

L'ensemble du fond de la cuvette est recouvert d'une couverture de limons argileux et de colluvions argilo-caillouteuses souvent remaniées qui reposent sur des alluvions : graves, cailloutis et blocs.

Sur la périphérie de cette cuvette, sous les reliefs calcaires, des blocs calcaires de grande taille provenant d'effondrement de falaise s'observent localement dans les placages de colluvions situés en pied de versant.

7.3.7.2.3 Recommandations

Le projet de barrage se situe dans un secteur où la section de la vallée est relativement restreinte et bordée de roche carbonatées massives. Le projet de barrage est situé à peu près au milieu de ce secteur long de 150 m environ qui présente – a priori – des caractéristiques géologiques et géotechniques identiques, il est donc éventuellement possible de déplacer l'ouvrage dans cette zone.

En raison de la puissante couverture des formations superficielles qui masque le substratum dans une zone géologique particulièrement complexe : interface entre la nappe des Corbières et son substratum autchtone, la reconnaissance géotechnique de ce site sera relativement complexe. Il faudra en effet déterminer précisément la structure géologique, la nature et les caractéristiques hydrogéotechniques des formations du substratum – sous les alluvions et les colluvions quaternaires – afin de préciser la position et la géométrie de l'ouvrage et son type et mode de fondation.

La reconnaissance de ce site devra comporter – en plus des classiques reconnaissances par sondages à la pelle hydraulique (avec du matériel puissant capable d'atteindre au moins 5-6 m), sondages destructifs, sondages pressiométriques et pénétrométriques – a minima 2 ou 3 sondages carottés en continu et en gros diamètre (116 mm) avec prélèvement d'échantillons intacts.

Ces sondages qui devront être réalisés selon les règles de l'art (carottage à la boue biopolymère de façon à avoir une récupération optimale des sols sans cohésion ou plastiques et/ou gonflants), ils devront pénétrer le substratum sur 4-5 m minimum (15 – 20 m ?).

Des « essais d'eau » seront effectués à l'avancement de ces sondages, ils seront positionnés en fonction de la position effective des horizons rencontrés (à la lecture des carottes).

De façon à pouvoir interpréter correctement cette reconnaissance géologique par sondages (interpolation ou/et extrapolation) celle-ci sera complétée par une campagne de géophysique avec des profils en sismique 3D, sur toute l'emprise de l'ouvrage, et éventuellement confortée par des panneaux électriques ; la profondeur d'investigation de cette campagne de géophysique sera d'au moins 30 m.

Ainsi, à ce stade, aucun élément rédhibitoire n'a été identifié pouvant remettre en cause la faisabilité de l'ouvrage.

Le coût estimé de telles prestations sur la base d'une G2-AVP est décomposé tel que ci-après :

Plaine	G2-AVP		
	qté	prix	prix tot
Amené replis du matériel	1	2000	2000
Fouille à la pelle (5/6m prof)	15	1000	15000
prises d'échantillons	15	350	5250
Mise en station de la foreuse	16	200	3200
sondages destructifs (ml)	80	120	9600
sondages carottés	80	250	20000
sondages pressiométriques	80	220	17600
sondages pénétrométriques	80	220	17600
essais en laboratoire	1	7850	7850
rapport	1	2000	2000
			100 100

Tableau 8 : Coût d'une G2-AVP sur Plaine

L'ensemble des reconnaissances géotechniques nécessaires (G11, G2-AVP, G2-PRO) peuvent ainsi être estimés sur le barrage de Plaine-RD613 à :

Reconnaisances géotechniques - Barrage Plaine-RD613

155 000 €HT



Photo 3 : Petits bancs calcaires lacustres affleurant dans le talweg sous les alluvions grossières
Pendage des bancs calcaires : 15-20° N-NE



Photo 4 : Alluvions argilo-caillouteuse dans le talweg au droit du projet
Puissance totale des alluvions 1,0 à 1,50 m

Au niveau des appuis latéraux les calcaires lacustres en bancs massifs affleurent par endroit notamment en RG au niveau du chemin.

Les formations calcaires ne paraissent pas affectées par des phénomènes de karstification. Il n'a pas été observé de karstification notable : lapiaz, cavités au droit du projet probablement en raison de la présence des nombreux joints argileux ou marneux intercalés dans ces calcaires.

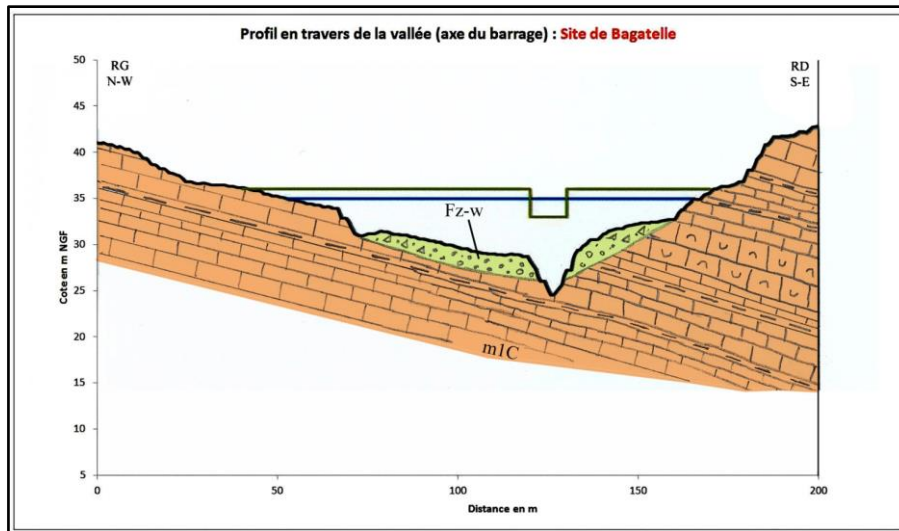


Figure 38 : Coupe géologique transversale à l'axe de l'ouvrage
(indices identiques à la carte géologique à 1/50 000 et repris dans le texte)

7.3.7.3.2 Cuvette

Comme l'ensemble du site le substratum de la cuvette de la retenue est située sur les calcaires lacustres de Bages (m1C) qui ne sont visibles qu'à la périphérie sur les versants.

L'ensemble du fond de la cuvette est recouvert d'une couverture peu épaisse de cailloutis d'alluvions récentes ou plus anciennes (moyenne terrasse notée Fw2 sur la carte géologique 1/50 000) pouvant être cimentées par endroit et de colluvions argilo-caillouteuses se sont déposées localement en pied de versant.

7.3.7.3.3 Recommandations

Le projet de barrage se situe sur un coude du talweg dans les calcaires lacustres aquitaniens, la position exacte du barrage pourra être adaptée de façon à optimiser cet ouvrage : longueur, décapage, volume de matériaux, etc.

En ce qui concerne la reconnaissance géotechnique, ce site – où le substratum rocheux massif est subaffleurant – peut être reconnu par une série de fouilles effectuées avec une pelle hydraulique permettant de réaliser des puits jusqu'au rocher franc : a priori 2-4 m, dans les alluvions grossières et les colluvions.

Ainsi, à ce stade, aucun élément rédhibitoire n'a été identifié pouvant remettre en cause la faisabilité de l'ouvrage.

Le coût estimé de telles prestations sur la base d'une G2-AVP est décomposé tel que ci-après :

Bagatelle	G2-AVP		
	qté	prix	prix tot
Amené replis du matériel	1	2000	2000
Fouille à la pelle (2/4m prof)	10	500	5000
prises d'échantillons	10	350	3500
essais en laboratoire	1	2500	2500
rapport	1	2000	2000
			15 000

Tableau 9 : Coût d'une G2-AVP sur Bagatelle

Le total des reconnaissances géotechniques (G11, G2-AVP, G2-PRO) peuvent ainsi être estimés pour le barrage de Bagatelle à :

Reconnaisances géotechniques - Bagatelle

35 000 €HT

7.3.8 Classement des barrages projetés

Comme évoqué dans le paragraphe 7.3.1 relatif au contexte réglementaire, les ouvrages de rétention peuvent relever de la réglementation relative au barrage et à celle des digues.

7.3.8.1 Classement selon la réglementation « barrages »

La détermination de la classe des barrages nécessite pour chaque site l'évaluation de la hauteur « H » du barrage et du volume retenu « V ».

Concernant la hauteur du barrage, la détermination de celle-ci peut présenter deux pratiques distinctes. Une première interprétation du Décret n°2015-526 du 12 mai 2015 évoqué ci-avant conduirait à estimer la hauteur de l'ouvrage comme la valeur maximale entre :

- la distance entre la cote du déversoir et la cote du terrain naturel la plus basse à l'aplomb de celui-ci ;
- la distance entre la cote de crête du barrage et la cote du terrain naturel la plus basse en dehors du linéaire où est implanté le déversoir.

Néanmoins les préconisations de l'IRSTEA (anciennement Cemagref) sur ce sujet (*Barrages – Classement et estimation des paramètres H et V en application du décret du 11 décembre 2007 – Cemagref – Juillet 2008*) préconisent d'estimer la hauteur d'un barrage comme la distance entre la cote de crête du barrage et la cote minimale du terrain naturel au niveau du fond de la vallée (cote du TN la plus basse sur le profil en travers de la vallée au niveau de l'axe du barrage).

La détermination de la hauteur du barrage est donc délicate à ce stade puisqu'elle nécessite de connaître la cote du déversoir, son emplacement, ainsi que la revanche du barrage déterminant la cote de sa crête. Nous prendrons dans une première approche une revanche forfaitaire de 1 m.

La détermination du volume retenu « V » est également particulière compte-tenu du fonctionnement des barrages projetés qui ne présentent pas de cote de retenue normale. Il est donc possible de retenir pour ce volume :

- Le volume de la retenue à la cote du déversoir de l'évacuateur de crues ;
- Le volume de la retenue à la cote des PHE.

Aussi le classement d'un barrage projeté est difficile car il dépend de nombreux paramètres (hauteurs, volumes, emplacement du déversoir, nature du barrage...) qui ne sont connus qu'une fois le dimensionnement réalisé. Le problème est que le dimensionnement lui-même est dépendant du classement du barrage. Le concepteur se retrouve donc dans une situation où il doit opérer par itérations.

Afin de cadrer ces itérations, des hypothèses ont été réalisées en première approche pour encadrer le classement du barrage. Il a été déterminé plusieurs hauteurs d'ouvrage possibles ainsi que plusieurs volumes, afin de déterminer le classement du barrage selon la combinaison considérée entre les différentes hauteurs et les différents volumes.

Les tableaux ci-dessous résument les combinaisons testées et la figure suivante illustre les hauteurs considérées :

	Bassin Plaine	Bassin Bagatelle
PHE (m NGF)	55.00	35.00
Fond de vallée (m NGF)	38.9	25.5
1 Hauteur 1 (PHE - Fond de vallée)	16.10	9.50
2 Hauteur 2 (PHE + Revanche 1m - fond de vallée)	17.10	10.50
3 Hauteur 3 (Déversoir [PHE-1m]- fond de vallée)	15.10	8.50
4 Hauteur 4 (Déversoir [PHE-2m]- fond de vallée)	14.10	7.50
5 Volume sous les PHE en hm ³	1.55	0.12
6 Volume sous le déversoir [PHE-1m] en hm ³	1.26	0.08
7 Volume sous le déversoir [PHE-2m] en hm ³	1.00	0.05
Classement maximal (2 et 5)	B	C
Classement minimal (4 et 7)	C	C
Classement moyen (3 et 6)	256	20
	C	C

Tableau 10 : Classement des barrages

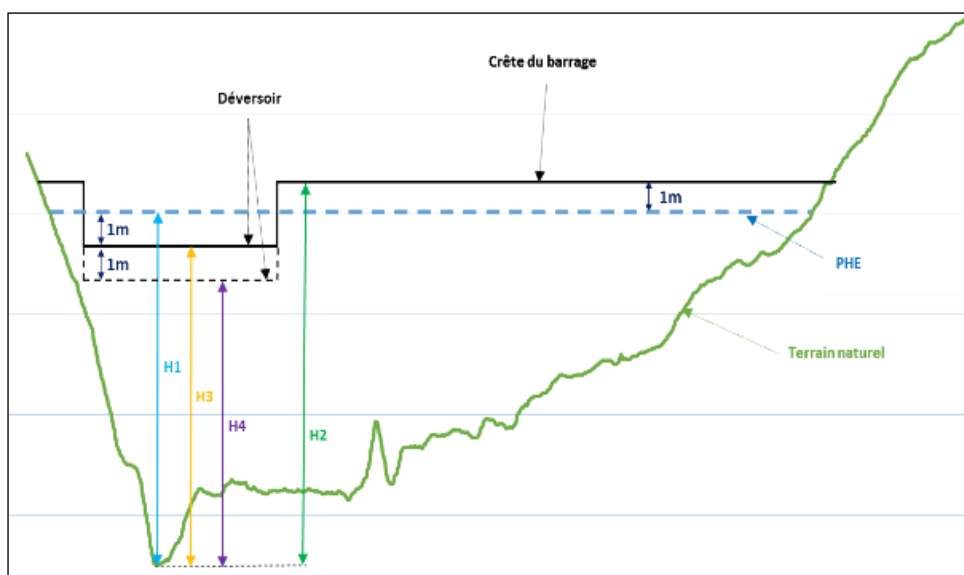


Figure 39 : Grandeurs prises en compte dans le classement des barrages

7.3.8.2 Classement selon la réglementation « digues »

Si l'on prend en compte le classement « digues », l'ensemble des ouvrages du bassin du Rec de Veyret, sont classés en catégorie B (population protégée comprise entre 3000 et 30 000 personnes).

7.3.8.3 Conclusion quant au classement des ouvrages

Dans une approche conservatrice, nous retenons une classe B pour l'ensemble des ouvrages projetés (principalement motivé par le classement « digues »).

7.3.9 Dimensionnement des évacuateurs de crue

Les recommandations du C.F.B.R. quant au dimensionnement des évacuateurs de crue préconisent d'étudier deux cas de figure :

- **Une situation exceptionnelle (crue de projet)** qui détermine les PHE et que l'ouvrage doit pouvoir supporter sans dommages avec toutes les marges de sécurité nécessaires ; pour un ouvrage de classe B et des ouvrages en remblai, **la crue de projet à prendre en compte est caractérisée par une période de retour de 3000 ans,**

Classe du barrage	Barrages rigides	Barrages en remblai
A	3000	10000
B	1000	3000
C	300	1000

- **Une situation extrême (crue avec ou sans défaillance) caractérisée par une période de retour de 33 000 ans pour un ouvrage de classe B.**

Classe du barrage	Probabilité annuelle de dépassement de la cote de danger
A	10^{-5}
B	3×10^{-5}
C	10^{-4}

De fait, BRLi a estimé à l'aide des données de pluies à sa disposition les débits de période de retour 3 000 et 33 000 ans. Ils sont consignés dans le tableau ci-dessous

	Q3000 ans				Q33000 ans			
	Cote plan d'eau Z (m) - PHE	Débit amont retenue Q (m³/s)	Débit aval retenue Q (m³/s)	Différence débits max nœud amont et aval	Cote plan d'eau Z (m)	Débit amont retenue Q (m³/s)	Débit aval retenue Q (m³/s)	Différence débits max nœud amont et aval
Plaine	54.8	183	116	67	55.7	258	201	57
Bagatelle	34.4	50	36	14	34.9	69	54	15

Tableau 11 : Situations exceptionnelles et extrêmes

Dans cette analyse, et suite à l'expertise géologique, les ouvrages ont été supposés être réalisés en remblais.

Les configurations retenues dans cette première approche (et qui ont conditionné le laminage offert par les retenues) sont les suivants :

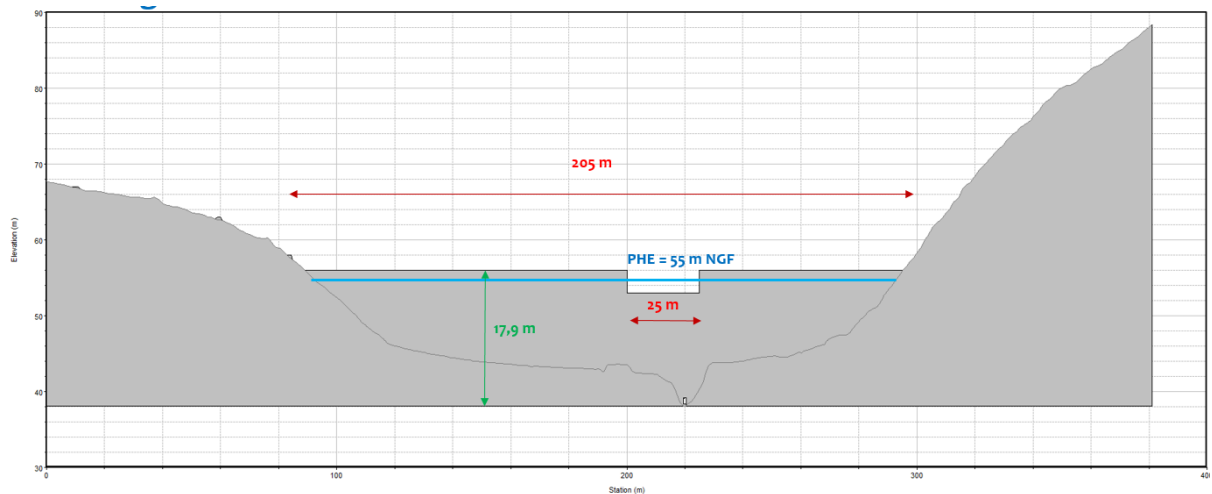


Figure 40 : Coupe de la vallée et barrage de Plaine-RD613

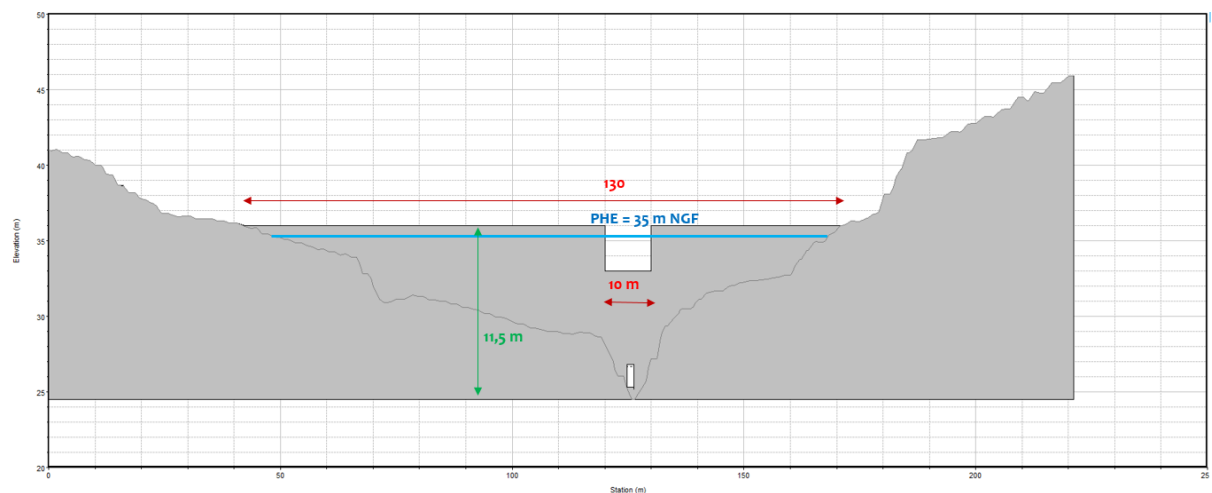


Figure 41 : Coupe de la vallée et barrage de Bagatelle

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des ouvrages au stade faisabilité :

Lieu	Retenue de Plaine-RD613	Retenue de Bagatelle
Surface du bassin versant intercepté (en km ²)	13,7	3,2
Cote des PHE (m NGF)	55	35
Cote du déversoir (m NGF)	53	33
Largeur du déversoir (m)	25	10
Dimensions du puits de fond (m [L] x m [H])	0,75 x 0,75	1,5 x 1,5
Hauteur du barrage (m)	17,9	11,5
Largeur du barrage (m)	205	130

Tableau 12 : Caractéristiques des barrages

7.3.10 Efficacité hydraulique des ouvrages de rétention

7.3.10.1 Efficacité locale

Lors de l'évaluation de l'efficacité hydraulique d'ouvrages de rétention, il est essentiel dans un premier temps de s'intéresser à l'efficacité locale des ouvrages. En effet, il faut s'assurer que les gains en termes de réduction des débits de pointe à l'échelle du bassin versant ne sont pas uniquement liés à un simple décalage temporel des pointes qui peut être très dépendant des hypothèses de pluie et de leur répartition spatiale.

Le tableau ci-dessous synthétise pour des périodes de retour de 10 à 100 ans, les laminages offerts par les 2 barrages projetés :

	Q10 ans				Q30 ans				Q100 ans			
	Cote plan d'eau Z (m)	Débit sans aménagement Q (m ³ /s)	Débit aval retenue Q (m ³ /s)	Différence débits max avec et sans aménagement (m ³ /s)	Cote plan d'eau Z (m)	Débit sans aménagement Q (m ³ /s)	Débit aval retenue Q (m ³ /s)	Différence débits max avec et sans aménagement (m ³ /s)	Cote plan d'eau Z (m)	Débit sans aménagement Q (m ³ /s)	Débit aval retenue Q (m ³ /s)	Différence débits max avec et sans aménagement (m ³ /s)
Plaine	51.3	56	7	49	53.0	79	9	70	53.3	139	50	89
Bagatelle	32.2	28	16	12	33.1	38	22	16	33.4	64	64	0

Tableau 13 : Efficacité hydraulique locale des barrages

Ainsi, pour des débits variant de Q_{10} à Q_{100} , l'estimation des pouvoirs écrêteurs des barrages aboutit aux valeurs suivantes :

- ▶ Barrage de Plaine – RD613 : 64 à 89 %,
- ▶ Barrage de Bagatelle : 40 à 45 % pour 10 ans et 30 ans ; pour 100 ans, la retenue est saturée, le barrage est quasiment transparent vis-à-vis des crues.

Les graphes ci-dessous illustrent l'efficacité hydraulique locale des ouvrages pour l'évènement de période retour 30 ans pour lequel les ouvrages ont été optimisés :

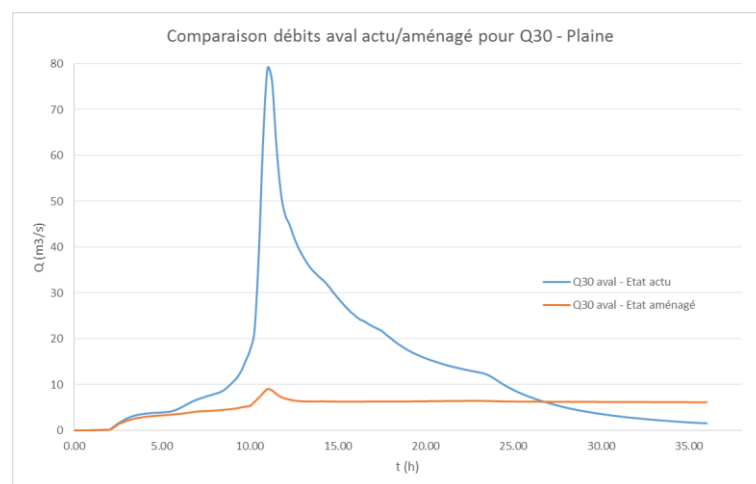


Figure 42 : Efficacité hydraulique locale du bassin de Plaine-RD613 pour Q30 (graphes)

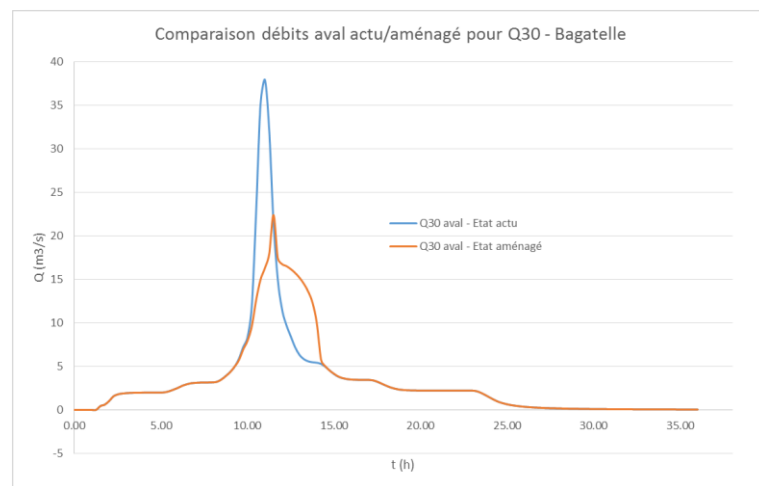


Figure 43 : Efficacité hydraulique locale du bassin de Bagatelle pour Q30 (graphes)

7.3.10.2 Efficacité à l'échelle du bassin versant

L'efficacité hydraulique en termes de réduction des débits de pointe à l'échelle du bassin versant est résumée dans le tableau ci-dessous :

Débit à l'amont du couloir endigué Pont SNCF (m ³ /s)	Q10 ans	Q30 ans	Q100 ans
Etat avant aménagements	76	118	209
Etat après aménagements	34	55	118

Tableau 14 : Efficacité hydraulique des barrages à l'échelle du bassin versant

Il ressort de ce tableau que :

- ▶ Les débits de pointe de période de retour 10 à 100 ans sont divisés par 2 en entrée du couloir endigué,
- ▶ La crue de période de retour 30 ans peut, moyennant une sécurisation et une homogénéisation de la capacité du couloir endigué, transiter dans ce dernier sans débordement majeur.

Les graphes ci-dessous illustrent les hydrogrammes en entrée du couloir endigué avant et après aménagement :

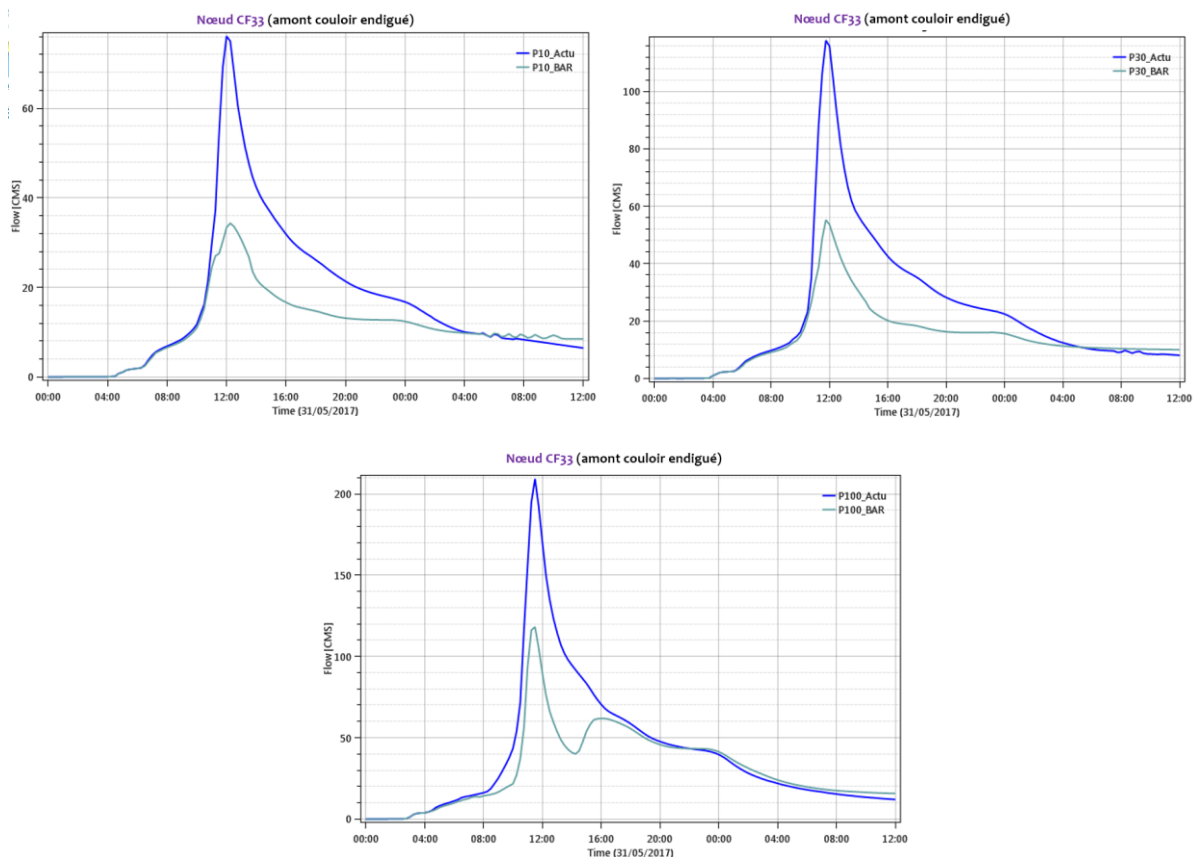


Figure 44 : Efficacité hydraulique des ouvrages en amont du couloir endigué (graphes)

7.3.11 Caractéristiques des ouvrages projetés

De manière générale, la conception des ouvrages devra être dictée par :

- ▶ Les conditions hydrauliques en ce qui concerne les cotes de calages et les protections de talus,
- ▶ Les conditions géotechniques en ce qui concernent les pentes de talus et les dispositions constructives des remblais.

Il est proposé ci-après un tableau récapitulatif du choix des éléments constructifs principaux des ouvrages :

Caractéristiques de l'ouvrage	Caractère dimensionnant retenu	Remarques / Observations
Axe implantation	Volume de la retenue Morphologie du site	Ajustement de l'implantation de l'axe pour permettre une meilleure fermeture en regard de la topographie (appui fuyant)
Cote de crête	Calée à Cote déversoir = PHEE + revanche	Conditionné par courbe HV
Cote de seuil	Fonctionnement hydraulique « Ecrêteur » avec stockage de la Q30	Conditionnée par courbe HV Conditionné par la loi d'écoulement du pertuis
Largeur de seuil	Fonctionnement hydraulique Qp	Conditionnée par géométrie du site Conditionnée par courbe HV Conditionné par la loi d'écoulement du seuil

Largeur crête	Règle de l'art des retenues : formule fonction de H et V avec 3 m mini	Compte tenu de la retenue : l = 4 m (f(H,V) et des dispositions constructives)
Pente talus aval	Stabilité sous condition hydraulique « retenue pleine »	Choix des caractéristiques des matériaux Choix des valeurs de coefficients de sécurité Condition « sévère » due à l'établissement d'un régime hydraulique interne permanent
Pente talus amont	Stabilité en vidange rapide	Choix des caractéristiques des matériaux Choix des valeurs de coefficients de sécurité Condition « sévère » due à l'établissement d'un régime hydraulique interne permanent
Dimension fosse aval écreteur	Fonctionnement hydraulique Qp	Fosse en déblai
Déversoir	Fonctionnement hydraulique Qp	Conditionnée essentiellement par hauteur de chute, et hauteur lame d'eau déversante et accessoirement par pente du talus aval
Dimension pertuis de fond	Fonctionnement hydraulique « Ecreteur »	Choix d'une section unique pour limiter le risque de bouchage par embâcles Variante possible
Pente pertuis	Maintien d'un régime hydraulique fluvial	1 ‰
Zonage remblai	Critère d'étanchéité des matériaux	Vérification des risques d'érosion interne à analyser (+ condition de filtre et d'auto-filtre)
Bèche amont ou remblai de substitution mis en œuvre en masque	Ecoulement en fondation	Il conviendra d'effectuer des essais d'eau en fondation (Lugeon basse pression) pour valider les cotes et dispositifs Voir le traitement de l'interface Remblai – Fondation rocheuse
Ecran anti-renard	Ecoulement le long des ouvrages : risque d'érosion interne	Il est prévu un traitement singulier de la mise en œuvre du remblai le long de l'ouvrage pour éviter la ségrégation, et obtenir un bon compactage
Drainage et Erosion interne	Evaluation des écoulements internes Condition de filtre	Prévoir la gestion des écoulements éventuels en sous face des enrochements (défaut de bétonnage, exutoires de la nappe interne)

7.3.11.1 Profils de barrage proposés à ce stade de l'étude

Plusieurs coupes types de barrage peuvent être envisagées. La définition d'un profil de barrage doit répondre à deux exigences :

- ▶ Protéger contre le phénomène de renard,
- ▶ Disposer d'un système d'étanchéité efficace en fondation et dans le corps de digue.

Deux possibilités peuvent être envisagées :

- ▶ Barrage homogène avec clé d'ancrage centrale dans la fondation imperméable et tapis filtrant à l'aval servant à rabattre vers l'intérieur du massif la ligne de saturation
- ▶ Barrage zonée à étanchéité amont ou pseudo-zonée avec un matériau relativement imperméable à l'amont et un matériau plus perméable dans le corps de digue. Une clef d'ancrage, placée à l'amont, permet de faire le contact avec la fondation imperméable.

Les critères à retenir pour la conception ces ouvrages de rétention sont principalement :

- Une étanchéité relative afin de limiter les débits de percolation, ou plus exactement réduire les vitesses d'écoulement interne. En effet, il convient de limiter les entraînements de fines des matériaux constitutifs de la digue ;
- De même, l'assise des barrages doit être saine. Un décapage soigné de l'emprise du barrage associé à d'éventuelles purges de matériaux grossiers (matériaux graveleux, rocher très altéré notamment). On retiendra aussi l'exécution d'une tranchée parafouille (clé d'ancrage) qui conduira à augmenter les lignes d'écoulement au droit du contact remblai – sol en place ;
- La géométrie du barrage répondra aux points suivants : crête de barrage circulaire pour les engins d'entretien ;
- Une protection du talus amont. Cette protection est nécessaire contre notamment les ravinements liés soient à des épisodes pluvieux, soient à la baisse du plan d'eau ;
- Un talus aval protégé par un enherbement de part et d'autre du seuil.
- Un déversoir de sécurité implanté en rive, en béton ou en enrochements.

Concernant les barrages, les caractéristiques dimensionnelles proposées à ce stade de l'étude sont :

- ▶ Calage en crête intégrant 1.00 m de revanche :

Lieu	Retenue de Plaine-RD613	Retenue de Bagatelle
Cote de crête	56,0 m NGF	36,0 m NGF

- ▶ Largeur en crête : 4.00 m,
- ▶ Pente amont : 3 / 1,
- ▶ Pente aval : 2.5 / 1 en moyenne (pente de 2/1 avec risbermes),
- ▶ Protection du talus amont : enrochements sur géotextile,
- ▶ Evacuateur de surface : coursier béton avec fosse de dissipation aval en enrochements.

En synthèse, sont résumés ci-dessous les coûts estimatifs des aménagements. Les estimations ont été faites à partir de ratios (Hauteur/Largeur/Volume) établis pour des ouvrages de même configuration.

Lieu	Retenue de Plaine-RD613	Retenue de Bagatelle
Largeur de l'ouvrage (m)	205	130
Hauteur de l'ouvrage (m)	17,9	11,5
Volume de remblai (m ³)	152 000	32 000
Coût du barrage (euros HT)	2 740 000	580 000
Coût de l'évacuateur (euros HT)	2 130 000	1 360 000
Aléas/Divers 20%	1 220 000	480 000
Coût total de l'ouvrage (euros HT)	6 090 000	2 420 000

Tableau 15 : Coûts associés aux ouvrages écrêteurs projetés

7.3.11.2 La retenue

Les travaux de terrassement comprendront entre autre des travaux préparatoires :

- ▶ débroussaillage (vignes et zones de friche) et déboisement,
- ▶ ainsi que le décapage et stockage de la terre végétale.

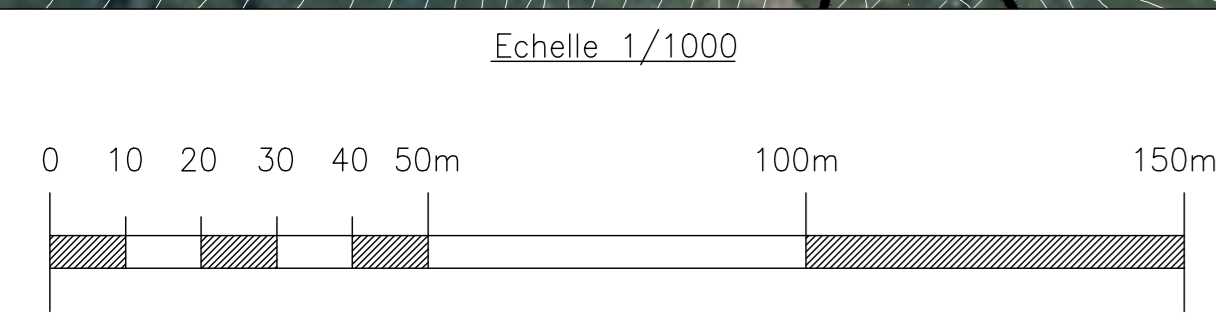
Pour les zones non intéressées par les terrassements, il peut être envisagé une campagne d'entretien de la végétation – déboisement sélectif et entretien de la ripisylve- afin de limiter la production d'embâcles lors des crues (hors prestations de base).

7.3.11.3 Plans de principe

Les ouvrages de rétention ont été définis par des plans de principe au stade faisabilité insérés dans les pages suivantes.

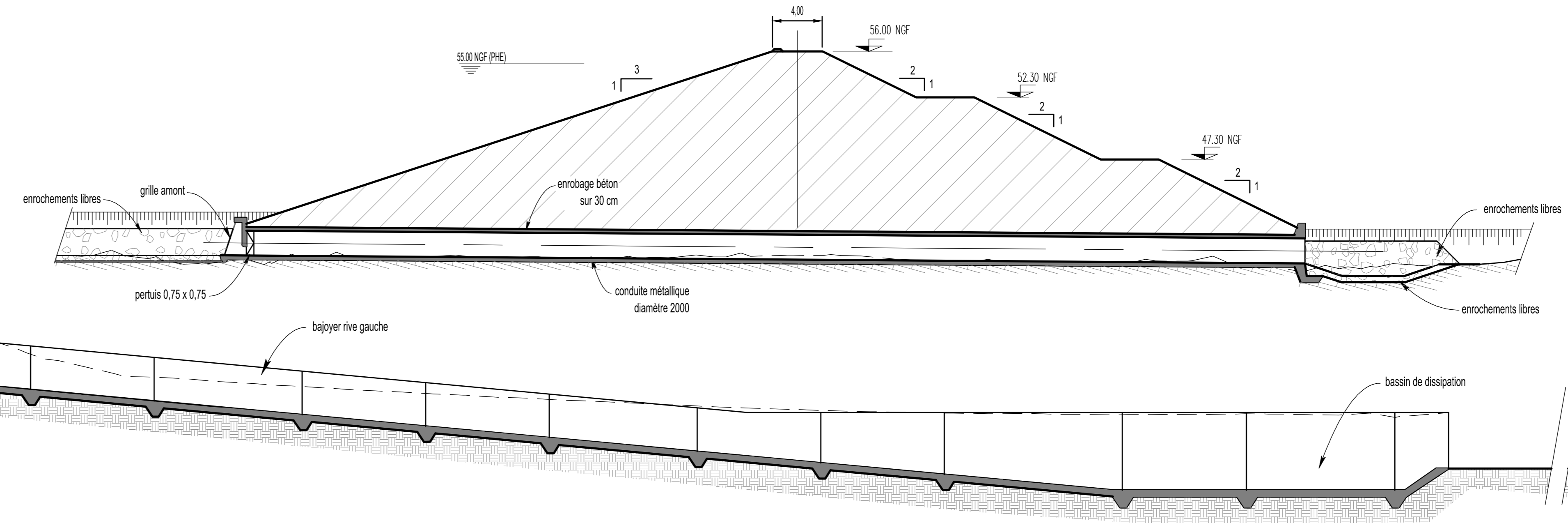
Même si les grands principes pourront a priori être respectés dans la suite des études (grâce à l'analyse de terrain du géologue), les reconnaissances géotechniques à venir seront susceptibles d'amender de manière plus ou moins substantielle la définition des ouvrages. On s'interrogera notamment sur :

- ▶ Les conditions de fondation de l'ouvrage en remblais et de l'évacuateur,
- ▶ La disponibilité des matériaux pour la mise en œuvre du barrage en remblais.



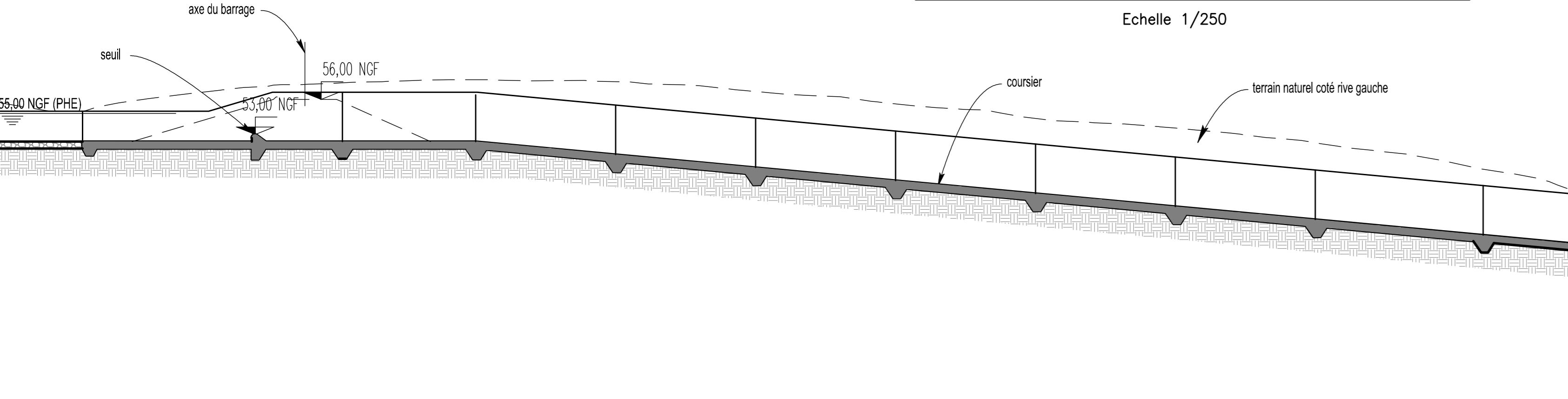
COUPE LONGITUDINALE DE PRINCIPE DU BARRAGE

Echelle 1/250

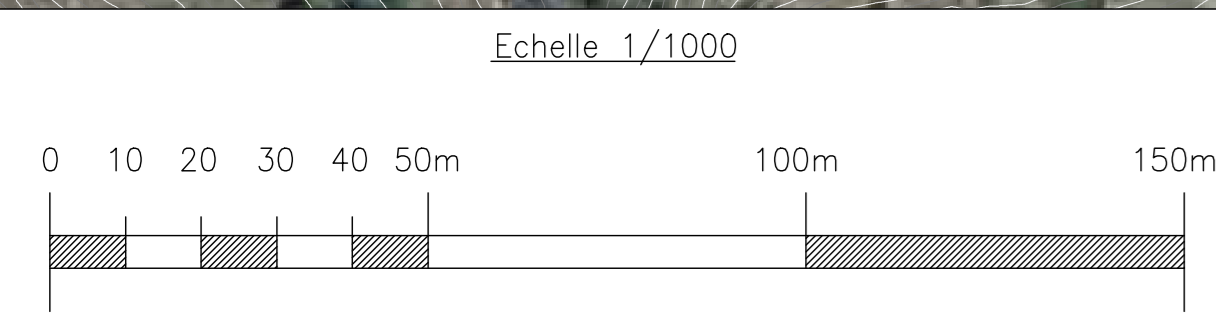


COUPE LONGITUDINALE DE PRINCIPE DE L'EVACUATEUR DE CRUES

Echelle 1/250

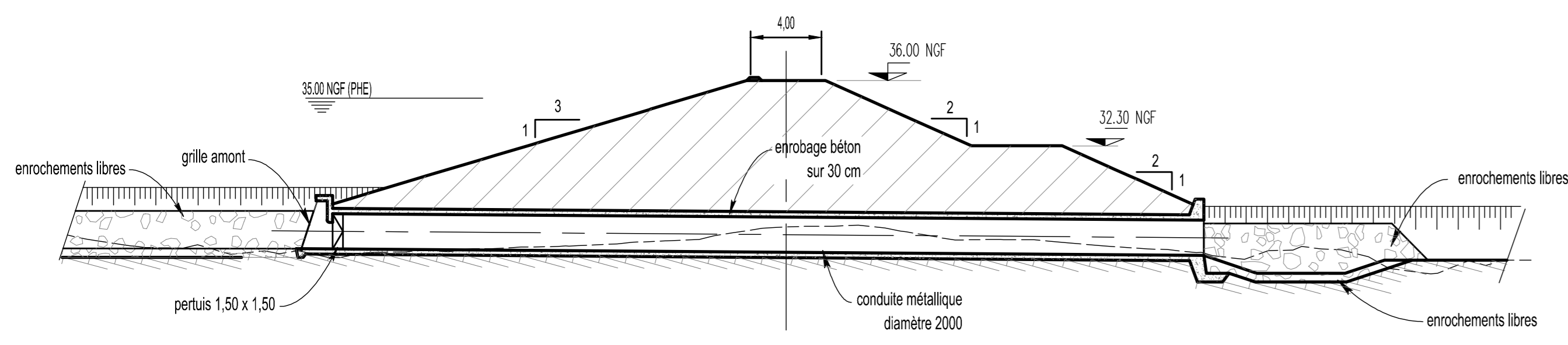


Métrise d'ouvrage 		Maître d'œuvre 	
Amédée PAPI 		1105, Avenue Pierre Mendès France BP 4001 - 30001 Nîmes Cedex - France Tél: 04 67 20 50 00 - Télécopie: 04 67 20 50 03 E-mail: brl@brl.fr - Web: http://www.brl.fr	
AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET MAITRISE D'OEUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES Tranche ferme : faisabilité/conception			
SITE DE LA PLAINE - RD613 VUE EN PLAN ET COUPES			
ECHELLE: 1/1000-1/250 Nom du fichier: A00142V02.DWG	N° du PLAN: A00142V02-1 Cotation en mètre	Date: 02/2018	Dessiné par: AUB Vérifié par: GCH Approuvé par: JAU
		PIÈCE: --	



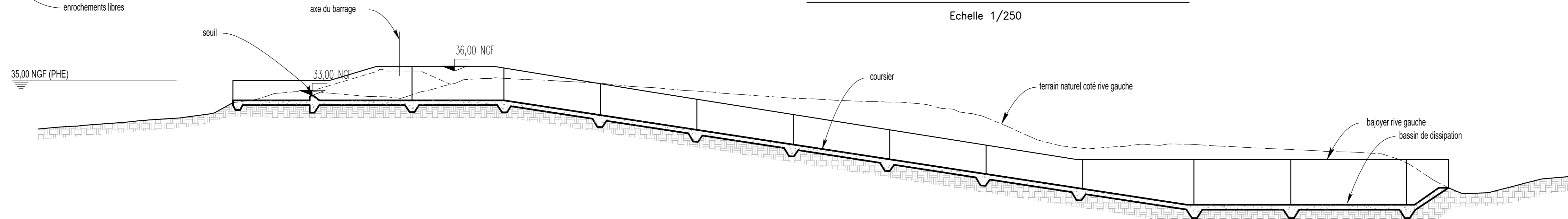
COUPE LONGITUDINALE DE PRINCIPE DU BARRAGE

Echelle 1/250



COUPE LONGITUDINALE DE PRINCIPE DE L'EVACUATEUR DE CRUES

Echelle 1/250



Métrise d'ouvrage Architecte DAPL 	Métrise d'ouvrage Ingénieur 1105, Avenue Pierre Mendès France BP 4001 - 30001 Nîmes Cedex - France Tél: 04 67 27 20 00 - Fax: 04 67 27 20 03 E mail: brl@brl.fr - Web: http://www.brl.fr
AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET MAITRISE D'OEUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES Tranche ferme : faisabilité/conception	
SITE DE BAGATELLE VUE EN PLAN ET COUPES	
ECHELLE: 1/1000-1/250 N° du PLAN: A00142V01-1 Nom du fichier: A00142V01.DWG Cotation en mètre Date: 02/2018	Dessiné par: AUB Vérifié par: GCH Approuvé par: JAU Pièce:

7.3.12 Déviation de la route RD613

La création du barrage de la Plaine-RD613 nécessite, en préalable, le dévoiement de la route départementale RD613.

L'objectif est ici :

- ▶ définir le nouveau tracé de la route, pour qu'elle soit hors d'eau pour une période de retour de crue à définir.
- ▶ établir les caractéristiques de structure de chaussée conformément à la réglementation en vigueur concernant les « routes départementales » ;
- ▶ faire valider le tracé et les caractéristiques de la voie par le gestionnaire.

Trois solutions ont été envisagées (cf. plans de principe insérés dans les pages suivantes) :

- ▶ **Solution A** : Dévoiement sur un linéaire d'environ 1,9 km en rive gauche de l'ouvrage (la configuration topométrique étant plus favorable sur cette rive qu'en rive droite) ; l'objectif est ici de caler la chaussée de la route au-dessus des PHE du barrage de Plaine-RD613, soit la cote associée de 55 m NGF,
- ▶ **Solution B** : Permettre le franchissement localisé de la crête du barrage avec une déviation d'un linéaire de l'ordre de 1,1 km,
- ▶ **Solution C** : Mettre en place une déviation de la RD613 vers la RD6113 au nord, soit un linéaire de l'ordre de 2,3 km.

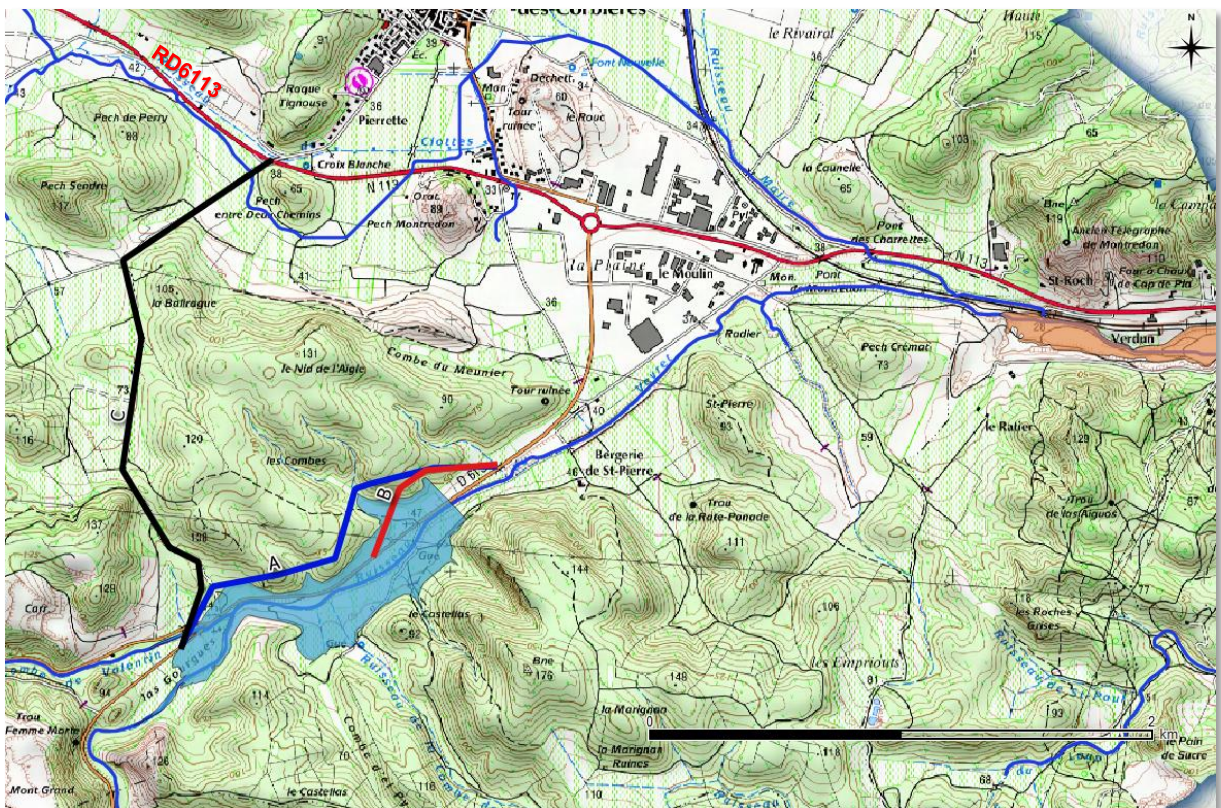


Figure 45 : Différentes options pour la déviation de la RD613

Il est à signaler que pour le cas particulier de la solution B, le tronçon de la route RD613 situé dans l'emprise des PHE sera inondé de manière plus régulière :

- ▶ Dans l'état actuel, ce tronçon est inondé pour une crue de période de retour 100 ans environ,
- ▶ Dans l'état aménagé, la route serait inondée de manière annuelle.

Pour établir les tracés des différentes solutions, il a été retenu le principe suivant (issu du catalogue ARP : Aménagement des Routes Principales et en étroite concertation avec la direction des routes et des transports du département de l'Aude) :

- ▶ Respect du profil R80 avec passage en R60 localement pour les zones sensibles ;

Cela implique les règles principales suivantes :

- respecter une largeur de plateforme minimale de 12 m : il a été considéré des plateformes à 13m pour intégrer notamment des surlargeurs de 50/R dans les virages ;
- pentes maximales de rampe de 5 %,
- rayons en plan 240 m idéalement, possible 120 m localement.
- rayons du profil en long 3000 m idéalement, possible 1500 m localement.

Le tableau ci-dessous résume les coûts associés à chacune des solutions de déviation de la RD613 :

Lieu	Solution A	Solution B	Solution C
Longueur de la déviation (km)	1,94	1,10	2,37
Volume de déblai (m ³)	98 500	23 100	55 900
Volume de remblai (m ³)	68 400	68 000	56 900
Coût Déviation route (euros HT)	2 000 000	1 300 000	1 850 000
Coût giratoire (euros HT)	-	-	400 000
Aléas/Divers 20%	400 000	260 000	370 000
Coût total de l'ouvrage (euros HT)	2 400 000	1 560 000	2 620 000

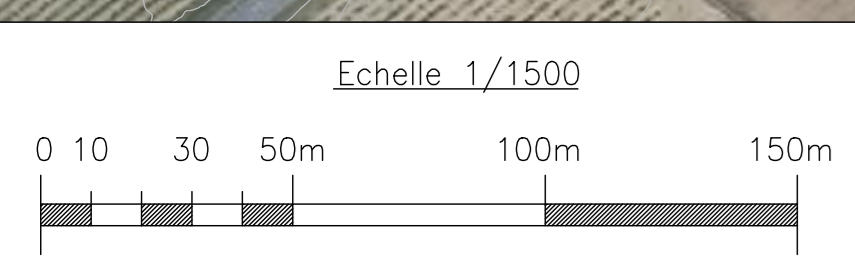
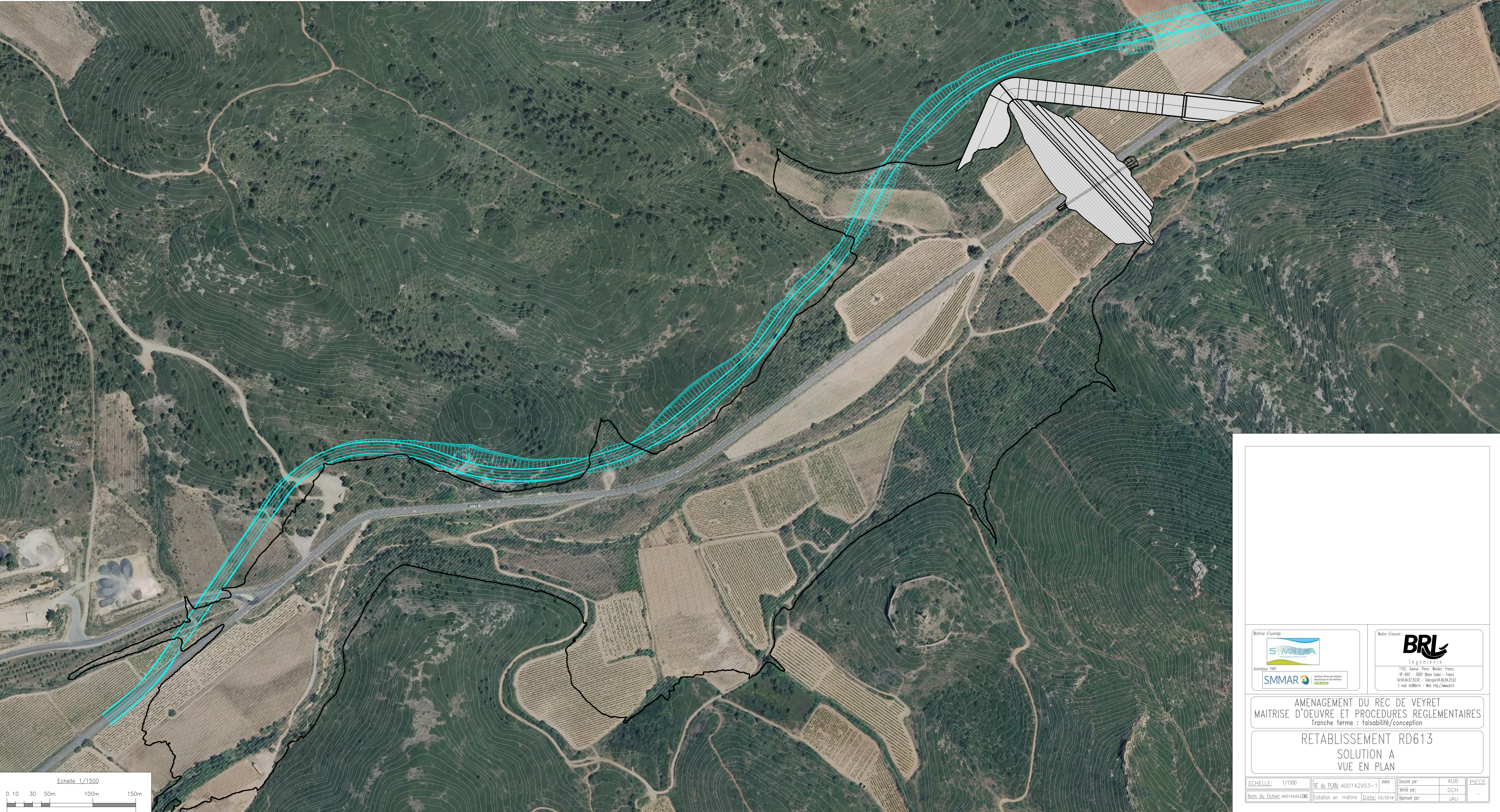
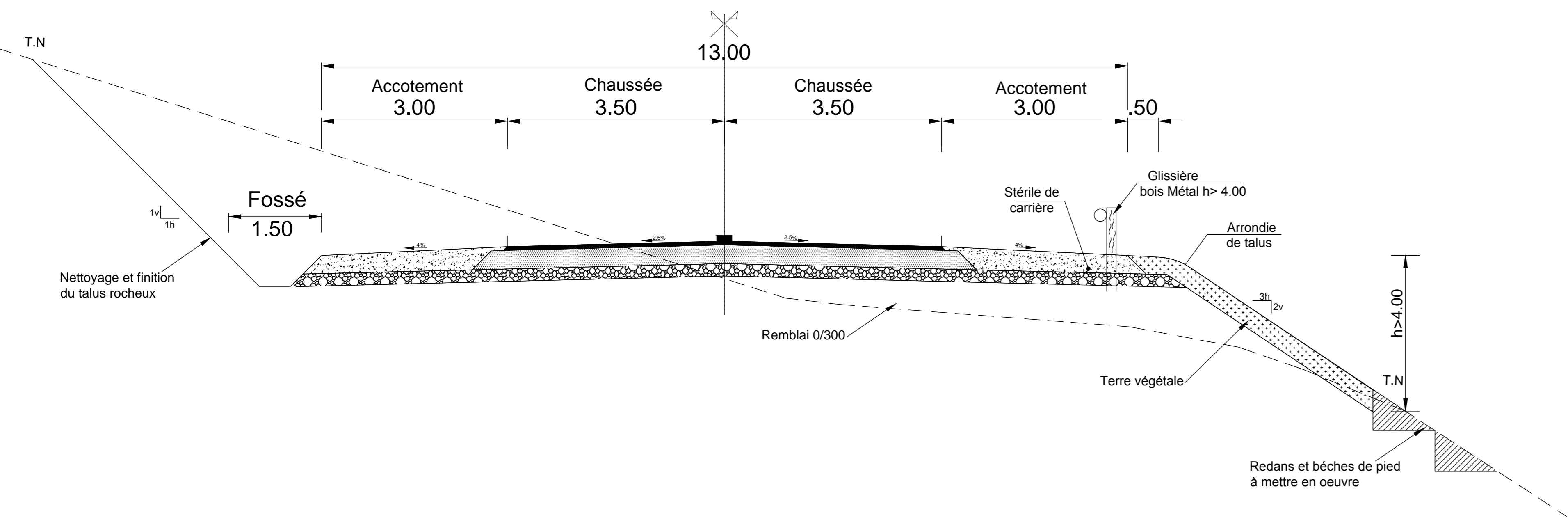
Tableau 16 : Coûts associés aux différentes solutions pour la déviation de la RD613

Au vu des coûts associés à la solution B, et du fait que l'inondabilité de la route sera significativement plus élevée dans cette hypothèse, cette dernière option semble devoir être écartée.

D'autre part, la solution C implique une surcharge de la circulation dans la traversée de Montredon et un temps additionnel de trajet de l'ordre de 5 min. Enfin, d'après les échanges lors du comité de pilotage de mars 2018, cette solution semble devoir se heurter à des difficultés concernant la connexion avec la RD6113 pour laquelle un carrefour giratoire devra être réalisé.

De fait, pour la suite des estimations financières nous retiendrons les montants associés à la solution A soit 2 400 000 €HT.

Profil en travers type

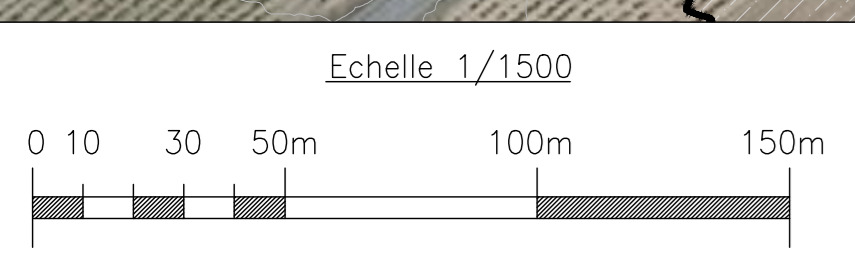
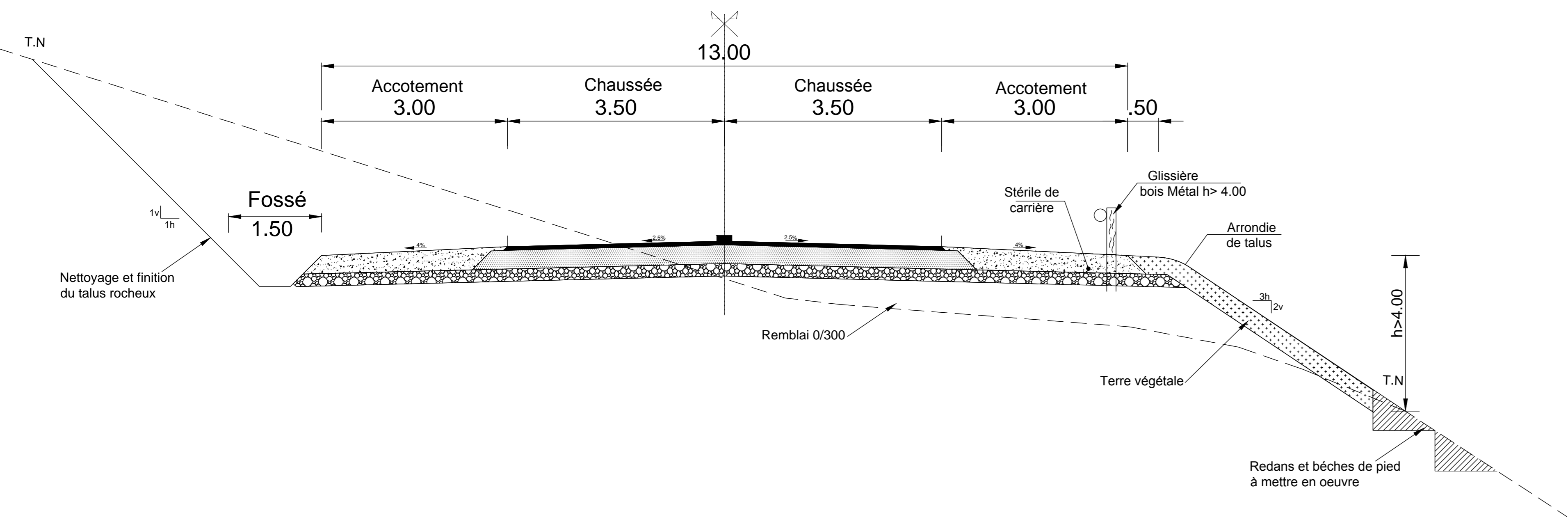


AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET
 MAITRISE D'OEUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES
 Tranche ferme : faisabilité/conception

RETABLISSEMENT RD613
 SOLUTION A
 VUE EN PLAN

ECHELLE: 1/1500	N° du PLAN: A00142V03-1	Etat: AUB	Dessiné par: AUB	PIECE: --
Nom du fichier: A00142V03.DWG	Cotation en mètre	Date: 03/2018	Vérifié par: GCH	
			Approuvé par: JAU	

Profil en travers type



Maitrise d'ouvrage

Artisanat PAPI

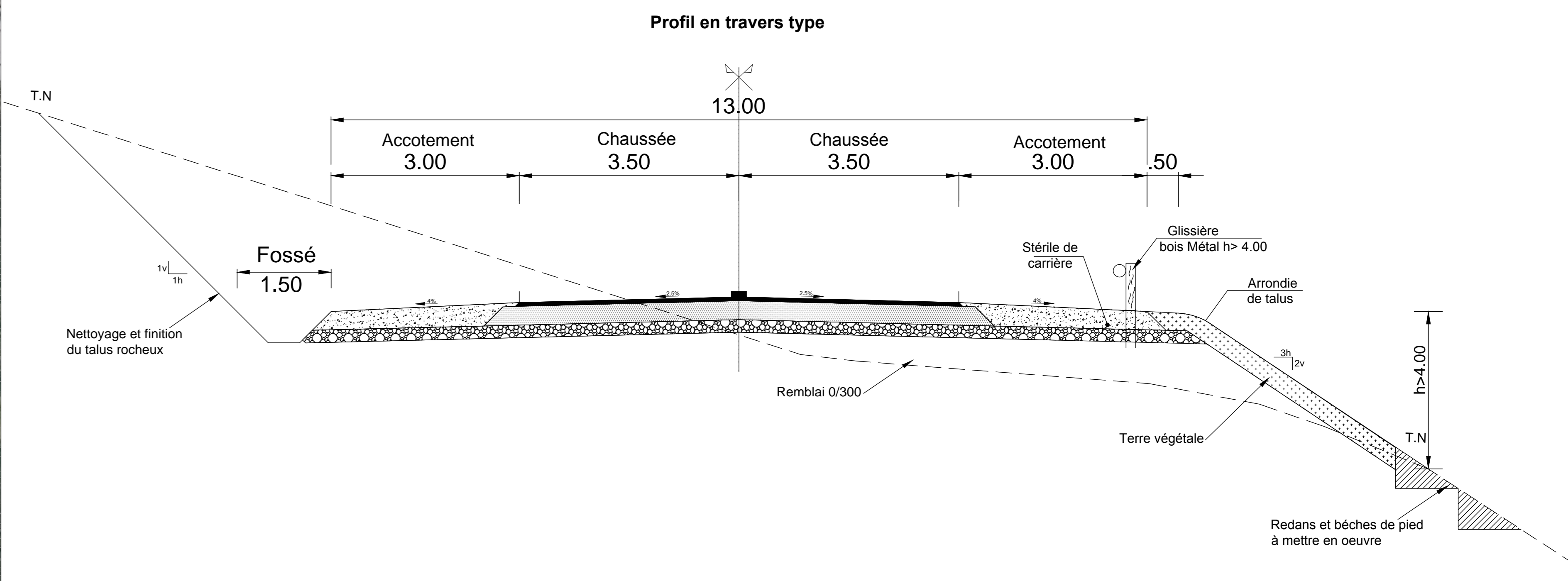
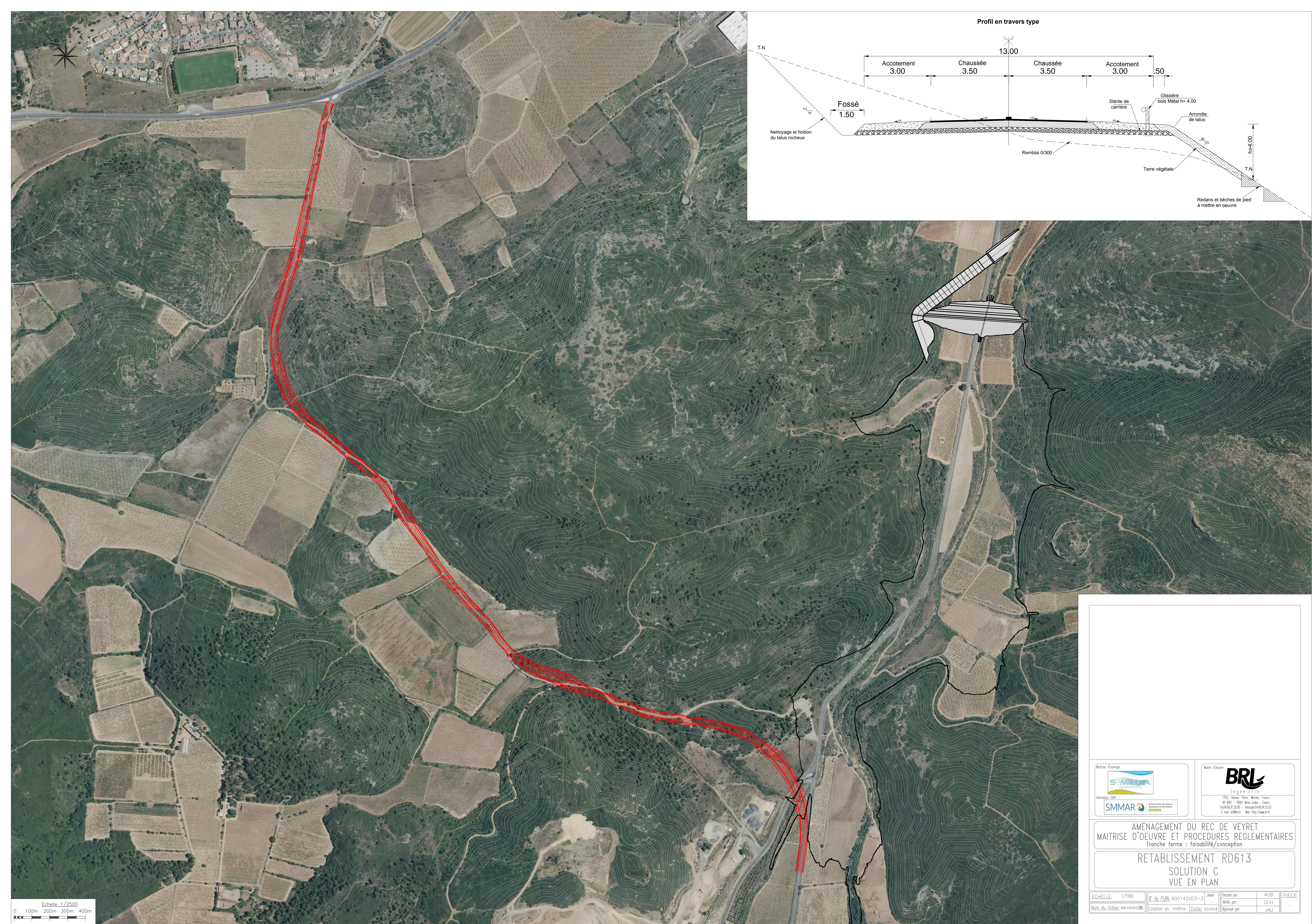
Maitrise d'œuvre

1105, Avenue Pierre Mendès France
92 400 - 92001 Nanterre Cedex - France
Tél: 01 47 37 12 00 - Télécopie: 01 47 37 12 03
E-mail: brl@brl.fr - Web: http://www.brl.fr

AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET
MAITRISE D'OEUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES
Tranche ferme : faisabilité/conception

RETABLISSEMENT RD613
SOLUTION B
VUE EN PLAN

ECHELLE:	1/1500	N° du PLAN:	A00142V03-2	Etat:	Dessiné par:	AUB	PIECE:
Num. du fichier:	A00142V03.DWG	Colation en mètre:	Date:	03/2018	Vérifié par:	GCH	...
					Approuvé par:	JAU	...



Echelle 1/2500
 0 100m 200m 300m 400m

 Architecte PAPR 	 1105, Avenue Pierre Mendès France BP 4001 - 30001 Nîmes Cedex - France Téléphone : 04 67 70 10 10 - Télécopie : 04 67 80 50 43 E-mail : brl@brl.fr - Web : http://www.brl.fr
AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET MAITRISE D'OEUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES Tranche ferme : faisabilité/conception	
RETABLISSEMENT RD613 SOLUTION C VUE EN PLAN	
ECHELLE: 1/1500 N° du PLAN: A00142V03-3 Nom du Fichier: A00142V03.DWG	Date: 03/2018 Dessiné par: AUB Vérifié par: GCH Approuvé par: JAU

7.4 SECURISATION/CONFORTEMENT/REPRISE DU COULOIR ENDIGUE

7.4.1 Aménagements projetés

Compte tenu de l'efficacité des sites écrêteurs étudiés et des aléas importants liés à un redimensionnement du couloir endigué, c'est la solution de la sécurisation qui a été privilégiée.

La sécurisation du couloir endigué porte essentiellement sur trois types d'aménagements :

- ▶ **Travaux permettant de limiter le risque de surverse** ⇒ il est envisagé de concentrer la zone de surverse dans la partie amont rive droite du couloir. Le choix de la protection à la surverse sera conditionné par les vitesses d'écoulements attendues au déversement, elles-mêmes fonction de la lame d'eau déversante et de la hauteur déversante côté aval. Une poutre béton sera réalisée dans l'axe de la crête de digue. Elle commandera le début des déversements aux alentours d'une crue trentennale. Un fossé sera prévu en pied de digue, remplissant la fonction de dissipation de la lame d'eau déversante, et sera protégé selon la même technique que le rampant aval de la digue.

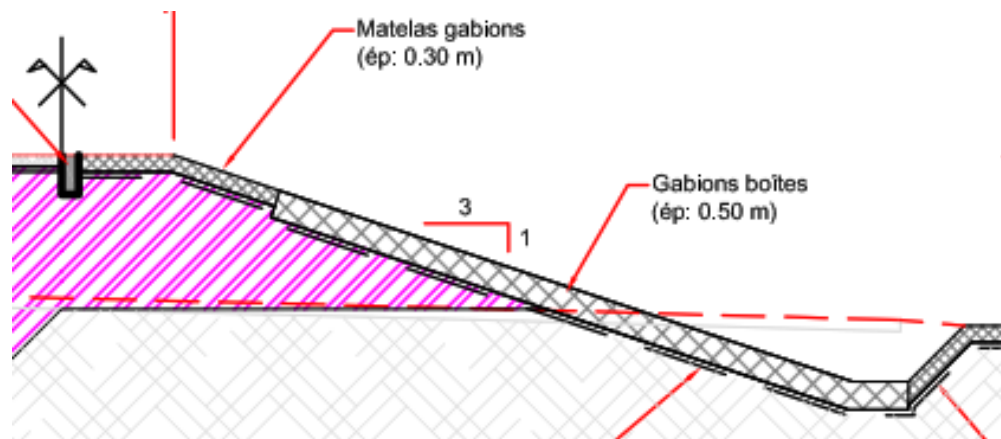


Figure 46 : Exemple de profil type d'une zone déversante

- ▶ **Travaux de confortement de talus pour les risques de glissement** ⇒ conformément aux conclusions de l'étude de danger, il est envisagé de conforter 2 tronçons par la mise en place d'une carapace en enrochements pour un linéaire total de 210 ml en rive gauche (T13 et T18).
- ▶ **Travaux de confortement de talus pour les risques d'érosion interne** ⇒ conformément aux conclusions de l'étude de danger, il est envisagé de conforter 725 ml en rive gauche (entre T2 et T12) de digue par la mise en place d'une recharge aval, en appui de la digue existante. Les caractéristiques des matériaux mis en remblais (d'apport) devront permettre d'atteindre les qualités mécaniques nécessaires à la stabilité et la tenue dans le temps des ouvrages, ainsi qu'une perméabilité suffisamment faible une fois compactés.
- ▶ **Travaux de confortement de la digue rive droite sur un linéaire de l'ordre de 1,3 km par recharge aval** de manière analogue aux travaux ci-dessus.

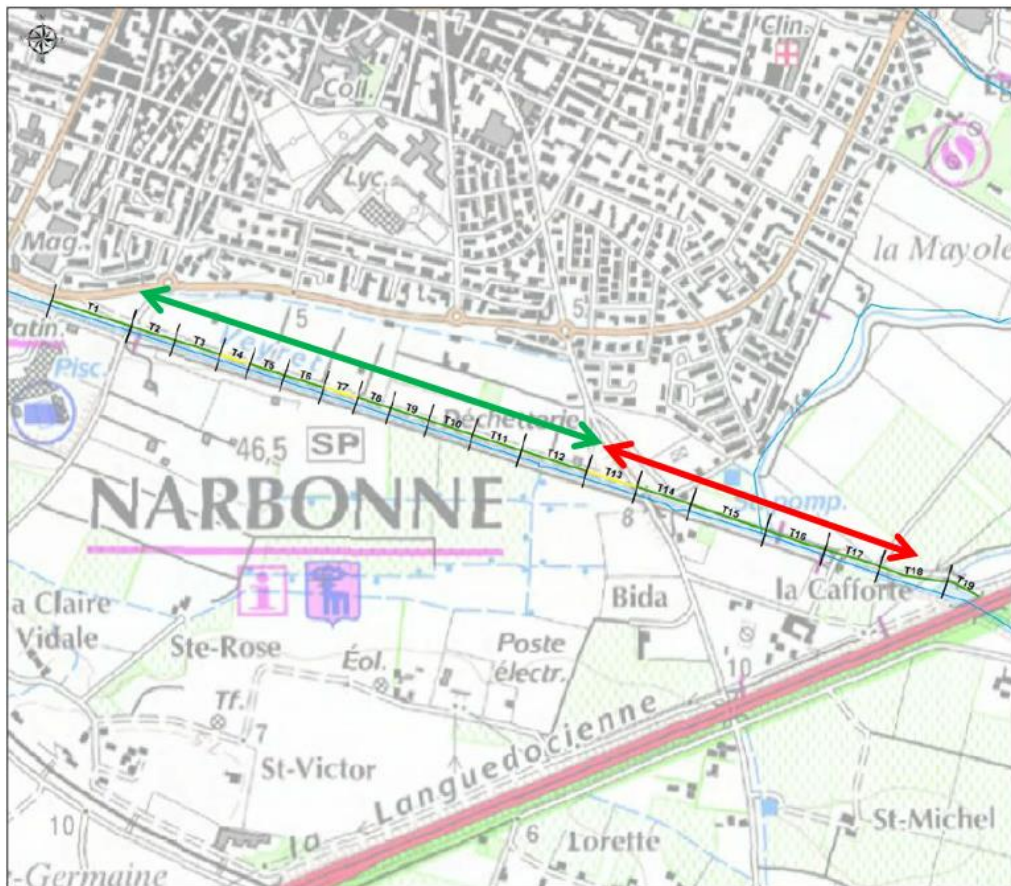


Figure 47 : Extrait de l'Etude de danger, tronçons

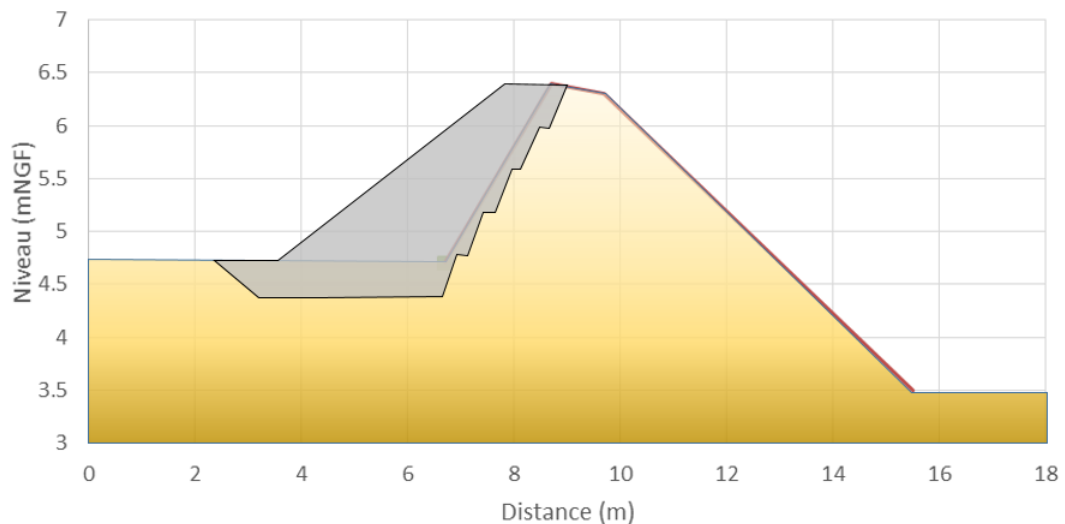


Figure 48 : Extrait de l'Etude de danger, profil type de recharge

Le confortement en rive droite a été inclus dans les travaux du couloir endigué car, en faisant l'hypothèse que le diagnostic de rive droite était comparable à celui de rive gauche, **on peut estimer probable le risque de rupture de cette première pour un débit dans le couloir endigué de l'ordre de 40 à 50 m³/s.**

Pour en illustrer les conséquences, nous avons simulé une rupture de la rive droite sur un linéaire de 25 m en aval immédiat du déversoir projeté pour la Q30 en configuration du schéma d'aménagement retenu. Les extraits de carte insérées en page suivante illustrent cette simulation.



Figure 49 : Cinétique d'une éventuelle rupture en rive droite du couloir endigué [Q30 en état aménagé]

7.4.2 Réseaux

La déclaration de travaux a été réalisée sur l'emprise suivante :



Figure 50 : Zone de DT-couloir endigué

Les retours des DT montrent que les réseaux sont principalement localisés au niveau des ouvrages traversants (ponts et passerelle). Des lignes HTA sont également à noter en amont du pont.

couloir endigué- Réseaux à proximité		
	enterée	aérien
ORANGE	au niveau des ponts	avant l'autoroute
ENEDIS	HTA 6*3*240 zone centrale + au niveau du pont des Clercs	BT au niveau de la passerelle
RTE	au niveau de la passerelle	ligne 63kVA avant l'autoroute Enserune-Lunes
VEOLIA	AC 250 et VP 100 au niveau de la passerelle PVC 90 sur le pont avant autoroute et A 140 sur le pont des Clercs	



Figure 51 : Lignes HTA enterrées (rouge) -couloir endigué

7.4.3 Coûts associés

En synthèse, sont résumés ci-dessous les coûts estimatifs des aménagements. Les estimations ont été faites à partir de ratios établis pour des confortements de digues similaires. Ils n'intègrent pas d'acquisition foncières éventuelles à réaliser.

Lieu	Création zone de surverse	Mise en œuvre de protection en enrochements	Recharge en remblai
Rive concernée	Rive droite	Rive gauche	Rive gauche : 725 ml Rive droite : 1300 ml
Linéaire concerné	150 ml	210 ml	2 025 ml
Quantité de matériaux à mettre en œuvre	2 550 m ²	1 575 m ²	8 400 m ³
Coûts estimatif des travaux (euros HT)	315 000	170 000	1 285 000
Aléa/Divers ≈ 20% (euros HT)	60 000	30 000	260 000
Coût total de l'aménagement (euros HT)	375 000	200 000	1 545 000

Tableau 17 : Coûts associés au confortement du couloir endigué RG et RD

7.5 SYNTHÈSE DES COÛTS LIÉS AU GÉNIE CIVIL DU SCHEMA D'AMENAGEMENT RETENU

Le schéma d'aménagement comprend les travaux suivants avec les prix associés de génie civil :

- ▶ **Mise en œuvre des bassins de rétention de :**
 - **Plaine-RD613 sur le Rec de Veyret** **6 090 000 €HT**
 - **de Bagatelle sur Las Tinos** **2 420 000 €HT**
- ▶ **Déviations de la route RD613** **2 400 000 €HT**
- ▶ **Sécurisation/confortement du couloir endigué** **2 120 000 €HT**

Soit un montant total lié au génie civil de l'ordre de **13 000 000 €HT**.

Pour estimer le coût total de l'opération, il est nécessaire d'intégrer les prestations d'études et de mesures compensatoires nécessaires à la réalisation de ce projet :

- ▶ **Etudes géotechniques et compléments d'études (yc fouilles préventives archéologiques)**
(donc 190 000 €HT de géotechnique) **450 000 €HT**
- ▶ **Maîtrise foncière (moyenne 5 €/m²)** **2 300 000 €HT**
- ▶ **Mesures compensatoires environnementales (5 % du G.C.)** **650 000 €HT**

Soit un montant total lié au schéma d'aménagement travaux et études estimé de l'ordre de **16 400 000 €HT**.

7.6 COMPARAISON DES ZONES INONDEES « ETAT ACTUEL-ETAT AMENAGE »

Des cartes de synthèse de comparaison des zones inondées en état actuel et en état aménagé sont insérées en **annexe 3**.

Il ressort de cette analyse que les zones inondables du Rec de Veyret sont très sensiblement réduites après aménagement avec notamment :

- ▶ La protection de la ZI de Montredon contre les débordements du Rec de Veyret jusqu'à la crue centennale,
- ▶ Des débits de crues de période de retour 30 ans transitant dans le couloir endigué quasiment sans débordement.

Nous avons aussi focalisé notre attention sur les zones riveraines du couloir endigué, et spécifiquement sur la rive droite. En effet, c'est une des zones dans laquelle les aléas sont susceptibles d'être légèrement augmentés (hormis dans l'emprise des PHE des barrages bien entendu).

7.7 SYNTHÈSE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET RÉGLEMENTAIRES LIÉS AU SCHEMA D'AMÉNAGEMENT RETENU

7.7.1 Enjeux écologiques

Les enjeux liés à la biodiversité sont listés dans le tableau ci-après sur l'emprise du bassin versant étendu. On recense des sites Natura 2000 et des Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF). Il n'est recensé aucun périmètre de protection de type arrêté de protection de biotope, réserve naturelle, ou encore parc naturel.

A ce stade du projet, il n'est pas possible d'être affirmatif sur la nature des procédures réglementaires à mener. On notera toutefois que les ZNIEFF n'impliquent pas de procédure réglementaire spécifique (outils de connaissance de la biodiversité) et que les sites Natura 2000 recensés sont relativement éloignés des zones de travaux projetés.

Pour ce qui concerne les données naturalistes obtenues dans le cadre des études relatives à la ligne Nouvelle Montpellier-perpignan, le fuseau d'étude traverse le bassin versant étendu mais n'intercepte pas les principaux ouvrages envisagés. Il n'y a donc pas de donnée pertinente à extraire de ces études à ce stade de l'étude.

	Dans le périmètre du bassin versant étendu	Barrage de plaine – RD613	Barrage de bagatelle	Sécurisation couloir endigué	Enjeu	Implication réglementaire
Natura 2000						
SIC Grotte de la Ratapanade	X				Site de mise-bas de chiroptères	A priori, site assez éloigné des zones de travaux envisagés - ne nécessite pas d'évaluation des incidences Natura 2000
ZPS Corbières orientales	X				couloir de migration majeur du littoral languedocien importante diversité de passereaux méditerranéens et espèces rupicoles	A priori, site assez éloigné des zones de travaux envisagées - ne nécessite pas d'évaluation des incidences Natura 2000
ZPS Etangs du Narbonnais	X			Proximité immédiate		En fonction de la nature des travaux, il pourra être demandé de démontrer l'absence d'incidence du projet sur les milieux aquatiques sur ce site situé en aval dans le cadre d'une évaluation des incidences Natura 2000 (probabilité faible)

	Dans le périmètre du bassin versant étendu	Barrage de plaine – RD613	Barrage de bagatelle	Sécurisation couloir endigué	Enjeu	Implication réglementaire
Périmètres d'inventaires						
ZNIEFF 2 Collines narbonnaises	X	X	X		végétation typique méditerranéenne de garrigue et de pelouses sèches	Absence d'obligation réglementaire mais présence d'une biodiversité d'intérêt notable à prendre en compte (inventaires naturalistes).
ZNIEFF 2 Massif de Fontfroide	X				végétation typique méditerranéenne de garrigue et de pelouses sèches	
ZNIEFF 2 Complexe des étangs de Bages-Sigean	X				pièce majeure du complexe lagunaire des étangs du Narbonnais en occupant une superficie de presque 4 000 hectares.	
ZNIEFF 1 Ancien étang du cercle	X				Cette zone humide de 93 hectares est connectée au réseau de zones humides périphériques des lagunes du Narbonnais. Autrefois dévolue à l'agriculture, cette ZNIEFF retrouve un aspect plus naturel de milieux prairiaux humides.	
ZNIEFF1 Garrigues de marignan et trou de la rate penade	X	X			espace naturel composé de puechs et de vallons et grotte de la Rate Penade, s'ouvrant sur un vallon cultivé, notamment en vignes. Paysage caractéristique des garrigues méditerranéennes, comprenant aussi des bois de pin d'Alep, des escarpements rocheux, un plan d'eau et plusieurs grottes.	
ZNIEFF 1 Garrigues des roches grises	X				185 hectares de collines et de vallons boisés - mosaïque de milieux, parcelles viticoles et des vergers traditionnels	
ZNIEFF 1 Pechs des grandes garrigues	X				superficie d'environ 995 hectares - milieux ouverts et semi-ouverts des garrigues, notamment les zones de pelouses	
Protection et gestion						
Parc naturel régional de la Narbonnaise	X				Territoire exceptionnel, reconnu nationalement pour ses paysages et sa biodiversité – étendu sur 21 communes	Consultation du PNR en cas de travaux sur son périmètre

Tableau 18 : Synthèse des enjeux écologiques

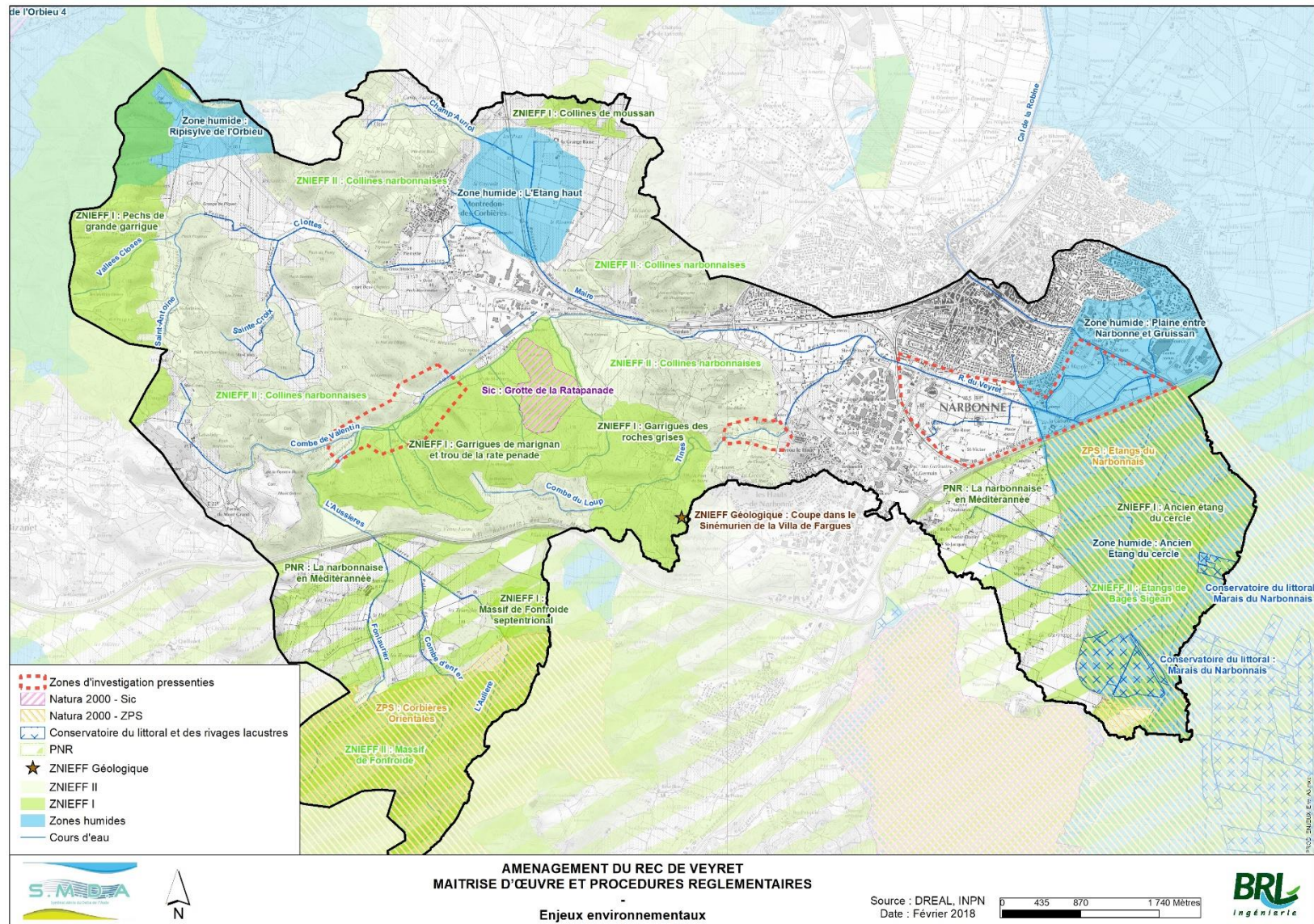


Figure 52 : Synthèse des enjeux écologiques liés au schéma d'aménagement retenu

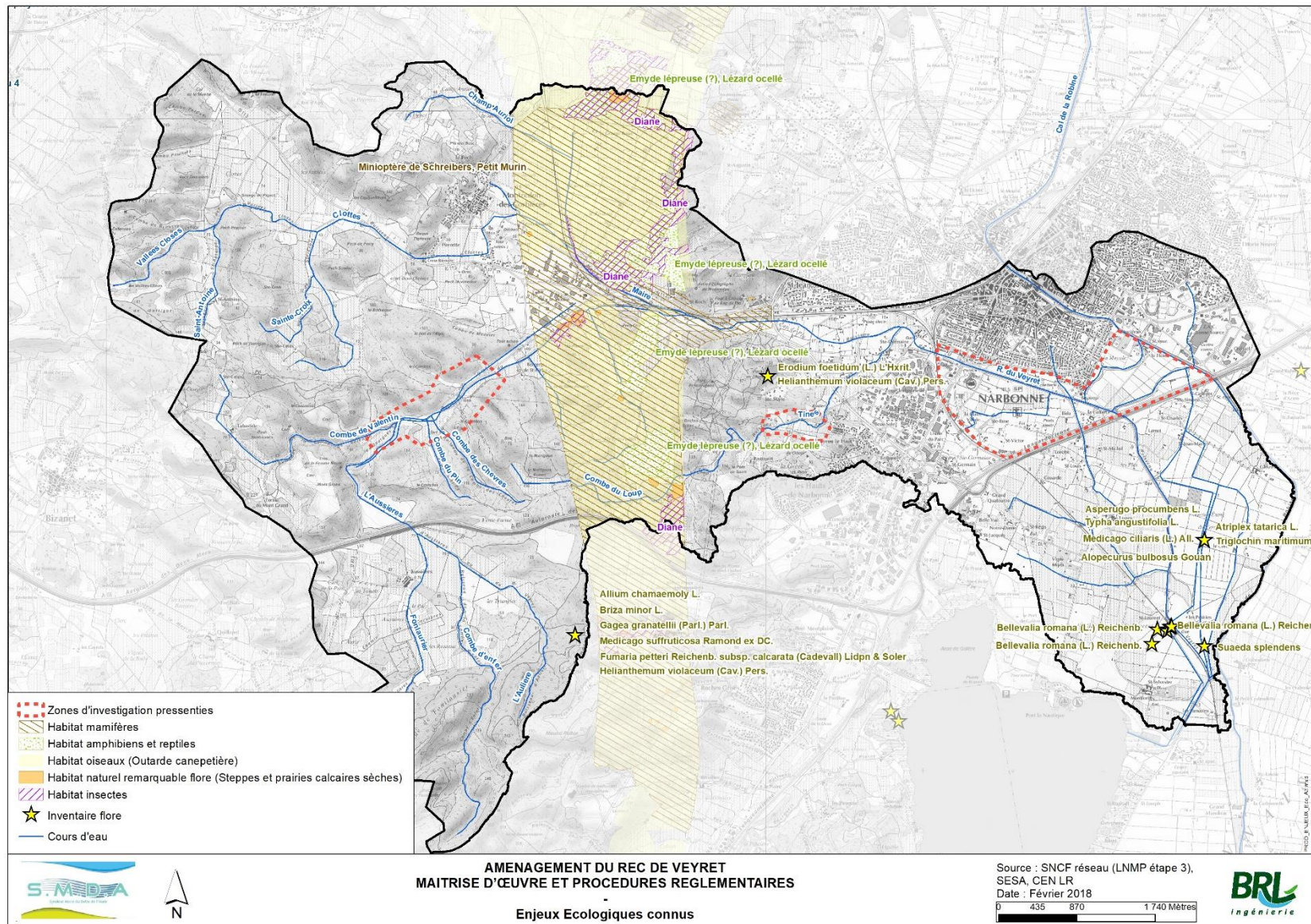


Figure 53 : Enjeux écologiques connus dans le cadre des études relatives à la Ligne Nouvelle Montpellier-Perpignan

7.7.2 Enjeux liés au paysage et au patrimoine

Les enjeux liés au paysage et au patrimoine sont listés dans le tableau ci-après sur l'emprise du bassin versant étendu. On recense deux sites inscrits et deux sites classés. Le Canal du Midi fait l'objet d'une protection Unesco et est accompagné d'une zone tampon. La zone d'étude présente également de nombreuses zones de présomption de prescription archéologique. Vers le centre-ville de Narbonne, des monuments historiques sont classés et font l'objet de périmètres de protection de 500 m.

A ce stade du projet, il n'est pas possible d'être affirmatif sur la nature des procédures réglementaires à mener. On notera toutefois les éléments suivants :

- ▶ Au regard des nombreux zonages de présomption de prescription archéologique existant sur le périmètre d'étude, il semble opportun de saisir dès que possible la DRAC sur la base d'un dossier de présentation des travaux envisagés pour anticiper les fouilles archéologiques préventives,
- ▶ Le barrage de Plaine-RD613 est situé dans le périmètre du site inscrit « Ruines du Castellans et berges du Veyret ». Tout changement d'aspect du site est soumis à déclaration quatre mois avant le commencement des travaux. Si cet enjeu ne semble pas rédhibitoire, il est conseillé de consulter l'ABF et l'inspectrice des sites de la DREAL en amont de la réalisation du projet,
- ▶ Le canal du Midi, enjeu majeur du patrimoine et du paysage sur le secteur d'étude, est localisé à l'Est de la zone d'étude. Sa zone tampon couvre plus de la moitié du périmètre d'étude. Aussi, l'inspectrice des sites de la DREAL doit être consultée pour prendre en compte ses préconisations dans la conception du projet.

	Dans le périmètre du bassin versant étendu	Barrage de plaine – RD613	Barrage de bagatelle	Sécurisation du couloir endigué	Implication réglementaire
Site inscrit « Ruines du castellans et berges du Veyret »	X	X			Site à prendre en compte lors des travaux au niveau du barrage de plaine – Dossier (a priori, simple déclaration) à présenter à l'inspecteur des sites et à l'ABF
Site inscrit « Ruines du moulin du Rouc et abords »	X				Site a priori éloigné des zones de travaux envisagés – absence de procédure
Site classé « les paysages du canal du Midi »	X			Proximité immédiate	Site à prendre en compte lors des travaux de recalibrage du couloir endigué : consultation de l'inspecteur des sites (DREAL)
Site classé entourant l'abbaye de Fontfroide	X				Site éloigné des zones de travaux envisagés – absence de procédure
Site UNESCO Canal du Midi	X			Proximité immédiate	Site à prendre en compte lors des travaux de recalibrage du couloir endigué : consultation de l'inspecteur des sites (DREAL)
Zone tampon du site Unesco Canal du Midi	X		X	X	
Zonage de présomption de prescription archéologique	X	X	X	X	En cas de travaux sur un périmètre, nécessité de saisine de la DRAC sur la base d'une note descriptive des travaux et de leur localisation pour lancer éventuellement un diagnostic d'archéologie préventive
Périmètre de 500 m autour de monuments historiques	X			Cimetière païen et paléochrétien	En cas de travaux sur un périmètre, consulter l'ABF sur la base d'un dossier de présentation du projet avec photomontages

Tableau 19 : Synthèse des enjeux liés au paysage et au patrimoine

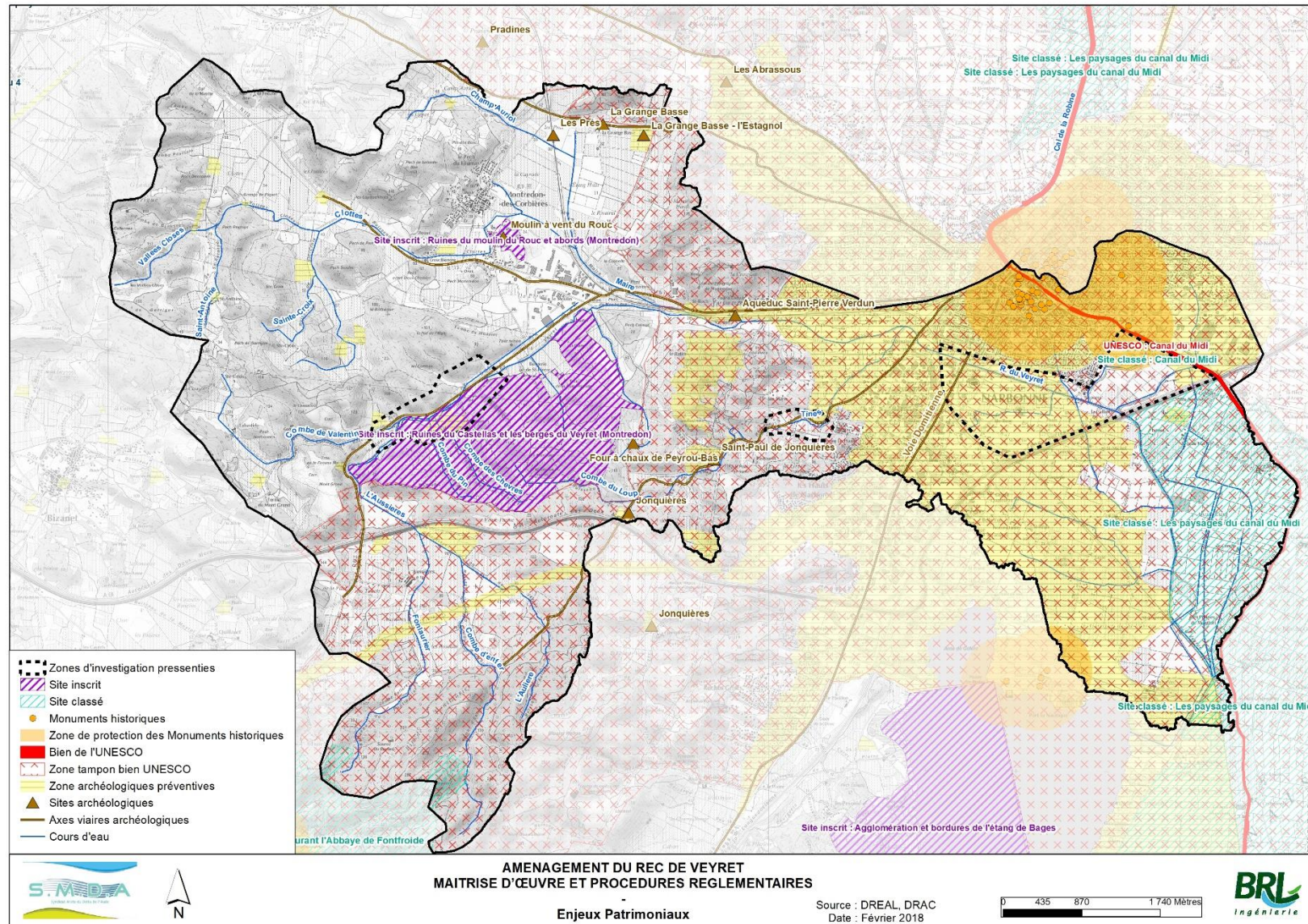


Figure 54 : Synthèse des enjeux patrimoniaux liés au schéma d'aménagement retenu

8. Solutions alternatives étudiées

8.1 ETUDE DU BASSIN DE RETENTION D'AUSSIERES

Le bassin d'Aussières, situé sur le Rec de Veyret entre l'autoroute A61 et le bassin projeté de la Plaine-RD613, a fait l'objet d'une étude détaillée au même titre que les 2 autres bassins écrêteurs.

Les figures ci-dessous illustrent le bassin projeté d'Aussières :

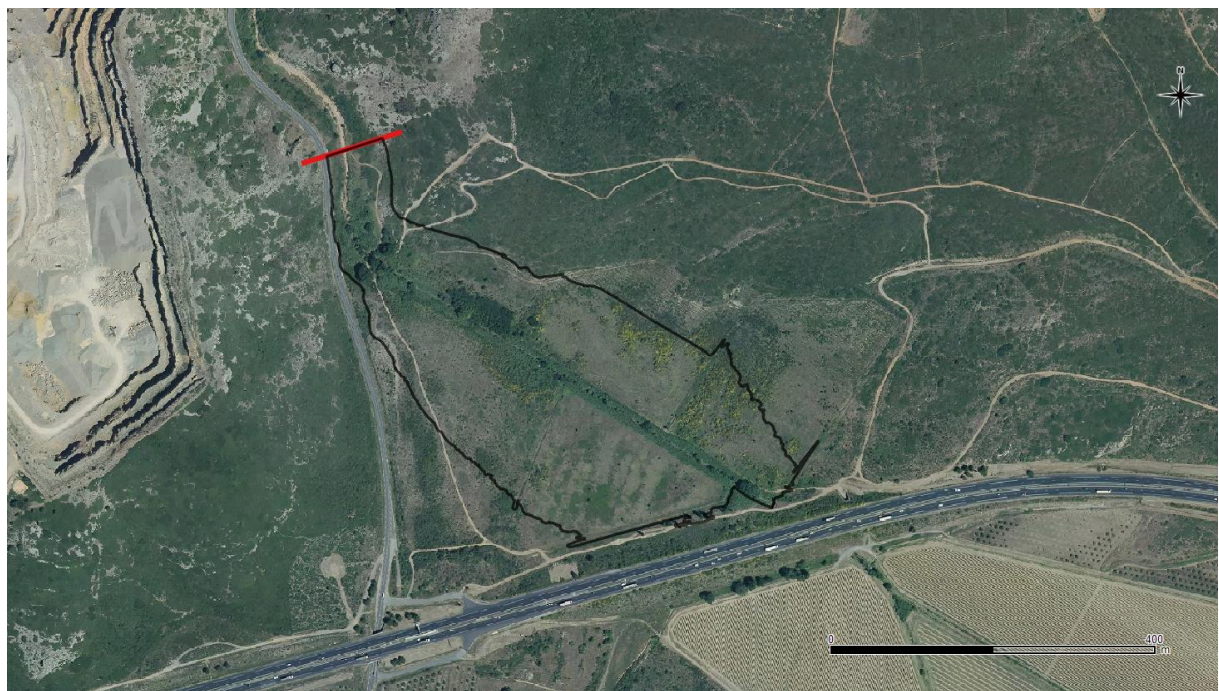
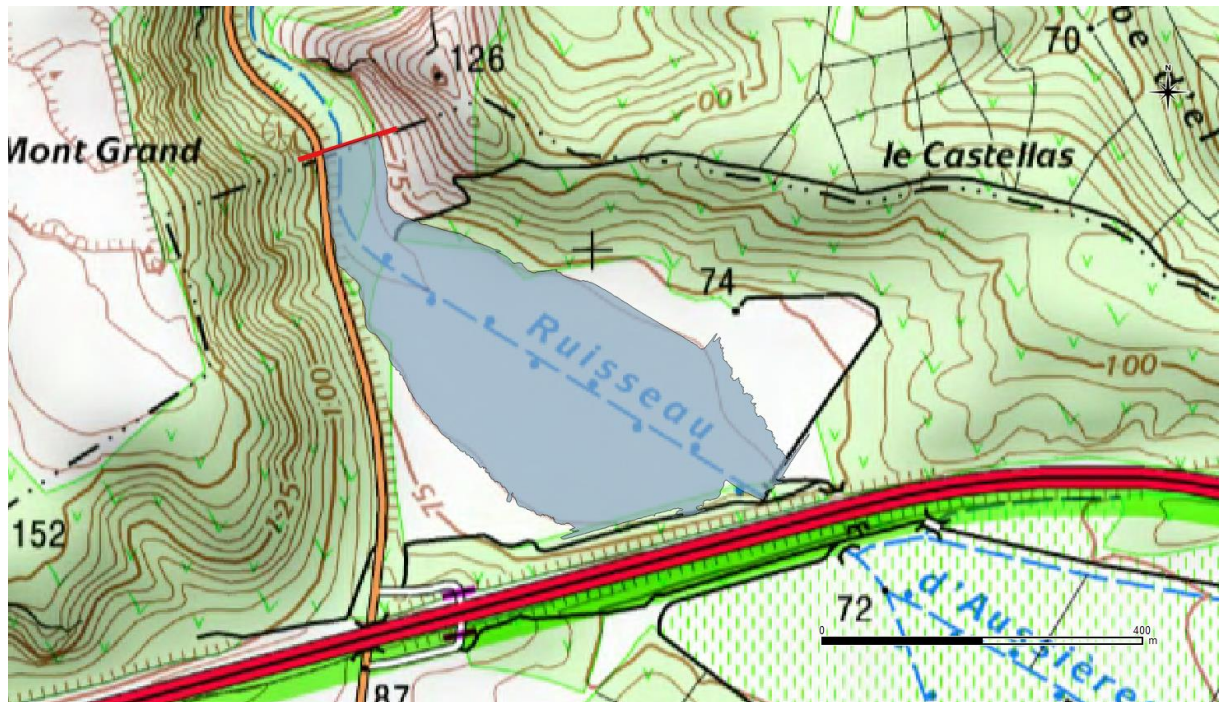


Figure 55 : Axe et emprise des PHE (Z=70 m NGF) du barrage projeté d'Aussières sur le Rec de Veyret

Il a de même fait l'objet d'une expertise géologique :

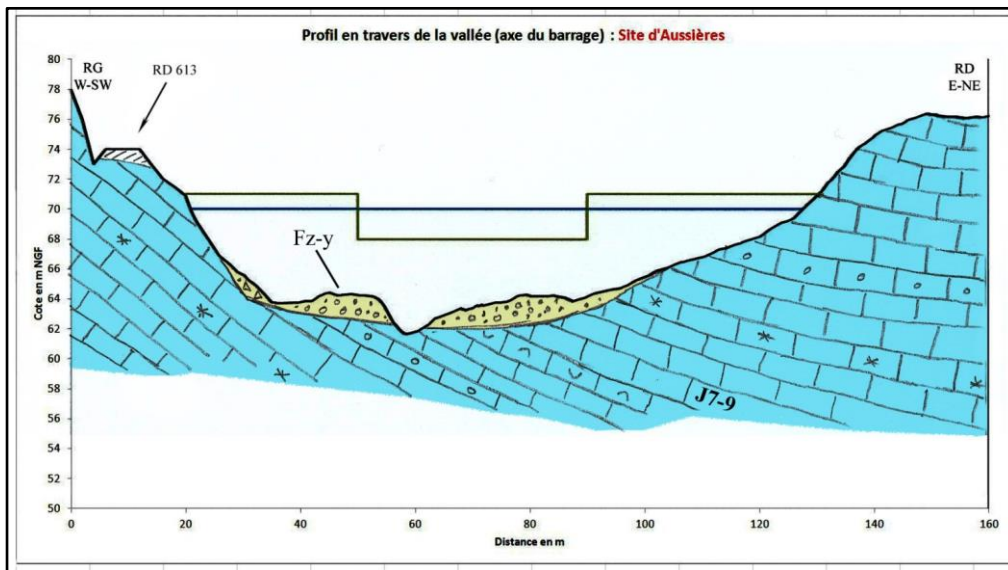


Figure 56 : Coupe géologique transversale à l'axe de l'ouvrage d'Aussières

Le tableau et la figure ci-dessous résument les caractéristiques principales de l'ouvrage étudié :

Lieu	Retenue d'Aussières
Surface du bassin versant intercepté (en km ²)	8,7
Cote des PHE (m NGF)	70
Cote du déversoir (m NGF)	68
Largeur du déversoir (m)	20
Dimensions du puits de fond (m [L] x m [H])	2,0 x 1,5
Hauteur du barrage (m)	9,3
Largeur du barrage (m)	110

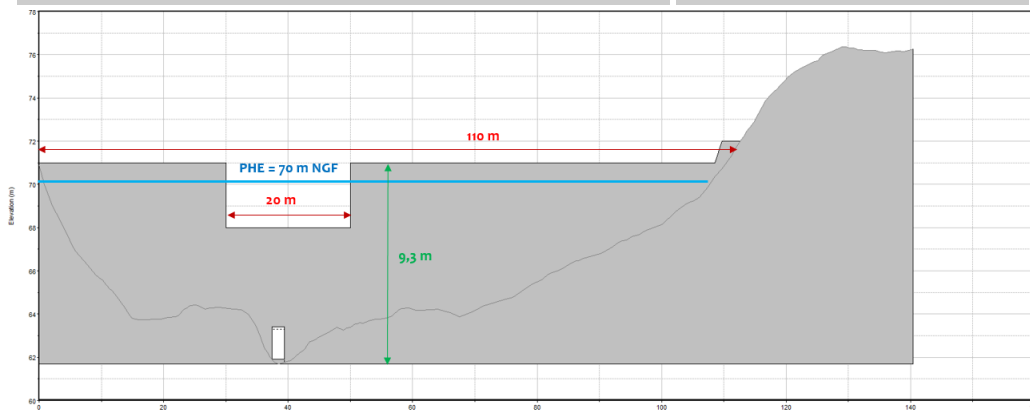


Figure 57 : Coupe de la vallée et barrage d'Aussières

Pour des débits variant de Q_{10} à Q_{100} , l'estimation du pouvoir écrêteur local du barrage d'Aussières [à savoir, à l'aval immédiat de l'ouvrage] a abouti à des valeurs variant entre 2 et 17 %, soit une **efficacité modérée**.

Ainsi, au regard de l'efficacité modérée du barrage d'Aussières, des simulations complémentaires ont été menées en prenant en compte uniquement les barrages de Plaine-RD613 et de Bagatelle.

Il s'est avéré que les efficacités hydrauliques des scénarios d'aménagement d'écrêtement amont étaient analogues avec ou sans le barrage d'Aussières. Il a donc été proposé de ne pas le retenir dans le scénario d'aménagement final.

Pour information, son coût avait été estimé à **1 950 000 €HT**.

8.2 BASSINS DE RETENTION DE TAILLE MODEREE (H < 10 M) EN LIEU ET PLACE DU BASSIN DE PLAINE-RD613

Une succession d'ouvrages de rétention de taille modeste (hauteur < 10 m) a été dimensionnée afin de comparer l'efficacité hydraulique du complexe d'ouvrages à celui du bassin de plaine-RD613 seul. Ces 3 ouvrages, **caractérisés par des hauteurs de l'ordre de 9 m**, sont situés en amont de la ZAC de Montredon. Ils reprennent les implantations des bassins d'Aussières et de plaine-RD613. Un troisième bassin est situé entre ces deux derniers.

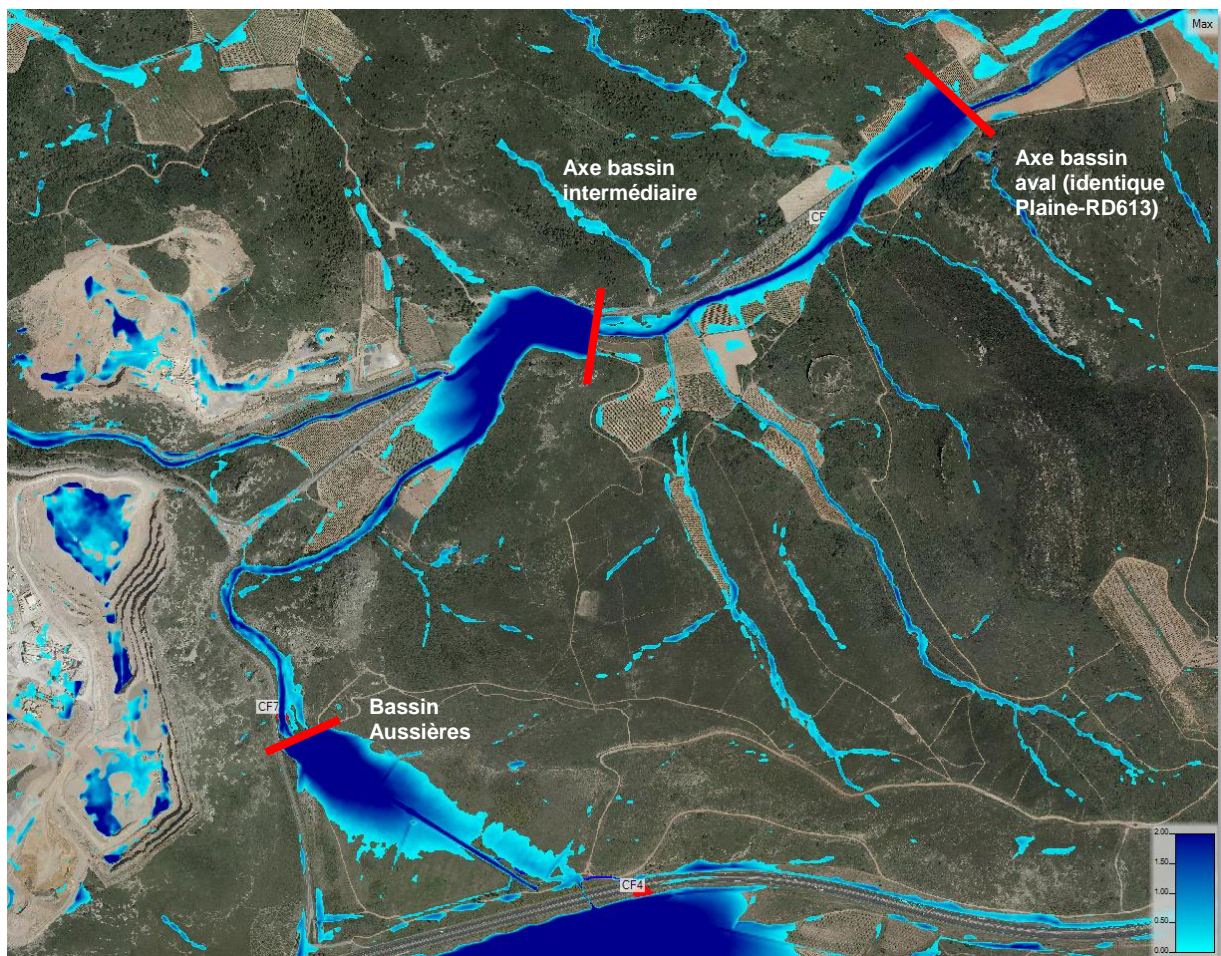


Figure 58 : Implantation des 3 ouvrages de rétention testés

Les graphes ci-dessous comparent les hydrogrammes pour un événement de période de retour 30 ans :

- ▶ En état actuel,
- ▶ Pour le bassin de Plaine-RD613,
- ▶ Pour la succession des 3 ouvrages de taille modérée.

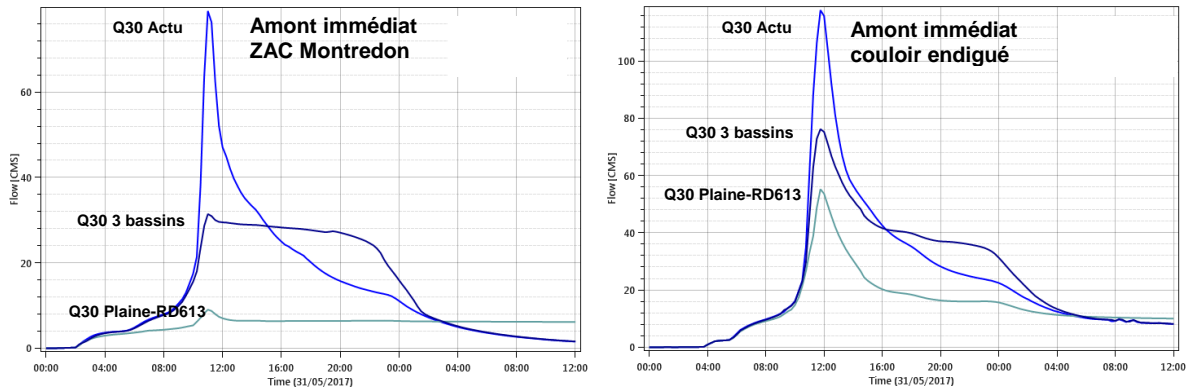


Figure 59 : Efficacité hydraulique du complexe de 3 ouvrages écrêteurs en lieu et place du bassin de Plaine-RD613

Cette analyse appelle les commentaires suivants :

- ▶ Le complexe de 3 bassins de rétention offre un écrêtement :
 - en amont de la ZAC Montredon de l'ordre de 60 % contre près de 90 % pour le bassin seul de Plaine-RD613,
 - en entrée du couloir endigué de l'ordre de 36 % contre 53 % pour le bassin seul de Plaine-RD613.
- ▶ Le coût du génie civil du complexe des 3 ouvrages écrêteurs peut, en première approximation, être estimé du même ordre de grandeur que celui du bassin de Plaine-RD613 **soit 6 à 7 M€HT**,
- ▶ Les coûts associés aux reconnaissances complémentaires, aux coûts d'exploitation et de surveillance sont en revanche plus élevés pour le complexe de 3 ouvrages,
- ▶ Les contraintes foncières du complexe de 3 ouvrages sont également plus fortes que celles du bassin de Plaine-RD613 pris seul.

Pour l'ensemble ces raisons, il n'est pas apparu opportun de poursuivre l'étude cette solution.

8.3 EFFICACITE HYDRAULIQUE DE L'OUVRAGE DE CAP DE PLA ET POSSIBILITE D'OPTIMISATION

8.3.1.1 Géométrie actuelle

Le tableau ci-dessous synthétise les débits estimés à l'aval immédiat du Cap de Pla pour différentes configurations :

- ▶ en « état actuel »,
- ▶ en « état actuel » sans Cap de Pla,
- ▶ en « état aménagé » [à savoir avec la mise en œuvre du barrage de Plaine-RD613 en amont],
- ▶ en « état aménagé » sans Cap de Pla.

Cap de Pla	Q2 ans			Q5 ans			Q10 ans			Q30 ans			Q100 ans		
	Débit aval retenue sans Cap de Pla (m ³ /s)	Débit aval retenue avec Cap de Pla (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue sans Cap de Pla (m ³ /s)	Débit aval retenue avec Cap de Pla (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue sans Cap de Pla (m ³ /s)	Débit aval retenue avec Cap de Pla (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue sans Cap de Pla (m ³ /s)	Débit aval retenue avec Cap de Pla (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue sans Cap de Pla (m ³ /s)	Débit aval retenue avec Cap de Pla (m ³ /s)	Différence (%)
Etat Actuel	24	18	33%	48	42	12%	68	67	2%	101	101	0%	170	170	0%
Etat Aménagé	13	8	52%	21	14	51%	28	21	34%	42	36	16%	82	79	4%

Tableau 20 : Efficacités hydrauliques du barrage de Cap de Pla (Etats actuel et aménagé)

Dans l'état actuel, l'ouvrage de Cap de Pla présente une efficacité sensible uniquement pour des périodes de retour 2 et 5 ans (crues fréquentes) pour lesquels les débordements aval sont très limités. Il devient quasiment transparent hydrauliquement pour les crues supérieures ou égales à la crue décennale.

En état aménagé, l'effet de l'ouvrage de rétention projeté en amont [Plaine-RD613] permet à l'ouvrage de Cap de Pla d'améliorer son efficacité et de la conserver jusqu'à la crue de période de retour 30 ans environ.

8.3.1.2 Optimisation de l'ouvrage

Le simple fait de mettre en œuvre le barrage de Plaine-RD613 permet d'ores et déjà d'augmenter l'efficacité hydraulique du barrage de Cap de Pla. Toutefois, des possibilités d'optimisation ont été envisagées.

La retenue de Cap de Pla est très contrainte en rive gauche avec notamment la présence de la voie ferrée (cf. image ci-dessous). La rehausse du barrage s'avère dès lors extrêmement compliquée.

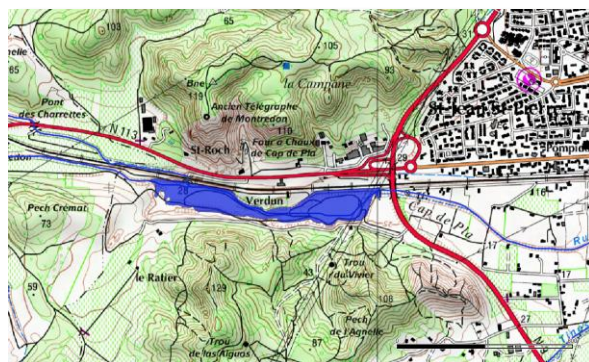


Figure 60 : Retenue de Cap de Pla

De fait, il a été envisagé d'optimiser l'ouvrage de Cap de Pla en augmentant la section d'écoulement libérée par le pertuis de fond (la section libérée sous l'ouvrage a été doublée passant de 2,25 m² à 4,50 m² environ) afin de déplacer son efficacité vers des périodes de retour plus élevées.

Les résultats de ces simulations sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Cap de Pla	Q5 ans			Q10 ans			Q30 ans			Q100 ans		
	Débit aval retenue avec taille de pertuis actuelle (m ³ /s)	Débit aval retenue avec taille de pertuis modifiée (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue avec taille de pertuis actuelle (m ³ /s)	Débit aval retenue avec taille de pertuis modifiée (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue avec taille de pertuis actuelle (m ³ /s)	Débit aval retenue avec taille de pertuis modifiée (m ³ /s)	Différence (%)	Débit aval retenue avec taille de pertuis actuelle (m ³ /s)	Débit aval retenue avec taille de pertuis modifiée (m ³ /s)	Différence (%)
Etat aménagé	14	16	-10%	21	21	0%	36	35	4%	79	76	4%

Tableau 21 : Efficacités hydrauliques du barrage de Cap de Pla (Etat aménagé avec ou sans agrandissement du pertuis)

L'effet de la modification du pertuis de fond est peu sensible et a de ce fait été écartée.

8.3.1.3 Risques et coûts

Le doublement de la section hydraulique de l'ouvrage de Cap de Pla peut à première vue être réalisé relativement simplement. En effet, la section actuelle est actuellement obstruée de moitié par une simple plaque métallique.

Il « suffirait » donc de retirer cette plaque pour doubler la capacité hydraulique.

A noter cependant que ce retrait de plaque engendre la possibilité d'avoir un ouvrage en charge, ce qui était auparavant évité justement par la présence de cette plaque. Des études complémentaires (hydraulique et de stabilité générale) semblent ainsi impératives pour déterminer les risques suivants :

- ▶ Risque de soulèvement de l'ouvrage ;
- ▶ Mise en charge de l'ouvrage : Impact de l'augmentation des vitesses ;
- ▶ Risque d'affouillement et d'érosion interne ;
- ▶ Fonctionnement hydraulique général de l'ouvrage lors de la mise en charge

Le coût de ces études complémentaires est estimé à **20 000 €HT**. Les conclusions de ces études permettront par la suite d'établir les mesures et les coûts associés au doublement de la section hydraulique de l'ouvrage de Cap de Pla.

8.3.1.4 Optimisation et pérennisation de la gestion de la retenue

La gestion de la retenue de Cap de Pla est actuellement assurée par le gestionnaire de la carrière.

Afin d'assurer la pérennité de l'efficacité de l'ouvrage, il serait souhaitable que ce dernier s'engage à respecter un volume libéré sous une cote donnée (la cote du déversoir du barrage de Cap de Pla par exemple).

Une optimisation devrait être possible en libérant plus de volume sous cette même cote. Toutefois, ces volumes seront vraisemblablement libérés dans des tranches de niveaux bas dont l'incidence sur les débits de pointe est sans doute modérée. Seule une analyse plus fine permettrait de répondre en détails à cette dernière interrogation.

8.4 AUGMENTATION DE LA HAUTEUR DU BARRAGE DE BAGATELLE

Les Plus Hautes Eaux de la retenue projetée de Bagatelle ont été fixées à la cote de 35,0 m NGF afin de ne pas noyer les 3 habitations riveraines.

Afin d'estimer les possibilités d'optimisation de la retenue de Bagatelle, nous avons testé une rehausse des PHE de 3 m pour atteindre la cote 38,0 m NGF, en supposant une délocalisation d'une ou deux habitations concernées. La figure ci-dessous illustre les PHE avec et sans rehausse :

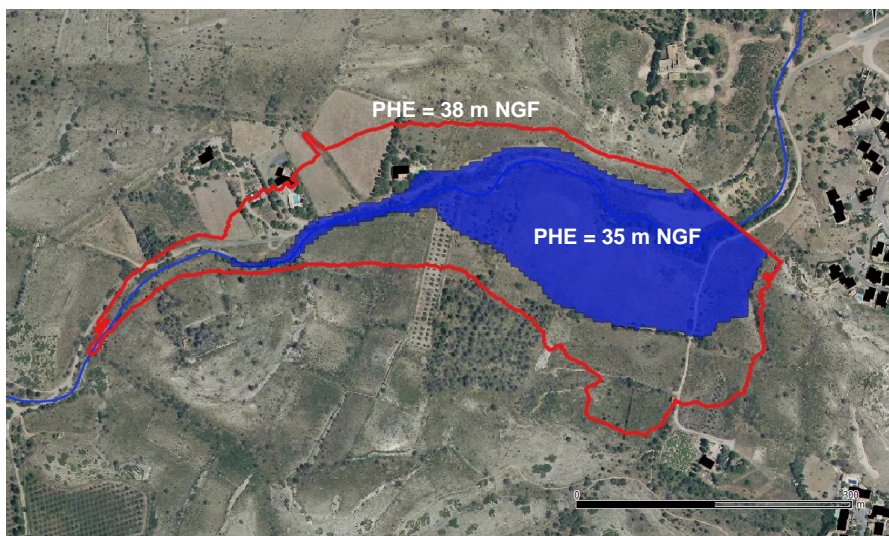


Figure 61 : Barrage de Bagatelle (PHE 35,0 et 38,0 m NGF)

La rehausse s'applique également au déversoir qui augmente de 33,0 m NGF à 36,0 m NGF.

Le volume de la retenue sous la cote des PHE augmente ainsi de 120 000 à 350 000 m³ environ.

Les résultats des simulations (pour des crues qui génèrent des surverses sur le déversoir) sont consignés dans le tableau ci-dessous :

	Q30 ans			Q100 ans		
	Débit sans aménagement Q (m ³ /s)	Débit aval retenue Q (m ³ /s)	Différence débits max avec et sans aménagement (m ³ /s)	Débit sans aménagement Q (m ³ /s)	Débit aval retenue Q (m ³ /s)	Différence débits max avec et sans aménagement (m ³ /s)
Bagatelle retenue PHE = 35 m NGF	38	22	16	64	64	0
Bagatelle rehaussé PHE = 38 m NGF	38	17	21	64	20	44

Tableau 22 : Efficacités hydrauliques locales du barrage de Bagatelle (avec et sans rehausse)

Débit à l'amont du couloir endigué Pont SNCF (m ³ /s)	Q30 ans	Q100 ans
Schéma d'aménagement retenu	55	118
Schéma d'aménagement retenu avec Bagatelle réhaussé	53	99

Tableau 23 : Efficacités hydrauliques en amont du couloir endigué du schéma d'aménagement (avec et sans rehausse du barrage de Bagatelle)

La carte ci-dessous compare les zones inondables pour l'évènement centennal (pour les autres occurrences les zones inondées sont analogues) pour le schéma d'aménagement avec ou sans rehausse du barrage de Bagatelle :

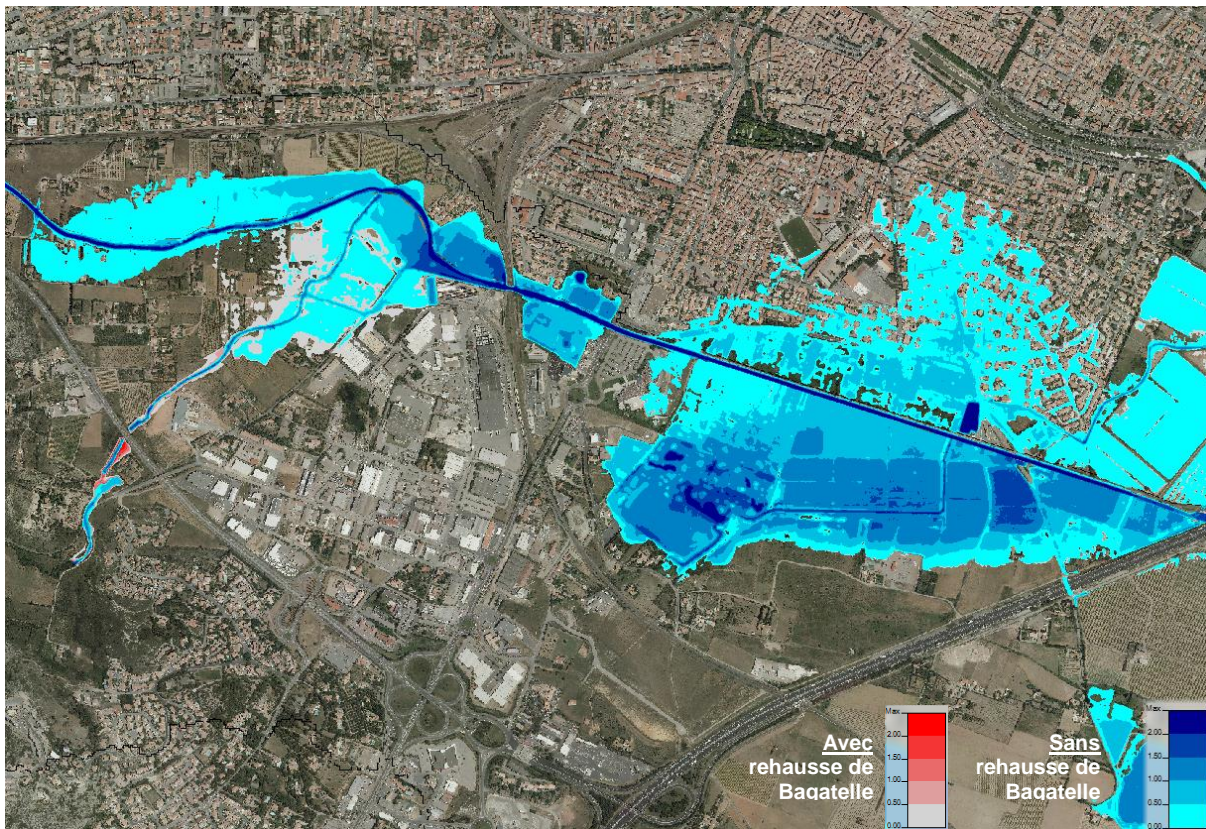


Figure 62 : Comparaison de la ZI 100 ans avec et sans rehausse du barrage de Bagatelle

Il ressort de cette analyse que :

- ▶ Les deux solutions (avec et sans rehausse du barrage de Bagatelle) ont des incidences hydrauliques analogues (localement et en entrée du couloir endigué) pour la crue d'optimisation du schéma d'aménagement, à savoir la crue de période de retour 30 ans,
- ▶ La solution comprenant la rehausse du barrage de Bagatelle permet de diminuer d'environ 16 % le débit de pointe de la crue de période de retour 100 ans en entrée du couloir endigué : toutefois, cette diminution du débit de pointe est très localisée et se lisse vers l'aval ; son effet sur les zones inondées est de plus assez limité comme en atteste l'extrait de carte inséré en page précédente.

La rehausse de 3 m engendre un surcoût de d'environ 2 400 000 € au prix du barrage non rehaussé, soit un coût total pour l'ouvrage de :

Bassin de rétention de Bagatelle sur Las Tinos avec rehausse de 3 m : 3 850 000 €HT

Maîtrise foncière (yc rachat de 2 habitations) : 1 600 000 €HT

Compte tenu de cette analyse, il a été décidé de ne pas rehausser le barrage de Bagatelle.

8.5 ARASEMENT TOTAL OU PARTIEL DE LA DIGUE RIVE DROITE DU COULOIR ENDIGUE

Compte tenu de la différence de densité des enjeux en rive droite et en rive gauche du couloir endigué, il a été envisagé de délester le couloir en rive droite :

- ▶ En arasant au niveau du terrain naturel la digue rive droite sur un linéaire de l'ordre de 1,6 km,
- ▶ En abaissant cette dernière d'environ 50 cm sur le même linéaire.

A l'issue de ces premières analyses, il est apparu que l'abaissement de la digue RD nécessitait sa protection sur la quasi-totalité de son linéaire et a de ce fait été écartée (un déversoir de 150 ml en amont lui a été préférée dans le schéma d'aménagement retenu).

Ainsi, seul les résultats relatifs à l'arasement total sont présentés dans ce chapitre. Cet arasement s'accompagne dans les simulations réalisées de la construction des barrages de Plaine-RD613 et de Bagatelle.

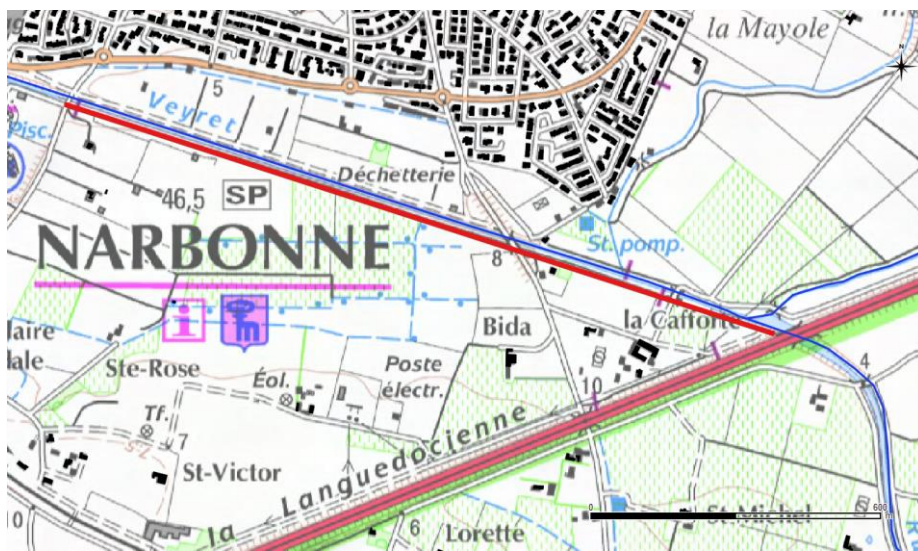


Figure 63 : Arasement de la digue RD du couloir endigué

Les zones inondées pour différentes périodes de retour sont insérées ci-après. Il en ressort que :

- ▶ Les premiers débordements apparaissent en rive droite dès la crue de période de retour 2-5 ans (contre 30 ans pour le schéma d'aménagement retenu) ; de plus, si l'on compare les zones inondées en état actuel et en état aménagé avec arasement de la digue RD, on constate que l'emprise pour ce dernier cas est bien plus importante que pour l'état actuel (cf. figure ci-dessous),
- ▶ La crue centennale génère toujours des débordements importants en lit majeur RG à la faveur de débordements en amont immédiat du couloir endigué ; les zones inondées centennales pour le schéma d'aménagement retenu et pour l'hypothèse d'un arasement de la digue RD sont quasi-identiques (cf. figures en page suivante),
- ▶ Le remblai de l'autoroute A9 est plus sollicité en crue (niveaux d'eau équivalents pour Q_{100} par rapport à la situation actuelle mais hausse des niveaux de 50 cm environ pour Q_{30}).

Ainsi, l'arasement de la digue RD :

- ▶ Sur-inonde la rive droite dès les petites crues (Q_2 à Q_5) par rapport à l'état actuel et pour l'ensemble des autres scénarii hydrologiques également,

- ▶ N'apporte pas d'amélioration sensible en rive gauche pour la Q100 par rapport au schéma d'aménagement retenu.

L'arasement total génère un déblai moyen d'environ 30 m³/ml de section. Compte tenu des volumes estimés, le coût total de cette solution est estimé à :

Arasement total du couloir endigué

450 000 €HT

Compte tenu de ces éléments, il n'a pas semblé opportun de retenir cette option.

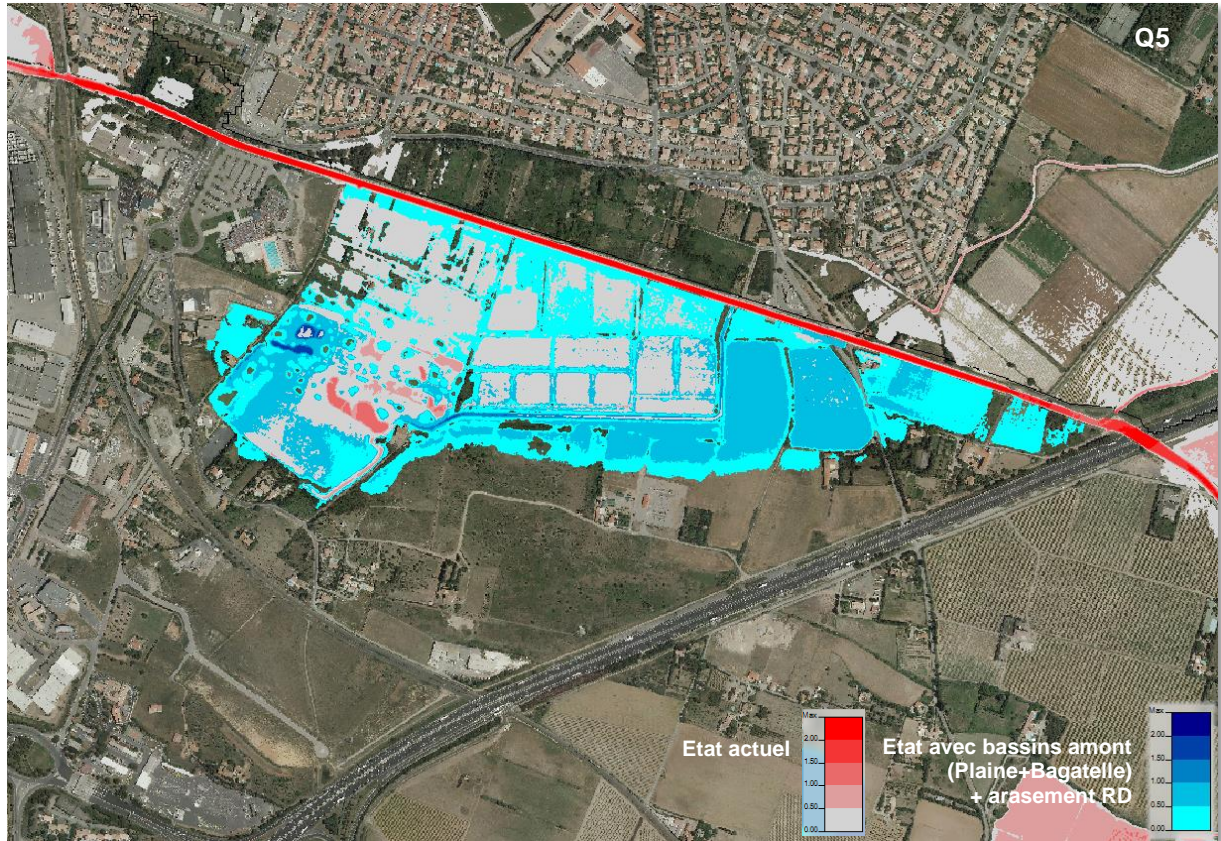


Figure 64 : Arasement de la digue RD du couloir endigué (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q5]

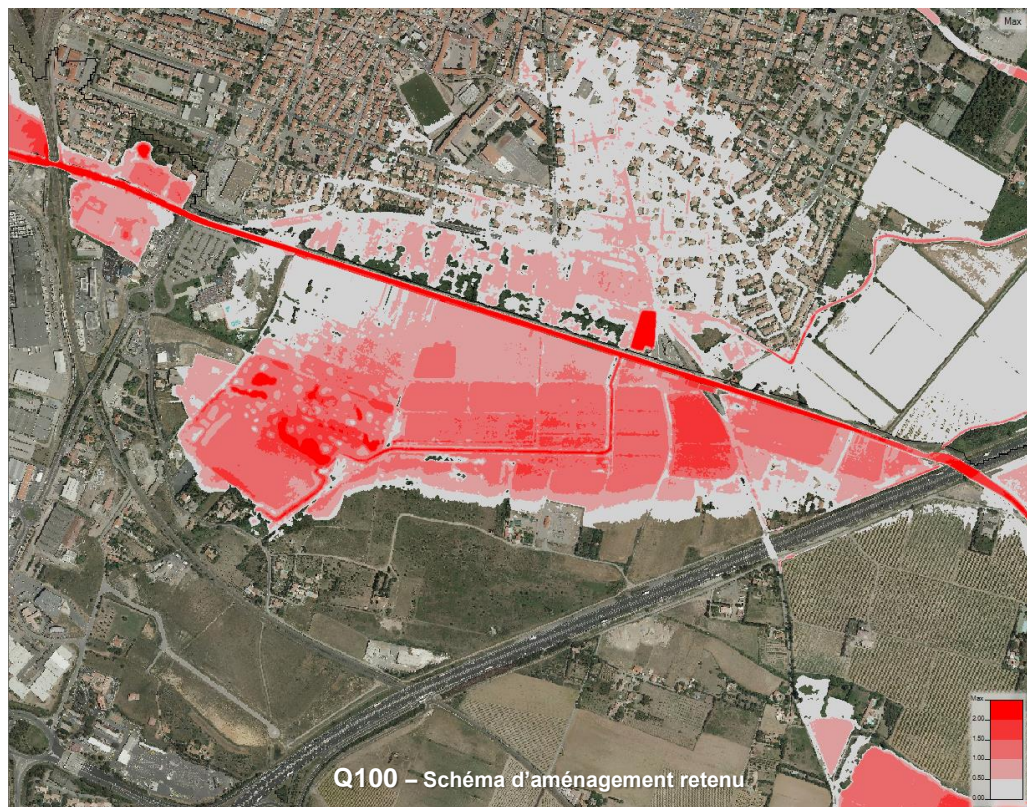
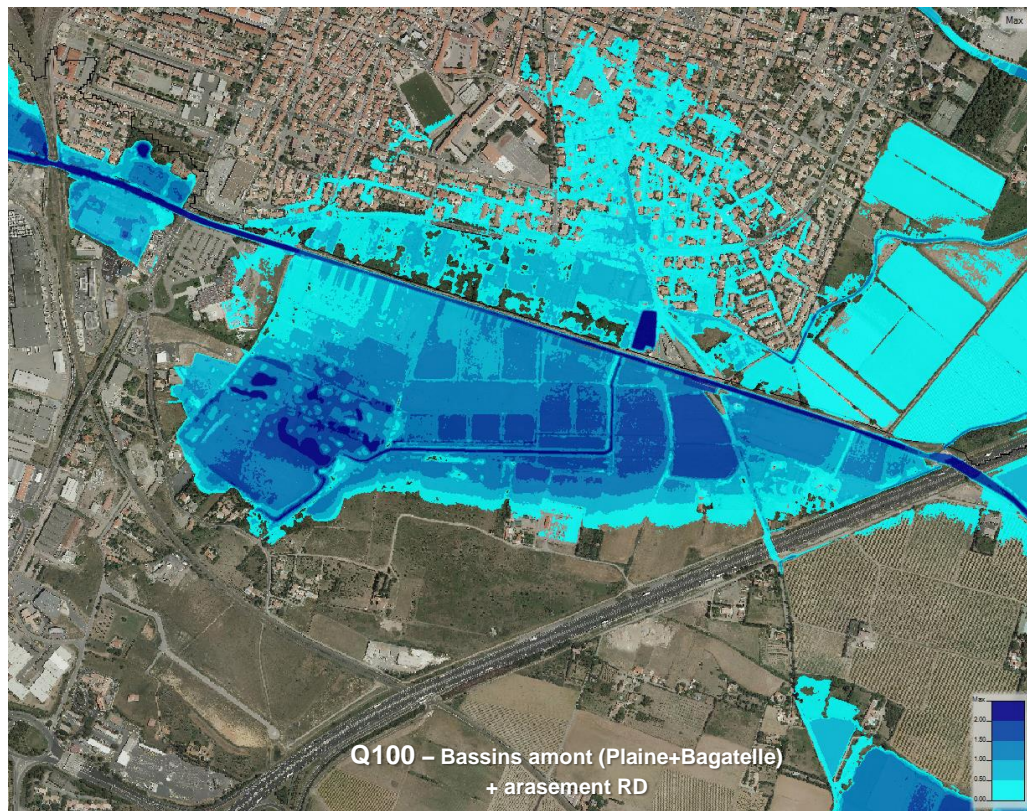


Figure 65 : Arasement de la digue RD du couloir endigué (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

8.6 RECALIBRAGE DU COULOIR ENDIGUE

8.6.1 Hypothèses et incidences hydrauliques

Toujours en supposant les ouvrages de Plaine-RD613 et Bagatelle réalisés, il a été envisagé d'augmenter la capacité du couloir endigué notamment dans l'espoir de pouvoir y faire transiter une crue centennale en état aménagé.

Dès les phases préliminaires, il est apparu que le recalibrage total du couloir endigué y compris la reprise des ouvrages de franchissement était caractérisé par des coûts et des contraintes importantes.

C'est pourquoi, il a été jugé intéressant de tester également une solution de recalibrage du couloir endigué sans reprise des ponts. Cette solution a notamment l'intérêt de diminuer les vitesses dans les biefs entre les différents ponts et ainsi de moins solliciter les digues.

Ces deux solutions (recalibrage avec ou sans reprise des franchissements) ont été testées sur le modèle hydraulique avec les hypothèses suivantes :

- ▶ Recalibrage du lit mineur sur l'ensemble du couloir endigué (jusqu'à l'autoroute A9), soit un linéaire de l'ordre de 1,6 km,
- ▶ Prise en compte d'un profil type caractérisé par une largeur en fond de 15 m et des pentes latérales de 2H/1V (soit environ 2 fois la section actuelle).

Les résultats de la **simulation sans reprise des ponts** appellent les commentaires suivants :

- ▶ Les vitesses dans les différents biefs délimités par les ponts sont en effet significativement (et logiquement) diminuées ; dans le couloir endigué, elles diminuent d'une gamme d'environ 2,0 à 3,0 m/s pour la crue centennale à une gamme de 1,0 à 1,5 m/s,
- ▶ Les ponts sont, pour la quasi-totalité, limitants pour la crue centennale et provoquent des débordements en rives droite et gauche.

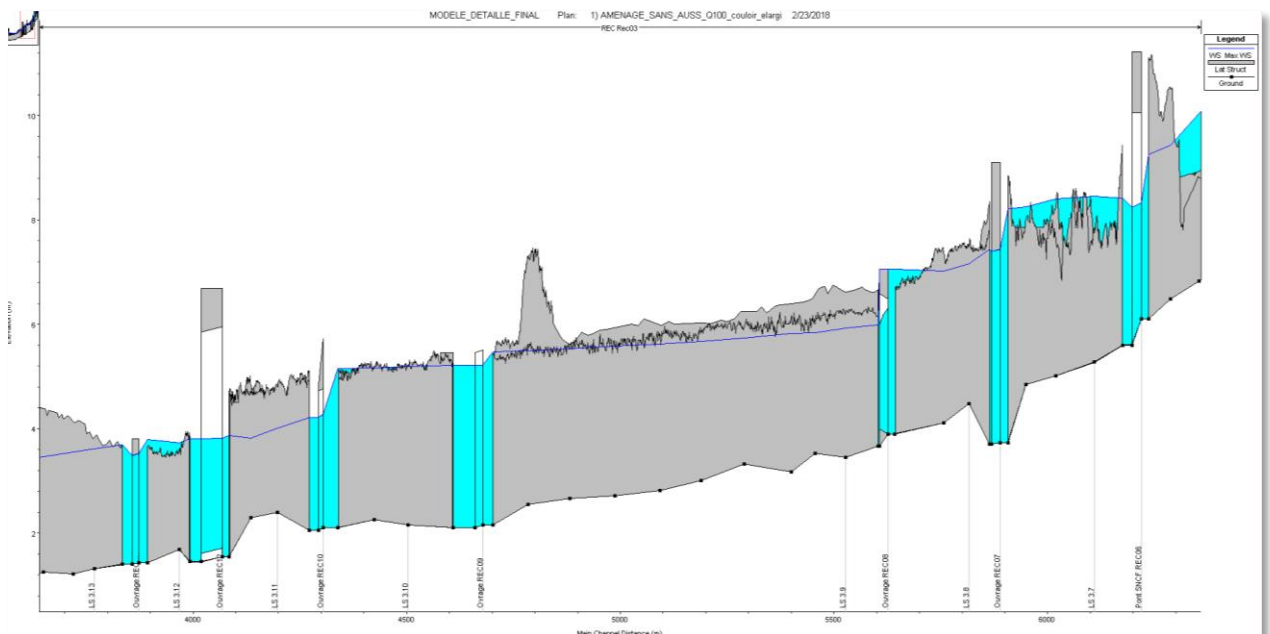


Figure 66 : PL, Elargissement du couloir endigué sans reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

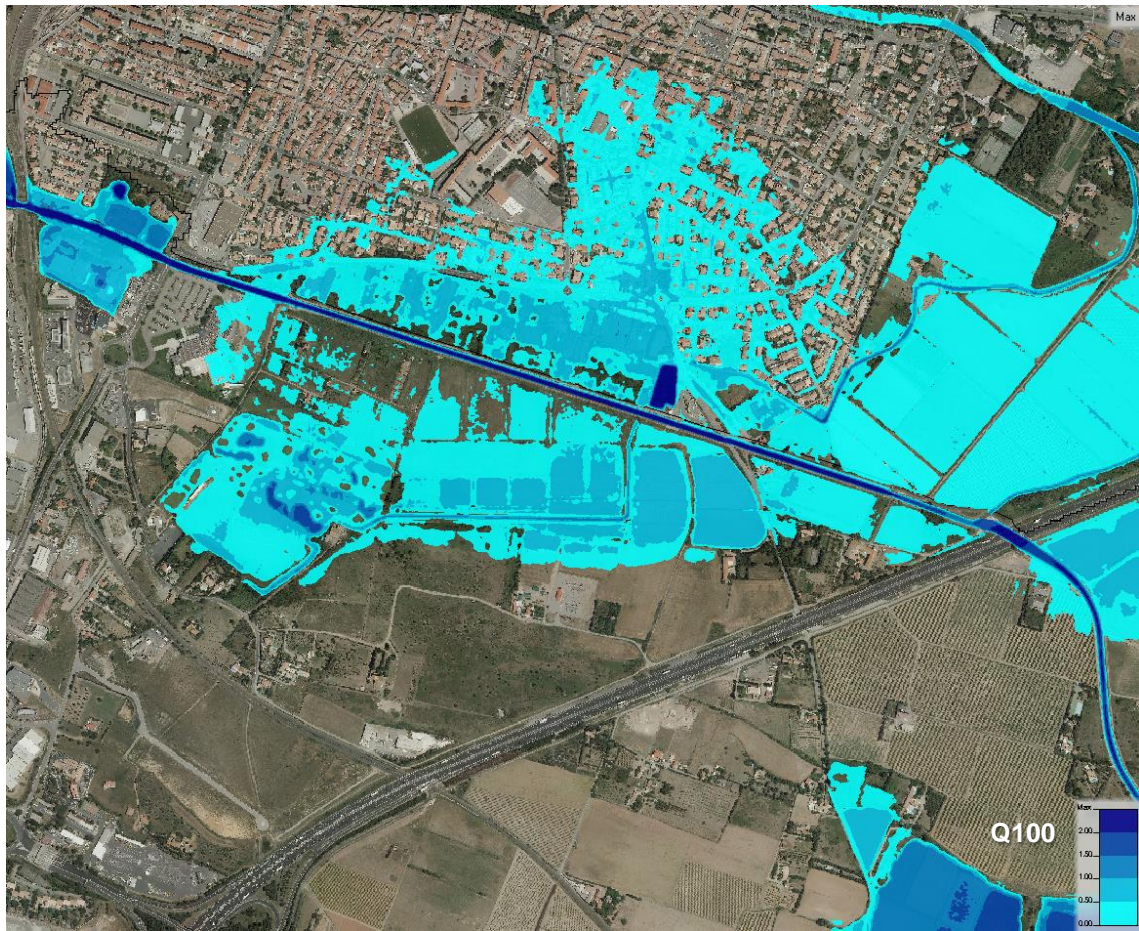


Figure 67 : ZI, Elargissement du couloir endigué (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

Cette solution, hormis la diminution des vitesses dans le couloir endigué, ne revêt pas un intérêt majeur. Elle ne permet notamment pas de diminuer significativement les inondations pour la crue centennale, et n'augmente ainsi pas le niveau de protection du schéma d'aménagement.

D'autre part, elle nécessiterait de déplacer les digues du couloir endigué ce qui soulève tous les problèmes liés aux réseaux concessionnaires.

Les résultats de la **simulation avec reprise des ponts** appellent les commentaires suivants :

- ▶ Les vitesses dans les différents biefs délimités par les ponts sont réduites de manière peu ou prou analogues à celle de la solution sans reprise des ponts,
- ▶ Cette solution, couplée avec la réalisation des barrages de la Plaine-RD613 et de Bagatelle, permet le transit sans débordement dans le couloir endigué de la crue centennale.

Le profil en long de la crue centennale pour cette hypothèse est présentée en page suivante ainsi que la zone inondée pour la Q100 pour les configurations suivantes :

- ▶ Etat actuel,
- ▶ Schéma d'aménagement retenu,
- ▶ Schéma d'aménagement retenu + recalibrage couloir endigué (yc reprise des ponts).

Il est à signaler qu'une analyse ACB spécifique a été réalisée pour ce cas de figure.

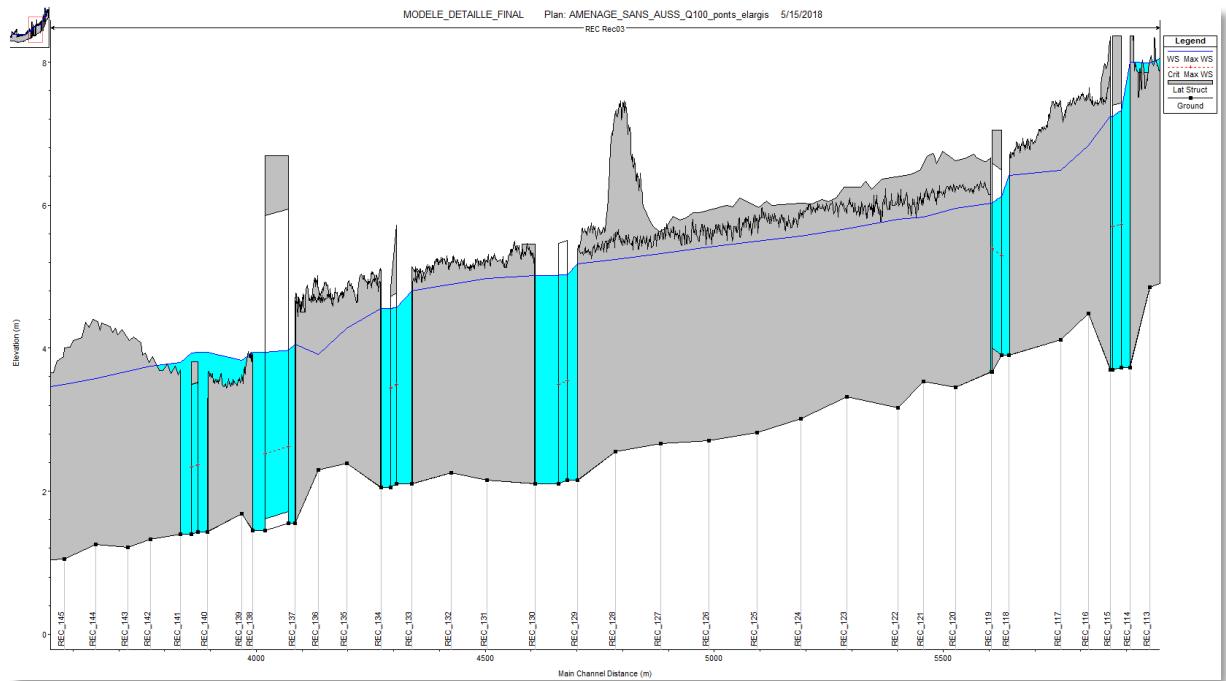


Figure 68 : PL, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

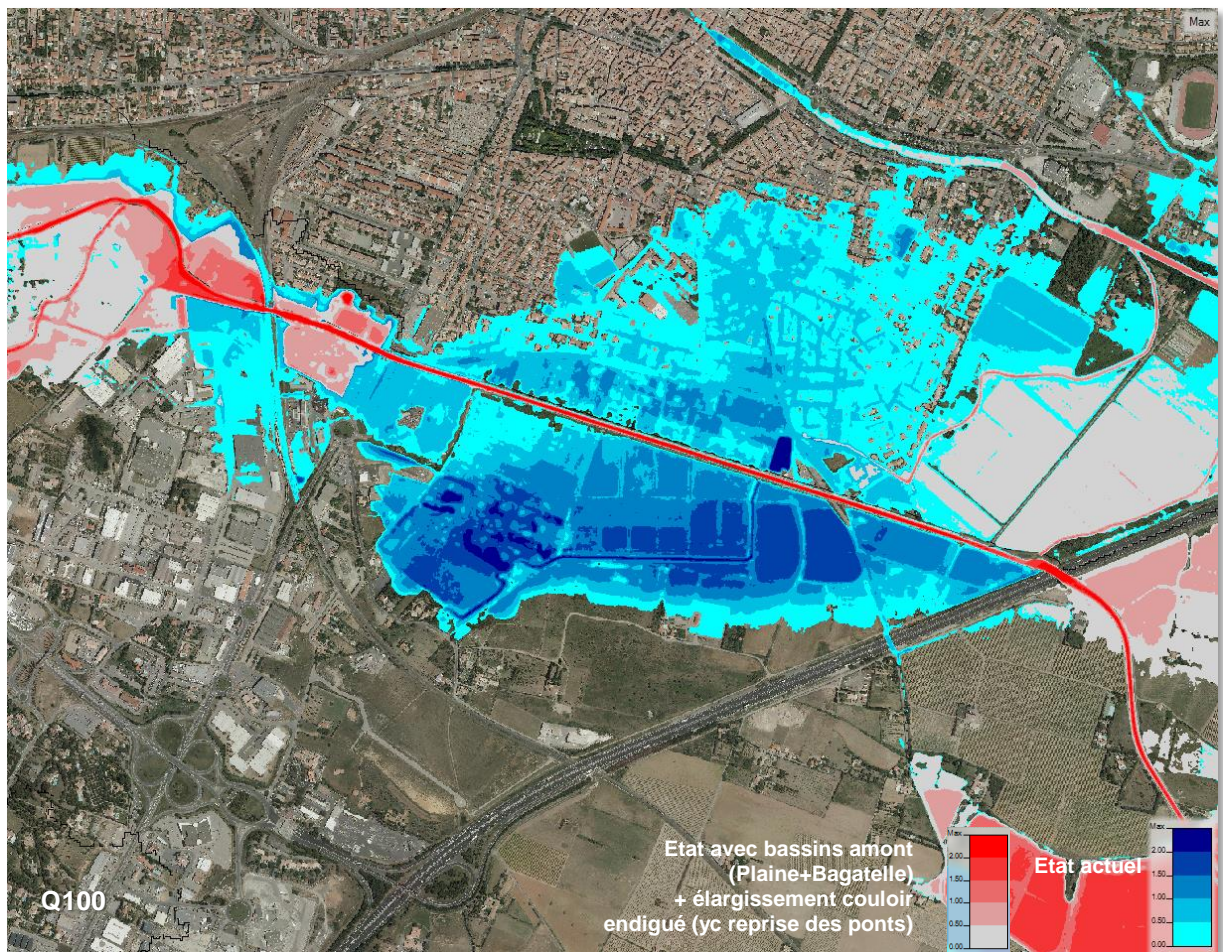


Figure 69 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

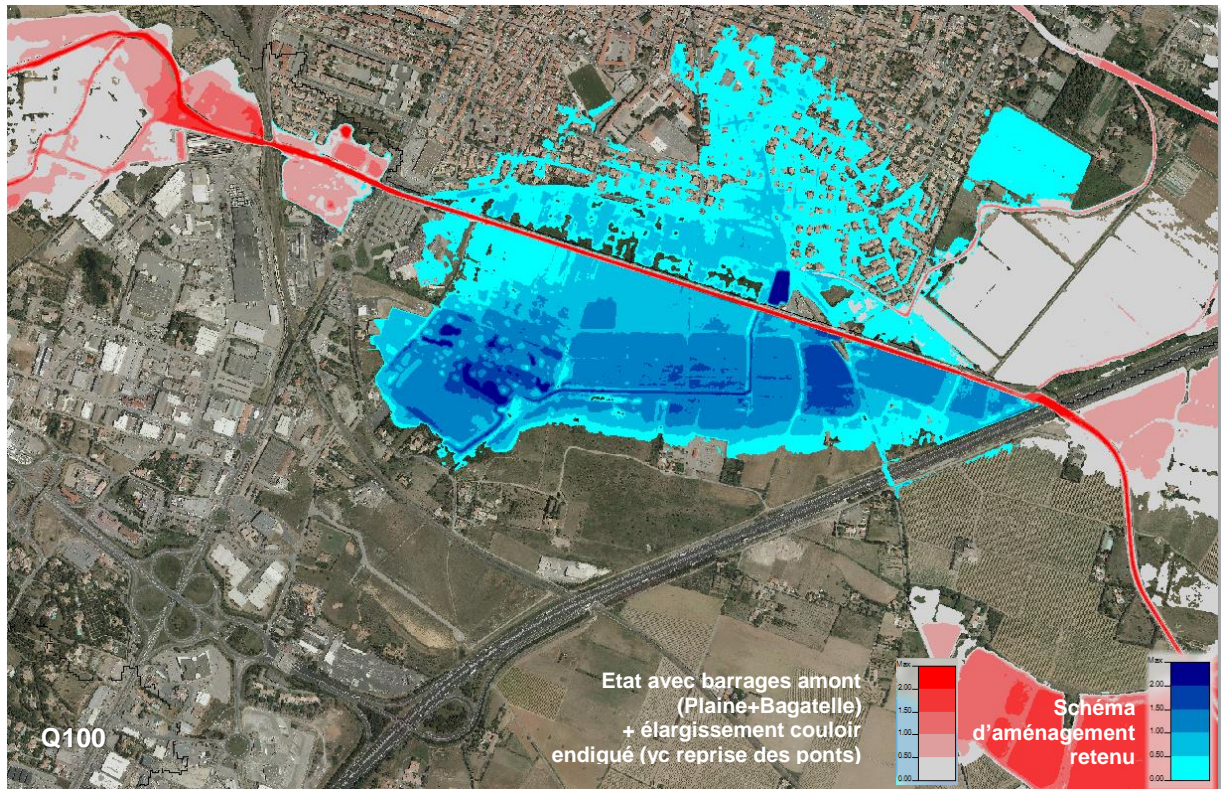


Figure 70 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

Le fait de recalibrer le couloir endigué pourrait avoir une incidence négative à l'aval de l'autoroute A9. Toutefois, la réalisation des ouvrages de rétention de Plaine-RD613 et de Bagatelle compense ce phénomène. La figure ci-dessous comparant les ZI en état actuel et pour l'élargissement du couloir endigué (yc reprise des ponts et barrages amont) en atteste :

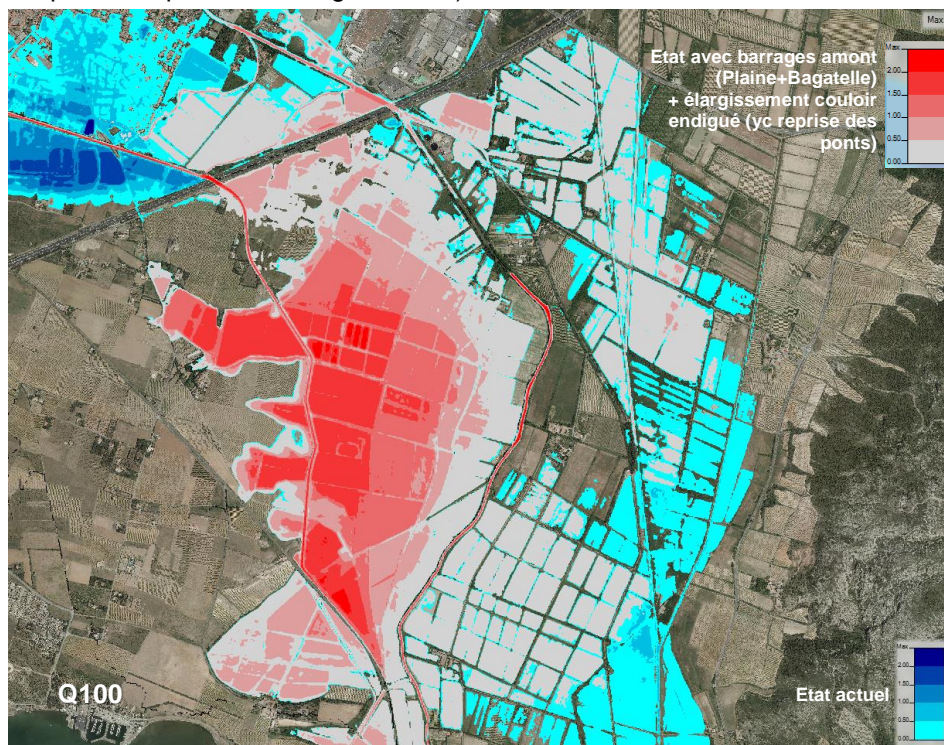


Figure 71 : ZI aval A9, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (yc bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

8.6.2 Contraintes d'implantation

Le tronçon du couloir endigué concerné par le recalibrage est implanté au sud de la ville de Narbonne (zone d'implantation en rouge ci-dessous). Il intercepte 3 trois ouvrages traversants :

- ▶ Une passerelle piétonne (numéro 1),
- ▶ Un pont routier à doubles voies- Pont des Clercs (numéro 2),
- ▶ Un pont goudronné simple (numéro 3).

Le couloir endigué s'arrête en amont immédiat de l'autoroute A9.



Figure 72 : Couloir endigué - Ouvrages traversants interceptés

Ces trois ouvrages seront à reprendre suite au recalibrage du couloir en rive droite. En première approche les coûts associés à cette reprise sont les suivants :

passerelle piétonne	pont des Clercs	Pont avant A9
200k€	1M€	700k€

Par ailleurs, l'élargissement de la section en rive droite va impacter deux parcelles avec des bâtis :

- ▶ Une parcelle avec les bâtiments d'une entreprise générale d'électricité à proximité du pont des Clercs. L'élargissement n'impactera pas les bâtiments mais seulement les haies en bordure de terrain ;
- ▶ Une parcelle avec un mazel en ruine à proximité du pont 3. L'élargissement impactera la construction déjà désaffectée (toit percé) qui sera à démolir.

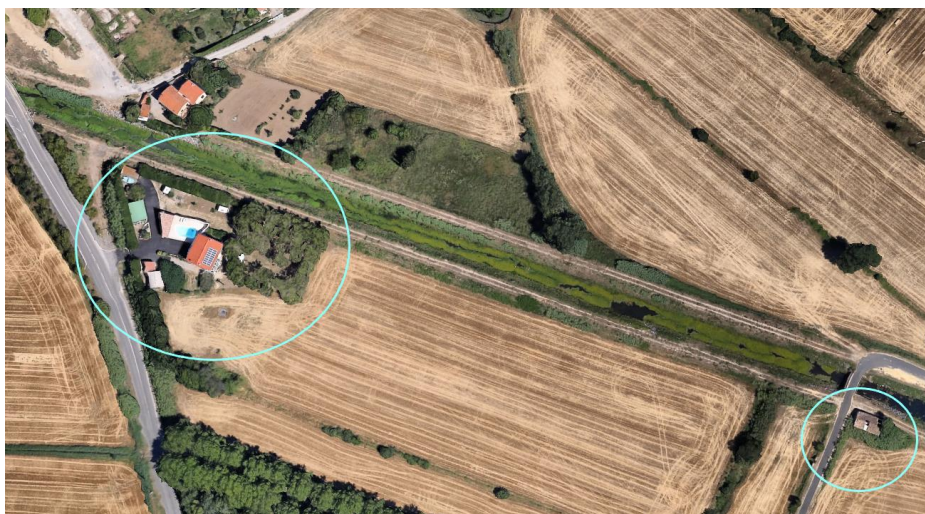


Figure 73 : Couloir endigué- bâtiments impactés

8.6.3 Coûts estimés du recalibrage

Le recalibrage impacte le profil type du couloir endigué de la façon suivante, avec le volume de déblais en vert et le volume de remblais en rouge :

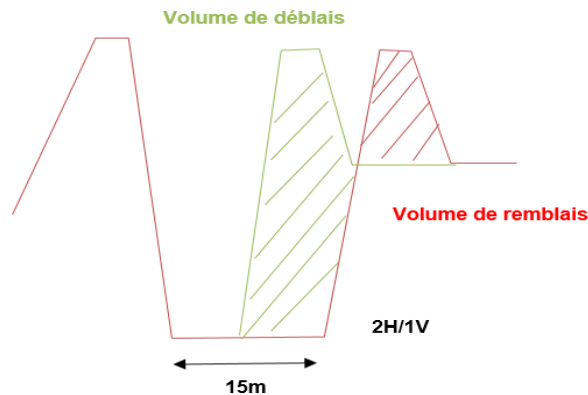


Figure 74 : Recalibrage du couloir endigué : profil type et volumes impactés

Les volumes estimés sont d'environ 30 m³ de déblais et 11 m³ de remblais par ml de section. On peut donc estimer les coûts du recalibrage de la manière suivante :

Déblais	768 000
Remblais	198 000
confortement localisés des berges	217 000
Dévoisement des réseaux	350 000
reprises des ouvrages (ponts et passerelle)	1 900 000
aléas et non métrés	514 950
TOTAL	3 947 950

Tableau 24 : Coût estimatif du recalibrage en euros

Le coût total de cette solution est estimé à :

Recalibrage RD du couloir endigué <u>sans</u> reprise des ponts	2 100 000 €HT
Recalibrage RD du couloir endigué <u>avec</u> reprise des ponts	4 000 000 €HT

Pour information, en intégrant le recalibrage (yc reprise des ponts) dans le schéma d'aménagement général retenu, le montant de ce dernier s'élèverait au final à **20 M€HT** environ. C'est ce montant qui a été retenu pour l'analyse spécifique ACB.

8.6.4 Test complémentaire : recalibrage seul du couloir endigué

Afin d'éclairer la réflexion du comité technique, des simulations complémentaires ont été réalisées en supposant le recalibrage du couloir endigué (yc reprise des ponts) **sans la prise en compte des barrages amont de Plaine-RD613 et de Bagatelle**.

Le recalibrage a été prolongée en amont jusqu'à la voie ferrée et comprend donc la reprise de l'ouvrage d'art de cette dernière et celui de l'avenue du Général Leclerc. En effet, compte tenu des débordements amont visibles en état actuel, l'efficacité éventuelle de cette solution ne peut être recherchée sans cette prolongation vers l'amont. Le recalibrage testé sous modèle numérique s'étend sur un linéaire de l'ordre de 2,1 km.

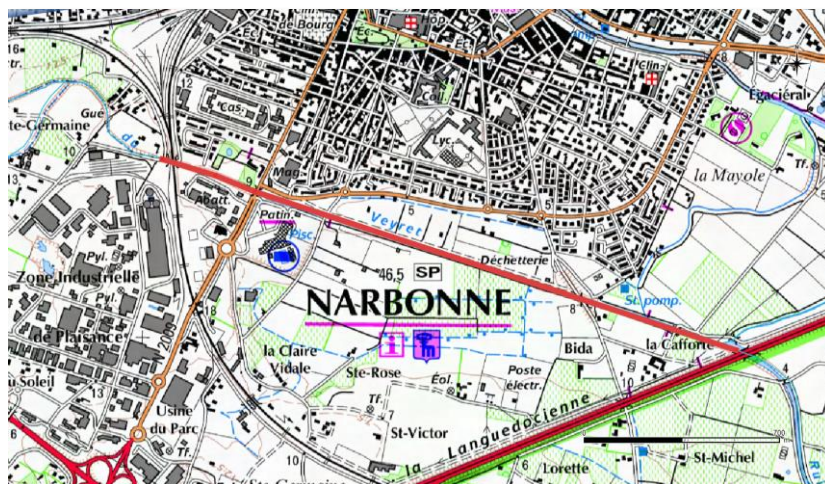


Figure 75 : Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

Les figures ci-dessous illustrent les zones inondées issues de ces simulations et les comparent à celles relatives à l'état du schéma d'aménagement retenu :

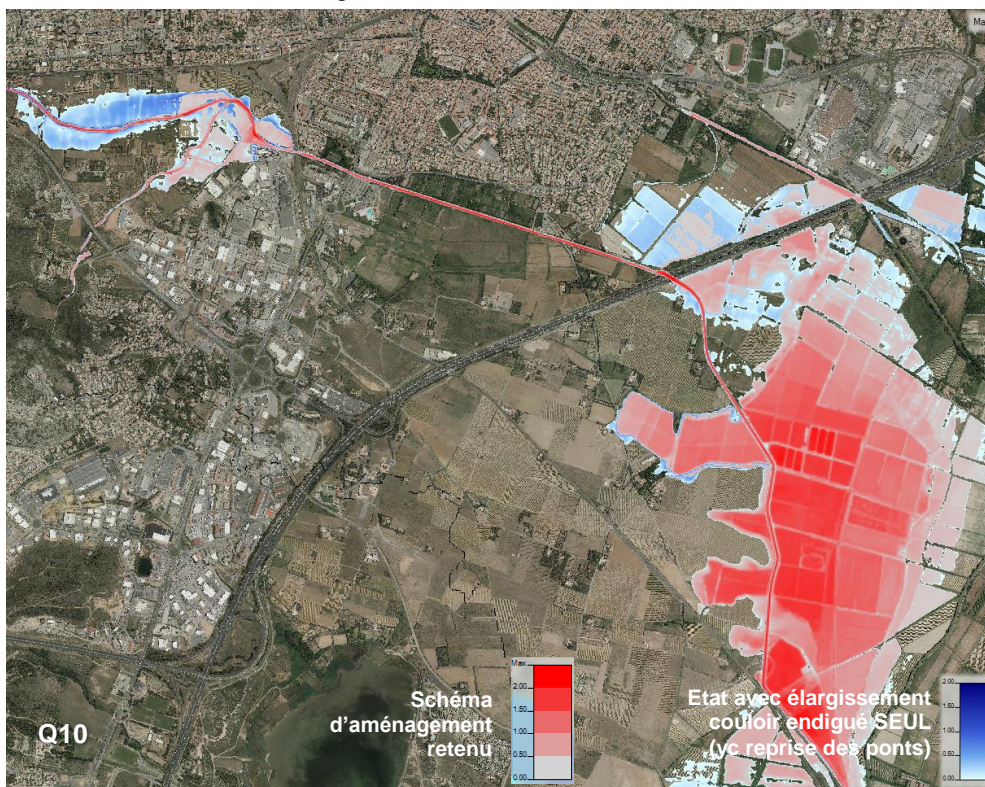


Figure 76 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q10]

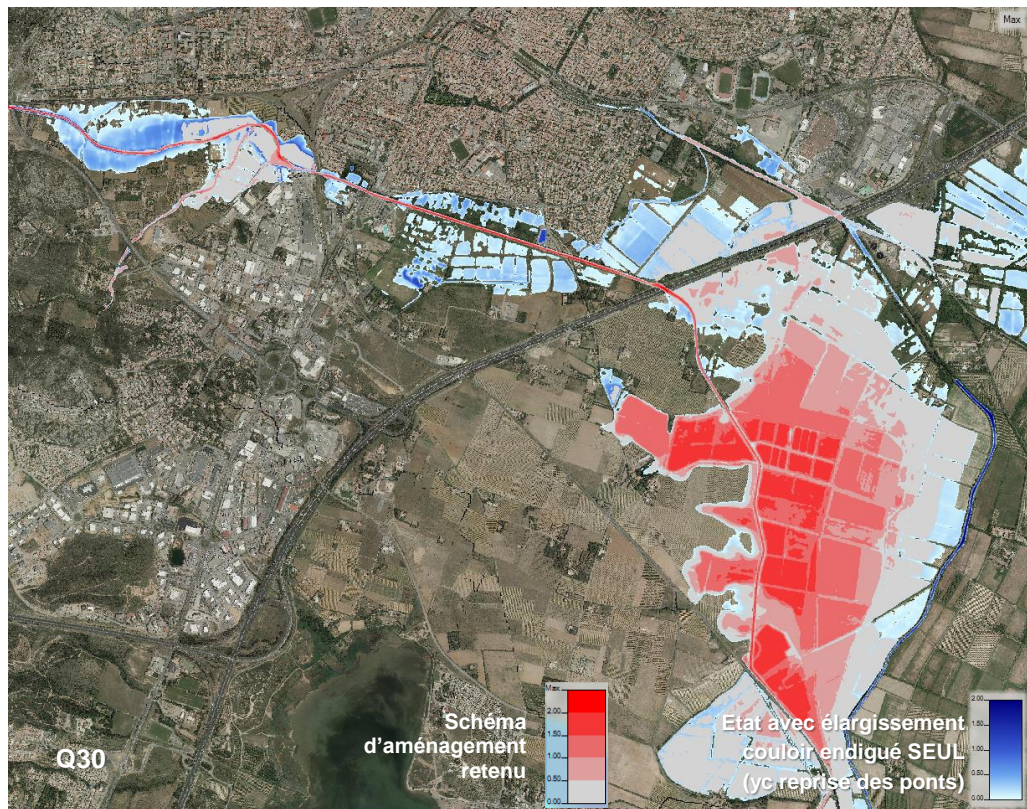


Figure 77 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q30]

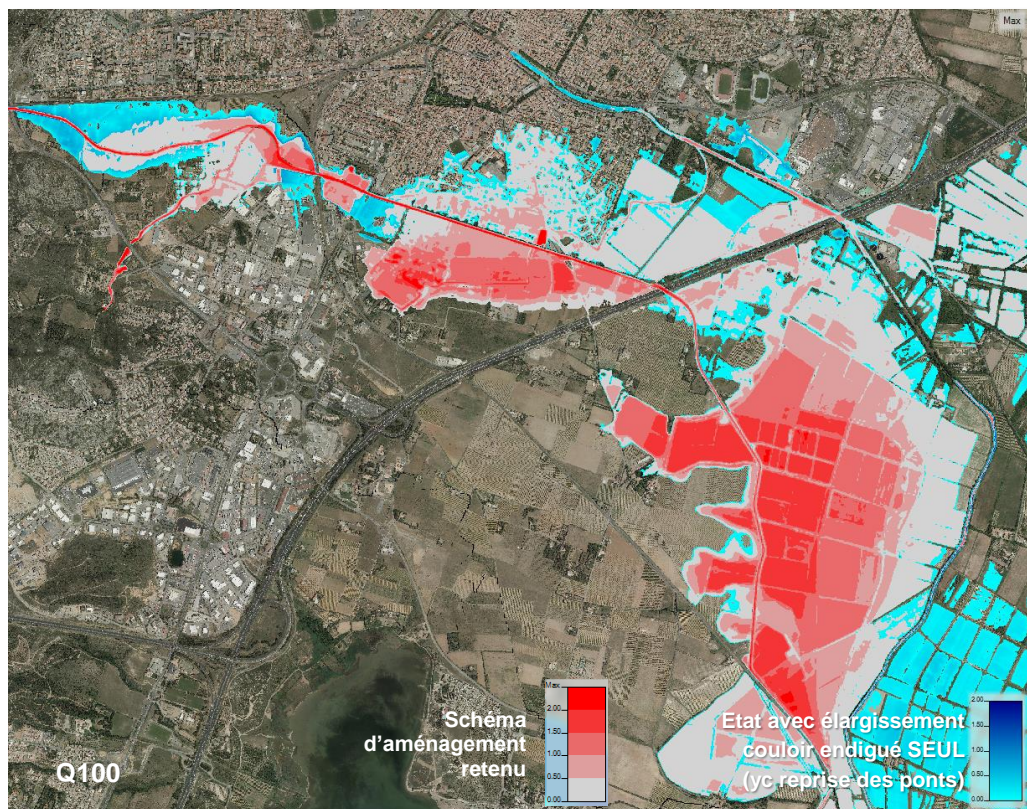


Figure 78 : ZI, Elargissement du couloir endigué avec reprise des ponts (sans prise en compte des bassins de Plaine-RD613 et Bagatelle) [Q100]

Ces figures appellent les commentaires suivants :

- ▶ Pour l'ensemble des scénarii hydrologiques étudiés, l'efficacité de l'élargissement du couloir endigué avec reprise des ponts seul est en retrait de celui du schéma d'aménagement retenu,
- ▶ Le recalibrage seul du couloir endigué n'a d'impact hydraulique sensible que sur les enjeux situés en aval du pont SNCF ; cet aménagement n'a ainsi pas d'incidence sur la commune de Montredon, sur la Zone Industrielle de Plaisance...

D'autre part, le fait de recalibrer le couloir endigué aura tendance à augmenter les débits de pointe transitant à l'aval de l'A9 **par rapport à l'état actuel** (cette augmentation n'étant plus compensée comme précédemment par la mise en œuvre des deux bassins de plaine-RD613 et Bagatelle). Ces augmentations de débits sont les suivantes (estimées dans le lit mineur au droit de l'autoroute A9) :

- Q10 : 40 à 67 m³/s (+27 m³/s),
- Q30 : 43 à 75 m³/s (+32 m³/s),
- Q100 : 57 à 77 m³/s (+20 m³/s).

Ces augmentations de débit, d'une manière ou d'une autre **devront être compensées**.

Le génie civil associé à cette solution est estimé à 8 200 000 €HT.

Le montant total de cette opération (hors compensation de l'impact aval) mais intégrant la maîtrise foncière et les reconnaissances complémentaires est estimé proche de 10 000 000 €HT.

Ce montant comprend la reprise de 5 ouvrages de franchissement (dont 3 ouvrages majeurs), ce qui pose un problème important de maintien du trafic routier et ferroviaire lors des travaux. Ce coût n'intègre pas les pertes d'exploitation de la voie SNCF.

Enfin, il est possible qu'une habitation doive être délocalisée en rive droite lors de ce recalibrage.

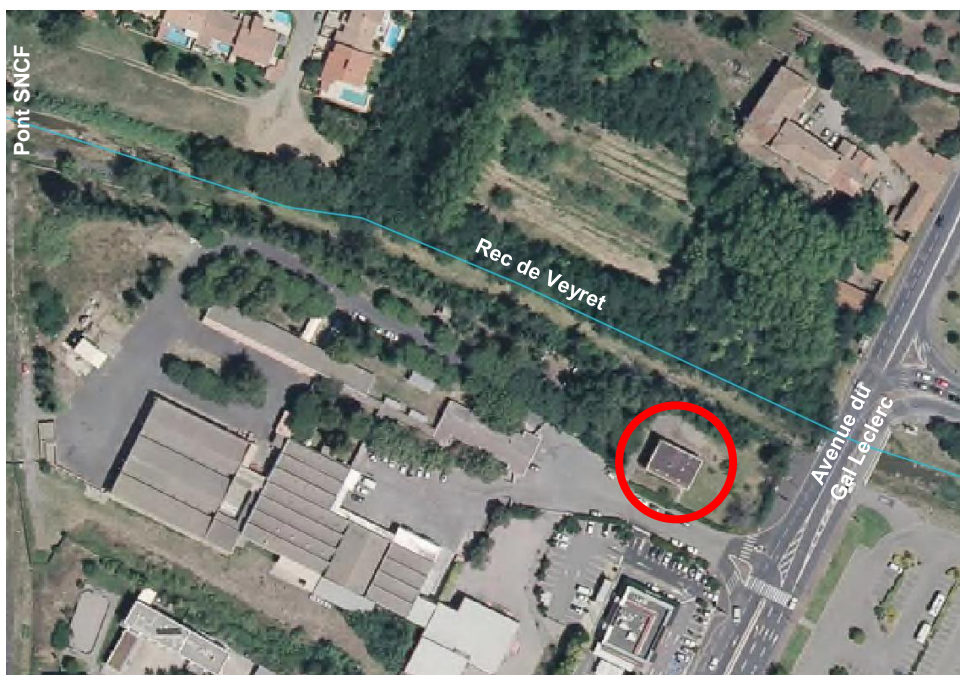


Figure 79 : Habitation potentiellement à délocaliser

8.7 POSSIBILITE DE METTRE EN ŒUVRE UNE DIGUE DE SECOND RANG EN RIVE GAUCHE DU REC DE VEYRET

A la demande du comité technique, il a également été envisagé de mettre en œuvre une digue de second rang en rive gauche du couloir endigué comme implantée ci-dessous :

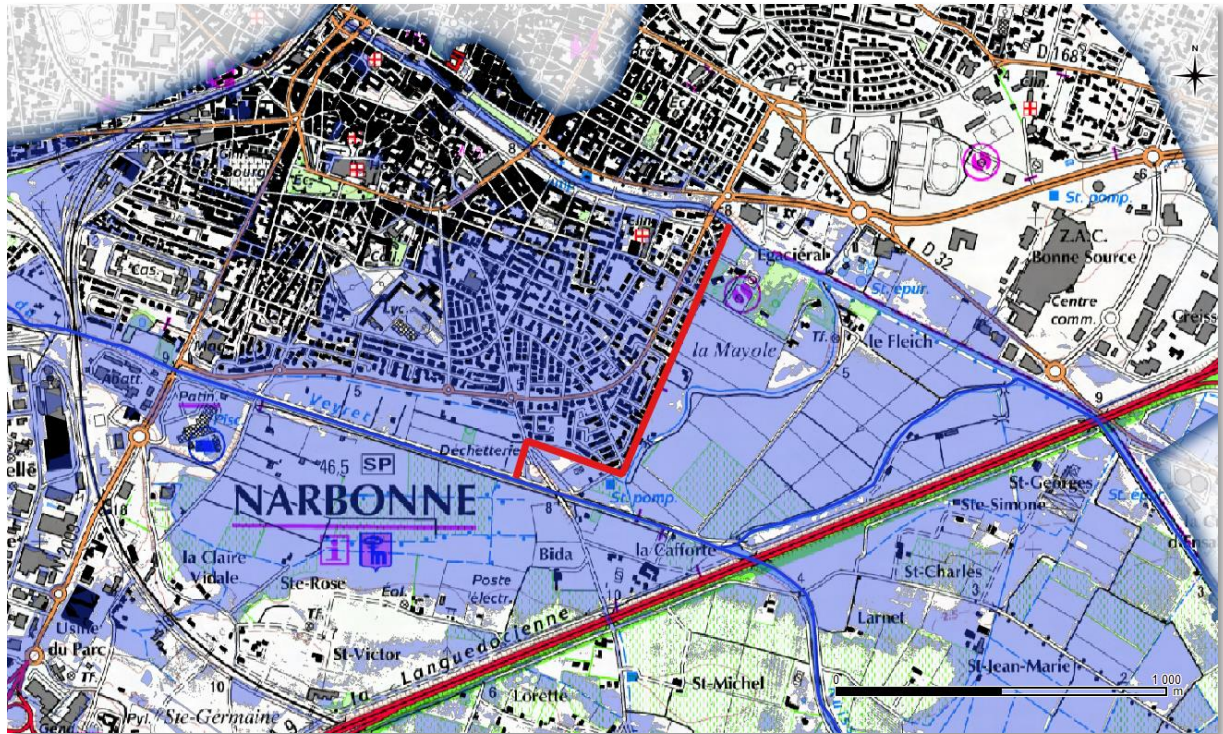


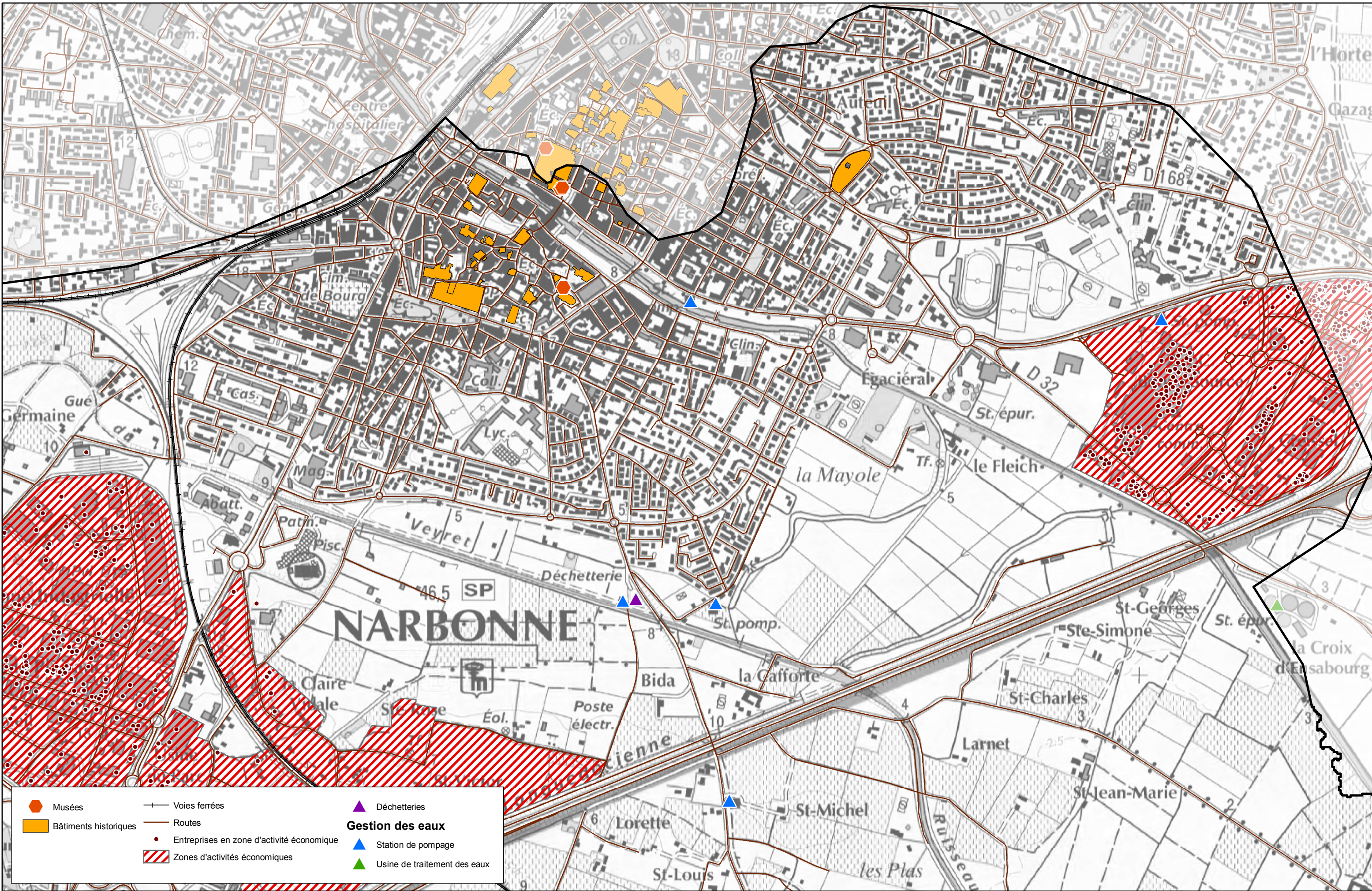
Figure 80 : Digue de second rang (rive gauche)










Toutefois, cette solution a rapidement été écartée, car de nombreux débordements se produisent en amont et cette solution ne peut être réalisée sans une rehausse généralisée de la digue rive gauche du couloir endigué du Rec de Veyret (et même depuis la voie ferrée).

D'autre part, elle pose le problème du ressuyage de la zone inondable rive gauche du couloir endigué.

ANNEXES

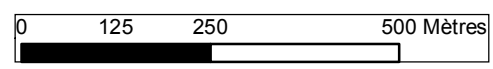
Annexe 1. Enjeux activités humaines

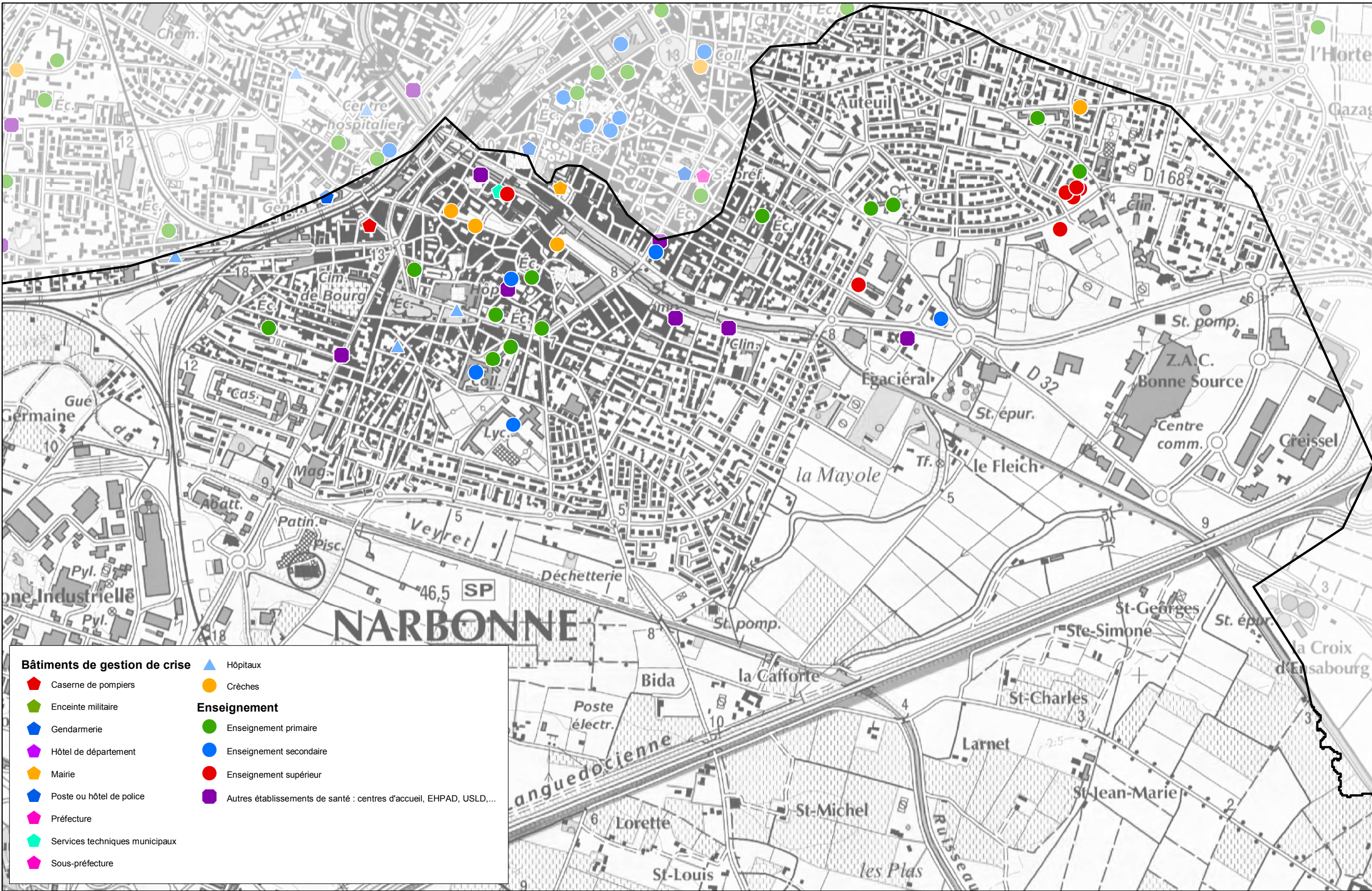


 Musées	 Voies ferrées	 Déchetteries
 Bâtiments historiques	 Routes	Gestion des eaux
	 Entreprises en zone d'activité économique	 Station de pompage
 Zones d'activités économiques		 Usine de traitement des eaux

**AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET
MAITRISE D'ŒUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES**

Enjeux culturels, économiques et environnementaux

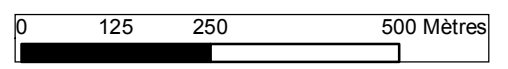




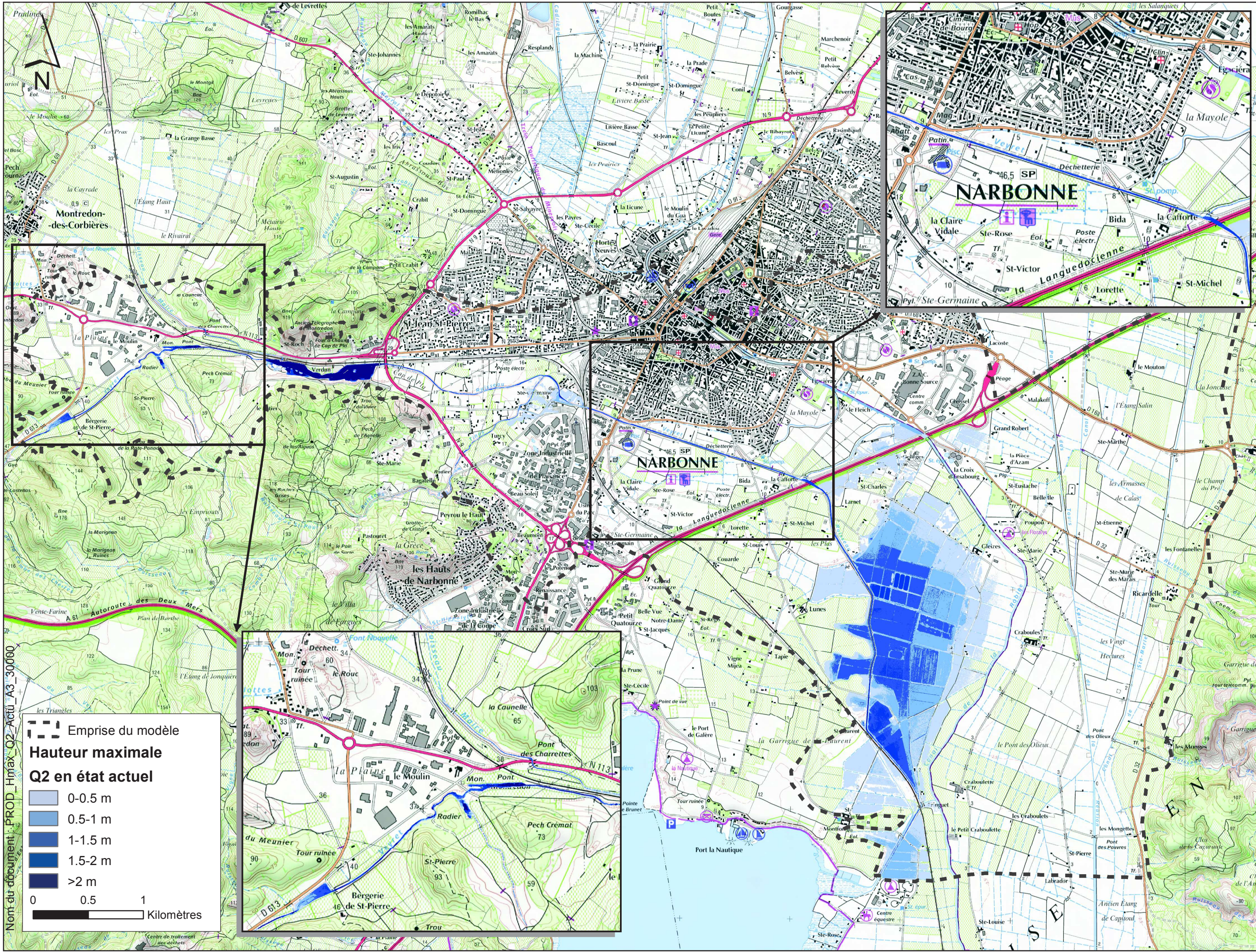
NARBONNE

**AMENAGEMENT DU REC DE VEYRET
MAITRISE D'ŒUVRE ET PROCEDURES REGLEMENTAIRES**

Enjeux humains



Annexe 2. Zones inondables dans l'état actuel (T= 2 à 100 ans)



Nom du document : PROD_Hmax_Q2_Actu_A3_300600

Emprise du modèle

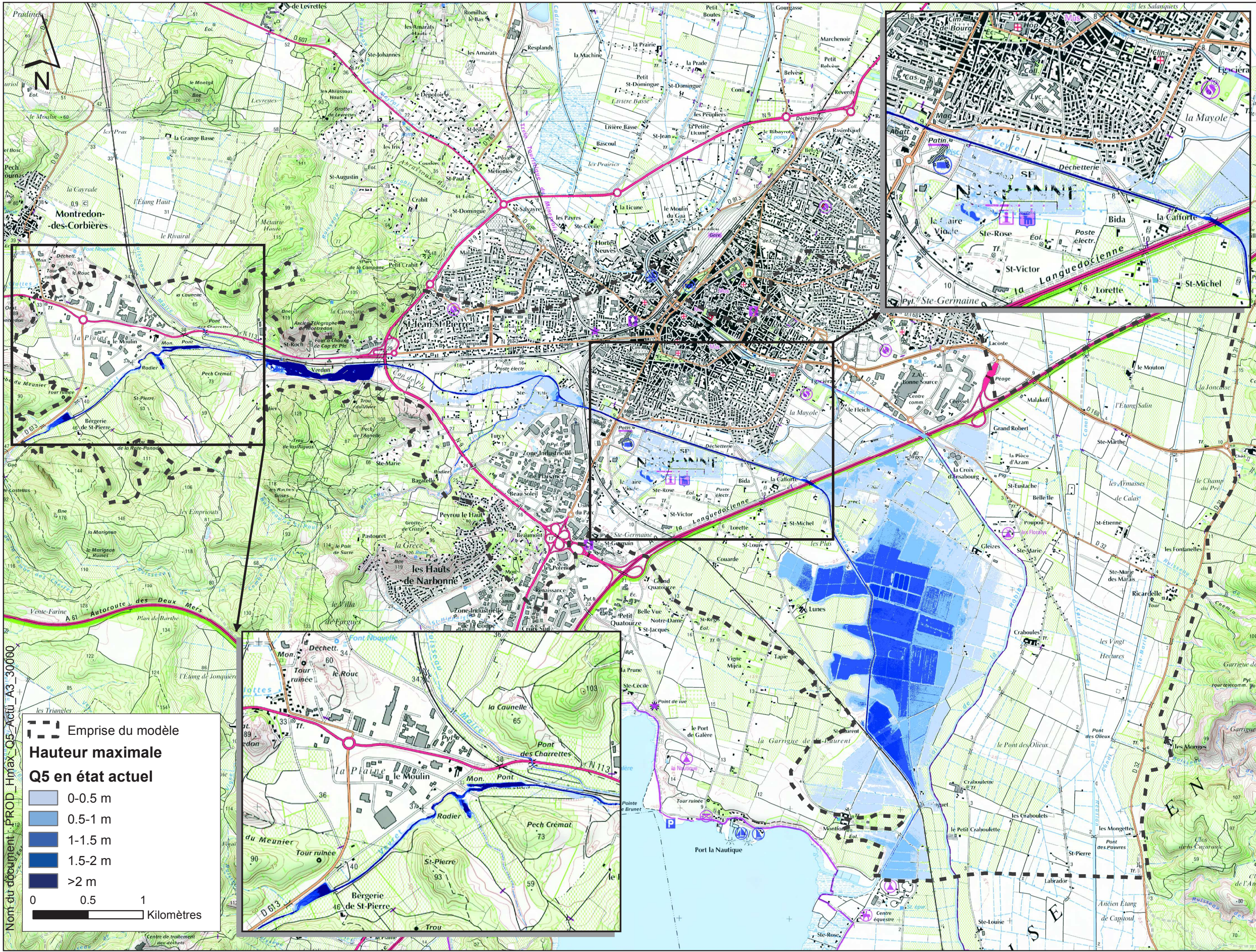
Hauteur maximale

Q2 en état actuel

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

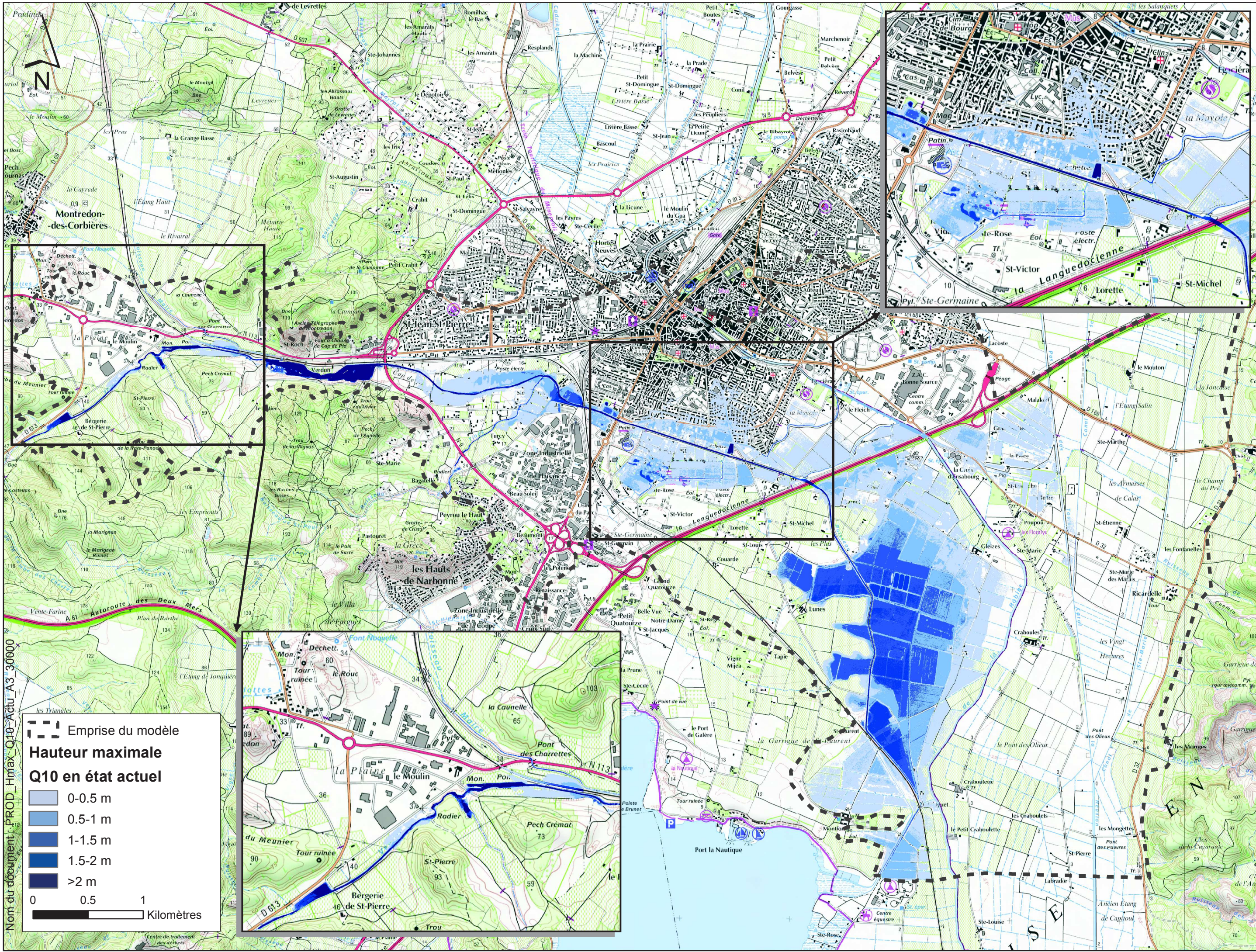
0 0.5 1

Kilomètres



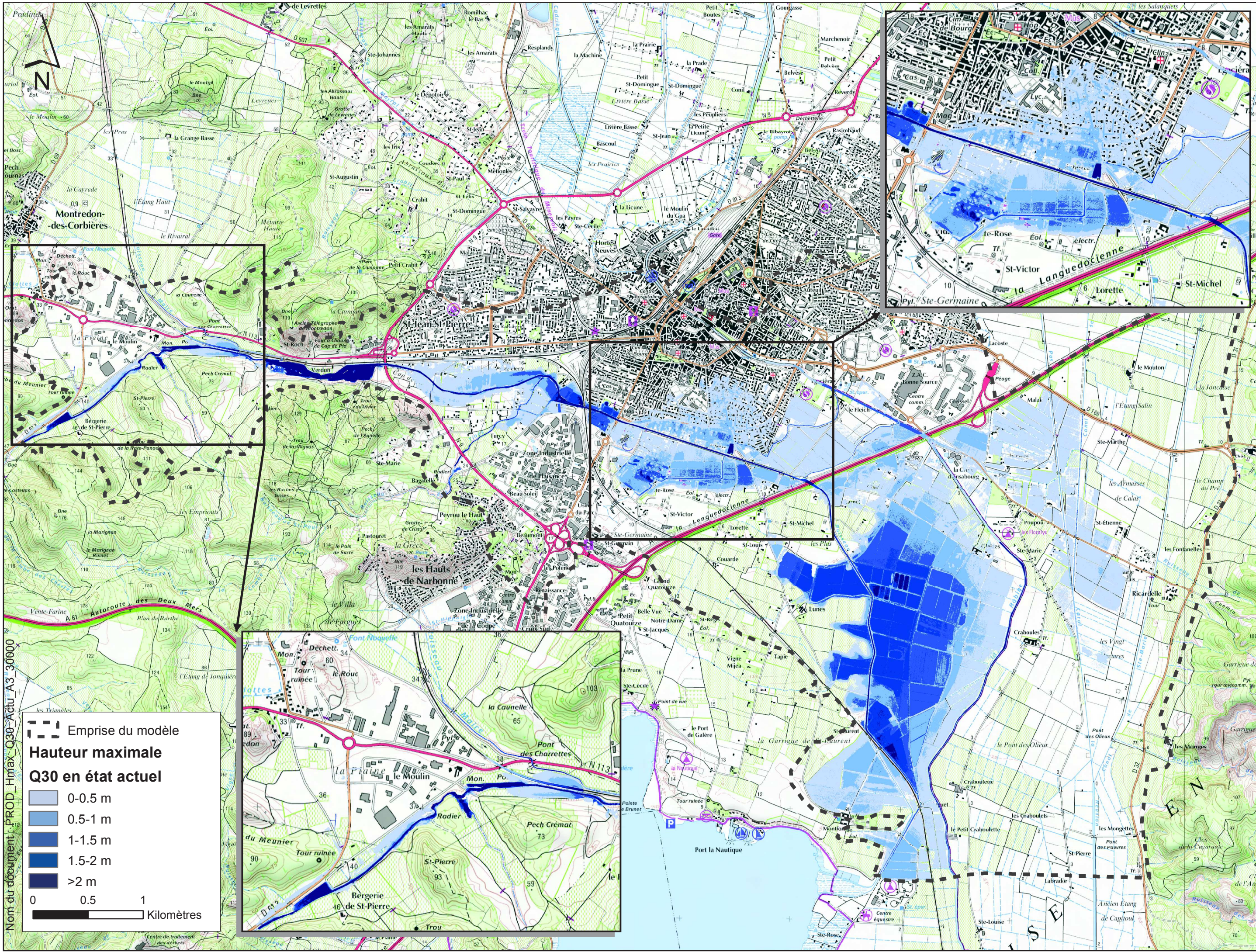
Nom du document : PROD_Hmax_Q5_Actu_A3_30080

- - - - Emprise du modèle
Hauteur maximale
Q5 en état actuel
 0-0.5 m
 0.5-1 m
 1-1.5 m
 1.5-2 m
 >2 m
 0 0.5 1
 Kilomètres



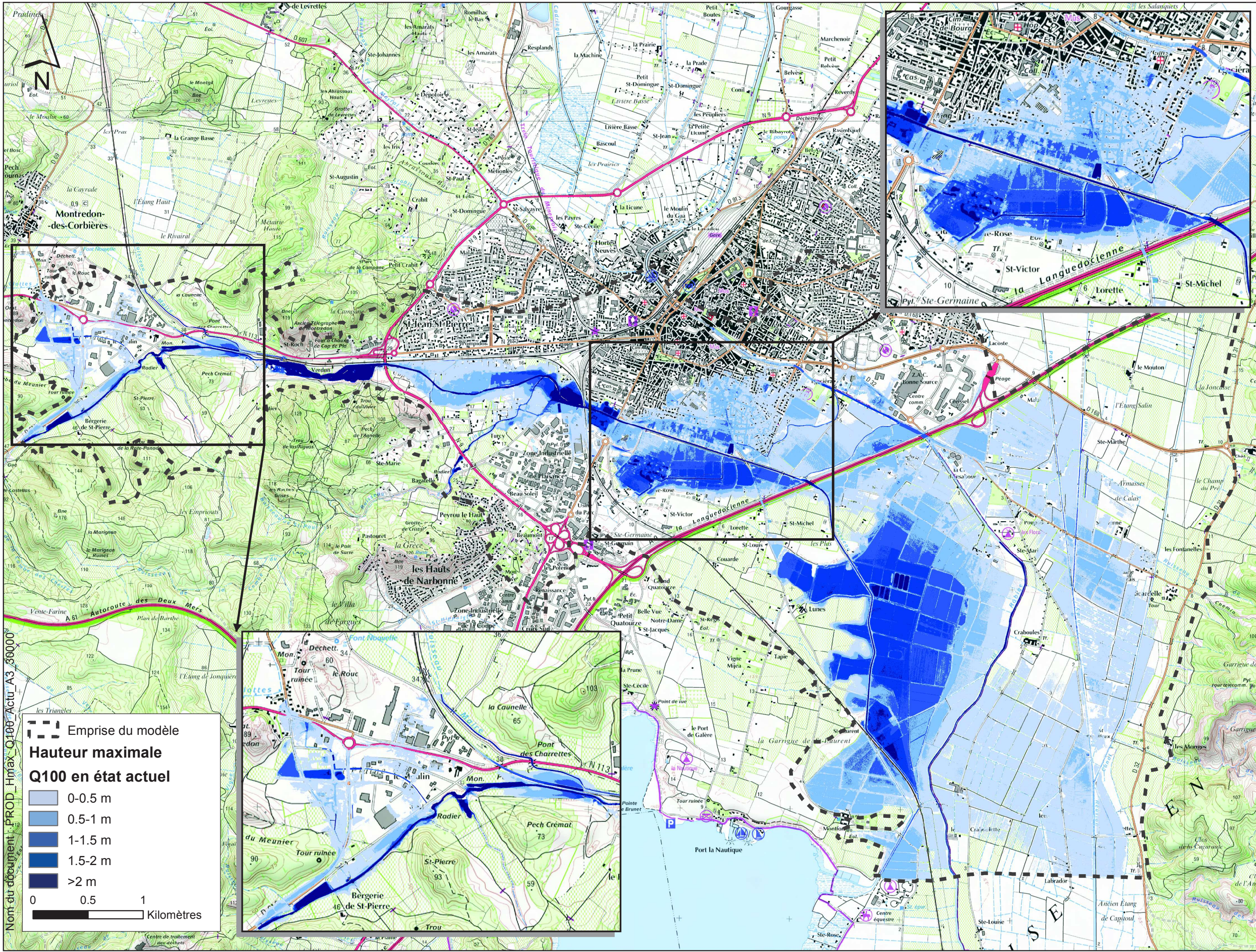
Nom du document : PROD_Hmax_Q10_Actu_A3_30800

- - - - Emprise du modèle
Hauteur maximale Q10 en état actuel
 0-0.5 m
 0.5-1 m
 1-1.5 m
 1.5-2 m
 >2 m
 0 0.5 1 Kilomètres



Nom du document : PROD_Hmax_Q30_Actu_A3_308000

- - - - Emprise du modèle
Hauteur maximale Q30 en état actuel
 0-0.5 m
 0.5-1 m
 1-1.5 m
 1.5-2 m
 >2 m
 0 0.5 1 Kilomètres



Nom du document : PROD_Hmax_Q100_Actu_A3_380000

Emprise du modèle

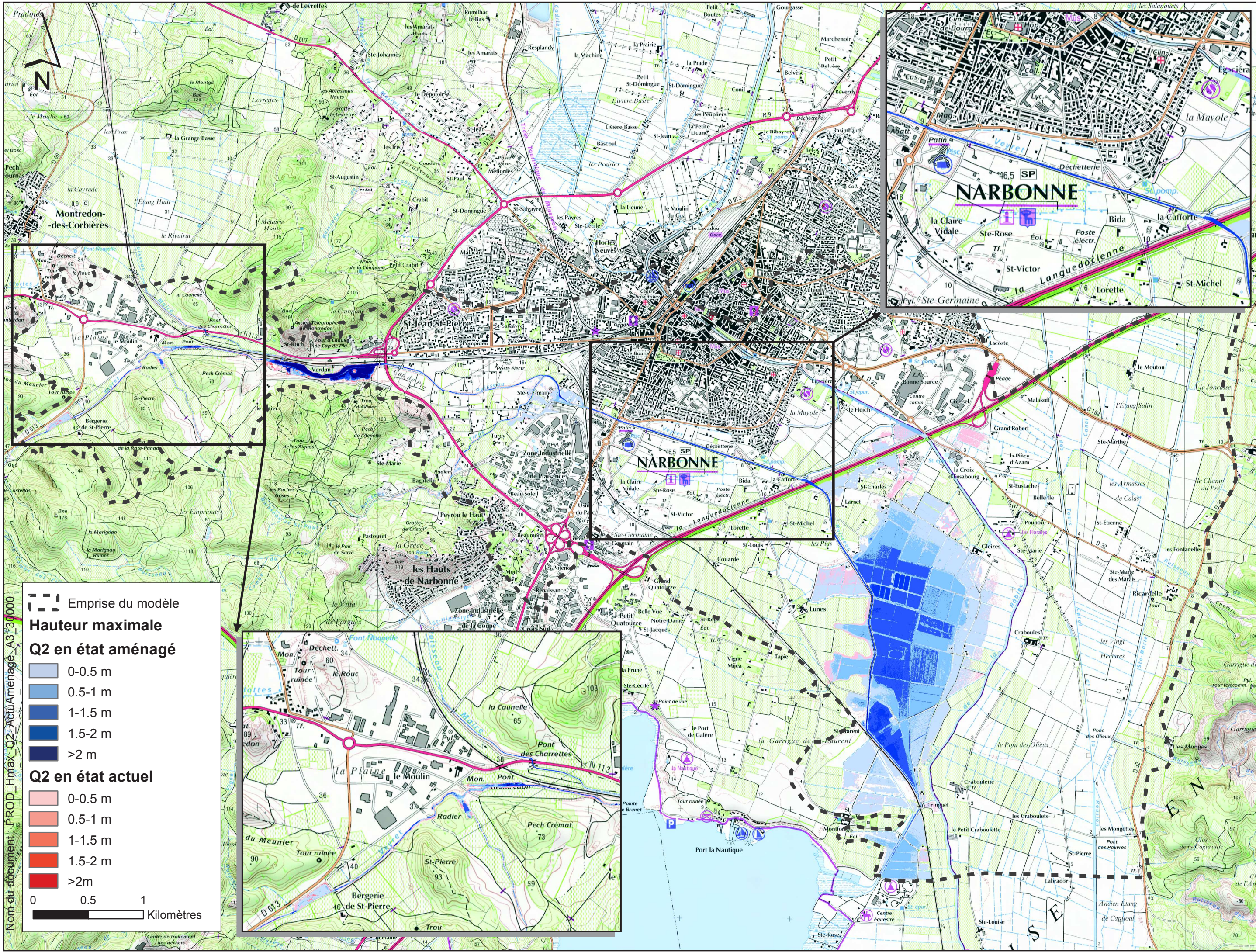
**Hauteur maximale
Q100 en état actuel**

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

0 0.5 1

Kilomètres

Annexe 3. Comparaison zones inondables dans l'état actuel et dans l'état aménagé (T= 2 à 100 ans)



Emprise du modèle
Hauteur maximale

Q2 en état aménagé

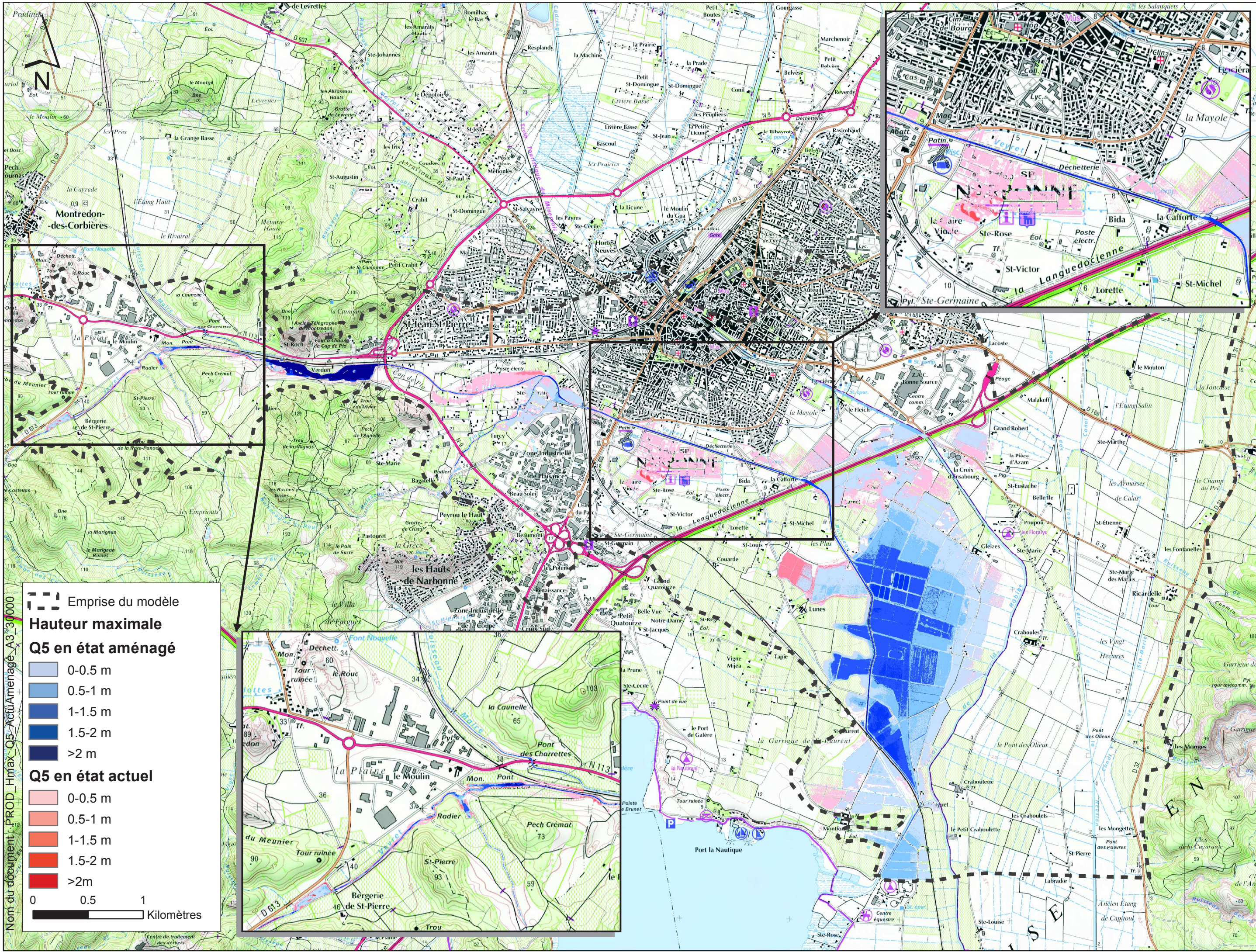
- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

Q2 en état actuel

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2m

0 0.5 1
Kilomètres

Nom du document : PROD_Hmax_Q2_ActuAménagé_A3_30000



Emprise du modèle

Hauteur maximale

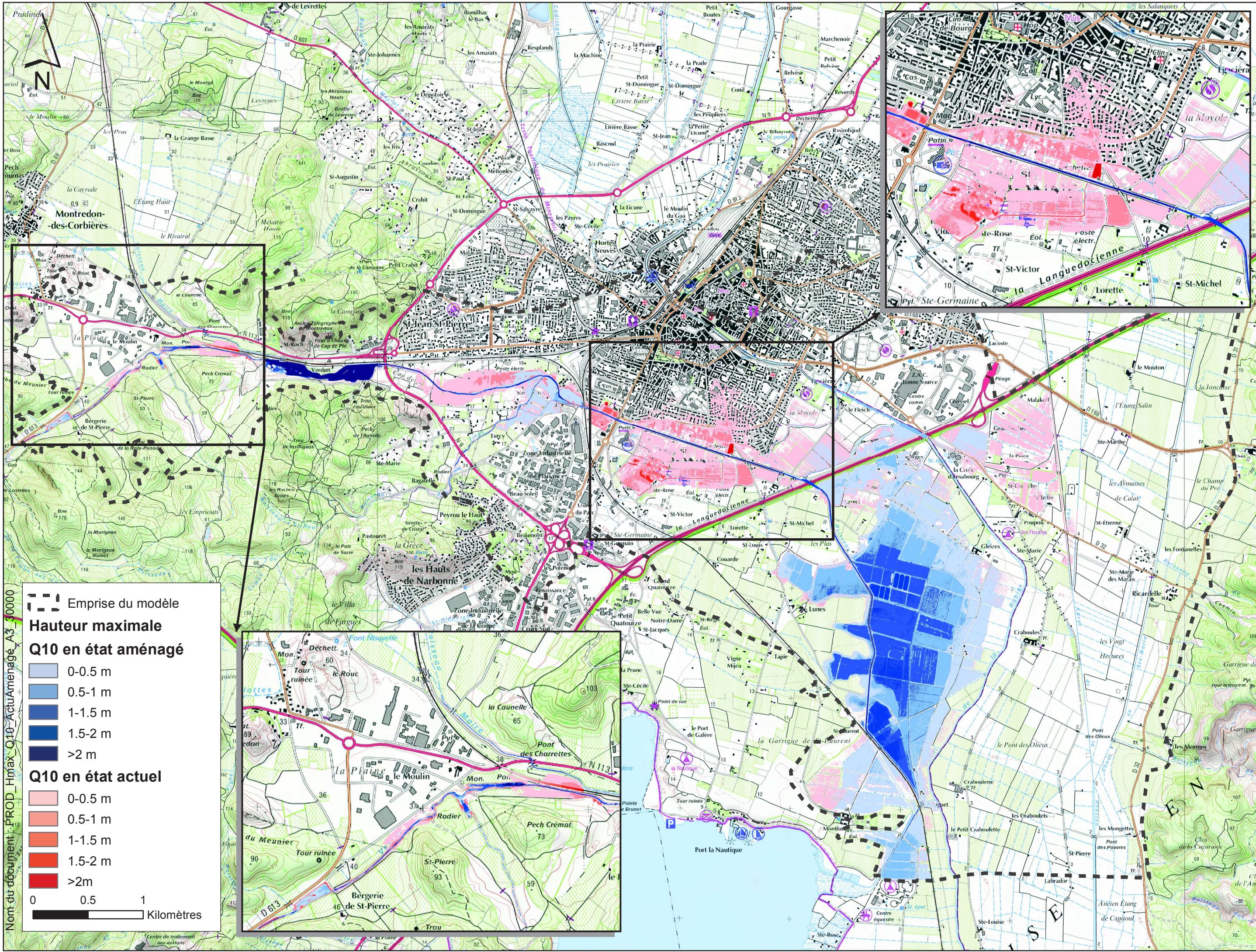
Q5 en état aménagé

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

Q5 en état actuel

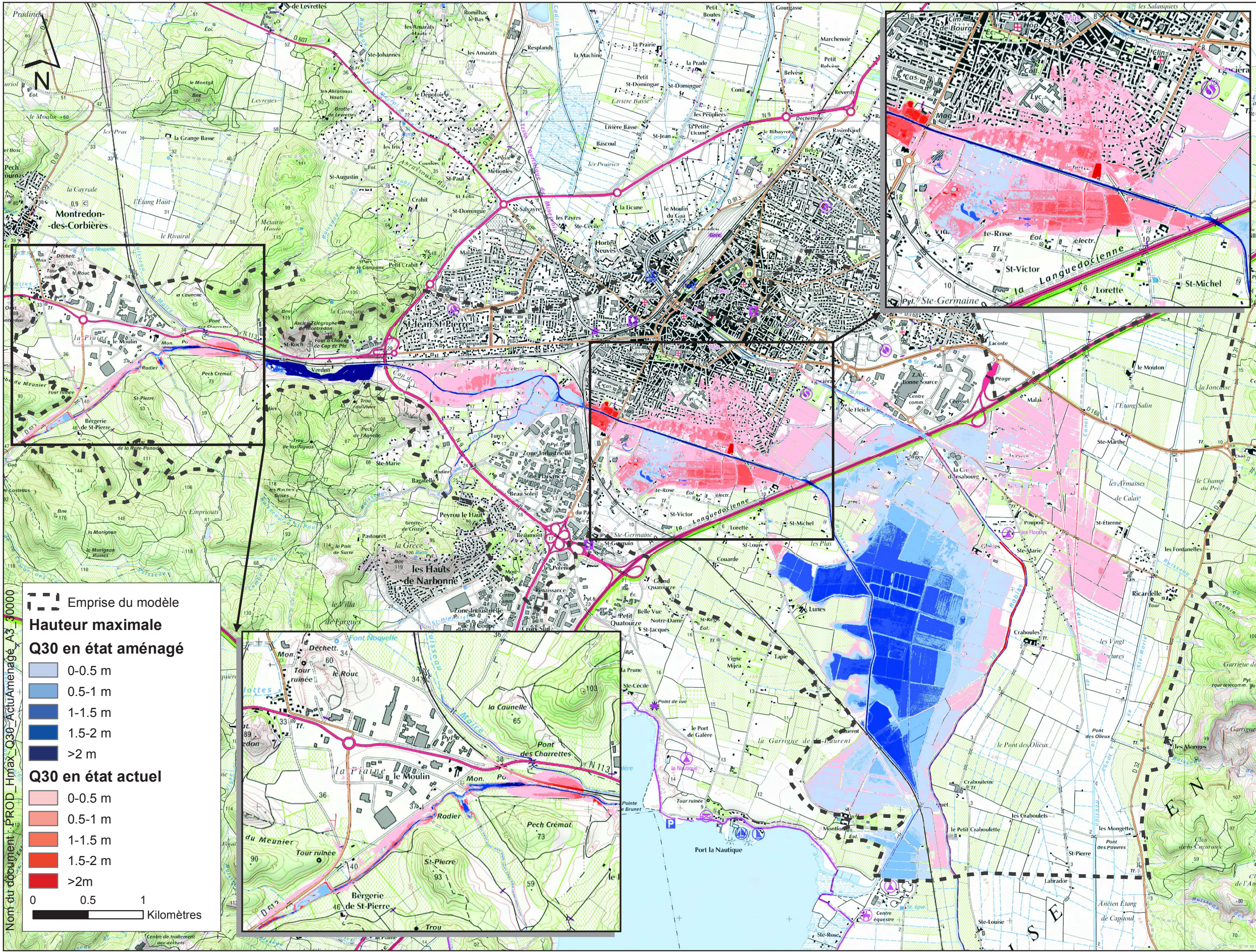
- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

0 0.5 1 Kilomètres



Nom du document : PROD_Hmax_Q10_ActuAmenagé_A3_0000
 0 0.5 1 Kilomètres

- - - Emprise du modèle
Hauteur maximale Q10 en état aménagé
 0-0.5 m
 0.5-1 m
 1-1.5 m
 1.5-2 m
 >2 m
Q10 en état actuel
 0-0.5 m
 0.5-1 m
 1-1.5 m
 1.5-2 m
 >2 m



Emprise du modèle

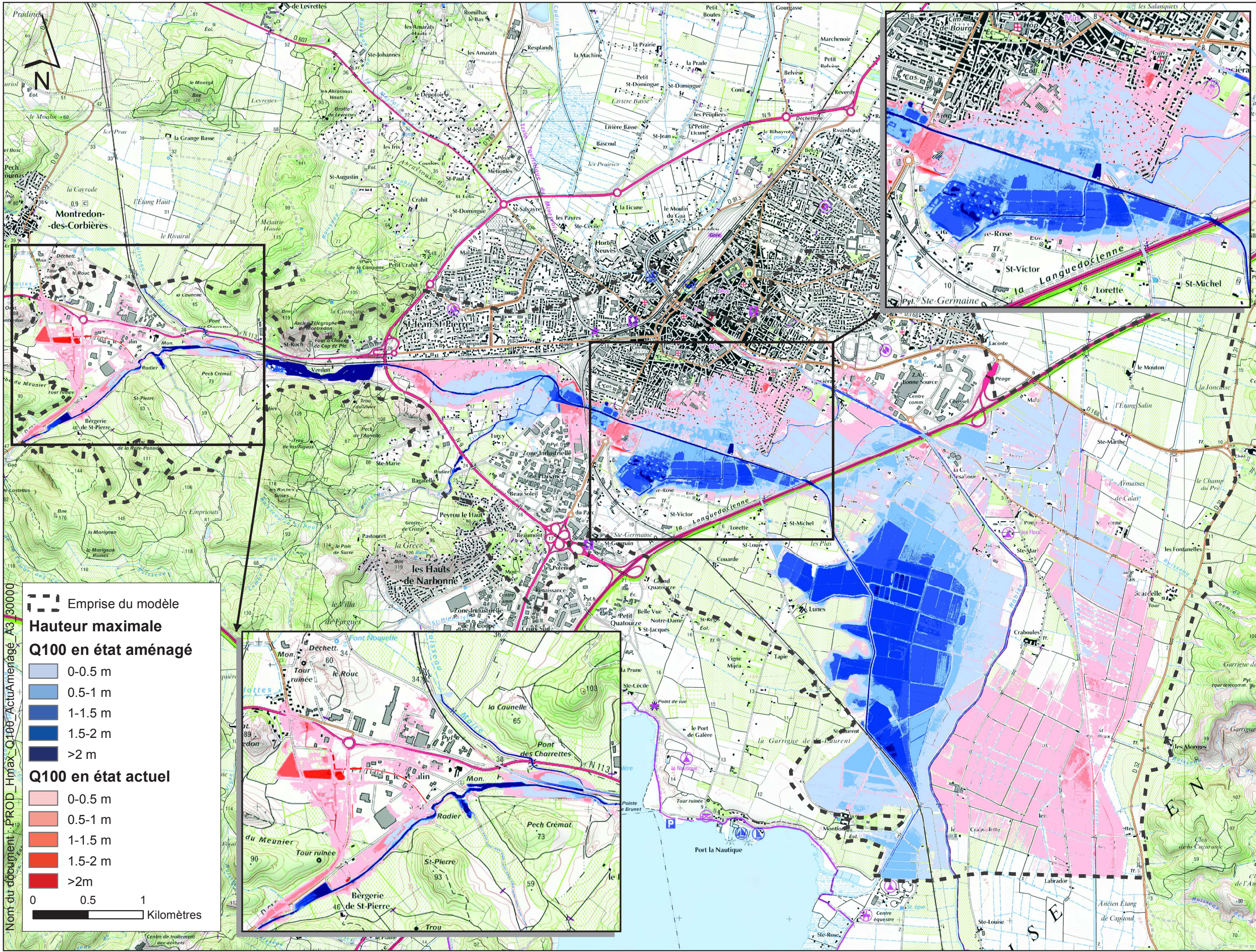
Hauteur maximale Q30 en état aménagé

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

Q30 en état actuel

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2m

0 0.5 1 Kilomètres



Nom du document : PROD_Hmax_Q100_ActuAménagé_A3_30000

Emprise du modèle

Hauteur maximale

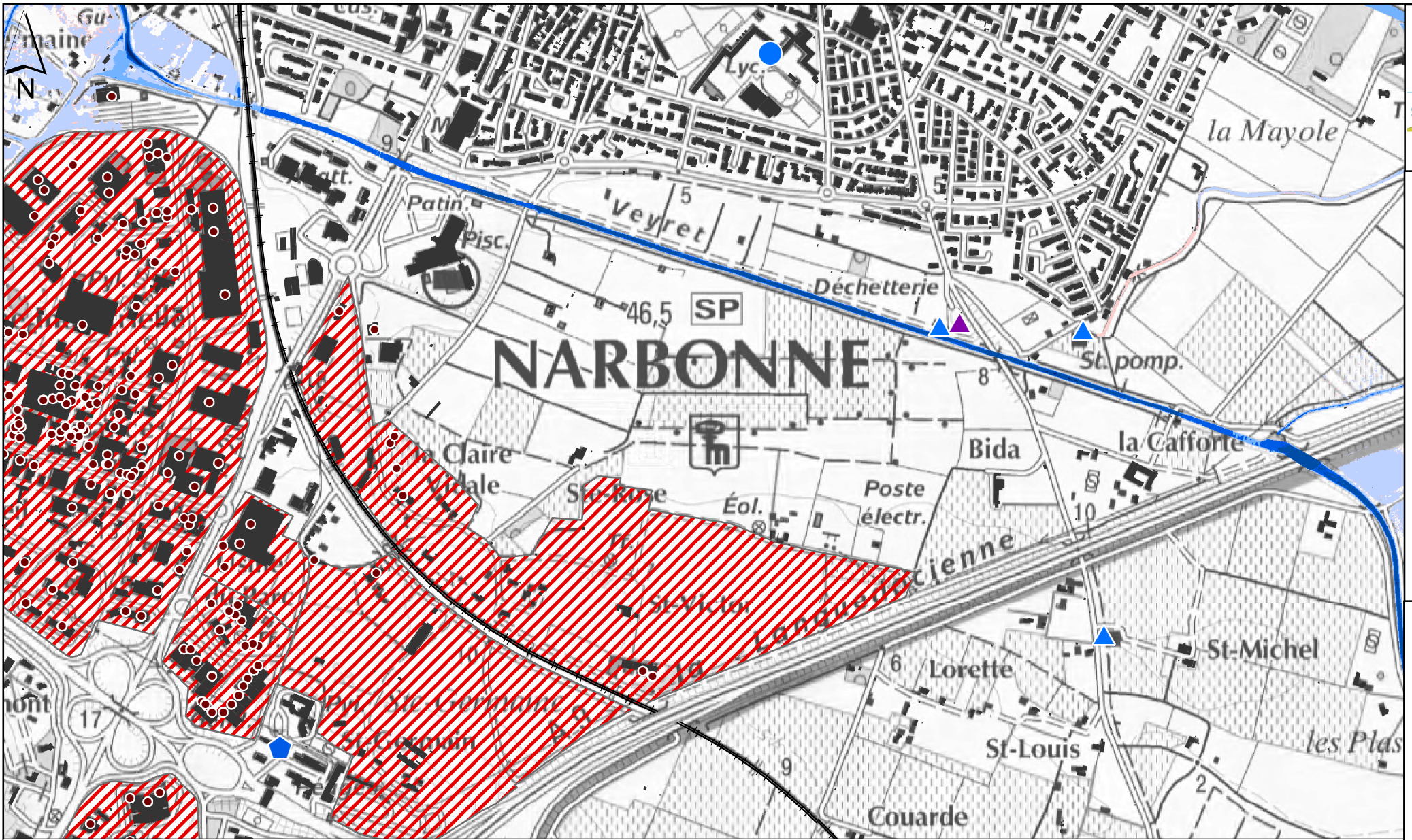
Q100 en état aménagé

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2 m

Q100 en état actuel

- 0-0.5 m
- 0.5-1 m
- 1-1.5 m
- 1.5-2 m
- >2m

0 0.5 1 Kilomètres



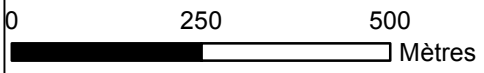
- Enseignement secondaire
- ◆ Gendarmerie
- ▲ Déchetteries
- ▲ Station de pompage
- Bâtiments
- Entreprises en zone d'activité économique
- Voies ferrées
- Zones d'activité économique

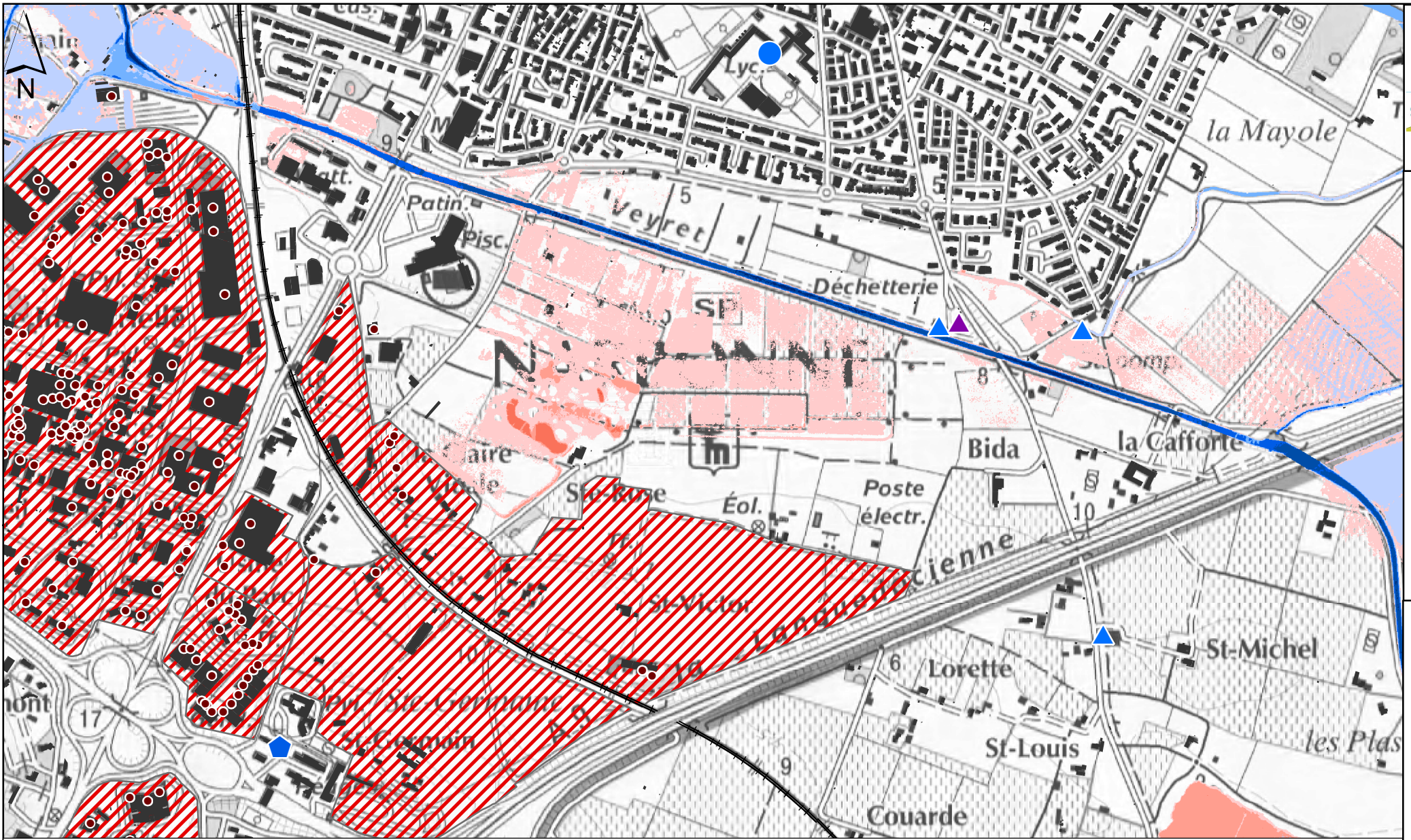
Hauteur maximale Q2 en état aménagé

	0-0.5 m
	0.5-1 m
	1-1.5 m
	1.5-2 m
	>2 m

Hauteur maximale Q2 en état actuel

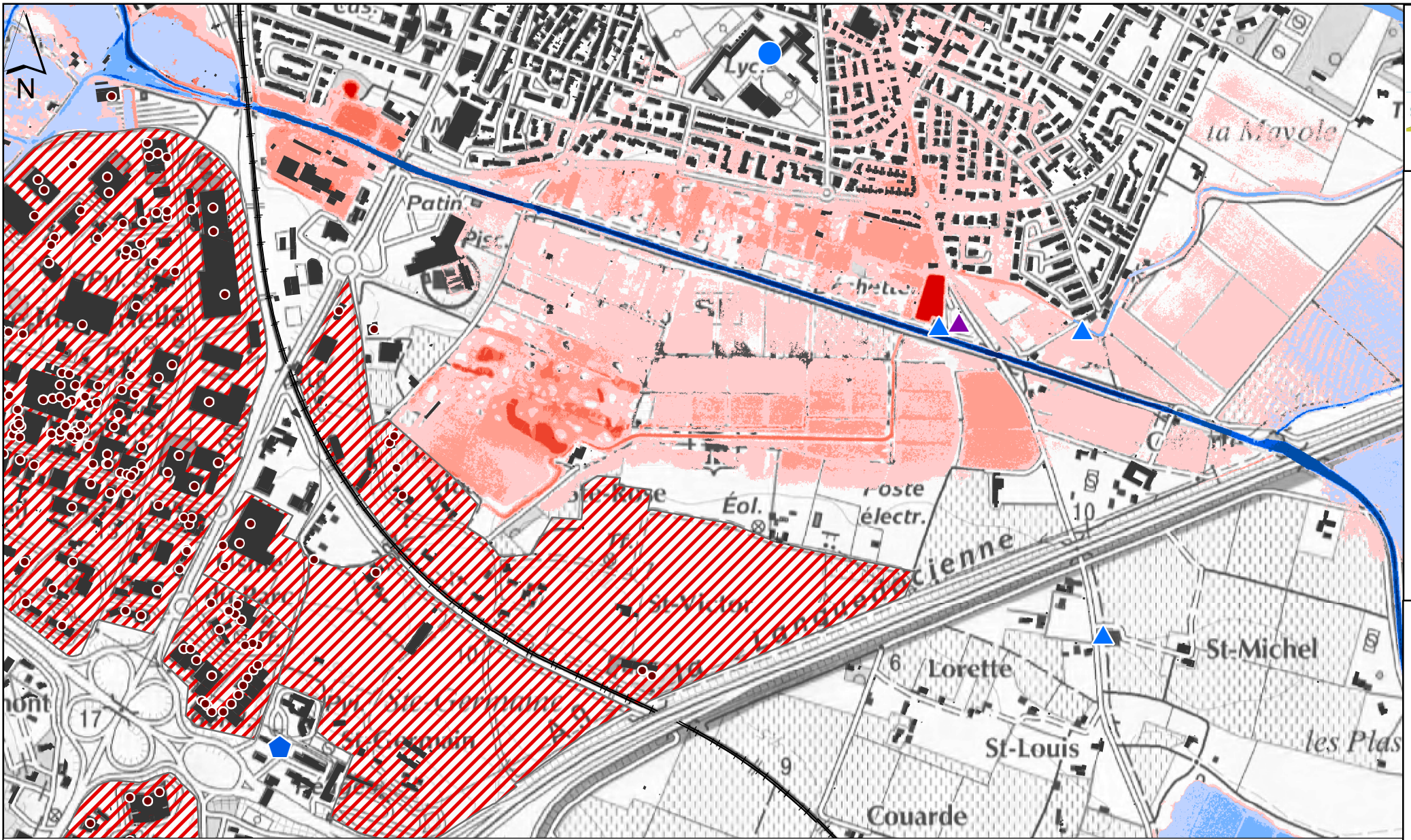
	0-0.5 m
	0.5-1 m
	1-1.5 m
	1.5-2 m
	>2m





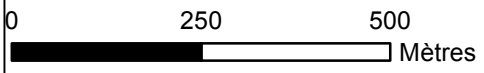
● Enseignement secondaire	■ Bâtiments	Hauteur maximale Q5 en état aménagé	Hauteur maximale Q5 en état actuel
▲ Déchetteries	● Entreprises en zone d'activité économique	■ 0-0.5 m	■ 0-0.5 m
▲ Station de pompage	—+— Voies ferrées	■ 0.5-1 m	■ 0.5-1 m
◆ Gendarmerie	▨ Zones d'activité économique	■ 1-1.5 m	■ 1-1.5 m
		■ 1.5-2 m	■ 1.5-2 m
		■ >2 m	■ >2m

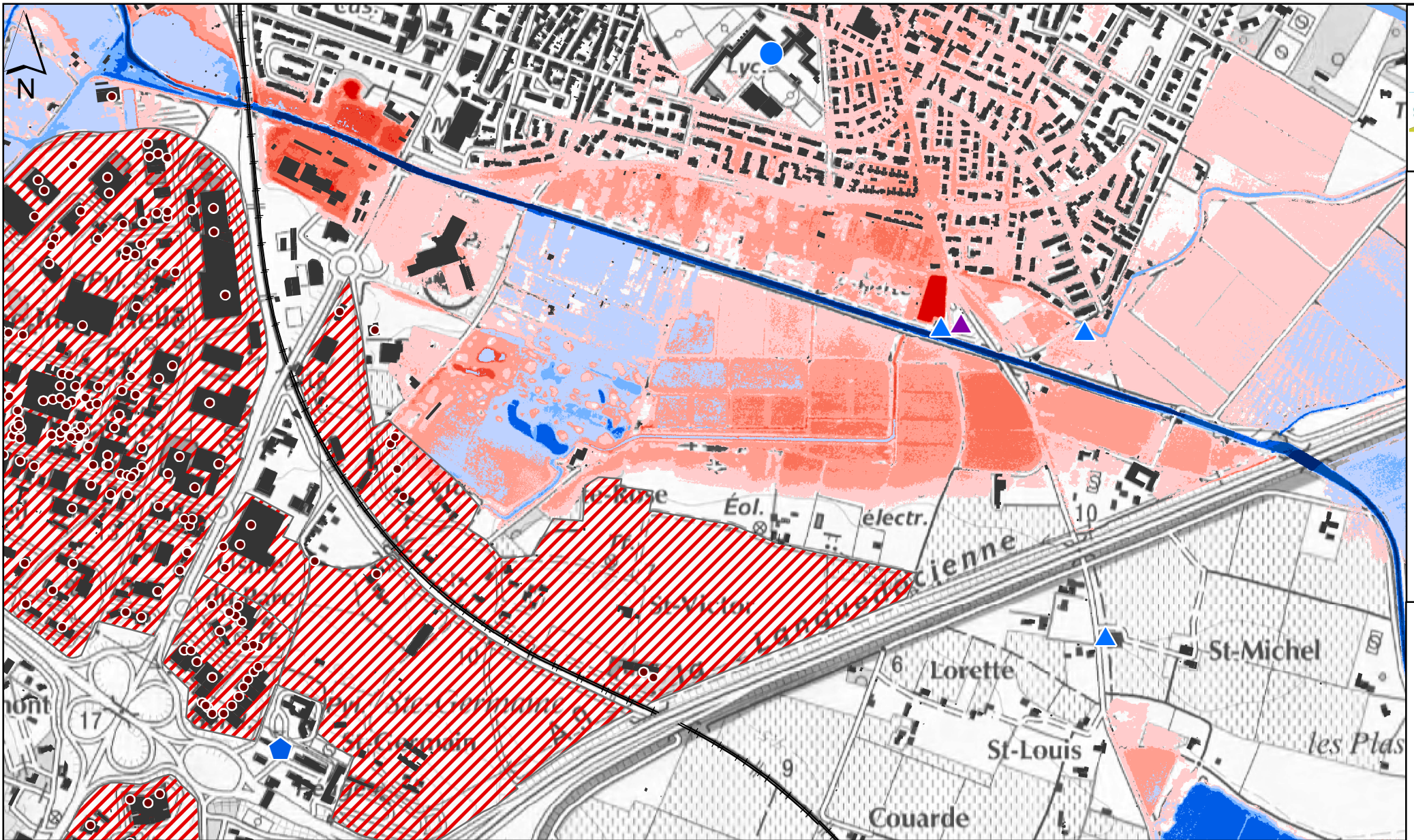
0 250 500 Mètres



- Enseignement secondaire
- ▲ Déchetteries
- ▲ Station de pompage
- ◆ Gendarmerie
- Bâtiments
- Entreprises en zone d'activité économique
- Voies ferrées
- Zones d'activité économique

Hauteur maximale Q10 en état aménagé		Hauteur maximale Q10 en état actuel	
	0-0.5 m		0-0.5 m
	0.5-1 m		0.5-1 m
	1-1.5 m		1-1.5 m
	1.5-2 m		1.5-2 m
	>2 m		>2 m





- Enseignement secondaire
- ▲ Déchetteries
- ▲ Station de pompage
- ◆ Gendarmerie
- Bâtiments
- Entreprises en zone d'activité économique
- Voies ferrées
- Zones d'activité économique

