

	Modélisation des écoulements dans la Cagne sous Telemac 2D	
Rapport hydraulique		
	Simulation des écoulements dans La Cagne à Cagnes-sur-Mer – Projet La Vilette Influence des nouvelles constructions sur les hauteurs d'eau en lit majeur de la Cagne	



Références du document

Emetteur	Code affaire	Type de document
		Etude hydraulique : Simulation des écoulements dans La Cagne – Quartier La Villette – Impacte des nouvelles constructions sur les hauteurs d'eau

Suivi documentaire

Indice	Date	Description	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
B	20/09/18	Note de calcul hydraulique	AM		
C	11/10/18	Note de calcul hydraulique prise en compte des côtes projet	AM		

Liste des intervenants

MAITRE D'OUVRAGE	
-------------------------	--

MAITRE D'OEUVRE	
------------------------	--

AMO	
------------	--

SPS / CONTROLE TECHNIQUE / ...	
---------------------------------------	--

SOMMAIRE

1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE	1
2. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DU PROJET.....	1
3. CALCULS HYDRAULIQUES	5
3.1. Hypothèses prises en compte	6
3.2. Le maillage du modèle.....	7
3.3. Le coefficient de rugosité de Strickler choisi.....	9
3.4. PPRI et niveaux d'eau au droit de la zone du projet	10
3.5. Les résultats obtenus	11
4. CONCLUSION	15

Dans le but de vérifier l'impact du projet de construction de nouveaux bâtiments envisagés sur la rive droite de la Cagne, sur l'aggravation du zonage concerné par le Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles d'Inondation (PPRI), la société Bouygues Immobilier a missionné TPF Ingénierie pour réaliser une étude hydraulique et vérifier l'influence des nouvelles constructions sur les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement dans le secteur de ce projet.

1. OBJET DE L'ETUDE

Partant des derniers résultats du projet d'aménagements de la Cagne au droit du secteur de la Villette sur la commune de Cagnes-sur-Mer (rapport d'étude TPFI du 19/12/2016), montrant que le projet de recalibrage de la Cagne et la construction d'une passerelle n'ont pas un impact significatif sur les hauteurs d'eau dans le secteur. Cette étude hydraulique complémentaire a pour but principal de répondre aux interrogations des services de la DDTM des Alpes Maritimes, notamment l'influence des nouvelles constructions projetées sur la rive droite de la Cagne, sur les hauteurs d'eau de la zone concernée par le PPRI de Cagnes-sur-Mer.

La présente étude a pour objectifs donc de :

- ✓ Réaliser une simulation hydraulique des écoulements dans la Cagne sur la base du projet d'aménagement du cours d'eau et suivant deux scénarii :
 - Aménagement du cours d'eau sans le projet de construction des nouveaux bâtiments sur la rive droite du cours d'eau ;
 - Aménagement du cours d'eau avec la prise en compte du projet de construction de bâtiments sur la rive droite de la Cagne.
- ✓ Délimiter la zone impactée par les débordements sur la rive droite de la Cagne pour les deux scénarii (sans et avec nouvelles construction) ;
- ✓ Déterminer le niveau des plus hautes eaux sur la rive droite de la Cagne (au droit du projet de construction).

2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU PROJET

Le projet d'aménagement du secteur de la Villette est situé sur le territoire communal de Cagnes-sur-Mer du département des Alpes Maritimes. Il est localisé au Sud-Est du centre-ville de Cagnes-sur-Mer à 300 mètres environ (Cf. Figures 1 et 2).

Le tronçon du cours d'eau de La Cagne à aménager s'étend sur 200 mètres environ, depuis le rond-point de la rue du Brigadier Claverie au Nord jusqu'au passage inférieur de l'autoroute A8 au Sud.

Ce projet consiste en l'aménagement de la Cagne et aussi la construction de nouveaux bâtiments sur la rive droite du cours d'eau à la place des actuels parkings externes (Cf. Figures 3 et 4).

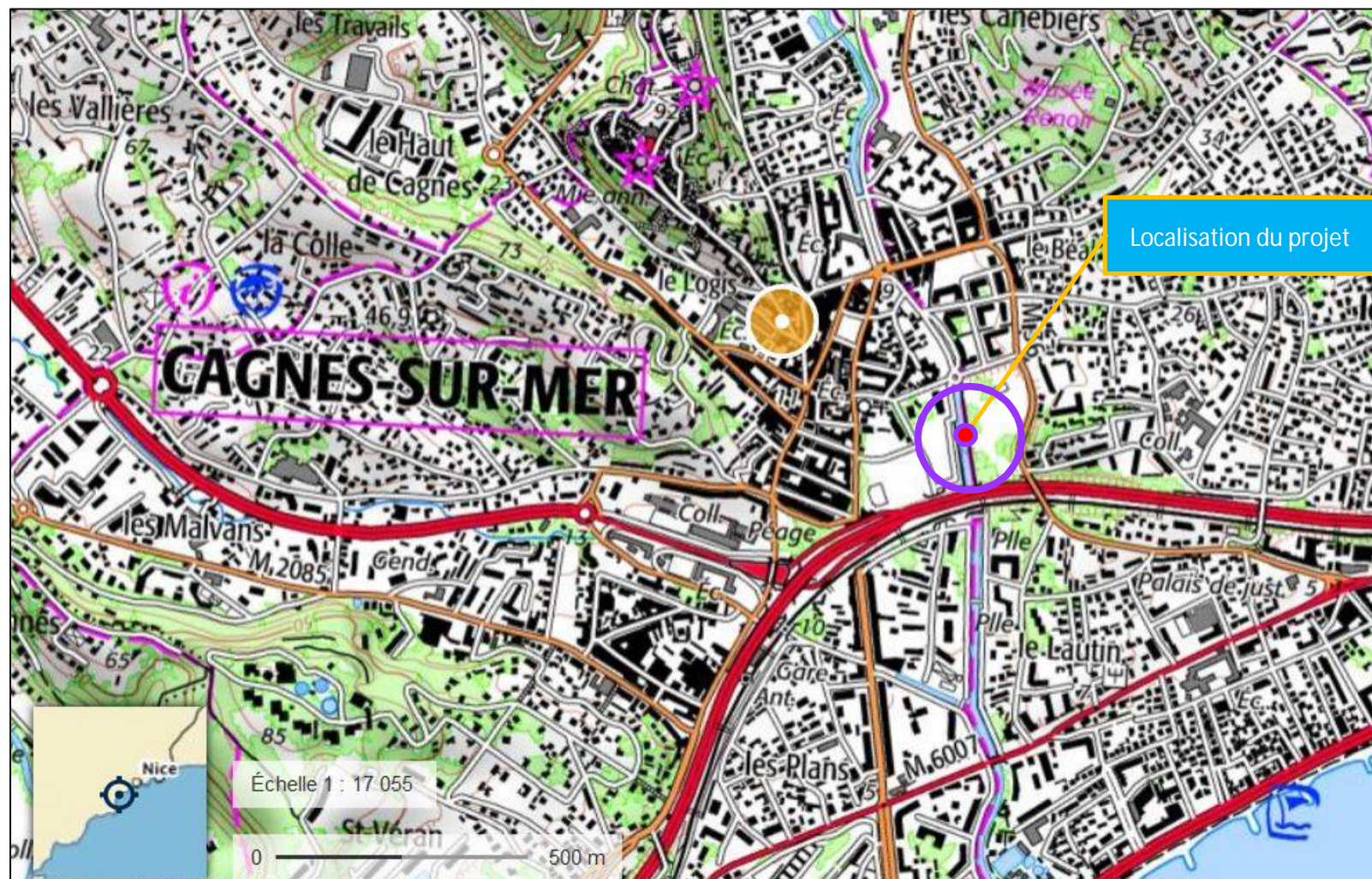


Figure 1 : Localisation du projet sur un extrait de la carte topographique de l'IGN au 25000^{ème}



Figure 2 : Extrait de la Photographie aérienne au droit du projet de la Villette (source Google Maps)

3. CALCULS HYDRAULIQUES

Les calculs des écoulements de la Cagne au droit du projet « La Villette » ont été réalisés sous le logiciel TELEMAC2D d'EDF, sur un linéaire de 200 mètres environ (depuis l'avenue Georges Pompidou à l'Autoroute A8), sur la section trapézoïdale de la Cagnes (non couverte). La largeur de la zone d'étude s'étend 340 m environ, depuis l'avenue Cyrille Besset à l'Est (rive gauche) au boulevard Maréchal Juin à l'Ouest (sur la rive droite).

Le système de modélisation de TELEMAC2D est constitué d'un ensemble de programmes pour modéliser les flux hydraulique dans les canaux, rivières, etc. TELEMAC-2D résout la forme bidimensionnelle des équations de Saint-Venant dans les eaux peu profondes.

Plusieurs hypothèses sont formulées dans l'utilisation des équations des eaux peu profondes pour des raisons de simplicité. Les hypothèses sont les suivantes :

- Hypothèse hydrostatique, où les accélérations verticales causées par la pression sont négligeables en supposant qu'elles sont gravitationnellement compensées ;
- Vitesses verticales sont négligeables sur la base de l'hypothèse précédente ;
- Hypothèse d'un fluide incompressible.

Sur la base des données topographiques disponibles au pas non régulier nous avons réalisé une modélisation 2D selon 2 scénarii :

- **Scénario 1** : une modélisation des écoulements dans la Cagne suivant le scénario d'aménagement de la Cagne (solution : recalibrage du cours d'eau – rive droite en gabion et re-talutage de la rive gauche avec une largeur totale de 25 m environ) et sans la réalisation du projet de construction sur la rive droite du cours d'eau ;
- **Scénario 2** : une modélisation des écoulements dans la Cagne en état projeté (solution : recalibrage du cours d'eau – rive droite en gabion et re-talutage de la rive gauche avec une largeur en crête de 30 mètres environ) et réalisation du projet de construction de nouveaux immeubles sur la rive droite de la Cagne.

Dans les deux scénarii le modèle hydraulique est basé sur le projet d'aménagement de la Cagne avec un coefficient de rugosité moyen (coefficient de Strickler) de toute la zone de l'ordre de 30.

Le but principal de cette étude est d'appréhender l'influence des nouvelles constructions sur la zone inondable de la rive droite de la Cagne.

3.1. Hypothèses prises en compte

Pour le calcul des hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement de la zone du projet, nous avons pris comme hypothèses ce qui suit :

- Les volumes d'eau débordés sur la rive gauche de la Cagne sont piégés par les remblais de l'autoroute A8 au niveau du jardin et aucun ruissellement vers l'aval n'est possible que par le cours d'eau ;
- Les volumes d'eau débordés vers la rive droite du cours d'eau peuvent continuer à ruisseler vers l'aval le long du chemin des Petits Plans et du boulevard Maréchal Juin sous l'autoroute A8 et la voie ferrée via des ouvertures cadre de largeur de 4 et 13 mètres respectivement ;
- L'influence aval du Malvan n'a pas été prise en compte de cette modélisation, du fait que d'une part, le vallon du Malvan est situé à 300 m plus en aval (distance que nous considérons importante) et d'autre part aucune donnée fiable n'est disponible. Les données du PPRI n'ont pas été prise en compte du fait de son imprécision et de l'influence insignifiante de ce dernier sur les hauteurs d'eau au droit de la zone du projet (1 mm !) ;
- Les modèles disposent donc de trois conditions aux limites aval : la Cagne, le chemin des Petits Plans sous l'A8 et l'avenue Maréchal Juin ;
- La condition aux limites amont est un débit de pointe de l'ordre de 120 m³/s (débit du PPRI de la commune de Cagnes-sur-Mer) ;
- Spatialisation du coefficient de rugosité de Strickler : de l'ordre de 20, 25, 30 et 45 selon la nature des ouvrages et du sol et suivant les recommandations de la DDTM des Alpes Maritimes ;
- La largeur du cours d'eau en état actuel est de 10 à la base, une pente des berges de 1/1 et une profondeur de 3.60 m environ. fil d'eau situé à la côte 3.85 mNGF en moyenne ;
- La largeur du cours d'eau en état projeté est de 30 m environ en crête avec une profondeur de 3.50 m environ : rive gauche légèrement plus basse et un approfondissement ponctuel du fond lit mineur sur 30 centimètres : fil d'eau à la côte 3.50 mNGF en moyenne. Quant à la rive droite qui sera en gabion, elle sera quasiment au même niveau qu'actuellement.

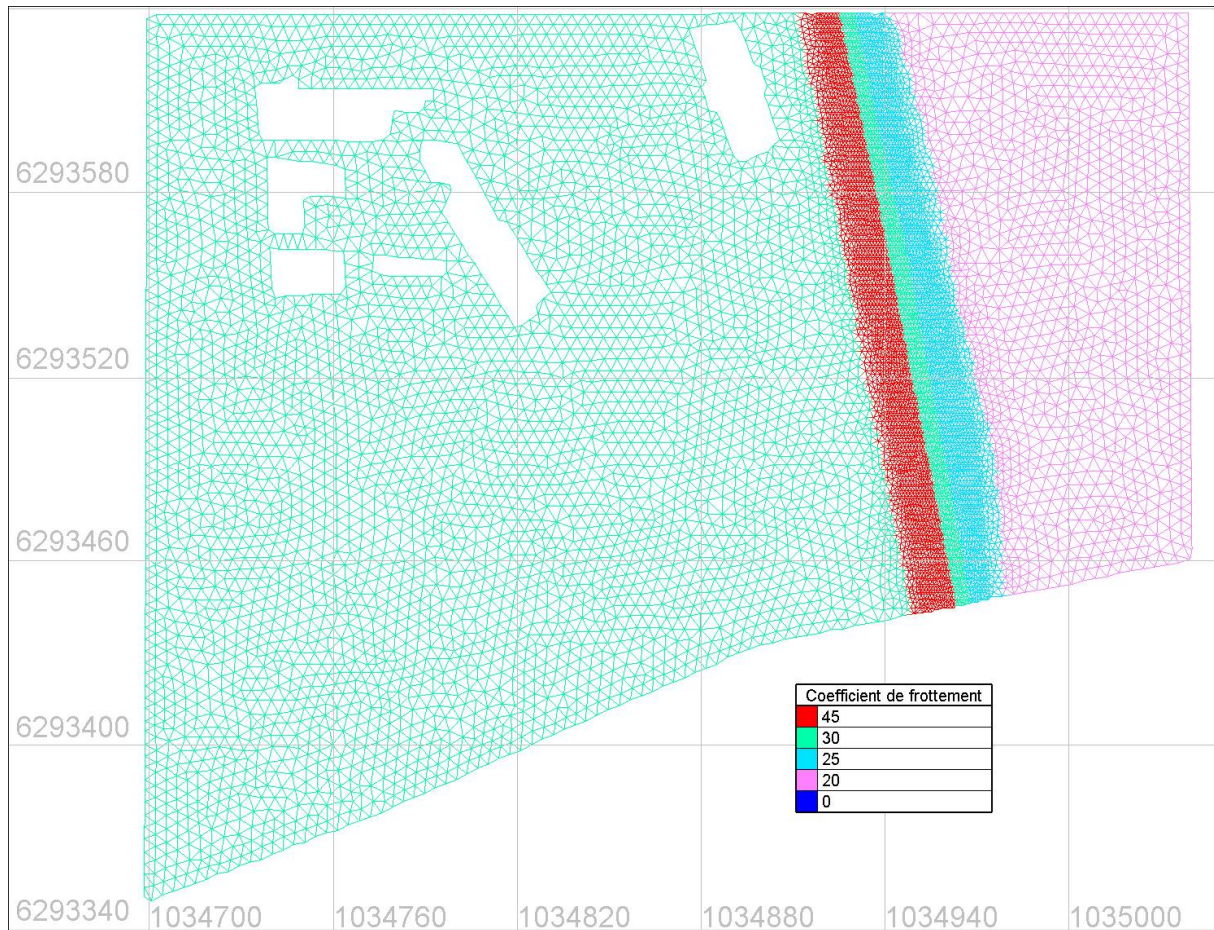


Figure 5 : Spatialisation des coefficients de rugosité suivant les recommandations de la DDTM06 et selon la nature du revêtement

3.2. Le Maillage du modèle

De la même façon que l'étude hydraulique précédente (TPFI du 19/12/2016 Indice C), la zone du projet modélisée sous TELEMAC 2D s'étend sur un linéaire de 200 mètres environ, une largeur d'environ 240 mètres. Cette zone d'étude relativement petite permet de réaliser un maillage assez précis (à partir des données topographique disponibles).

Le projet prévoit l'aménagement de la rive gauche de la rivière de la Cagne en jardin tout en considérant cette zone comme zone d'expansion des crues. En revanche, sur la rive droite et en plus des habitations existantes, on prévoit la construction de nouveaux bâtiments à la place des parkings externes existants.

De ce fait, nous avons réalisé un maillage triangulaire non structuré, avec une précision de 4 m mètres en lit majeur et un maillage de 1 mètre en lit mineur (Cf. Figures 6 à 7). Les côtes projet ont été prises en compte sur la base du projet qui nous a été fourni.

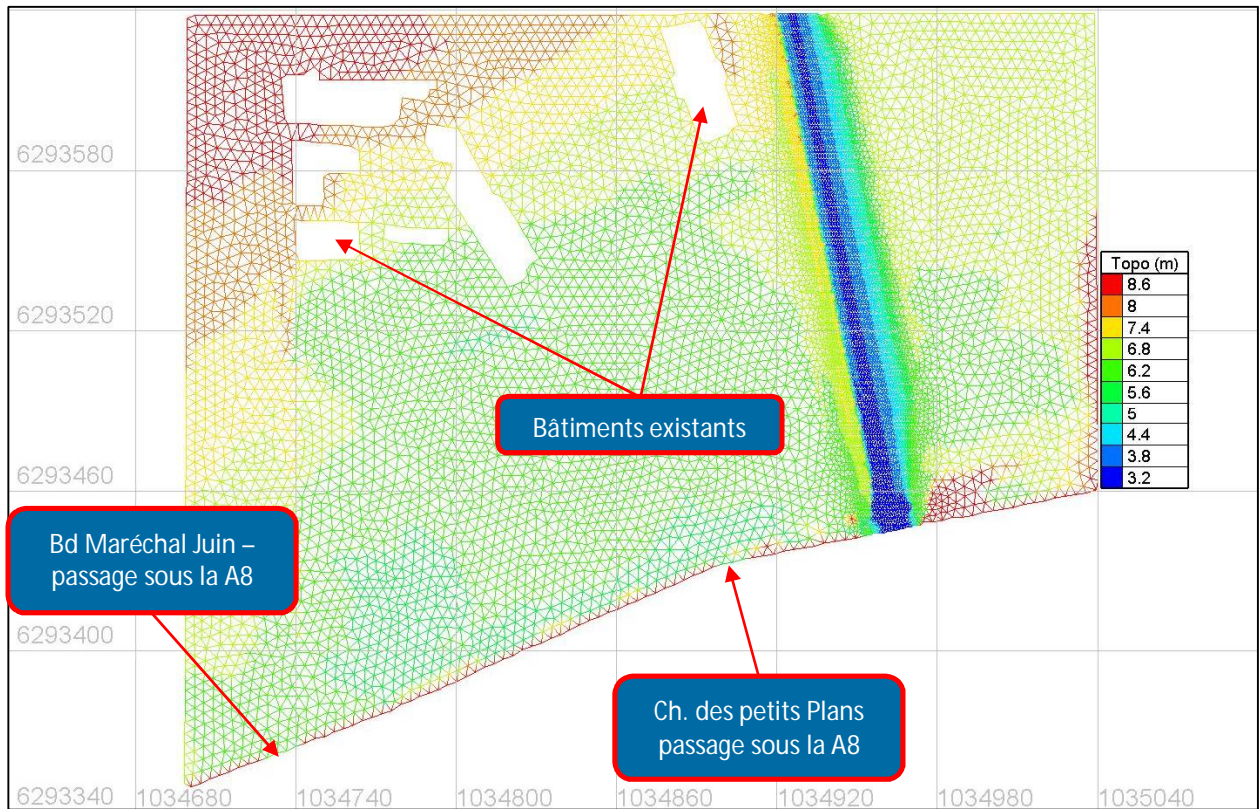


Figure 6 : Maillage de la zone d'étude sous le meilleur BlueKenue en état projeté sans les nouvelles constructions

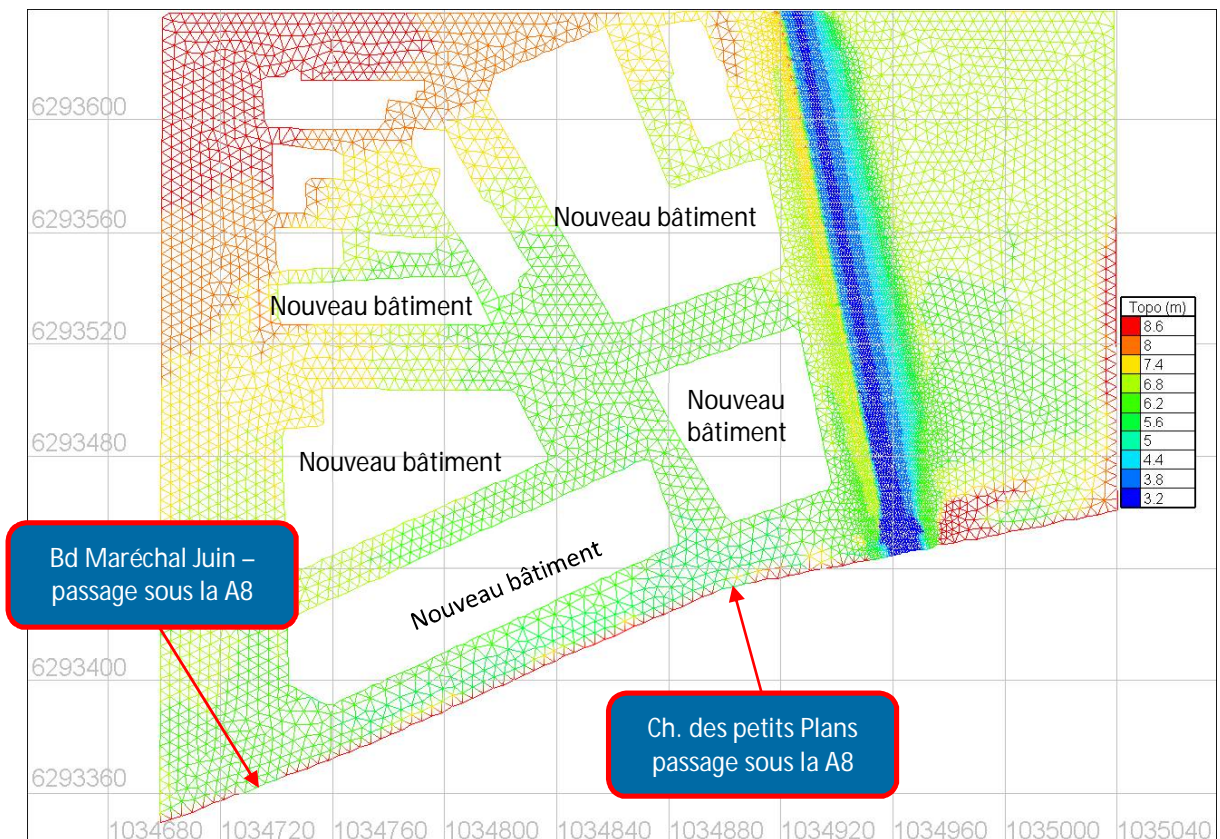


Figure 7 : Maillage de la zone d'étude sous le meilleur BlueKenue en état projeté avec les nouvelles constructions

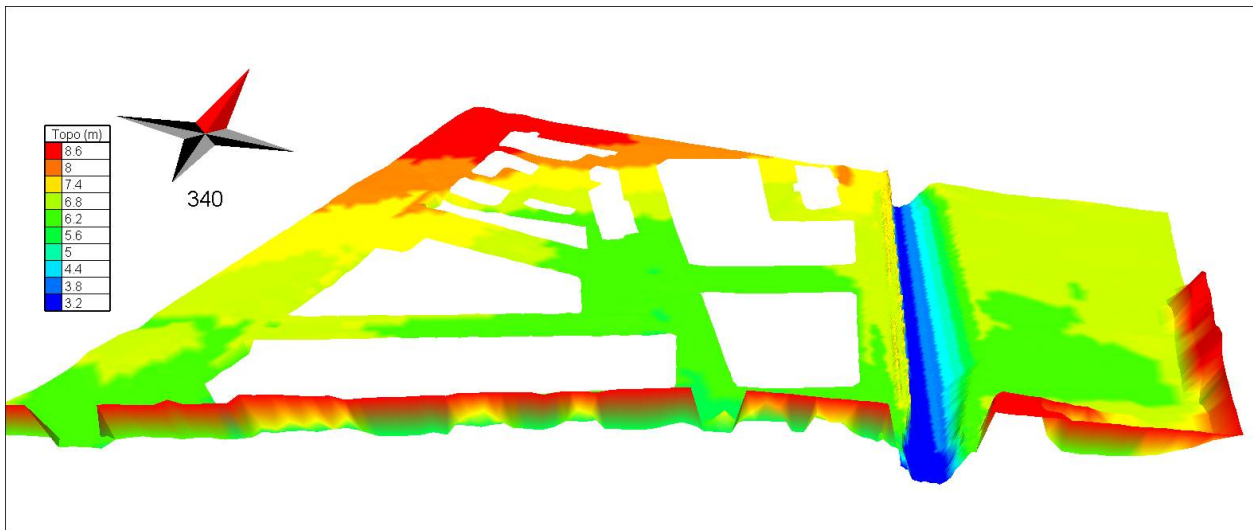


Figure 8 : Topographie de la zone d'étude sous le mailleur BlueKenue en état projeté avec les nouvelles constructions

3.3. Les conditions aux limites des modèles

En absence de données de base sur la Cagne (hydrogramme de crue et limnigramme), les conditions aux limites du modèle sont les suivantes :

- En amont, l'hydrogramme de crue d'un débit de pointe de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ sur une durée de 6 heures a été utilisé comme condition limite amont. Cette donnée est extraite du rapport du Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles d'Inondation (PPRI) de la commune de Cagnes-sur-Mer ;
- En aval, la hauteur maximale de la crue atteinte est de 2.5 m (d'après le rapport ARTELIA de mai 2016).

3.4. PPRI et niveaux d'eau au droit de la zone du projet

D'après le plan de zonage du Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles d'Inondation (PPRI) de la Cagne - commune de Cagnes-sur-Mer de septembre 2000, nous constatons que la zone du projet de la Villette est concernée par deux zones :

- Le lit mineur de la Cagne est classé en zone à risque fort ;
- La rive droite (partie aval) est classée en zone modérée ;
- La rive gauche de la Cagne au droit de la zone du projet reste en zone non concernée par les inondations.

La zone inondable de la rive droite de la Cagne n'est pas concernée par le débordement de la Cagne mais une influence aval (inondation du Malvan), par passage sous les ouvertures de la voie ferrée est de l'autoroute A8 par le chemin des Petits Plans et de l'avenue Maréchal Juin.

D'après le plan de zonage du PPRI de la Cagne, la seule zone concernée par les inondations de la Cagne au droit du projet, est située sur la rive droite (au droit des actuels parkings et stade). Cette zone est topographiquement située à une altitude moyenne de 5.8 à 6.3 mNGF. Or le PPRI mentionne une hauteur d'eau à une altitude de 6.11 mNGF. Donc les hauteurs d'eau ponctuelles d'inondation sont de l'ordre de 1 à 30 cm. La surface de la zone inondable de la rive droite de la Cagne mentionnée par le PPRI est estimée à 20000 m² environ.

Il nous semble que ce zonage du PPRI reste imprécis et que le niveau de précision de ce modèle 1D est logiquement discutable.

Nous considérons donc que la zone inondable de la rive droite de la Cagne par influence aval du Malvan reste insignifiante.



3.5. Les résultats obtenus

Les résultats obtenus par cette simulation numérique des écoulements en 2D sous TELEMAC n'ont pas été confrontés aux observations du terrain du fait du manque de données historiques dans la zone du projet.

Deux modèles numériques ont été réalisés :

- une modélisation des écoulements de la Cagne avec seulement aménagement de la Cagne (solution : gabion sur la rive droite et talus végétalisé sur la rive gauche) et sans construction ;
- une modélisation des écoulements de la Cagne avec seulement aménagement de la Cagne (solution : gabion sur la rive droite et talus végétalisé sur la rive gauche) y compris le projet de construction de nouveaux bâtiments sur la rive droite du cours d'eau et en prenant en compte les côtes du projet, avec un légère diminution de l'altitude d'Ouest en Est d'une pente allant de 0.6 à 1.6% (altitude des voiries).

Les résultats de ces calculs et modélisation hydraulique de la Cagne montrent et contrairement aux résultats du PPRI des débordements sur les deux rives du cours d'eau. En effet, le PPRI ne mentionne aucun débordement de la Cagne au droit de la zone de la Villette. La seule zone inondable est située sur la rive droite de la Cagne en sa partie aval, mais en provenance non pas de la cagne, mais des débordements principalement du Malvan.

Les résultats montrent qu'en terme de hauteurs et vitesses d'écoulement, il n'y a aucune aggravation significative entre les deux scénarii (avant et après construction de nouveaux bâtiments sur la rive droite de la Cagne).

En effet, les volumes d'eau les plus importants sont dirigés vers la rive gauche de la Cagne du fait que le projet prévoit une hauteur des berges moins importante sur la rive gauche. Dans les deux scénarii, les hauteurs d'eau sur la rive droite (au droit du projet de construction) sont de l'ordre de 0.2 m en général à 0.5 m. En état projeté (après construction des 5 bâtiments), les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement restent les mêmes. Ce qui change est la répartition spatiale de ces volumes d'eau dans l'espace, avec un ruissellement le long des voiries et entre les immeubles.

Pour les deux scénarii, nous constatons ce qui suit :

- pour le scénario n° 1 - état projeté d'aménagement de la Cagne sans les constructions : le niveau des plus hautes eaux dans le cours d'eau sont au maximum de 4.3 m avec des vitesses d'écoulement moyenne de 2.5 m/s. Par contre sur les deux rives du cours d'eau les hauteurs d'eau sont de l'ordre de 0.2 à 0.5 m en moyenne avec des vitesses d'écoulement de l'ordre de 0.2 à 0.5 m/s. Nous estimons la surface inondable sur la rive droite de la Cagne de l'ordre de 13500 m² correspondant à un volume de 4000 m³ environ ;
- pour le scénario n° 2 - état projeté de la Cagne (aménagement de la Cagne avec les constructions) : une diminution de la zone inondable du fait des côtes projet (allant de 7.8 à 8 mNGF au droit de l'avenue du Maréchal Juin à environ 6.3 mNGF sur la rive droite de la Cagne). La répartition spatiale de la zone inondable est donc plus faible, du fait de la topographie projetée. En effet, on estime une surface inondable sur la rive droite de la cagne de l'ordre de 7800 m² avec un volume de l'ordre de 1800 m³. Cette baisse minime

de volume est expliquée par les côtes projet plus élevées à l'Ouest du projet et aussi par une évacuation progressive des volumes d'eau par le chemin des Petits Plans et le boulevard du Maréchal Juin.

Il est important de mentionner que l'influence aval du Malvan a été prise en compte dans cette modélisation, même si cette influence est minime en terme de hauteur d'eau. En effet, d'après le PPRI la hauteur d'eau dans le secteur du projet n'est que de 1 mm, au regard de la topographie du terrain. Nous considérons donc que les résultats du PPRI (influence aval du Malvan) est discutable (1 mm) au regard de l'échelle de précision du modèle utilisé par SAGEGE lors de la réalisation du PPRI.

Les figures suivantes (figures 10 à 13) illustrent les niveaux d'eau, les vitesses d'écoulement dans la Cagne ainsi que les zones inondables, pour les deux scénarii.

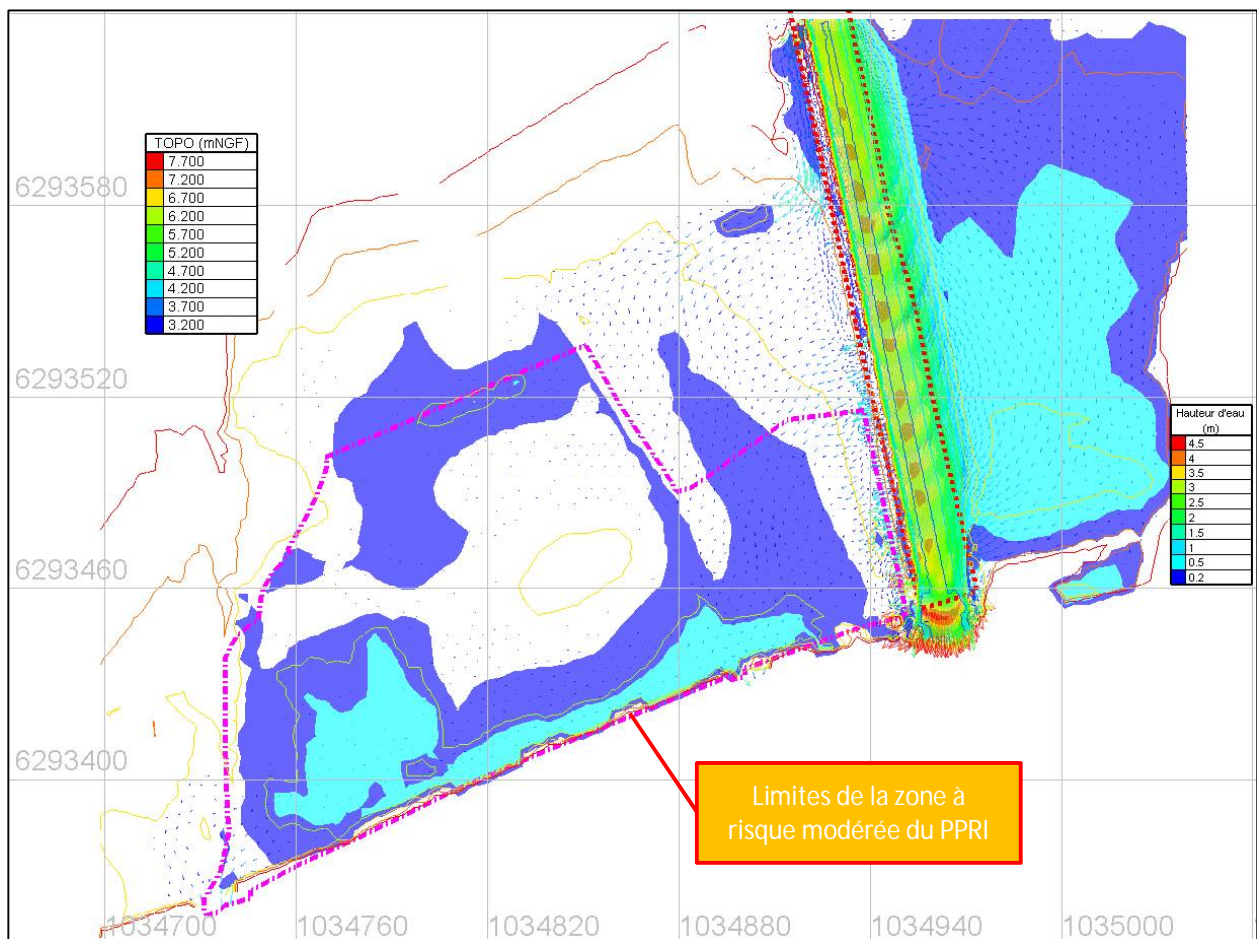


Figure 10 : Hauteur d'eau après recalibrage de la rivière et sans les constructions - Débordement principalement sur la rive gauche

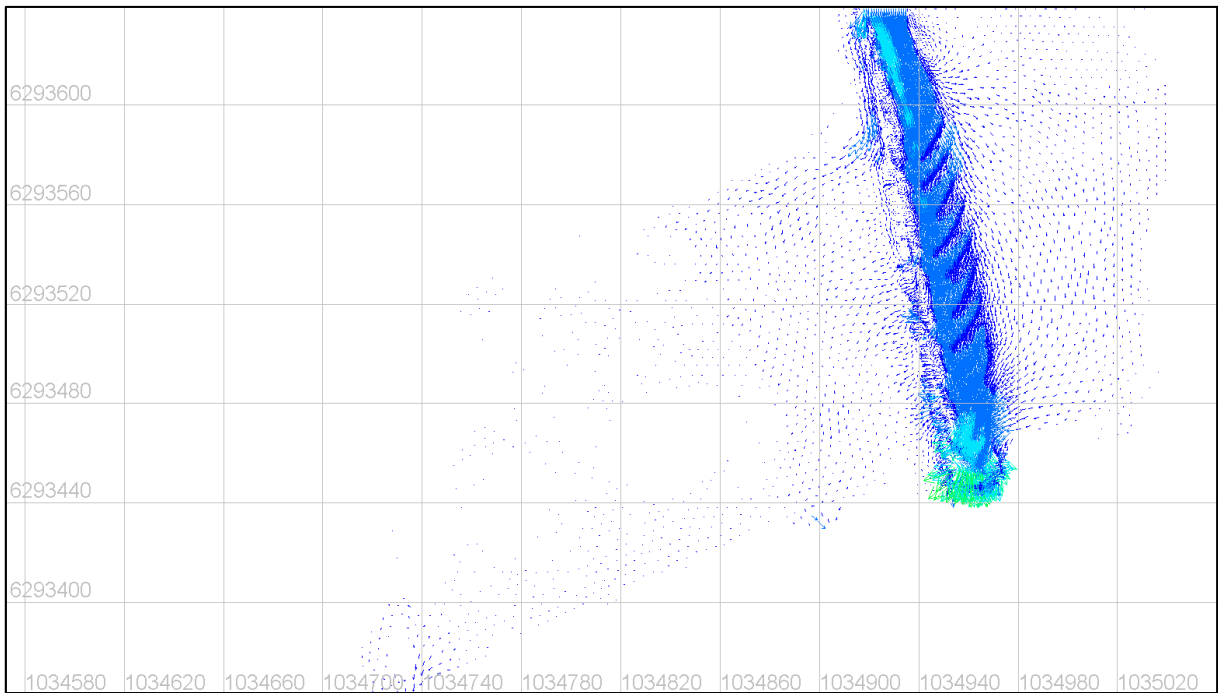


Figure 11 : Vecteurs vitesse montrant les lieux de débordement (état sans constructions)

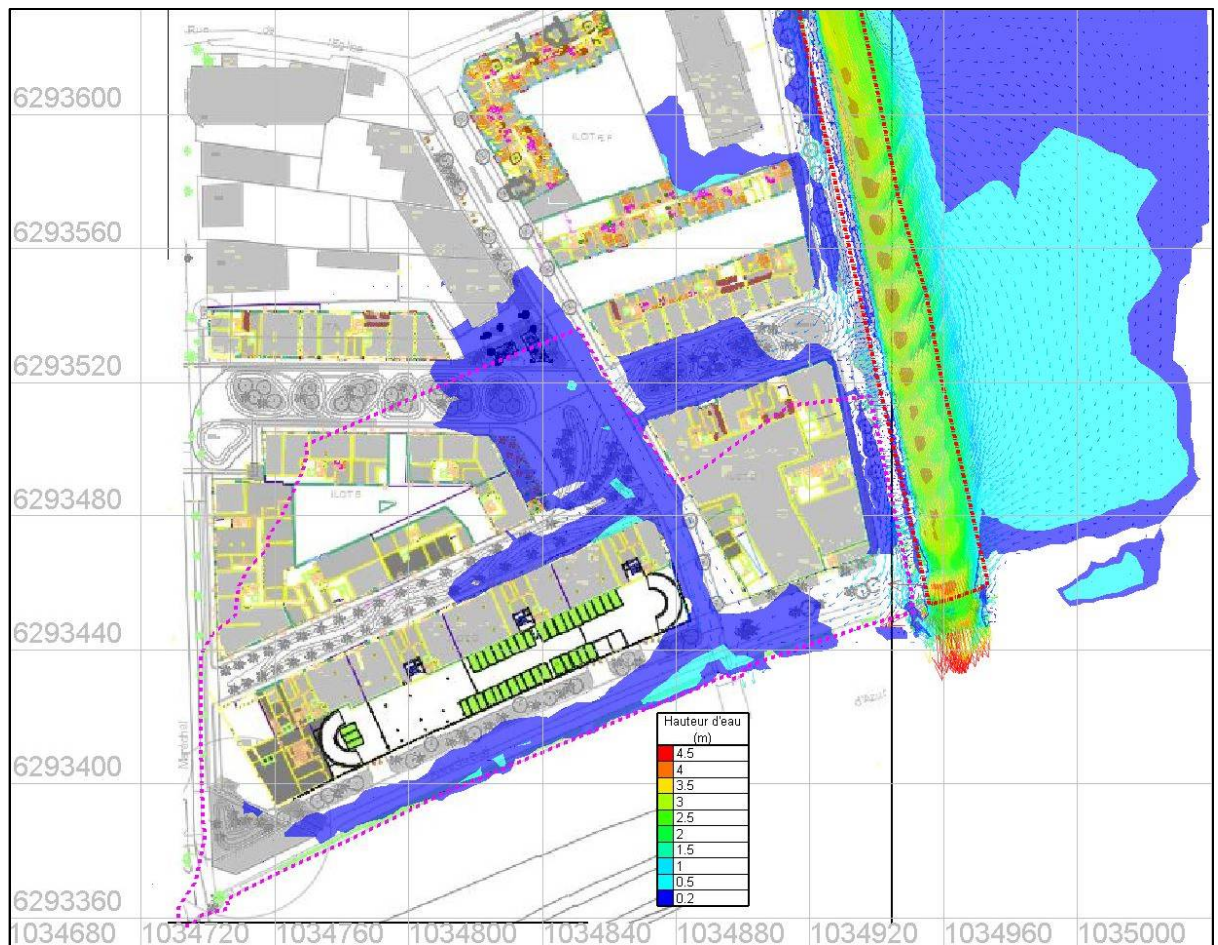


Figure 12 : Hauteur d'eau après recalibrage de la rivière et nouvelles constructions -
 Débordement principalement sur la rive gauche : hauteur d'eau sur la rive droite avec
 répartition spatiale différente à cause des immeubles et des côtes projet

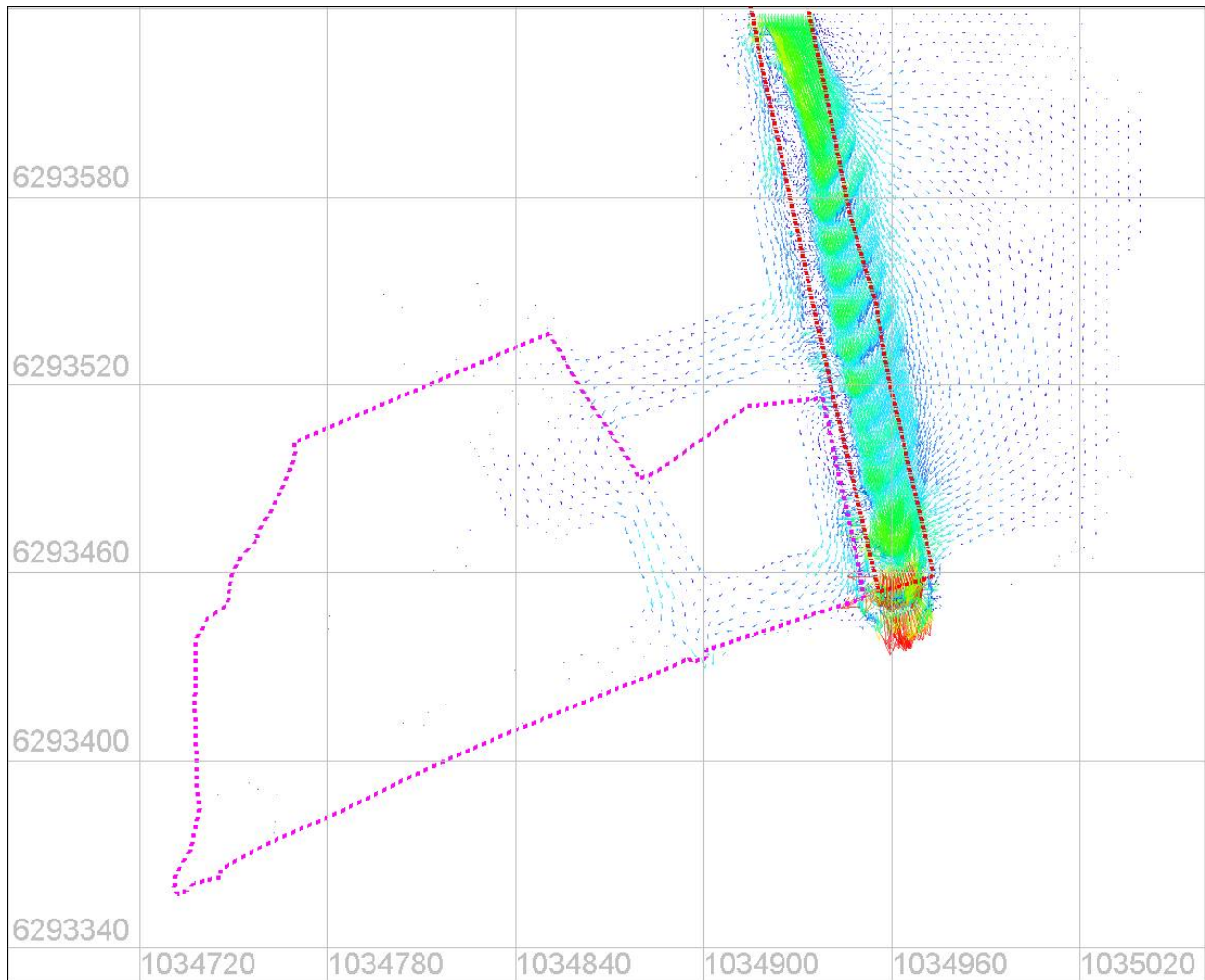


Figure 13 : Vecteurs vitesse montrant les lieux de débordement et les axes des écoulements (état avec constructions)

Les résultats montrent clairement que le projet de construction n'aura aucun impact significatif sur l'inondabilité de cette zone, au contraire projetées la zone inondable sur la rive droite de la Cagne sera plus réduite, du fait que les côtes projet seront légèrement plus élevées sur la rive droite de la Cagne et favorisant ainsi un débordement sur la rive gauche de la rivière.

Conclusion

Cette étude hydraulique complémentaire de la Cagne au droit de la zone de la Villette sur la commune de Cagnes-sur-Mer, vient compléter l'étude hydraulique, réalisée par TPFI en date du 19/12/2016 sur la base du scénario arrêté avec les services de l'état de la DDTM des Alpes Maritimes : projet d'aménagement de la Cagne sans bras et une répartition spatiale du coefficient de rugosité de Strickler moyen de 30.

Cette étude vient pour répondre à la recommandation de la DDTM des Alpes Maritimes en demandant de vérifier l'impact des nouvelles constructions projetées sur la rive droite de la Cagne, sur les hauteurs d'eau ainsi que sur la surface inondable de la rive droite de la Cagne.

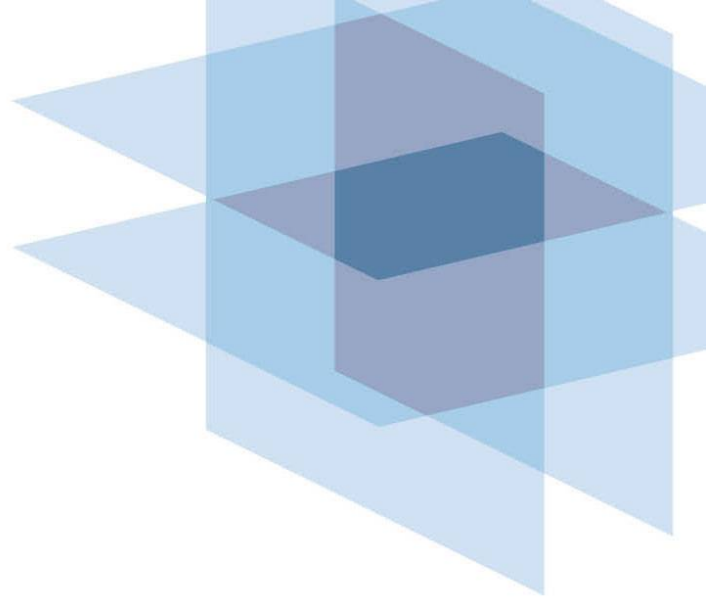
Une simulation hydraulique de la Cagne a été effectuée sous Telemac2D selon deux scénarii : avec et sans le projet de construction (sur la rive droite de la Cagne). Les résultats de la simulation numérique montre clairement que le projet d'aménagement de la Cagne, favorise les débordements en cas d'une crue de 120 m³/s vers la rive gauche du cours d'eau, tout en réduisant le périmètre inondable en rive droite de la Cagne (Impact positif du projet de renaturation de la cagne : réduction de la surface inondable de 20000 m² à 11700 m²).

Sur la rive droite de la Cagne (zone du projet de construction), l'impact de ces constructions n'a pratiquement aucune influence sur les hauteurs et les volumes de débordement. En état avant construction, nous estimons une surface inondable avant construction de l'ordre de 13500 m². Cette surface inondable sera réduite à 7800 m² environ après réalisation de nouveau bâtiments sur la rive droite de la Cagne. Les volumes d'eau sur cette rive seront plus faibles en état projeté : 4000 m³ en état actuel des terrains et de seulement 1800 m³ après réalisation du projet de construction. Cette légère baisse des volumes d'eau est expliquée par une évacuation progressive des volumes d'eau par le chemin des petits Plans et le boulevard du Maréchal Juin et aussi des côtes du terrain légèrement plus élevées du côté Ouest.

La simulation bidimensionnelle des écoulements de la Cagne montre donc que le projet de construction de nouveaux bâtiments sur la rive droite de la Cagne (projet de la Villette) sur la commune de Cagnes-sur-Mer, n'aura aucun impact significatif sur la zone inondable de la rive droite de la Cagne. Le projet d'aménagement de la Cagne favorise les débordements sur la rive gauche du cours d'eau, au profit de sa rive droite.



tpf.i
L'INGÉNIERIE CO-CRÉATIVE



Siège social

Immeuble Le Balthazar – 2 Quai d'Arenc
BP 60025
13202 MARSEILLE Cedex 2
Tél. : 04 91 23 77 50 – Fax : 04 91 25 29 87
siege@tpfi.fr

Agence de Nice

4, chemin du château Saint-Pierre
CS 50531
06359 NICE CEDEX 4
Tél. : 04 93 27 66 30 – Fax : 04 93 27 66 39