



Etude hydraulique du projet voie Eymet

Rapport d'étude

ETUDE HYDRAULIQUE



Etude hydraulique du projet voie Eymet

Rapport d'étude
Bordeaux Métropole
Etude hydraulique

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Version intermédiaire/provisoire	MLS	ALD	03/2026
Agence de Bordeaux Parc Sextant – Bâtiment D – 6-8 avenue des Satellites – 33187 LE HAILLAN CEDEX TEL : 05 56 13 85 82				

ARTELIA SAS – Siège Social : 16 rue Simone Veil – 93400 SAINT-OUEN - France
Capital : 4 671 840 Euros . 444 523 526 RCS Bobigny . SIRET 444 523 526 00804 . APE 7112B
N° identification TVA : FR 40 444 523 526 . www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	4
2.	RAPPEL DU CONTEXTE REGLEMENTAIRE	6
2.1.	ZONAGE DU PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION.....	6
2.2.	PORTER A CONNAISSANCE D'AOUT 2024	7
2.3.	PGRI DU BASSIN ADOUR GARONNE	8
3.	CONSTRAINTES HYDRAULIQUES ACTUELLES SUR LE SITE.....	9
3.1.	METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE.....	9
3.2.	CONSTRUCTION DU MODELE	9
3.3.	EVENEMENT HYDROMETEOROLOGIQUE DE REFERENCE	11
3.4.	PRISE EN COMPTE DES OUVRAGES DE PROTECTION.....	12
3.5.	ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'ETAT INITIAL	13
4.	ANALYSE DE L'IMPACT HYDRAULIQUE DU PROJET	16
4.1.	DESCRIPTION DU PROJET	16
4.2.	IMPACT DU PROJET INITIAL.....	21
4.3.	IMPACT DU PROJET OPTIMISE.....	24
5.	ANALYSE VOLUMIQUE	29
6.	CONCLUSION	30

FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet de voirie sur fond IGN.....	4
Figure 2 : Localisation du projet de voirie sur la photo aérienne	5
Figure 3 : Extrait du projet de zonage du PPRI sur la commune de Bordeaux.....	6
Figure 4 : Aléas du PAC de 2024 au niveau du projet – 1/2	7
Figure 5 : Aléas du PAC de 2024 au niveau du projet – 2/2	8
Figure 6 : Topographie (m NGF) du modèle - Etat de référence	10
Figure 7 : Scénario de ruine retenu sur le secteur d'étude	12
Figure 8 : Etat initial - Niveaux d'eau maximaux -Tempete + 20 cm	13
Figure 9 : Etat initial - Hauteurs d'eau maximales -Tempete + 20 cm.....	14
Figure 10 : Etat initial - Vitesses maximales -Tempete + 20 cm.....	14
Figure 11 : Etat initial - carte des aléas – Tempete + 20 cm	15
Figure 12 : Plan d'aménagement 1/4	17
Figure 13 : Plan d'aménagement 2/4	18
Figure 14 : Plan d'aménagement 3/4	19
Figure 15 : Plan d'aménagement 4/4	20
Figure 16 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux – Tempete + 20 cm	22
Figure 17 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux zoomé – Tempête + 20 cm	23
Figure 18 : Emprise de la reprise des nivellements de voirie	24
Figure 19 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux– Tempête + 20 cm	25
Figure 20 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux – Tempête + 20 cm - zoom	26
Figure 21 : Impact sur les vitesses maximales– Tempête + 20 cm.....	27
Figure 22 : Etat projet optimisé- Aléas - Tempête + 20 cm	28

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Bordeaux Métropole souhaite mettre en place sur le tracé de la voie Eymet un projet de transport en commun. Ce projet est situé dans la zone inondable de la Garonne d'après le PPRI de la commune de Floirac approuvé en 2022.

Une étude hydraulique intégrant une modélisation des écoulements est donc nécessaire pour assurer la conformité du projet vis-à-vis du PPRI mais également pour élaborer les dossiers règlementaires au titre du Code de l'Environnement.

Des cartes présentant la localisation du projet sont disponibles ci-dessous :

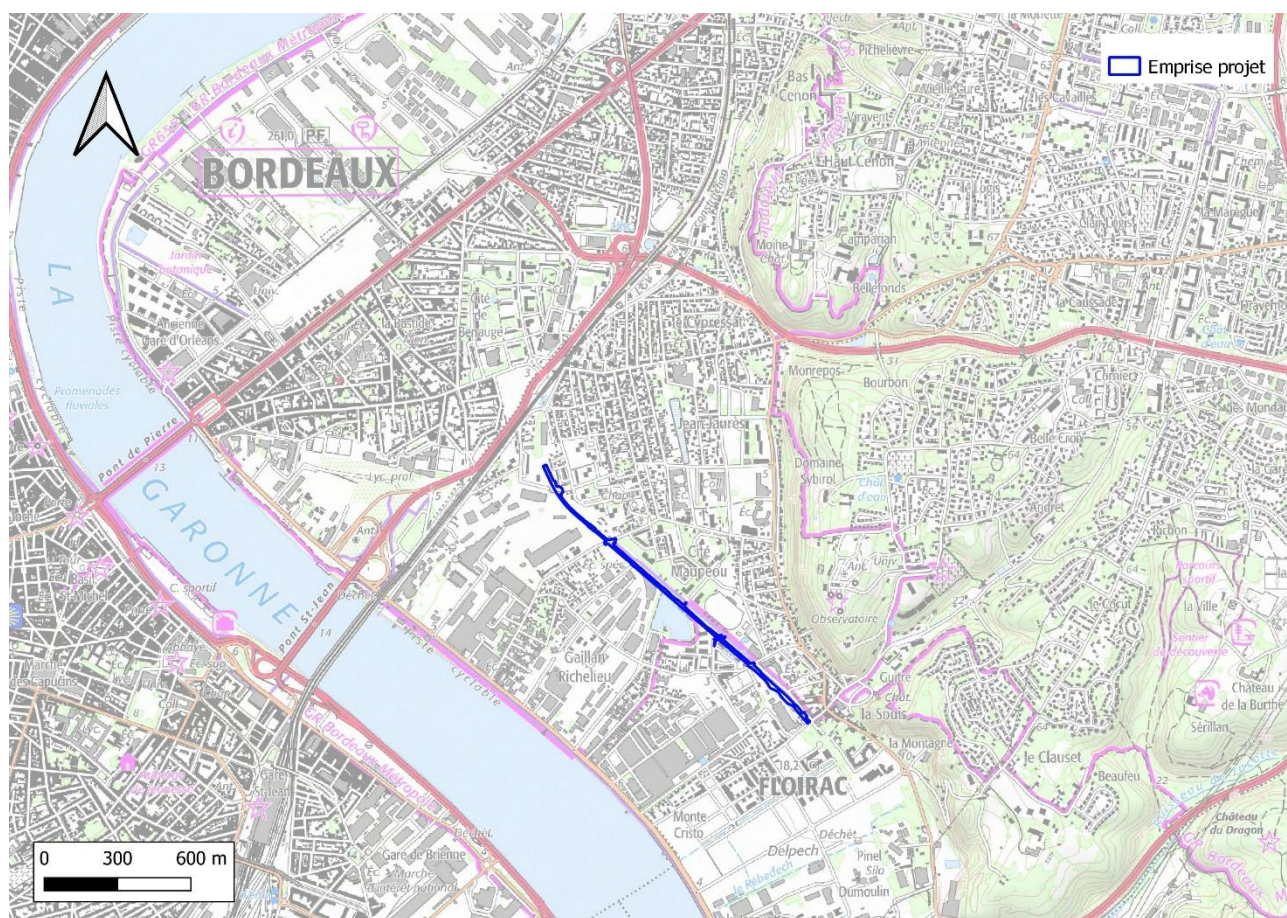


Figure 1 : Localisation du projet de voirie sur fond IGN



Figure 2 : Localisation du projet de voirie sur la photo aérienne

La présente étude a pour but d'estimer les impacts hydrauliques du projet. Elle suit la méthodologie suivante :

- Rappel du contexte réglementaire ;
- Présentation des contraintes hydrauliques actuelles ;
- Analyse de l'impact hydraulique du projet : évaluation des incidences du projet, sur la zone de construction ainsi que sur les alentours (vérification de l'absence d'impact sur les tiers et mise en place de mesures compensatoires) ;
- Analyse volumique sur le secteur d'étude ;
- Conclusions.

2. RAPPEL DU CONTEXTE REGLEMENTAIRE

2.1. ZONAGE DU PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) de la commune de Floirac a été approuvé le 23 février 2022. L'évènement de référence du PPRI est l'évènement Tempête de décembre 1999 + 20 cm.

Afin d'intégrer la prise en compte du changement climatique, l'évènement de référence à l'horizon 100 ans correspond à l'évènement Tempête de décembre 1999 + 60 cm au Verdon.

Le projet est concerné par les zonages grenat, rouge urbanisé, bleue et bleu clair. L'ensemble de ces zonages autorise les travaux d'infrastructures routiers.

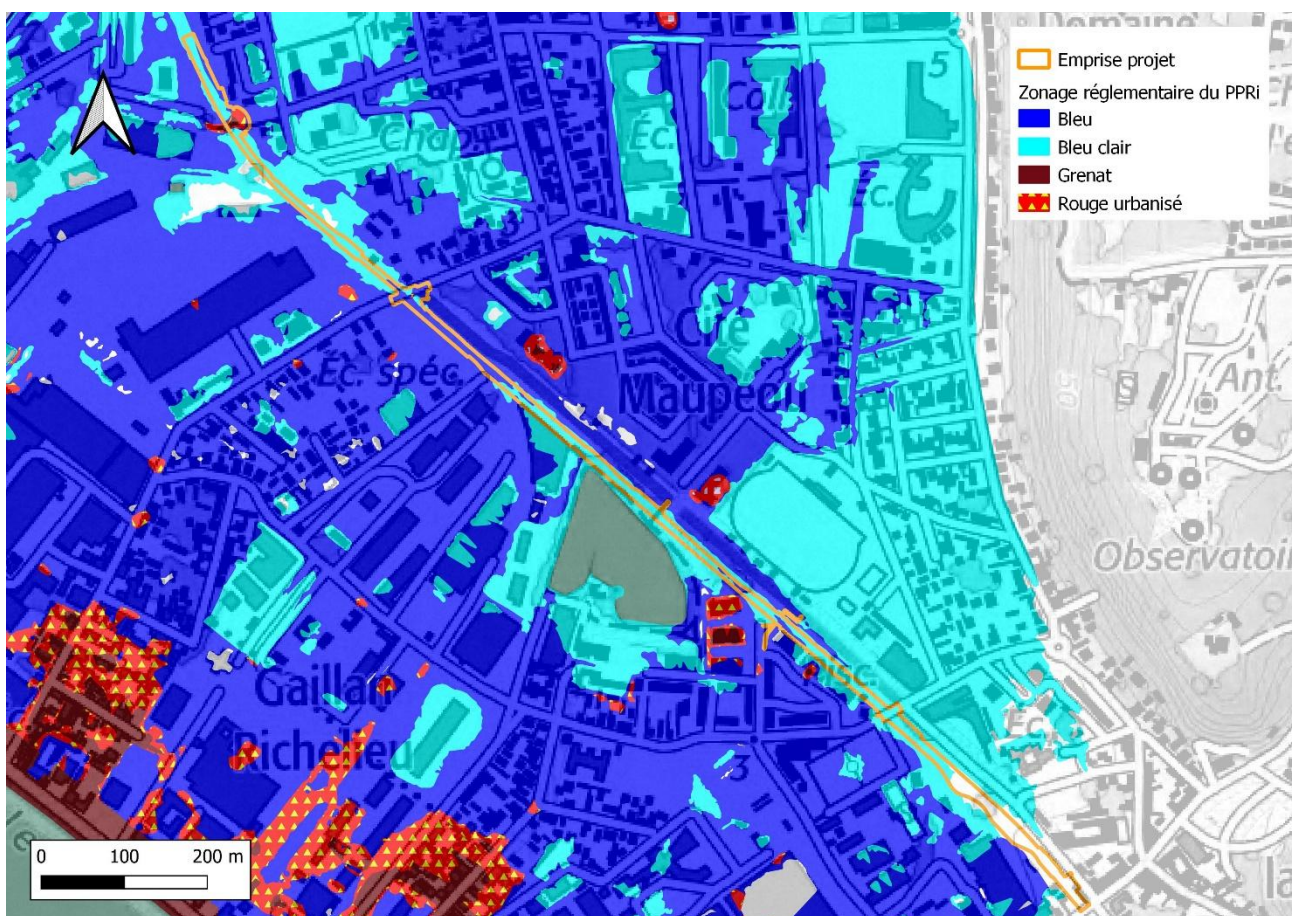


Figure 3 : Extrait du projet de zonage du PPRI sur la commune de Bordeaux

2.2. PORTER A CONNAISSANCE D'AOUT 2024

En raison des désordres constatés sur le système d'endiguement protégeant la rive droite de l'agglomération bordelaise, le Préfet de Gironde a transmis le 6 aout 2024 un Porter A Connaissance (PAC) du risque inondation aux communes concernées.

En effet, le PPRI de 2022 prenait en compte une digue pérenne ce qui a été remis en cause par les dernières observations sur la digue.

C'est pourquoi de nouvelles cartes d'aléas ont été transmises aux communes accompagnées de nouvelles cartes des cotes de seuil. Elles correspondent à une situation où la digue est non-pérenne, avec la prise en compte d'une défaillance généralisée des protections ce qui entraine des niveaux d'eau plus importants.

Sur le projet, il est identifié des aléas variants entre modéré et très fort.

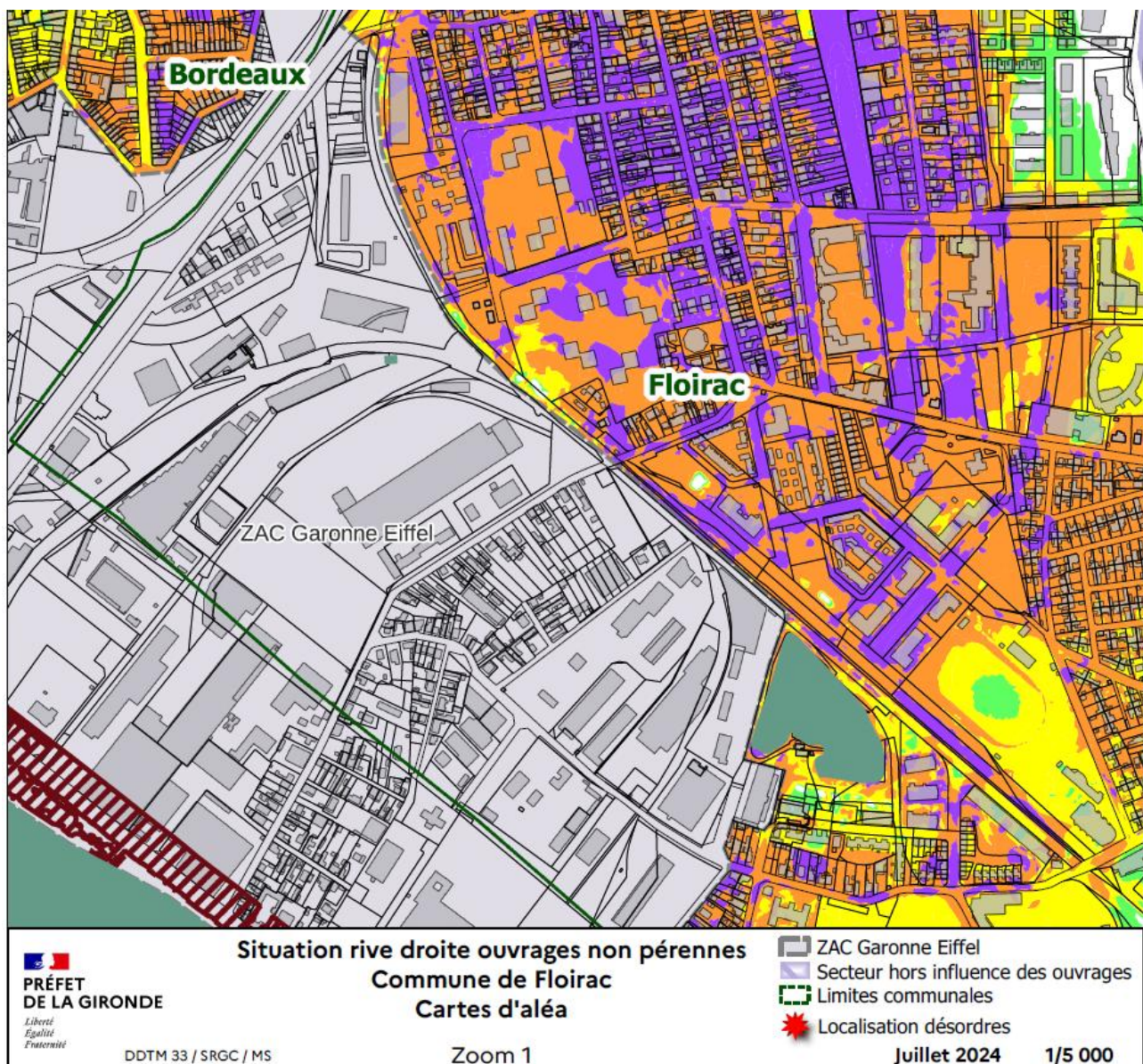


Figure 4 : Aléas du PAC de 2024 au niveau du projet – 1/2

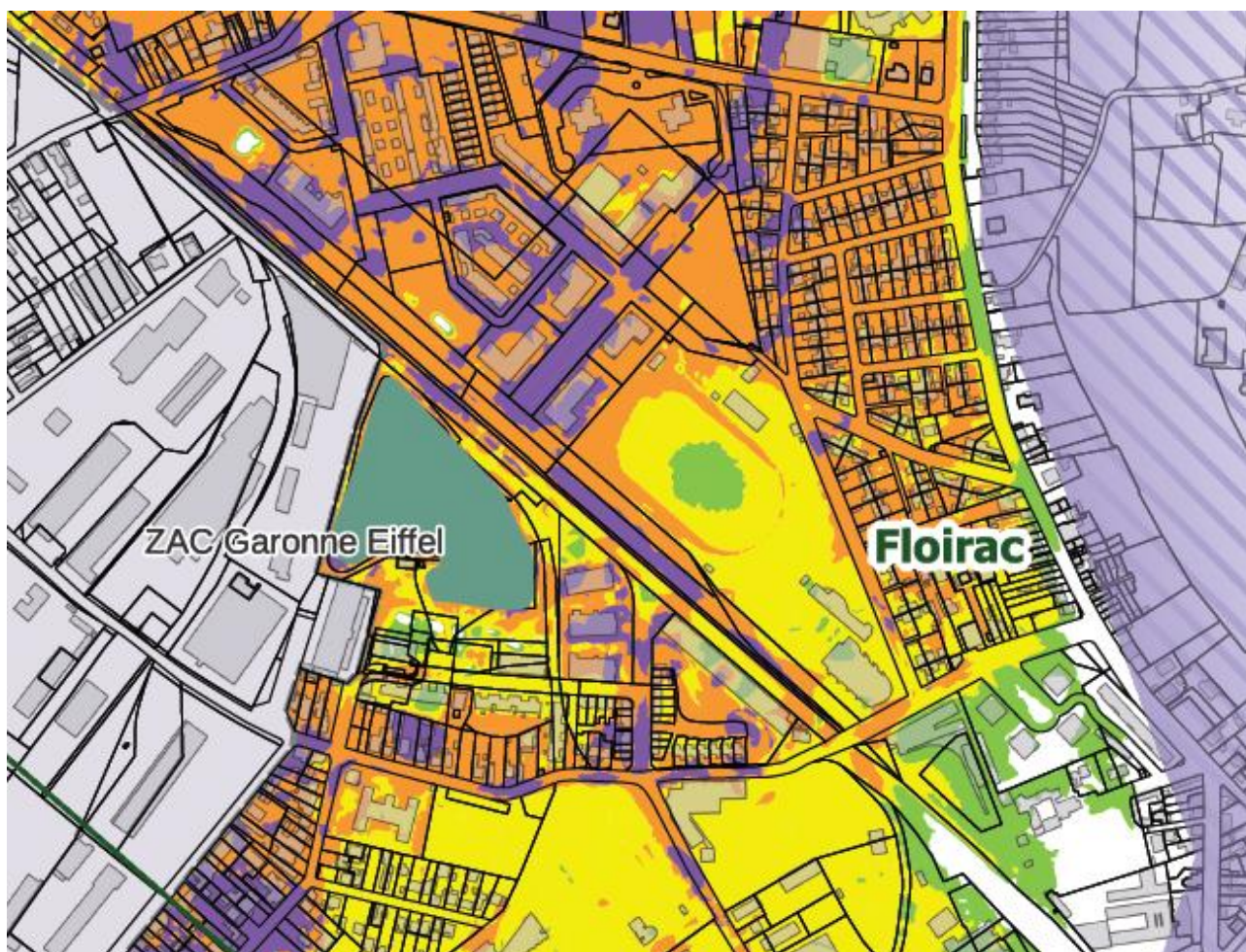


Figure 5 : Aléas du PAC de 2024 au niveau du projet – 2/2

2.3. PGRI DU BASSIN ADOUR GARONNE

Le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) du bassin Adour-Garonne est au cœur de la mise en œuvre de la directive inondation. Cet outil stratégique définit, pour 6 ans, à l'échelle de chaque grand bassin (district hydrographique) les priorités en matière de gestion des risques d'inondation.

Le PGRI 2022-2027 du bassin Adour-Garonne a été approuvé par le préfet coordonnateur de bassin le 10 mars 2022. Il comporte 6 grands axes stratégiques déclinés en dispositions.

L'axe stratégique n°4 « Réduire la vulnérabilité via un aménagement durable des territoires » prévoit notamment la disposition D4.7 suivante : ne pas aggraver l'exposition au risque d'inondation (ou éviter, réduire et compenser les impacts des installations en lit majeur des cours d'eau)

Pour atteindre cet objectif, cette disposition indique que les différents aménagements réalisés en zone inondable doivent satisfaire un principe de transparence hydraulique dans le but de ne pas aggraver le phénomène d'inondation.

De plus, ils ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues. Ainsi, une analyse volumique doit être réalisée sur les nouveaux projets afin de vérifier le maintien du volume d'expansion des crues dans les zones inondables. Si ce n'est pas le cas, des mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits à la crue doivent être mis en place.

3. CONTRAINTES HYDRAULIQUES ACTUELLES SUR LE SITE

3.1. METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE

Afin de reproduire le plus fidèlement possible le comportement de la Garonne lors des crues, un logiciel de modélisation mathématiques appelé TELEMAC-2D est utilisé. Celui-ci permet de faire une modélisation mathématique des écoulements en deux dimensions.

Cette méthodologie de modélisation a été choisie pour les avantages suivants :

- Le terrain est discrétisé sous la forme de triangles de tailles et formes variables imbriqués les uns dans les autres. Cet ensemble se nomme maillage et reproduit avec fidélité les géométries rencontrées dans la nature et construite par l'homme (merlons, digues, ...), l'altimétrie et les chemins d'écoulements préférentiels,
- La possibilité d'augmenter la précision des résultats sur les zones d'intérêts majeures en densifiant le maillage (aux alentours du projet dans le cas présent),
- La capacité à soustraire les résultats des différentes simulations afin de pouvoir estimer avec rigueur l'impact des changements des projets.

La force de l'approche bidimensionnelle réside dans une représentation réaliste du terrain naturel et des éléments structurants du point de vue du comportement hydraulique par le modèle numérique de terrain associé au maillage du modèle.

3.2. CONSTRUCTION DU MODELE

Un modèle de grande emprise (mailles de 500 m environ) a été repris sur l'ensemble du secteur sous influence maritime de l'estuaire de la Gironde, c'est-à-dire du Verdon à l'aval, à La Réole en amont, de la Garonne et jusqu'à Pessac-sur-Dordogne sur la Dordogne.

La zone d'étude a été reprise et affinée à partir des données fournies par Bordeaux Métropole afin de représenter finement les éléments structurants du secteur.

Le modèle a été construit sur la base des données topographiques (cotes altimétriques en lit majeur et en crête de digue) et bathymétriques du RIG, complétées par le nuage de points LIDAR 2020 de Bordeaux Métropole et le modèle numérique de terrain de 2023 réalisé sur la rive droite par Bordeaux Métropole. L'état des sols initial autour du secteur d'étude est représentatif de celui de 2023 et prend donc en compte les évolutions des grands projets à cette date (Brazza, Bastide-Niel, ZA Garonne-Eiffel, etc.). Pour finir, des levés complémentaires effectués sur site ont également été intégrés.

L'ensemble de ces éléments a permis de représenter la voie Eymet ainsi que ses environs avec précision. Des cartes présentant la topographie sur le secteur d'étude sont présentées ci-dessous. Celles-ci mettent notamment en avant le fait que la voirie est légèrement en remblai par rapport aux terrains environnants.

Une carte présentant sa topographie est disponible ci-dessous.

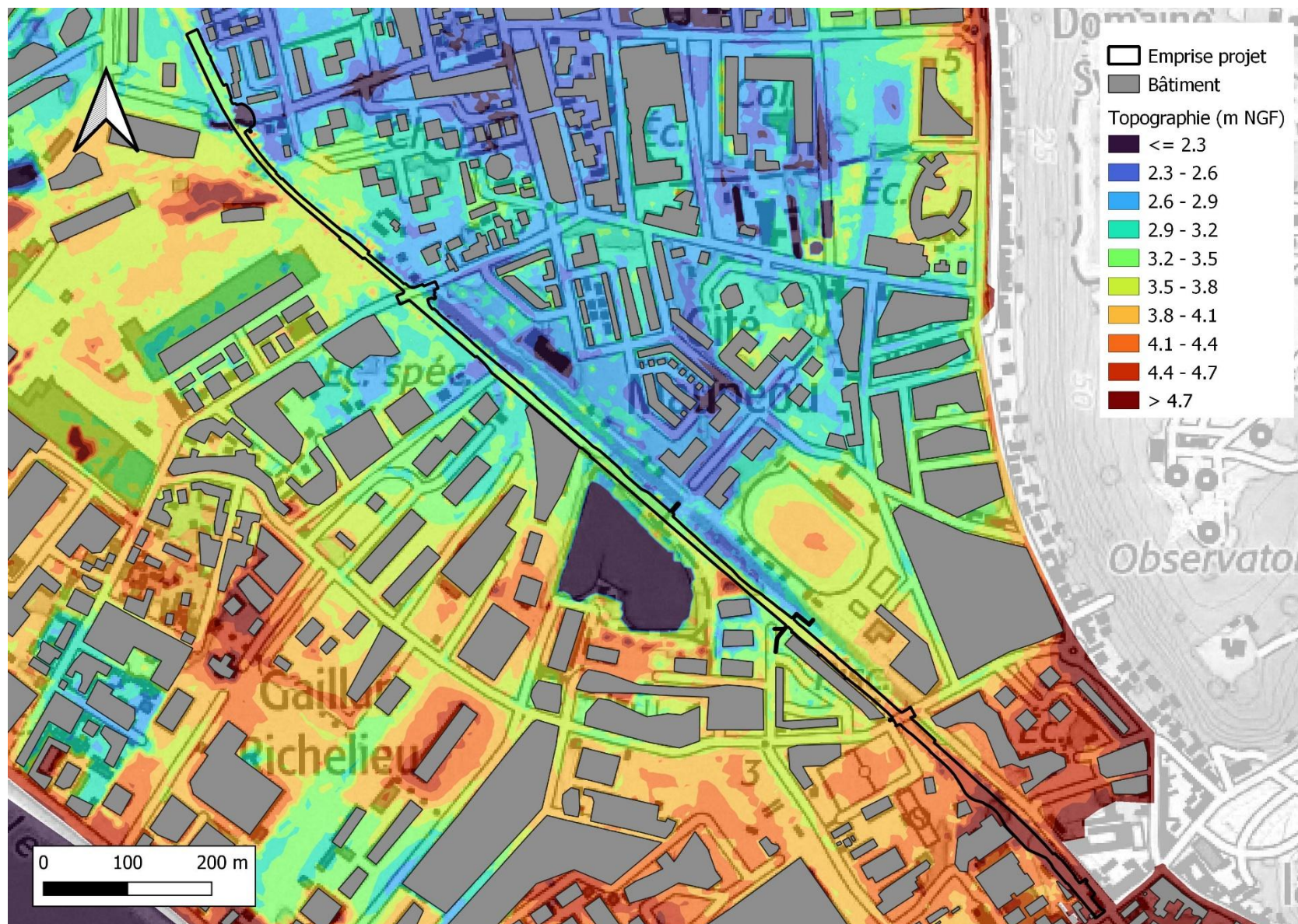


Figure 6 : Topographie (m NGF) du modèle - Etat de référence

3.3. EVENEMENT HYDROMETEOROLOGIQUE DE REFERENCE

Les conditions hydrométéorologiques retenues pour les événements de référence sont celles basées sur celles observées et mesurées lors de la tempête de décembre 1999, à l'exception du niveau de marée.

L'événement du 27 décembre 1999 est l'événement historique qui a entraîné les niveaux les plus hauts du siècle sur l'ensemble de l'estuaire de la Gironde.

Le coefficient de marée associé à cet événement est faible (77) et les débits fluviaux moyens (inférieurs à 2 ans pour la Dordogne et à 10 ans pour la Garonne). Cependant, le vent a soufflé à des pointes de 194 km/h, ce qui a entraîné des surcotes de 1,55 m au Verdon et de 2,25 m à Bordeaux. Il n'y a pas eu concomitance de la surcote maritime du 27 décembre et du pic de crue du 29 décembre.

Les temps de retour associés aux niveaux d'eau maximaux dans l'estuaire sont très importants. Ils sont de plus de 50 ans au Verdon. Le vent dans l'estuaire a accentué la surcote lors de sa remontée vers Bordeaux. Les niveaux maximaux atteints lors de la tempête possèdent des périodes de retour de plus de 100 ans entre les marégraphes de Laména et de Bordeaux.

Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, une surcote de 20 cm au Verdon est ajoutée au niveau de marée réel enregistré en décembre 1999 afin d'intégrer une première adaptation au changement climatique. Cet événement de référence est nommé Tempête + 20 cm au Verdon.

L'événement de référence Tempête + 20 cm au Verdon possède les caractéristiques suivantes :

- coefficient de marée : 77,
- vent moyen : 33 m/s (120 km/h),
- vent en pointe : 54 m/s (194 km/h),
- surcote au Verdon : 1,50 m + 20 cm = 1,70 m.

La marée reconstituée au Verdon reprend le cycle de marée réel intégrant la surcote océanique. Les débits sont ceux mesurés aux stations de La Réole et de Pessac-sur-Dordogne, avec le décalage observé alors entre la pointe de marée la plus forte et le pic de crue. Le vent modélisé lors des phases de calage (schématisation du vent réel) est conservé.

L'événement de référence Tempête + 60 cm au Verdon possède les mêmes caractéristiques que ci-dessus mais avec une surcote de +60 cm au lieu de +20 cm.

3.4. PRISE EN COMPTE DES OUVRAGES DE PROTECTION

Dans le PPRI de 2022, les niveaux d'eau maximaux sur le site du projet sont calculés à partir de plusieurs simulations intégrant des défaillances ponctuelles des ouvrages sur ce secteur de la rive droite (5 scénarios de ruptures partielles des digues).

En revanche, le PAC prend en compte une défaillance généralisée de la digue rive droite, ce qui entraîne des niveaux d'eau plus importants au droit du projet. Le PAC étant le document à prendre en compte sur le secteur d'étude, c'est cette hypothèse qui a donc été retenue pour effectuer les modélisations. Une carte présentant la ruine est disponible ci-dessous :

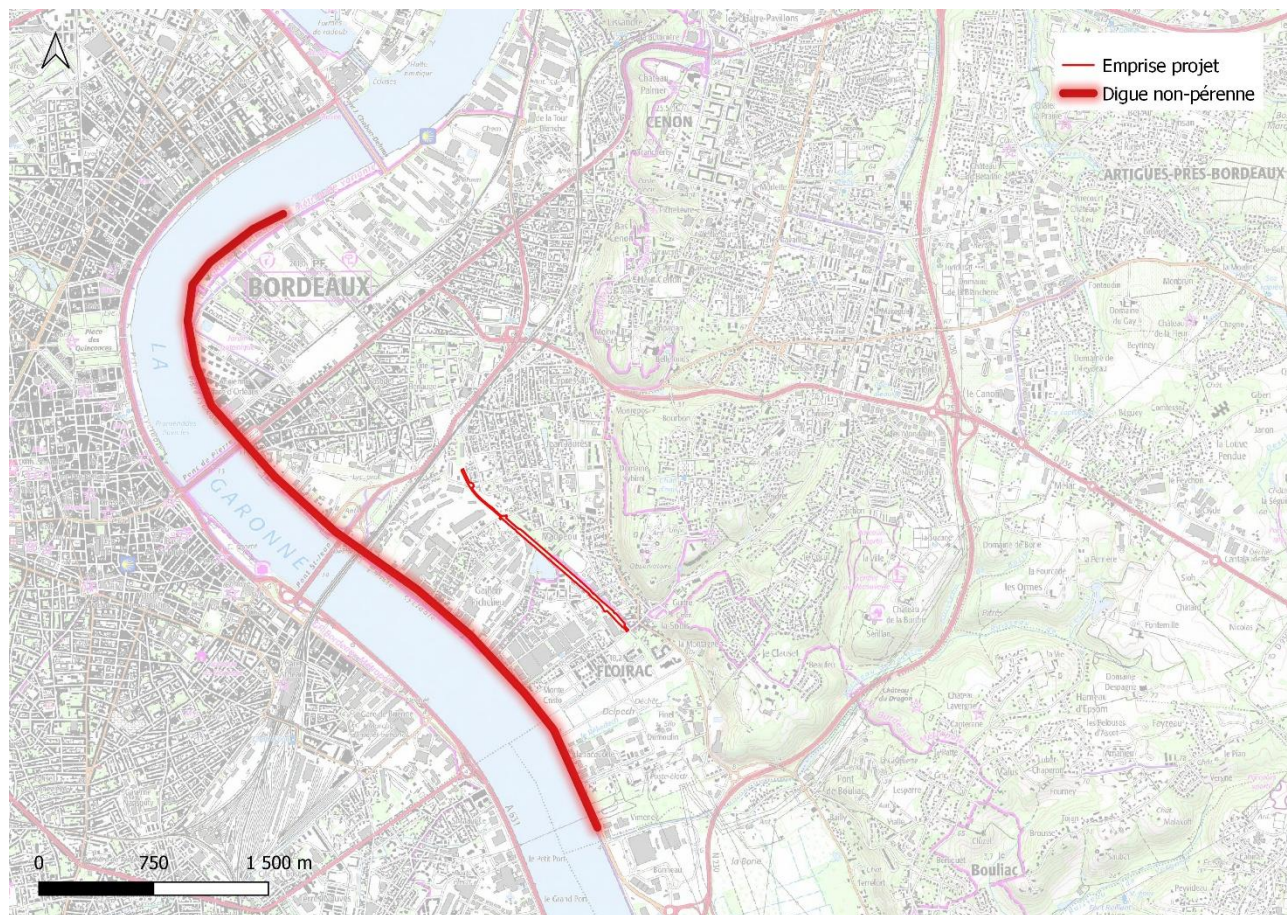


Figure 7 : Scénario de ruine retenu sur le secteur d'étude

3.5. ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'ETAT INITIAL

Les résultats obtenus pour l'évènement Tempête + 20 cm au Verdon dans la configuration initiale des sols sont présentés ci-après. Les cartographies des niveaux d'eau, des hauteurs d'eau et des vitesses maximales sont présentées sur les figures suivantes. La parcelle du projet est délimitée en rouge.

Le niveau d'eau maximal atteint au cours de l'évènement de référence croît sur le secteur d'étude en allant du nord vers le sud. Entre les extrémités nord et sud du projet, nous observons des niveaux d'eau maximaux homogènes variant entre 4,48 et 4,60 m NGF.

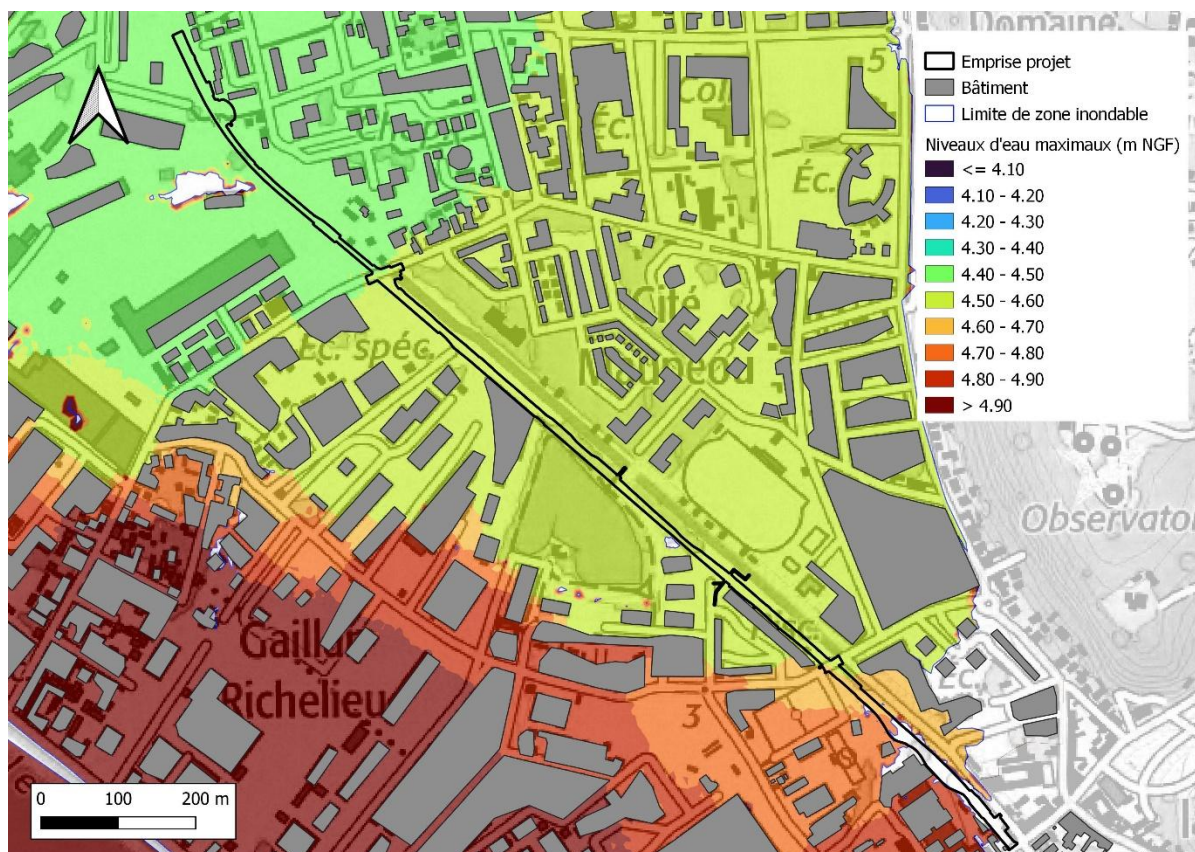
De part et d'autre de la voie Eymet, les niveaux sont plutôt homogènes ce qui traduit un fonctionnement de zone de stockage. Seule la partie la plus au sud du projet, vers l'avenue Paul Laffargue, est située en limite de zone de transfert. Dans les zones de stockage, il est recherché une préservation du volume d'expansion de crue tandis que dans les zones de transfert il est important de maintenir les conditions d'écoulement en évitant la mise en place de nouveaux obstacles.

Sur la voirie, les hauteurs d'eau au nord de l'avenue Paul Laffargue sont, dans leur grande majorité, supérieures à 0,5 m, voir supérieures à 1 m. Au sud, les hauteurs d'eau sont inférieures à 0,5 m.

Les vitesses maximales varient entre modérées et fortes sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette dynamique se retrouve également au sein de l'emprise du projet.

Enfin, par croisement entre ces deux derniers paramètres hydrodynamiques, l'aléa peut être déterminé à partir du tableau de classification du PPR. Sur le secteur d'étude, les aléas sont dans leur très grande majorité forts. Seul le square Alfred-Giret est situé en zone d'aléa très fort, en raison des fortes hauteurs d'eau présentes sur site.

Les cartographies des résultats sont présentées sur les figures suivantes. L'emprise du projet est délimitée en rouge.



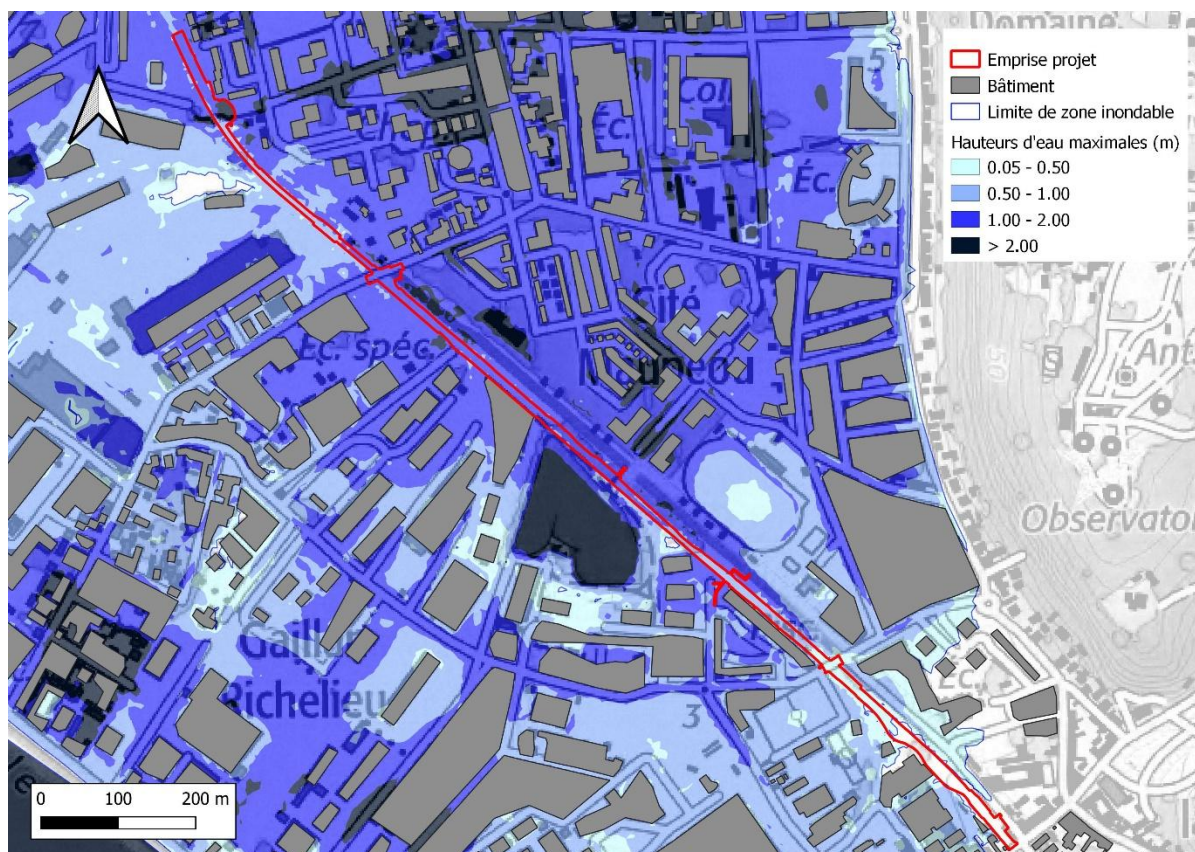


Figure 9 : Etat initial - Hauteurs d'eau maximales -Tempete + 20 cm

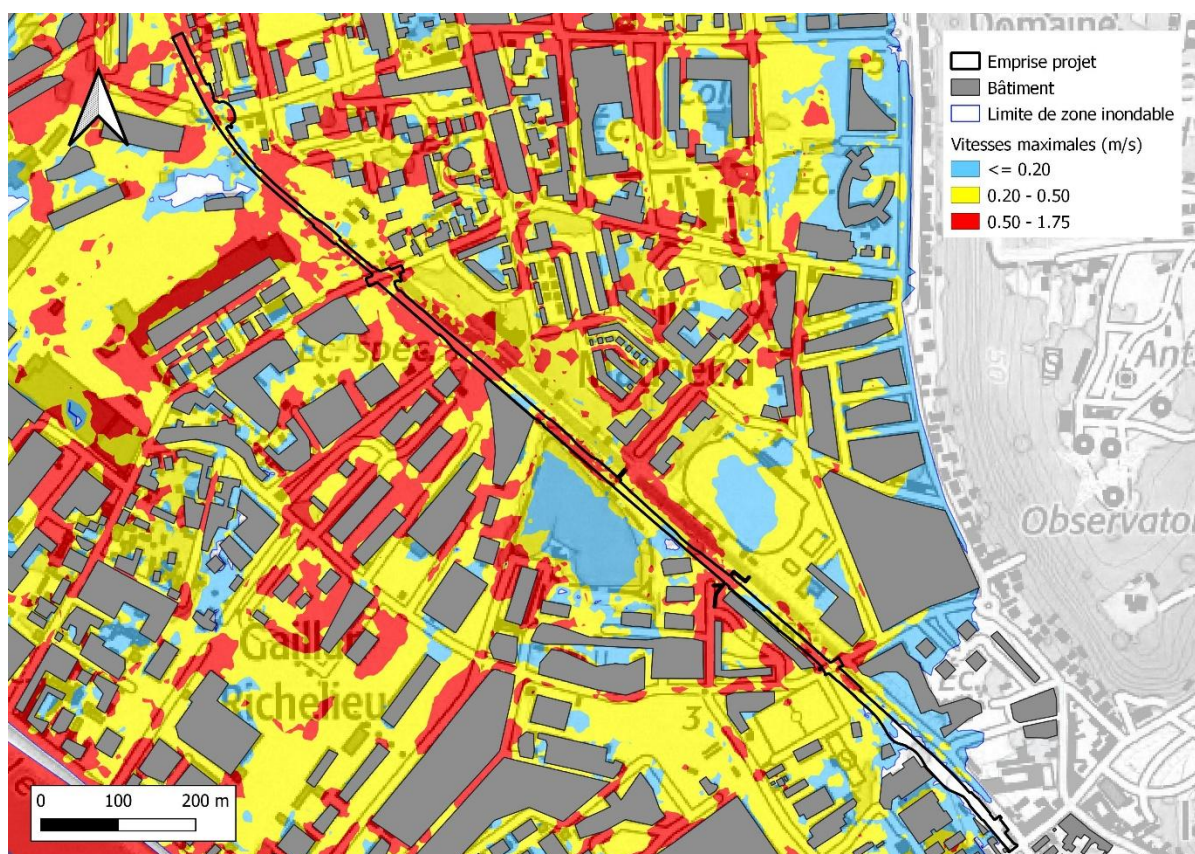


Figure 10 : Etat initial - Vitesses maximales -Tempete + 20 cm

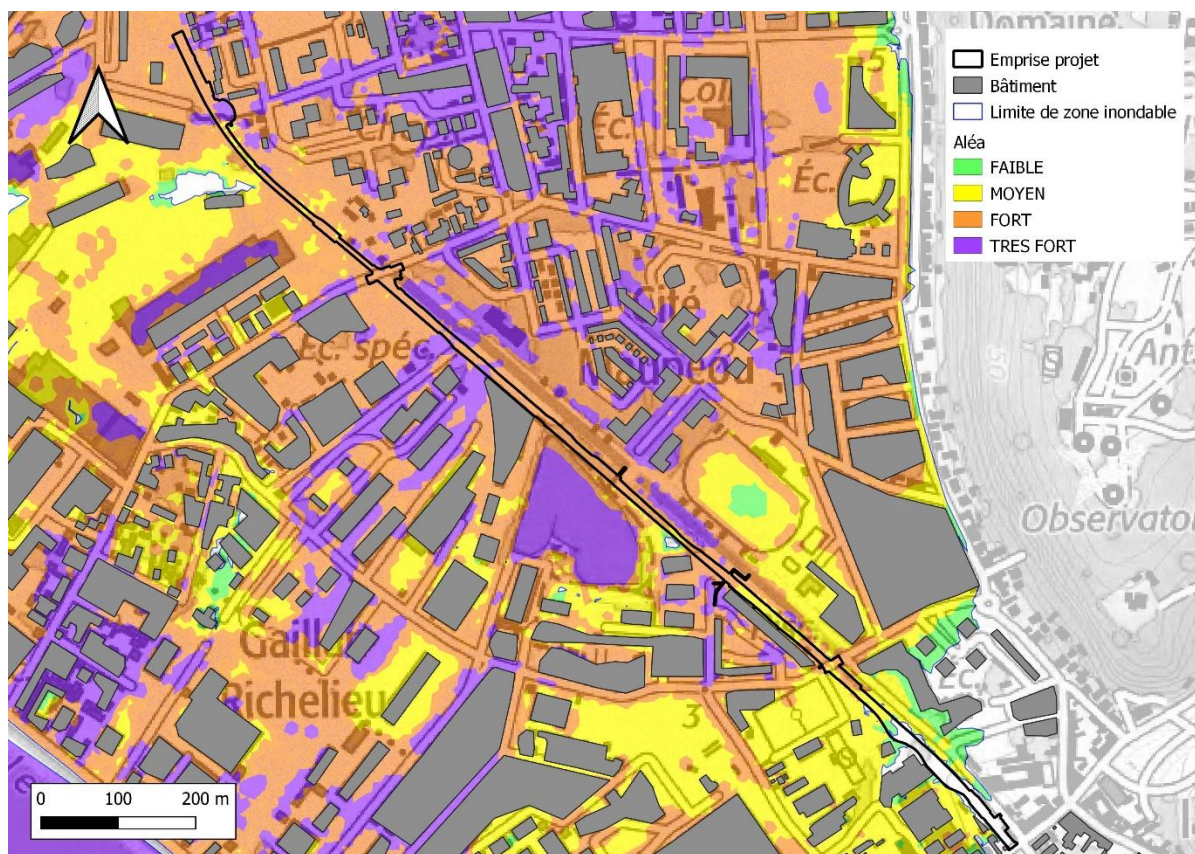


Figure 11 : Etat initial - carte des aléas – Tempete + 20 cm

4. ANALYSE DE L'IMPACT HYDRAULIQUE DU PROJET

4.1. DESCRIPTION DU PROJET

Le réaménagement de la voie Eymet concerne un linéaire de 1,5 km entre la trémie Benaugue et la rue Jules-Guesde. Le projet a pour objectif de créer une voie de bus partagée avec les cyclistes, un cheminement piéton et quatre stations de bus. Dans le cadre de cet aménagement, un nouveau nivellement de la voirie est projeté.

Celui-ci se traduit par la mise en place d'un léger remblai de l'ordre de 20 cm en moyenne le long du linéaire de la voie actuelle. Des cartes présentant les plans d'aménagement de la voirie sont disponibles ci-dessous :

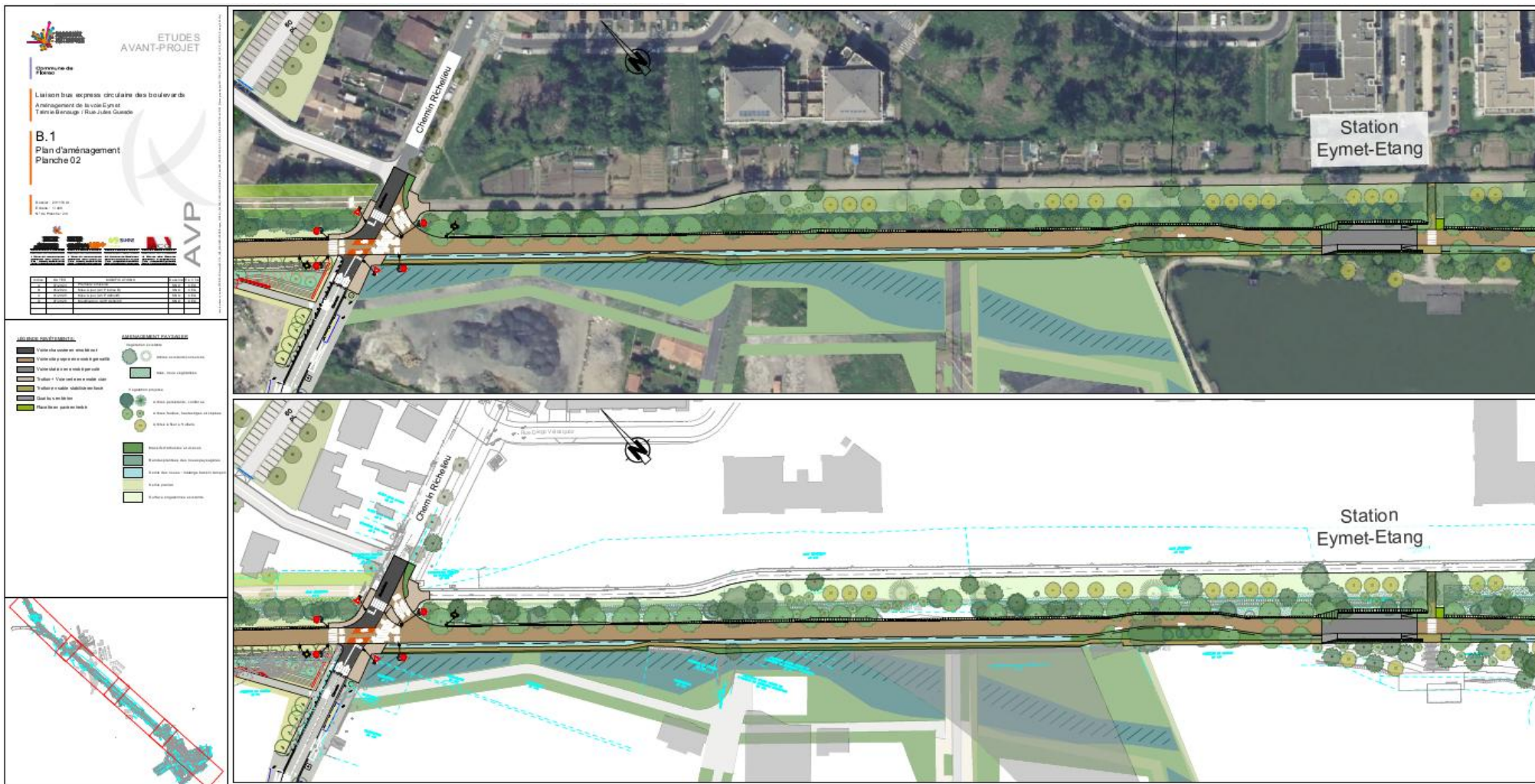


Figure 13 : Plan d'aménagement 2/4

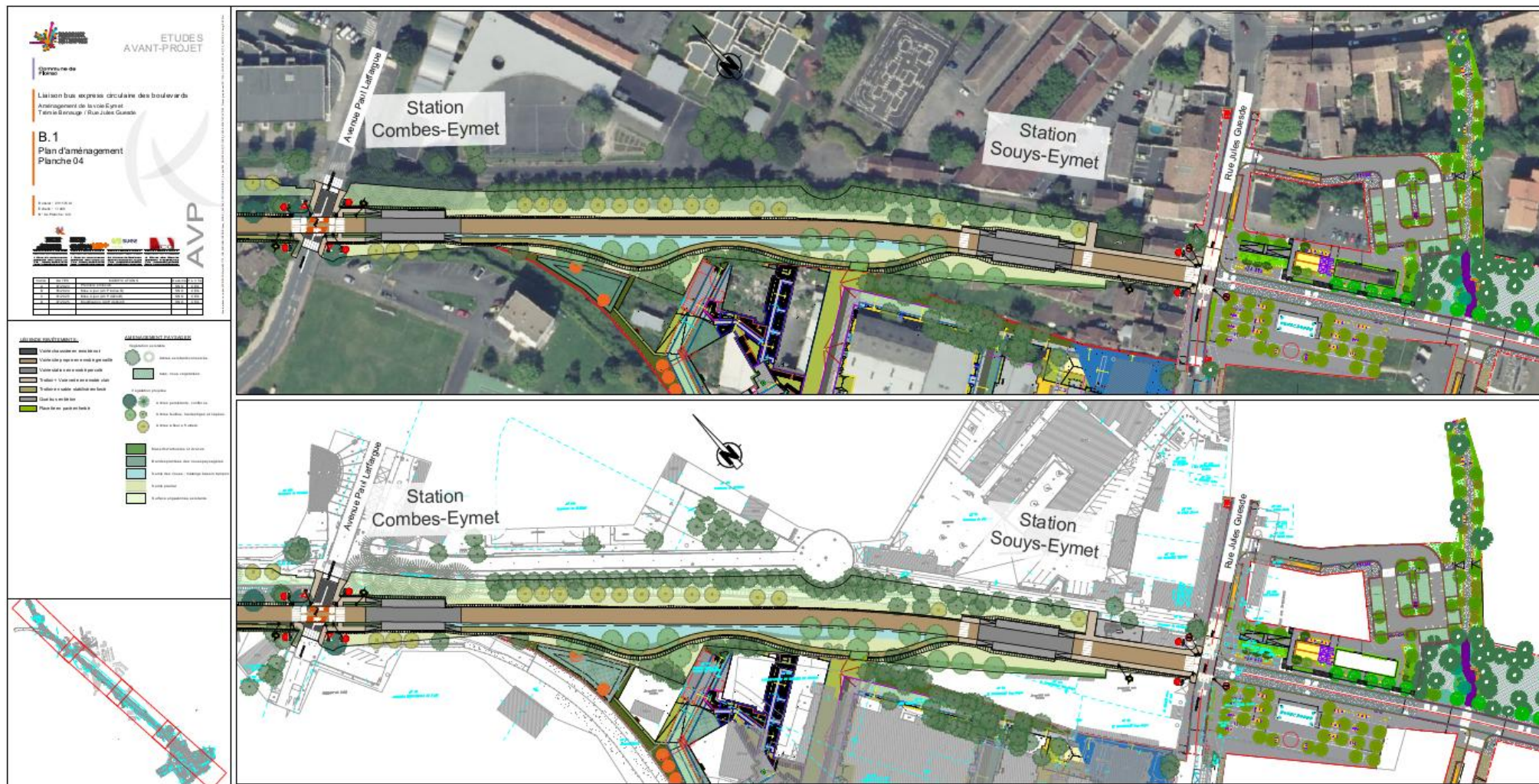


Figure 15 : Plan d'aménagement 4/4

4.2. IMPACT DU PROJET INITIAL

Après intégration du projet ainsi défini dans le modèle numérique, une nouvelle simulation de l'évènement Tempête + 20 cm dans la configuration non-pérenne des protections a été réalisée.

Les caractéristiques des écoulements (notamment les hauteurs d'eau et les vitesses) aux abords du projet sont alors modifiées en raison de la présence des nouveaux aménagements et du nouvel état des sols projetés. Les aléas sont très peu modifiés par le projet.

Ensuite, les impacts du projet sont déterminés par comparaison entre les résultats obtenus à l'état actuel et à l'état projet. L'analyse des impacts est menée sur 2 paramètres : le niveau d'eau maximal et la vitesse maximale d'écoulement.

Le premier paramètre permet de déterminer si le projet induit une rehausse ou une diminution du niveau d'eau maximal atteint au cours de l'évènement de référence. Une rehausse supérieure au centimètre sur les enjeux à proximité du projet n'est à priori pas acceptable pour les services de l'État (notamment dans le cadre des instructions à mener au titre du Code de l'Environnement) dans la mesure où cela peut constituer une aggravation de la vulnérabilité des enjeux.

Le second paramètre permet de vérifier que le projet ne crée pas de zones de vitesses fortes susceptibles de représenter un danger en cas d'inondation. Ici encore, c'est la non-aggravation du risque qui prévaut.

Les cartographies des impacts sur les niveaux d'eau maximaux ainsi que sur les vitesses sont présentées sur les figures suivantes.

La carte des impacts sur les niveaux maximaux fait apparaître une zone d'impact sur la partie sud du projet, situé autour de l'avenue Paul Laffargue. Sur cette zone, une rehausse des niveaux d'eau de plus d'1 cm est observée sur plusieurs bâtiments, en particulier sur une large zone où les rehausses sont comprises entre 2 et 5 cm.

Les rehausses les plus fortes au droit du projet dépassent les 5 cm au niveau du croisement avec l'avenue Paul Laffargue.

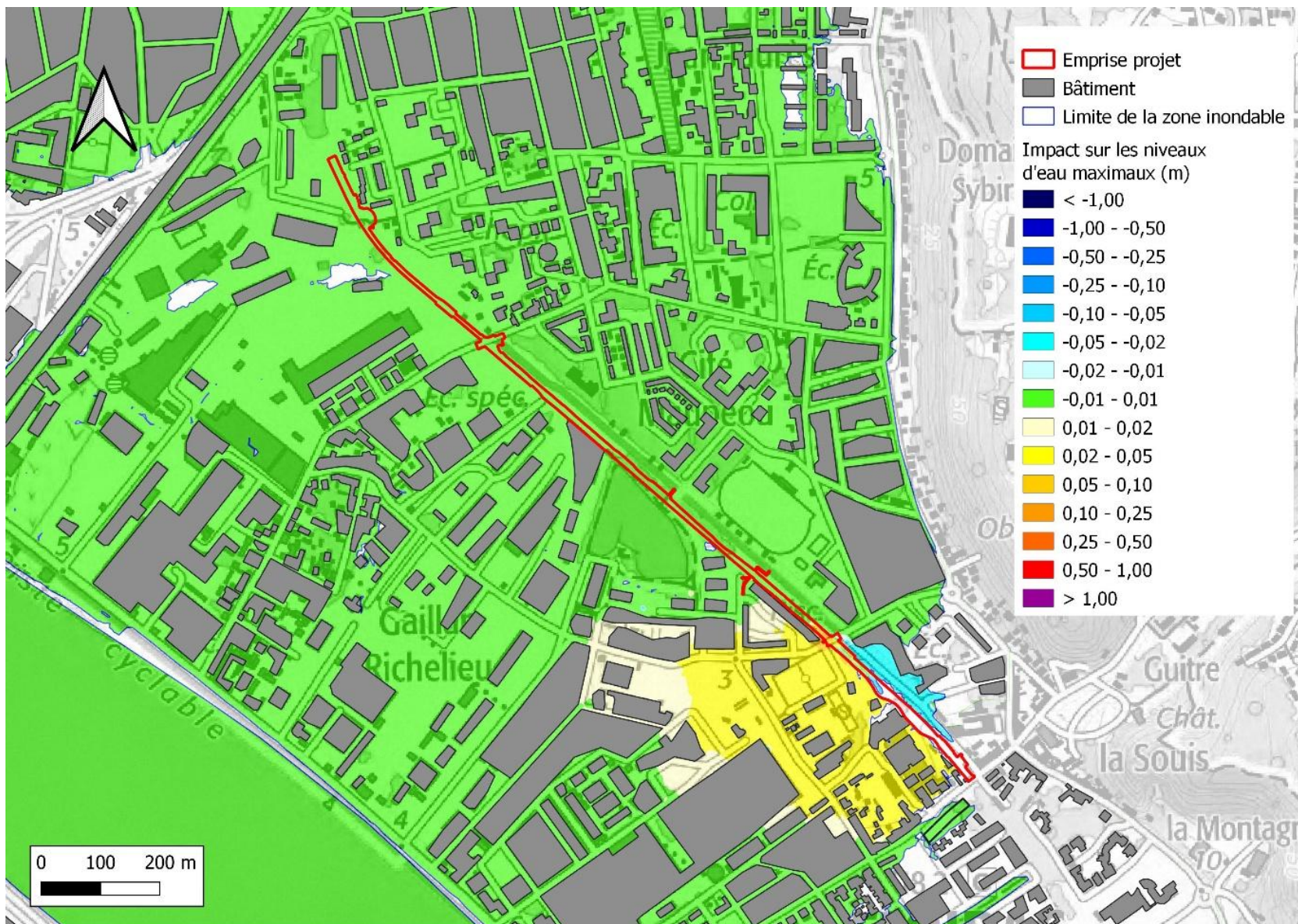


Figure 16 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux – Tempete + 20 cm

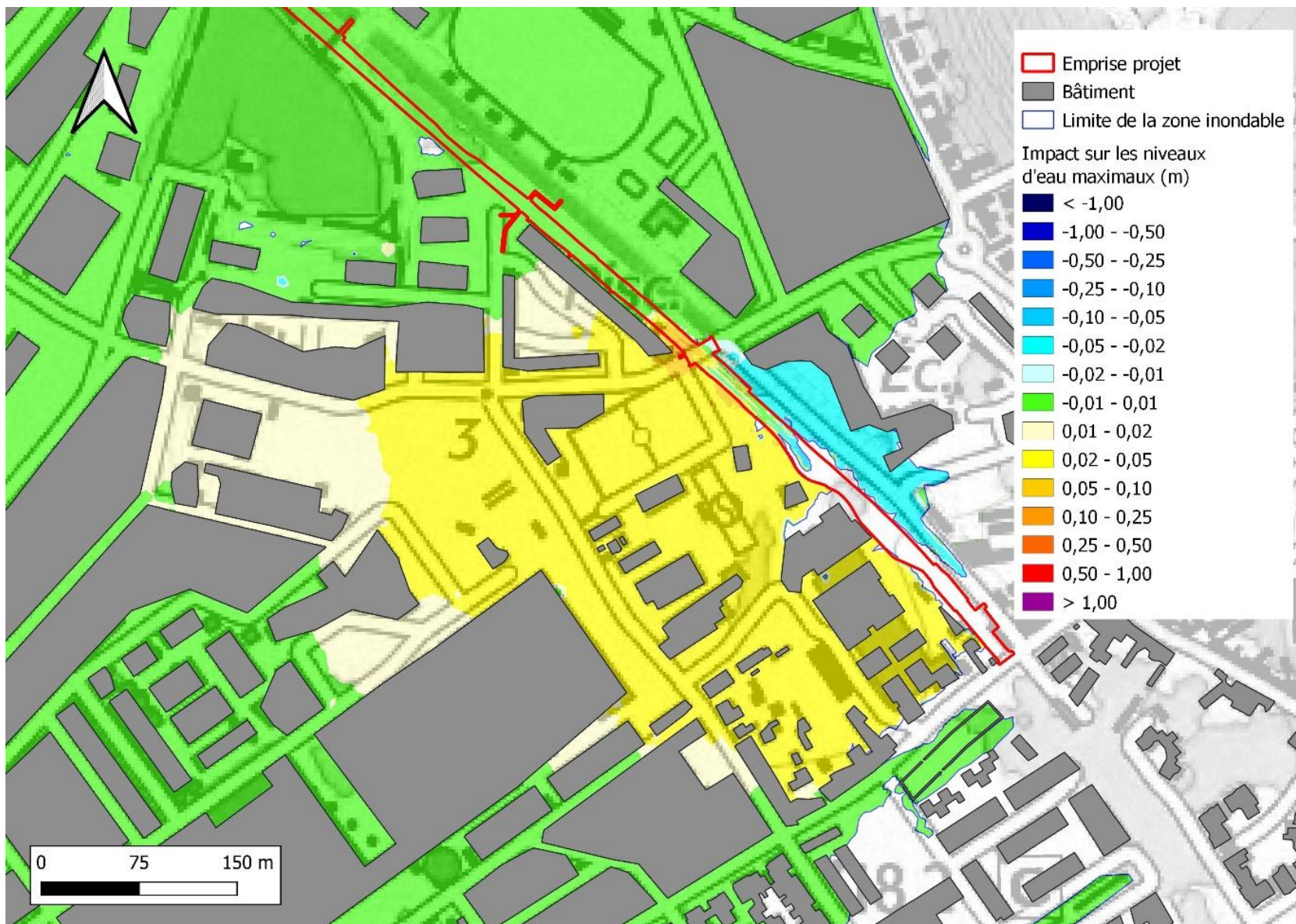


Figure 17 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux zoomé – Tempête + 20 cm

4.3. IMPACT DU PROJET OPTIMISE

A la suite de ces résultats, un travail visant à abaisser le nivellement de la voie Eymet autour de l'avenue Paul Laffargue afin réduire les impacts hydrauliques a été effectué. Ce travail s'est concentré sur un linéaire allant du Parc des Etangs au nord jusqu'à l'école élémentaire Louis Pasteur au sud. Celui-ci est visible ci-dessous :

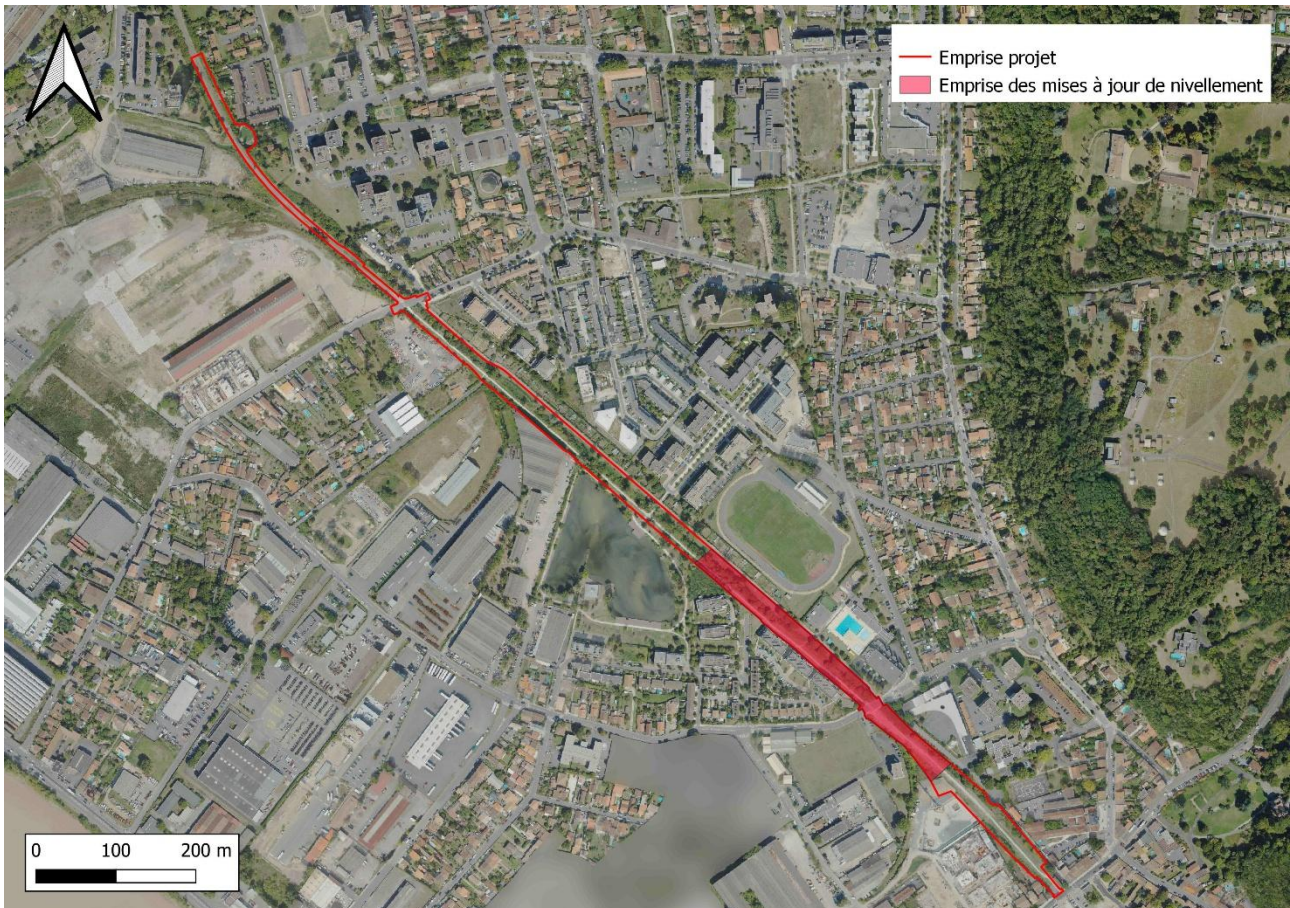


Figure 18 : Emprise de la reprise des nivellements de voirie

Ces nouveaux nivellements ont été intégrés au modèle hydraulique avant de relancer les simulations de l'état projet optimisé. Ses impacts ont ensuite été déterminés en comparant ces nouveaux résultats à ceux de l'état actuel. L'analyse a été menée sur les 2 paramètres présentés précédemment : le niveau d'eau maximal et la vitesse maximale d'écoulement. En complément de ce calcul d'impact, une carte des aléas de l'état projet a également été analysée afin de vérifier que le projet ne créait pas de nouvelles zones d'aléas forts.

Avec ces nouveaux nivellements, le projet optimisé n'engendre plus de rehausse supérieure à 1 cm impactant des enjeux.

Le projet optimisé génère des augmentations de vitesse modérées et très localisées touchant des bâtiments au nord du projet. Cependant, ces rehausse ne créent pas de nouvelles zones d'aléas fort ou très fort impactant les enjeux environnants. Elles ne constituent donc pas une aggravation significative du risque.

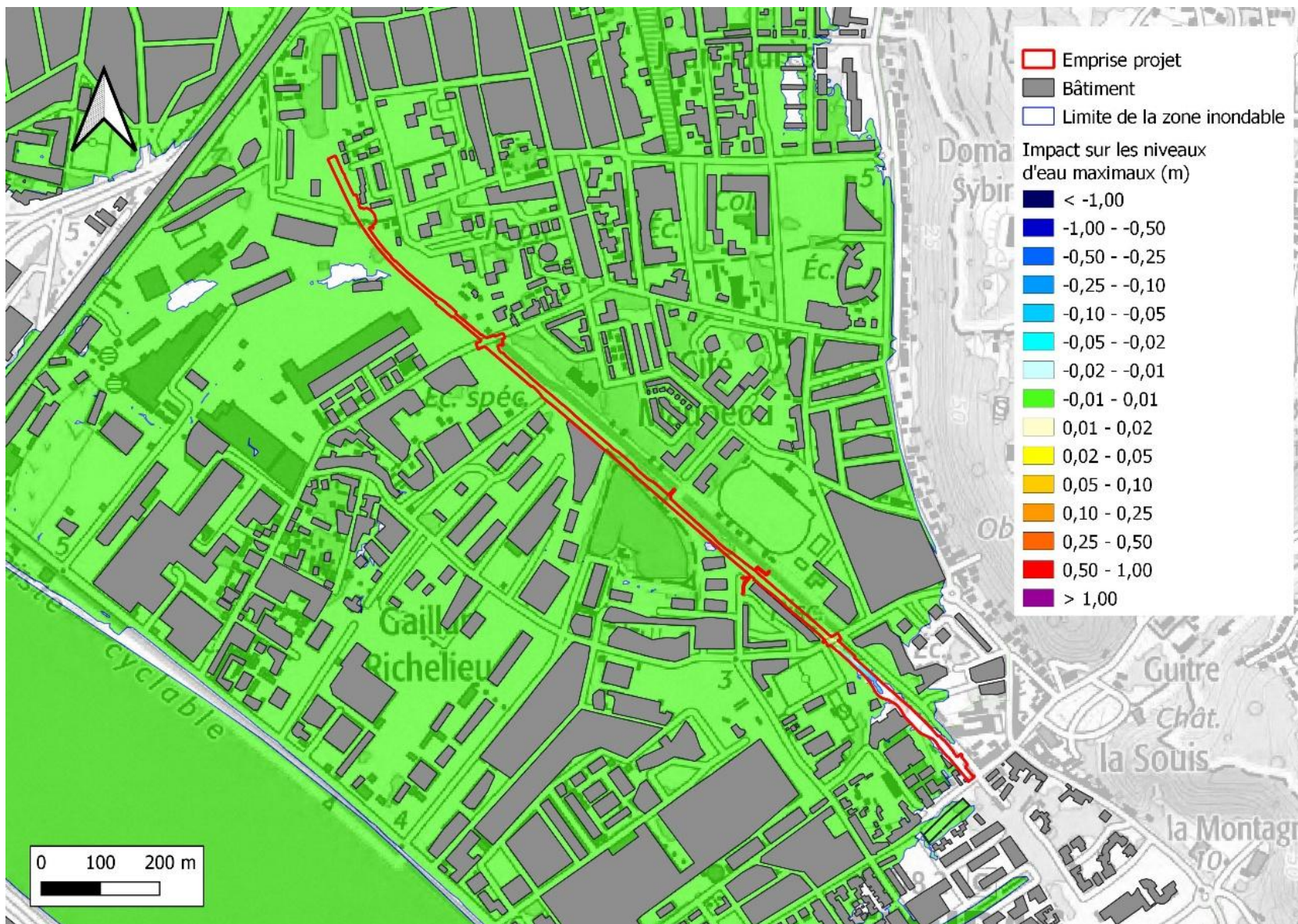


Figure 19 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux– Tempête + 20 cm

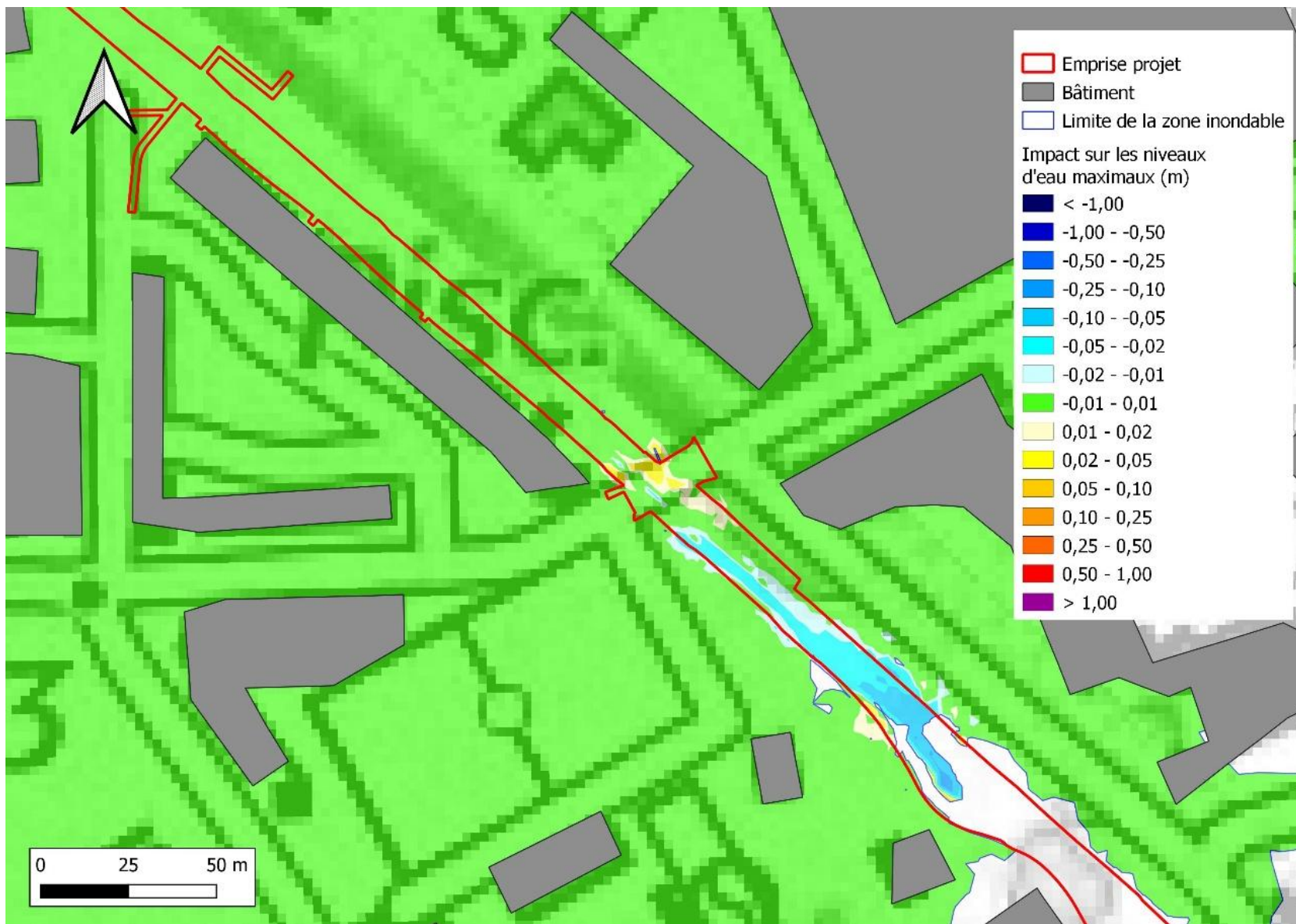


Figure 20 : Impact sur les niveaux d'eau maximaux – Tempête + 20 cm - zoom

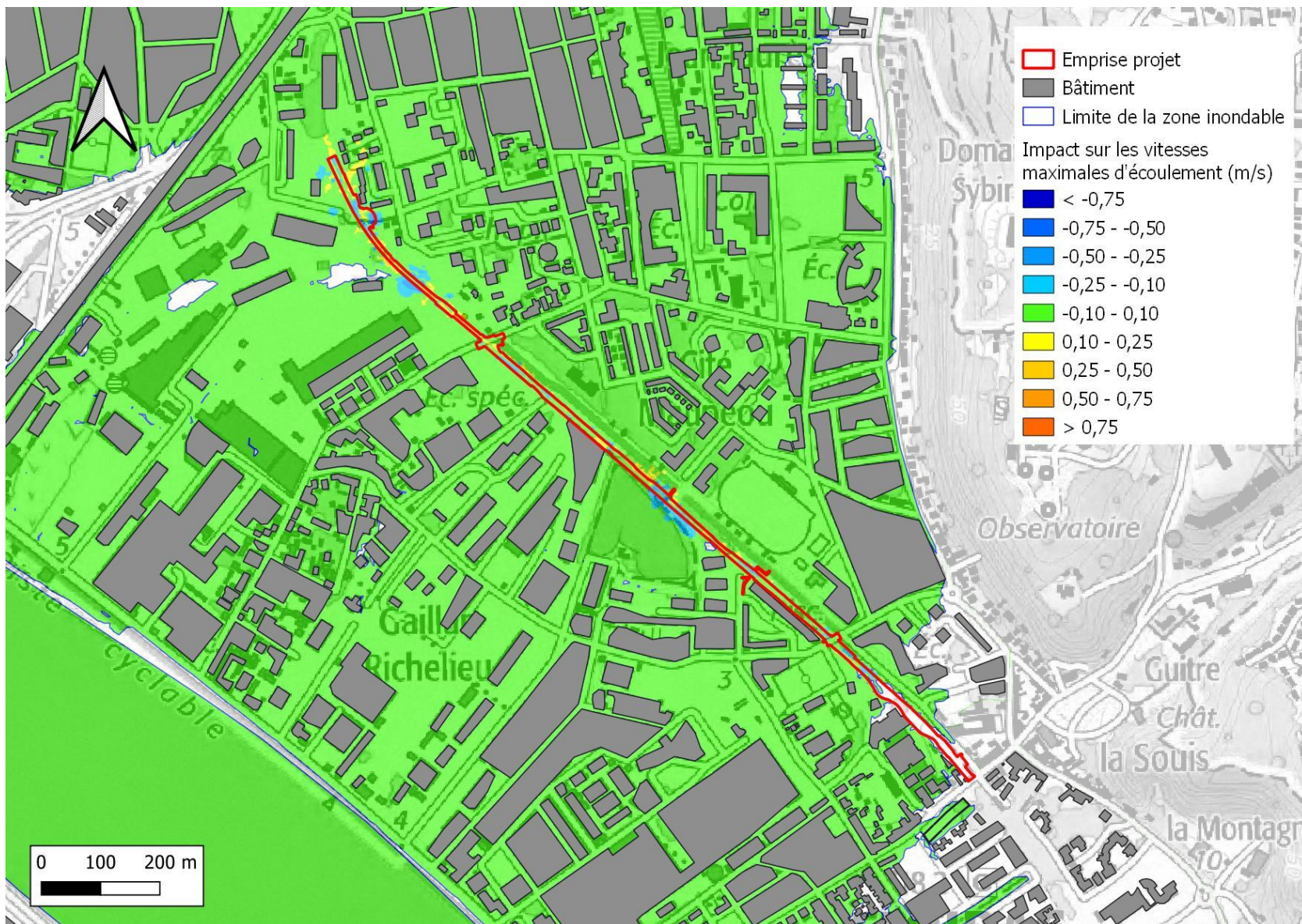


Figure 21 : Impact sur les vitesses maximales– Tempête + 20 cm

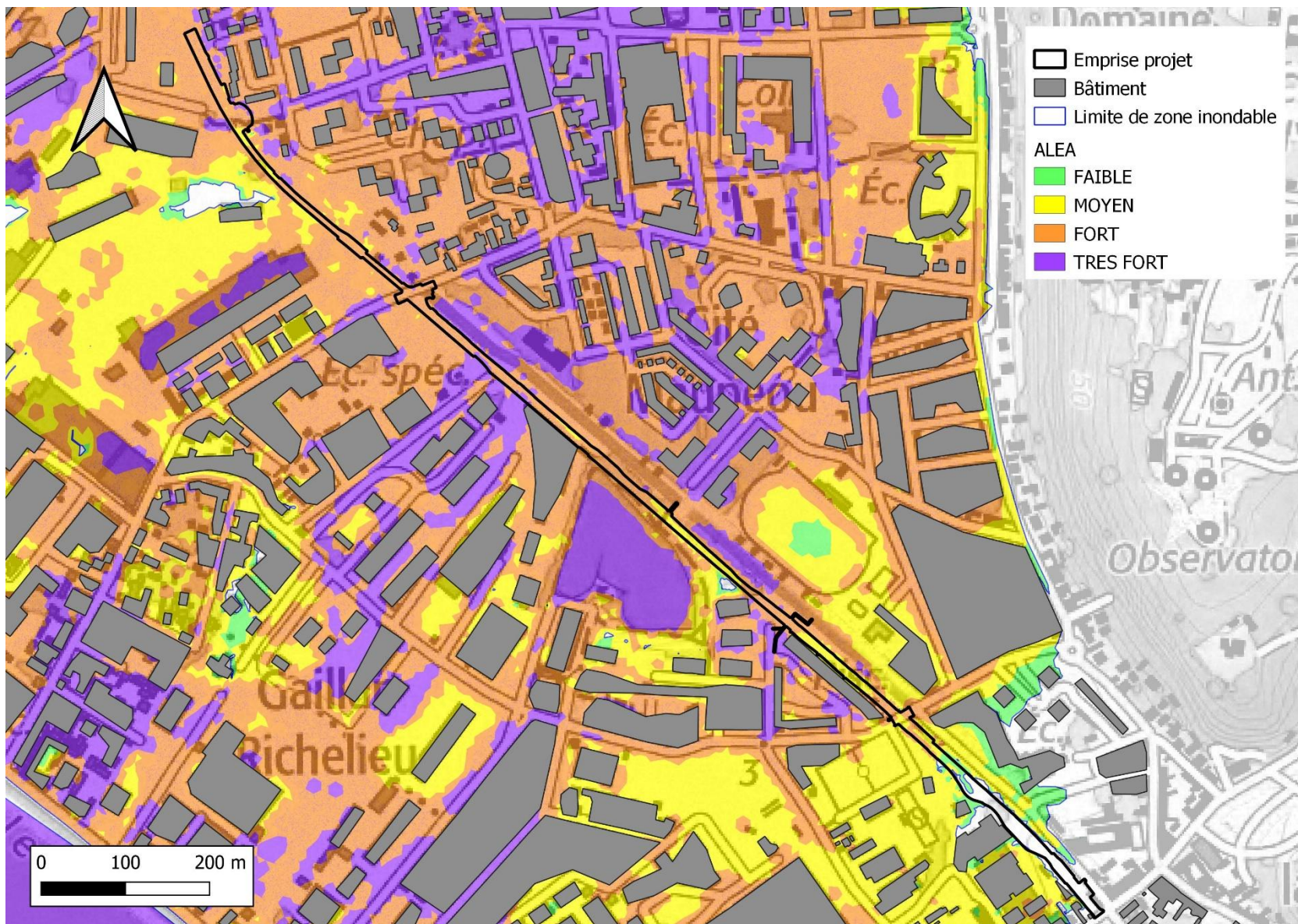


Figure 22 : Etat projet optimisé- Aléas - Tempête + 20 cm

5. ANALYSE VOLUMIQUE

L'analyse volumique différentielle entre l'état actuel et l'état projet montre que le projet engendre une diminution du volume de stockage de 1400 m³. Celui-ci devra être compensé afin de respecter la disposition D4.7 du PGRI Adour Garonne qui demande de ne pas compromettre les capacités d'expansion des crues.

Nous préconisons donc la mise en place d'un volume de déblais équivalent de 1 400 m³, à mettre en place à proximité du projet.

6. CONCLUSION

L'étude hydraulique portant sur le projet de la voie Eymet a permis de déterminer les contraintes hydrauliques du secteur en état de référence, de déterminer les impacts engendrés par le projet avant de l'optimiser afin que celui-ci n'aggrave pas la vulnérabilité des enjeux à proximité.

L'étude s'est appuyée sur une modélisation permettant d'avoir des simulations d'écoulements similaires à celles développées dans le cadre du PPR tout en prenant en compte les dernières hypothèses du porter à connaissance de 2024. Ces simulations se sont basées sur les événements de référence Tempête de 1999 + 20cm dans la configuration non-pérenne des digues.

Les impacts du projet ont ensuite été estimés par comparaison des résultats entre l'état actuel des sols et l'état projet.

La comparaison des résultats entre l'état actuel et le projet initial a mis en avant des rehausses sur les niveaux d'eau supérieures à 1 cm impactant des tiers.

Afin d'éviter d'aggraver la vulnérabilité des enjeux entourant le projet, un travail sur le nivellement de la voirie visant à diminuer ces impacts a été effectué. Celui-ci s'est traduit par une baisse des nivellements du projet allant du parc des Étangs au Nord jusqu'à l'école élémentaire Louis Pasteur au sud. Le nouveau calcul d'impact de ce projet optimisé a permis de montrer :

- que le projet ne rehausse plus les niveaux d'eau sur des enjeux environnants,
- que le projet augmente modérément les vitesses d'écoulement sans créer de nouvelles zones d'aléa fort/très fort impactant des enjeux.

Le projet n'aggrave donc pas significativement la vulnérabilité des enjeux à proximité.

Afin de respecter la disposition D4.7 du PGRI Adour Garonne sur la conservation du volume d'expansion de crue, nous préconisons la mise en place d'un volume de déblais de 1 400 m³.