

Equipement de loisirs
" LA CIOTAT - CONSTRUCTION D'UN MULTIPLEXE "

LOT AUE2a

LC CAPITAL

545, Avenue du Garlaban
13420 GEMENOS
SIRET 831 403 779 00018



Maître d'Ouvrage

LC CAPITAL



13MARS
Développement

545, Avenue Du Garlaban
Quartier de la Plaine de Jouques
13420 GEMENOS
tel : 06 09 08 68 03
michael.mettoudy@gmail.com

Architecture, urbanisme, paysage

ATELIER(S)
ALFONSO FEMIA

ATELIER(S) ALFONSO FEMIA



55 RUE DES PETITES ÉCURIES 75010 PARIS, FRANCE/ T +33 1 42 46 28 94
VIA CADOLINI 32/ 38 20137 MILANO, ITALIA/ T +39 02 54 01 97 01
VIA INTERIANO 3/ 11 16124 GENOVA, ITALIA/ T +39 010 54 00 95
paris@atelierfemia.com

Paysagiste

APRÈS LA PLUIE

Paysagiste
54 rue du faubourg du temple - 75011 Paris
contact@alp-paysagistes.fr

BET VRD

B INGÉNIERIE

32 rue Dorian - 42700 FIRMINY
tel : 04 77 56 82 41
contact@b-ingenierie.fr

BET Structure

COGECI

WOOPA - 10 avenue des canuts CS 80034 - 69517 VAULX EN VELIN Cedex
tel : 04 37 45 19 99
cogeci@cogeci.fr

BET Fluides

KATENE

WOOPA - 10 avenue des canuts - 69120 VAULX EN VELIN
tel : 04 37 45 33 33
secretariat@katene.fr

BET Hydraulique

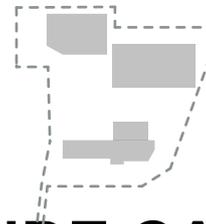
INGÉROP

18, rue des Deux Gares 92500 Rueil-Malmaison
tel : +33 1 49 04 55 00
ingerop@ingerop.com

Bureau de Contrôle

QUALICONSULT

Domaine de l'Escapade - Bâtiment E
203, avenue Paul Julien (D7N) - Palette
13100 LE THOLONET



DEMANDE CAS PAR CAS

n planche **ANNEXE 11**

échelle -

objet **ETUDE HYDRAULIQUE**

type élaboré **projet architectural**

date de rendu **15/11/2017**

nom fichier **SERVERAGENCE/01.1PROJET/5+1AA SARLFRA/CCM/05 CCM PC**

Avril 2017

Projet de multiplexe à La Ciotat

Étude hydraulique

13MARS DEVELOPPEMENT

IDENTIFICATION



INGÉROP Conseil et Ingénierie

Agence de Aix-en-Provence - Domaine du Petit Arbois - Pavillon Laënnec - Hall B - BP 20056 - F-13545 Aix-en-Provence cedex 4
Tél. : (33)4 42 50 83 00 - N° Siret 489 626 135 00250 - ingerop.aix@ingerop.com - ingerop.fr
Siège Social : 18 rue des deux gares - CS 70081 - F-92563 Rueil-Malmaison Cedex
S.A.S. au capital de 5 800 000 € - R.C.S. Nanterre B 489 626 135 - APE 7112B - Code TVA n° FR 454 896 261 35



GESTION DE LA QUALITE

Version	Date	Intitulé	Rédaction	Lecture	Validation
1	03/2017	EH	AV	SH	SH
2	04/2017	EH – reprise suite réunion DDTM du 07/04/17	AV	SH	SH
3	07/2017	EH – intégration modélisation 2D	AV/AT	SH	SH

Observations sur l'utilisation du rapport :

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'INGÉROP ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

La société INGEROP n'est pas responsable de la vérification de la véracité des informations transmises, à l'exception de celles normalement décelables par l'homme de l'art, et celles pour lesquelles le Client a exigé une analyse spécifique.





SOMMAIRE

1	OBJET DE L'ÉTUDE	9
2	SITUATION DU PROJET	10
3	CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE ET BASSINS VERSANTS	12
3.1	VALLAT DE ROUBAUD	12
3.2	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE AU DROIT DU TERRAIN ÉTUDIÉ	14
4	ETUDE HYDROLOGIQUE	18
4.1	PLUVIOMÉTRIE	18
4.2	BASSIN VERSANT ÉTUDIÉS	19
4.3	ANALYSE DES BASSINS VERSANTS AU DROIT DU PROJET	19
4.4	ETAT ACTUEL DU TERRAIN	20
4.5	PLUIE DE PROJET	23
4.6	CALCUL DES DÉBITS DE REFERENCE	24
5	ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'ÉTAT ACTUEL	26
5.1	CONSTRUCTION DU MODÈLE	27
5.1.1	Modèle 1D des « cours d'eau »	27
5.1.2	Modèle 2D du lit majeur	29
5.2	RÉSULTATS	34
5.2.1	Crue centennale	34
5.2.2	Crue exceptionnelle	37
6	PRÉSENTATION DU PROJET D'AMÉNAGEMENT	42
6.1	PRÉSENTATION DU PLAN DE MASSE	42
6.2	DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES PRÉVUS	43
7	ANALYSE HYDRAULIQUE BIDIMENSIONNELLE DE L'ÉTAT PROJETÉ	47
7.1	ETAT PROJET INITIAL – AVEC AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES AU SEIN DE LA PARCELLE MULTIPLEXE	47

7.2 ETAT PROJET – MODÉLISATION DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS VISANT À RÉDUIRE L’ALÉA INONDATION SUR LA PARCELLE DU MULTIPLEXE	51
7.2.1 Solution 1 : mise en place d’un mur continu	51
7.2.2 Solution 2 : création d’un fossé de contournement au droit de la parcelle projet	57
7.2.2.1 Crue centennale	58
7.2.2.2 Crue exceptionnelle	62
7.2.3 Solution 3 : contournement complet des parcelles communales	66
7.2.3.1 Crue centennale	67
7.2.3.2 Crue exceptionnelle	72
7.3 ÉTAT PROJET RETENU	77
7.3.1.1 Crue centennale	79
7.3.1.2 Crue exceptionnelle	85
8 RESPECT DE L’AMÉNAGEMENT AU REGARD DES PRESCRIPTIONS LIÉES AU RISQUE INONDATION	90
8.1 À L’ÉCHELLE GLOBALE	90
8.2 AU SEIN DE LA PARCELLE DU MULTIPLEXE	90
9 PRISE EN COMPTE DES NOUVELLES SURFACES IMPERMÉABILISÉES	94
9.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES DE LA DDTM 13 EN TERMES DE COMPENSATION DES SURFACES IMPERMÉABILISÉES	94
9.2 INTÉGRATION DU VOLUME DANS LE CADRE DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES SUR L’OPÉRATION	94
10 PRESCRIPTIONS EN TERMES DE SUIVI ET D’ENTRETIEN DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	96
11 CONCLUSION	97
12 ANNEXES	98



FIGURES

Figure 1 : Situation du projet (fond : scan 1/25000° – IGN)	10
Figure 2 : Localisation du terrain étudié sur photo aérienne	11
Figure 3 : Bassin versant du vallat de Roubaud.....	13
Figure 4: Fonctionnement hydraulique local à l'état actuel	15
Figure 5: Contexte hydrographique du secteur (1/15000)	16
Figure 6: Caniveau de collecte	17
Figure 7: Glissière de sécurité continue avec dispositif pour les motos	17
Figure 8: Bassins versants intégrés	19
Figure 9: Pluie de projet centennale initiale	23
Figure 10: Pluie de projet centennale retenue	23
Figure 11: Hydrogramme entrant dans le modèle – crue exceptionnelle	25
Figure 12 : Couplage 1D/2D par liens de type déversement latéral	26
Figure 13 : Exemple de profil en travers modélisé	27
Figure 14 : Tronçons modélisés en 1D sous MIKE 11 à l'état actuel.....	28
Figure 15 : Modèle topographique (MIKE 21) de la zone étudiée.....	30
Figure 16 : Exemple de différents types d'éléments structurants	31
Figure 17 : Zonage du coefficient de Strickler sur la zone étudiée	33
Figure 18 : Etat actuel – Dynamique des écoulements – Crue centennale	34
Figure 19 : Etat actuel – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale	35
Figure 20 : Etat actuel – Vitesses maximales – Crue centennale	36
Figure 21 : Etat actuel – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle.....	37
Figure 22 : Etat actuel – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle	38
Figure 23 : Etat actuel – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle	39
Figure 24 : Localisation du point haut et du passage sous la bretelle	40
Figure 25: Plan de masse de l'opération.....	42
Figure 26: Coupe de principe du réseau de drainage des eaux pluviales sur la parcelle du projet	46
Figure 27 : Etat projet initial – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle	48
Figure 28 : Etat projet initial – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle.....	49
Figure 29 : Etat projet initial – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle.....	50
Figure 30 : Aménagements hydrauliques complémentaires étudiés	51
Figure 31 : Etat projet solution 1 – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle.....	52
Figure 32 : Etat projet solution 1 – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle.....	53
Figure 33 : Etat projet solution 1 – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle	54
Figure 34 : Etat projet solution 1 – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle.....	55
Figure 35 : Répartition des écoulements autour de l'avenue Emile Bodin	56
Figure 36 : Etat projet solution 2 – Dynamique des écoulements – Crue centennale	58
Figure 37 : Etat projet solution 2 – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale	59



Figure 38 : Etat projet solution 2 – Vitesses maximales – Crue centennale.....	60
Figure 39 : Etat projet solution 2 – Comparaison à l'état actuel – Crue centennale.....	61
Figure 40 : Etat projet solution 2 – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle.....	62
Figure 41 : Etat projet solution 2 – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle.....	63
Figure 42 : Etat projet solution 2 – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle.....	64
Figure 43 : Etat projet solution 2 – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle.....	65
Figure 44 : Description de la solution 3 de l'état projet.....	67
Figure 45 : Etat projet solution 3 – Dynamique des écoulements – Crue centennale.....	68
Figure 46 : Etat projet solution 3 – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale.....	69
Figure 47 : Etat projet solution 3 – Vitesses maximales – Crue centennale.....	70
Figure 48 : Etat projet solution 3 – Comparaison à l'état actuel – Crue centennale.....	71
Figure 49 : Etat projet solution 3 – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle.....	72
Figure 50 : Etat projet solution 3 – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle.....	73
Figure 51 : Etat projet solution 3 – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle.....	74
Figure 52 : Etat projet solution 3 – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle.....	75
Figure 53 : Implantation du mur continu.....	78
Figure 54 : Etat projet solution finale – Dynamique des écoulements – Crue centennale.....	79
Figure 55 : Etat projet solution finale – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale.....	80
Figure 56 : Etat projet solution finale – Vitesses maximales – Crue centennale.....	81
Figure 57 : Etat projet solution finale – Comparaison des hauteurs d'eau à l'état actuel – Crue centennale.....	82
Figure 58 : Etat projet solution finale – Comparaison des vitesses à l'état actuel – Crue centennale.....	83
Figure 59 : Etat projet solution finale – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle.....	85
Figure 60 : Etat projet solution finale – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle.....	86
Figure 61 : Etat projet solution finale – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle.....	87
Figure 62 : Etat projet solution finale – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle.....	88
Figure 63: Schéma de principe de la gestion des eaux au droit de la « cascade » aménagée sur le projet.....	91
Figure 64: Exemple de signalisation à positionner au droit et autour de l'esplanade.....	92
Figure 65: Nivellement de la parcelle amont par rapport à celle du projet (source : Google Earth et Géoportail).....	93



TABLEAUX

Tableau 1 : Quantiles de pluie (en mm) pour la station météorologique de Toulon (1971-2012).....	18
Tableau 2 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants étudiés	20
Tableau 3 : Débits de référence drainés au droit du projet	24
Tableau 4 : Résultats au niveau de la parcelle à aménager	40
Tableau 5 : Résultats en amont de la parcelle à aménager.....	40
Tableau 6: Bilan des surfaces en l'état actuel et en l'état projet	43
Tableau 7 : Résultats au niveau de la parcelle « Bus » - Crue centennale	76
Tableau 8 : Résultats au niveau de la parcelle « Bus » - Crue exceptionnelle.....	76
Tableau 9 : Incidence de l'aménagement - Crue centennale.....	84
Tableau 10 : Incidences de l'aménagement - Crue exceptionnelle	89
Tableau 11: Bilan des volumes de stockage (écrêtement)	94



1 OBJET DE L'ÉTUDE

La commune de la Ciotat souhaite aménager un terrain communal situé en entrée de ville, à l'intersection de l'avenue du Caporal Chef Alain Deruy et de l'avenue Emile Bodin. Elle projette de créer sur ce terrain un futur complexe à vocation ludique de type établissement recevant du public (ERP).

Dans un premier temps, une analyse hydraulique de l'inondabilité du terrain a été réalisée par INGEROP en mars 2016.

Cette étude ayant conclu à une vulnérabilité du site vis-à-vis du risque inondation, la commune a demandé à l'aménageur 13 Mars Développement de compléter l'expertise hydraulique en intégrant le plan de masse de l'opération.

Enfin, après concertation avec la DDTM, il a été demandé d'élargir l'analyse hydraulique de la parcelle aux éventuels débordements de la sous-branche Cassis du vallat de Roubaud. Les aménagements hydrauliques présentés ici ont été définis en concertation avec l'aménageur et la ville de La Ciotat.

C'est l'objet de la présente étude.

2 SITUATION DU PROJET

Le terrain assiette du projet a une superficie totale de 14 385 m². Il est situé à l'entrée de la ville de La Ciotat, délimité au Nord par la RD559 et le centre de secours de La Ciotat-Ceyreste, au Sud et à l'Est par l'avenue Caporal Chef Alain Deruy, et à l'Ouest par l'avenue Emile Bodin.

Figure 1 : Situation du projet (fond : scan 1/25000° – IGN)

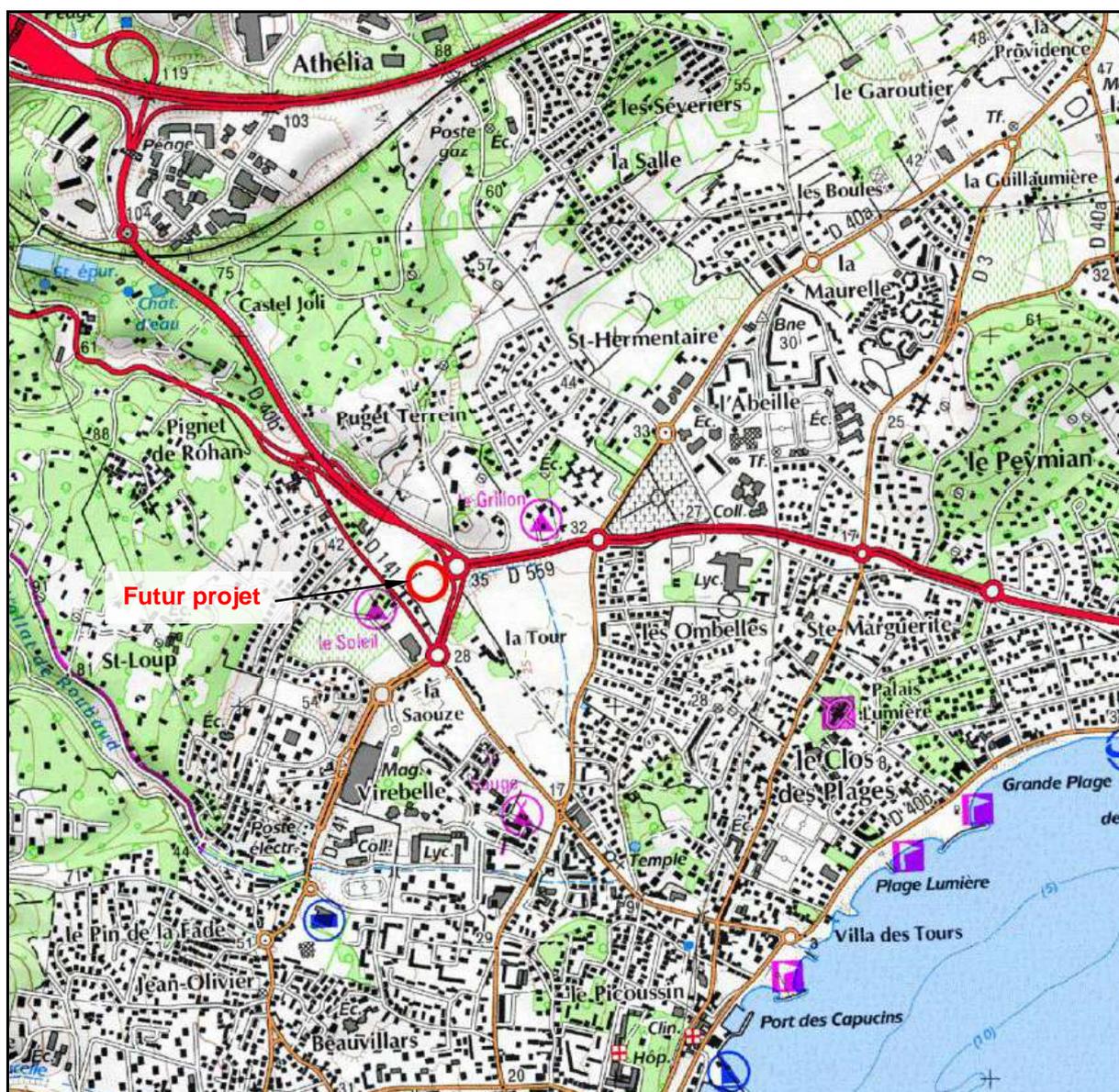


Figure 2 : Localisation du terrain étudié sur photo aérienne





3 CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE ET BASSINS VERSANTS

- *Source : MM3364 ; Etude hydraulique sur un terrain communal – avenue du Caporal Chef Alain Deruy à La Ciotat ; Mars 2016*

3.1 VALLAT DE ROUBAUD

Le terrain communal assiette du projet appartient au bassin versant du Vallat de Roubaud. Ce dernier, constitue l'un des principaux talwegs qui drainent le territoire communal. Il recueille sur son parcours de nombreux vallons issus des collines situées au Nord et Nord-Ouest de la commune.

La figure 3 ci-après présente le bassin versant du Vallat de Roubaud d'une superficie totale de l'ordre de 21 km² et ses principaux sous-bassins versants :

- Vallat de Roubaud, branche principale au Sud ;
- Vallat de Roubaud, branche Athélia au Nord.

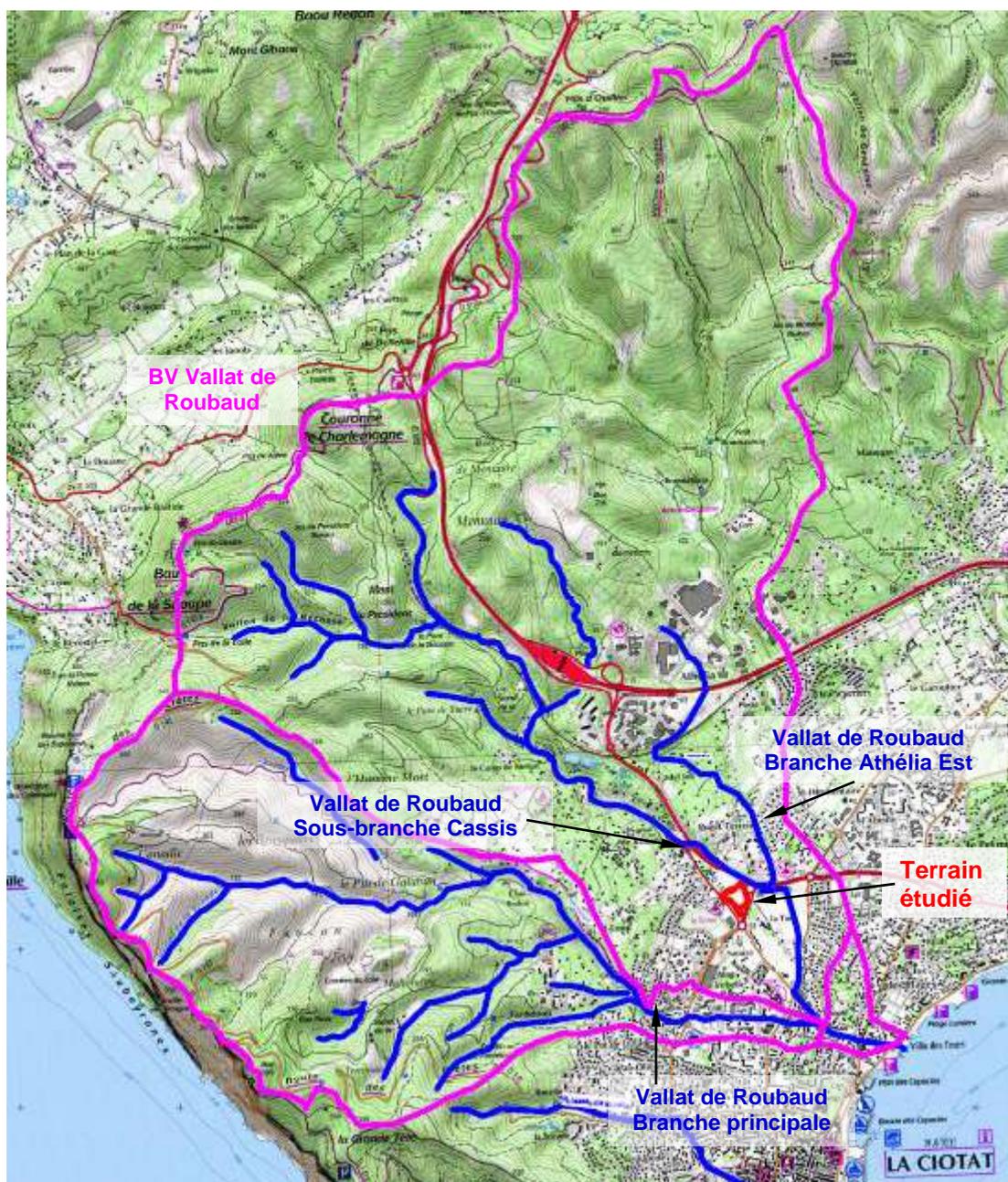
Le projet est situé plus précisément sur le bassin versant de la branche Nord du vallat de Roubaud, la branche Athélia. En particulier, le terrain à aménager se trouve au niveau de la confluence de deux-sous branches de la branche Athélia :

- La branche Athélia (amont), à l'est, dont le nom est conservé ;
- La branche Cassis, à l'ouest.

Conformément à la demande de la DDTM, les apports de la branche Cassis sont étudiés et intégrés au modèle hydraulique.

Ce cours d'eau traverse des secteurs urbains au droit du terrain étudié avant de se rejeter dans la branche principale du vallat puis de rejoindre son exutoire en mer.

Figure 3 : Bassin versant du vallat de Roubaud





3.2 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE AU DROIT DU TERRAIN ÉTUDIÉ

La configuration actuelle du secteur montre que pour les évènements pluviaux ordinaires, le terrain étudié est relativement isolé vis-à-vis des ruissellements amont et des principaux écoulements traversant la commune :

- du côté Est et Nord-Est, le remblai du giratoire de la RD559 fait barrage aux écoulements amont,
- du côté Nord, le réseau pluvial et le bassin de rétention du centre de secours constituent également une limite aux ruissellements provenant du nord,
- du côté Ouest, l'avenue Emile Bodin intercepte la majorité des ruissellements et les dirige vers le sud-est.

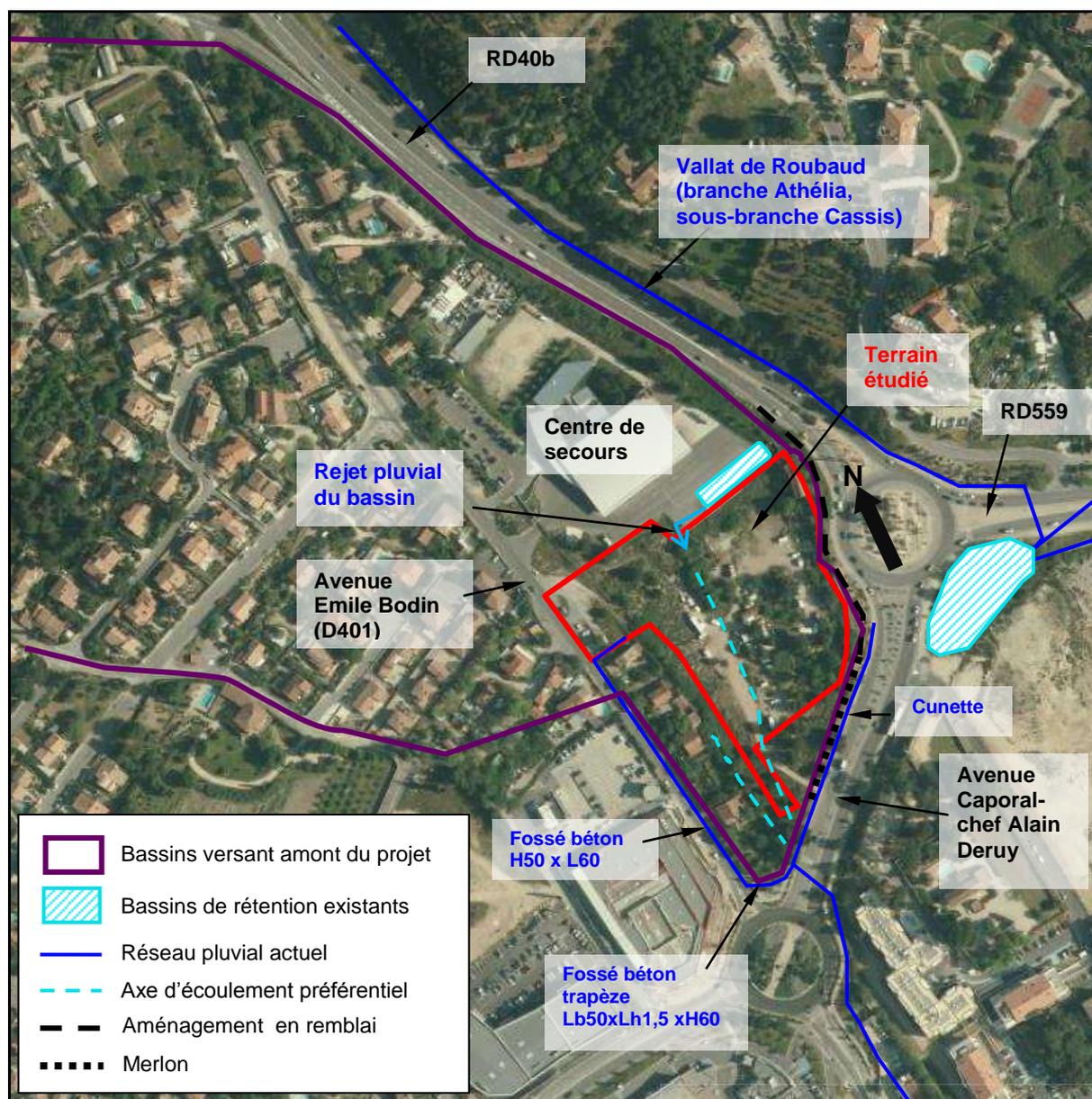
Durant la visite effectuée sur site, aucun fossé ou réseau pluvial traversant le terrain n'a été remarqué dans les endroits accessibles.

L'inspection des limites externes du terrain a permis en revanche de repérer le rejet du bassin de rétention du centre de secours qui se dirige vers le terrain. Ce rejet, dont le trajet est difficile à identifier, est vraisemblablement un rejet diffus sur le site (exutoire non trouvé sur le réseau pluvial communal en aval). Ce rejet s'ajoute au ruissellement propre du terrain.

Sur le terrain du projet, le ruissellement s'effectue le long de l'ancien axe d'écoulement préférentiel traversant le site vers le giratoire de Lattre de Tassigny puis rejoint le réseau d'assainissement pluvial communal (cf. Figure 4). Ce dernier achemine par la suite ces eaux le long de l'avenue Emile Bodin, puis de l'avenue E. Subilia et se rejettent dans le vallon de Roubaud qui s'écoule le long de l'avenue Camugli pour finir en mer (cf. Figure 5).

Le fonctionnement hydraulique local au droit du terrain étudié est schématisé sur la figure page suivante.

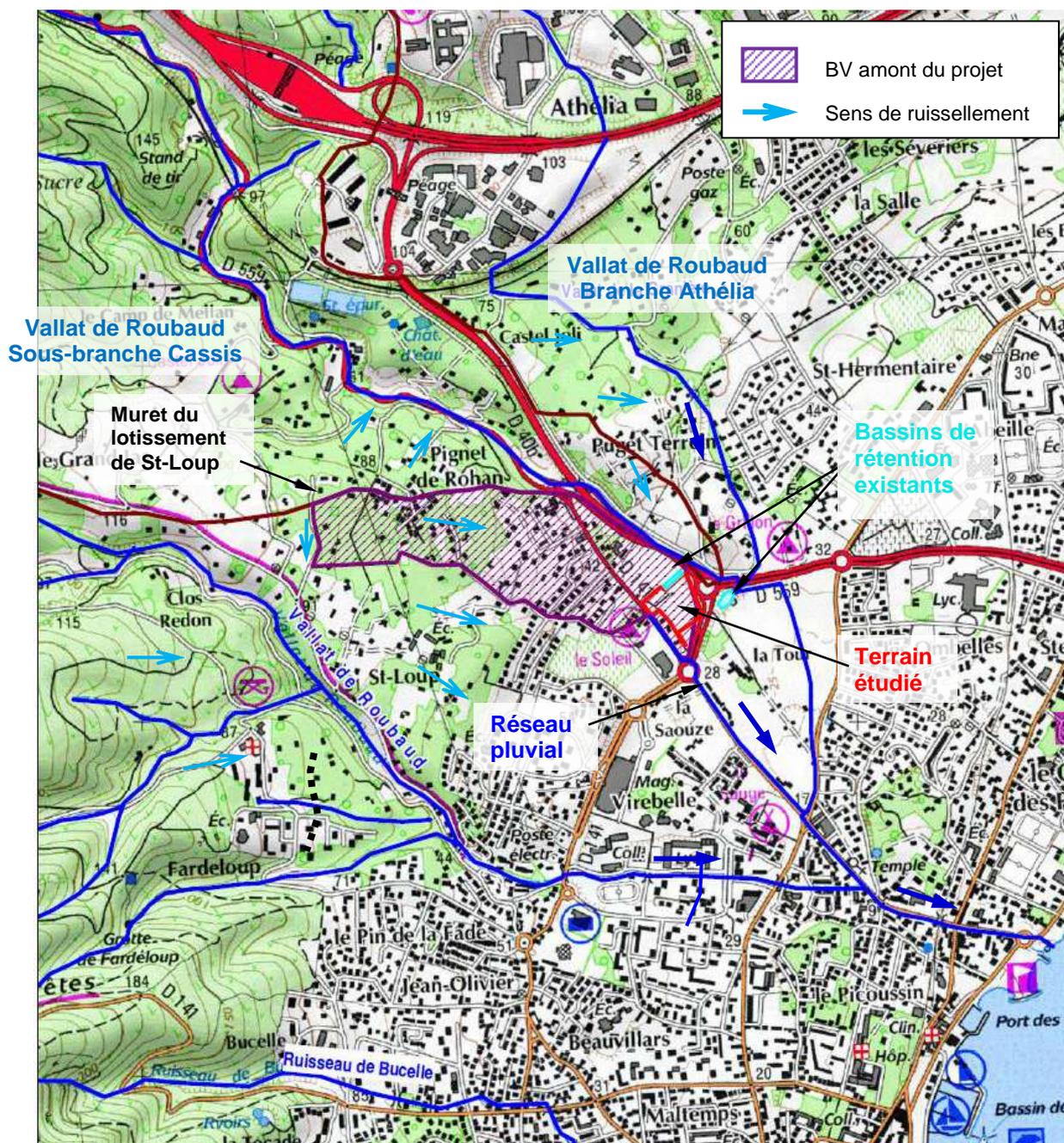
Figure 4: Fonctionnement hydraulique local à l'état actuel



La figure 5 en page suivante synthétise le fonctionnement hydraulique général du secteur.

N.B : Cette figure ne présente pas tous les bassins de rétentions existants dans le secteur. Les deux bassins de rétention schématisés sont les ouvrages situés à proximité du terrain étudié et repérés durant la visite du site.

Figure 5: Contexte hydrographique du secteur (1/15000)



En cas d'évènements pluvieux importants, le fonctionnement hydraulique est modifié :

- La partie des ruissellements prise en charge par l'avenue Emile Bodin est considérée nulle en cas d'un orage important. Les débordements et le débit total d'un évènement extrême sont donc dirigés vers le terrain étudié.
- Le réseau de collecte des eaux pluviales du centre de secours et son bassin de rétention n'ont aucun effet tampon sur les débits et volumes d'un orage extrême. Les flux de débordement de ce dispositif pluvial se dirigent directement vers le terrain.

La figure n°5 présente le bassin versant intercepté par le projet pour ce type d'évènement.



L'analyse hydraulique élargie doit également porter sur la sous-branche « Cassis » du vallat de Roubaud, compte tenu du cheminement de celle-ci en bordure de la RD40b, située à la limite du terrain étudié. En effet, le réseau pluvial dans ce secteur est constitué d'un caniveau de 80 cm de profondeur par 80 cm de large, possiblement insuffisant (cf. photographie ci-dessous). Il semble largement sous-dimensionné au regard du bassin versant drainé.

Figure 6: Caniveau de collecte



Figure 7: Glissière de sécurité continue avec dispositif pour les motos





De l'autre côté de la route, une glissière de sécurité continue (dispositif anti-franchissement des motos) et pouvant faire obstacle aux écoulements a été observée. Cette glissière s'arrête à la limite de la route départementale.

4 ETUDE HYDROLOGIQUE

- Source : MM3364 ; Etude hydraulique sur un terrain communal – avenue du Caporal Chef Alain Deruy à La Ciotat ; Mars 2016

4.1 PLUVIOMÉTRIE

La pluviométrie de référence retenue pour la commune est la pluviométrie de poste météorologique de Toulon.

Le climat du Var est méditerranéen : les fréquentes sécheresses estivales et les violents orages d'automne en sont les traits les plus connus.

La hauteur des précipitations annuelles est de l'ordre de **800 mm**.

Les événements pluvieux sont caractérisés par des précipitations très intenses, mais généralement de courte durée.

D'après l'analyse des valeurs observées sur le poste météorologique de Toulon, la pluie maximale journalière de fréquence décennale est de 108 mm environ (valeur centrée sur 24 heures).

$$P_{j10} = 108 \text{ mm}$$

Les hauteurs de pluies tombées pendant des durées inférieures à la journée sont issues de la station météorologique de Toulon sur la période d'observation 1971-2012.

Tableau 1 : Quantiles de pluie (en mm) pour la station météorologique de Toulon (1971-2012)

Période de retour	Durée de pluie							
	6 min	15 min	30 min	1h	2h	3h	12h	24h
5	10	17	25	37	47	54	86	109
10	11	20	30	45	56	64	101	127
20	13	23	34	52	65	74	117	146
50	15	26	40	63	78	89	138	172
100	16	29	45	72	89	101	157	195



Le bassin versant « Cassis » est quant à lui plus naturel, à dominante karstique. Le bassin versant est naturel, de part et d'autre de l'autoroute. Le thalweg principal se situe au niveau de l'ancienne route de Marseille (D559).

Ces bassins versants présentent les caractéristiques morphologiques suivantes :

Tableau 2 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants étudiés

Caractéristiques du bassin versant		Cassis	Sud
Superficie	ha	660.0	26.6
Longueur	m	5820	1120
Pente	%	4.8	5.6
Cote exutoire (mini)	m	36.0	29.5
Cote maxi	m	314.0	92.5

Dans l'optique de réaliser un modèle hydraulique bidimensionnel sur la zone étudiée, en tenant compte des apports de ces deux bassins versants, une pluie de projet a été construite à partir des coefficients de Montana.

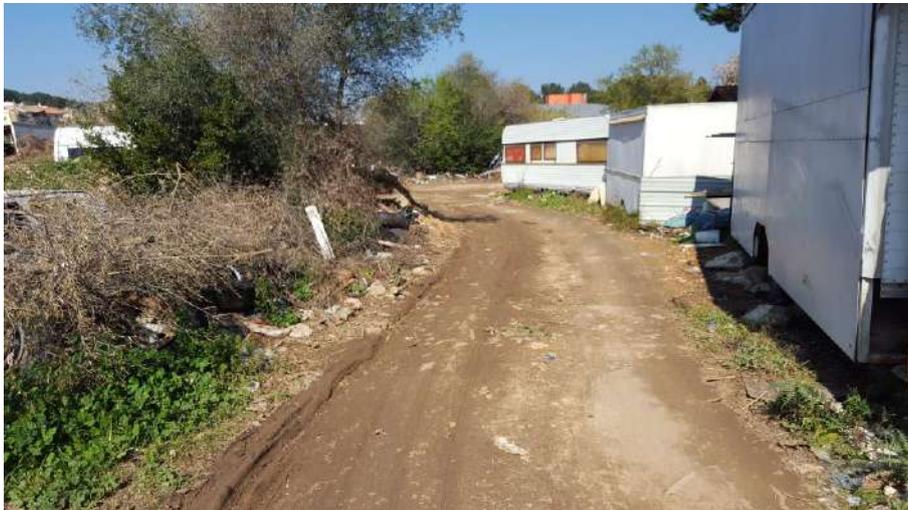
4.4 ETAT ACTUEL DU TERRAIN

Actuellement, le terrain est occupé par des remblais sauvages et des encombrants : terres, matériaux, véhicules et de la végétation. Les caravanes autrefois présentes ne le sont plus sur le terrain aujourd'hui.

L'analyse du risque inondation présentée par cette étude est basée sur la topographie Raster LITTO3D (1 point par mètre, précision altimétrique de l'ordre de 10 cm) pour l'état actuel.

Pour l'état aménagé, la topographie sur la parcelle étudiée est issue du plan masse communiqué.

Les photos suivantes illustrent l'état du site (en date du 01/03/2016) :





Bassin de rétention du centre de secours de la Ciotat



La photographie suivante, prise lors des reconnaissances de mai 2017, illustre l'absence de caravane sur le site.





4.5 PLUIE DE PROJET

L'analyse hydrologique est réalisée pour des événements centennal et exceptionnel ($1.5 \cdot Q_{100}$). Une pluie de projet a été définie à l'aide des coefficients de Montana centennaux.

Une pluie de type double-triangle a été retenue :

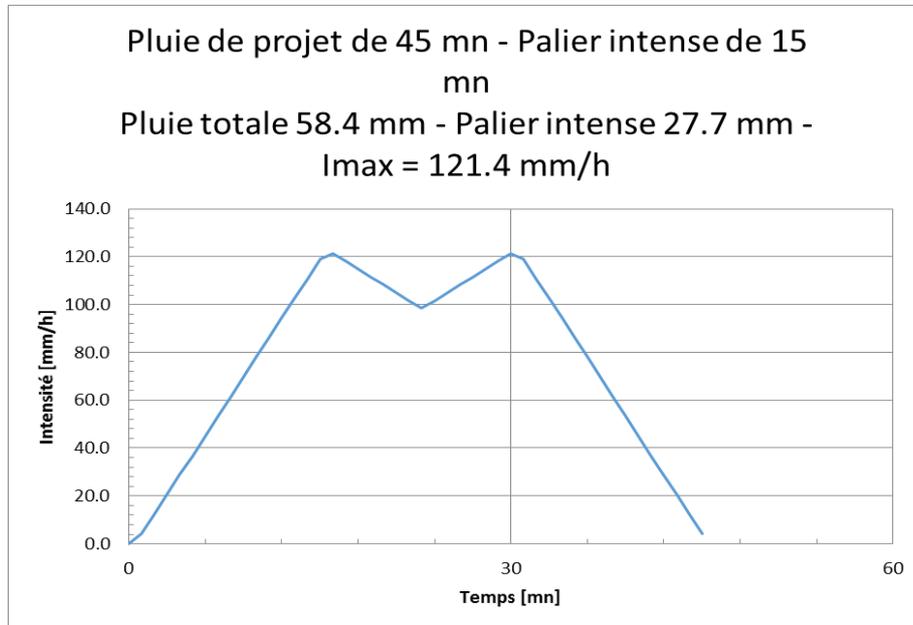


Figure 9: Pluie de projet centennale initiale

Compte tenu de la forme peu conventionnelle de la pluie respectant rigoureusement les quantiles de pluie, cette pluie a été adaptée pour retrouver un pic central :

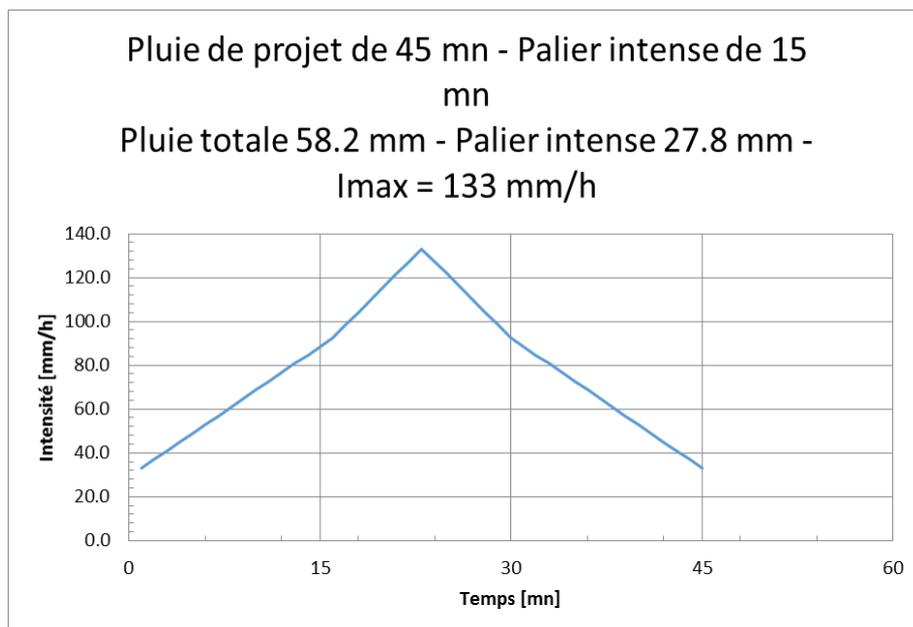


Figure 10: Pluie de projet centennale retenue

La forme de pluie retenue permet de respecter rigoureusement les quantiles de précipitation et fait apparaître un pic central unique.

4.6 CALCUL DES DÉBITS DE REFERENCE

La quantification du risque inondation du terrain est établie à partir du calcul du débit de la pluie d'occurrence centennale et d'une pluie supérieur appelée « pluie exceptionnelle ».

Le débit centennial caractéristique a été calculé à l'aide d'un modèle pluie-débit

Le tableau suivant présente les résultats obtenus à partir des caractéristiques morphologiques et des coefficients de ruissellement déterminés :

Tableau 3 : Débits de référence drainés au droit du projet

Caractéristiques du bassin versant		Cassis	Sud
Superficie	ha	660.0	26.6
Coeff. ruissellement décennal	%	14	34
Coeff. ruissellement centennal	%	37	50
Temps de concentration décennal	min	94.88	17.48
Temps de concentration centennal	min	69.17	16.29
Débit de pointe centennal	m ³ /s	31.27	3.38
Débit pseudo-spécifique centennal ($Q_{ps} = Q/S^{0.8}$)	m ³ /s/km ^{1.6}	6.91	9.75
Débit de pointe exceptionnel ($Q_{except} = 1,5 * Q_{100}$)	m ³ /s	46.90	5.07

Le débit exceptionnel n'a pas de valeur réglementaire, à l'inverse du débit centennial, mais permet d'évaluer le risque inondation du terrain pour une crue extrême et **d'être sécuritaire vis-à-vis des incertitudes relatives à l'estimation du débit centennial et face aux risques de défaillance des ouvrages hydrauliques.**

Le débit centennial sera ainsi la référence pour définir les incidences des aménagements sur l'amont et l'aval du projet. Mais c'est le débit exceptionnel qui servira de calage des aménagements sur la parcelle du projet de multiplexe.

Ce résultat de calcul du débit centennial a été obtenu à l'aide de la méthode du réservoir linéaire. Les débits pseudo spécifiques obtenus sont relativement faibles pour des bassins versants naturels à semi-urbanisés mais restent cohérents compte-tenu du caractère karstique de la région.



L'hydrogramme injecté en amont du modèle, correspondant à l'exutoire de la branche Cassis du Vallat de Roubaud, est donné ci-dessous :

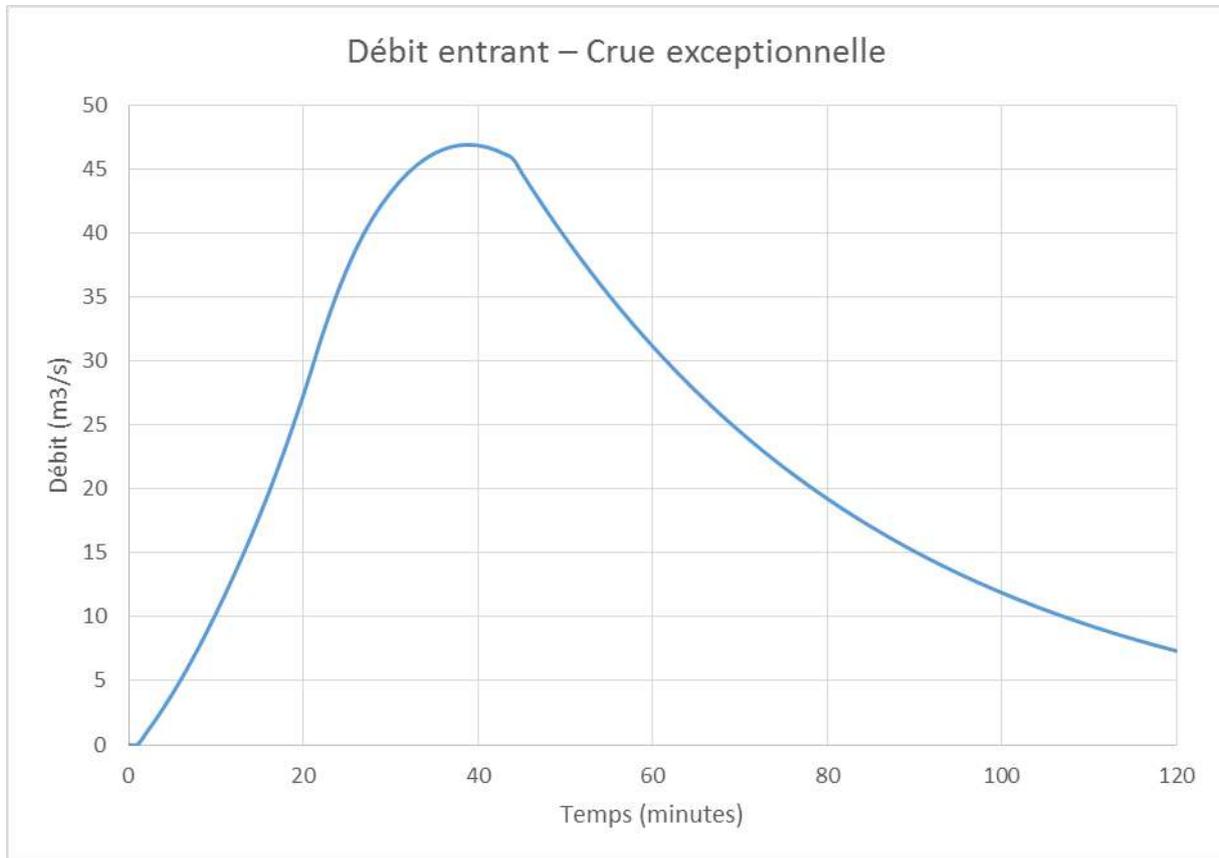


Figure 11: Hydrogramme entrant dans le modèle – crue exceptionnelle

***NB :** Pour le bassin versant « Sud », il a été choisi d'injecter la pluie sur le modèle de surface bidimensionnel, sans passer par un modèle pluie-débit. En effet, il n'existe pas d'exutoire unique où le débit pourrait être injecté de manière réaliste. La méthodologie retenue pour ce bassin versant permet en outre de modéliser avec précision la genèse du ruissellement.*

5 ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'ÉTAT ACTUEL

Compte tenu de la difficulté à modéliser le ruissellement par des outils simplifiés, de la complexité des phénomènes mis en jeu (faible lame d'eau, nombreux obstacles aux écoulements en lit majeur densément urbanisé, plusieurs axes d'écoulement...), une modélisation couplée 1D/2D des écoulements a été réalisée. Le logiciel utilisé pour cela est MIKE FLOOD distribué par la société DHI (Danish Hydraulic Institute).

La première approche réalisée en modélisation 1D a ainsi été actualisée par l'approche bidimensionnelle ci-dessous.

Cet outil permet le couplage d'un modèle 1D (lit mineur, caniveaux), et d'un modèle 2D (champ d'expansion de crue, lit majeur) sous les interfaces respectives MIKE 11 et MIKE 21.

Le modèle bidimensionnel se compose d'un découpage fin du secteur d'étude permettant de connaître à chaque instant de simulation les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement en chaque maille du modèle, donnant localement les caractéristiques principales d'écoulement.

Afin de créer une interface permettant les échanges entre les modèles 1D et 2D, différents types de liens ont été utilisés :

- Liens de déversement latéral au niveau des berges des lits mineurs,

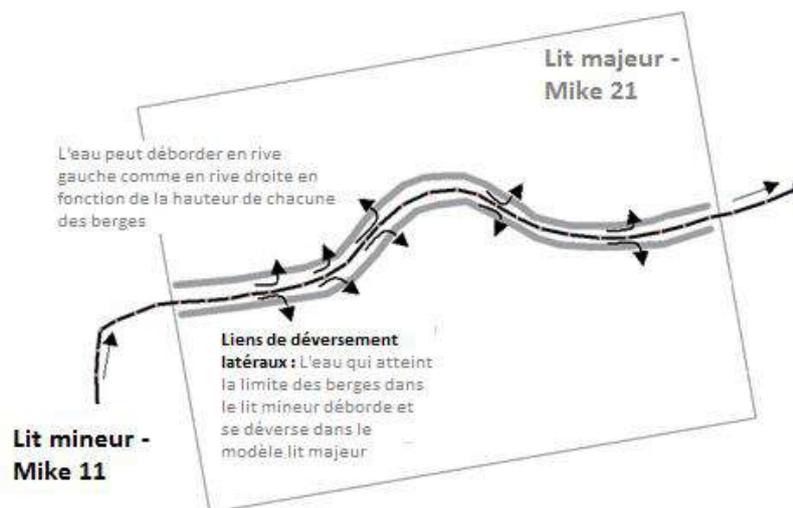


Figure 12 : Couplage 1D/2D par liens de type déversement latéral

Le modèle mis en œuvre permet donc d'obtenir une description précise du champ des vitesses et des axes d'écoulement. Autrement dit, il est possible de simuler les crues en temps réel, les vitesses, les directions d'écoulement et les hauteurs d'eau étant connues en tout point et à chaque instant.

5.1 CONSTRUCTION DU MODÈLE

5.1.1 MODÈLE 1D DES « COURS D'EAU »

Un modèle 1D représentant le lit mineur des tronçons de « cours d'eau » modélisés a été construit sur la base des levés topographiques réalisés dans le cadre de la présente mission.

NB : Dans le cas présent, « cours d'eau » désigne pour l'état actuel le caniveau en fond de vallon de la route de Marseille, qui collecte les écoulements provenant du bassin versant « Cassis ». À l'état projet, d'autres caniveaux et fossés seront ajoutés au modèle 1D.

Ce modèle est constitué de profils en travers levés lors des reconnaissances de terrain. Il intègre également les ouvrages hydrauliques (franchissement de voiries) identifiés.

Le nivellement des profils a été réalisé en relatif, compte-tenu de la disponibilité de l'altimétrie sur la route et de la profondeur uniforme du caniveau.

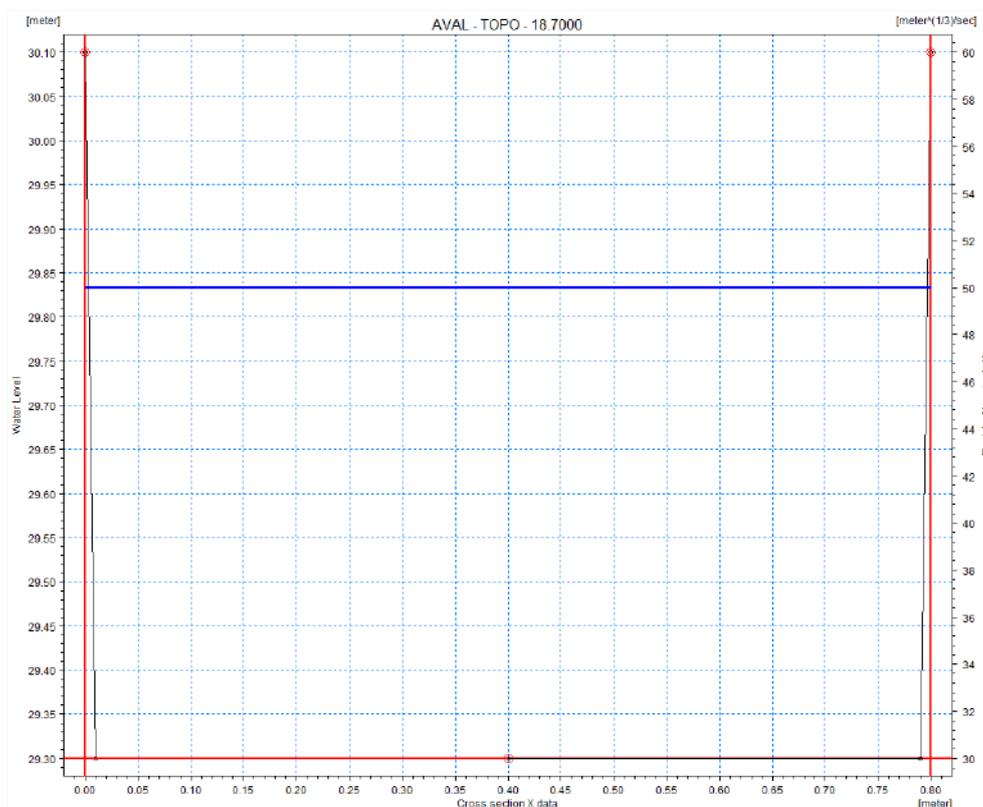


Figure 13 : Exemple de profil en travers modélisé

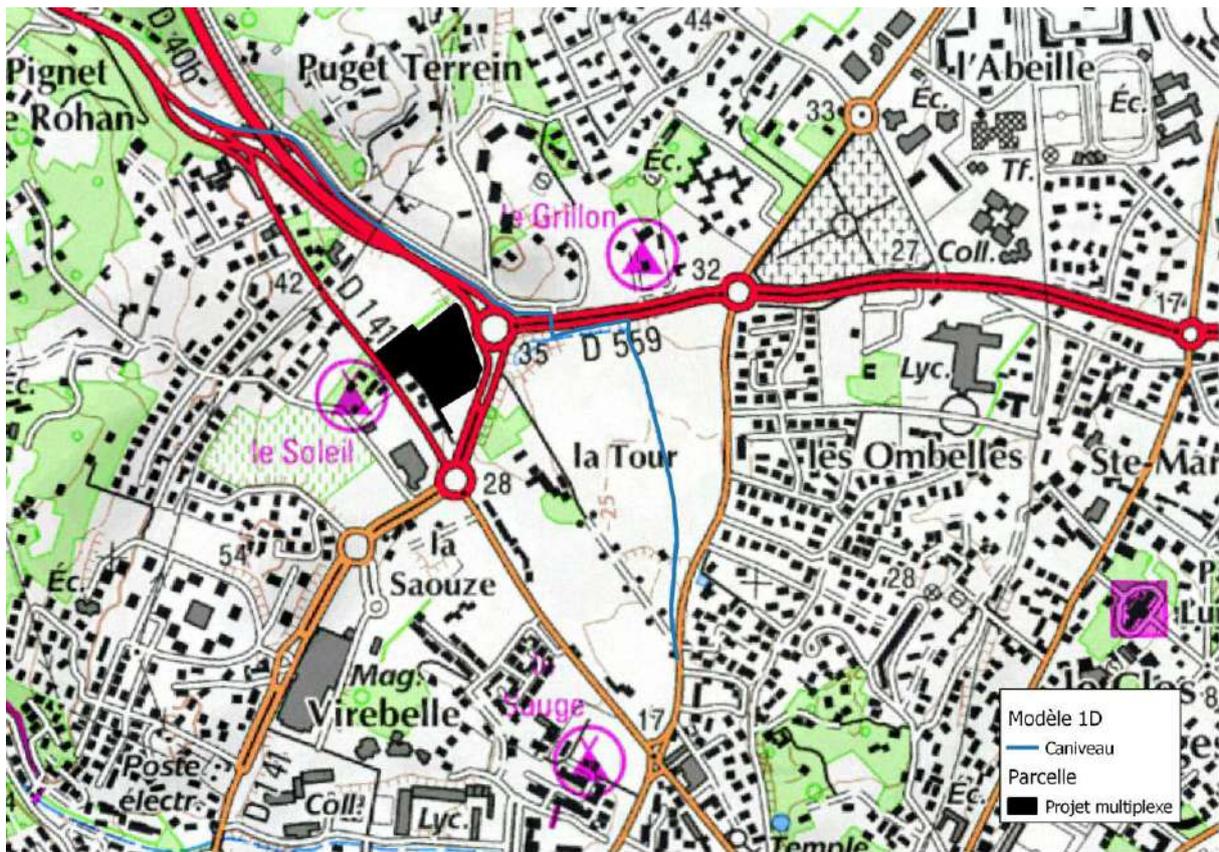


Figure 14 : Tronçons modélisés en 1D sous MIKE 11 à l'état actuel

Les coefficients de rugosité moyens retenus en lit mineur dépendent de la sinuosité et de l'encombrement par la végétation. Ils ont été déterminés lors des reconnaissances de terrain, en fonction des constats effectués, du retour d'expérience et des abaques :

- Caniveau béton : 50 à 60 $m^{1/3}/s^{-1}$

Notons que ces valeurs sont appliquées aux profils en travers soit uniformément sur toute la section, soit en dissociant les berges rive droite et rive gauche du fond du lit, comme cela est illustré en Figure 13 : Exemple de profil en travers modélisé. Dans le cas présent, la rugosité est uniforme dans le profil en travers.



5.1.2 MODÈLE 2D DU LIT MAJEUR

Un modèle topographique du lit majeur au droit de la zone d'étude a été réalisé sur la base du levé LIDAR disponible, de type LITTO3D. L'information altimétrique est alors disponible en chaque mètre carré du territoire.

La superficie du secteur modélisé en 2D est d'environ **71 ha**. Ce modèle est constitué de mailles carrées de **4 m x 4 m**, soit un nombre total de points de calcul d'environ **45 000**. Chaque maille correspond à un point de calcul pour lequel le modèle fournit une valeur de hauteur d'eau ainsi qu'une vitesse et une direction d'écoulement à chaque instant de simulation. L'altimétrie de chacune des mailles a été obtenue par une méthode de triangulation à partir du modèle numérique au pas de 1 mètre.

La figure ci-dessous présente une vue en plan du modèle topographique réalisé sur la base du levé LITTO3D, par la méthodologie décrite ci-après.

A partir du modèle numérique au pas de 1 mètre, l'intégration des éléments topographiques structurants s'est faite sur la base de la construction de grille de pente. Ces éléments structurants sont de trois types :

- Points hauts ;
- Points bas ;
- Lits mineurs.

Une représentation du grid de pente est donnée ci-dessous (pente forte en rouge, pente nulle en bleu) :

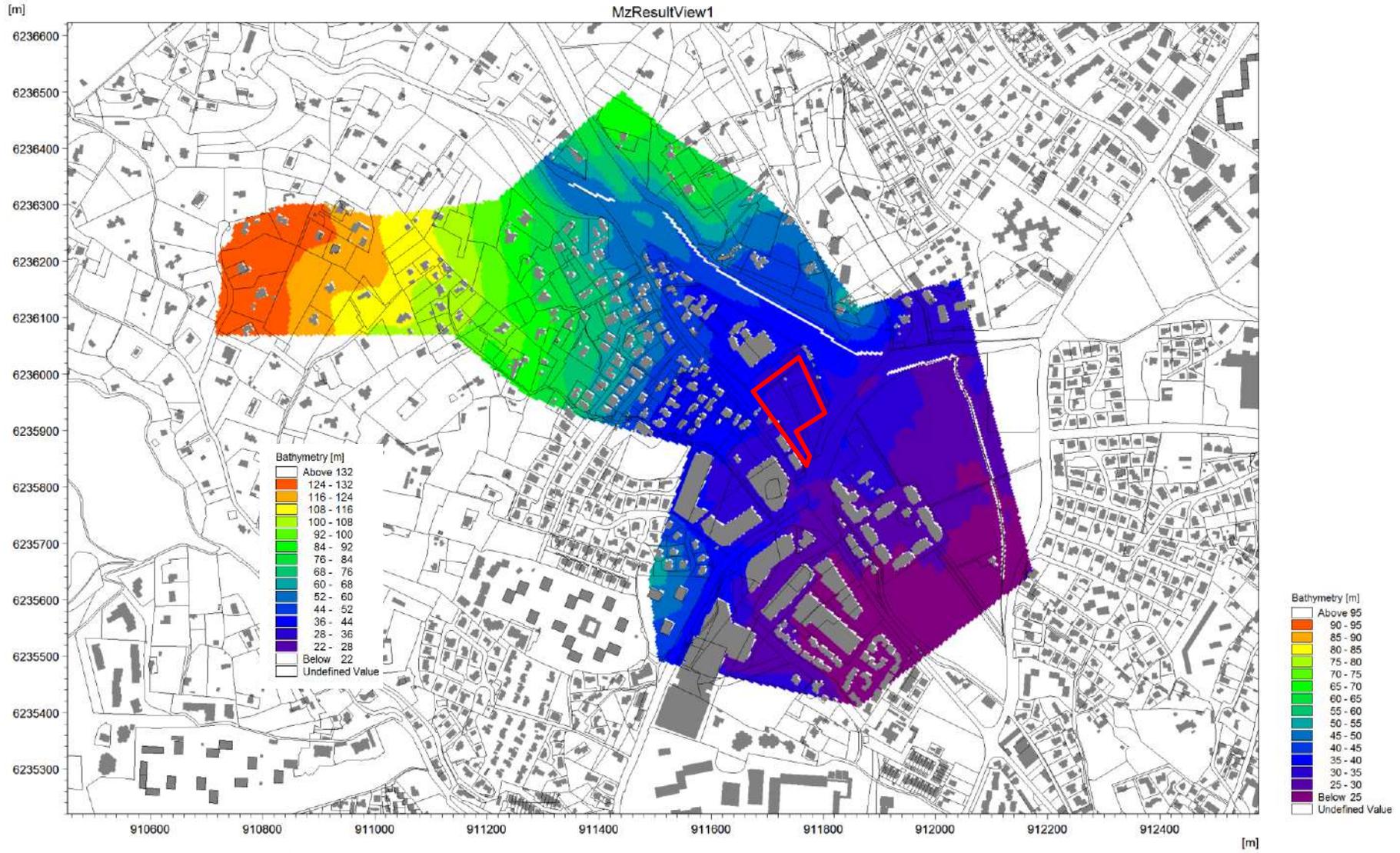


Figure 15 : Modèle topographique (MIKE 21) de la zone étudiée



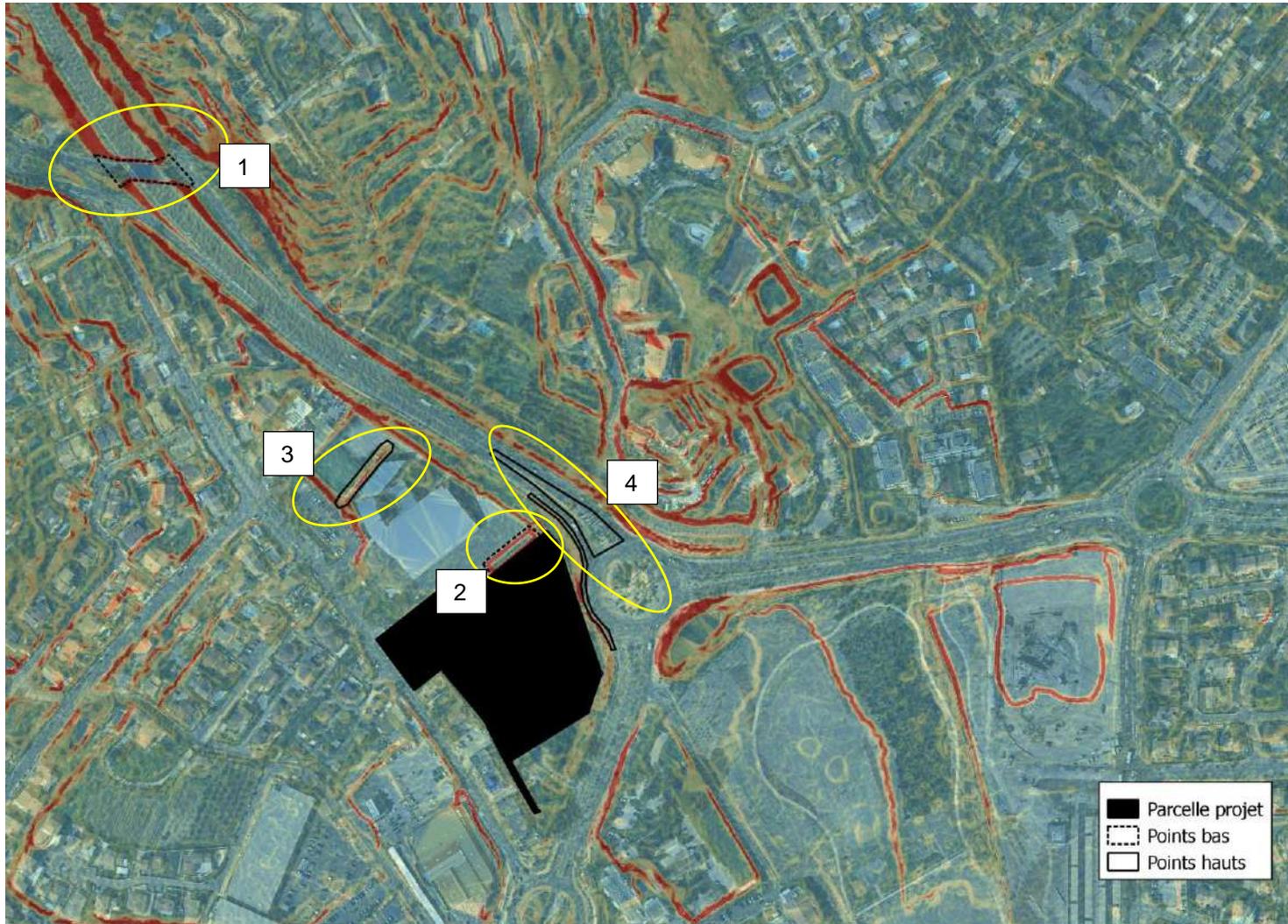


Figure 16 : Exemple de différents types d'éléments structurants



Sur la figure ci-dessus, on peut identifier :

1. Le franchissement de la bretelle autoroutière par la RD559, dont il est important de respecter rigoureusement la largeur (les apports en eaux de la branche Cassis passent par cet axe) ;
2. Le bassin de rétention du centre de secours, modélisé en 2D ;
3. Un talus entre le terrain de sport et le centre de secours ;
4. Les terres pleins centraux routiers, qui de par leur élévation suffisamment importante (de l'ordre de 20 cm), méritent d'être intégrés au modèle puisqu'ils jouent un rôle dans le guidage des écoulements sur la chaussée. Le merlon en bord de RD40b qui joue un rôle d'obstacle aux écoulements.

Le traitement des discontinuités topographiques a été réalisé suivant la méthodologie la plus adaptée : création d'une ligne continue de crête afin d'assurer **la continuité et l'altimétrie des crêtes** de digues notamment. Un second modèle topographique MIKE 21 est alors créé en intégrant rigoureusement ces crêtes de digues puis « collé » sur le MNT original.

Par exemple, les terre-pleins centraux ont été intégrés après avoir été identifiés comme points hauts. De même, le bassin du centre de secours a pu être intégré après avoir été identifié comme point bas.

Enfin, **les bâtiments cadastrés ont été intégrés au modèle en tant qu'obstacles à l'écoulement** (mise hors d'eau). Une valeur arbitraire de 500 m NGF est alors imposée aux mailles du modèle comprises dans l'emprise d'un bâtiment.

Ainsi, le modèle topographique MIKE 21 final est construit tout d'abord par triangulation des valeurs altimétriques du LITTO3D, puis les éléments structurants fins et les bâtiments sont intégrés de manière précise, afin de représenter le plus finement possible la répartition des écoulements.

Sur le même principe que le modèle topographique, un modèle de rugosité a été réalisé. Il traduit le caractère plus ou moins lisse ou rugueux du terrain naturel, en fonction de l'occupation du sol. La figure ci-dessous présente le zonage de rugosité réalisé.



Figure 17 : Zonage du coefficient de Strickler sur la zone étudiée

Ainsi, les 2 modèles MIKE 11 (lit mineur) / MIKE 21 (lit majeur) sont couplés sous MIKE FLOOD.

5.2 RÉSULTATS

5.2.1 CRUE CENTENNALE



Figure 18 : Etat actuel – Dynamique des écoulements – Crue centennale

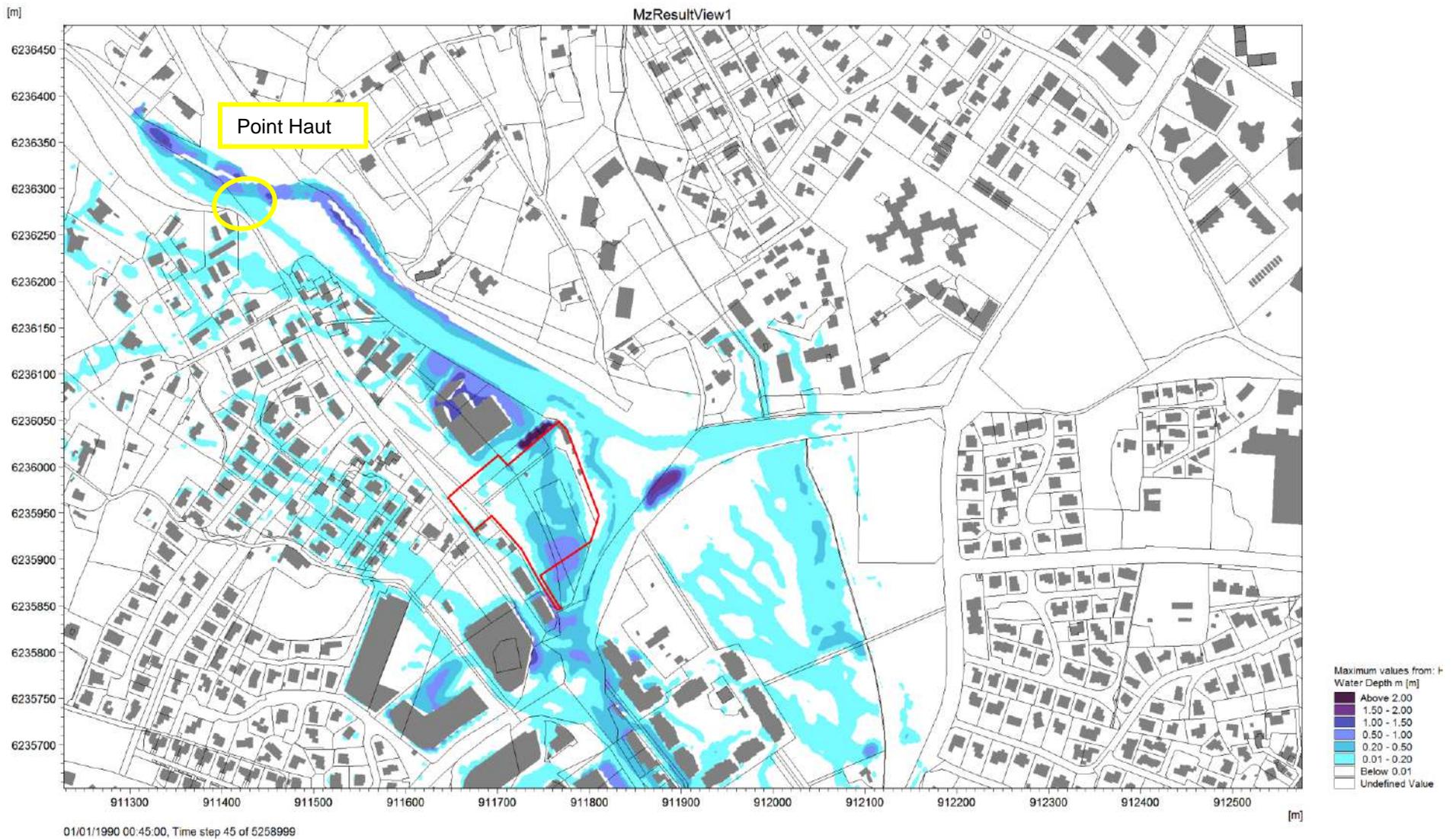


Figure 19 : Etat actuel – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale

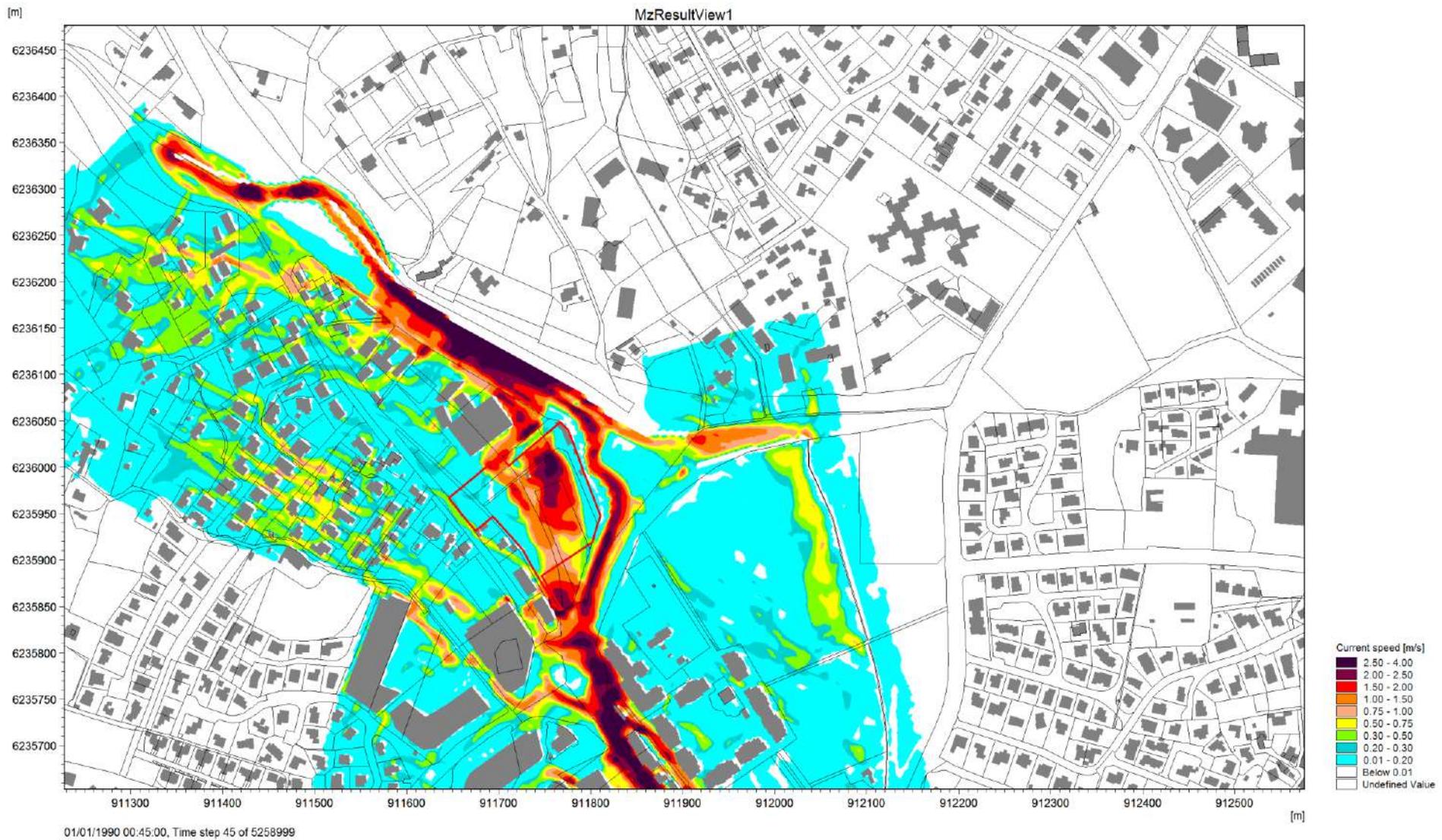


Figure 20 : Etat actuel – Vitesses maximales – Crue centennale

5.2.2 CRUE EXCEPTIONNELLE



Figure 21 : Etat actuel – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle

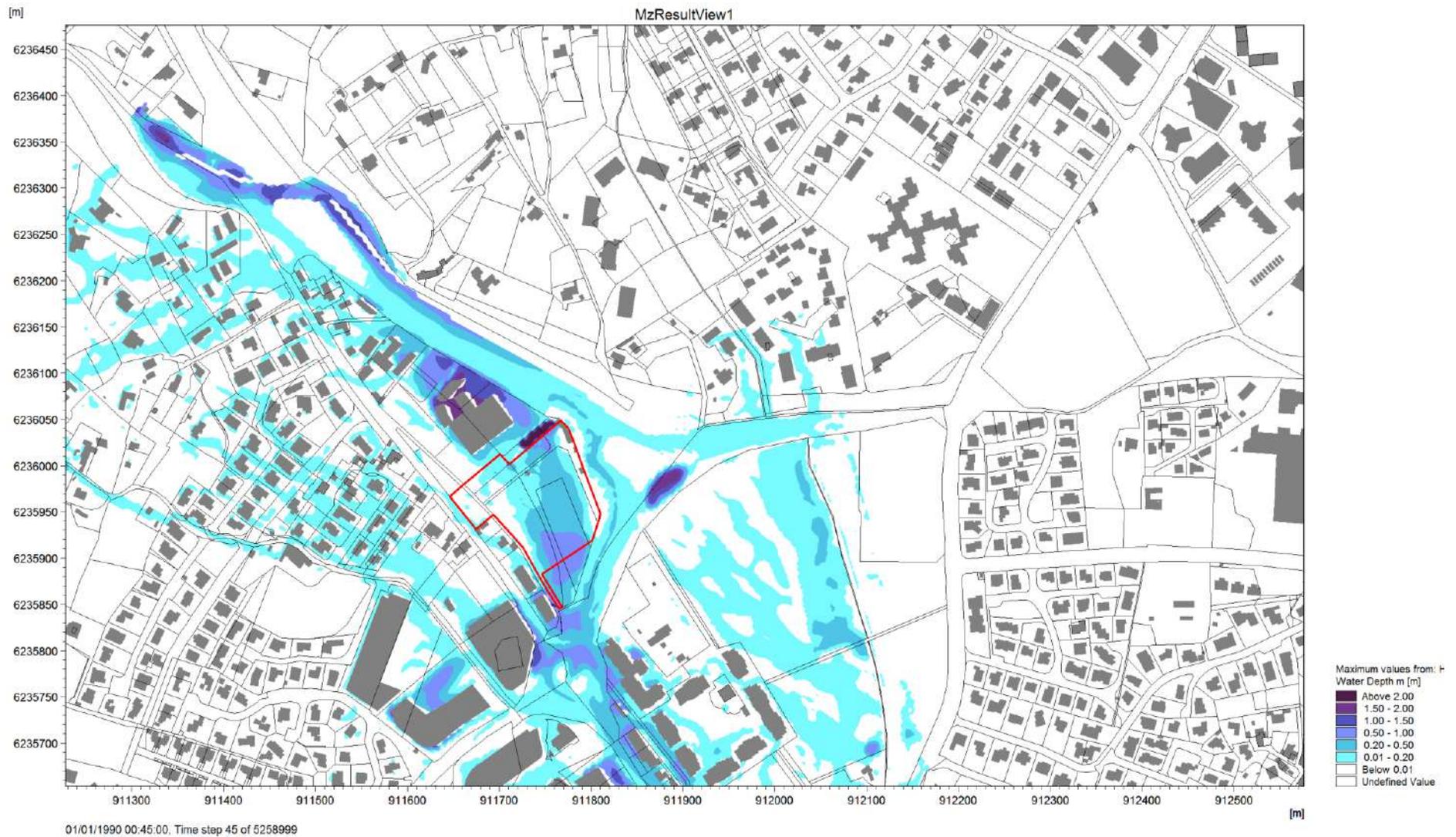


Figure 22 : Etat actuel – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle

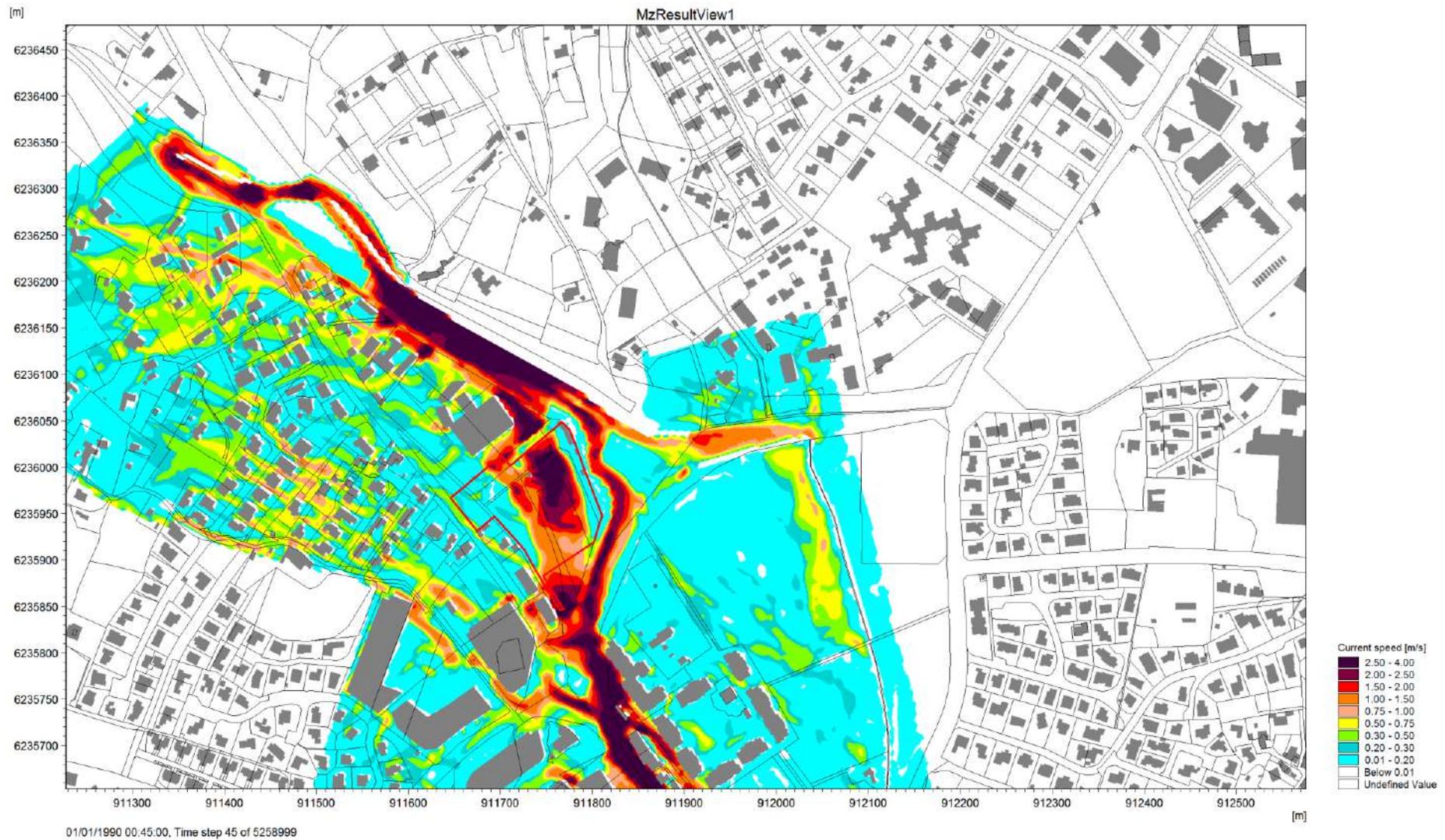


Figure 23 : Etat actuel – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle



En crue centennale comme en crue exceptionnelle, la modélisation de l'état actuel nous apporte les réponses suivantes :

- La branche Cassis du vallon de Roubaud déborde bien vers la parcelle d'étude, en surversant par-dessus la RD40b.
- **Les débits au droit de la parcelle à aménager sont de 20 m³/s en crue centennale et 34 m³/s en crue exceptionnelle ;**
- L'aval de la parcelle à aménager marque une légère zone de rétention naturelle (hauteurs d'eau supérieures à 50 cm) ;

Tableau 4 : Résultats au niveau de la parcelle à aménager

Résultats parcelle projet	Crue centennale	Crue exceptionnelle
Hauteur d'eau moyenne (cm)	25	35
Vitesse moyenne (m/s)	1.2	2.0

Tableau 5 : Résultats en amont de la parcelle à aménager

Résultats amont	Crue centennale	Crue exceptionnelle
Débit sous la bretelle autoroutière (m ³ /s)	31.26	46.37
Débit au niveau du point haut (m ³ /s)	0.10	0.53

Le point haut est repéré ci-dessous :

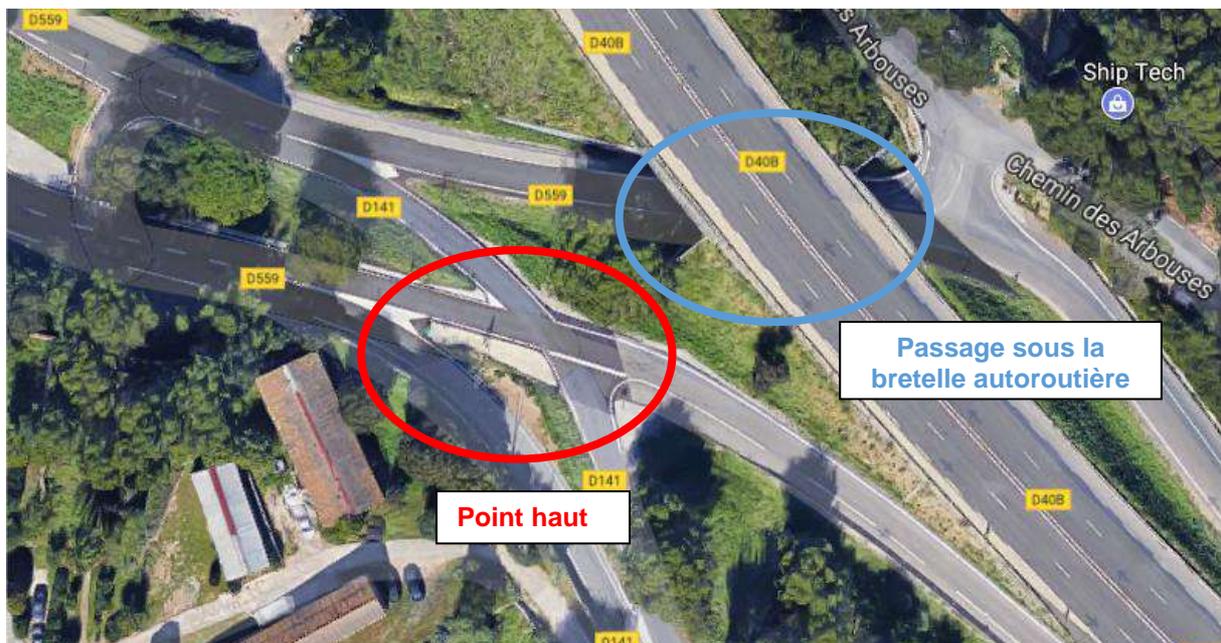


Figure 24 : Localisation du point haut et du passage sous la bretelle



Ainsi, des aménagements sont nécessairement à prévoir pour contrôler le caractère inondable de la parcelle à aménager.

Une première étude hydraulique (*MM3521 ; Etude hydraulique – projet de Multiplexe à La Ciotat ; Avril 2017*) avait permis de définir des aménagements visant à supprimer l'aléa inondation sur le secteur.

Ces aménagements sont détaillés ci-après et constitueront une base à l'état projeté.

6 PRÉSENTATION DU PROJET D'AMÉNAGEMENT

6.1 PRÉSENTATION DU PLAN DE MASSE

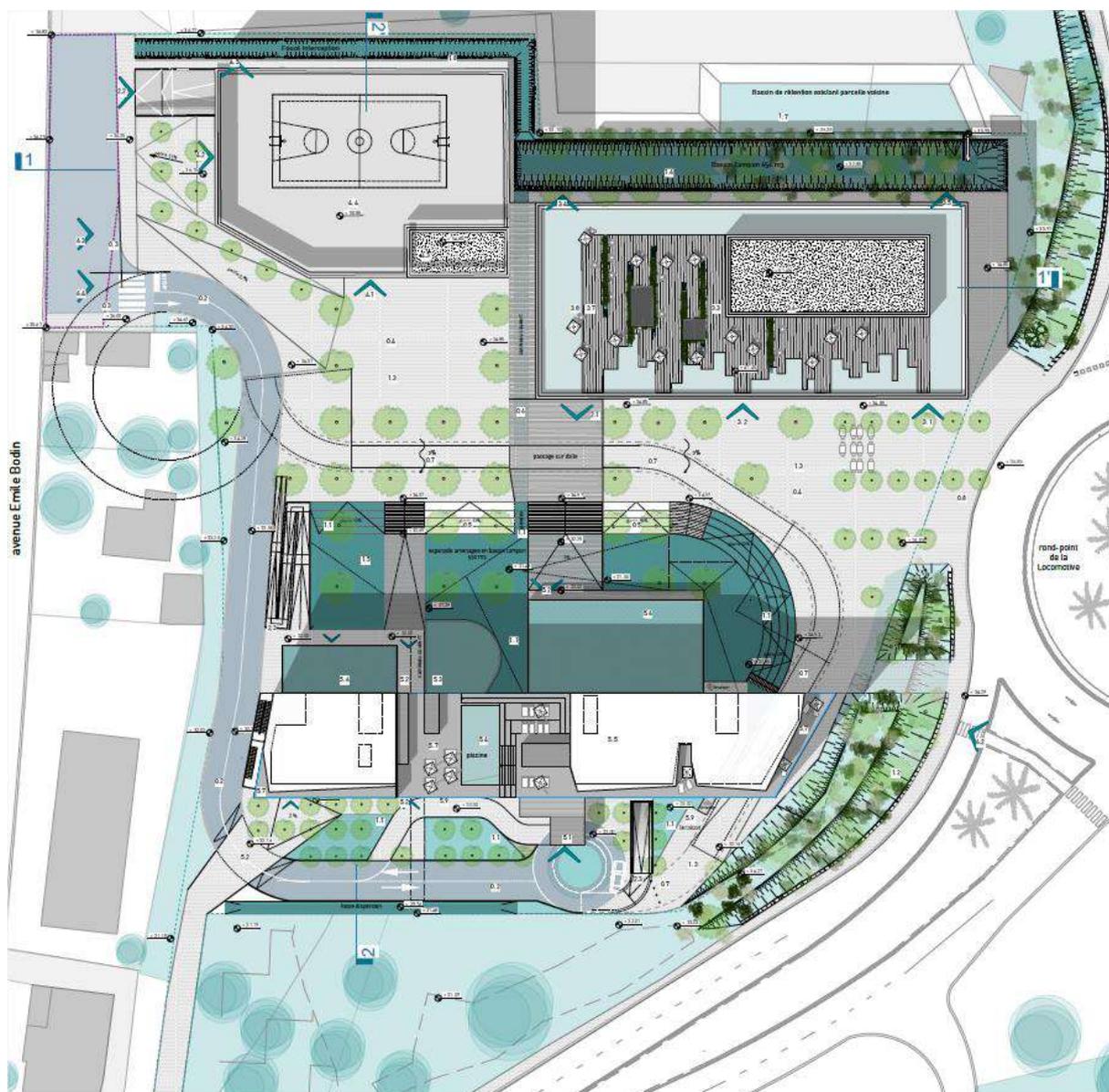
Le terrain assiette du projet a une superficie totale de 14 385 m².

L'opération comprend deux bâtiments : le bâtiment nord accueillera des salles de sport et un complexe cinématographique, le bâtiment sud sera un hôtel.

L'ensemble des stationnements sera en sous-sol. La majeure partie du terrain sera donc piétonnier, aménagée par un revêtement favorisant l'infiltration sur place des eaux de ruissellement.

Un plan de masse est présenté en annexe 1, un extrait est présenté ci-dessous :

Figure 25: Plan de masse de l'opération



Le bilan des surfaces imperméabilisées et les coefficients de ruissellement associés sont les suivants :

Tableau 6: Bilan des surfaces en l'état actuel et en l'état projet

Type de surface	Actuel		Projet	
	Surface (m ²)	Cruiss	Surface (m ²)	Cruiss
Espaces verts boisés		0.10		0.10
Espaces verts engazonnés	14385	0.20	407	0.20
Espaces verts sur dalle		0.40		0.40
Surface en béton poreux, stabilisé ou en pavage à larges joints		0.60	6166	0.60
Chaussées à structure réservoir perméable sur sol sableux		0.40		0.40
Chaussées à structure réservoir perméable sur sol limoneux		0.70		0.70
Parking végétalisé		0.70		0.70
Surfaces imperméabilisées (cheminements, voiries, parkings)		1.00	2849	1.00
Toiture végétalisée		0.60		0.60
Toiture imperméable		1.00	4963	1.00
Total	14385	0.20	14385	0.81



Référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments
Mise en application 20/01/2012

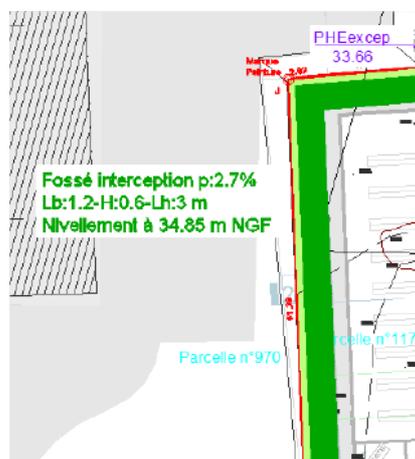
6.2 DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES PRÉVUS

➤ Source : MM3521 ; Etude hydraulique – projet de Multiplexe à La Ciotat ; Avril 2017

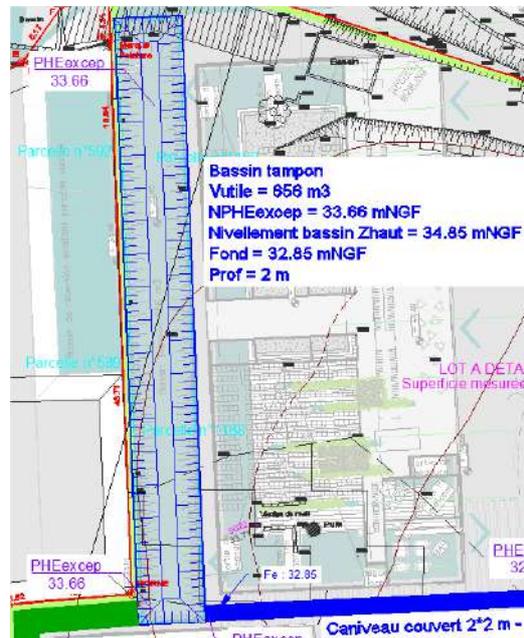
La vue en plan des aménagements hydrauliques est présentée en annexe 2, avec les PHE finalement atteints avec application des différents aménagements prévus.

D'amont en aval, les ouvrages mis en place seront les suivants :

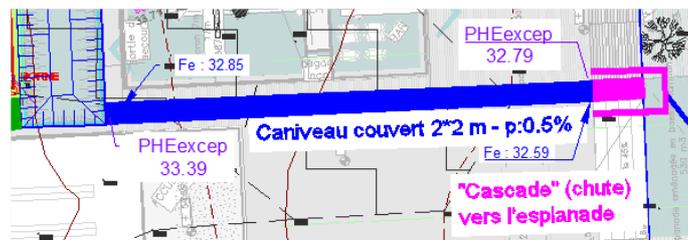
- Un fossé enherbé d'interception des écoulements amont sur limite nord-ouest (le long du bâtiment d'équipements sportifs) – section hydraulique de 1.26 m² et pente de 2.7% ;



- Un bassin tampon / d'interception des écoulements amont sur la partie nord-est (le long du bâtiment accueillant le cinéma) de 656 m³ ;

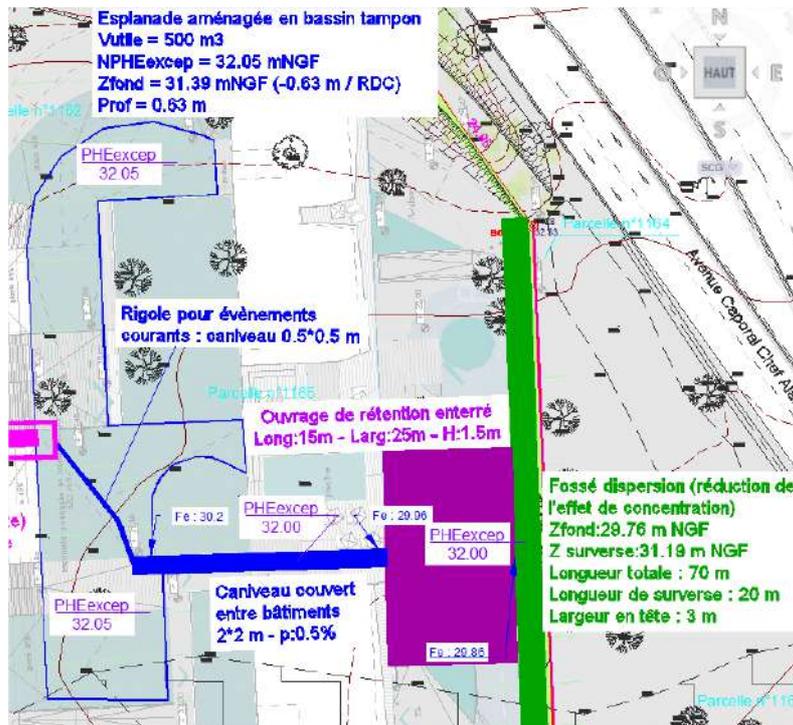


- Un caniveau de 2*2 m couvert par des platelages bois jusqu'à l'esplanade au pied de l'hôtel (pente de 0.5%), permettant d'assurer la transparence hydraulique des eaux amont et de collecter les ruissellements de l'opération ;
- L'aménagement d'une cascade contrôlant l'arrivée des écoulements sur l'esplanade de l'hôtel via un regard de dissipation ;

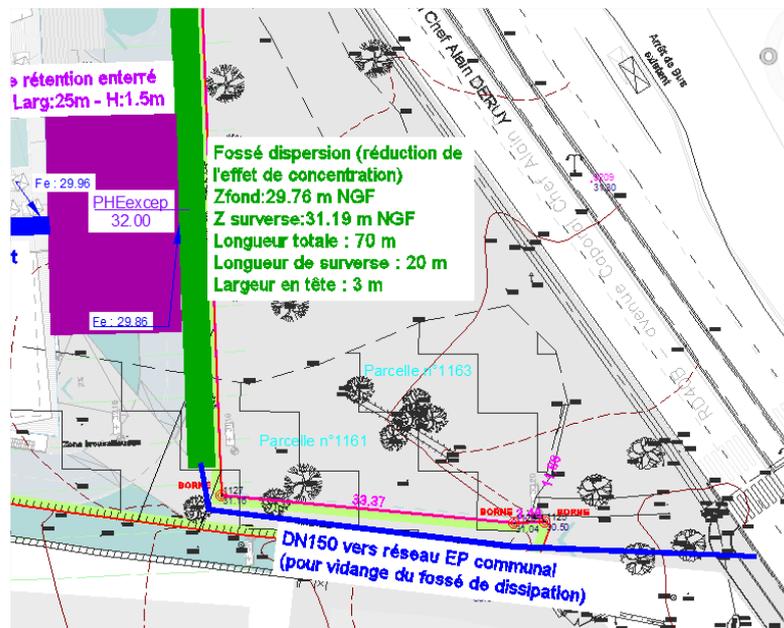


- L'esplanade de l'hôtel sera abaissée de façon à servir de bassin de rétention, le volume de stockage maximal est de 500 m³ ;
- Au sein de l'esplanade, une rigole 0.5*0.5 m semi-couverte permettra de drainer les écoulements fréquents (de l'ordre de l'occurrence quinquennale) ;
- Un caniveau de 2*2 m couvert (pente de 0.5%) puis un ouvrage de rétention jusqu'au fossé en limite sud de l'opération ;
- En bordure sud, afin de ne pas concentrer les écoulements et de ne pas modifier le fonctionnement actuel, une zone de surverse des écoulements sera aménagée. Il sera équipé

un collecteur ajutage en fond, il ne fonctionnera par surverse que pour les évènements importants et rares.



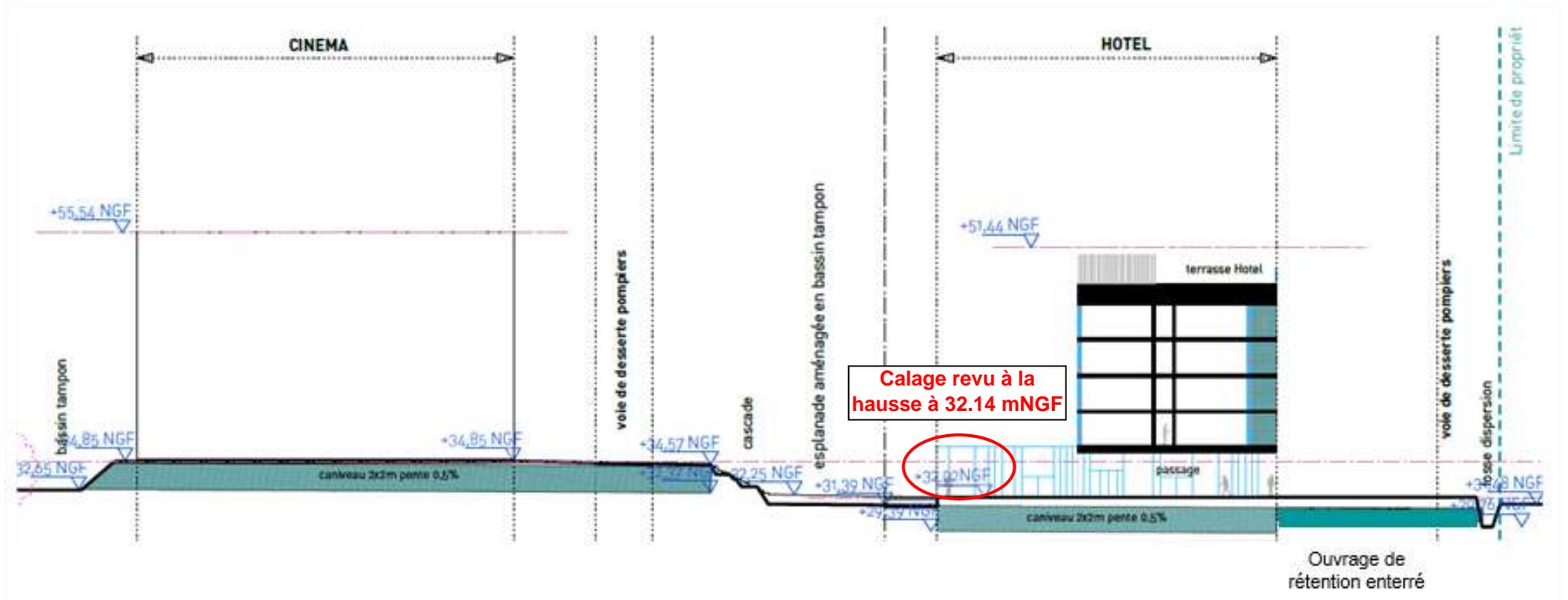
- Ce collecteur vidangeant le fossé sera raccordé au réseau pluvial communal de l'avenue du Caporal Chef Alain Deruy.



La coupe de principe est en page suivante. A noter que le calage du bâtiment Sud a été revu à la hausse de façon à répondre aux préconisations de rehausse vis-à-vis de la PHE exceptionnelle (cf résultats en fin du rapport).



Figure 26: Coupe de principe du réseau de drainage des eaux pluviales sur la parcelle du projet





7 ANALYSE HYDRAULIQUE BIDIMENSIONNELLE DE L'ÉTAT PROJETÉ

Dans un premier temps, les aménagements présentés ci-avant ont été testés dans le modèle hydraulique bidimensionnel.

7.1 ETAT PROJET INITIAL – AVEC AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES AU SEIN DE LA PARCELLE MULTIPLEXE

Compte-tenu des nouveaux apports hydrologiques, ces aménagements s'avèrent insuffisants pour réduire complètement l'aléa sur la parcelle projet. On constate notamment une hauteur d'eau de l'ordre d'1m50 (soit une PHE de 32.89 m NGF) sur l'esplanade et des débordements au niveau des accès aux parkings du complexe hôtelier.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

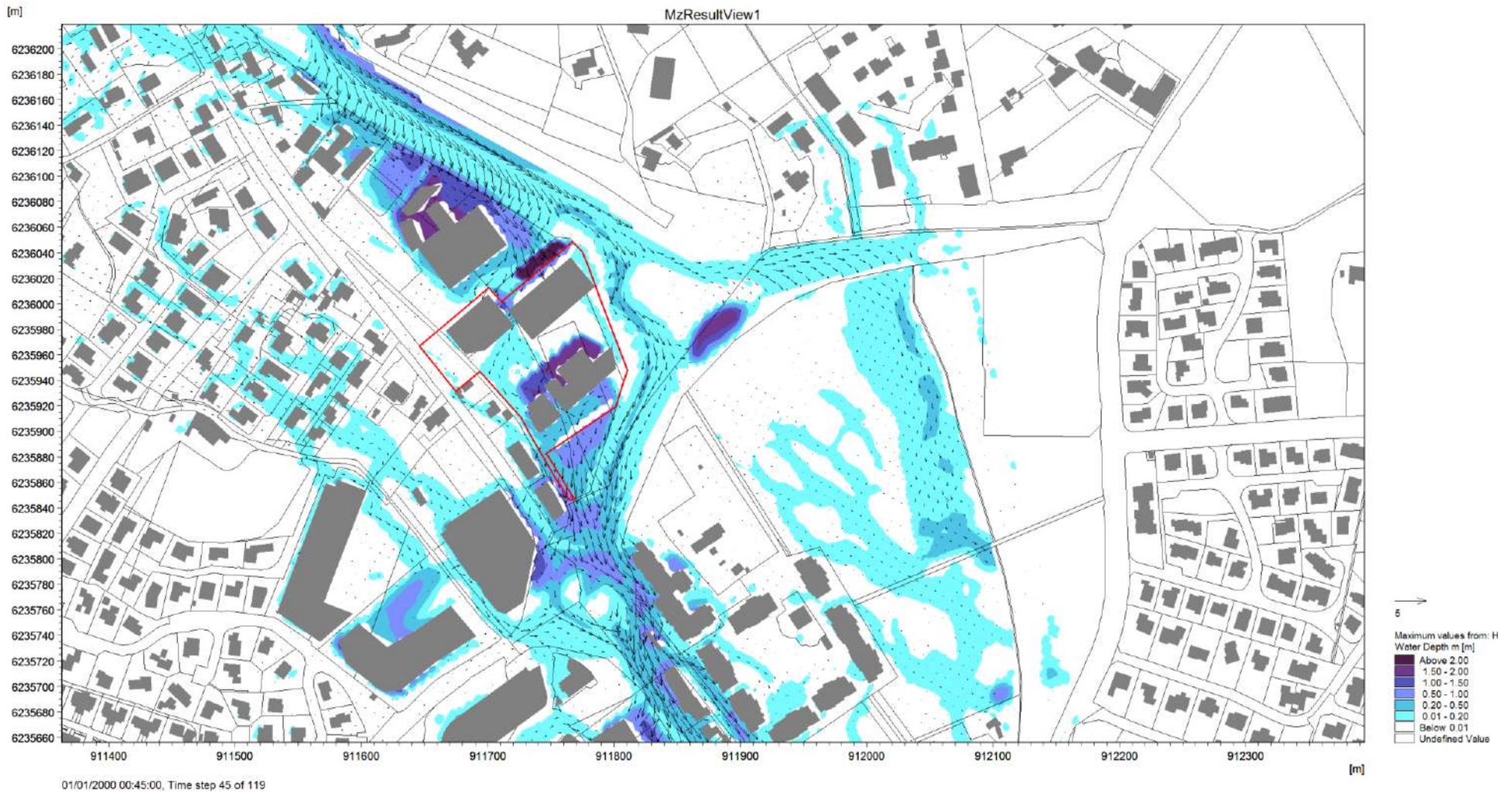


Figure 27 : Etat projet initial – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle

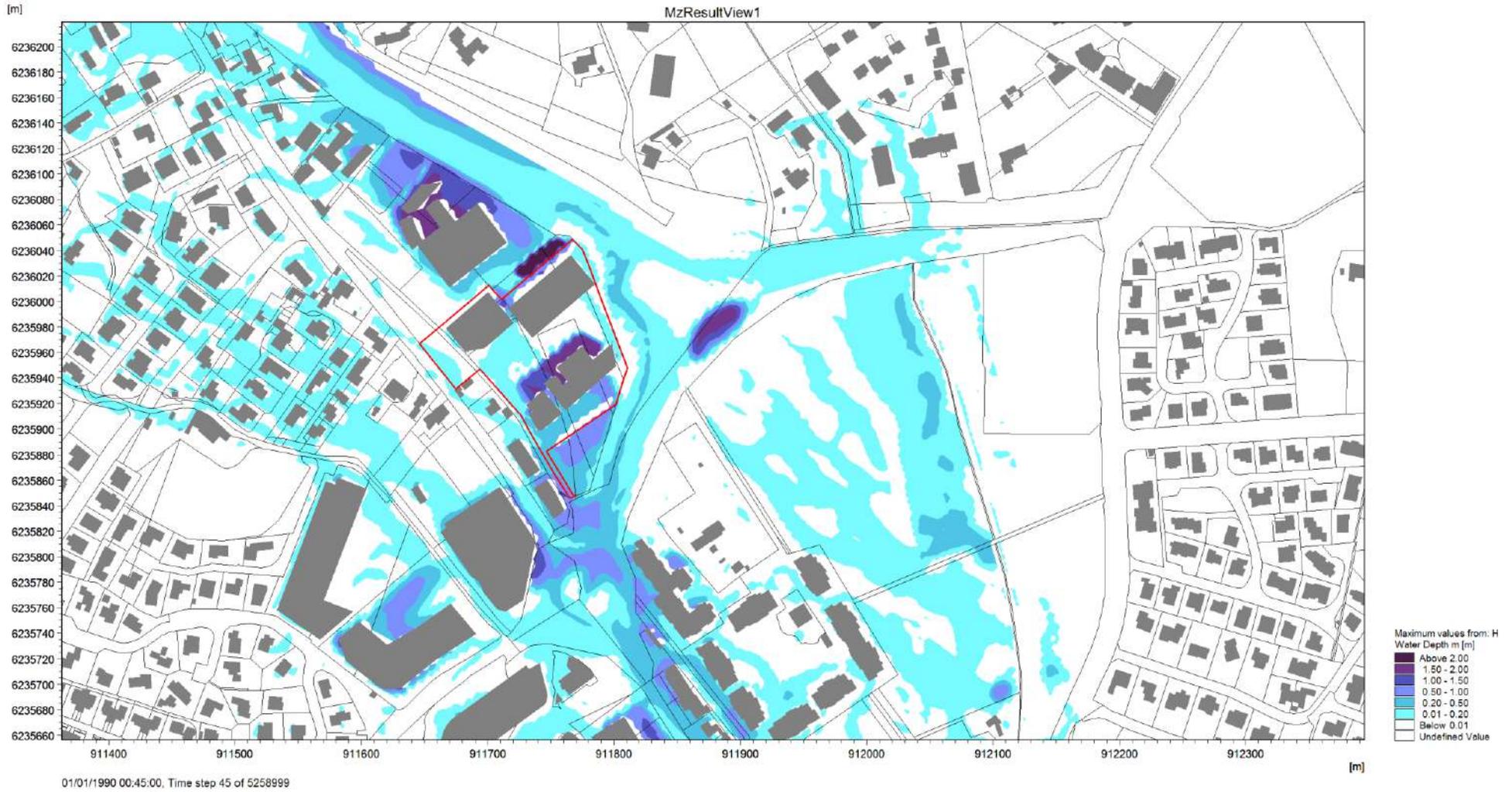


Figure 28 : Etat projet initial – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle

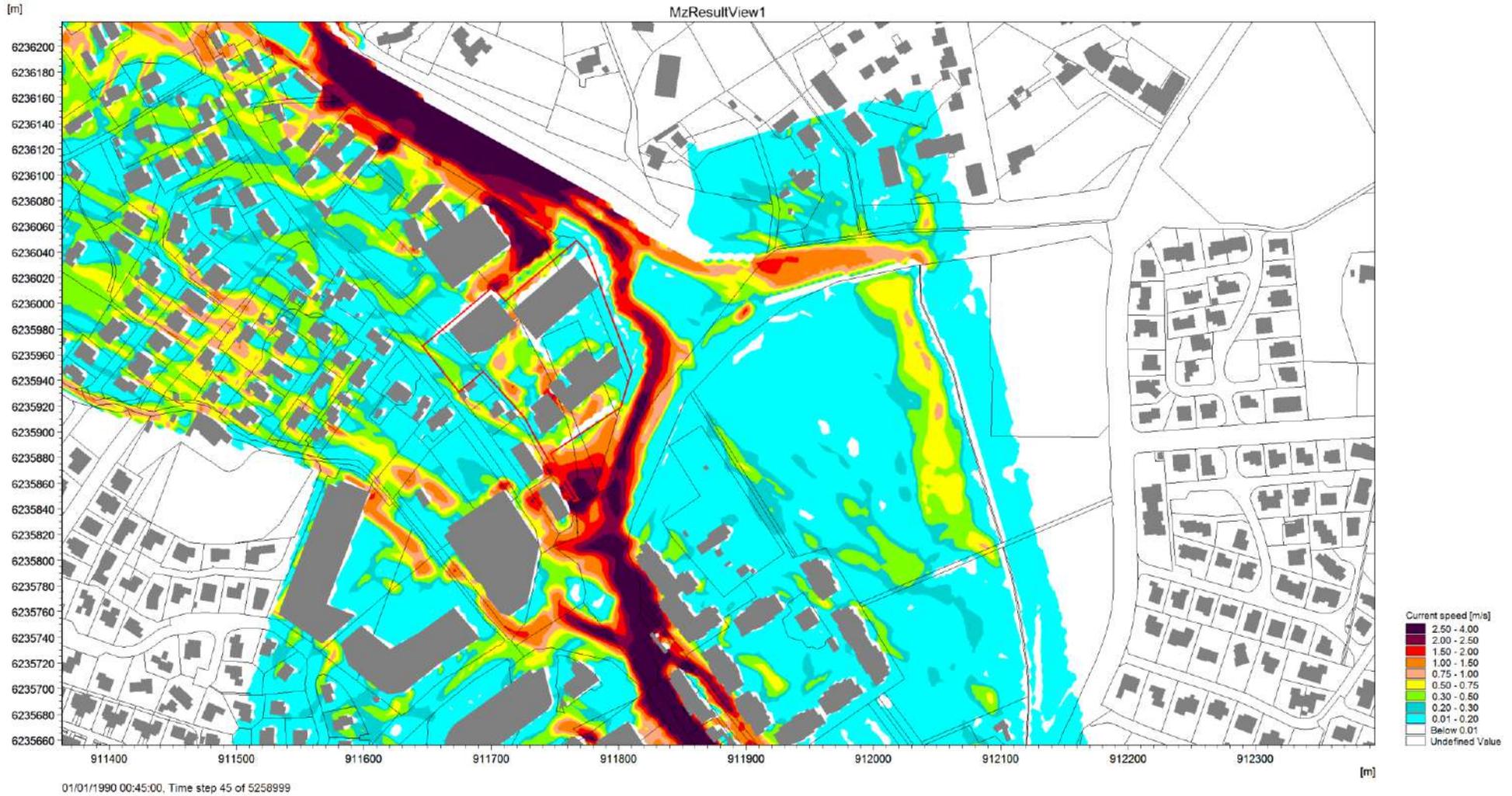


Figure 29 : Etat projet initial – Vitesse maximales – Crue exceptionnelle

7.2 ETAT PROJET – MODÉLISATION DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS VISANT À RÉDUIRE L'ALÉA INONDATION SUR LA PARCELLE DU MULTIPLEXE

Au regard des résultats précédents, la seconde étape est de définir des aménagements supplémentaires permettant :

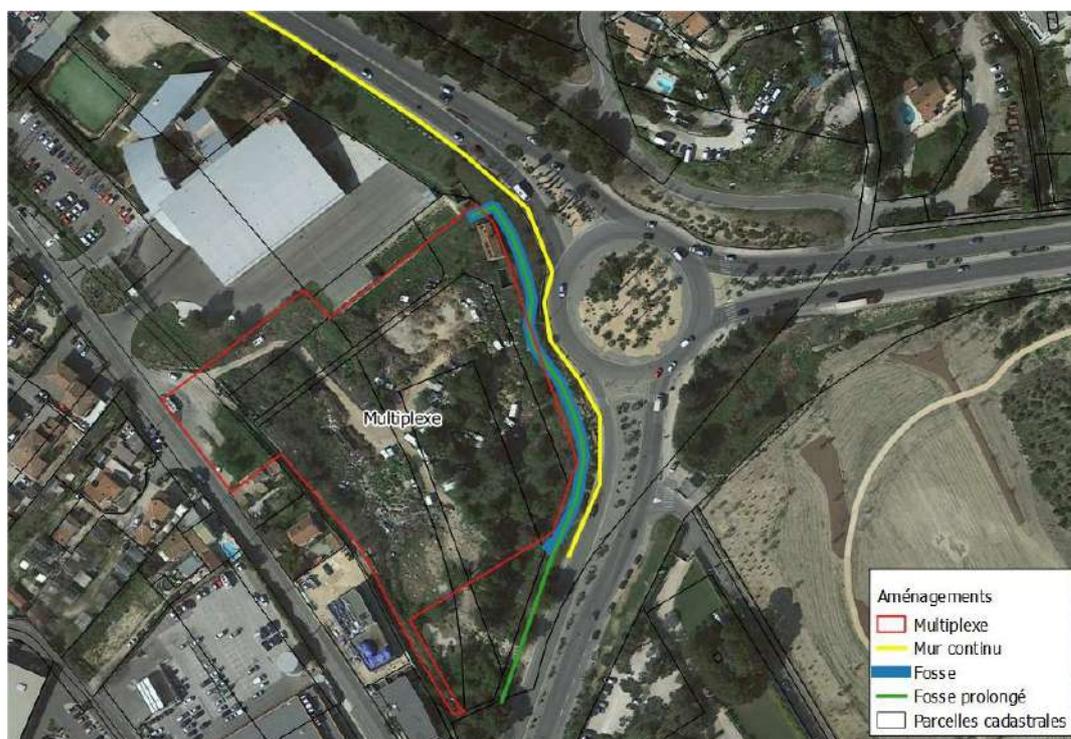
- De conserver une vulnérabilité moindre de la parcelle projet pour une occurrence exceptionnelle,
- Tout en s'assurant de la non-incidence des aménagements sur l'amont et l'aval de l'opération.

Pour se faire, trois compléments d'aménagements ont été testés :

1. Mise en place d'un mur continu le long de la RD40b/RD559,
2. Création d'un fossé de contournement au droit de la parcelle,
3. Prolongation de ce fossé de contournement jusqu'au giratoire à l'intersection des avenues Deruy et Bodin.

La cartographie ci-dessous illustre ces aménagements :

Figure 30 : Aménagements hydrauliques complémentaires étudiés



7.2.1 SOLUTION 1 : MISE EN PLACE D'UN MUR CONTINU

Tout d'abord, il a été tenté d'isoler la parcelle à aménager des apports de la branche Cassis. Compte-tenu du fait qu'une très grande partie des débordements proviennent de la surverse de la RD40b après arrêt de la glissière de sécurité et dispositif de protection pour les motos (cf Figure 7: Glissière de sécurité continue avec dispositif pour les motos), il a été proposé la construction d'un mur continu faisant obstacle aux écoulements à la limite de la RD40b.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

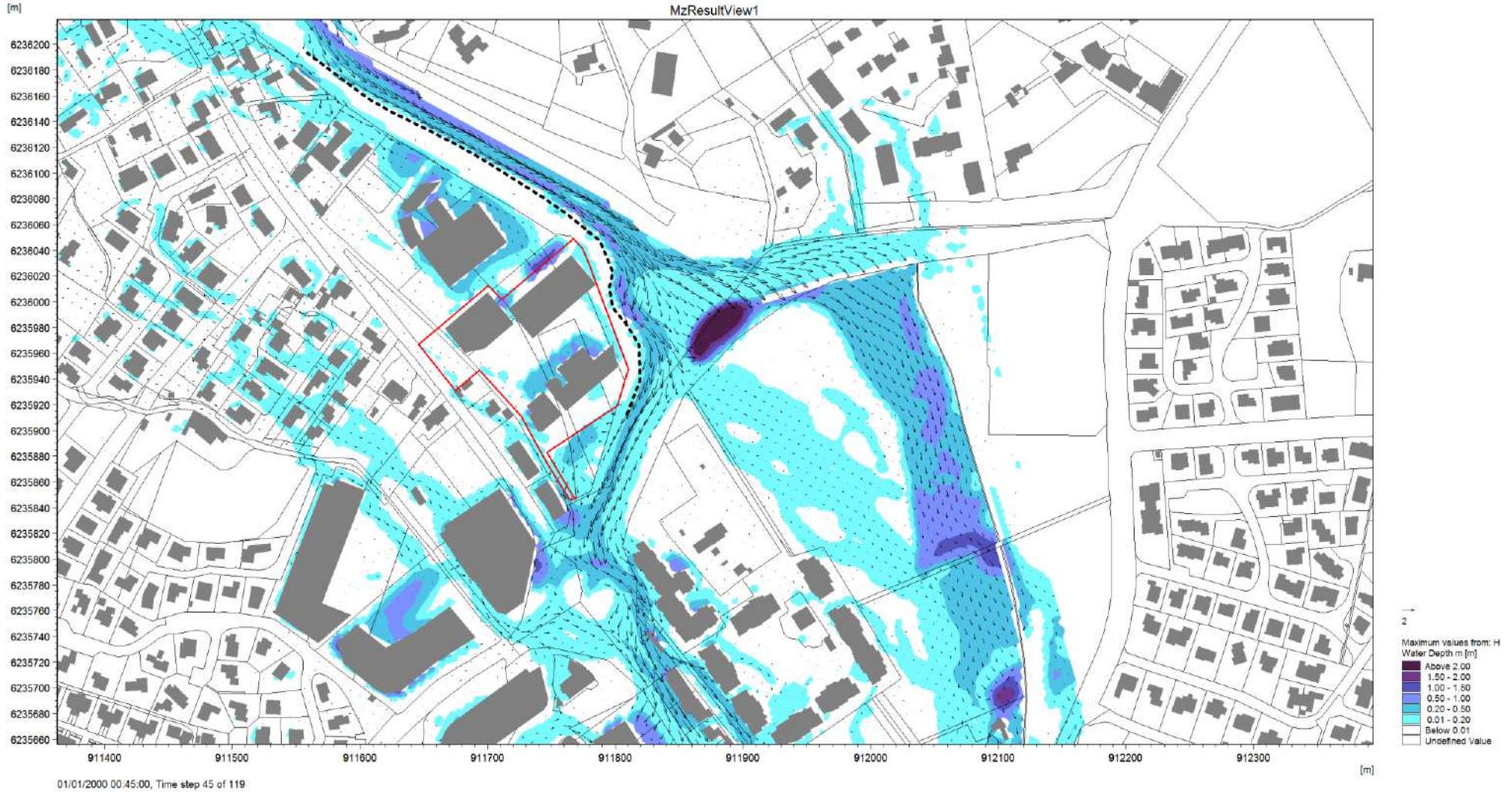


Figure 31 : Etat projet solution 1 – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle

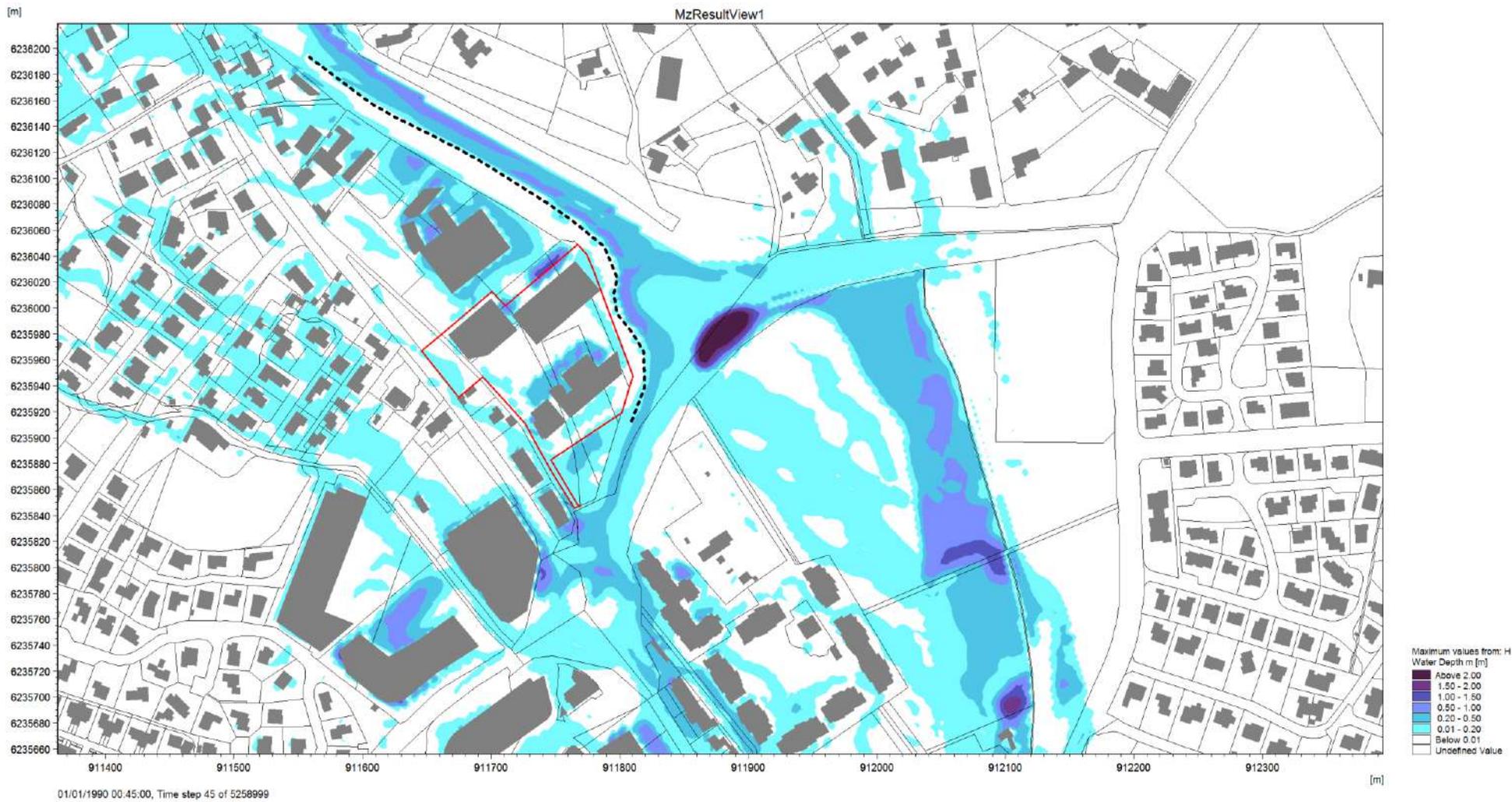


Figure 32 : Etat projet solution 1 – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle

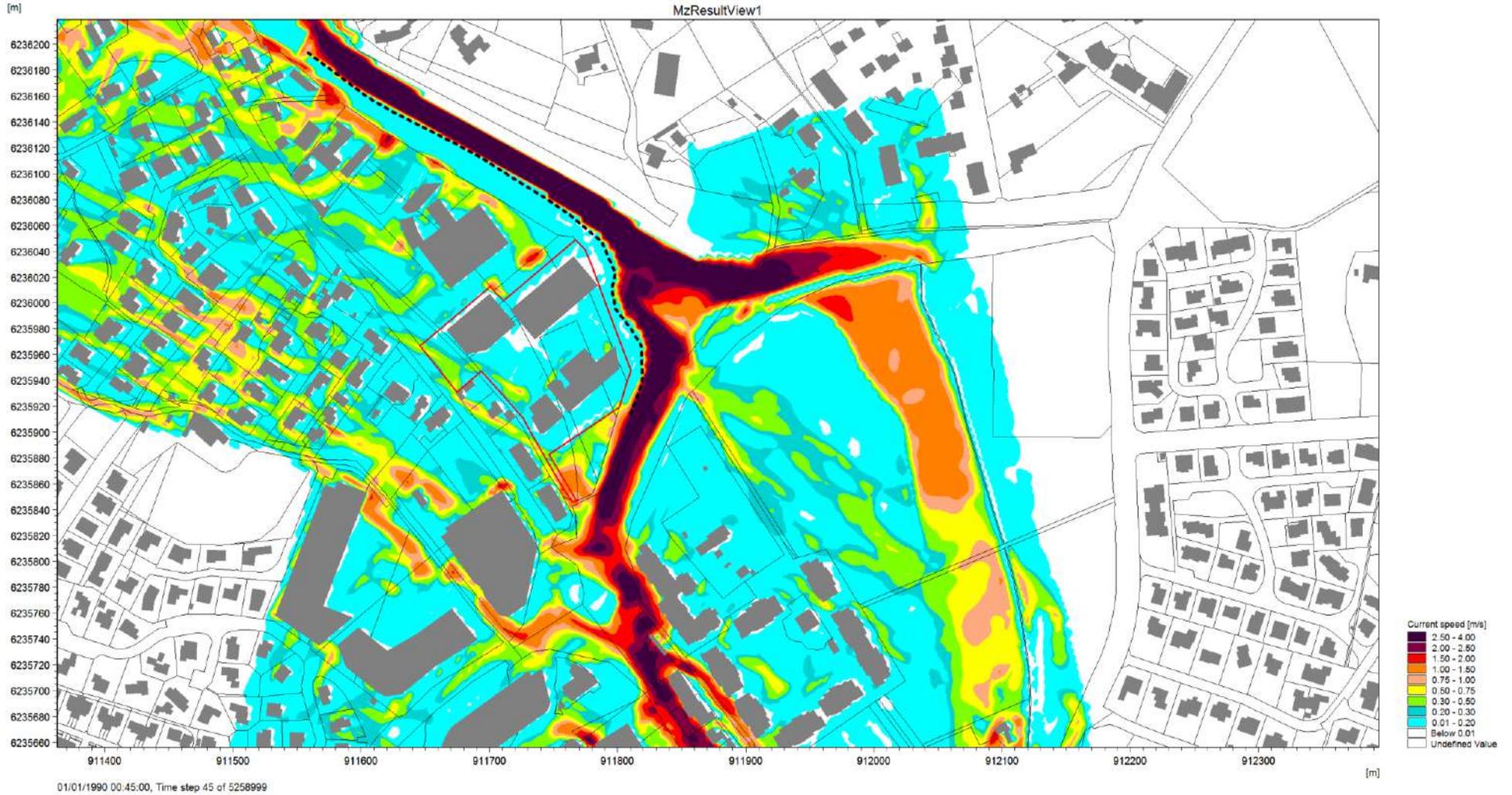


Figure 33 : Etat projet solution 1 – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle

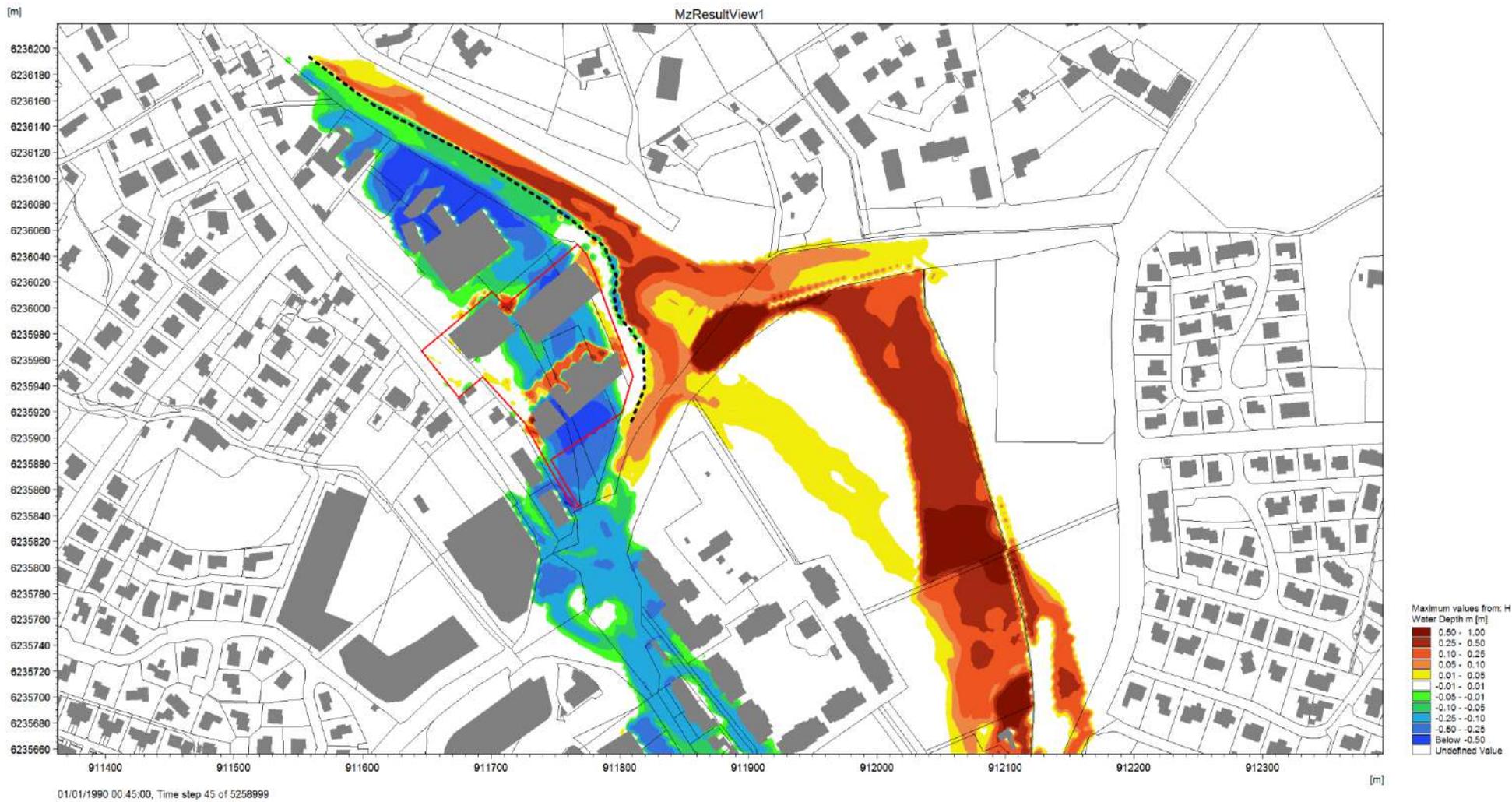


Figure 34 : Etat projet solution 1 – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle

Ces résultats sont positifs pour le projet de Multiplexe puisque les écoulements sont canalisés uniquement dans les aménagements hydrauliques initialement prévus. Les PHE obtenues sont cohérentes avec l'implantation du projet, et ce pour la crue exceptionnelle.

Cependant, les résultats conduisent à une aggravation des hauteurs d'eau dans le domaine de la Tour.

A noter que l'analyse réalisée sur le domaine de la Tour n'intègre pas la branche Athélia Est, les mécanismes modélisés dans le cadre de la présente étude permettent de qualifier une incidence relative. Ils ne peuvent servir de référence au niveau de l'inondabilité sur ce secteur.

Par ailleurs, si ce projet conduit à une répartition différente des écoulements (la branche Cassis est déviée vers le cheminement naturel de la branche Athélia), il est important de préciser que ces deux branches confluent au sud de la limite de la modélisation (cf. carte ci-dessous).

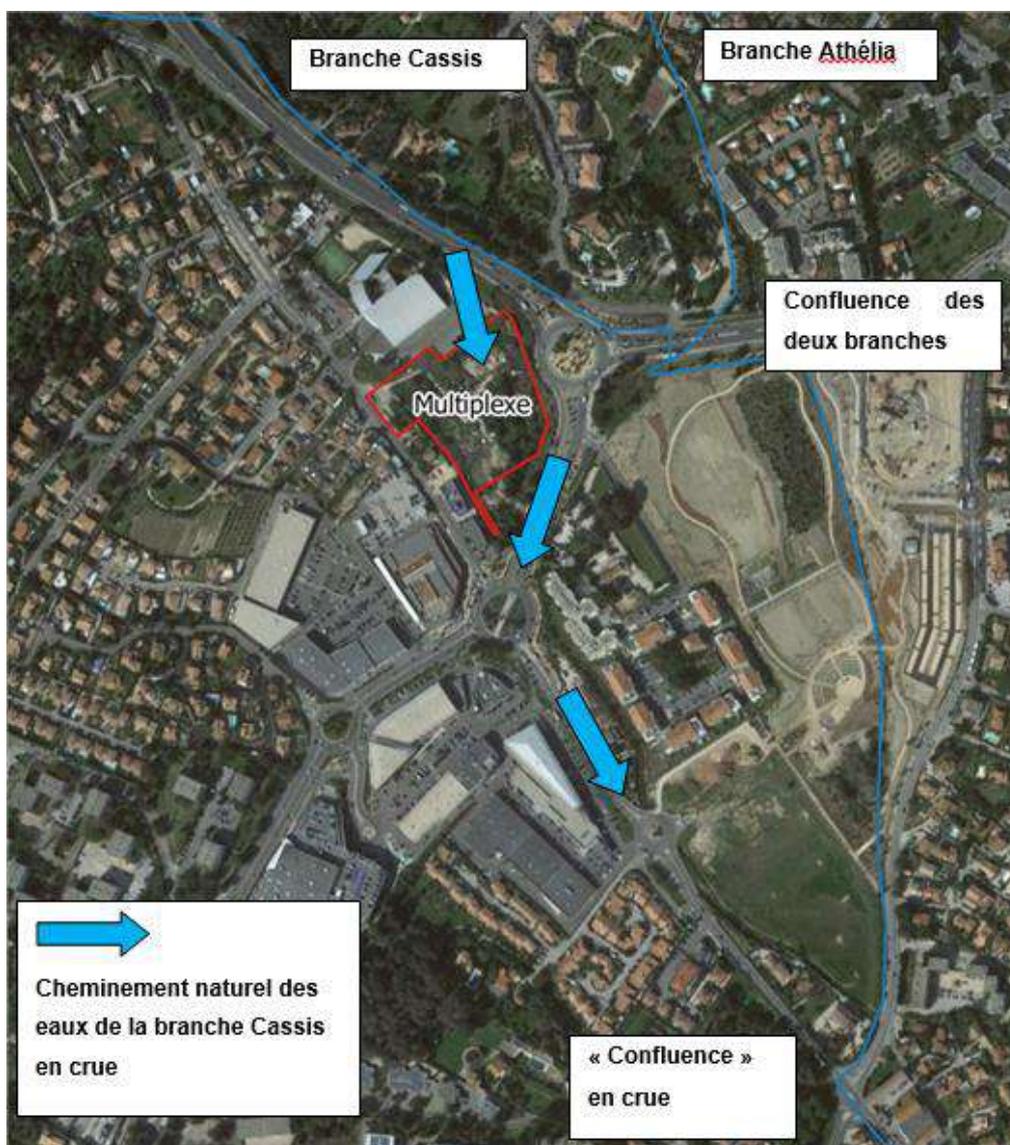


Figure 35 : Répartition des écoulements autour de l'avenue Emile Bodin



La modélisation n'a jusqu'à présent pas été étendue au-delà car

- la confluence des écoulements se situe nettement en aval de la zone du Multiplexe, qui constitue l'objet de la présente étude ;
- la branche Athélia n'a pas été étudiée.

7.2.2 SOLUTION 2 : CRÉATION D'UN FOSSÉ DE CONTOURNEMENT AU DROIT DE LA PARCELLE PROJET

La solution avec création d'un mur ne pouvant être retenue (sans compensation autre), il est proposé dans un second temps la création d'un fossé de contournement au droit de la parcelle, permettant de canaliser les écoulements autour de la parcelle, de manière à réduire l'aléa. Le fossé est connecté au bassin tampon protégé en limite amont de la parcelle du projet. Le fossé construit ainsi se rejette alors librement, à l'aval de la parcelle, sur le terrain communal à proximité de la route.

Le fossé de contournement prend la forme d'un caniveau béton aux caractéristiques suivantes :

- Béton, KS = 60 m^{1/3}/s ;
- Hauteur = 2 mètres ;
- Largeur = 3 mètres ;
- FE amont = 32.85 m NGF ;
- FE aval = 31.79 m NGF ;
- Longueur = environ 150 m ;
- Pente = 1%.

Le débit capacitaire estimé d'un tel caniveau est compris entre 25 et 32 m³/s. L'ouvrage béton a été privilégié au détriment de l'ouvrage enherbé compte tenu du faible espace disponible.

Au regard de sa dimension, ce canal bétonné devra être couvert de grilles de type caillebotis. Afin de forcer l'écoulement à se diriger vers ce fossé de contournement, un voile béton d'un mètre de hauteur a été installé à l'entrée du caniveau 2*2 transitant au centre de la parcelle « Multiplexe ».

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

7.2.2.1 Crue centennale

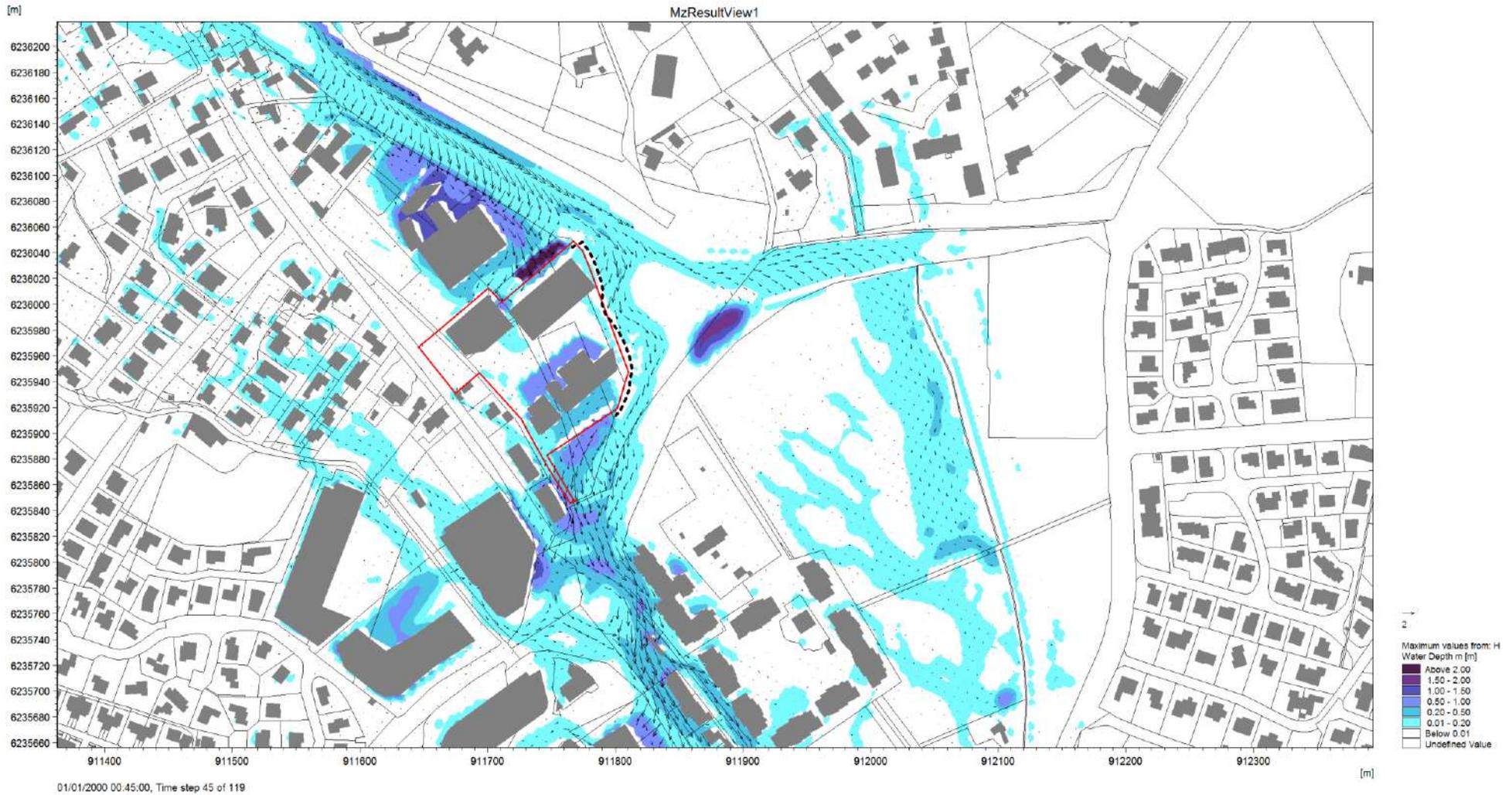


Figure 36 : Etat projet solution 2 – Dynamique des écoulements – Crue centennale

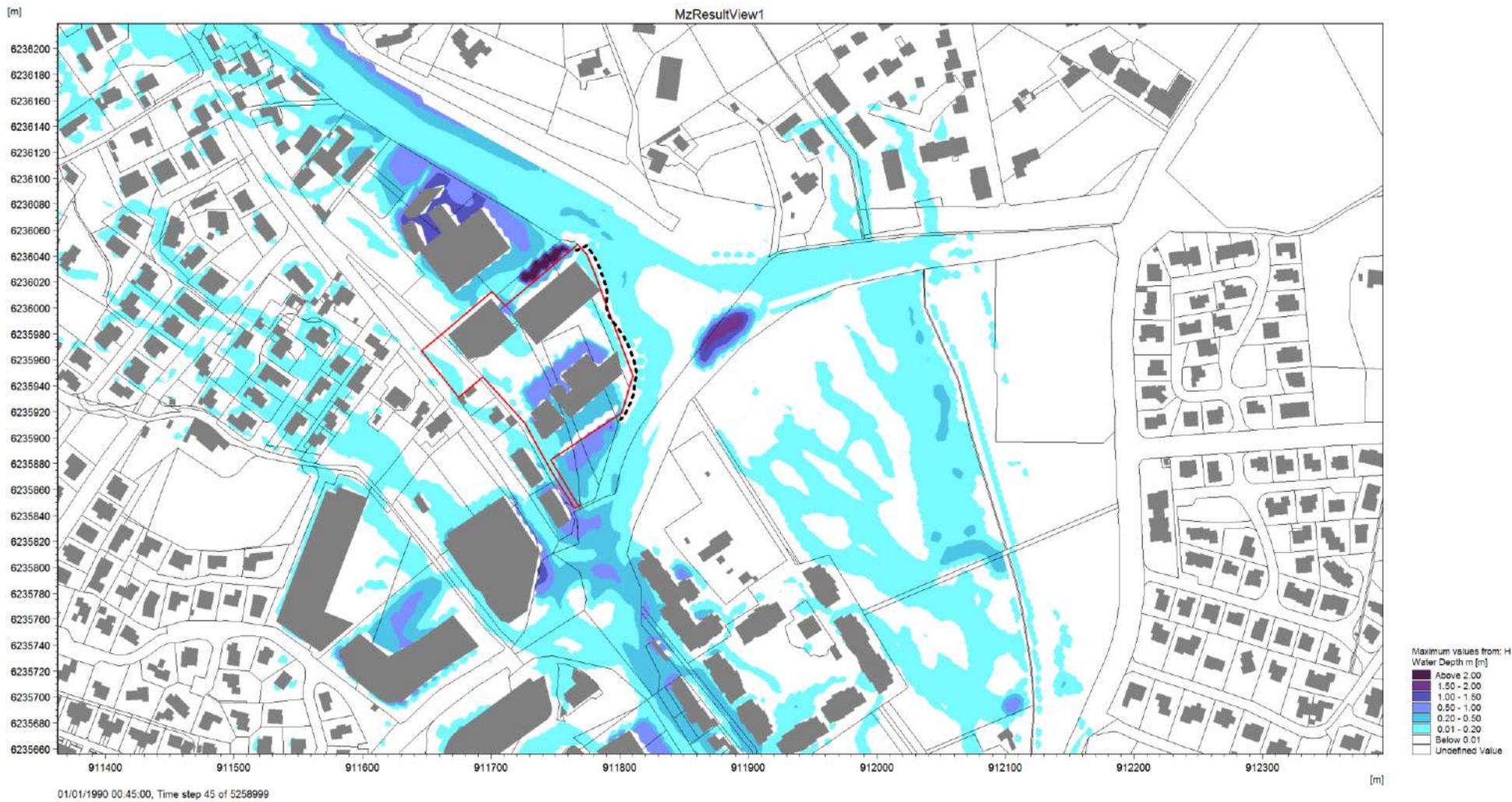


Figure 37 : Etat projet solution 2 – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale

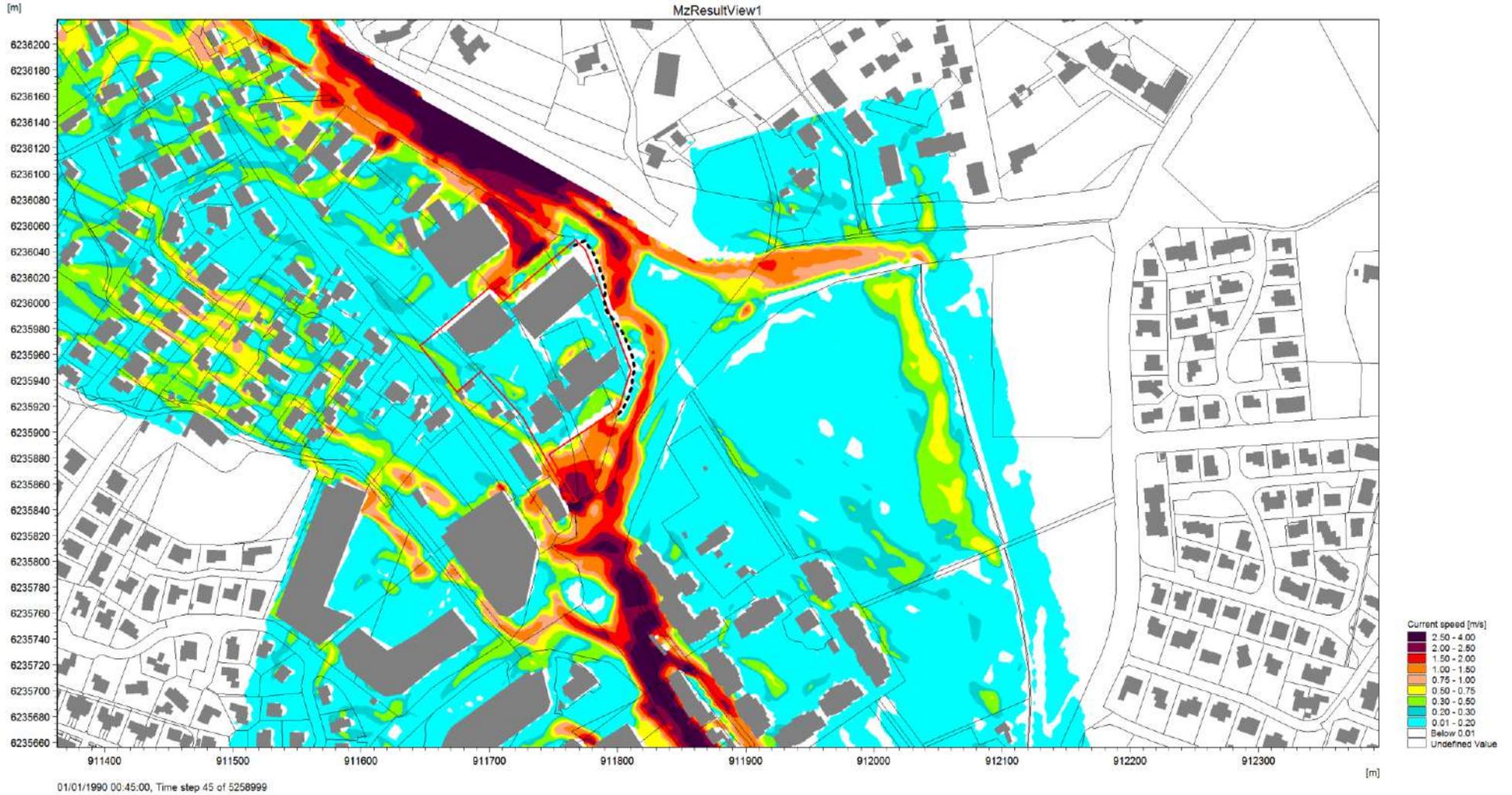


Figure 38 : Etat projet solution 2 – Vitesses maximales – Crue centennale

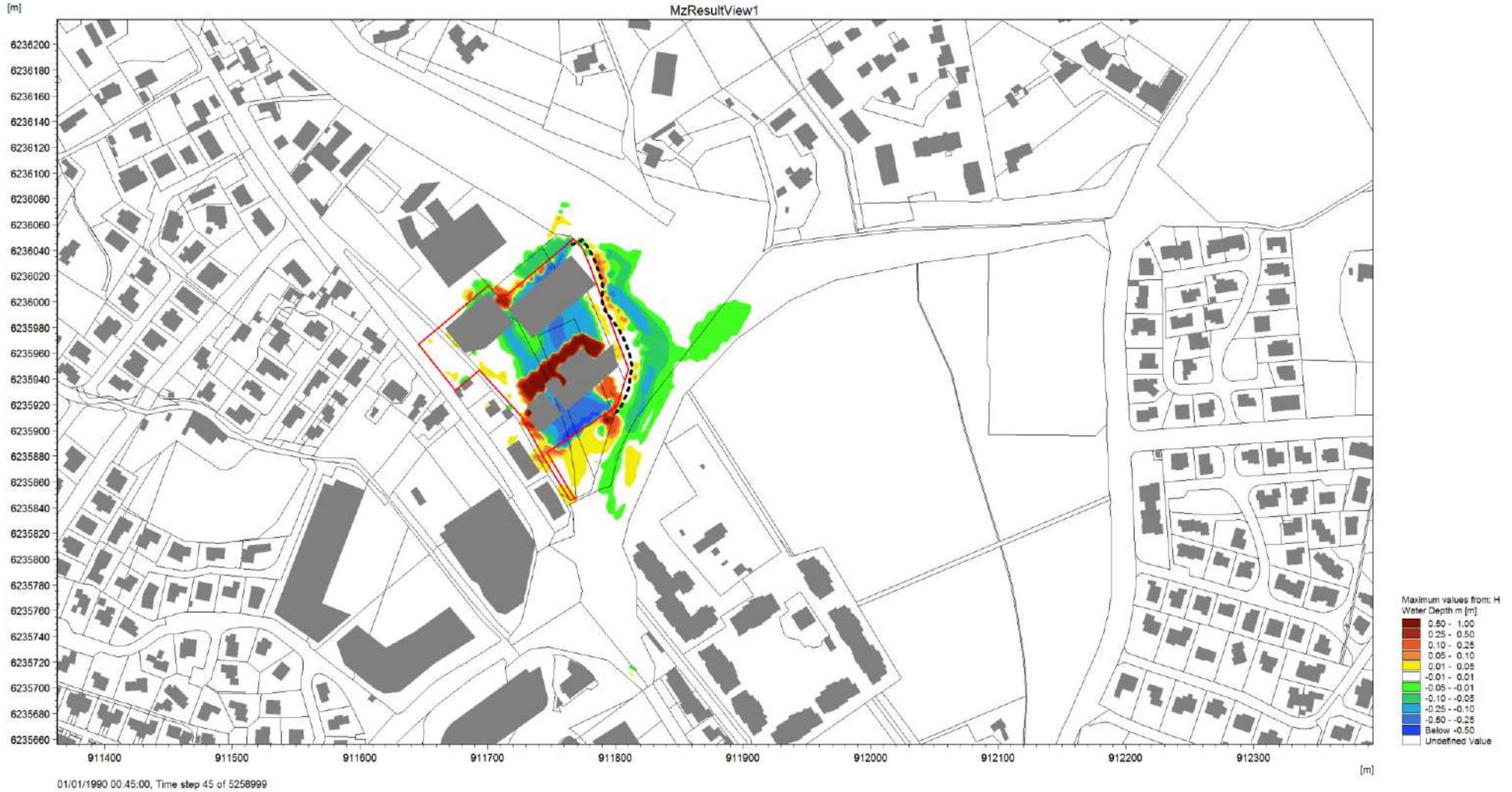


Figure 39 : Etat projet solution 2 – Comparaison à l'état actuel – Crue centennale

7.2.2.2 Crue exceptionnelle

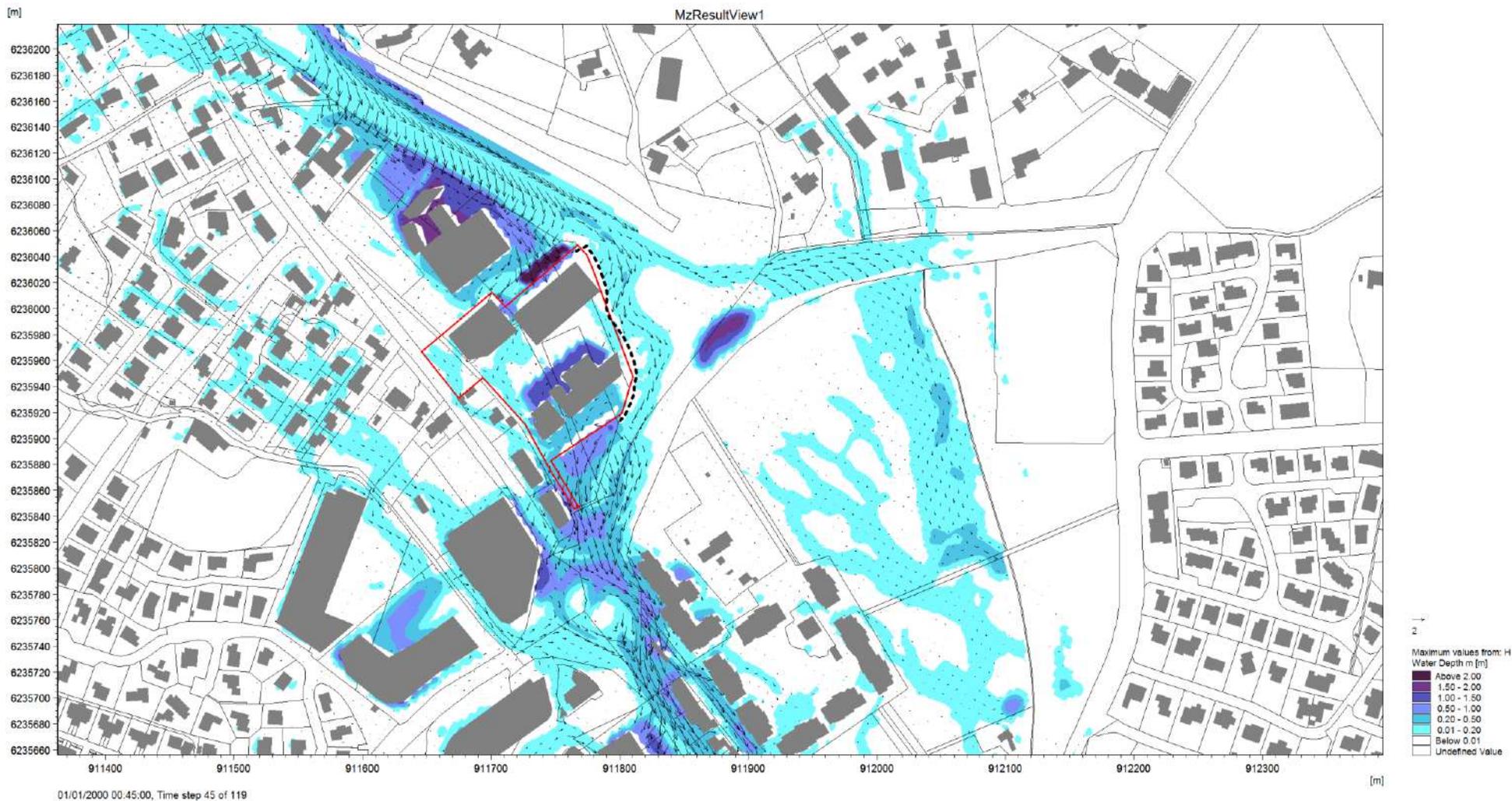


Figure 40 : Etat projet solution 2 – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle



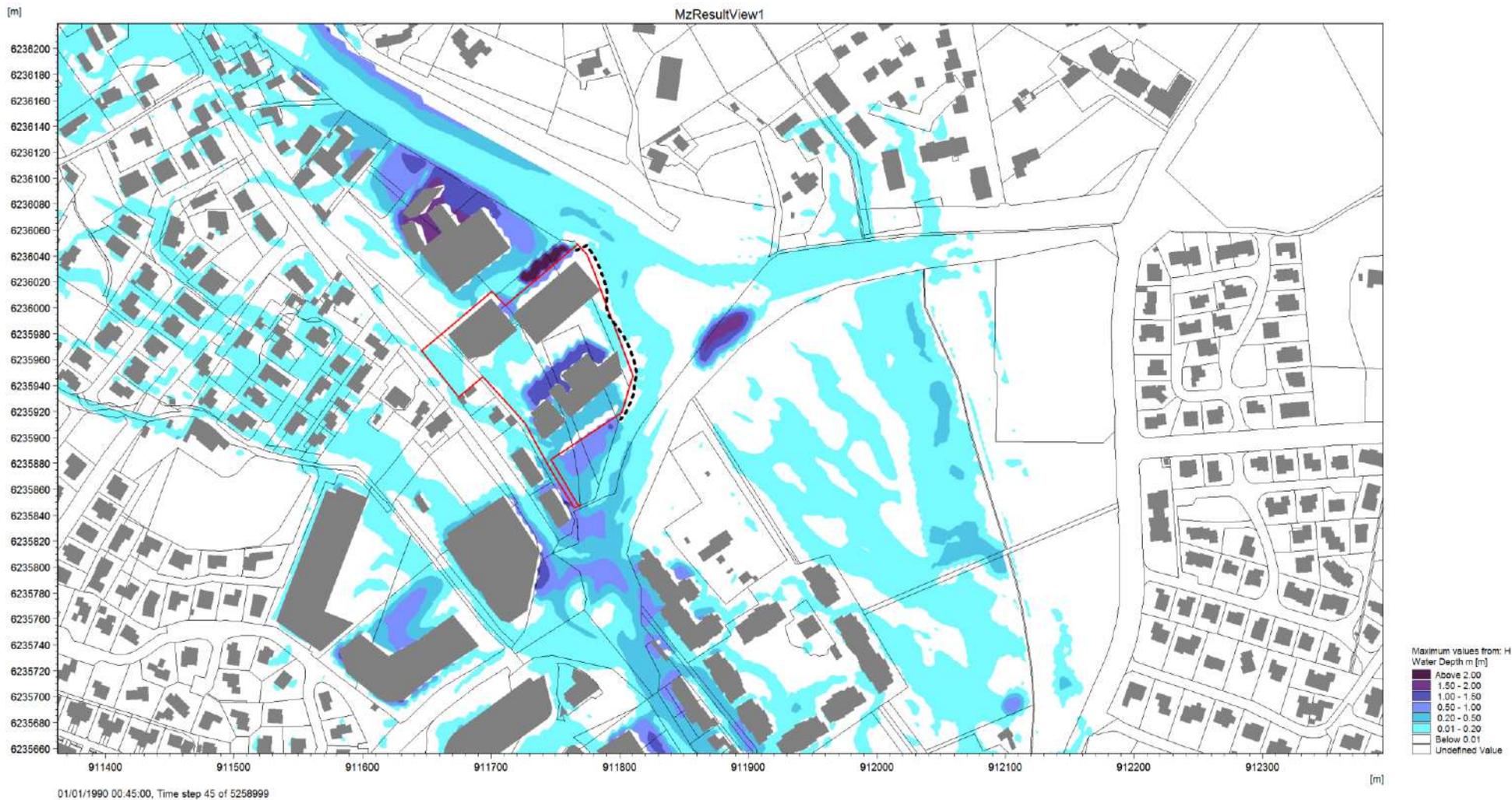


Figure 41 : Etat projet solution 2 – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle

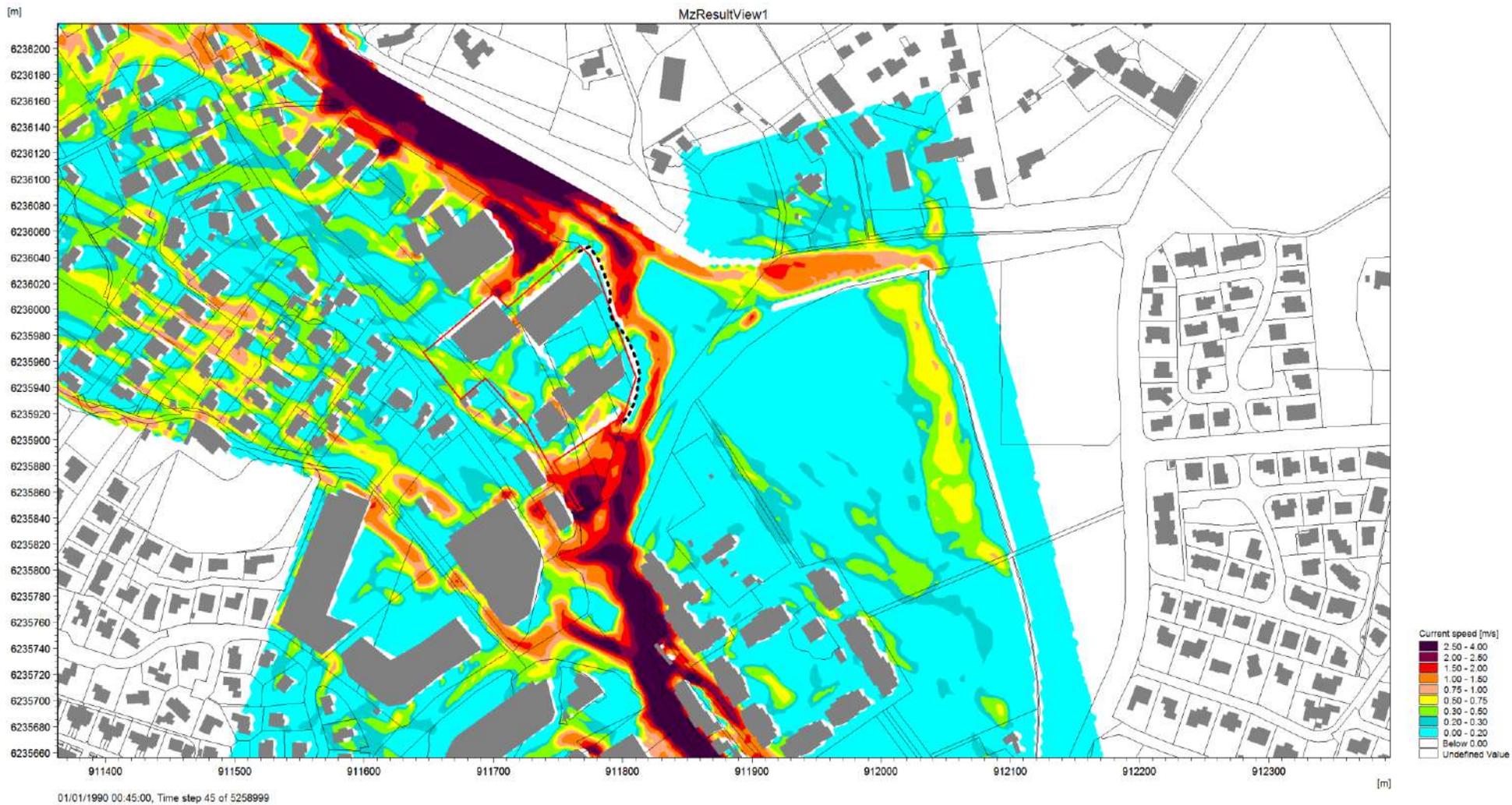


Figure 42 : Etat projet solution 2 – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle

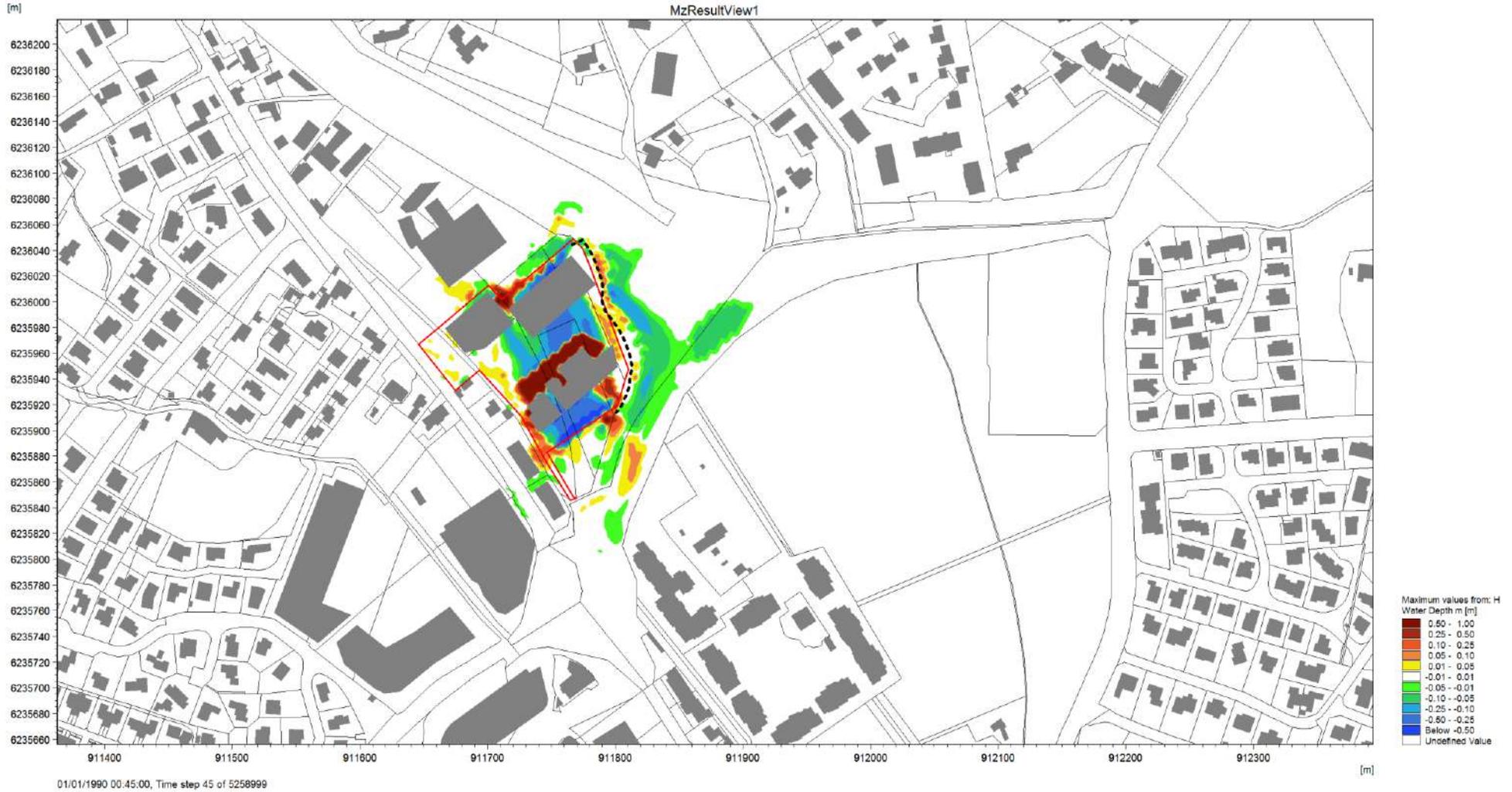


Figure 43 : Etat projet solution 2 – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle



Dans ce cas, les aggravations à l'aval sont limitées aux voiries et ne se répercutent pas à l'aval. Cependant, un niveau d'eau important est mesuré sur la parcelle communale située au sud de la parcelle à aménager. Si ces hauteurs ne sont pas dérangeantes en l'état, elles conduisent à une influence aval sur le fossé de dispersion prévu à l'exutoire de la parcelle à aménager. De fait, les cotes atteintes ne sont pas compatibles avec le projet d'aménagement actuel.

On peut notamment relever 32.69 m NGF au niveau de l'esplanade et 32.59 m NGF sur les voiries d'accès aux parkings sud de l'hôtel (contre une cote d'implantation des bâtiments à 32.02 m NGF).

Ainsi, cette solution ne peut être retenue compte tenu des PHE atteintes au niveau du projet de Multiplexe, qui ne sont pas compatibles avec les cotes projet.

Une solution complémentaire, intégrant une prolongation du fossé de contournement, est présentée ci-dessous.

7.2.3 SOLUTION 3 : CONTOURNEMENT COMPLET DES PARCELLES COMMUNALES

Enfin, une dernière solution est proposée, décrite par le schéma suivant.

Le fossé de contournement décrit précédemment est alors prolongé de 65 m pour contourner à la fois la parcelle à aménager dans le cadre du projet de Multiplexe et la parcelle communale aval.

Ceci a deux avantages :

- Éloigner et abaisser le contrôle aval sur la parcelle du multiplexe,
- Protéger l'emprise communale sur laquelle un projet d'aire de régulation des bus est en cours de réflexion.

Le fossé sera aménagé en cascade, de façon à réduire les vitesses d'écoulement dans l'ouvrage.

Le fossé de contournement vient alors, au moyen d'une canalisation D500, se raccorder sur le réseau pluvial pour une vidange pour les événements fréquents. Un déversoir latéral vers la route et non vers la parcelle communale « Bus » est alors intégré. Le déversement se fait sur une longueur allant jusqu'à 50 mètres (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), à la cote du trottoir en bordure de voirie, comprise entre 30.5 et 31.5 m NGF.

Pour s'assurer de l'absence de contrôle aval sur la parcelle du multiplexe, il est impératif que le nivellement de la plateforme de l'aire de régulation soit au maximum à 31.19 m NGF.

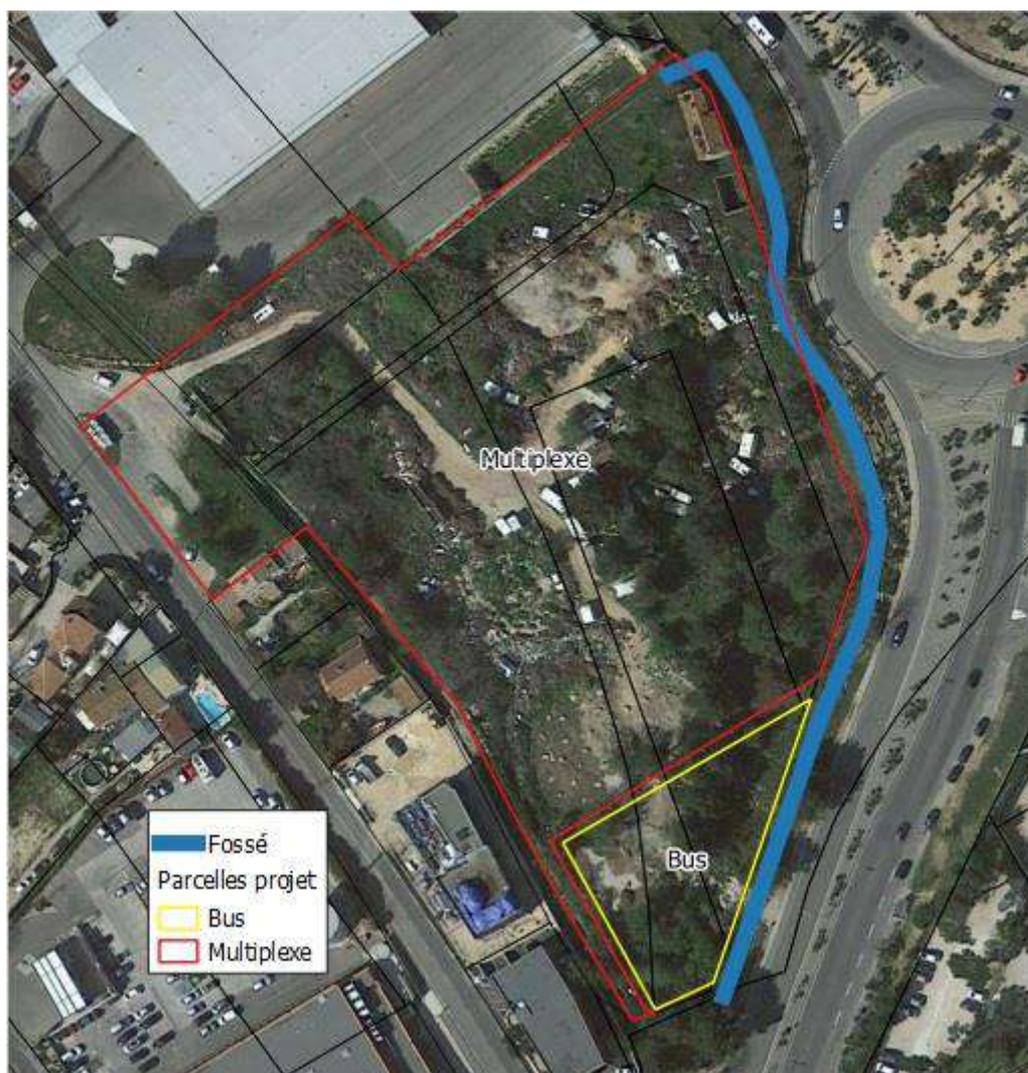


Figure 44 : Description de la solution 3 de l'état projet

7.2.3.1 Crue centennale

Les aménagements décrits précédemment permettent de supprimer les inondations sur la parcelle « Multiplexe » jusqu'à la crue exceptionnelle. Les aggravations internes à la parcelle projet ne représentent pas réellement une hausse des cotes atteintes, puisqu'elles concernent des secteurs où la topographie a été décaissée à des fins de stockage.

La seule aggravation marquée correspond à celle sur l'avenue du Caporal-Chef Alain Deruy, où des aggravations allant jusqu'à 30 centimètres sont observées. Les aggravations se concentrent sur les voiries et le Rond-Point. Quelques aggravations de moins de 5 centimètres sont également présentes contre les bâtiments situés le long de l'avenue Emile Bodin.

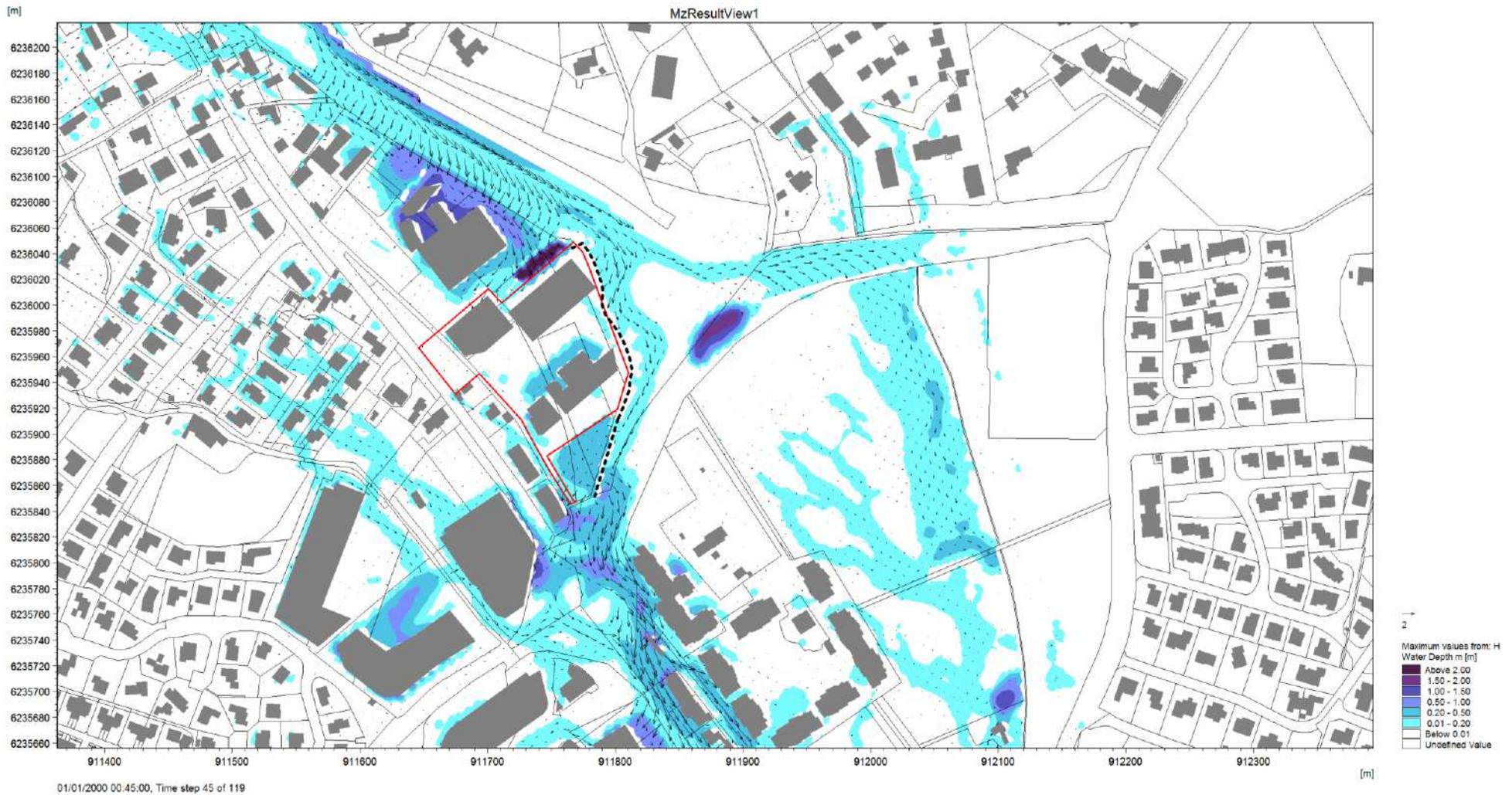


Figure 45 : Etat projet solution 3 – Dynamique des écoulements – Crue centennale

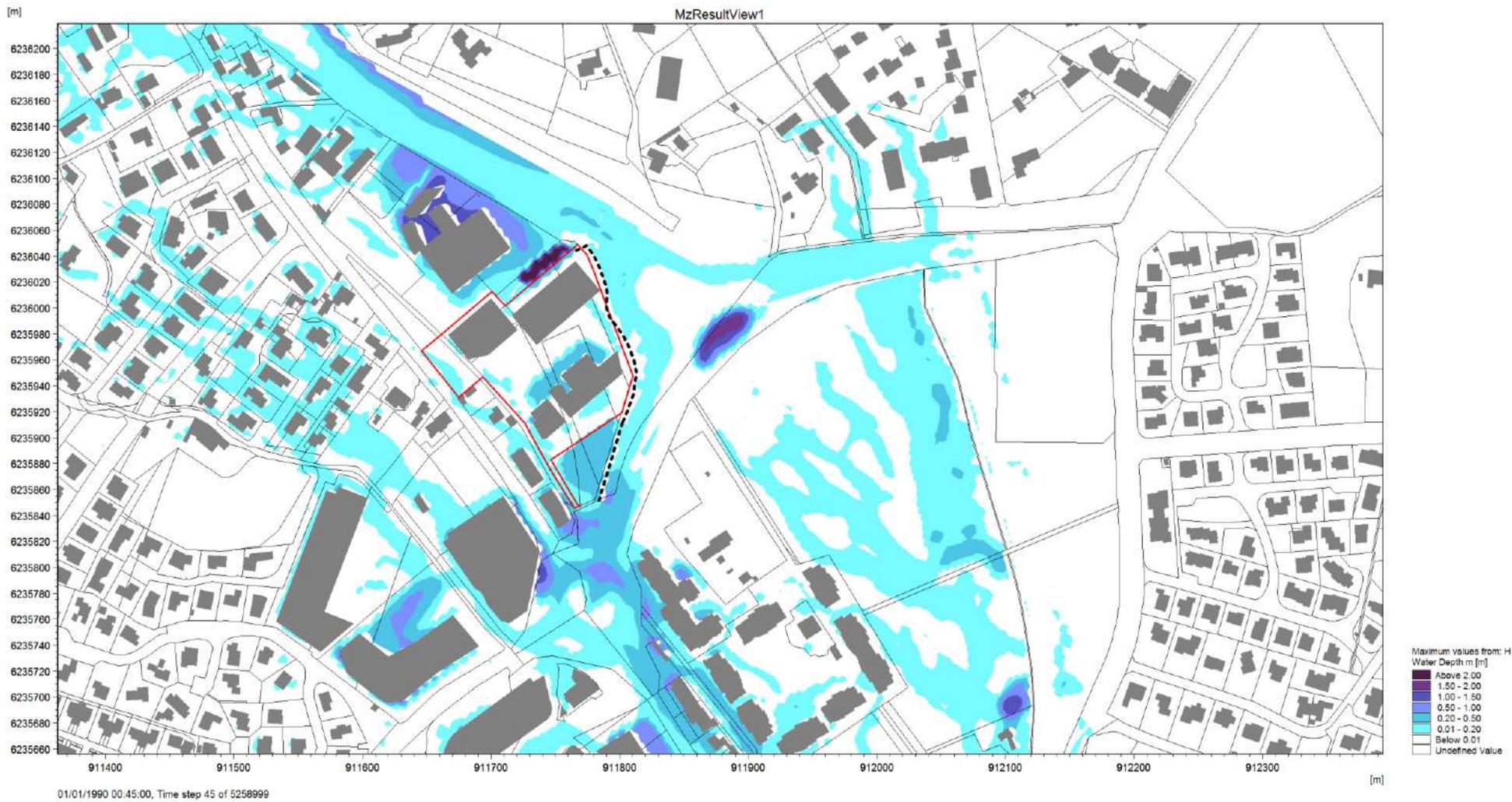


Figure 46 : Etat projet solution 3 – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale

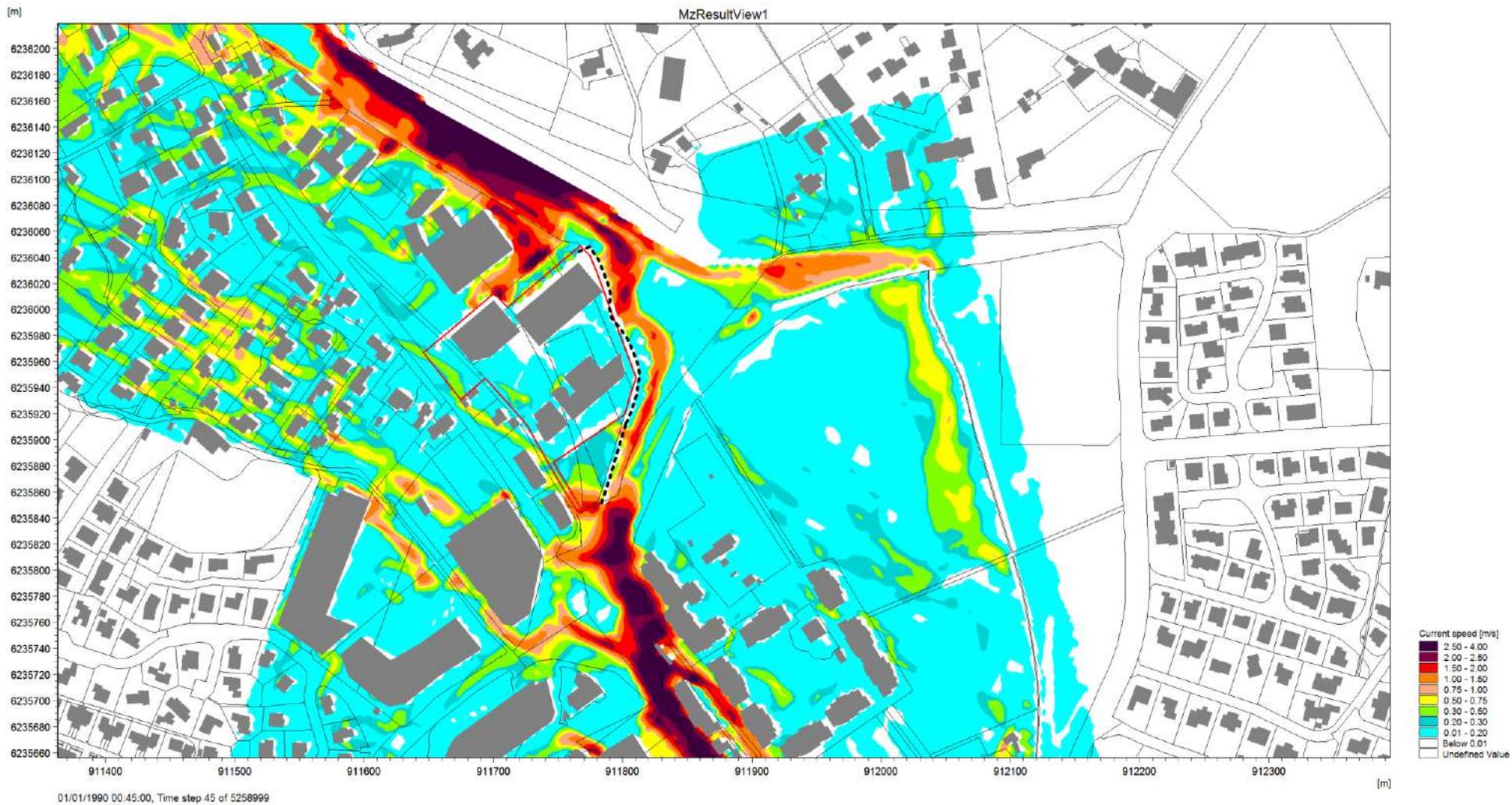


Figure 47 : Etat projet solution 3 – Vitesses maximales – Crue centennale

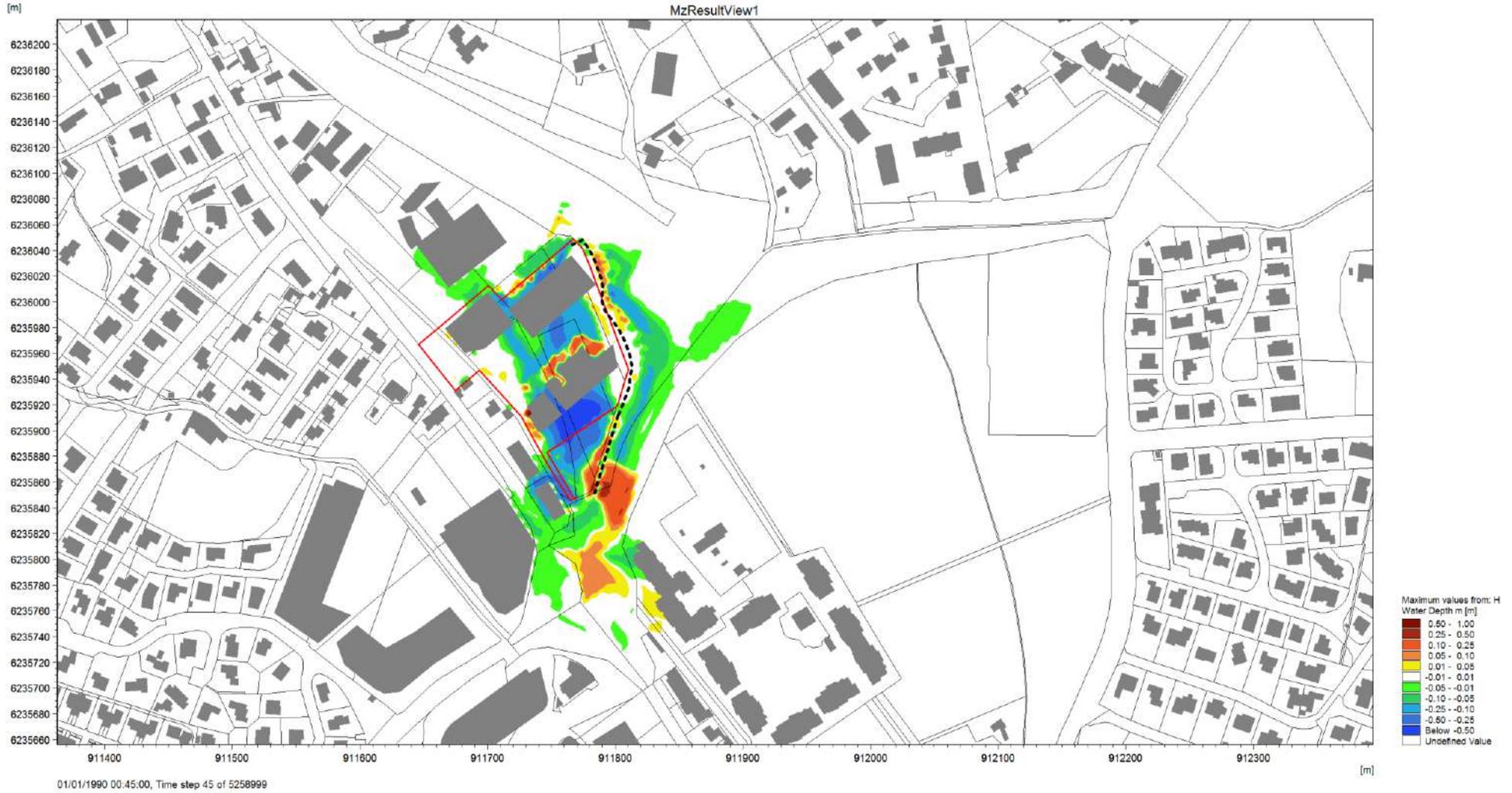


Figure 48 : Etat projet solution 3 – Comparaison à l'état actuel – Crue centennale



7.2.3.2 Crue exceptionnelle

Les résultats sont les suivants :

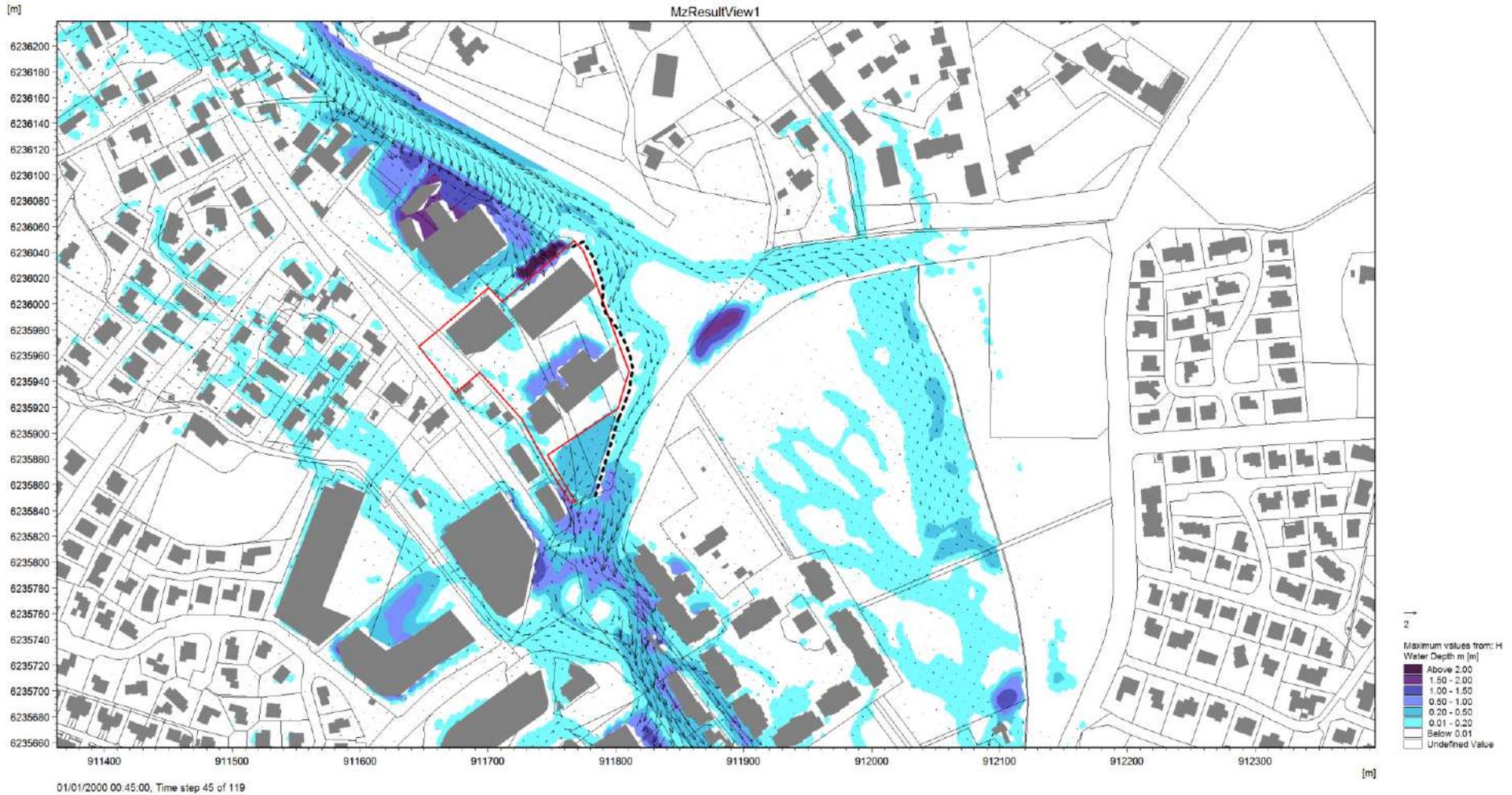


Figure 49 : Etat projet solution 3 – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle

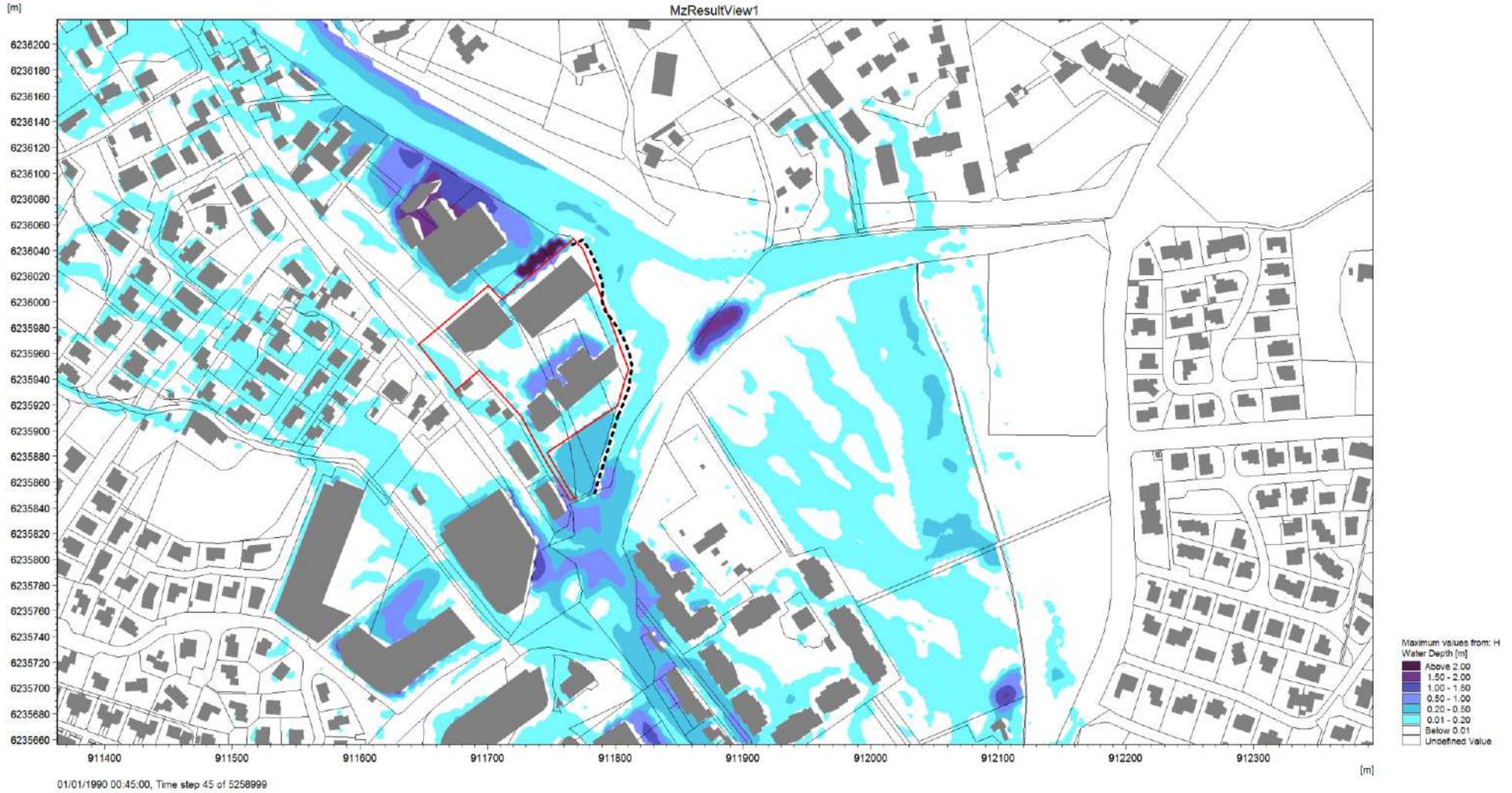


Figure 50 : Etat projet solution 3 – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle

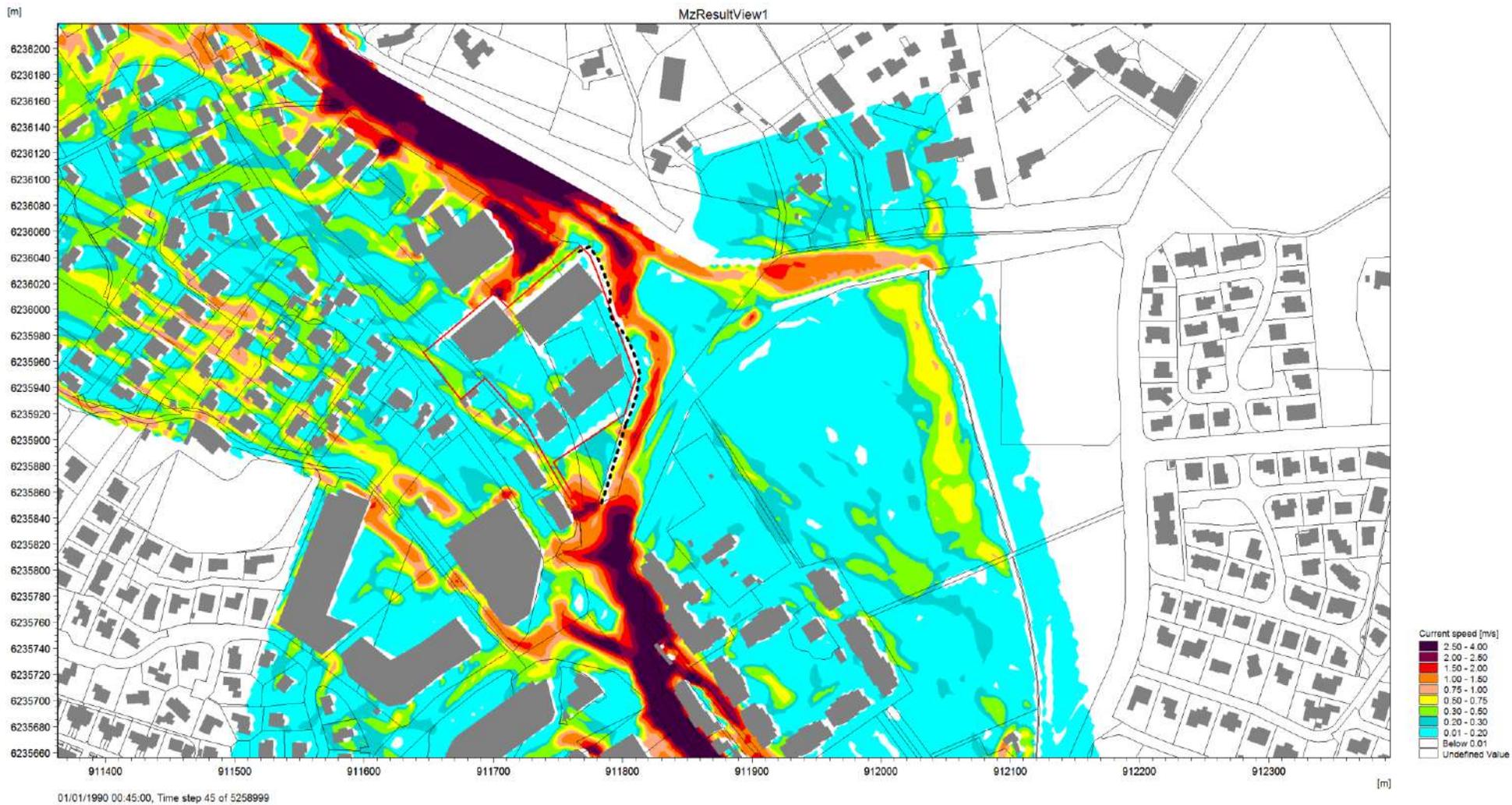


Figure 51 : Etat projet solution 3 – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle

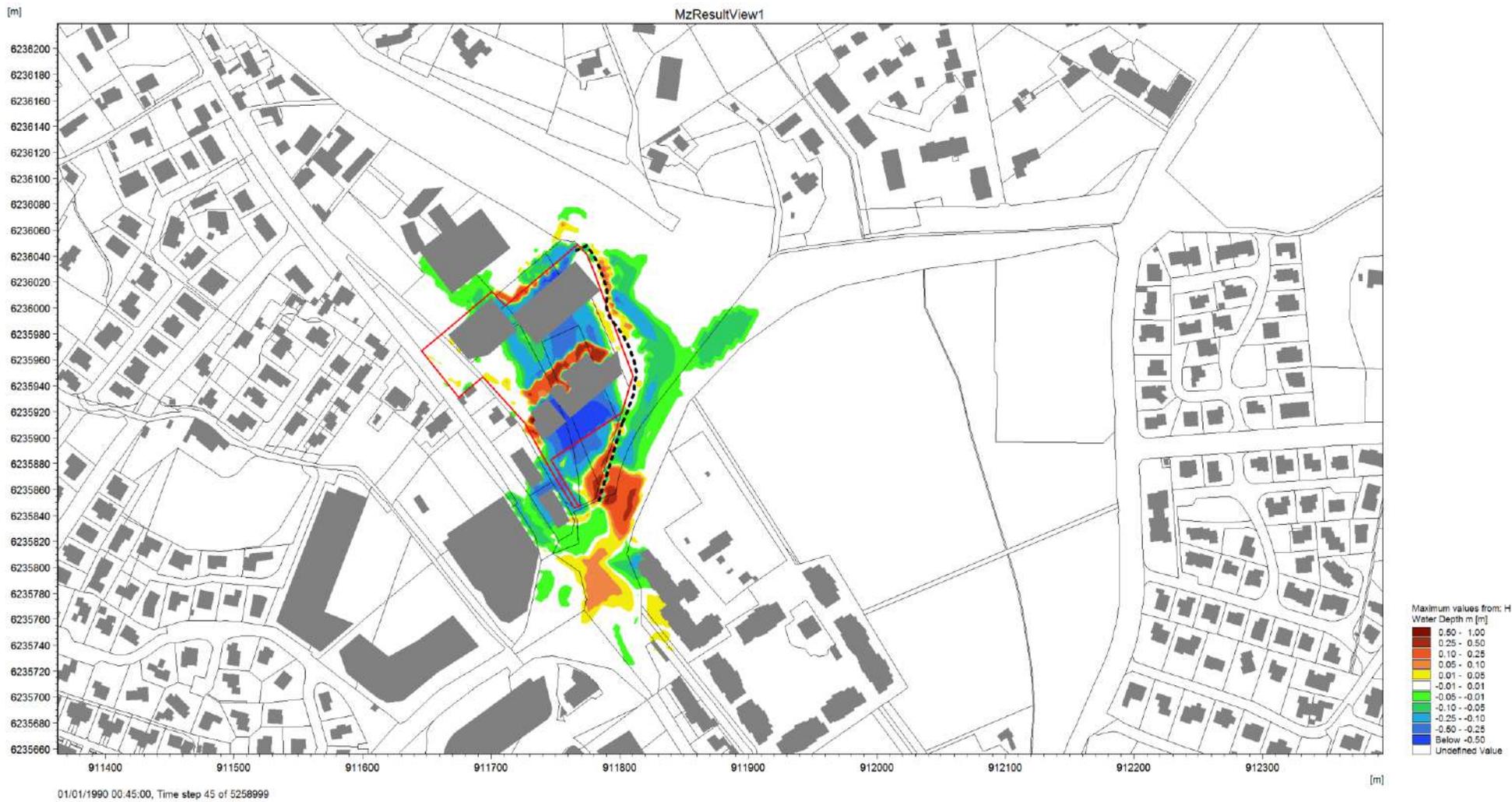


Figure 52 : Etat projet solution 3 – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle



Dans sa partie amont, avant la surverse sur la route, le fossé fait transiter sans débordements les 30 m³/s collecté en amont de la parcelle Multiplexe. Les premiers débordements interviennent vers l'avenue Alain Deruy, là où la route est plus basse que la parcelle « Bus ».

Les observations faites en crue centennale sont également observées pour la crue exceptionnelle.

Au droit des bâtiments, l'aggravation est inférieure à 5 cm en hauteurs d'eau, tandis que les vitesses restent identiques à l'état actuel.

Cette solution apparaît conforme au plan d'aménagement du projet de Multiplexe. Le terrain n'est pas inondable, à l'exception de l'esplanade fonctionnant comme bassin de rétention.

Les PHE en crue centennale et exceptionnelle sont respectivement de 31.72 m NGF et 31.97 m NGF, inférieures à la cote de premier plancher des bâtiments. Pour information, sur la parcelle « Bus », les hauteurs d'eau maximales en crue centennale et exceptionnelle sont respectivement de 25 cm et 45 cm.

À l'état actuel, les hauteurs d'eau étaient respectivement de 70 et 80 cm localement.

De même ; les vitesses sont abaissées par rapport à l'état actuel.

Tableau 7 : Résultats au niveau de la parcelle « Bus » - Crue centennale

Crue centennale	Etat actuel	Etat projet solution 3
Hauteur d'eau maximale (cm)	70	25
Vitesse maximale (m/s)	2.3	1.6

Tableau 8 : Résultats au niveau de la parcelle « Bus » - Crue exceptionnelle

Crue exceptionnelle	Etat actuel	Etat projet solution 3
Hauteur d'eau maximale (cm)	80	45
Vitesse maximale (m/s)	2.5	1.7

Après réception des plans de la future aire de régulation des bus, cette solution n'est pas réalisable techniquement. En effet, le projet d'aire de régulation intègre, à l'endroit envisagé pour la prolongation du fossé de contournement, un bassin de rétention pour la compensation de l'imperméabilisation de la parcelle.

Ainsi, cette solution ne peut être retenue.

Il est ainsi proposé de retenir la solution 1 « mur continu », sans réserve de la non-incidence de cet aménagement sur les secteurs à enjeux en aval. Cette solution a été optimisée et est détaillée ci-dessous.



7.3 ÉTAT PROJET RETENU

Afin de prendre en compte les différentes problématiques du secteur, une modélisation d'un état projet final a été réalisée. Cette modélisation intègre :

- Le plan masse de l'opération du Multiplexe ;
- Le nivellement projet de la future aire de régulation de bus ;
- Les contraintes hydrauliques liées à la présence de l'aire de régulation de bus (présence d'un bassin de rétention enterré).

Ainsi, il a été retenu la solution 1, qui apporte des résultats satisfaisants du point de vue hydraulique dans la zone du Multiplexe et qui est compatible avec le projet de régulation de bus.

Un mur continu le long de la bretelle d'accès à l'autoroute allant jusqu'au merlon du rond-point en bord de l'opération de Multiplexe est alors présent. Le mur continu joint alors le merlon présent autour du rond-point.

De plus, compte tenu du nivellement projet de l'aire de régulation de bus, la surverse du bassin de dispersion, prévue à une cote de 31.19 m NGF sur une longueur de 70 m est recalée. Il n'existe alors une surverse à 31.19 m NGF que sur 20 mètres.

Des illustrations de l'implantation du mur continu ainsi que des réseaux prévus pour l'aire de régulation des bus sont données ci-après.



Figure 53 : Implantation du mur continu

7.3.1.1 Crue centennale

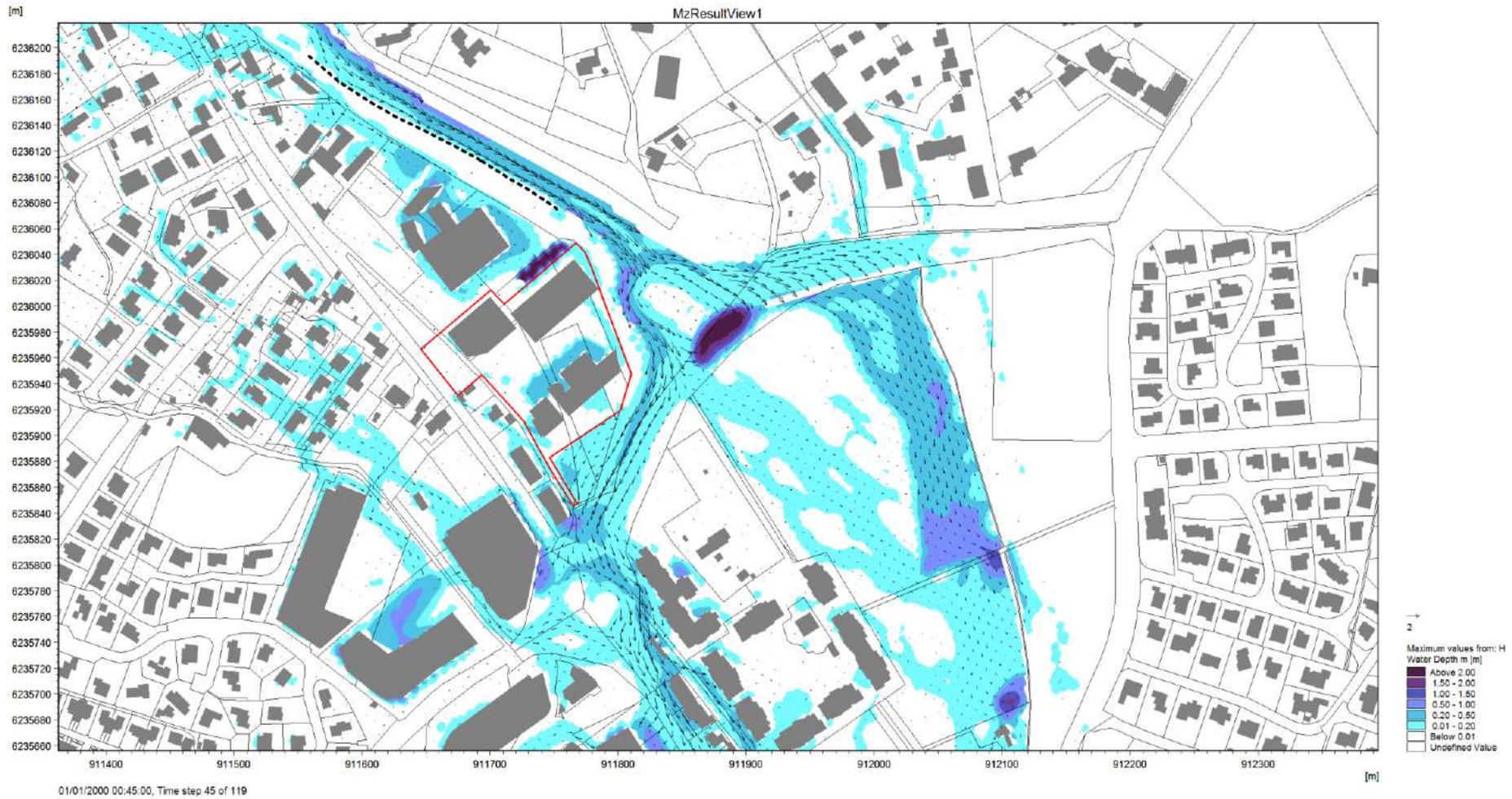


Figure 54 : Etat projet solution finale – Dynamique des écoulements – Crue centennale

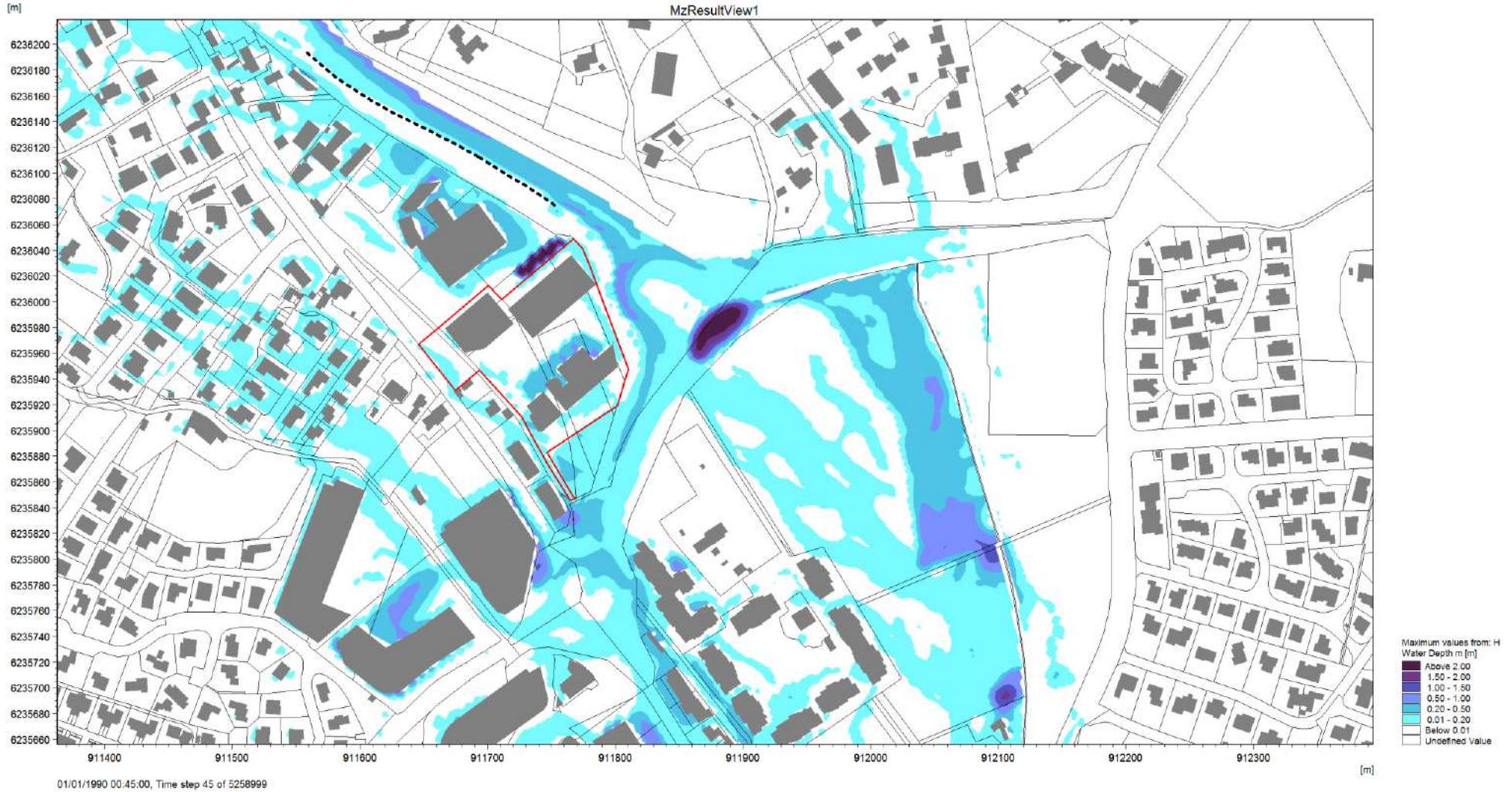


Figure 55 : Etat projet solution finale – Hauteurs d'eau maximales – Crue centennale

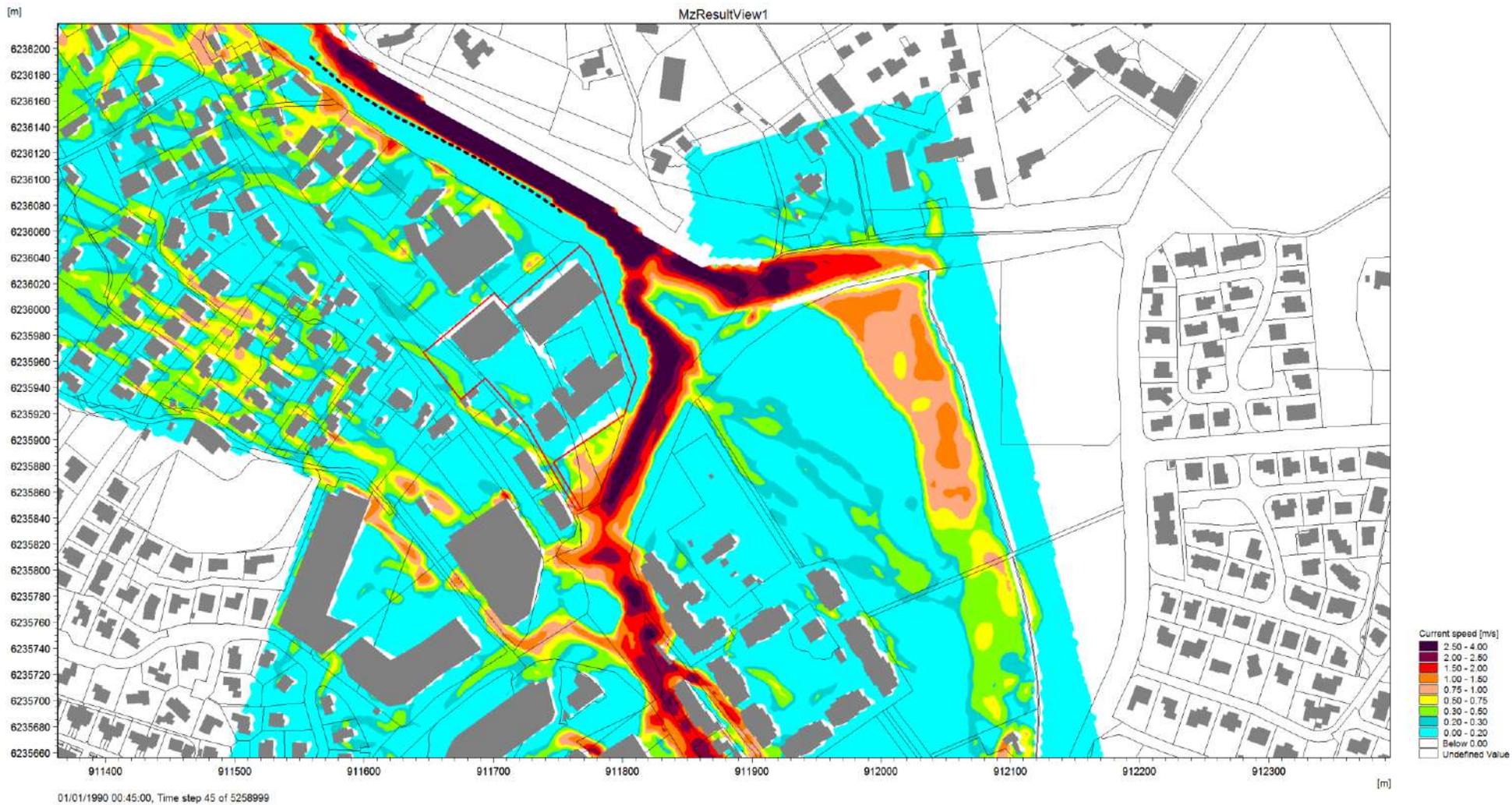


Figure 56 : Etat projet solution finale – Vitesses maximales – Crue centennale

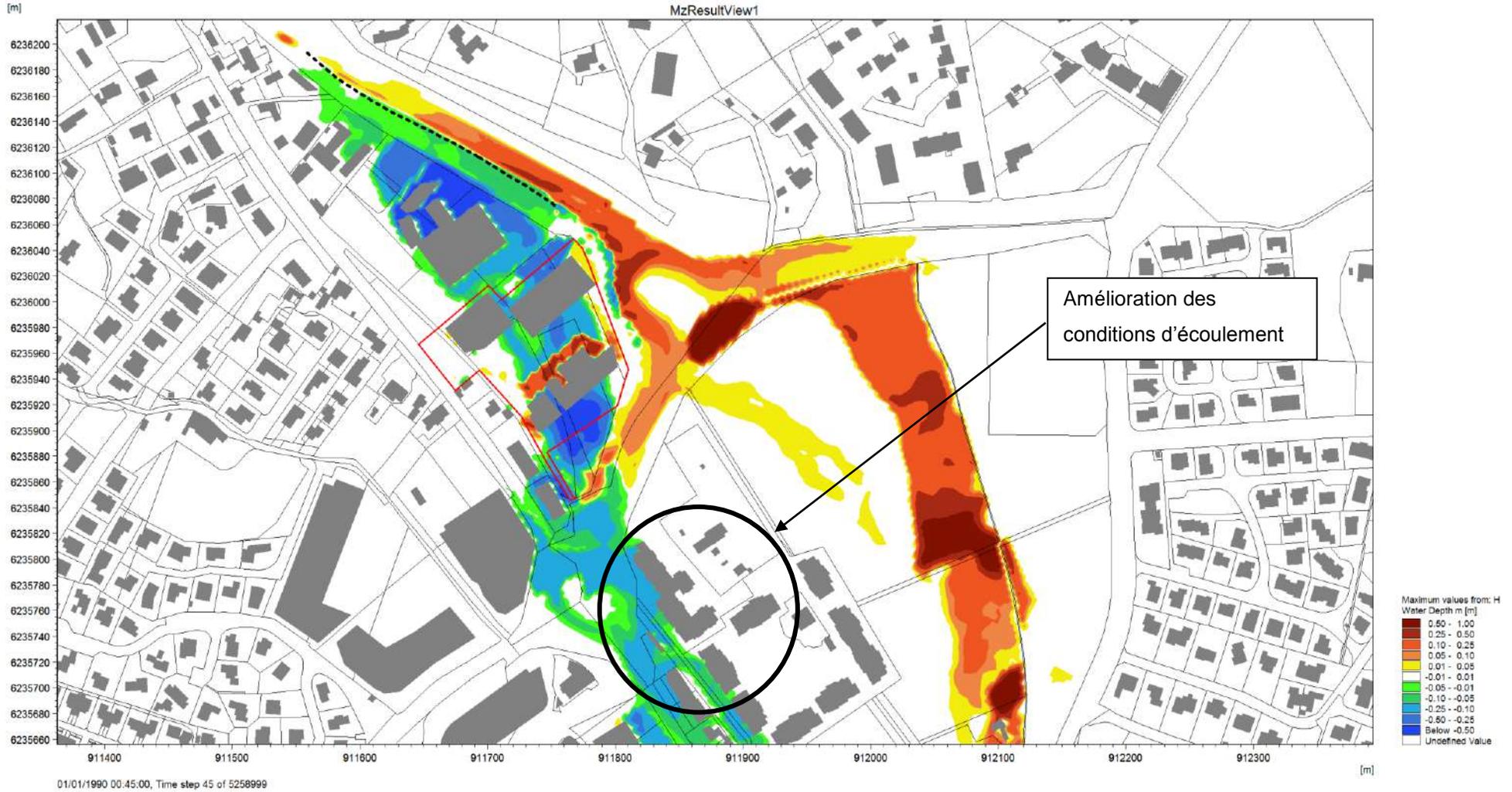


Figure 57 : Etat projet solution finale – Comparaison des hauteurs d'eau à l'état actuel – Crue centennale

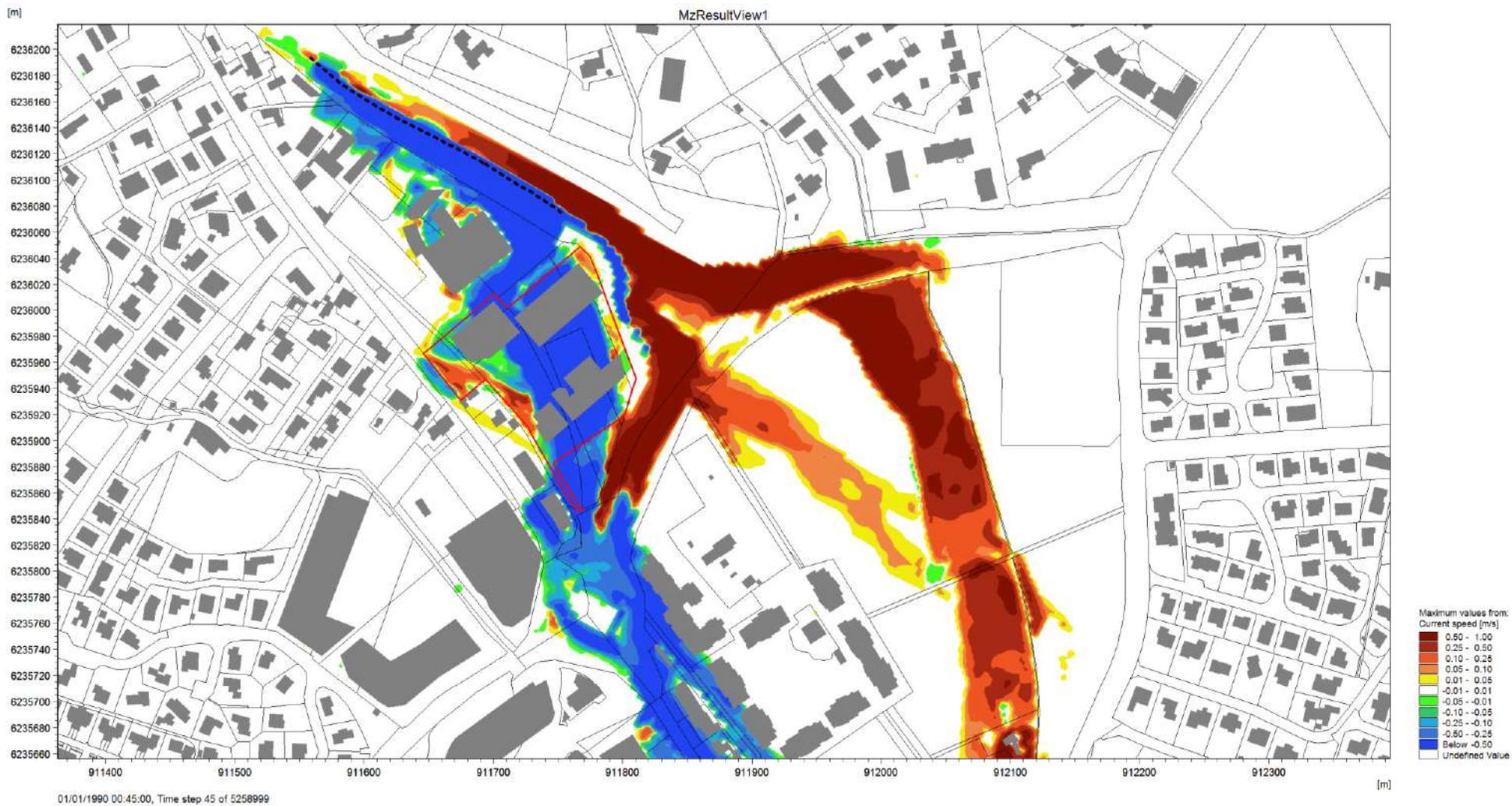


Figure 58 : Etat projet solution finale – Comparaison des vitesses à l'état actuel – Crue centennale



En crue centennale, les aménagements initiaux du projet combinés à l'implantation d'un mur continu le long de la bretelle autoroutière sont satisfaisants pour l'opération du Multiplexe :

- Les écoulements sont contenus dans les différents caniveaux et bassins, il n'y a pas de débordements en surface ;
- La cote NPHE au niveau de l'esplanade est de 31.89 m NGF, soit au-dessous de la cote de premier plancher revue à 32.14 m NGF.

Comme cela avait été observé pour la solution n°1, une incidence dans le domaine de la Tour est visible. La rehausse de ligne d'eau est le plus souvent comprise entre 10 et 20 centimètres et peut localement atteindre des valeurs supérieures à 50 centimètres. Toutefois, ces aggravations se font dans une zone naturelle non urbanisée et n'impactent pas d'habitations. Au contraire, les hauteurs d'eau au droit des habitations situées le long de l'avenue Emile Bodin sont réduites de plus de 10 centimètres.

La cartographie comparative des vitesses montre une hausse de l'ordre de 1 m/s sur la bretelle autoroutière, l'avenue du Caporal-Chef Alain Deruy et le parc du domaine de la Tour. Cependant, sous réserve de vérifier qu'il n'y a pas d'incidence sur les zones à enjeux plus en aval, ces aggravations n'ont lieu que sur des voiries ou des zones non urbanisés. À l'inverse, les vitesses sont réduites de 1.5 m/s le long de l'avenue Emile Bodin où sont présentes des habitations potentiellement inondées.

Par ailleurs, la cartographie comparative des hauteurs d'eau montre une amélioration très significative des conditions d'écoulement au niveau du centre de secours. Les hauteurs d'eau sur la façade nord du bâtiment sont réduites de 70 à 80 centimètres.

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes variations :

Tableau 9 : Incidence de l'aménagement - Crue centennale

Ecart à l'état actuel	Hauteur d'eau (m)	Vitesses (m/s)
Domaine de la Tour	+0.20 à +0.60	+0.30 à +0.60
Habitations le long de l'avenue Emile Bodin	-0.20 à -1.00	- 1.50
Centre de secours	-0.70 à -0.80	Pas de variation

7.3.1.2 Crue exceptionnelle

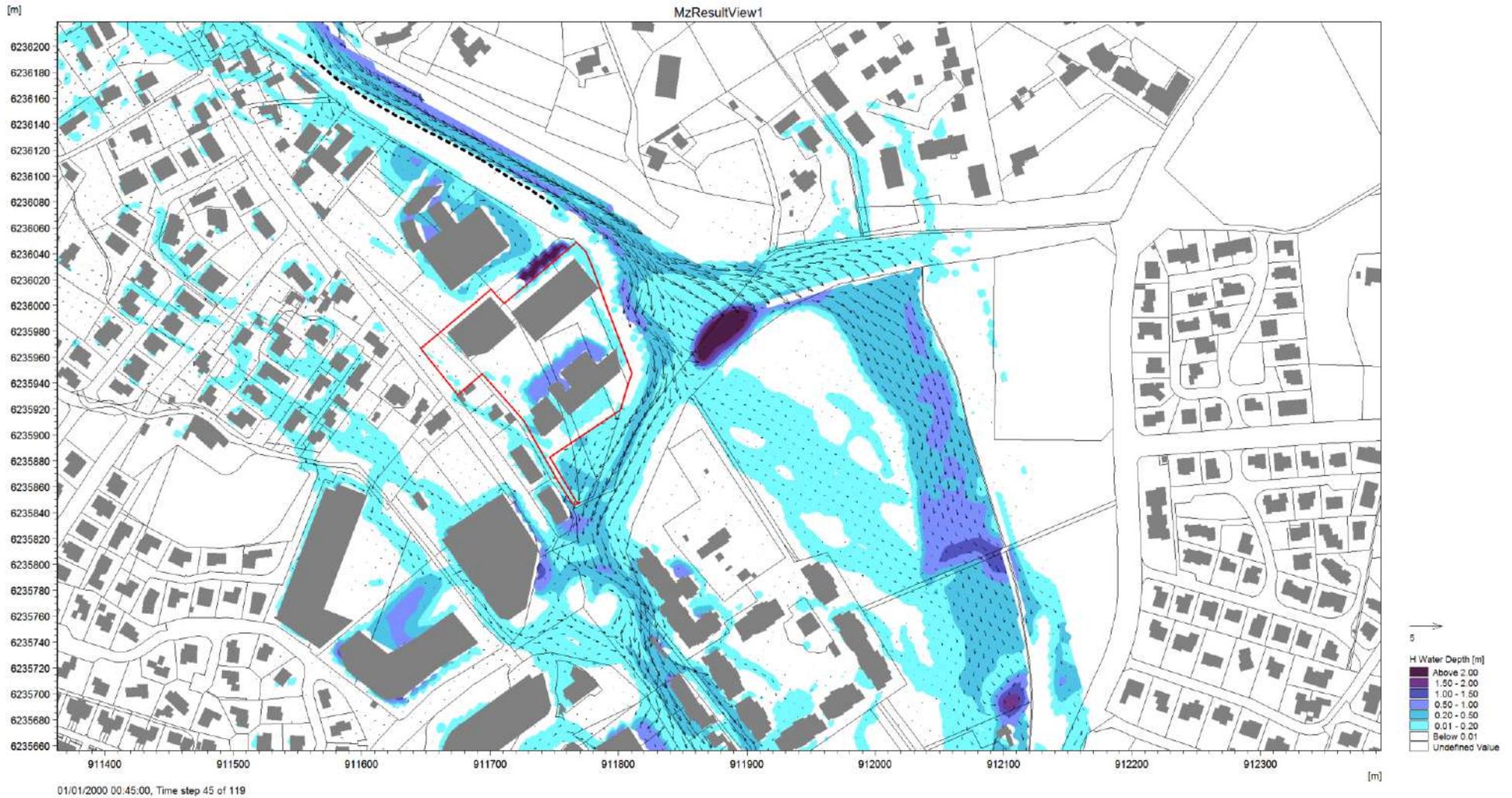


Figure 59 : Etat projet solution finale – Dynamique des écoulements – Crue exceptionnelle

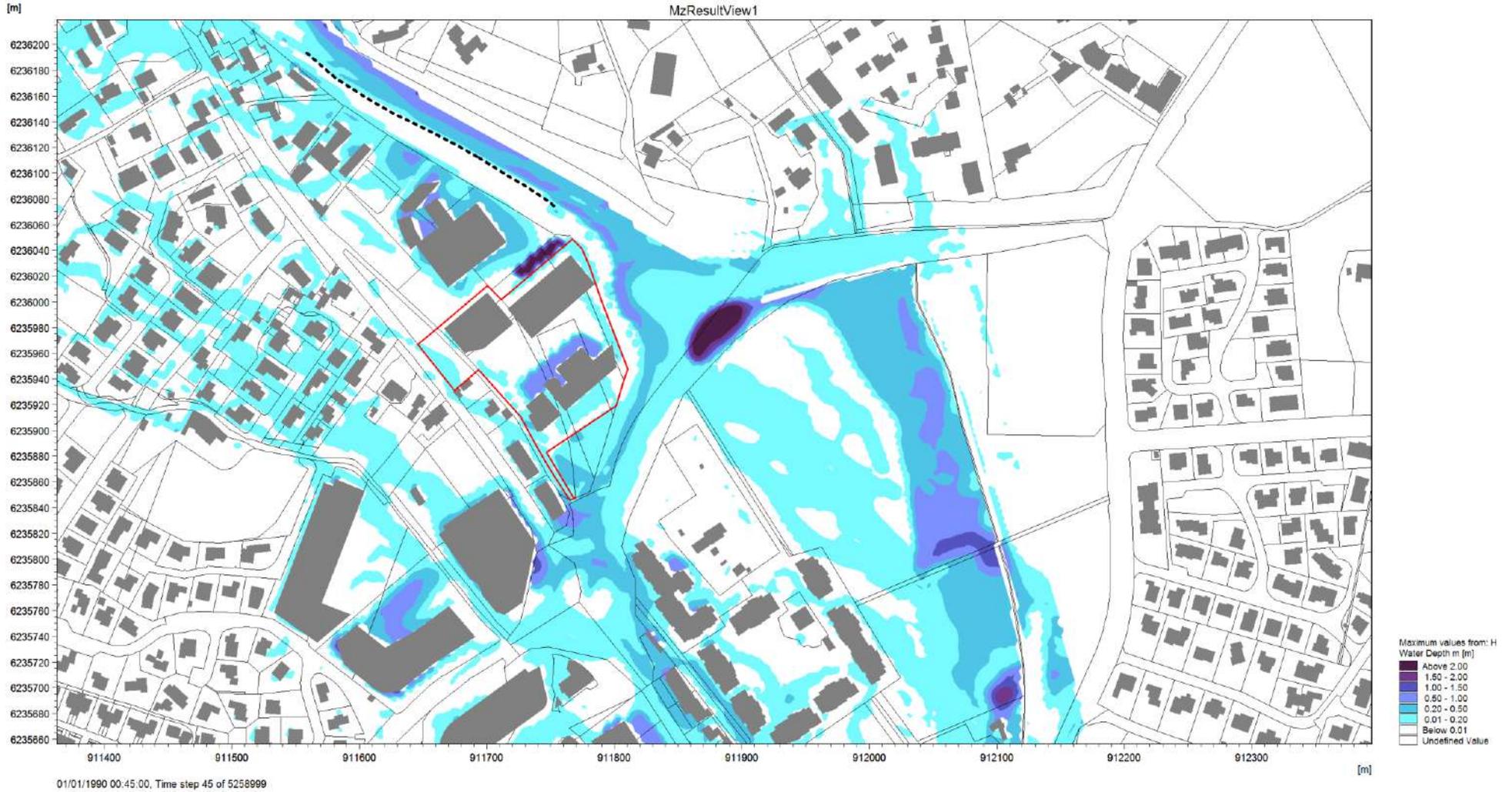


Figure 60 : Etat projet solution finale – Hauteurs d'eau maximales – Crue exceptionnelle

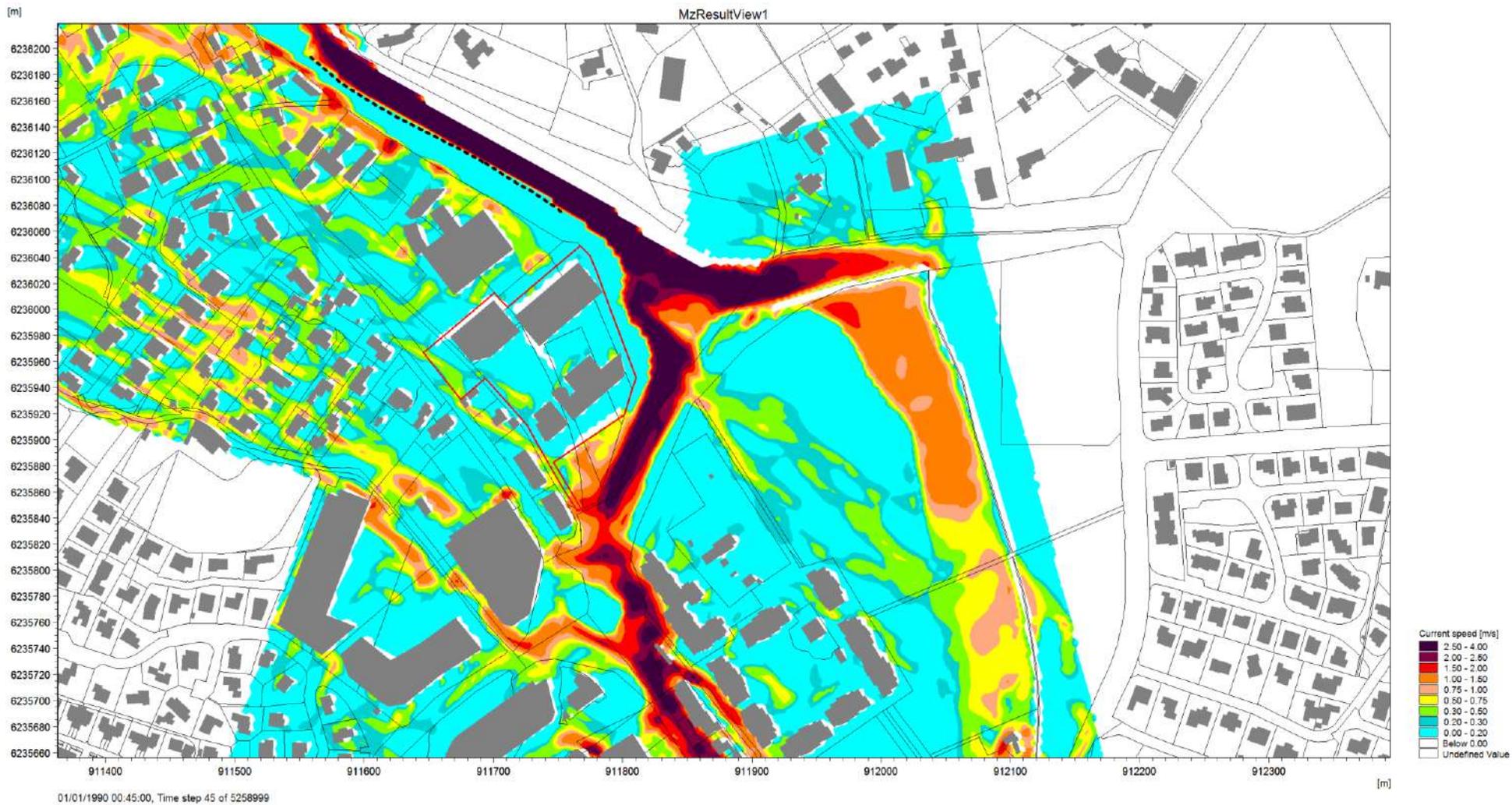


Figure 61 : Etat projet solution finale – Vitesses maximales – Crue exceptionnelle

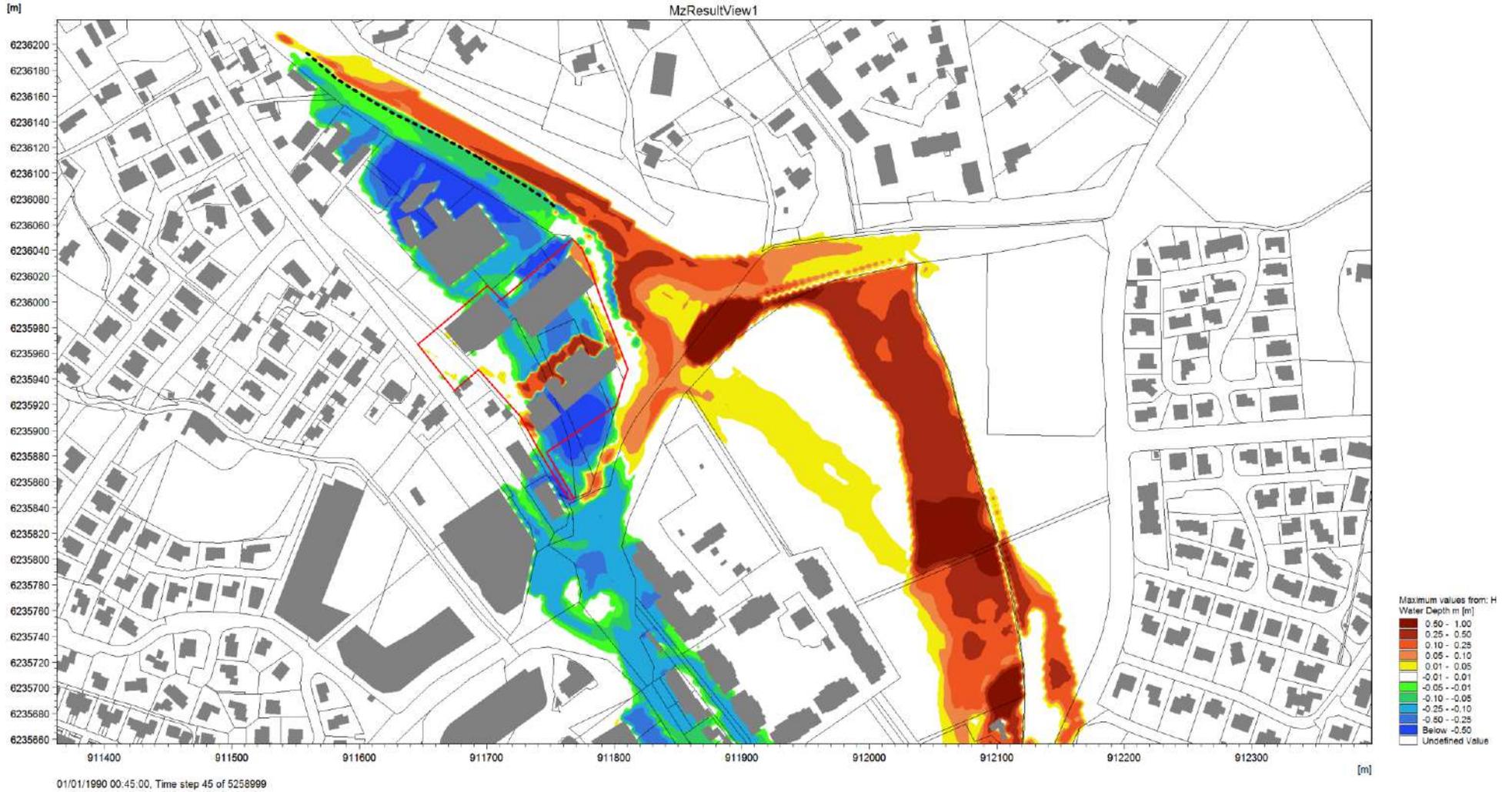


Figure 62 : Etat projet solution finale – Comparaison à l'état actuel – Crue exceptionnelle



En crue exceptionnelle, l'analyse qualitative de la solution finale est la même que pour la crue exceptionnelle.

Au niveau de la parcelle « Multiplexe » :

- Les écoulements sont contenus dans les différents caniveaux et bassins, il n'y a pas de débordements en surface ;
- La cote NPHE au niveau de l'esplanade est de 31.02 m NGF, pour un calage des premiers planchers du bâtiment sud à 32.14 m NGF.

A noter que la rehausse du bâtiment sud pour la crue exceptionnelle n'atteint pas le critère $Z_{phe} + 20$ cm demandé par la DDTM, le risque sera cependant contrôlé par le fait que les ouvrages sont de gabarit importants. Le risque d'embâcles et donc de rehausse de la ligne d'eau est donc minime.

Le dimensionnement de l'ensemble des ouvrages par rapport à la ligne de charge pour une pluie exceptionnelle permet d'avoir une marge de sécurité par rapport à la problématique de gestion des eaux de ruissellement.

Dans le domaine de la Tour, le long des bâtiments de l'avenue Emile Bodin et au niveau du centre de secours, les conclusions sont les mêmes que précédemment. Le tableau ci-dessous résume les améliorations et aggravations.

Tableau 10 : Incidences de l'aménagement - Crue exceptionnelle

Ecart à l'état actuel	Hauteur d'eau (m)	Vitesses (m/s)
Domaine de la Tour	+0.40 à +0.7	+0.40 à +0.70
Habitations le long de l'avenue Emile Bodin	-0.15 à -0.25	- 1.10
Centre de secours	-1.10	Pas de variation

8 RESPECT DE L'AMÉNAGEMENT AU REGARD DES PRESCRIPTIONS LIÉES AU RISQUE INONDATION

8.1 À L'ÉCHELLE GLOBALE

La modélisation bidimensionnelle mise en œuvre a permis de mettre en évidence la nécessité de créer un mur de contournement des écoulements le long de la RD40b en continuité de la glissière et du merlon existants. Cela permet ainsi de réduire l'aléa inondation sur le centre de secours, le projet de multiplexe, le projet d'aire de régulation et de manière générale de réduire l'aléa sur l'avenue Bodin.

Le basculement des écoulements vers le parc urbain du Domaine de la Tour engendre une incidence en terme de hauteurs et de vitesses, mais il convient de relativiser ces incidences étant donné qu'il n'y a pas d'enjeux sur ce secteur.

Cette solution pourra être la plus appropriée sous réserve de vérifier la non-incidence de cet aménagement sur les zones urbaines plus en aval.

Le modèle 2D présenté dans le présent rapport devra alors être prolongé et intégrera l'apport de la branche Athélia du vallon du Roubaud.

8.2 AU SEIN DE LA PARCELLE DU MULTIPLEXE

Sous conditions que l'aménagement du mur en bordure de la RD40b soit réalisé, il est ainsi possible d'envisager une gestion des eaux de ruissellement pour un événement exceptionnel au droit du projet de multiplexe.

Au sujet de la problématique des parcs de stationnement enterrés, leurs accès sont implantés de façon à ne pas être dans le sens des écoulements (soit Nord/Sud).

- Pour les stationnements sous les bâtiments nord (équipements sportifs et cinéma), la cote PHE exceptionnelle est de 33.62 m NGF alors que l'altimétrie de la rampe est de l'ordre de 36.15 m NGF.
- Pour les stationnements sous le bâtiment sud (hôtel), la cote PHE exceptionnelle est de 32.05 m NGF. Il faudra donc s'assurer que les murets délimitant l'accès sont supérieurs $32.05 + 0.5 = 32.55$ m NGF.

Les sorties/aérations/ventilations devront également être à 20 cm au-dessus des PHE exceptionnelles.

Par rapport à la mise en sécurité des bâtiments, il faut noter les aménagements suivants :

- les bâtiments nord (équipements sportifs et cinéma) seront calés à la cote 34.85 m NGF :
 - le niveau d'eau pour une crue exceptionnelle est de 33.66 m NGF, soit une revanche de 1.19 m.

- l'établissement sud (hôtel) sera calé à la cote 32.14 m NGF :
 - le niveau d'eau pour une crue exceptionnelle est de 32.05 m NGF, soit une revanche de 9 cm.

A noter que la rehausse du bâtiment sud pour la crue exceptionnelle n'atteint pas le critère Zphe + 20 cm, le risque sera cependant contrôlé par le fait que les ouvrages sont de gabarit importants. Le risque d'embâcles et donc de rehausse de la ligne d'eau est donc minime.

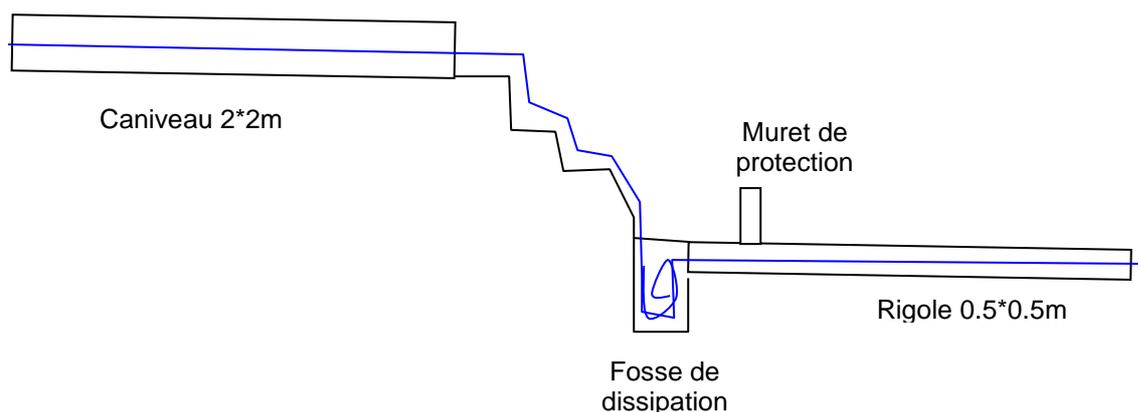
Le dimensionnement de l'ensemble des ouvrages par rapport à la ligne de charge pour une pluie exceptionnelle permet d'avoir une marge de sécurité par rapport à la problématique de gestion des eaux de ruissellement.

En ce qui concerne la mise en sécurité des aménagements, les caniveaux seront semi-couverts par un revêtement de type « platelage bois » pour éviter les intrusions et chutes. Le bassin enherbé au nord devra être fermé afin d'éviter également toute intrusion dans le système.

En ce qui concerne la gestion des écoulements sur l'esplanade, cet espace sera alimenté par une « cascade » accélérant les vitesses d'écoulement. Afin de sécuriser le dispositif, il est prévu d'aménager une zone de recul (matérialisée par des murets) et une fosse de dissipation d'énergie en pied de la chute de façon de gérer la dissipation d'énergie. L'aménagement de ces murets est une mesure visuelle de mise en distance des personnes par rapport à une zone potentielle dangereuse.

Le schéma de principe de ce dispositif sera le suivant :

Figure 63: Schéma de principe de la gestion des eaux au droit de la « cascade » aménagée sur le projet



L'esplanade sera donc inondable en cas de pluie, des panneaux signalétiques d'information devront être posés autour de l'esplanade de façon à sensibiliser les utilisateurs.



Figure 64: Exemple de signalisation à positionner au droit et autour de l'esplanade



Pour la crue décennale, environ 8 cm d'eau seront stockés sur l'esplanade avec des vitesses d'écoulement inférieures à 0.5 m/s. La lame d'eau centennale est portée à 14 cm pour une vitesse de l'ordre de 0.7 m/s. La rigole en fond d'esplanade sera couverte par un système de grilles ou autres platelages bois.

Par rapport à l'incidence du projet sur les écoulements aval, le fossé de dissipation permet de retrouver les conditions d'écoulement de l'état actuel (cf tableaux de résultat). Il n'y a donc pas d'incidence hydraulique en aval du projet.

Un déversoir devra être réalisé dans les règles de l'art : il devra être aménagé de façon à ne pas s'éroder (aménagement en béton et/ou en enrochements).

La clôture délimitant le terrain ne devra pas faire obstacle à l'écoulement. Un grillage à grandes mailles sera privilégié pour favoriser la transparence hydraulique.

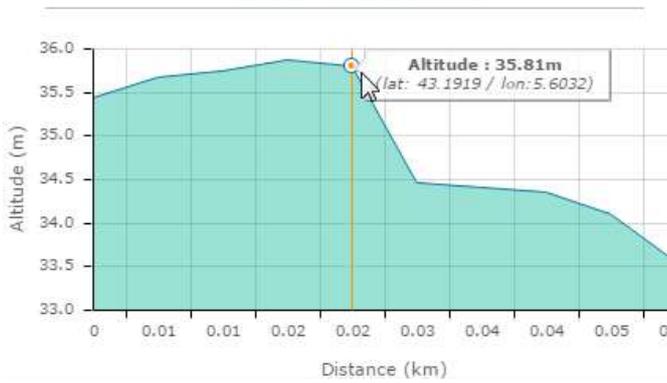
Enfin, par rapport à l'incidence du projet sur les écoulements amont, le centre de secours en amont direct de l'opération est en remblai par rapport à la parcelle de l'opération (de plus de 1 m). Il n'y a donc pas d'incidence sur la parcelle amont.



Figure 65: Nivellement de la parcelle amont par rapport à celle du projet (source : Google Earth et Géoportail)



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



9 PRISE EN COMPTE DES NOUVELLES SURFACES IMPERMÉABILISÉES

9.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES DE LA DDTM 13 EN TERMES DE COMPENSATION DES SURFACES IMPERMÉABILISÉES

A l'issue de l'instruction partielle du dossier, le retour du service instructeur de la Direction de l'Eau, de l'Assainissement et du Pluvial de la Métropole est le suivant :

Les règles de la Direction de l'Eau, de l'Assainissement et du Pluvial de la Métropole préconisent en la matière deux débits de fuite possibles :

- Si les ouvrages aval le permettent, il peut correspondre au débit décennal du terrain naturel avant aménagement,

- Dans le cas contraire, le débit doit être limité à 15l/s avant rejet dans le réseau public dont la capacité s'avérerait insuffisante.

Au regard des nombreux points de débordement des ouvrages avals, traversant une partie fortement urbanisée, c'est cette deuxième valeur de 15l/s qu'il faut donc retenir pour ce projet.

Ainsi, le volume de rétention compensatoire nécessaire, pour une surface de 14 385m² avec un coefficient de 0.81, ressort à 895m³.

Ainsi, il est demandé de créer un volume de 895 m³ avec un débit de fuite de 15 l/s au sein du projet.

9.2 INTÉGRATION DU VOLUME DANS LE CADRE DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES SUR L'OPÉRATION

Le volume de rétention est déjà intégré dans les ouvrages hydrauliques dimensionnés précédemment. Selon les occurrences 30 ans (période de dimensionnement de la DDTM13), 100 ans et en cas de crue exceptionnelle (1.5*Q100), les volumes d'eau stockés sont les suivants :

Tableau 11: Bilan des volumes de stockage (écrêtement)

Occurrence	Volume projeté stocké (m ³)
Q30	1020
Q100	1100
1.5*Q100	1305

Les ouvrages hydrauliques permettent ainsi de compenser le volume nécessaire pour la compensation de l'imperméabilisation du projet. La prise en compte directe par ces aménagements est d'autant plus justifiée qu'ils sont le collecteur unique des eaux de ruissellement de l'opération. Il n'y a pas de réseau pluvial supplémentaire projeté.



Le débit de fuite (15 l/s) sera quant à lui matérialisé par le DN150 en fond du fossé de dissipation en limite sud de l'opération. Ce collecteur sera évacué vers le réseau pluvial communal.



10 PRESCRIPTIONS EN TERMES DE SUIVI ET D'ENTRETIEN DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Le bon fonctionnement du dispositif de gestion des eaux pluviales est étroitement lié au bon entretien des ouvrages, à savoir :

- Entretien régulier (tous les ans) des bassins, des grilles et du réseau souterrain ;
- Intervention technique rapide suite à un incident.

Ces moyens permettent également d'éviter la formation de dépôts ou d'embâcles susceptibles de limiter la capacité des bassins et de créer un débordement.

Afin d'optimiser l'efficacité des aménagements, un certain nombre d'opérations de maintenance et d'entretien doivent être réalisés périodiquement.

- **Travaux périodiques annuels**

Ils consistent à entretenir les bassins tampons, pour conserver sa pleine capacité d'écoulement. Ces travaux d'entretien seront réalisés début septembre, avant les pluies d'automne.

- **Travaux ponctuels**

Après chaque évènement pluvieux important, un contrôle sera effectué et les éventuels embâcles formés au droit des ouvrages seront dégagés afin de s'assurer de la fluidité de l'écoulement par la suite.

Une attention particulière sera également prise pour le suivi rigoureux et l'expertise régulière des ouvrages limitant la section hydraulique.

- **Entretien du réseau des eaux pluviales**

Concernant le réseau souterrain, afin d'éviter le colmatage des canalisations, l'entretien doit être préventif (nettoyage des avaloirs, des regards,...) et/ou curatif, par lavage à haute pression. Des visites annuelles et après chaque évènement pluvieux important seront mises en place.

Les boues et les sables accumulés seront éliminés conformément à la législation en vigueur en fonction de leur teneur en hydrocarbures et en métaux lourds. Le surnageant éventuel sera collecté et confié à des organismes agréés à des fins de recyclage ou d'élimination.

Tous les éléments défectueux identifiés lors des visites de contrôle ou d'entretien sur l'ensemble du réseau de gestion des eaux pluviales seront remplacés.



11 CONCLUSION

La commune de la Ciotat souhaite aménager un terrain communal situé en entrée de ville, à l'intersection de l'avenue du Caporal Chef Alain Deruy et de l'avenue Emile Bodin. Elle projette de créer sur ce terrain un futur complexe à vocation ludique de type établissement recevant du public (ERP). La parcelle projet est de 14 385 m².

Une analyse hydraulique de l'inondabilité du terrain a conclu à la présence d'une zone de ruissellement sur le secteur.

Dans le cadre de la définition d'un plan de masse plus abouti, la présente analyse hydraulique permet de s'assurer de la faisabilité du projet au regard de la vulnérabilité du projet.

L'aménagement d'ouvrages hydrauliques au sein de la parcelle et en bordure de la RD40b permet à la fois de supprimer l'aléa ruissellement sur la parcelle projet tout en répondant à la problématique de la compensation des surfaces imperméabilisées nouvellement créées.

Ces aménagements ont été dimensionnés pour une crue exceptionnelle, de façon à surdimensionner le dispositif et prévenir des éventuels dysfonctionnements. Il s'agit principalement de réaliser des ouvrages tampon et des collecteurs bien intégrés dans le plan d'aménagement.

Selon la demande de la DEA, le volume de compensation aménagé est supérieur aux 895 m³ préconisés.

Les dispositifs permettent d'assurer une revanche suffisante par rapport à la cote des premiers planchers des bâtiments. Ils n'entraînent aucune incidence sur le fonctionnement amont et aval au projet.

Ces aménagements ont été définis au stade « Etude de faisabilité », des études plus précises de conception sont à prévoir ultérieurement.



12 ANNEXES



ANNEXE 1 : PLAN MASSE DU PROJET



ANNEXE 2 : PLAN DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES DU PROJET
