



Eveilleur d'intelligences environnementales

Réalisé par

G2C ingénierie

3 rue de Tasmanie

44115 BASSE-GOULAIN

VILLE DE LAVAL DEPARTEMENT DE LA MAYENNE



ÉTUDE DE RUISSELLEMENT SUR LE BASSIN VERSANT DU CENTRE-VILLE DE LAVAL ET DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE DES COMMERCES

RAPPORT FINAL

Juin2014

Etabli par	Validé par
HUQ/AMEG	SEC

Conseil et assistance technique pour la gestion durable de l'environnement et du patrimoine

Aix en Provence - Argentan - Arras – Bordeaux - Brive – Castelnaudary - Charleville - Mâcon – Nantes - Nancy - Paris – Rouen – Rabat (Maroc)

Siège : Parc d'Activités Point Rencontre – 2 avenue Madeleine Bonnaud- 13770 VENELLES – France - Tél. : + 33 (0)4 42 54 00 68 - Fax : +33 (0) 42 4 54 06 78 e-mail : siege@g2c.fr
G2C ingénierie - SAS au capital de 781 798 € - RCS Aix en Provence B 453 686 966 – Code NAF 7112B – N° de TVA Intracommunautaire : FR 75 453 686 966

www.g2c.fr



Identification du document

Élément	
Titre du document	Étude de ruissellement sur le bassin versant du centre ville de Laval et diagnostic de vulnérabilité des commerces
Nom du fichier	Laval_rapport_final.doc
Version	22/07/2014 10:22:00
Rédacteur	HUQ/AMEG
Vérificateur	SEC
Chef d'agence	SEC



SOMMAIRE

1. PREAMBULE	9
2. PRESENTATION DES OBJECTIFS ET DE LA METHODE	10
2.1. Objectifs de d'étude	10
3. DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE DES COMMERCES	11
3.1. Déroulement et méthodologie des enquêtes réalisées	11
3.2. Statistiques et résultats des enquêtes	13
3.2.1. Caractéristiques des épisodes pluvieux	13
3.2.2. Inondation des commerces	13
3.2.3. Désordres et dommages constatés	15
3.2.3.1. Désordres structurels	15
3.2.3.2. Second œuvre	15
3.2.3.3. Equipements - fournitures.....	16
3.2.3.4. Impact financier	18
3.2.3.5. Principaux commerces vulnérables	19
3.3. Propositions d'actions	20
3.3.1. Plan d'action à mettre en œuvre par le commerçant, locataire des locaux	20
3.3.2. Plans d'action à mettre en œuvre par le propriétaire de l'immeuble	21
3.3.3. Sensibilisation à la culture du risque	22
3.4. Analyses des risques et dysfonctionnements sur les rues principalement sensibles.....	23
3.4.1.1. Rue du Général de Gaulle	23
3.4.1.2. Rue Bernard le Pecq	27
3.4.1.3. Cours de la résistance / Allée du vieux St Louis	30
3.4.1.4. Rue de Rennes.....	33
3.4.1.5. Rue de Bretagne	37
3.4.1.6. Rue des Ruisseaux	40
4. CONSTRUCTION DU MODELE 1D/2D	43
4.1. Méthode appliquée	43
4.2. LIDAR préalable indispensable à la modélisation 2D	44
4.2.1. Construction du modèle et couplage 1D/2D.....	46
4.2.2. Données pluviométriques utilisées pour le calage	47
5. CALAGE ET VALIDATION DU MODELE	50
5.1. Méthodologie du calage hydrologique et hydraulique	50
6. DIAGNOSTIC DU MODELE 1D SUR LA ZONE D'ETUDE	53
6.1. Pluies utilisées pour le diagnostic.....	53
6.1.1. Pluie exceptionnelle de juillet 2012	53
6.1.2. Pluie exceptionnelle de juillet 2013	53
6.1.3. Pluie de période de retour 30 ans et 50 ans	54
6.2. Carte de la capacité hydraulique théorique maximale des tronçons.....	55



6.3. Carte des débits maximaux transitant dans le réseau pour les différentes pluies étudiées	56
6.4. Carte des mises en charge du réseau pour les différentes pluies étudiées	60
6.5. Conclusions sur le diagnostic du modèle 1D	64
7. DIAGNOSTIC DU MODELE 1D/2D DIT DE SURFACE SUR LA ZONE D'ETUDE	65
7.1. Carte de l'enveloppe inondable et des hauteurs d'eau maximales pour les différentes pluies étudiées	65
7.2. Carte des vitesses maximales pour les différentes pluies étudiées	69
7.3. Carte d'aléa	73
7.4. Conclusions sur le diagnostic du modèle de surface	77
7.1. Analyse de l'évolution de l'inondation pour l'événement exceptionnel de Juillet 2012	78
8. ETUDE DES AMENAGEMENTS	81
8.1. AMG1 - Etude du décaissement de la chaussée	82
8.1.1. Présentation de l'aménagement	82
8.1.2. Carte de l'enveloppe d'inondation et des hauteurs maximales pour un décaissement de 10 cm	83
8.1.3. Carte de l'enveloppe d'inondation et des hauteurs maximales pour un décaissement de 20	84
8.1.4. Analyses comparatives	85
8.1.5. Chiffrage détaillé	89
8.2. AMG2 – Déconnexion du bassin versant de la Grivonnière	90
8.2.1. Présentation de l'aménagement	90
8.2.2. Proposition issue de l'étude de 2011	90
8.2.3. Impact sur les débordements du secteur d'étude :	91
8.2.4. Chiffrage détaillé	95
8.3. AMG3 – Impact de la régulation des eaux du 42^{ème} régiment sur le fonctionnement du réseau	96
8.3.1. Présentation de l'aménagement	96
8.3.2. Bassins de rétention estimé lors de l'étude de 2011	97
8.3.3. Impact estimé sur les hauteurs d'eaux maximales d'une régulation à 3l/s/ha de projet du quartier du 42 ^{ème} régiment	98
8.3.4. Comparaison entre la situation avec aménagement et la situation avant aménagement	99
8.3.5. Chiffrage détaillé	100
8.4. AMG4 - Renforcement des canalisations identifiées comme limitantes dans le diagnostic de 2011	101
8.4.1. Présentation de l'aménagement	101
8.4.2. Carte de l'enveloppe inondable et des hauteurs maximales après renforcement des canalisations à risques	103
8.4.3. Chiffrage détaillé	104
8.5. AMG5 – Mise en place d'un collecteur de délestage à partir de la rue des Ruisseaux dans la rue du Général de Gaulle	105
8.5.1. Présentation de l'aménagement	105
8.5.2. Carte de l'enveloppe inondable et des hauteurs maximales après aménagement	111
8.5.3. Analyse de l'impact de l'AMG5	112
8.5.4. Chiffrage détaillé	113
8.1. Variante : réalisation de l'AMG3 et de l'AMG5	114



9. ESTIMATIONS ET AIDE A LA DECISION	115
10. ANNEXES	117



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Récapitulatif des diagnostics réalisés	11
Figure 2 : Répartition des commerces inondés parmi les commerces diagnostiqués	13
Figure 3 : Vue 3D de la zone d'étude	43
Figure 4 : Découpage de la zone d'étude et plan de vol	44
Figure 5 : LIDAR vue d'ensemble	45
Figure 6 : LIDAR vue 1	45
Figure 7 : LIDAR vue 2	46
Figure 8 : Vue du couplage des modèles 1D/2D sur Mike	46
Figure 9 : Analyse de l'événement pluvieux exceptionnel de juillet 2012 sur les pluviomètres de la ville	48
Figure 10 : Analyse de l'événement pluvieux exceptionnel de juillet 2013 sur les pluviomètres de la ville	49
Figure 11 : Graphique de la pluie de Juillet 2012	53
Figure 12 : Graphique de la pluie de Juillet 2013	53
Figure 13 : Pluie de projet 30 ans.....	54
Figure 14 : Pluie de projet 50 ans.....	54
Figure 15 : Caractérisation de l'aléa inondation	77
Figure 16 : Analyse des rues à décaisser	82
Figure 17 : Secteur faisant l'objet d'une analyse comparative des hauteurs d'eau maximales pour un événement considéré	85
Figure 18 : Possibilité de création d'un nouveau réseau de collecte avec grille transversale ou avaloir afin d'évacuer les eaux ruisselées	88
Figure 19 : Plan de situation pour l'aménagement n°2	90
Figure 20 : Sous-bassins versants du 42 ^e Régiment se rejetant dans le réseau pluvial de Laval.....	96
Figure 21 : Profil en long d'étude AMG3	99
Figure 22 : Canalisations à renforcer – rue de Bretagne	101
Figure 23 : Canalisations à renforcer – rue Ste Catherine	102
Figure 24 : Plan d'action AMG5.....	105



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Cadre de présentation du plan d'action pour diminuer la vulnérabilité du commerce.....	13
Tableau 2 : Détail de l'impact financier des inondations – estimation sur la base de facture ou estimée	19
Tableau 3 : Fréquence d'apparition des événements pluvieux selon la hauteur d'eau cumulée et la durée de la pluie.....	47
Tableau 4 : Tableau de comparaison des hauteurs d'eau en façade des commerces selon les relevés de terrain et les hauteurs modélisées.....	51
Tableau 5 : Tableau de comparaison des volumes débordés suivant les événements pluvieux.....	77
Tableau 6 : Volume et pluie	77
Tableau 7 : Caractéristiques des sous-bassins versants du quartier Ferrié	96
Tableau 8 : dimensionnement des bassins de rétention pour différents débits de fuite	97
Tableau 9 : Comparaison de l'impact de la régulation du 42 ^{ème} régiment sur la rue St Catherine et la rue B.Le Pecq	99
Tableau 10 : Projet de renforcement pour l'AMG 8	102
Tableau 11 : Tableau d'aide à la décision	115
Tableau 12 : Impact sur les hauteurs d'eau des aménagements en façade des commerces inondés	116
Tableau 13 : Analyse du nombre de commerçant protégé après aménagement sur les 18 commerçants inondés et ayant une marche	116



TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Bilan de prise de contact par commerçant.....	1
ANNEXE 2 : Carte des hauteurs d'eau en façade.....	2
ANNEXE 3 : Carte des commerces inondés	3
ANNEXE 4 : Fiches aménagements	4



1. PREAMBULE

La Ville de LAVAL a réalisé un schéma directeur d'assainissement à l'issue d'une étude de diagnostic comprenant, notamment l'élaboration d'un modèle hydraulique.

En 2011-2012, une étude complémentaire sur le bassin versant du centre ville a été réalisée, afin d'affiner le modèle hydraulique et d'intégrer les aménagements prévus sur le site du 42^{ème} régiment de transmission.

Ce modèle (XPSWMM) a permis d'établir le comportement de 36km de réseau et des ouvrages associés pour différentes pluies. Le choix d'un niveau de protection **trentennale** a permis d'établir un programme de travaux.

Aujourd'hui, la Ville de LAVAL souhaite en complément :

- simuler le comportement des effluents **en surface** sur la voirie publique du centre-ville, lors d'événements très intenses (25 Juin 2009, 27 Juillet 2012 et 27 Juillet 2013)
- réaliser un diagnostic de vulnérabilité des commerces pour ce type d'évènement

Rappelons que le centre-ville de LAVAL est régulièrement touché par des inondations, lors de forts orages. Ces inondations touchent à la fois des activités commerciales et des riverains. L'intensité de ces pluies provoque la mise en charge des réseaux, dont les eaux ruissellent sur des chaussées aux pentes importantes.



Stagnation des eaux Place du 11 novembre le 27/07/2012



Ruissellement sur chaussée le long des commerces le 25/06/2009



2. PRESENTATION DES OBJECTIFS ET DE LA METHODE

2.1. Objectifs de d'étude

Les analyses hydrologiques et hydrauliques réalisées dans cette étude, ont pour objectifs :

- ⇒ ***D'améliorer la compréhension du fonctionnement du réseau d'assainissement des eaux pluviales***
- ⇒ ***De visualiser l'impact des aménagements sur le niveau d'eau, dans les rues sensibles au risque d'inondation***

Phase de diagnostic de vulnérabilité des commerces :

- ⇒ ***Compiler et synthétiser les informations et les expériences vécues par les riverains***
 - Prise de contact
 - Rencontre et visite des commerces (y compris caves)
 - Diagnostic et évaluation des dommages
 - Proposition d'un plan d'action pour diminuer la vulnérabilité

Phase de modélisation :

- ⇒ ***Identifier l'enveloppe d'inondation et quantifier l'impact des aménagements sur le niveau d'eau ruisselée***
 - Analyse topographique de la zone impactée et constitution d'un MNT précis
 - Reprise du modèle hydraulique
 - Compléter avec un modèle des écoulements de surface
 - Rendu cartographique de la ligne d'eau maximum
 - Simulation des aménagements prévus
 - Simulation d'aménagements complémentaires
 - Évaluation financière et analyse multicritères des différents aménagements



3. DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE DES COMMERCES

3.1. Déroulement et méthodologie des enquêtes réalisées

La réalisation des diagnostics de vulnérabilité a été organisée en 4 temps :

- Réunion publique du 11 février 2014
- Prise de contact avec les commerçants, par mail, par téléphone et en visite directe
- Rencontre avec le commerçant
- Réalisation du diagnostic et préconisation

- **Prise de contact avec les commerçants**

Après envoi d'un courrier à chaque commerçant, accompagné d'un questionnaire pour préparer l'entretien, chaque commerçant a été contacté :

- Par mail : pour les commerçants disposant d'une adresse mail
- Par téléphone : pour les commerçants sans adresse mail, pour ceux n'ayant pas répondu lors du démarrage des enquêtes
- En visite directe pour les commerçants ne répondant ni au mail ni au téléphone

Un bilan de la prise de contact pour chaque commerçant est présenté en **annexe 1**.

- **Rencontre avec les commerçants**

La figure, ci-dessus, illustre le bilan des rencontres avec les commerçants :

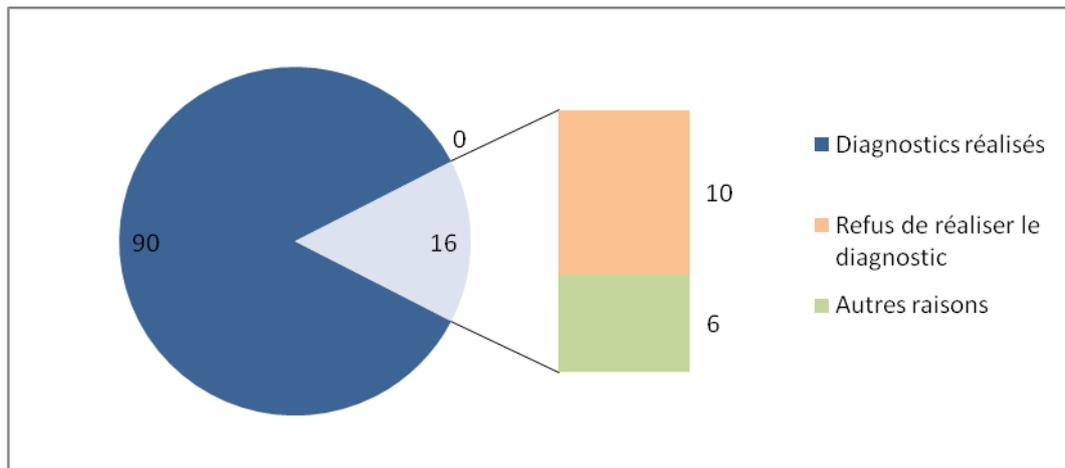


Figure 1 : Récapitulatif des diagnostics réalisés

Parmi les entreprises contactées, 10 entreprises ont refusé de réaliser le diagnostic pour diverses raisons : magasin non inondé, refus de répondre en période électorale, absence d'intérêt pour la démarche proposée.

6 commerces n'ont également pas été rencontrés :

- Eden SPA : magasin fermé
- TUL KEOLIS LAVAL (Halles Saint Louis) : non compris dans la liste transmise par la Mairie
- PRO Façades : pas de réponse du commerçant
- LORE STYL HOMMES : pas de réponse du commerçant
- DONG : pas de rendez-vous calé
- E CLOPE : pas de réponse du commerçant



- **Réalisation du diagnostic et préconisations**

Diagnostiques :

Les données suivantes ont été collectées auprès de chaque commerçant, pour la réalisation du diagnostic :

Caractéristiques de l'inondation	Eléments de vulnérabilité	Inventaires des désordres
Durée de l'inondation	Structure du bâtiment (plancher, mur porteur)	Sur les biens matériels
Vitesse du courant		Sur les employés
Hauteurs d'eau en façade, dans le commerce, la cave	Revêtements secondaires : sols, murs, menuiseries	Sur l'activité
Localisation des entrées d'eau	Mobiliers	Impact financier
Evacuation des eaux	Equipements informatiques et électriques	Prise en charge par l'Assurance
	Alimentations électriques, position des prises	
	Ventilation et aération des bâtiments	
	Localisation des stocks et produits	
	Chaîne de production	

Outre l'établissement de la vulnérabilité de chaque commerçant, par rapport aux inondations, le diagnostic a également permis de collecter des informations pour affiner la compréhension de l'épisode pluvieux. Ainsi, nous avons pu :

- recueillir des informations sur les événements passés (hauteur d'eau dans le magasin ou dans la cave), nécessaires au calage de la modélisation 1D-2D
- réaliser l'inventaire des dommages matériels directs et indirects, dans la limite des données mises à disposition par les commerces
- cibler l'origine et la séquence de l'inondation (flux et reflux)
- définir la circulation des eaux canalisées et les interconnexions (publiques et privées)

Préconisations :

L'objectif des préconisations est de diminuer la vulnérabilité du commerce aux inondations, dans des conditions économiques acceptables, au regard du gain escompté. L'analyse des dommages potentiels a permis pour chaque commerce de cibler les actions à proposer, en tenant compte de :

- La probabilité d'entrée d'eau dans le bâtiment
- La probabilité de dommages dans le bâtiment
- La probabilité de dommages sur les équipements liés à une entrée d'eau dans le commerce
- La probabilité de dommages sur les stocks liés à une entrée d'eau dans le commerce

Les vulnérabilités identifiées ont ensuite été hiérarchisées en ciblant leur origine, leur conséquence, leur impact en considérant la vulnérabilité pour la sécurité des personnes et le retour à la normale de l'activité.

Une action est définie pour répondre à chaque vulnérabilité, dans la mesure où le coût de la mise en œuvre permet un gain en termes de coût évité.



Les actions seront présentées dans un tableau récapitulatif pour chaque commerçant :

Plan d'action pour diminuer la vulnérabilité du commerce							
Actions proposées							
Action	Mise en œuvre	Pertinence	Impact		Coût	Coût évité	Délai
			SP	RN			
Total général					- €	- €	
<i>SP : Sécurité des personnes - RN : Retour à la normale</i>							

Tableau 1 : Cadre de présentation du plan d'action pour diminuer la vulnérabilité du commerce

3.2. Statistiques et résultats des enquêtes

3.2.1. Caractéristiques des épisodes pluviaux

Les principaux épisodes pluvieux, sur les dix dernières années, ont été décrits par les commerçants. Trois épisodes ont été retenus : 25 juin 2009, 27 juillet 2012 et 27 juillet 2013. Ces épisodes sont caractérisés par :

- Leur caractère violent : un volume d'eau important sur un laps de temps court : entre 15 et 20mn
- Arrivée par vague sur une hauteur de 15cm environ (ponctuellement plus haut ou plus bas, en fonction de la configuration de la voirie)
- Mise en charge du réseau pluvial qui ne permet plus d'absorber les écoulements
- Remontées d'eaux usées ponctuelles et de débordements dans les commerces : les eaux pluviales ne sont notamment plus évacuées dans les cours intérieures
- Aménagement de la voirie joue un rôle important sur la direction des flux

➤ **Annexe 2** : carte des hauteurs d'eau en façade

3.2.2. Inondation des commerces

Sur 90 commerces diagnostiqués, 60 % des commerces sont inondés, soit au niveau de la surface de vente, soit au niveau de la cave ou des deux.

➤ **Annexes 3** : carte des commerces inondés

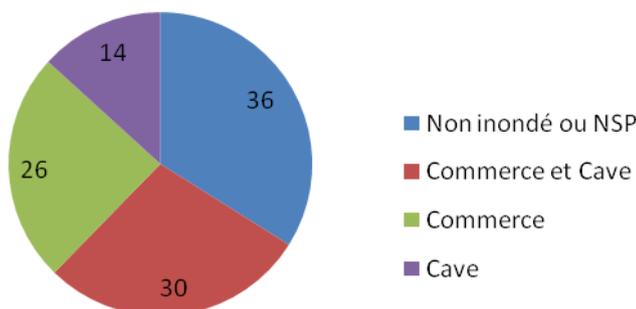


Figure 2 : Répartition des commerces inondés parmi les commerces diagnostiqués

Les inondations directes interviennent dans les commerces pour plusieurs raisons :

- Surface de vente au niveau du trottoir ou avec une marche inférieure à 15 cm
- Aération des caves au niveau du trottoir
- Présence de réseau d'eaux pluviales sous domaine privé et interconnexion avec le réseau public : mise en charge du réseau d'eaux pluviales dans les cours arrières et dans les caves
- Infiltrations par le sol : beaucoup de caves ont un sol en terre battue
- infiltrations entre les murs : communication entre caves, car murs en pierre non étanches entre eux



Les photos, ci-dessous, illustrent les différents points d'entrée dans les commerces



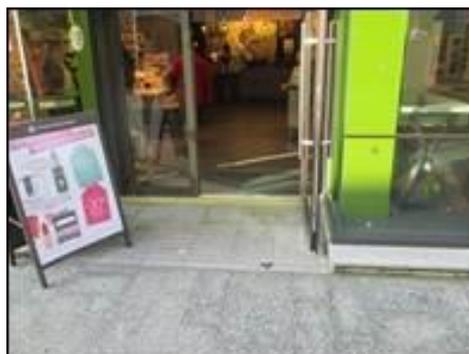
Mise en charge de la cour arrière et évacuation par la porte de la cave – Body minute



Entrée d'eau par les aérations des caves – Pharmacie des Cordeliers



Garage en contre bas de la rue – jour sous la porte – Le caféier



Inondation par l'entrée du commerce – Yves Rocher

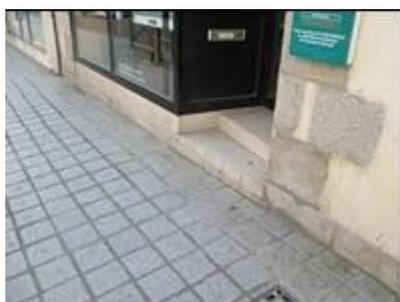


Mise en charge des grilles d'évacuation sous domaine privé – pâtisserie Chevy



Mise en place d'une planche – orange style

La présence d'une marche de 15 à 20cm en façade ou une surélévation du trottoir ponctuel permet à certains commerces de ne pas être inondés.



Marche cumulée de 25cm - Groupama



Marche de 12cm – It Bag



3.2.3. Désordres et dommages constatés

3.2.3.1. Désordres structurels

Au vu des commerces visités, une partie des bâtiments sur la rue du Général de Gaulle sont construits sur des caves avec des murs porteurs en pierre et un plancher bois soutenu par des poutres. Certains planchers ont été refaits en hourdis béton ou chape de béton. Certaines caves ont également été isolées.

Sur les planchers bois, il a été constaté un pourrissement du bois pouvant entraîner un affaissement de plancher (déjà constaté chez le Tanneur – Faibelle). Ce qui entraîne un risque pour les personnes importants.

Cependant, l'état de dégradation du bois ne peut être directement imputé aux inondations. En effet, les caves inondées sont rapidement vidangées où l'eau s'est infiltrée, laissant un faible temps de contact du bois dans l'eau.

La dégradation de la structure est issue d'une humidité persistante (parfois issue des inondations), mais qui est surtout due à une déficience d'aération de la cave, pour permettre un séchage correct de la structure.



Mur porteur en pierre – sol en terre battue – Du Pareil au même



Plancher bois avec poteau de renfort – Bijouterie Gaudin



Affaissement plancher - Faibelle



Pourrissement du plancher - Interaction



Effondrement du plancher cave - Burton

3.2.3.2. Second œuvre

Les désordres suivants ont été constatés dans les commerces :

- Moisissures, champignons dans la cave
- Coupure électricité : court circuit
- Gonflement des parquets, faux parquets, des plinthes
- Fissures sur les carrelages collés
- Imprégnation des murs : placo : peinture écaillée
- Gonflement des boiseries en façade – peinture écaillée
- Gonflements des mélaminés
- Peinture écaillée



Tâche d'humidité – Auto-Ecole Les Halles Saint Louis



Gonflement des boiseries – écaillage peintures – Du pareil au Même



Humidité sur les contreplaqués - Pimkie



Gonflement des meubles en bois



Décollement du parquet – Jacqueline Riu



Décollement des plinthes - Burton

Les désordres sur le second œuvre ont principalement un impact visuel. Ils ne remettent pas en cause l'activité du commerce.

3.2.3.3. Equipements - fournitures

- Le matériel informatique est globalement surélevé, hormis une ou deux tours informatiques
- Vêtements : concerne peu de commerces, car les vendeurs ont anticipés l'inondation et surélevés les produits suite aux premières inondations et leurs conséquences en pertes
- Appareil de production : équipement électroménager, four de cuisson
- Denrées alimentaires : matières premières et transformées

Un seul ascenseur a été recensé sur l'ensemble des commerces : au niveau du Médiapôle. L'ascenseur est utilisé par la Librairie Corneille.



A noter cependant, la présence d'ascenseur pour les immeubles particuliers et les accès aux parkings souterrains.

L'impact sur les équipements et fournitures est celui qui perturbe le plus l'activité des commerces concernés, soit du fait de la perte de l'outil de production ou de matière première, qui implique un délai de réapprovisionnement ou remplacement du matériel.



Stocks et produits en partie au sol – Crêperie les Halles Saint Louis



Corrosion du four pâtissier – pâtisserie Chevy



Prises multiples – Les paniers gourmands



Stocks au sol - Le Bangkok



Présentation des produits au sol – Epicerie à votre service



Emportement d'un scooter par un tampon – Castello pizza



Tour informatique au sol –L'atelier des vents



Congélateur surélevé de 10cm mais non suffisant – Pâtisserie Chevy



3.2.3.4. Impact financier

Sur 70 bâtiments inondés identifiés : un impact financier a été clairement identifié pour 49, sur les problématiques suivantes : structure, aménagement, matériel, perte d'exploitation

L'impact financier peut être de deux types :

→ Impact matériel

L'estimation de pertes matérielles auprès des commerçants, a été établie en fonction des devis de réparation suite aux dégâts, quand ils étaient connus par le commerçant.

Il manque un grand nombre de données, du fait de la non connaissance des montants des dégâts et des travaux de réparation :

- Prises en charge par le siège de la société et non connu par le gestionnaire du commerce
- Prise en charge par les Assurances si la franchise est dépassée. Le commerce n'a pas forcément reçu la facture.

Sur 90 commerces diagnostiqués et 53 commerces inondés, seul 16 commerces ont pu communiquer le montant des pertes financières

Les dégâts concernant l'ameublement ne sont souvent pas réparés, du fait des montants travaux inférieurs aux franchises ou de la nécessité de fermer le magasin ponctuellement, pour réaliser les travaux. Ces désordres ne sont cependant pas à l'origine de pertes d'activité.

En fonction des pertes effectives des commerces et de la vulnérabilité des équipements en place, l'estimation du montant des pertes financières matérielles, suite aux inondations, est de 73 000 €.

A noter que le magasin Le Tanneur a dû réhabiliter le plancher, suite à l'inondation de 2009, pour un montant de 90 000 €, en considérant la réhabilitation du plancher du magasin Le Tanneur réalisé en 2009.

→ Impact sur l'activité

Pour la perte d'exploitation, elle est difficilement estimable dans le sens où peu de commerces ont acceptés de communiquer le chiffre d'affaires annuel, sur la base duquel une estimation aurait pu être calculée.

Pour les commerces ayant communiqué un montant, celui-ci est subjectif dans le sens où la fermeture anticipée du commerce, pour nettoyage et également combiné à une baisse de fréquentation du centre-ville, suite à l'épisode pluvieux.

Les commerçants indiquent globalement une mobilisation de 2 à 4h en moyenne après l'orage, pour nettoyer la surface de vente et rendre le magasin praticable. Aussi, ce délai impactera plus ou moins l'activité, en fonction du jour de l'inondation.

De même, les commerces ayant subi une coupure d'électricité, devront attendre l'intervention de l'Electricien pour la remise en service sans risque.

Au vu des discussions avec les commerçants, la perte d'exploitation est estimée à 64 000 €. Cette perte correspond principalement à la durée de fermeture du commerce pendant l'inondation et à la durée du nettoyage pour les commerces concernés.

● Prise en charge de l'impact financier par les Assurances

La plupart des commerçants ont une assurance comprenant la perte d'exploitation. La franchise est cependant supérieure à la perte d'exploitation effective des commerces (souvent supérieure à 3 j).

De même, les pertes matérielles concernant l'aménagement sont souvent inférieures aux franchises.

Certains commerces ne sont plus assurés pour le risque inondation, suite à 2 déclarations consécutives. L'Assurance est en droit de résilier le contrat sur ce point, dans la mesure où le risque inondation sur la zone inondation n'est plus considéré comme un risque aléatoire.

Enfin, la prise en charge des pertes sur les aménagements et le bâtiment, est souvent litigieuse entre le propriétaire des locaux et le commerçant. En effet, seul 12 commerçants sont propriétaires de leurs locaux.



Le tableau, ci-dessous, détaille l'impact financier des commerces pour lesquels des données chiffrées ont pu être récupérées ou estimées :

ID carto	ENSEIGNE	FICHE DIAGNOSTIC	INONDATION COMMERCE	PRESENCE CAVE	INONDATION CAVE	DEGAT STRUCTURE	DEGAT AMENAGEMENT	DEGAT MATERIEL	PERTE EXPLOITATION	Estimation financière dégâts matériel
C96	LES HALLES SAINT LOUIS	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI	OUI	650.00 €
C93	LES HALLES SAINT LOUIS EUROPE CONDUITE	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI		2 200.00 €
C63	SAINT LOUIS IMMOBILIER	OUI	NON	OUI	NON					3 700.00 €
C64	LE CAFEIER	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON		300.00 €
C41	CASTELLO	OUI	NON	NON				OUI		1 200.00 €
C34	EPICERIE A VOTRE SERVICE	OUI	OUI	NON		NON		OUI	OUI	21 000.00 €
C38	LE BANGKOK	OUI	OUI	NON		NON	OUI	OUI	OUI	10 000.00 €
C32	LE PEKIN	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	18 000.00 €
C29	ANDRE	OUI	OUI	OUI	NSP	Cave non visitée	OUI		OUI	1 900.00 €
C2	SEPIA	OUI	OUI	OUI	NSP			OUI		1 700.00 €
C71	PHARMACIE CENTRALE	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	Non précisé	3 440.00 €
C3	FREE	OUI	OUI	NON		NON	OUI	OUI	OUI	1 000.00 €
C9	PANTASHOP	OUI	OUI	OUI	NSP	NSP	OUI	OUI	OUI	3 000.00 €
C20	YVES ROCHER	OUI	OUI	NON		NON	OUI	OUI	OUI	2 000.00 €
C16	LE TANNEUR	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	90 000.00 €
C56	ARTIZEN	OUI	OUI	NON			OUI			2 150.00 €
	total	90	56	64	44	6	39	25	22	162 240.00 €

Tableau 2 : Détail de l'impact financier des inondations – estimation sur la base de facture ou estimée

3.2.3.5. Principaux commerces vulnérables

- **Commerces les plus impactés sur leur activité**
 - Pâtisserie Chevy : Laboratoire en sous-sol - équipements (four pâtissier et boulanger) très lourds : équipements fixés au sol, pas de possibilité de surélever
 - Restaurant Le Pékin : cuisine en contrebas du rez de chaussée - chambre froide, frigo – four
 - Traiteur le Bangkok : cuisine en contrebas - four – gaz – chambre froide et frigo
 - Épicerie à votre service : magasin en contrebas de la rue - 4 frigos et 2 congélateurs – beaucoup de stock
 - Burton : situé dans la cuvette de l'inondation
 - Bijouterie Gaudin : risque important sur les meubles de bijoutiers et les systèmes d'alarmes : le commerce n'a cependant jamais été inondé : l'eau s'est toujours arrêtée en limite de porte.
 - Opticien Mutualiste : court circuit sur l'alarme/



- **Bâtiment présentant un risque structurel clairement identifié**
 - Bijouterie Gaudin : mise en place de poteaux et poutres de renfort
 - Faibelle : cave ou vide sanitaire non visitable : affaissement de plancher constaté
 - Burton : cave non visitée : affaissement de plancher constaté au niveau de l'accès cave
 - Interaction : cave non visitée : affaissement de plancher constaté

3.3. Propositions d'actions

3.3.1. Plan d'action à mettre en œuvre par le commerçant, locataire des locaux

Afin de limiter la vulnérabilité du commerce, deux types d'actions sont proposés : résister ou céder

Le choix de la stratégie est fonction du degré d'inondation et des actions à mettre en œuvre, pour bloquer les entrées d'eau.

- **Stratégie Résister :**
 - ➔ Batardeau mobile ou fixe sur les entrées
 - ➔ Mise en place d'un clapet anti-retour sur les sanitaires
 - ➔ Mise en place d'une peinture hydrophobe en extérieur
 - ➔ Reprise de l'étanchéité de la vitrine
 - ➔ Calfeutrer les entrées (fourreaux)

La mise en place d'un batardeau est intéressante, sous plusieurs conditions :

- Que l'événement se produise lors de l'ouverture du commerce, pour que le personnel mette en place l'équipement
- Ou que le batardeau puisse être mis en place le soir à la fermeture du commerce
- Que le batardeau soit accessible facilement et rapidement
- Que les personnes présentes sachent mettre en place l'équipement

De même, en fonction de la configuration des entrées (portes coulissantes, portes vitrées, largeur de l'entrée...), la mise en place d'un batardeau peut être plus ou moins onéreuse. Les prix peuvent varier de 350 €, pour un système mobile sans rail, pour une porte de 90cm de large standard, à plus de 2 500 €, pour une voie de garage ou une porte large, avec mise en place de rail fixe.

Ci-dessous, quelques exemples de fournisseurs de batardeaux :

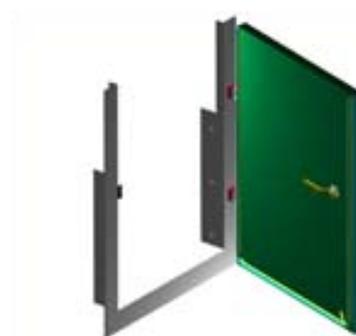
Floodgate



Hydroprotect



2 L'EAU PROTECTION



Collurex



- **Stratégie Céder :**

- Individualisation du compteur électrique des parties inondées et non inondées
- Diagnostic structure pour s'assurer de l'état des planchers
- Surélévation des prises multiples et du matériel informatique
- Mise en œuvre de prise étanche
- Choix des revêtements de sol, murs lors de travaux de réhabilitation
- Surélévation des stocks et appareils de production dans la mesure du possible

L'estimation financière de l'ensemble des solutions proposées est de 80 000 € HT, soit en moyenne 1600 € HT par commerce impacté (49).

Le coût des dommages évités est de 141 000 € HT correspondant aux dégâts matériels et pertes d'exploitations, sans reprise générale des revêtements prématurément usés.

Cette estimation ne tient également pas compte des problèmes d'affaissement de plancher où l'on peut estimer un coût financier entre 100 000 € et 200 000 € par commerce (travaux et perte d'exploitation), suivant la surface du commerce et le type d'activité.

3.3.2. Plans d'action à mettre en œuvre par le propriétaire de l'immeuble

Problématique : seuls 12 commerces sur 90 sont propriétaires

Entrée d'eau également par les entrées des immeubles, pas forcément par le commerce

Un seul propriétaire non commerçant rencontré

- Mise en place de batardeaux : galerie Joinville, Halle Saint Louis, Médiapôle
- Calfeutrer les entrées : grilles d'aération et mise en place d'une VMC double flux dans la cave
- Calfeutrer les entrées (fourreaux)
- Entretien des toitures
- Entretien des grilles avaloirs en domaine privé (cour intérieure)
- Diagnostic structurel du plancher : renforcement éventuel
- Pour les caves humides en permanence : (hors inondation) : s'équiper d'une pompe de vidange et assurer l'aération correcte des locaux

La difficulté pour la mise en œuvre de ces solutions est la sensibilité du propriétaire du bâtiment ou du syndicat de copropriété au risque inondation, par rapport à un bâtiment en location



Un des enjeux concerne la tenue structurelle des planchers.

Si les caves sont naturellement humides, du fait de remontée d'eau, d'une mauvaise ventilation, les inondations contribuent à augmenter le facteur de risque, du fait de la présence d'eau dans la cave.

Pour les caves accessibles, la vidange de la cave est faite par un vide cave ou un aspirateur à eau.

Pour les caves avec un sol en terre battue, l'évacuation de l'eau est souvent faite par infiltration, c'est dans ce cas où la stagnation de l'eau peut être plus longue et génératrice de désordres.

3.3.3. Sensibilisation à la culture du risque

L'augmentation de la fréquence des inondations et la configuration du centre-ville laissent envisager d'autres inondations. Aussi, l'une des manières de diminuer la vulnérabilité est de connaître le risque et de s'y préparer.

Les stratégies présentées précédemment, sont une manière d'y répondre. Il est également nécessaire d'éduquer la population au risque, pour mettre en place les bons gestes et attitudes, face à un événement qui ne peut être complètement maîtrisé.

La Mairie peut, à ce niveau, être force de proposition pour les particuliers et commerces à travers :

- La transmission d'un document récapitulant l'ensemble des dispositions générales, pour limiter la vulnérabilité du bâtiment et vérifier les points d'entrées d'eau
- Une fiche récapitulative des gestes à automatiser en cas d'inondation : obstruction des entrées d'eau par la mise en place de sacs de sable, de batardeaux, assurer la gestion des personnes qui se réfugient dans les magasins
- Création d'une cellule d'alerte : alerte téléphonique par SMS, par exemple, en cas d'orage annoncé
- Mise à disposition par la Mairie et les Pompiers de pompe à eau, aspirateur (déjà le cas)
- Mise en place de barrières pour arrêter la circulation des bus, véhicules légers et éviter les phénomènes de vagues dans les entrées de bâtiments et commerce
- Mise en place d'une surveillance policière la nuit suivant l'inondation : en cas de coupure de courant, les systèmes d'alarmes peuvent être coupés en attendant la vérification du circuit par l'Electricien

Outre la sensibilisation à la culture du risque, des remontées d'eaux usées ont été constatées chez les commerces suivant : Le Tanneur – Pâtisserie Chevy – Opticiens Mutualistes – Laval Tampon – Le Pekin – Exclusif Coiffure. La configuration de leur installation sanitaire ne rend pas toujours possible la mise en place d'un clapet anti-retour sur domaine privé. Aussi, ces équipements pourraient être mis en place au niveau de la boîte de branchement par la Mairie.

Se pose également la question du scellement des tampons sur les trottoirs et voirie, qui peuvent se soulever sous la pression du réseau en charge et entraîner des dégâts matériels ou des accidents de personnes.

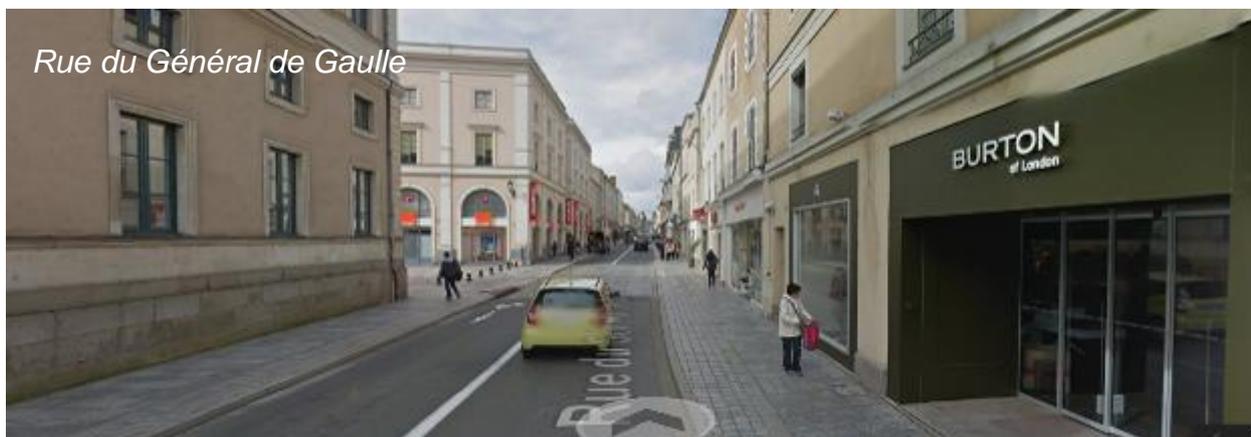


3.4. Analyses des risques et dysfonctionnements sur les rues principalement sensibles

Le diagnostic avec les commerçants a également permis de repérer des points de dysfonctionnements sur l'aménagement de voirie, qui peuvent accentuer l'inondation chez les commerçants.

3.4.1.1. Rue du Général de Gaulle

- Vue(s) de la rue :





- Localisation des enquêtes commerçants sur la rue :



Diagnostic de vulnérabilité des commerces

" Rue du Général de Gaulle "



Réalisé par :	HUQ
Date :	08/04/2014
Validé par :	SEC

NB : Les identifiants présents sur la carte sont à rapprocher des identifiants des questionnaires de diagnostic de vulnérabilité des commerces présents en annexe du présent rapport

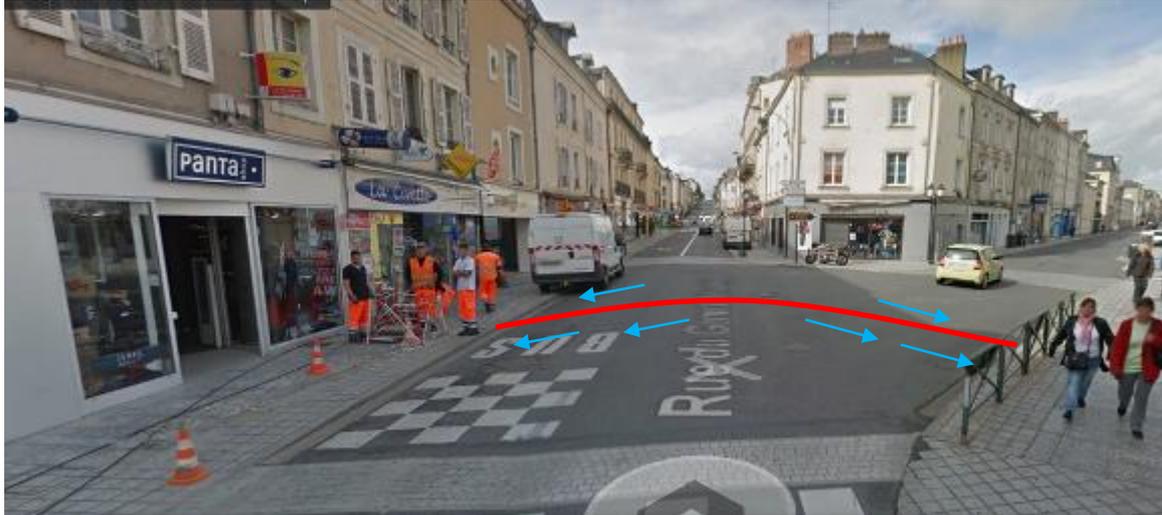


● Observations et dysfonctionnements :

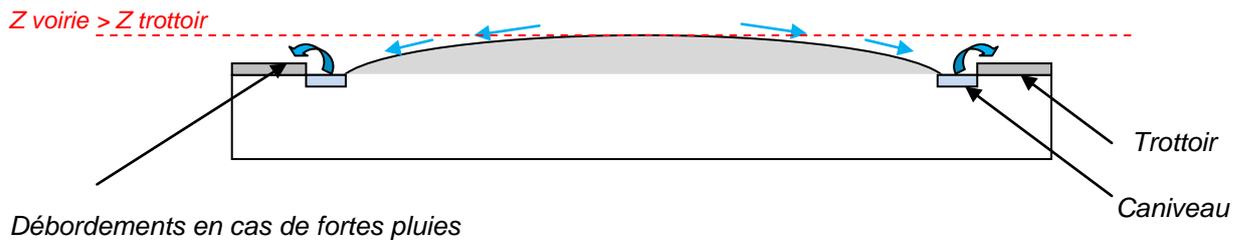
Plusieurs observations ont été faites pouvant expliquer tout ou partie des désordres et dysfonctionnements sur certains secteurs de la rue.

Ces observations sont compilées ci-dessous :

- La chaussée est bombée à l'intersection avec la rue Bernard Le Pecq sur tout le carrefour, ce qui transforme les trottoirs en axe prioritaire d'évacuation des eaux. Rôle que devrait jouer la voirie dans une telle situation



Profil de la voirie observé :





- Magasin Atout Charme en contrebas de la chaussée et du trottoir, malgré les travaux de la bordure qui était censée améliorer l'état actuel : l'eau se dirige automatiquement vers les extérieurs de la chaussée et vers les magasins



- Dimensionnement et localisation des buses sur les rues Bernard Le Pecq, rue de Bretagne et rue du Général de Gaulle. Peut être préjudiciable sur le début de l'événement pluvieux, lorsque les réseaux ne sont pas encore en charge et donc limitant quant à leur capacité d'évacuation : configuration en entonnoir
- Arrivée d'eau importante par la rue de Beausoleil, qui inonde aussi les magasins par le côté : ex Promod



- Evacuation par le parking souterrain d'une partie des eaux, au niveau du Parvis des Droits de l'Homme
- Le Parvis des Droits de l'Homme est en forme de cuvette avec la Place du 11 Novembre





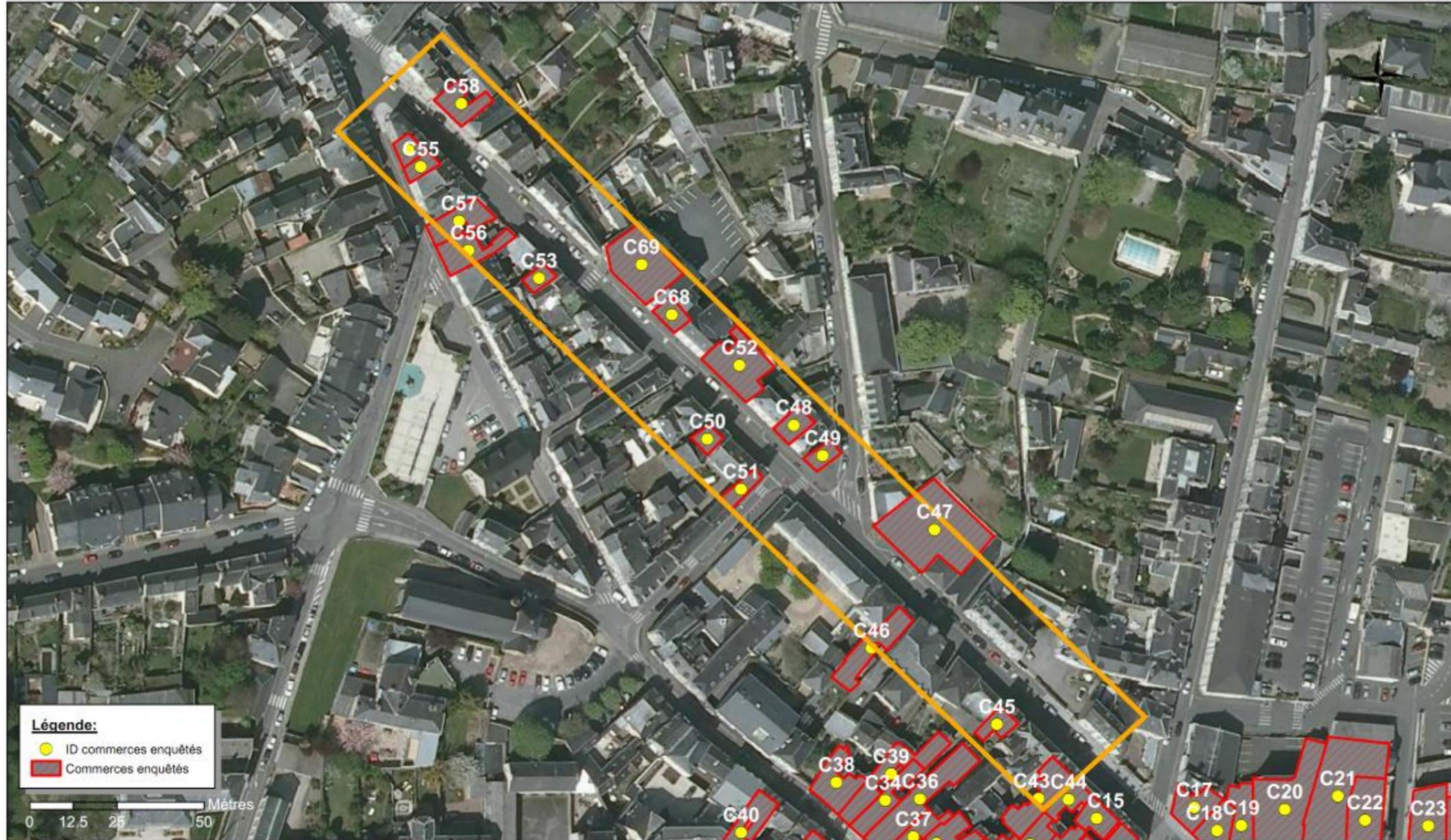
3.4.1.2. Rue Bernard le Pecq

- Vue(s) de la rue :





- Localisation des enquêtes commerçants sur la rue :



	<p>Diagnostic de vulnérabilité des commerces</p> <p>Rue " Bernard le Pecq "</p>	<table border="1"> <tr> <td>Réalisé par :</td> <td>HUQ</td> </tr> <tr> <td>Date :</td> <td>08/04/2014</td> </tr> <tr> <td>Validé par :</td> <td>SEC</td> </tr> </table>	Réalisé par :	HUQ	Date :	08/04/2014	Validé par :	SEC
Réalisé par :	HUQ							
Date :	08/04/2014							
Validé par :	SEC							

NB : Les identifiants présents sur la carte sont à rapprocher des identifiants des questionnaires de diagnostic de vulnérabilité des commerces présents en annexe du présent rapport

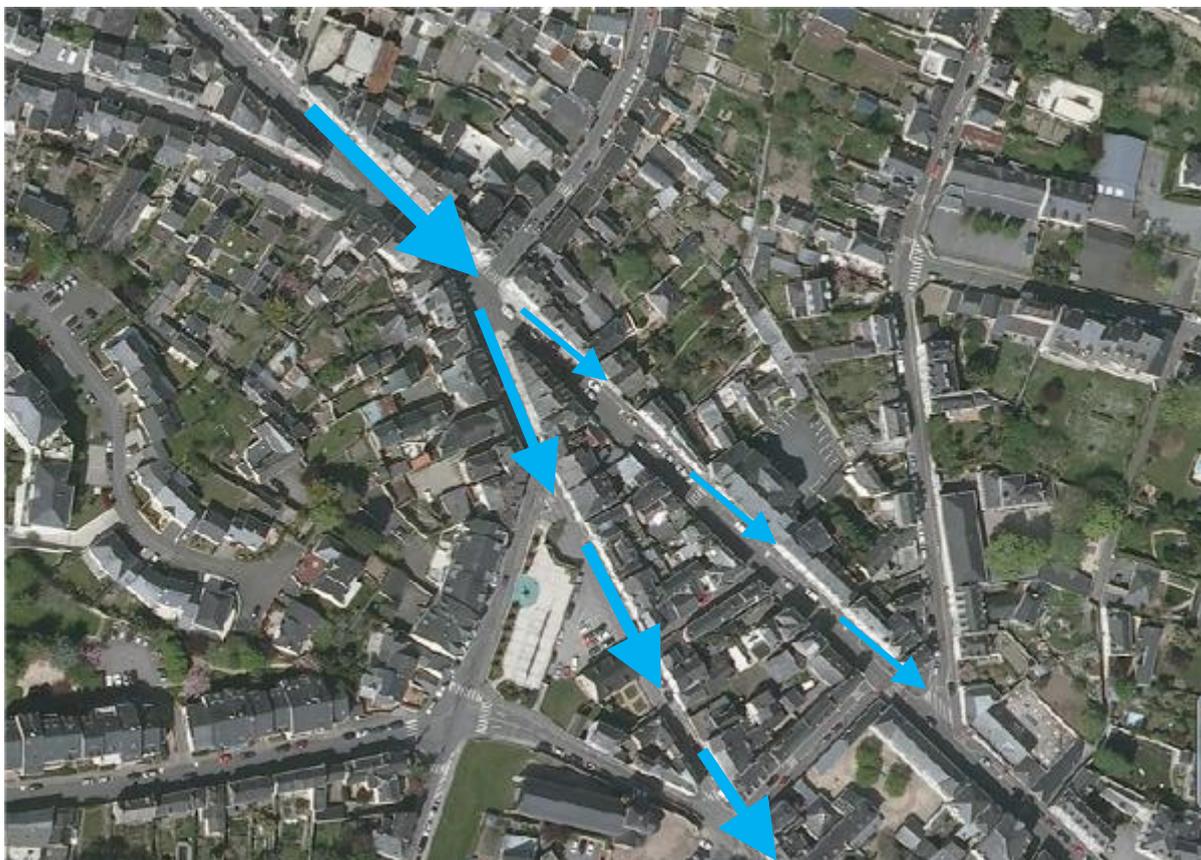


● Observations et dysfonctionnements :

Plusieurs observations ont été faites, pouvant expliquer tout ou partie des désordres et dysfonctionnements sur certains secteurs de la rue.

Ces observations sont compilées, ci-dessous :

- Peu d'inondations des magasins par les façades, mais les caves sont complètement inondées par les événements pour la plupart
- Une partie des écoulements se dirige principalement vers la rue Franche Comté et dans la continuité, vers la rue de Rennes



La réalisation des travaux de voirie a amélioré la situation par rapport aux commerces : l'eau est mieux canalisée sur la chaussée, par les bordures T2. Les entrées d'eau constatées sont :

- Les caves : en cas d'aération en façade sur le bas de la rue Bernard Le Pecq
- Le magasin ou les caves par mise en charge du réseau pluvial sous domaine public, qui empêche l'évacuation des eaux de ruissellement sur les cours intérieures

Aussi la solution pour une gestion de l'inondation sur la rue Bernard Le Pecq, se trouve en aval, au niveau de la rue du Général de Gaulle et de la capacité des collecteurs.



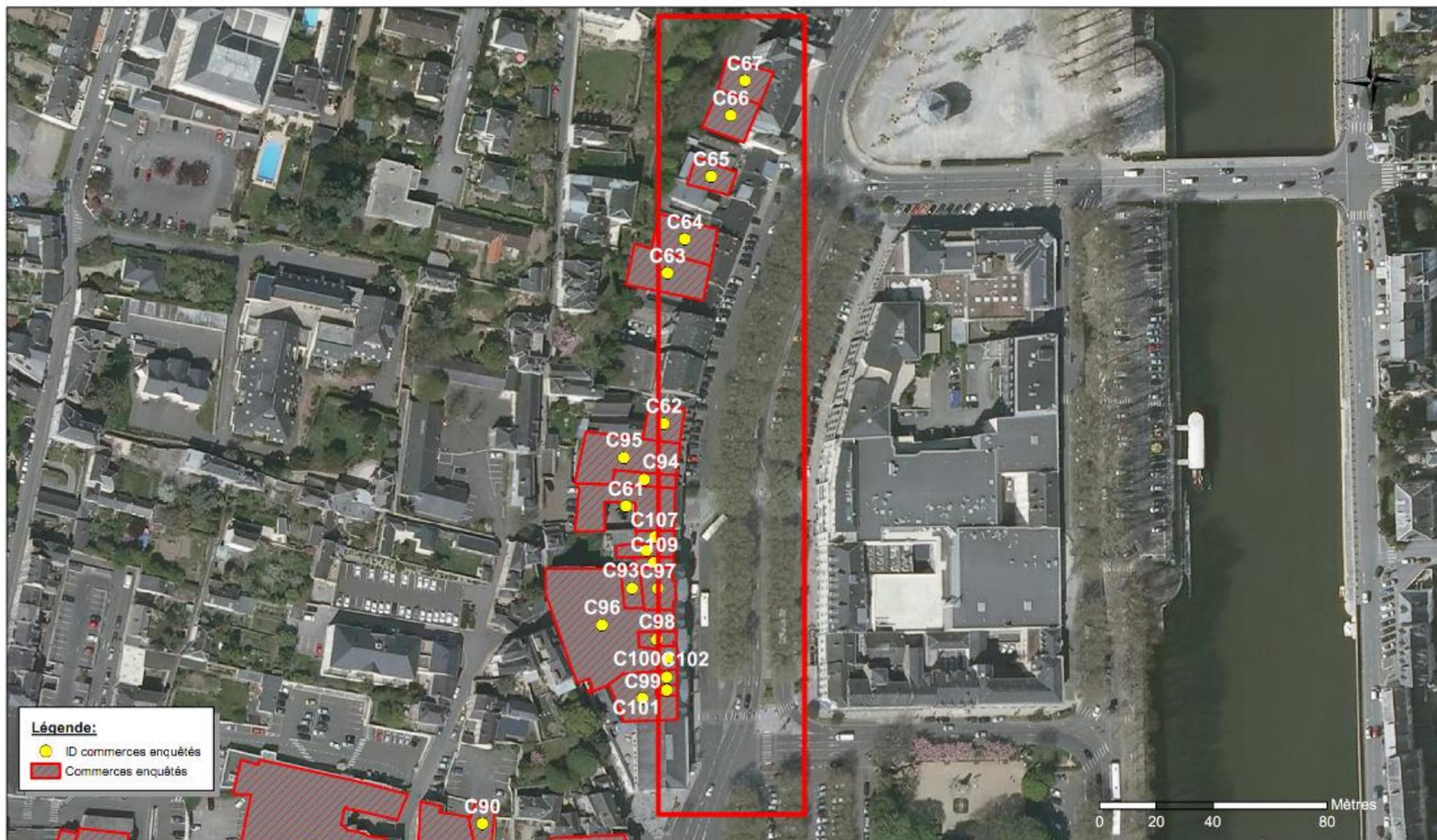
3.4.1.3. Cours de la résistance / Allée du vieux St Louis

- Vue(s) de la rue :





- Localisation des enquêtes commerçants sur la rue :



	<p>Diagnostic de vulnérabilité des commerces</p> <p>" Cours de la Résistance "</p>	<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>Réalisé par :</td> <td>HUQ</td> </tr> <tr> <td>Date :</td> <td>08/04/2014</td> </tr> <tr> <td>Validé par :</td> <td>SEC</td> </tr> </table>	Réalisé par :	HUQ	Date :	08/04/2014	Validé par :	SEC
Réalisé par :	HUQ							
Date :	08/04/2014							
Validé par :	SEC							

NB : Les identifiants présents sur la carte sont à rapprocher des identifiants des questionnaires de diagnostic de vulnérabilité des commerces présents en annexe du présent rapport



- Observations et dysfonctionnements :

Plusieurs observations ont été faites, pouvant expliquer tout ou partie des désordres et dysfonctionnements sur certains secteurs de la rue.

Ces observations sont compilées ci-dessous :

- Inondations par « retour de vague » des écoulements issus de la rue du Général de Gaulle, vraisemblablement. Il est possible qu'en fin d'événement pluvieux, une fois la place du 11 Novembre saturée, une partie des écoulements qui jusqu'alors partait en continuité de la rue du Général de Gaulle, se déverse vers l'Allée St Louis.
- Problème d'écoulements dans les caniveaux devant le caféier : les voitures ont les pneus collés à la bordure, ce qui bloque l'écoulement de l'eau. La mise en place de poteaux le long de la bordure, permettrait aux voitures de ne pas encombrer le caniveau. Une autre solution consisterait à décaler, si les voiries le permettent, certaines places de parking. Le rajout d'une grille pluviale ou d'un avaloir sur ce secteur permettrait également d'accélérer la décrue.



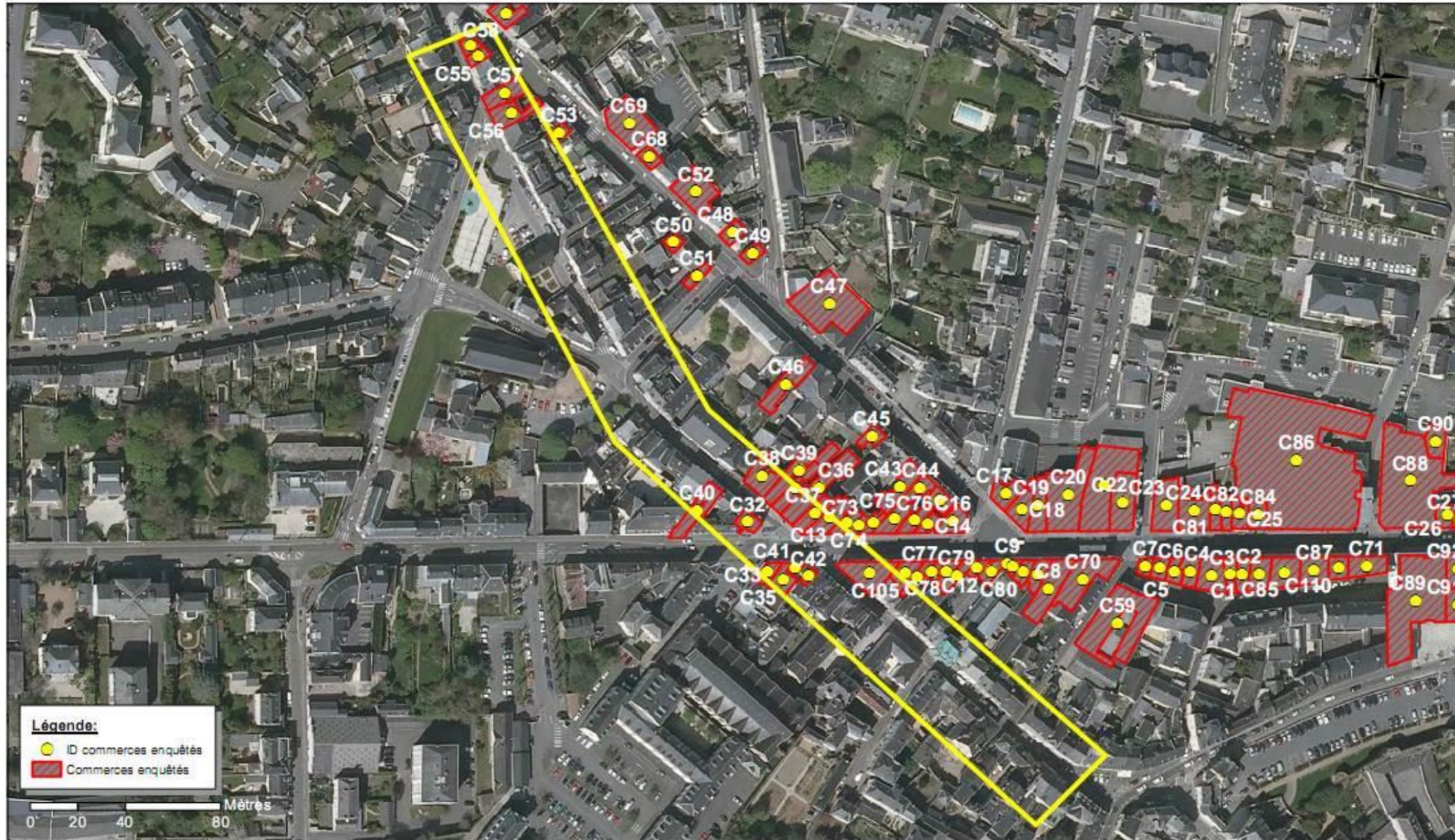
3.4.1.4. Rue de Rennes

- Vue(s) de la rue :





- Localisation des enquêtes commerçants sur la rue :



	<p>Diagnostic de vulnérabilité des commerces</p> <p>" Rue Franche Comté / Rue de Rennes "</p>	<table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Réalisé par :</td> <td>HUQ</td> </tr> <tr> <td>Date :</td> <td>08/04/2014</td> </tr> <tr> <td>Validé par :</td> <td>SEC</td> </tr> </table>	Réalisé par :	HUQ	Date :	08/04/2014	Validé par :	SEC
Réalisé par :	HUQ							
Date :	08/04/2014							
Validé par :	SEC							

NB : Les identifiants présents sur la carte sont à rapprocher des identifiants des questionnaires de diagnostic de vulnérabilité des commerces présents en annexe du présent rapport



- Observations et dysfonctionnements :

Plusieurs observations ont été faites, pouvant expliquer tout ou partie des désordres et dysfonctionnements sur certains secteurs de la rue.

Ces observations sont compilées, ci-dessous :

- La rue fait une cuvette avant de récupérer la rue du Général de Gaulle :



On note la présence de deux grilles, mais qui ne doivent pas pouvoir absorber l'eau : le rajout d'une grille permettrait d'améliorer l'absorption de l'eau. Néanmoins, les capacités actuelles d'évacuation des réseaux existants, ne permettront vraisemblablement pas d'améliorer la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement sur la zone.

- Les tampons et regards sont décollés lors d'événements pluvieux intenses, type orage
- Le niveau d'eau sur ce secteur est substantiel. Pour preuve, une voiture a eu le moteur inondé lors de l'orage de 2013 (voiture HS). Ce qui correspond à un niveau de plus de 30cm.
- La ruelle des Cornetteries est en contrebas, par rapport à la rue de Rennes
- La chaussée forme un plateau piétonnier devant Faibelle : l'absence de bordure favorise l'entrée d'eau dans le commerce : il serait certainement possible de décaler la pente du plateau piétonnier pour remettre une bordure





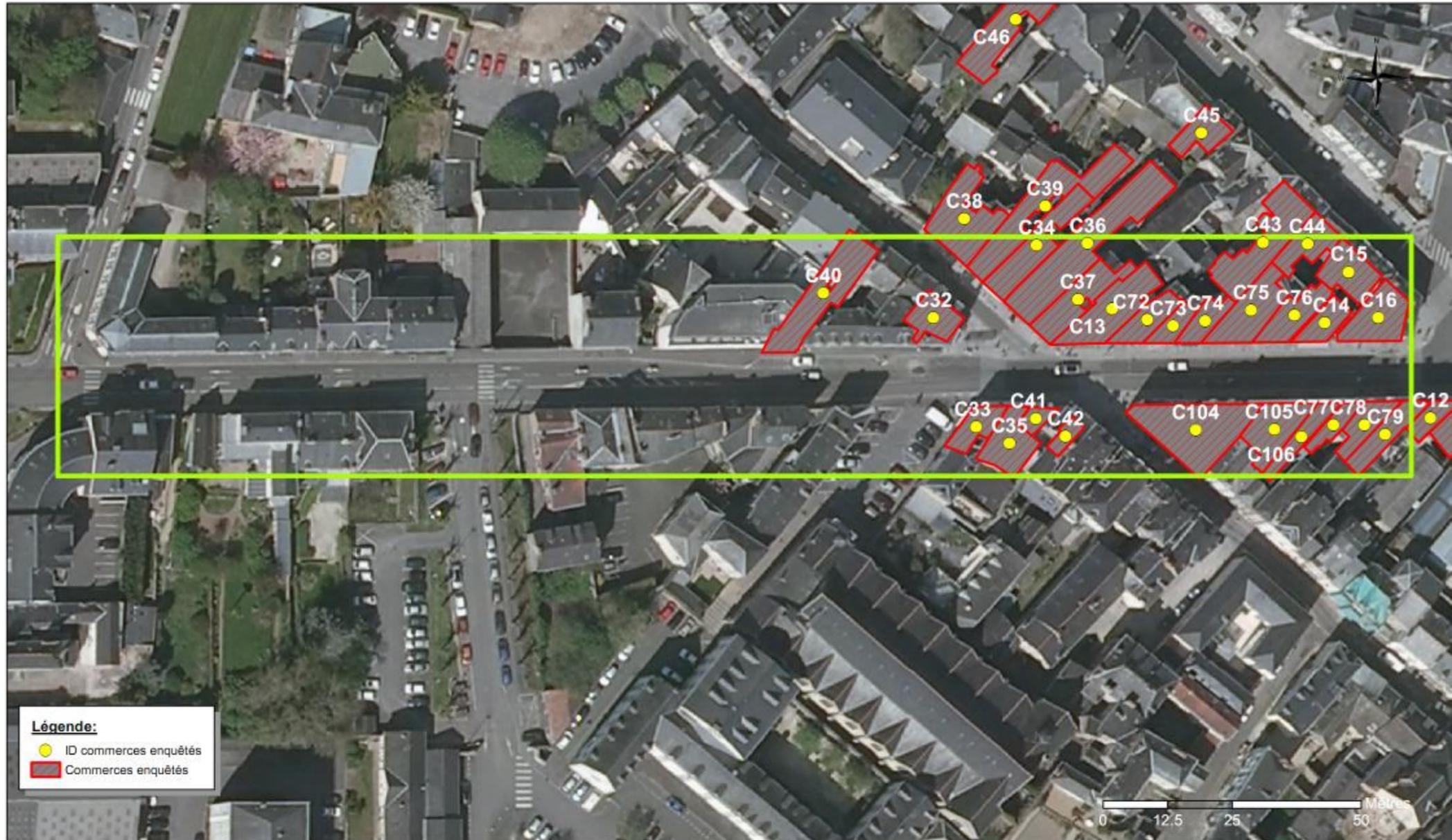
3.4.1.5. Rue de Bretagne

- Vue(s) de la rue :





- Localisation des enquêtes commerçants sur la rue :



	<p>Diagnostic de vulnérabilité des commerces</p> <p>" Rue de Bretagne "</p>	<table border="1"> <tr> <td>Réalisé par :</td> <td>HUQ</td> </tr> <tr> <td>Date :</td> <td>08/04/2014</td> </tr> <tr> <td>Validé par :</td> <td>SEC</td> </tr> </table>	Réalisé par :	HUQ	Date :	08/04/2014	Validé par :	SEC
Réalisé par :	HUQ							
Date :	08/04/2014							
Validé par :	SEC							

NB : Les identifiants présents sur la carte sont à rapprocher des identifiants des questionnaires de diagnostic de vulnérabilité des commerces présents en annexe du présent rapport



- Observations et dysfonctionnements :

Plusieurs observations ont été faites, pouvant expliquer tout ou partie des désordres et dysfonctionnements sur certains secteurs de la rue.

Ces observations sont compilées, ci-dessous :

- Surélévation du passage bateau devant le n° 5 (Place Notre Dame), pour éviter l'entrée sur l'arrière de la Bijouterie et mise en place d'un caniveau en pied de l'entrée et en bordure de chaussée



- Augmenter le diamètre du branchement EP (DN 125), en coin de parking et mise en place d'un avaloir



3.4.1.6. Rue des Ruisseaux

- Vue(s) de la rue :



Rue des Ruisseaux



• Localisation des enquêtes commerçants sur la rue :



	<p>Diagnostic de vulnérabilité des commerces</p> <p>" Rue des Ruisseaux "</p>	<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>Réalisé par :</td> <td>HUQ</td> </tr> <tr> <td>Date :</td> <td>08/04/2014</td> </tr> <tr> <td>Validé par :</td> <td>SEC</td> </tr> </table>	Réalisé par :	HUQ	Date :	08/04/2014	Validé par :	SEC
Réalisé par :	HUQ							
Date :	08/04/2014							
Validé par :	SEC							

NB : Les identifiants présents sur la carte sont à rapprocher des identifiants des questionnaires de diagnostic de vulnérabilité des commerces présents en annexe du présent rapport



● Observations et dysfonctionnements :

Plusieurs observations ont été faites, pouvant expliquer tout ou partie des désordres et dysfonctionnements sur certains secteurs de la rue.

Ces observations sont compilées, ci-dessous :

- rue avec peu de pentes
- Bordure de trottoir trop basse devant le Magasin Sergent Major. Néanmoins, si l'on remonte la bordure devant le magasin, la pente du trottoir ira vers le magasin, de ce fait, les eaux ruisselées aussi.



- Les commerces mitoyens à la rue du Général de Gaulle et la rue des Ruisseaux, sont aussi principalement inondés par la rue des Ruisseaux (majoritairement leurs caves)
- L'eau s'écoule vers le Médiapôle : pas de prise en charge par le réseau EP



4. CONSTRUCTION DU MODELE 1D/2D

4.1. Méthode appliquée



Figure 3 : Vue 3D de la zone d'étude

Afin d'identifier les phénomènes d'inondations induits par la mise en charge des réseaux, G2C environnement a choisi de migrer le modèle existant XPSWMM sous MIKE URBAN, pour bénéficier des outils de modélisation 1D-2D des solutions DHI.

MIKE URBAN peut être couplé avec d'autres logiciels DHI. Le couplage avec MIKE 21, outil de modélisation des écoulements en 2 dimensions, permet de modéliser avec une précision accrue, les phénomènes d'inondations urbaines liés à la mise en charge des réseaux de collecte.

Le réseau souterrain est représenté en 1D dans MIKE URBAN et couplé avec un modèle de surface 2D, développé dans MIKE 21. Ce couplage 1D/2D permet une plus grande précision de la modélisation des écoulements de surface, ainsi que des rapports et échanges entre surface et système souterrain.

La réalisation d'un projet de modélisation des inondations urbaines, passe par les étapes suivantes :

- 1°) Création d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), qui servira de bathymétrie au modèle de surface 2D
- 2°) Adaptation du MNT pour une application urbaine – modèle de surface 2D
- 3°) Préconfiguration du modèle MIKE URBAN en vue du couplage
- 4°) Configuration du modèle 2D (MIKE 21) dans MIKE URBAN
- 5°) Couplage du modèle MIKE 21 à MIKE URBAN
- 6°) Simulation et exploitation des résultats

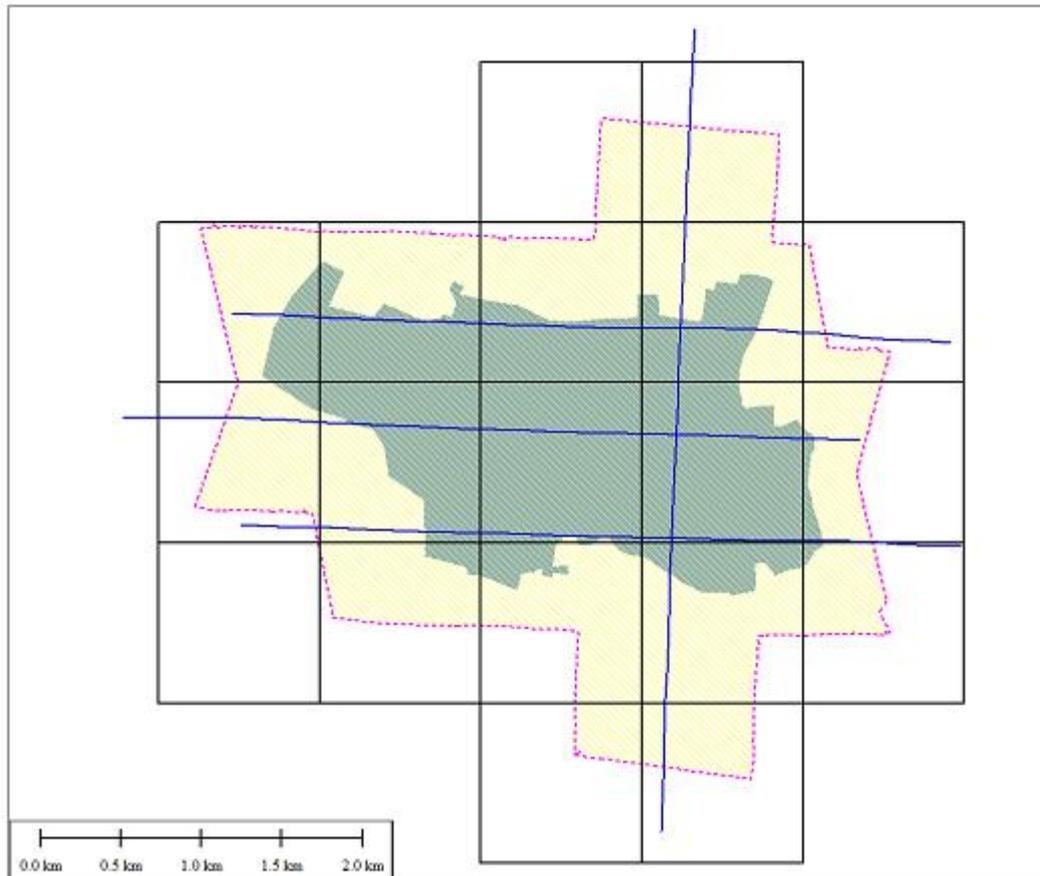
Le modèle 1D/2D sera calé sur les événements pluvieux exceptionnels de Juillet 2012 et 2013. Les aménagements proposés seront étudiés sur ces pluies, mais ne seront dimensionnés que pour répondre à un période de protection de 30 ans.



4.2. LIDAR préalable indispensable à la modélisation 2D

Afin de bénéficier d'une base précise pour la modélisation 2D, un LIDAR a été réalisé le 23/02/2014 sur tout le bassin versant du centre-ville de LAVAL. Pour rappel, la télédétection par laser ou LIDAR, acronyme de l'expression en langue anglaise « light detection and ranging », est une technologie de télédétection ou de mesure optique basée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau renvoyé vers son émetteur.

Carte présentant la zone couverte par le LIDAR :



- Axes_de_vol_L93.shp (lignes bleues)
- Dallage_L93.shp (carrés noirs)
- Emprise_Acquisition_L93.shp (Hachures jaunes)
- Limite_projet_L93.shp (zone verte)

Figure 4 : Découpage de la zone d'étude et plan de vol



Visualisation du LIDAR après traitement :

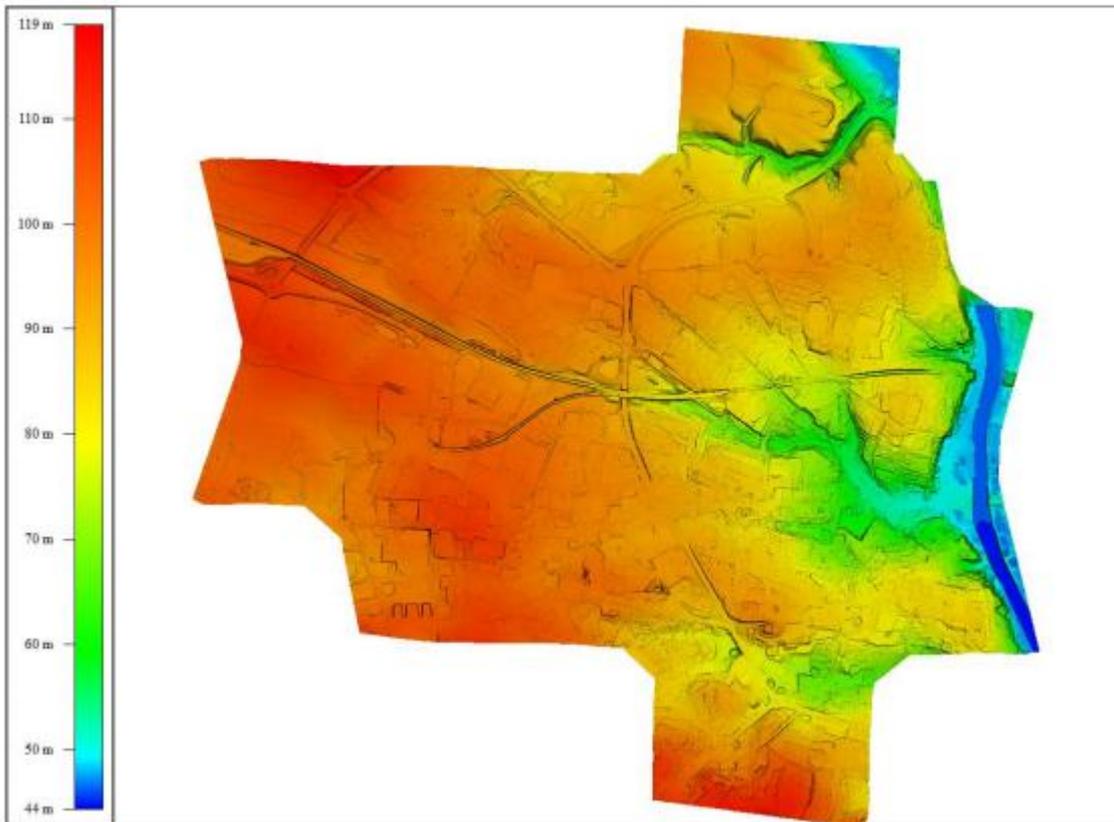


Figure 5 : LIDAR vue d'ensemble

Exemple de rendu :

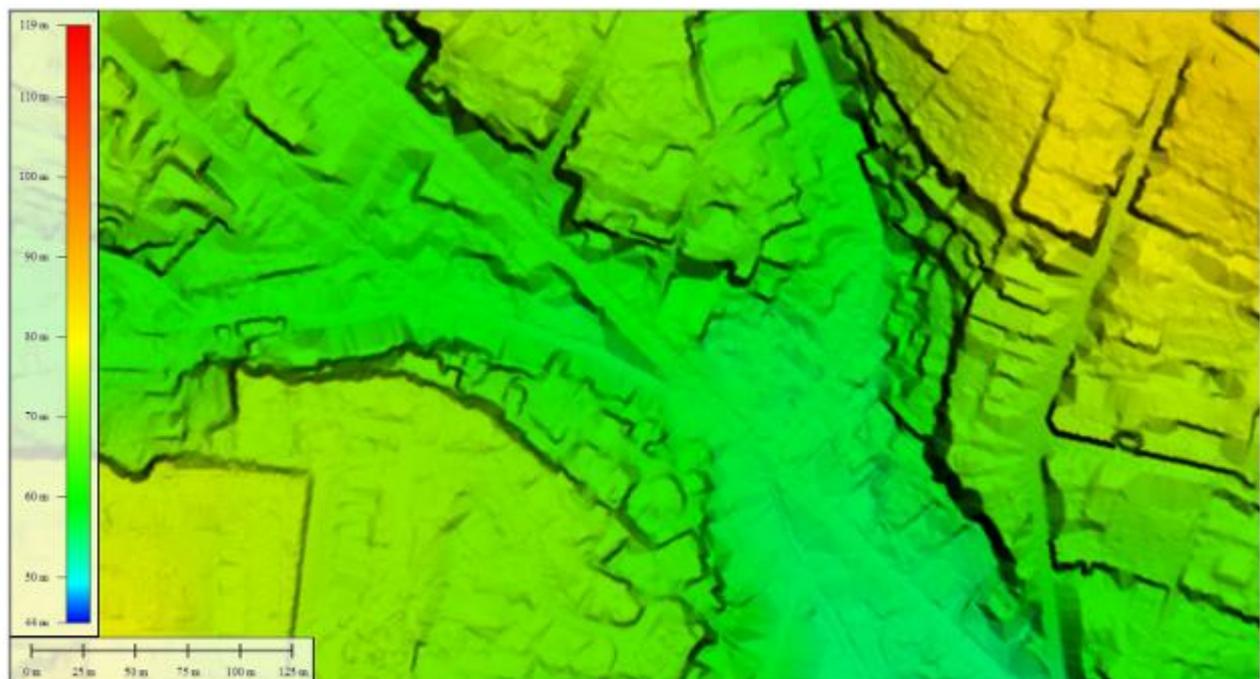


Figure 6 : LIDAR vue 1

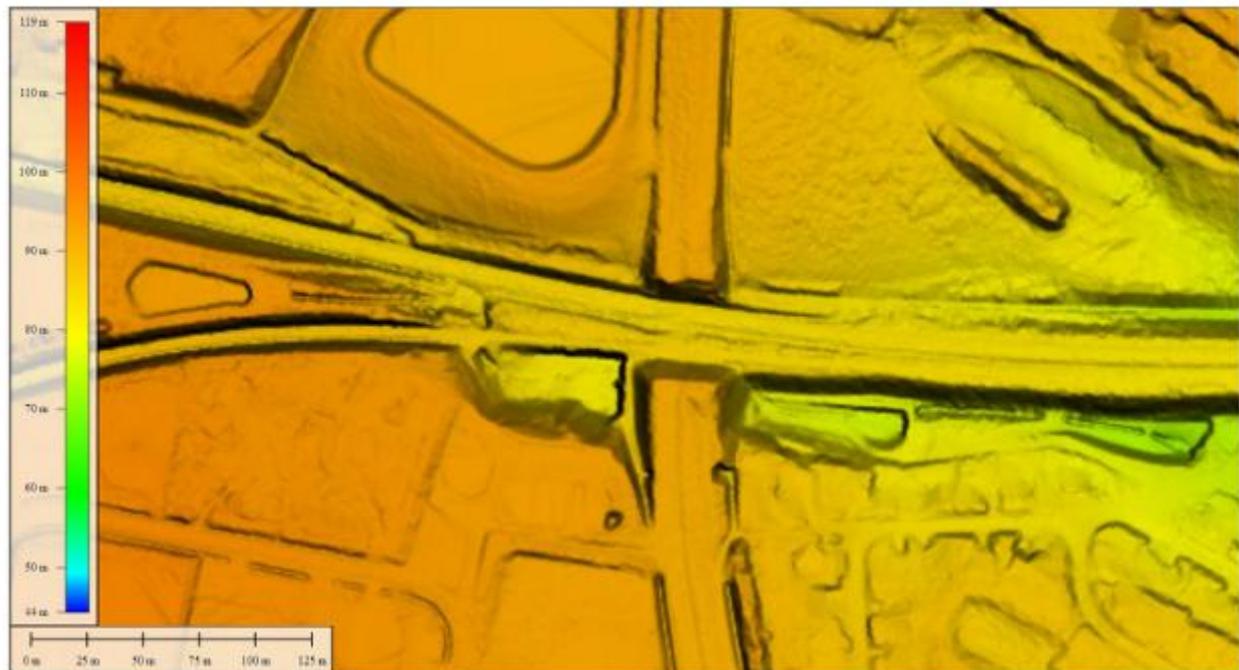


Figure 7 : LIDAR vue 2

4.2.1. Construction du modèle et couplage 1D/2D

Une fois le modèle réimporté, ainsi que toutes les données hydrologiques (BV, méthode hydrologique, pluies...) et le LIDAR traité et intégré dans MIKE, il convient de définir les termes d'échange entre le modèle 1D et le modèle 2D. Cette étape est appelée le couplage.

Le couplage permet donc de régir les termes d'échange, entre le modèle 1D et le modèle 2D. Ces liens de couplage sont définis par des lois d'orifice, de seuil ou des lois exponentielles.

On peut voir sur l'image, ci-dessous, les cellules du modèle 2D couplées au modèle 1D. On distingue sous ces cellules, les regards du modèle 1D.

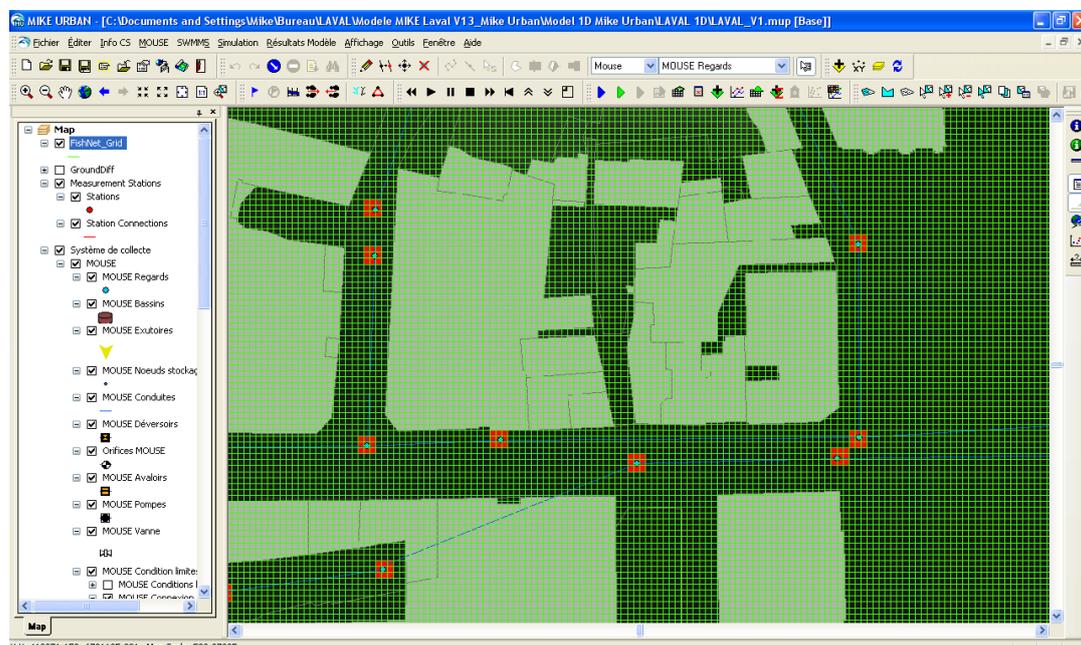


Figure 8 : Vue du couplage des modèles 1D/2D sur Mike



4.2.2. Données pluviométriques utilisées pour le calage

Afin de pouvoir évaluer la pertinence de la modélisation 1D/2D, le modèle sera calé sur des événements pluvieux exceptionnels, pour lesquelles les hauteurs d'eau sur les différentes rues de la zone d'étude, sont connues.

Les diagnostics de vulnérabilité complètent les données déjà récupérées et permettent d'ajuster et de caler encore un peu plus le modèle.

L'événement pluvieux du 27 juillet 2012, s'est déroulé principalement entre 17h15 et 18h45, pour un cumul sur 1h30 de 44,2mm. Pour cet événement pluvieux, la période de retour est supérieure à 100 ans.

L'événement pluvieux du 27 juillet 2013, s'est déroulé sur 13h, entre 3h15 du matin et 16h25, pour un cumul total d'environ 50mm. L'épisode orageux particulièrement intense de cette pluie est localisé entre 16h30 et 17h, pour environ 24,6mm précipité en à peine 15mn. C'est bien cet événement intense qui est à l'origine des débordements et des inondations du centre-ville de LAVAL. Pour cet événement pluvieux, la période de retour est supérieure à 100 ans.

Rq : La caractérisation de l'événement pluvieux, quant à sa période de retour, est réalisée à partir des données Météo-France « Durées de retour de fortes précipitations ». Estimation réalisée suivant la méthode du renouvellement sur une analyse statistique, sur 19 années en moyenne. Le tableau, ci-dessous, rappelle la période de retour d'un événement pluvieux, dont la durée et la hauteur d'eau précipitée varient.

Période de retour	Hauteur estimée 6 mn	Hauteur estimée 15 mn	Hauteur estimée 30 mn	Hauteur estimée 1 h	Hauteur estimée 2 h	Hauteur estimée 3h
5	7.80 mm	14.10 mm	17.50 mm	21.80 mm	27.20 mm	28.80 mm
10	9.10 mm	16.50 mm	19.90 mm	25.00 mm	31.40 mm	32.70 mm
20	10.40 mm	19.00 mm	22.40 mm	28.10 mm	35.60 mm	36.60 mm
30	11.10 mm	20.40 mm	23.80 mm	29.90 mm	38.00 mm	38.80 mm
50	12.10 mm	22.20 mm	25.60 mm	32.20 mm	41.10 mm	41.70 mm
100	13.40 mm	24.60 mm	28.10 mm	35.30 mm	45.30 mm	45.60 mm

Tableau 3 : Fréquence d'apparition des événements pluvieux selon la hauteur d'eau cumulée et la durée de la pluie



Evènement du 27/07/2012 Pluviomètres Ville de LAVAL

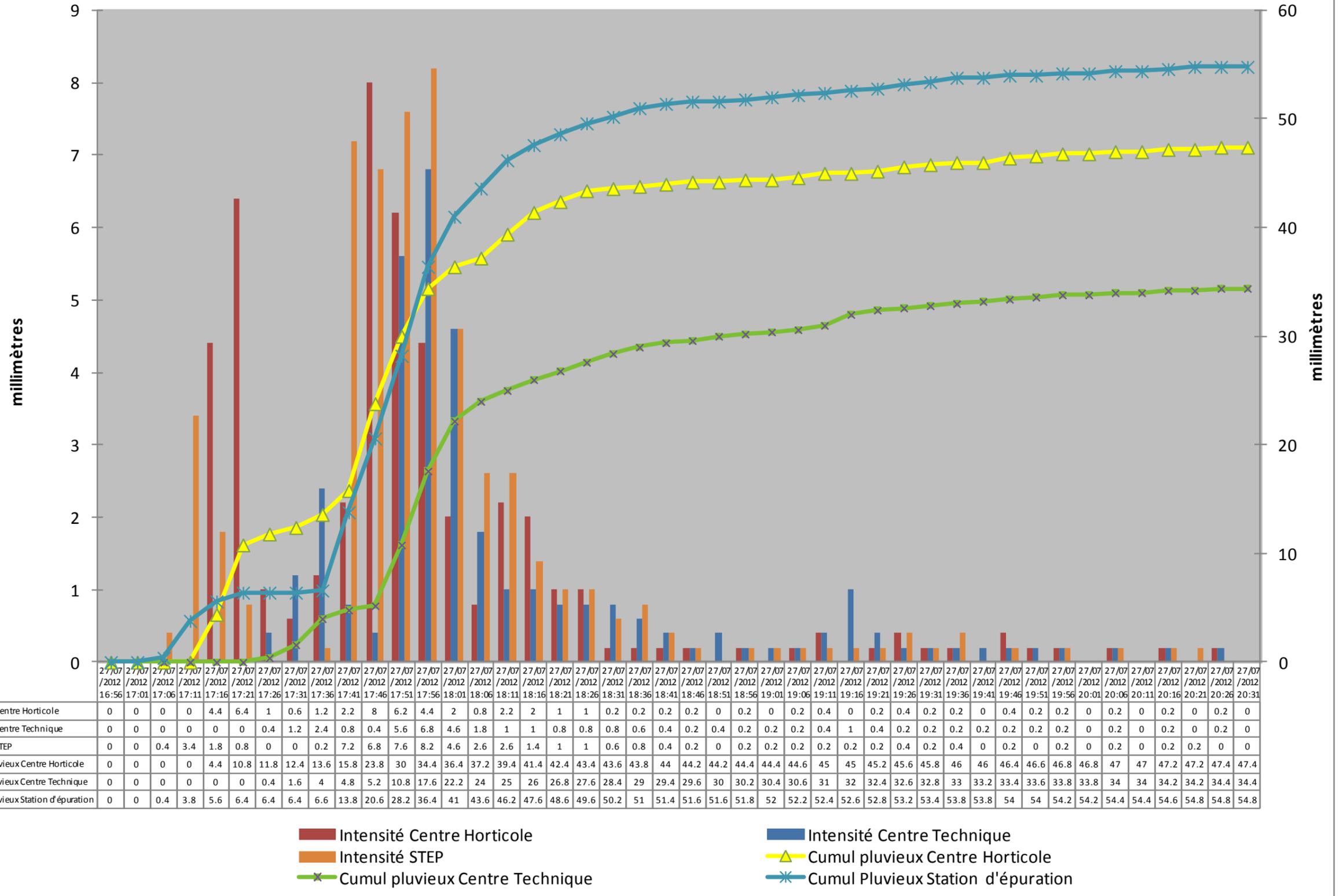


Figure 9 : Analyse de l'évènement pluvieux exceptionnel de juillet 2012 sur les pluviomètres de la ville



Evènement du 27/07/2013 Pluviomètres Ville de LAVAL

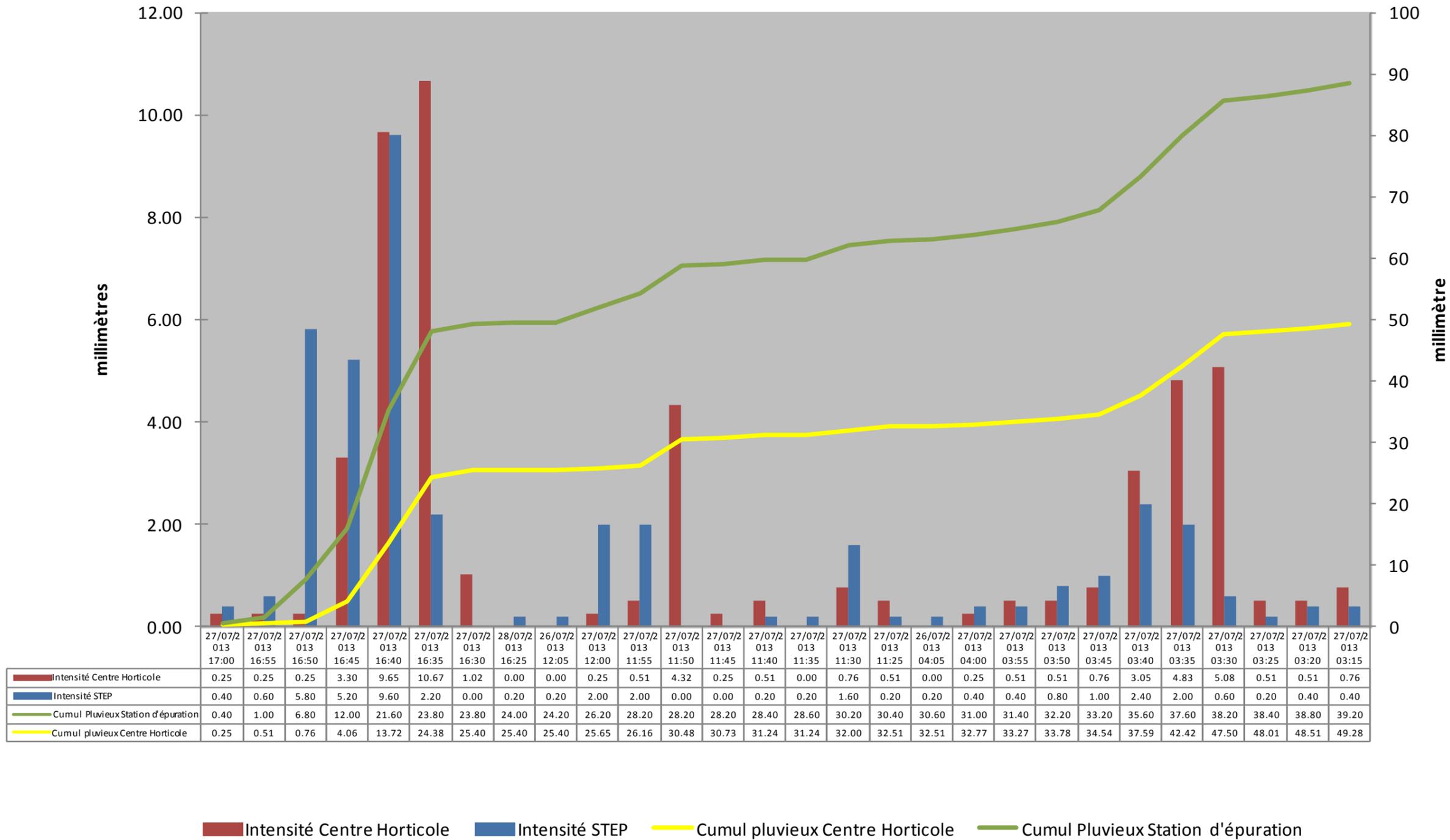


Figure 10 : Analyse de l'évènement pluvieux exceptionnel de juillet 2013 sur les pluviomètres de la ville



5. CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

Dans tout processus de modélisation, il ne faut pas perdre de vue que la simulation n'est qu'une **représentation approchée et conceptuelle** de la réalité, parfois plus ou moins simplificatrice des causes et des effets.

Le calage d'un modèle numérique vise à **reproduire des événements de référence**, par l'ajustement de paramètres à base physique. On suppose qu'après calage du modèle informatique, celui-ci permettra de reproduire le comportement du réseau pour d'autres événements pluvieux (réels ou symboliques, observés ou construits).

L'intérêt est donc de reproduire, de manière la plus réaliste possible, le comportement du réseau pour des sollicitations pluvieuses, pour lesquelles aucune mesure n'a été réalisée.

Il est important d'avoir à l'esprit ici, que le modèle 2D a été réalisé à partir de relevé LIDAR, dont la précision permet d'obtenir une grille d'1m par 1m, pour laquelle chaque cellule contient une valeur d'altitude, dont la précision varie de 1 à 10cm. Le diagnostic de vulnérabilité et les enquêtes de terrain, révèlent que les commerces ou particuliers sont inondés ou non, selon une hauteur d'eau très sensible. En effet, plusieurs paramètres, comme la hauteur de marche en entrée de bâtiment, la présence ou non d'accotement, la hauteur des bordures de trottoir ou encore la présence de passage bateau (pour piéton, garage ou autres), sont autant d'éléments influençant localement la hauteur d'eau en façade le long des rues à risques et donc, qui influence localement leurs sensibilités aux inondations.

Il est impossible, à l'heure actuelle, d'avoir un tel degré de précision de modélisation à l'échelle d'une telle zone d'étude. Dans notre cas, la modélisation permettra néanmoins d'appréhender ici une hauteur d'eau moyenne, selon une typologie ou une période de retour de pluie et d'évaluer l'impact sur cette hauteur d'eau d'aménagements significatifs.

5.1. Méthodologie du calage hydrologique et hydraulique

Rappel :

Le modèle de ruissellement utilisé est un modèle de stockage élémentaire appelé « **modèle du réservoir linéaire** », applicable à un bassin versant équipé d'un système de drainage artificiel. Il est utilisé avec coefficient de ruissellement constant.

Ce modèle conceptuel permet alors de **produire une réponse hydrologique (débit) à une pluie donnée**, via une fonction de transformation. C'est ce débit, produit pour chacun des sous-bassins versants à partir des pluies (réelles ou de projet), qui est injecté aux nœuds du réseau.

Le calage porte sur les **composantes hydrologiques** (transformation des pluies en débits) **et hydrauliques** (propagation des débits).

Pour le calage 1D (réseau uniquement), les résultats des simulations, par **comparaison aux mesures identifiées**, permettent de vérifier les hypothèses de travail et éventuellement de modifier certains paramètres utilisés, dans la construction du modèle. En effet, des résultats aberrants ou demandant des paramètres de construction invraisemblables, sont autant d'indices d'un mauvais choix d'hypothèses ou d'erreurs de modélisation.

Afin de caler le modèle, **les paramètres suivants sont potentiellement modifiés**, par rapport à la situation théorique initiale :

- Coefficients de ruissellement des sous-bassins versants
- Pertes initiales (fraction de la pluie ne participant pas au ruissellement)
- Lag-time des sous-bassins versants
- Répartition des flux
- Consignes de régulation des ouvrages (DO, bassin de rétention, bassin d'infiltration...)



C'est en fait la **qualité des résultats du calage**, alliée à la cohérence des paramètres calés, qui permettent de passer à la phase de validation.

NB : Le modèle 1D récupéré a déjà été calé, lors de l'étude de 2011-2012. Il reste ici à valider et caler le modèle 1D-2D, en comparant la hauteur d'eau sur les rues, aux données collectées auprès des services de la Ville, des habitants ou des commerçants impactés. Les coefficients de ruissellement ont pu être ajustés, afin de caler le modèle.

Pour caler et valider le modèle, les 2 pluies exceptionnelles de juillet 2012 et 2013, ont été injectées dans le modèle. Les résultats donnés par le modèle, ont alors été comparés avec les valeurs récupérées. Quand le résultat restitué par le modèle s'approchait au plus près des relevés de terrain, le modèle a donc été considéré comme calé.

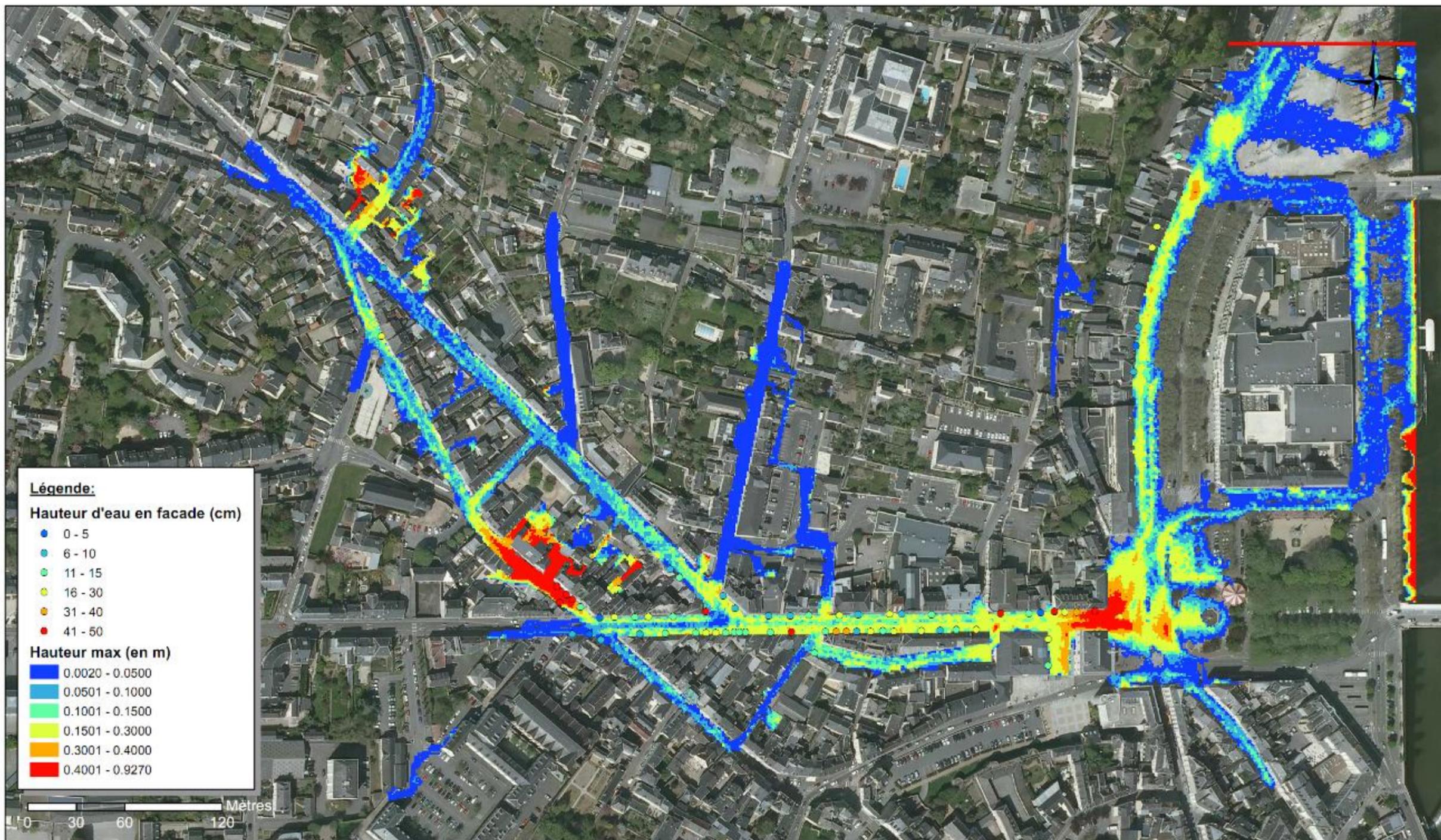
Le tableau suivant présente, pour un certain nombre de commerces enquêtés répartis sur la zone d'étude, la comparaison entre les hauteurs estimées par les commerçants et les hauteurs maximales modélisées en façade des bâtiments :

Pour l'événement de Juillet 2012		
Commerçant	Hauteur d'eau en façade (cm) <i>(source commerçant)</i>	Hauteur d'eau modélisée moyenne devant la façade (cm)
France Télécom	30	25
Burton	50	48
Pharmacie Centrale	20	18
Camaieu	15	16
Sergent Major	11	11
Atout Charme	27	22
Top Team	8	7
Le Bangkok	50	62
Arti Zen	20	19
Podo Orthèse	1	3
Le Caféier	17	20

Tableau 4 : Tableau de comparaison des hauteurs d'eau en façade des commerces selon les relevés de terrain et les hauteurs modélisées

Globalement, les hauteurs d'eau modélisées se rapprochent de l'ordre de grandeur des données estimées par les commerçants, sauf cas particulier. Il est difficile d'affiner plus le calage du modèle sur ces informations, car la hauteur d'eau en façade n'est pas toujours issue d'une mesure réelle, mais d'une impression ou d'une estimation de la part des usagers.

La carte suivante croise les 2 informations, hauteurs d'eau en façade source commerçant et hauteur maximale, pour l'événement pluvieux de 2012.



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de Juillet 2012
Validation du calage en comparaison avec les
hauteurs d'eau en facade sur les
commerces enquêtés



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



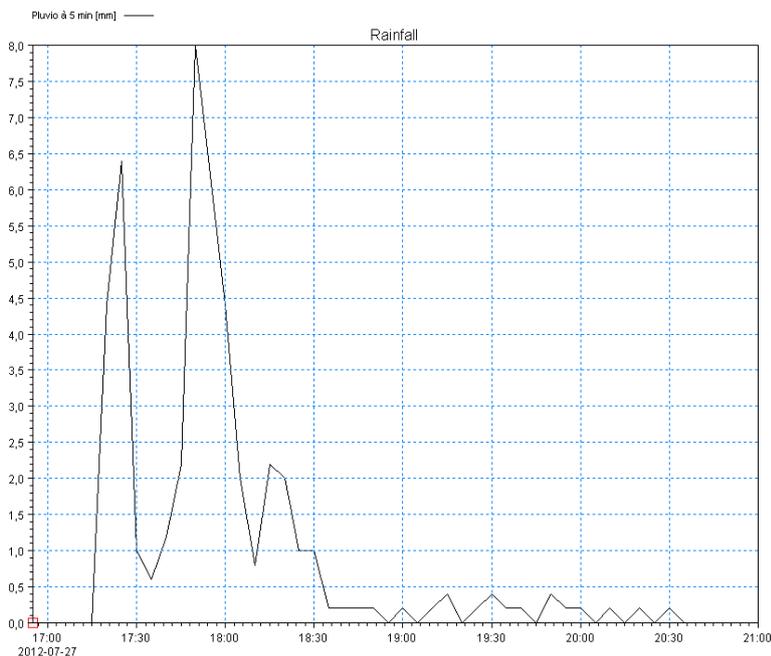
6. DIAGNOSTIC DU MODELE 1D SUR LA ZONE D'ETUDE

Diagnostic à partir du modèle 1D/2D de la zone d'études, à partir du modèle calé.

Une fois le modèle calé, les pluies intéressantes en termes de diagnostic, ont été introduites dans le modèle.

6.1. Pluies utilisées pour le diagnostic

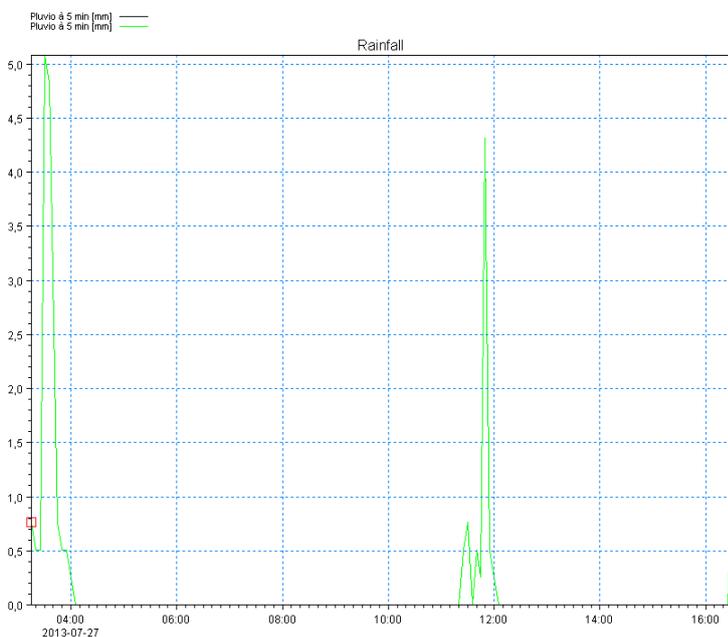
6.1.1. Pluie exceptionnelle de juillet 2012



La pluie de juillet 2012 est la pluie qui a constitué l'événement pluvieux de référence pour le calage. Cette pluie particulièrement intense, a été la pluie la plus impactante en termes d'inondation. Le modèle 1D/2D constitué confirme les observations de terrain, sur les débordements et désordres observés.

Figure 11 : Graphique de la pluie de Juillet 2012

6.1.2. Pluie exceptionnelle de juillet 2013



De la même manière que la pluie de juillet 2012, la pluie de juillet 2013 a été introduite dans le modèle. Cet événement pluvieux intense est le plus récent observé.

Figure 12 : Graphique de la pluie de Juillet 2013



6.1.3. Pluie de période de retour 30 ans et 50 ans

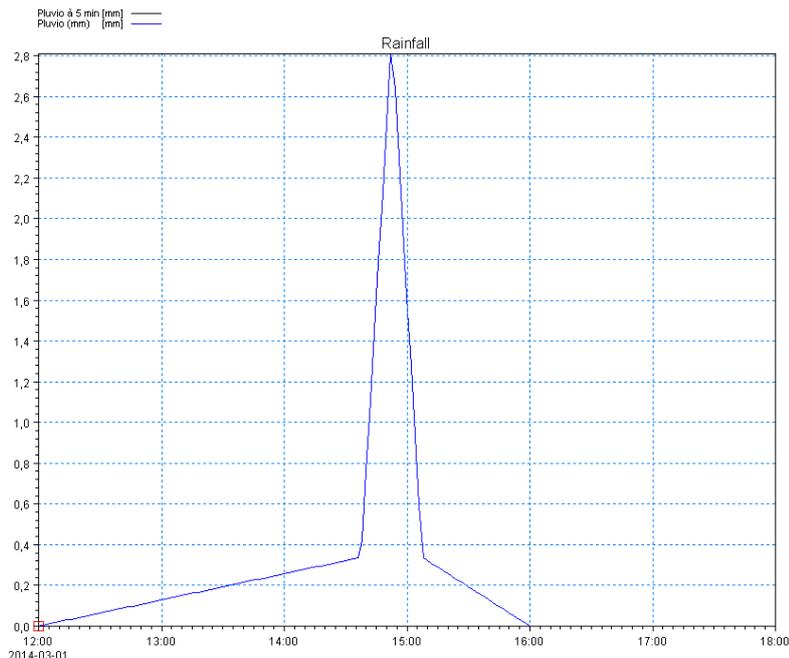


Figure 13 : Pluie de projet 30 ans

Afin de modéliser le comportement du réseau et quantifier l'état des désordres pour une pluie trentennale et quinquennale, deux pluies de projet, dont la typologie se rapproche le plus de la pluie de juillet 2012, ont été créées. Ces pluies de projet de 2h et de durée intense de 30mn, nous permettent de visualiser l'enveloppe urbaine inondée et les hauteurs d'eaux maximales, pour une période de retour de 30 ans. Période de protection de la zone choisie par la collectivité.

NB : Les cartes de diagnostic sont disponibles, ci-après.

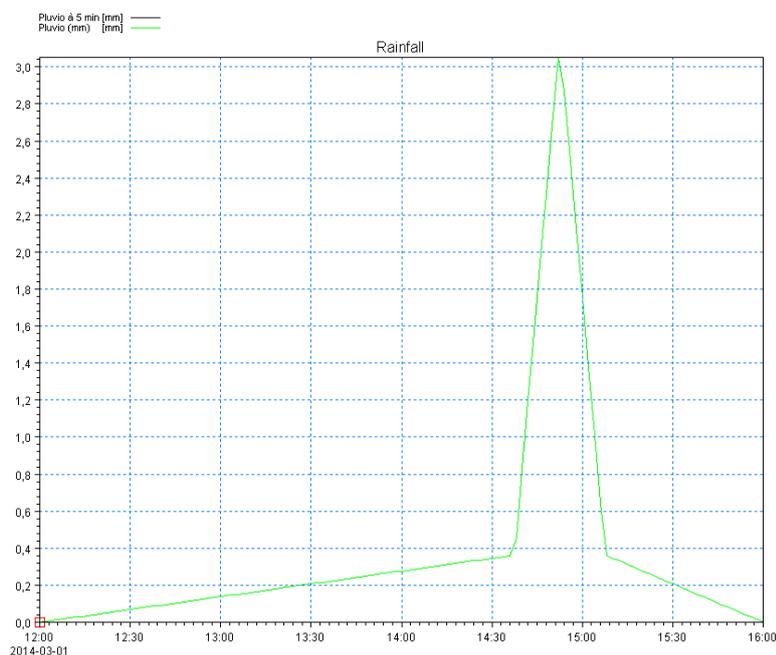


Figure 14 : Pluie de projet 50 ans

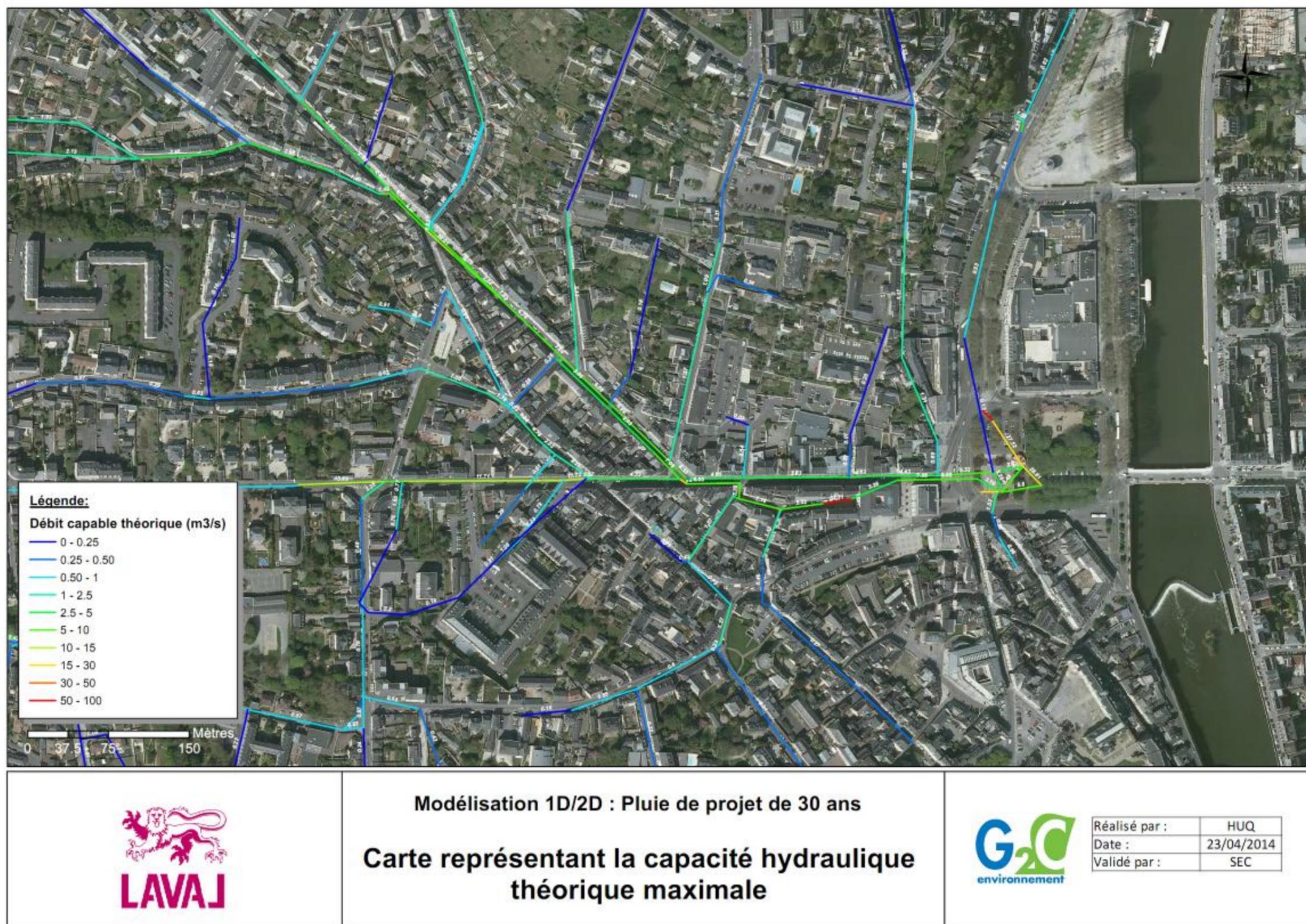
Sur la base des résultats de la modélisation, pour chaque période de retour ou pluie réelle, des cartes de synthèse ont été réalisées sur les points suivants :

- La capacité hydraulique des tronçons
- Le débit maximal transité par tronçon pour une pluie donnée
- L'indication de l'éventuelle mise en charge du réseau de tout ou partie des canalisations de l'étude

L'intégralité des cartes de diagnostic sur le modèle 1D, est présentée ci-dessous :



6.2. Carte de la capacité hydraulique théorique maximale des tronçons

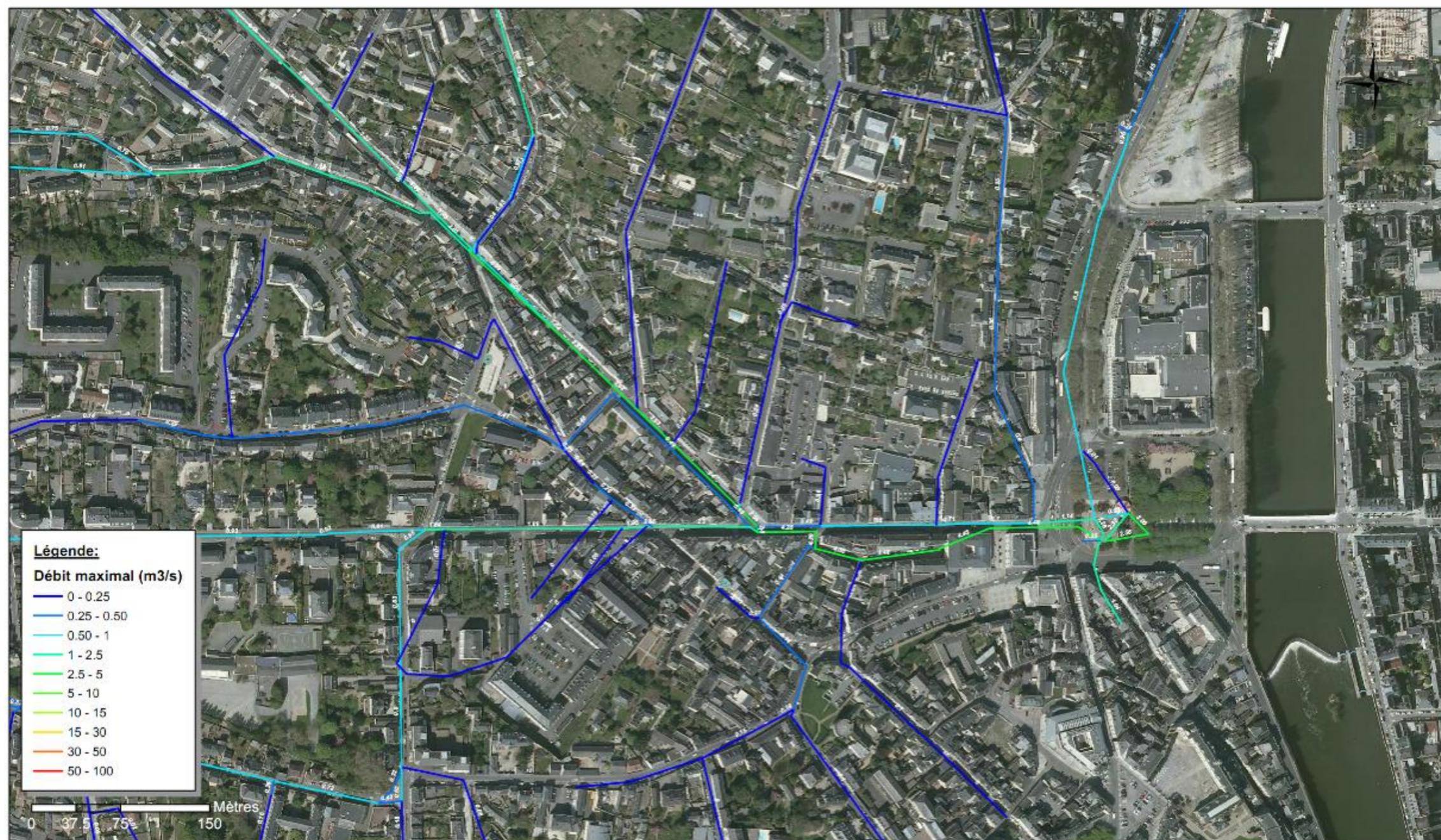


Rq : La capacité théorique ne dépend pas de la pluie de projet ou la pluie injectée dans le modèle, mais des caractéristiques intrinsèques du réseau (pente, diamètre, rugosité...)

Important : Les capacités théoriques sont les capacités calculées à partir de la formule de Manning. Ces capacités sont déterminées par tronçon et n'intègrent pas les contraintes classiques (contraintes amont/aval, rupture de pente imposant une contrainte, sous dimensionnement du réseau aval...). Ces capacités sont donc surestimées par rapport à la capacité réelle maximale du réseau sans débordement.



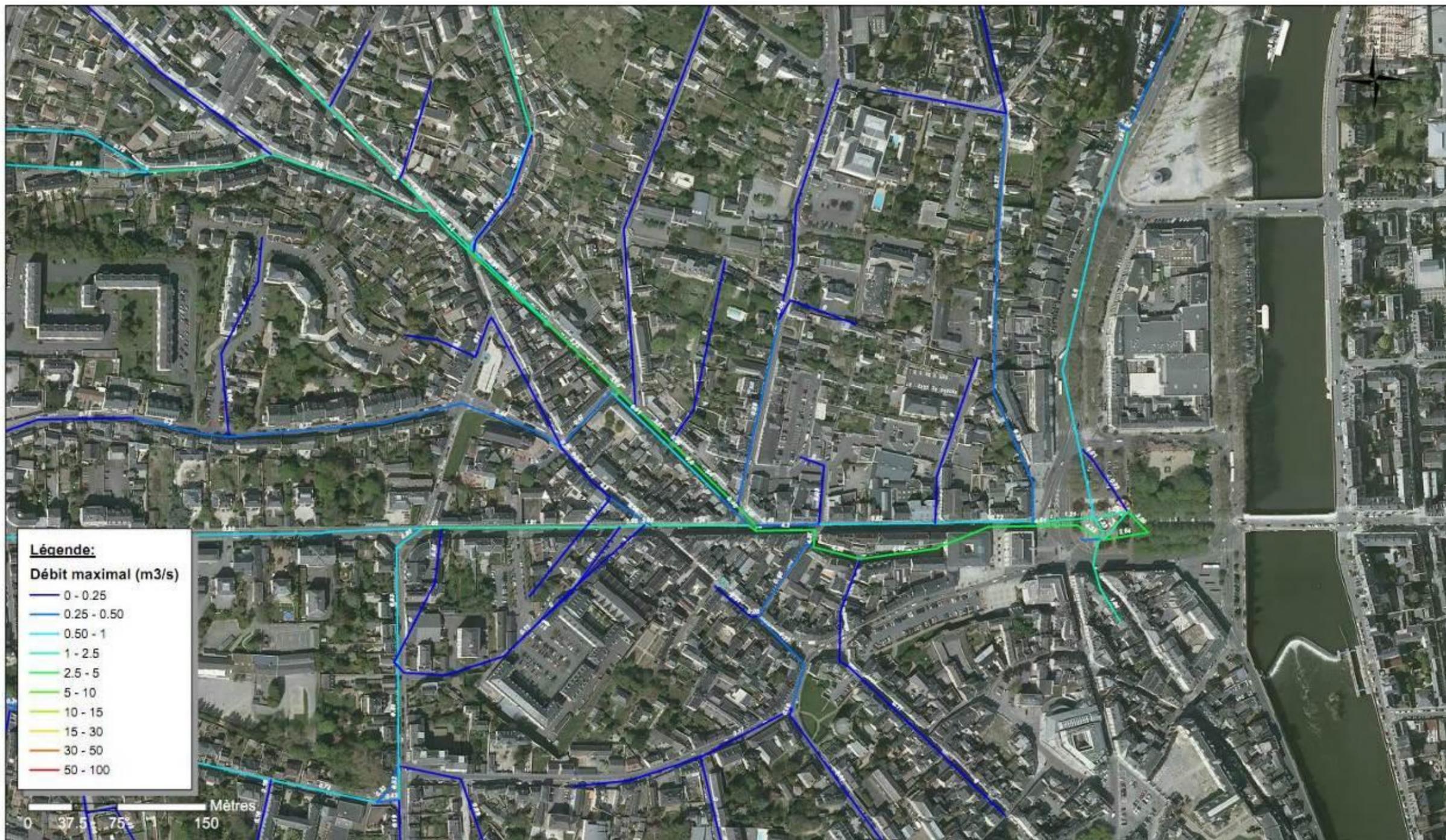
6.3. Carte des débits maximaux transitant dans le réseau pour les différentes pluies étudiées



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans
**Carte représentant les débits maximum
théoriques modélisés pour la pluie**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC

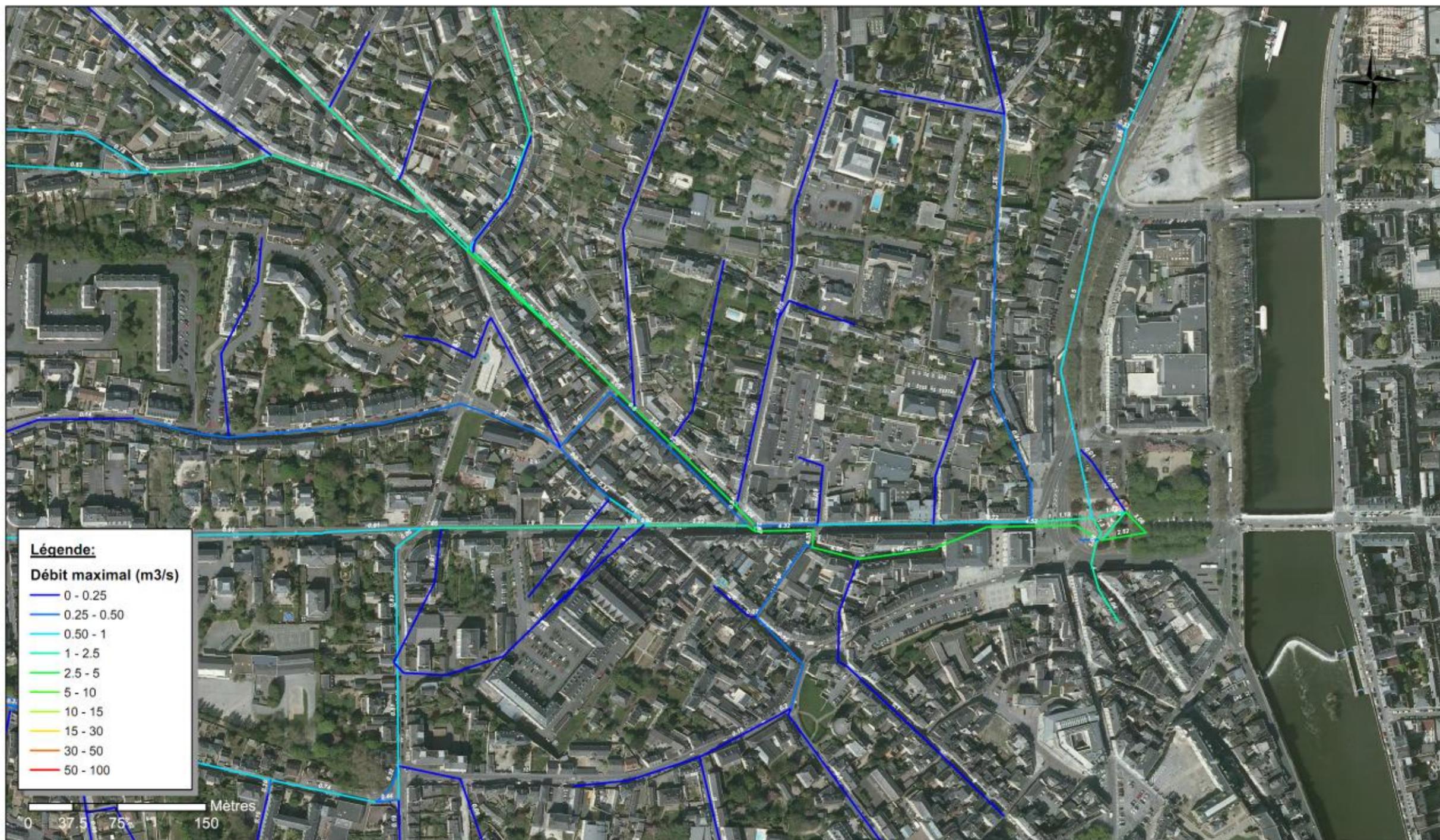


Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 50 ans

**Carte représentant les débits maximum
théoriques modélisés pour la pluie**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC

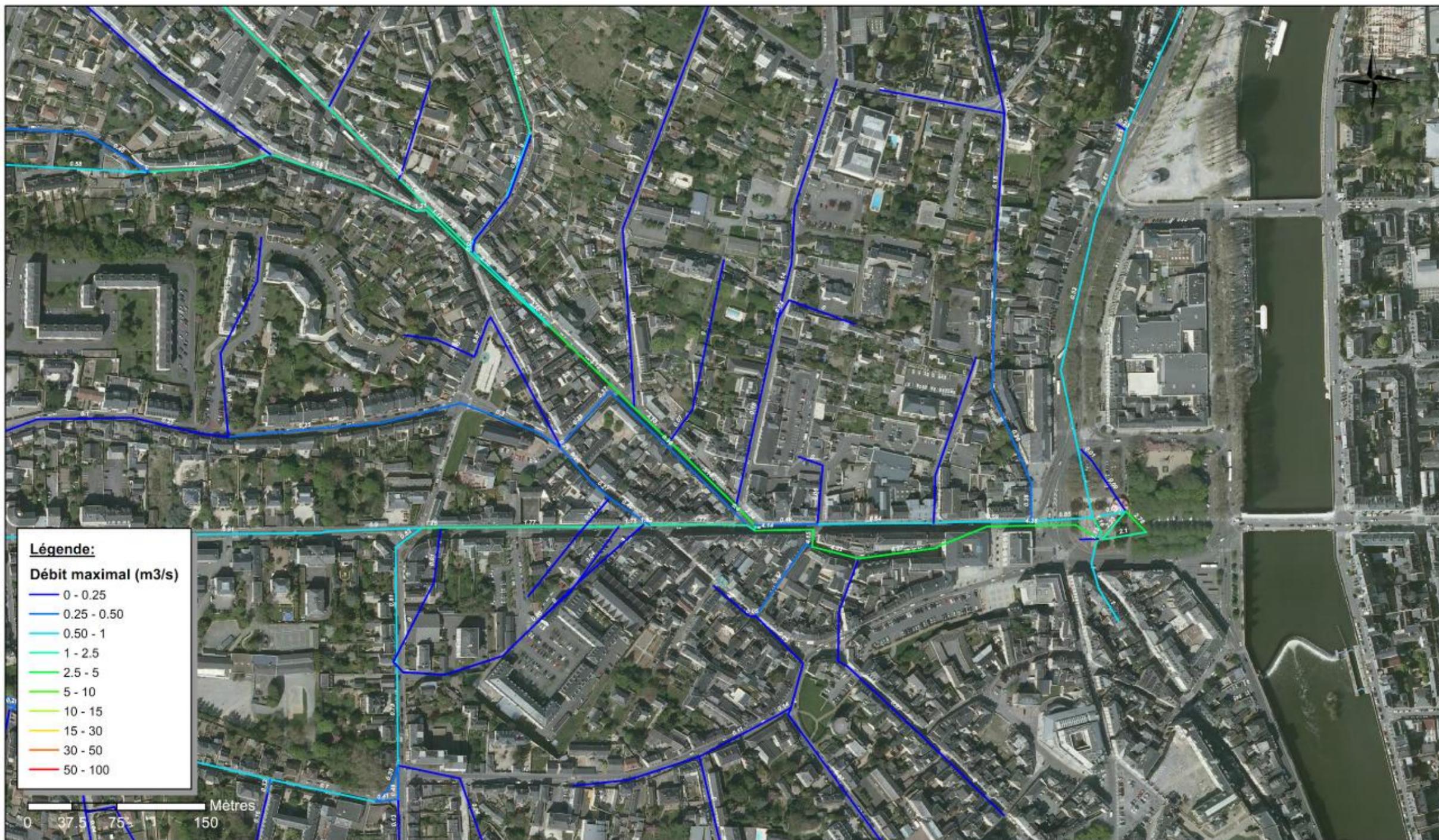


Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de juillet 2012

Carte représentant les débits maximum
théoriques modélisés pour la pluie



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de juillet 2013

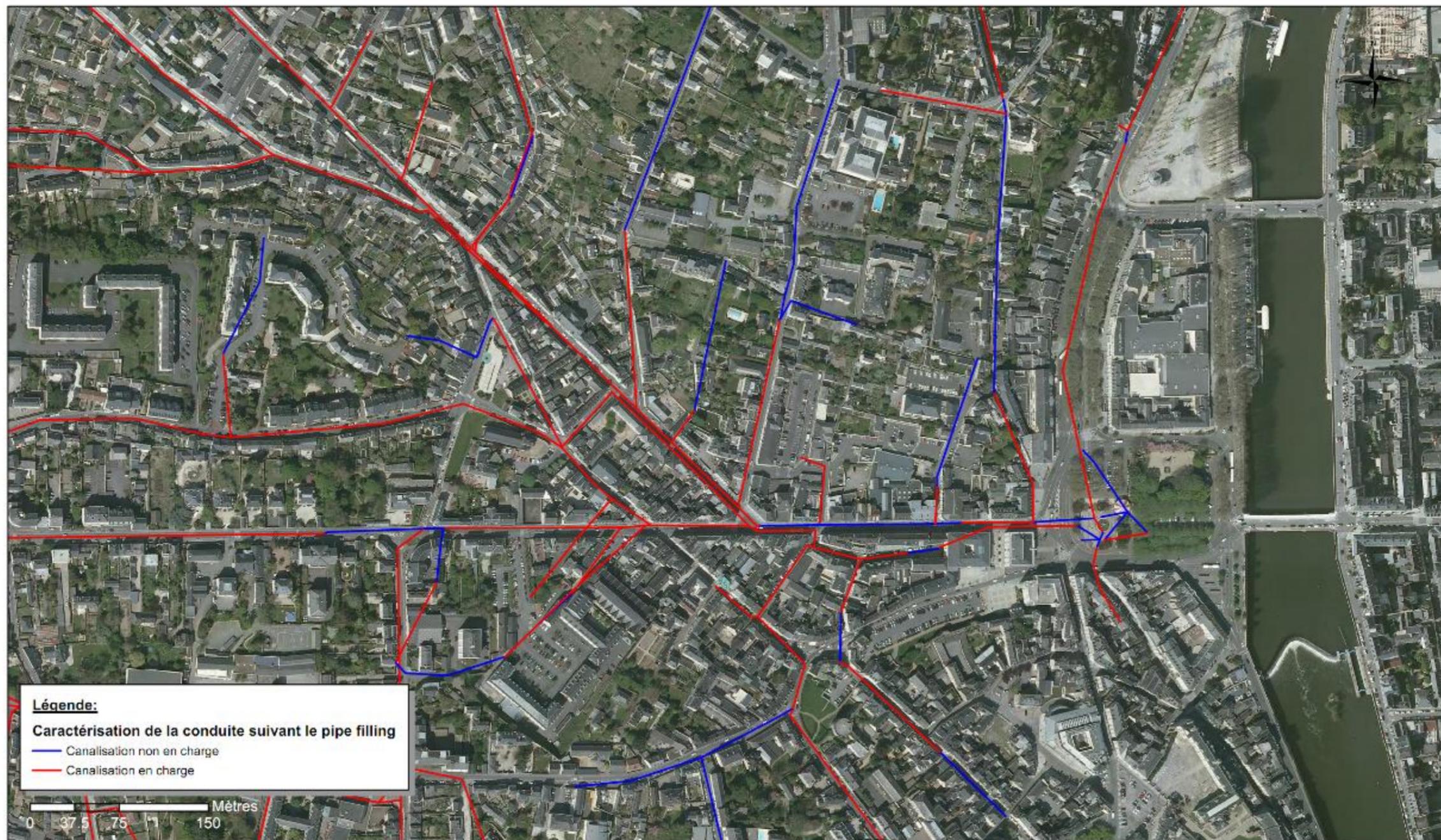
Carte représentant les débits maximum
théoriques modélisés pour la pluie



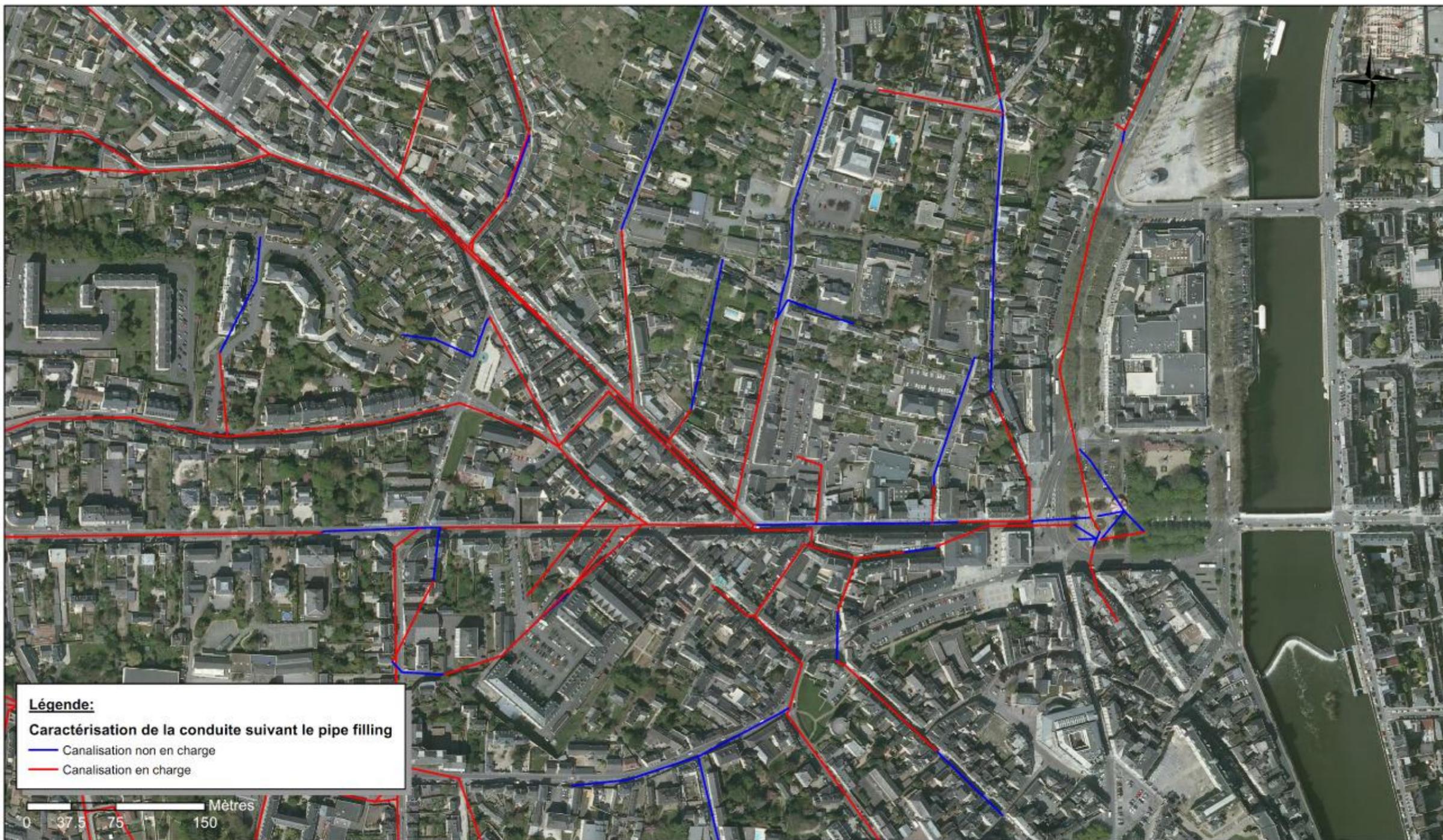
Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



6.4. Carte des mises en charge du réseau pour les différentes pluies étudiées



	<p>Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans</p> <p>Carte représentant le linéaire de réseau partiellement ou totalement en charge pour la pluie</p>	<table border="1"><tr><td>Réalisé par :</td><td>HUQ</td></tr><tr><td>Date :</td><td>23/04/2014</td></tr><tr><td>Validé par :</td><td>SEC</td></tr></table>	Réalisé par :	HUQ	Date :	23/04/2014	Validé par :	SEC
Réalisé par :	HUQ							
Date :	23/04/2014							
Validé par :	SEC							



Légende:
Caractérisation de la conduite suivant le pipe filling
— Canalisations non en charge
— Canalisations en charge

0 37.5 75 150 Mètres



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 50 ans
**Carte représentant le linéaire de réseau
partiellement ou totalement en charge pour la pluie**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC

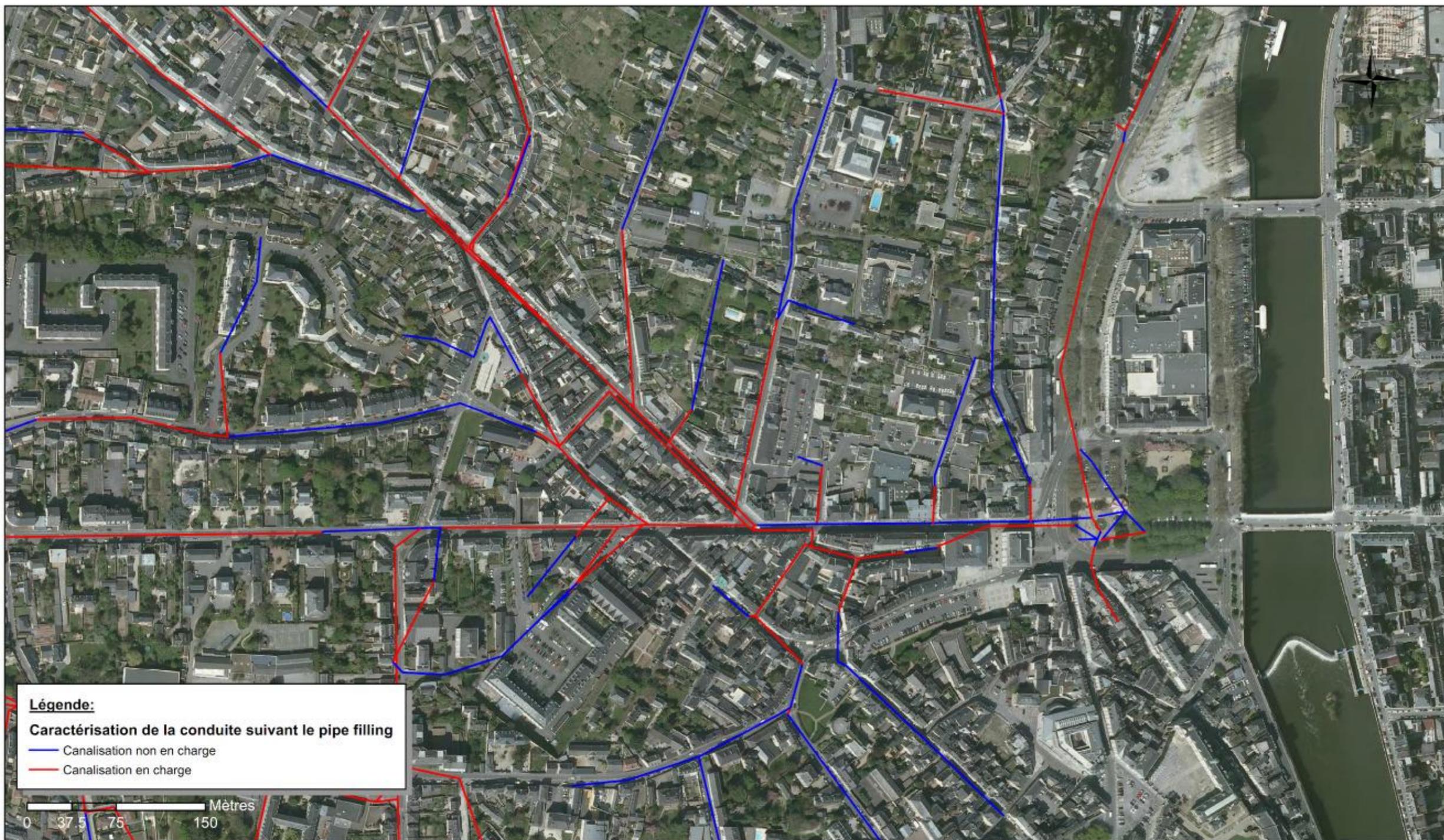


Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de juillet 2012

**Carte représentant le linéaire de réseau
partiellement ou totalement en charge pour la pluie**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Légende:

Caractérisation de la conduite suivant le pipe filling

- Canalisations non en charge
- Canalisations en charge



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de juillet 2013

**Carte représentant le linéaire de réseau
partiellement ou totalement en charge pour la pluie**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



6.5. Conclusions sur le diagnostic du modèle 1D

Les conclusions établies dans la précédente étude, sont confirmées dans le diagnostic présenté à nouveau, ci-dessous. Le caractère limitant du réseau, pour des pluies particulièrement intenses, est une nouvelle fois mis en lumière. Le diagnostic établi dans la présente étude, révèle encore d'avantage de dysfonctionnements, car le calage a permis d'ajuster certains paramètres du modèle comme les coefficients de ruissellement, afin de retranscrire au mieux les événements exceptionnels, comme ceux de 2012 et de 2013.



7. DIAGNOSTIC DU MODELE 1D/2D DIT DE SURFACE SUR LA ZONE D'ETUDE

7.1. Carte de l'enveloppe inondable et des hauteurs d'eau maximales pour les différentes pluies étudiées



Légende:

Hauteur max (en m)

0 - 0.0100
0.0101 - 0.0300
0.0301 - 0.0600
0.0601 - 0.0800
0.0801 - 0.1000
0.1001 - 0.1300
0.1301 - 0.1600
0.1601 - 0.2000
0.2001 - 0.2500
0.2501 - 0.3000
0.3001 - 0.3500
0.3501 - 0.4000
0.4001 - 0.5000
0.5001 - 0.7000
0.7001 - 0.9270

Mètres
0 25 50 100



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans

Carte de l'enveloppe d'inondation
et des hauteurs maximales d'eau



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 50 ans

**Carte de l'enveloppe d'inondation
et des hauteurs maximales d'eau**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Légende:

Hauteur max (en m)

- 0 - 0.0100
- 0.0101 - 0.0300
- 0.0301 - 0.0600
- 0.0601 - 0.0800
- 0.0801 - 0.1000
- 0.1001 - 0.1300
- 0.1301 - 0.1600
- 0.1601 - 0.2000
- 0.2001 - 0.2500
- 0.2501 - 0.3000
- 0.3001 - 0.3500
- 0.3501 - 0.4000
- 0.4001 - 0.5000
- 0.5001 - 0.7000
- 0.7001 - 0.9270

Mètres
0 25 50 100



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de Juillet 2012

**Carte de l'enveloppe d'inondation
et des hauteurs maximales d'eau**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Légende:

Hauteur max (en m)

0 - 0.0100
0.0101 - 0.0300
0.0301 - 0.0600
0.0601 - 0.0800
0.0801 - 0.1000
0.1001 - 0.1300
0.1301 - 0.1600
0.1601 - 0.2000
0.2001 - 0.2500
0.2501 - 0.3000
0.3001 - 0.3500
0.3501 - 0.4000
0.4001 - 0.5000
0.5001 - 0.7000
0.7001 - 0.9270



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de Juillet 2013

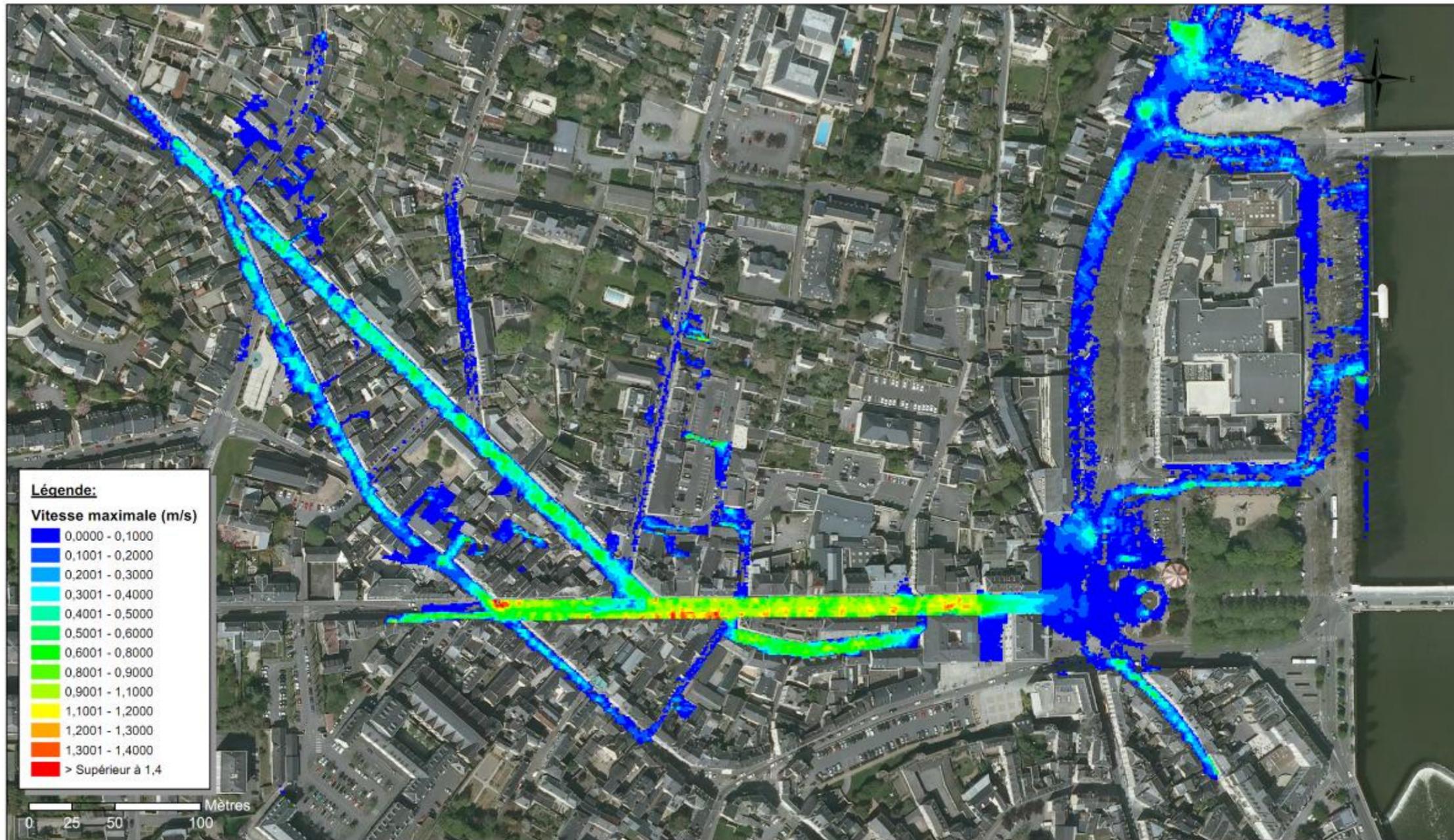
Carte de l'enveloppe d'inondation et des hauteurs maximales d'eau



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



7.2. Carte des vitesses maximales pour les différentes pluies étudiées

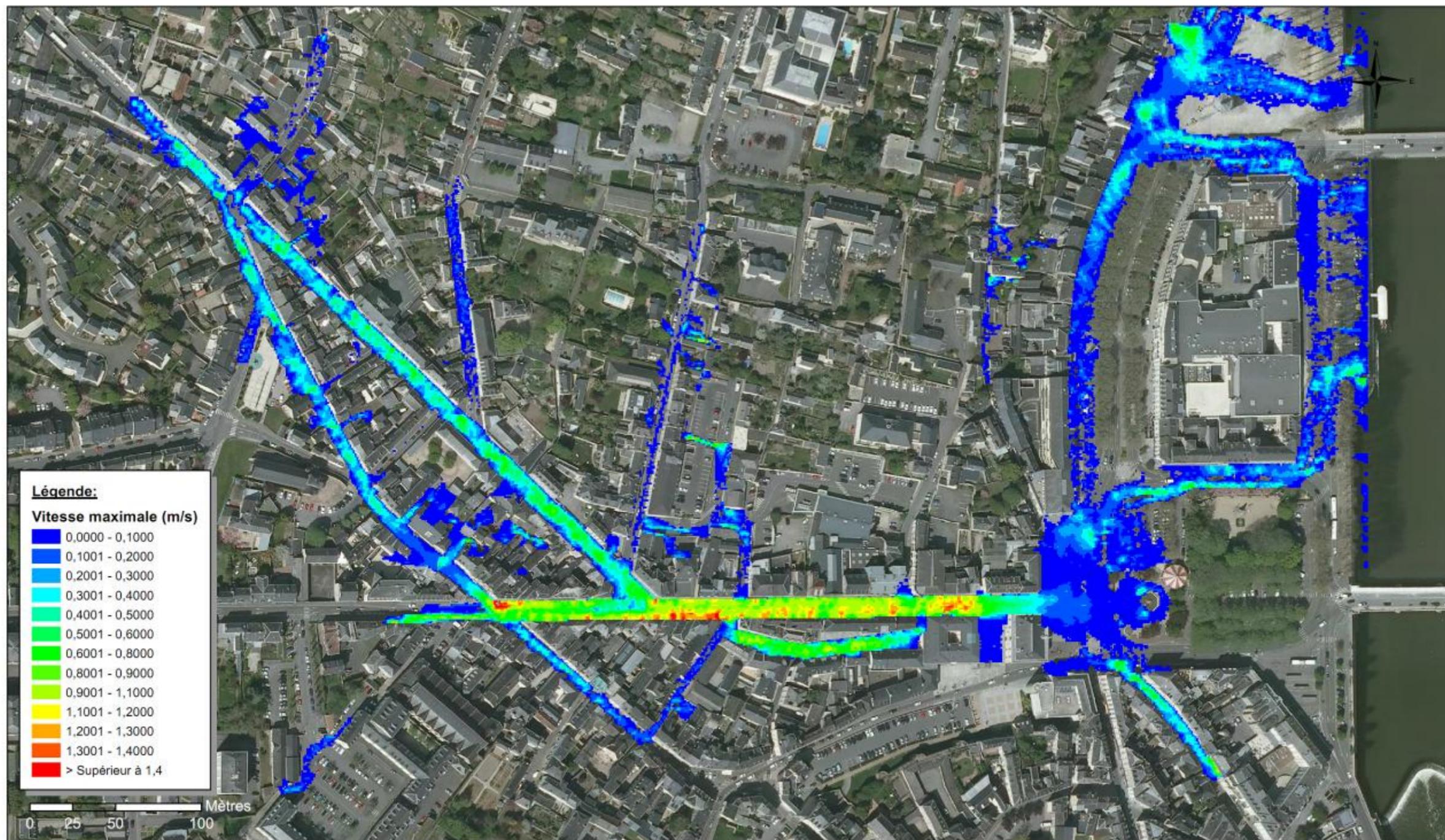


Modélisation 1D/2D : Pluie de projet 30 ans

Carte des vitesses maximales



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet 50 ans

Carte des vitesses maximales



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC

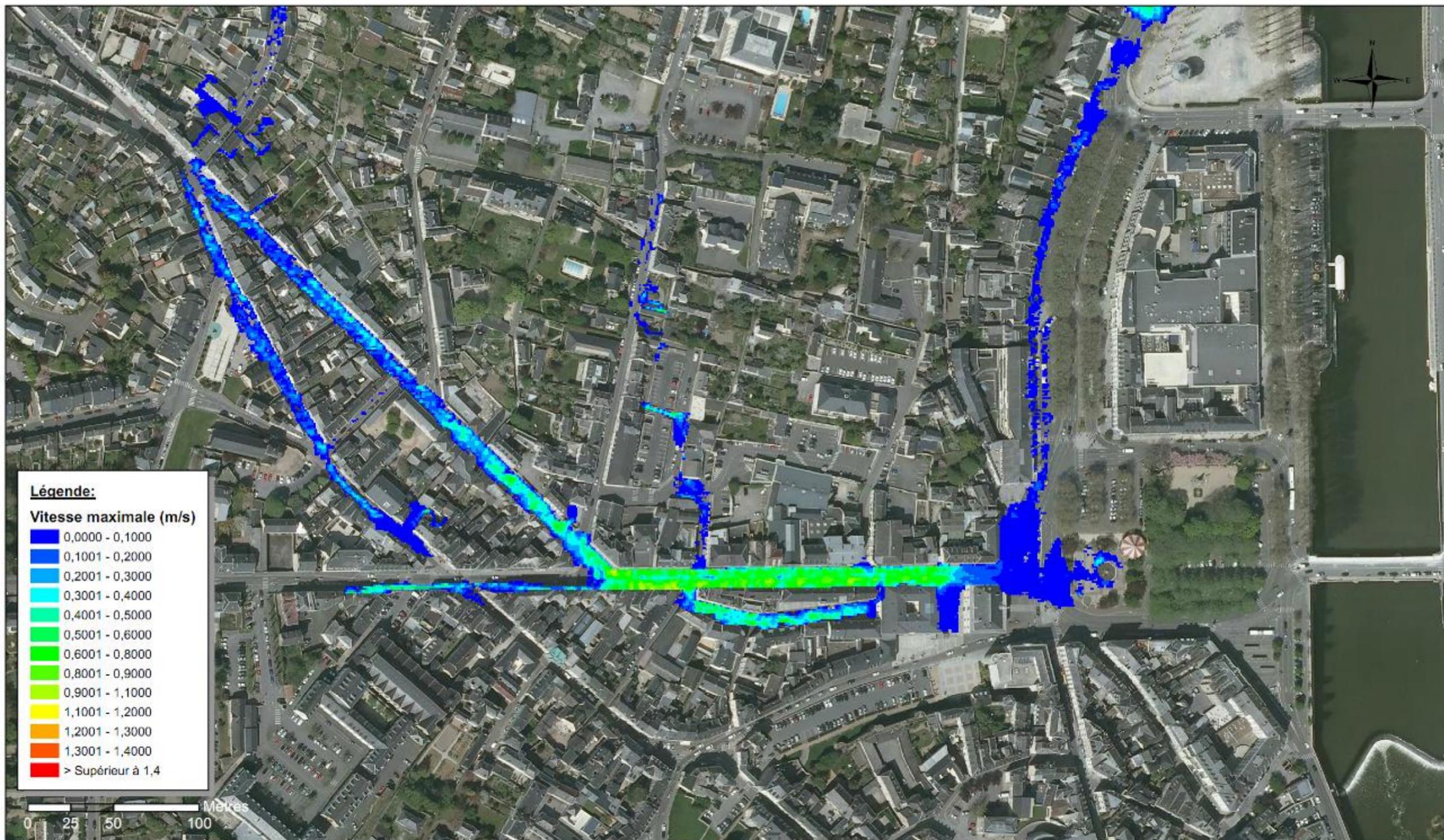


Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de Juillet 2012

Carte des vitesses maximales



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de Juillet 2013

Carte des vitesses maximales



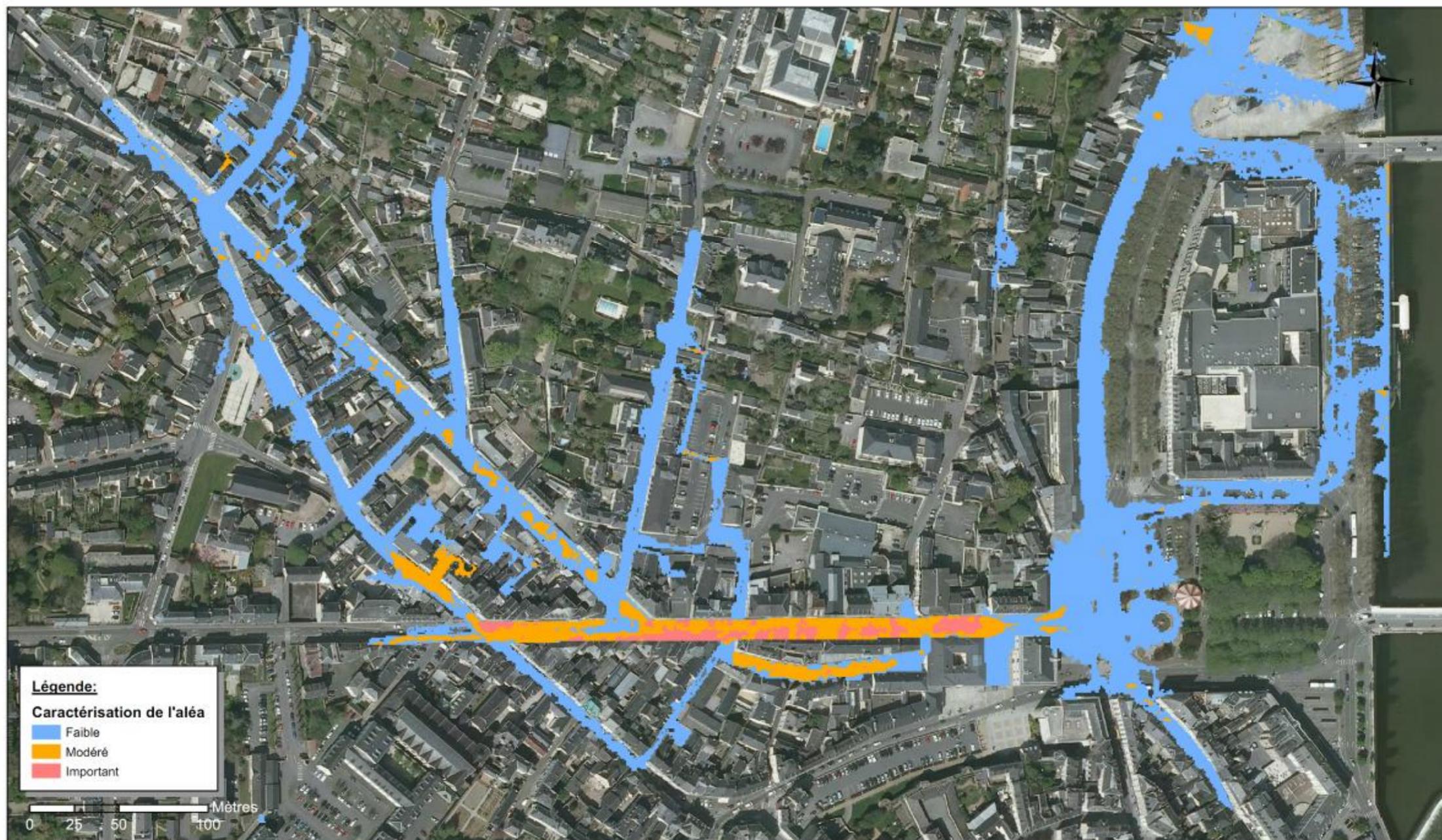
Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



7.3. Carte d'aléa

L'aléa inondation résulte d'un croisement Hauteur/Vitesse, il est ici défini selon 3 classes faible, modéré, et important.

Définition des classes : Aléa fort : $H > 1,00$ m ou $V > 1,00$ m/s, Aléa modéré : $H < 1,00$ m et $V < 1,00$ m/s et $H > 0,50$ m ou $V > 0,50$ m/s, Aléa faible : $H < 0,50$ m et $V < 0,50$ m/s



Légende:
Caractérisation de l'aléa

- Faible
- Modéré
- Important

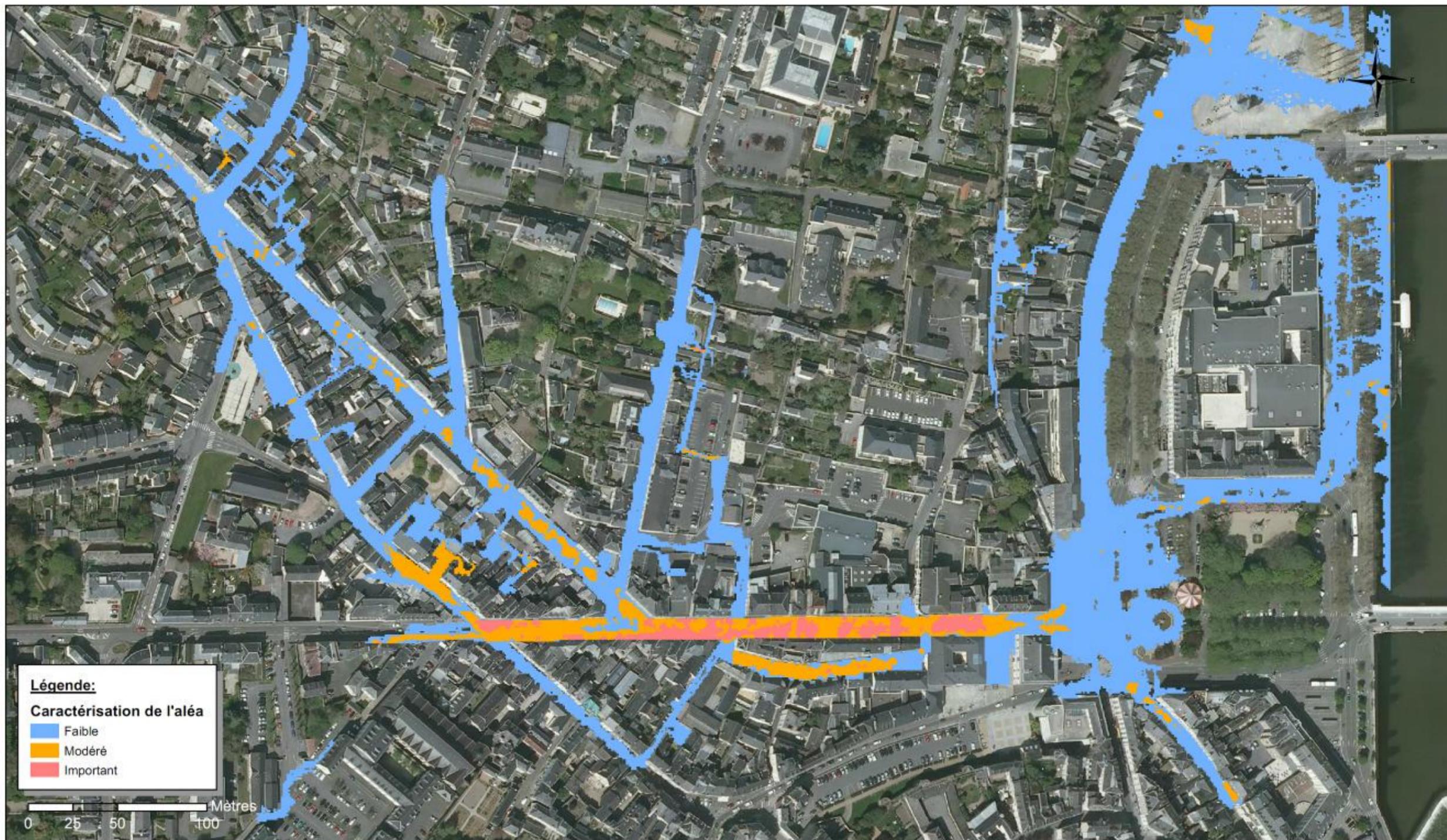


Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans

Carte de l'aléa inondation



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 50 ans

Carte de l'aléa inondation



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC

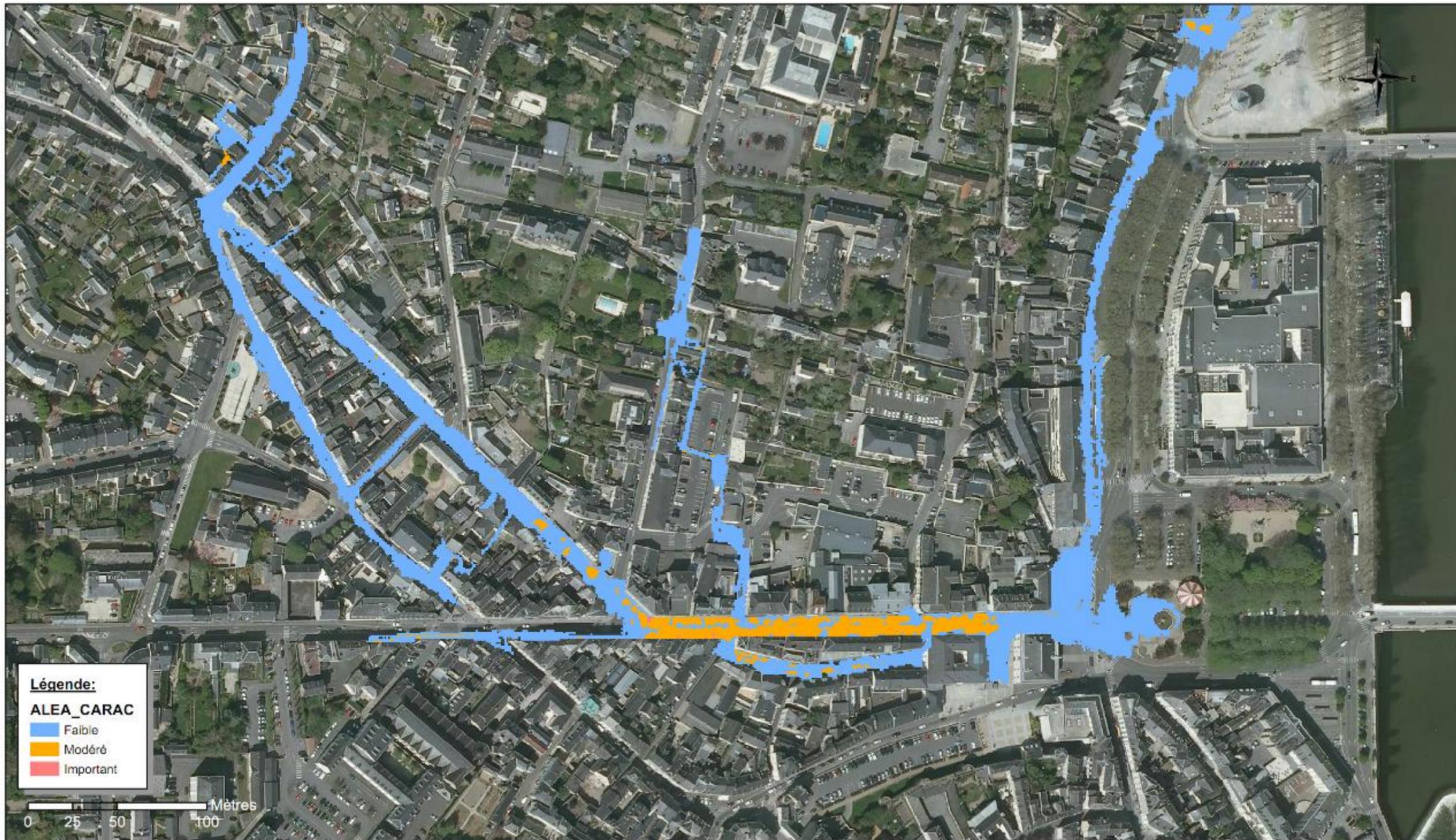


Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de juillet 2012

Carte de l'aléa inondation



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Légende:
ALEA_CARAC
FAIBLE
MODÉRÉ
IMPORTANT

Mètres
0 25 50 100



Modélisation 1D/2D : Pluie exceptionnelle de juillet 2013

Carte de l'aléa inondation



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



7.4. Conclusions sur le diagnostic du modèle de surface

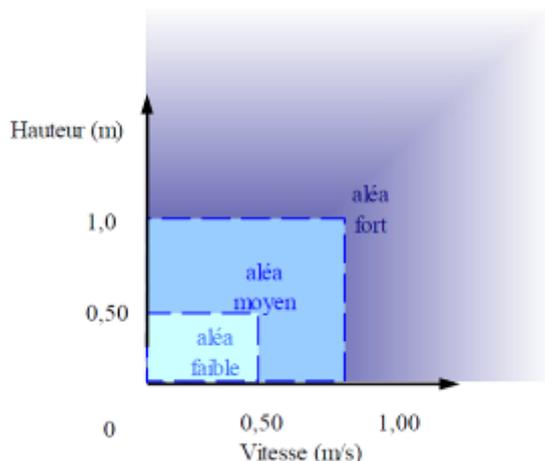
Les zones sensibles identifiées, sont confirmées par la modélisation. La Place du 11 Novembre, la rue de Rennes/ Rue de Franche Comté, le Parvis des Droits de l’Homme, sont les secteurs où la hauteur d’eau est la plus importante. Concernant la rue du Général de Gaulle, on note une hauteur moyenne comprise entre 10 et 20cm, le long de la rue, pour la pluie de juillet 2012.

Le tableau suivant illustre les volumes débordés globaux et le volume débordé pour chaque pluie pour $t=H_{max}$:

	30 ans	50 ans	Juillet 2012	Juillet 2013
Débordement vers la surface 2D (m ³)	5470	6236	8026	1277
Volume sur chaussée à l’instant $t = H_{max}$ (m ³)	4326	4840	5179	1486

Tableau 5 : Tableau de comparaison des volumes débordés suivant les événements pluvieux

On note que la typologie de pluie la plus défavorable pour le fonctionnement du réseau, concerne les pluies intenses sur une faible durée. Il est intéressant de noter que les hauteurs d’eau maximales enregistrées sur la zone d’études, sont très similaires pour les pluies de projet de période de retour 30 ans et 50 ans et pour la pluie réelle de 2012. Au vu de la topographie et de la capacité du réseau, il semble que les hauteurs d’eau maximales, ne peuvent guère augmenter plus et que seule la durée de l’inondation et notamment la période de décrue, varient selon la période de retour de la pluie et la durée de l’événement.



On note qu’une partie de la rue du Général de Gaulle a un aléa au risque inondation caractérisé comme important, principalement à cause des vitesses qui localement peuvent être supérieures à 1m/s, sur la pointe de l’événement pluvieux.

Figure 15 : Caractérisation de l’aléa inondation

Afin d’appréhender au mieux les volumes en jeu dans de tels événements le tableau suivant présente les volumes générés par l’événement pluvieux et transitant dans le réseau, ainsi que les volumes débordé du réseau vers le modèle de surface :

Pluie :	juil-12	juil-13	T = 30 ans	T = 50 ans
Volume généré par la pluie et transitant par le réseau (m3)	96396	44901	84359	90886
Volume débordé du réseau vers le modèle de surface (m3)	8028	1271	5470	6236

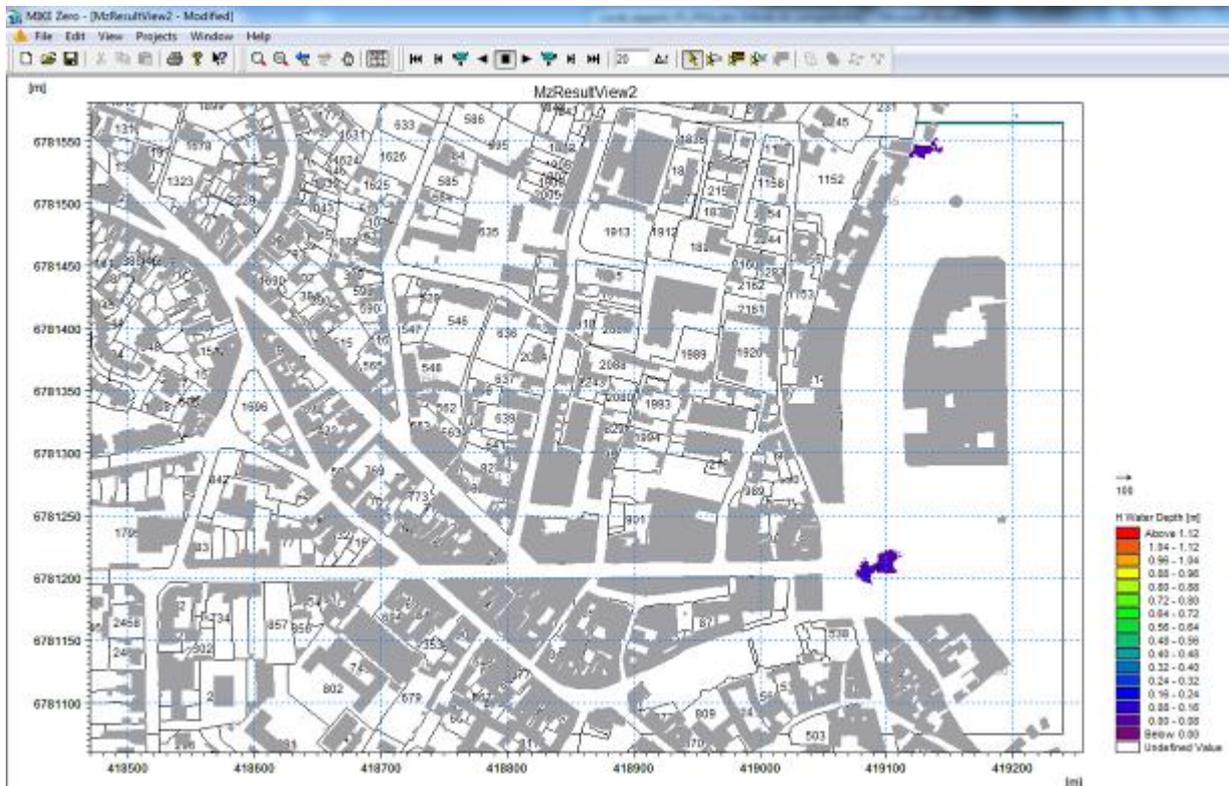
Tableau 6 : Volume et pluie



7.1. Analyse de l'évolution de l'inondation pour l'événement exceptionnel de Juillet 2012

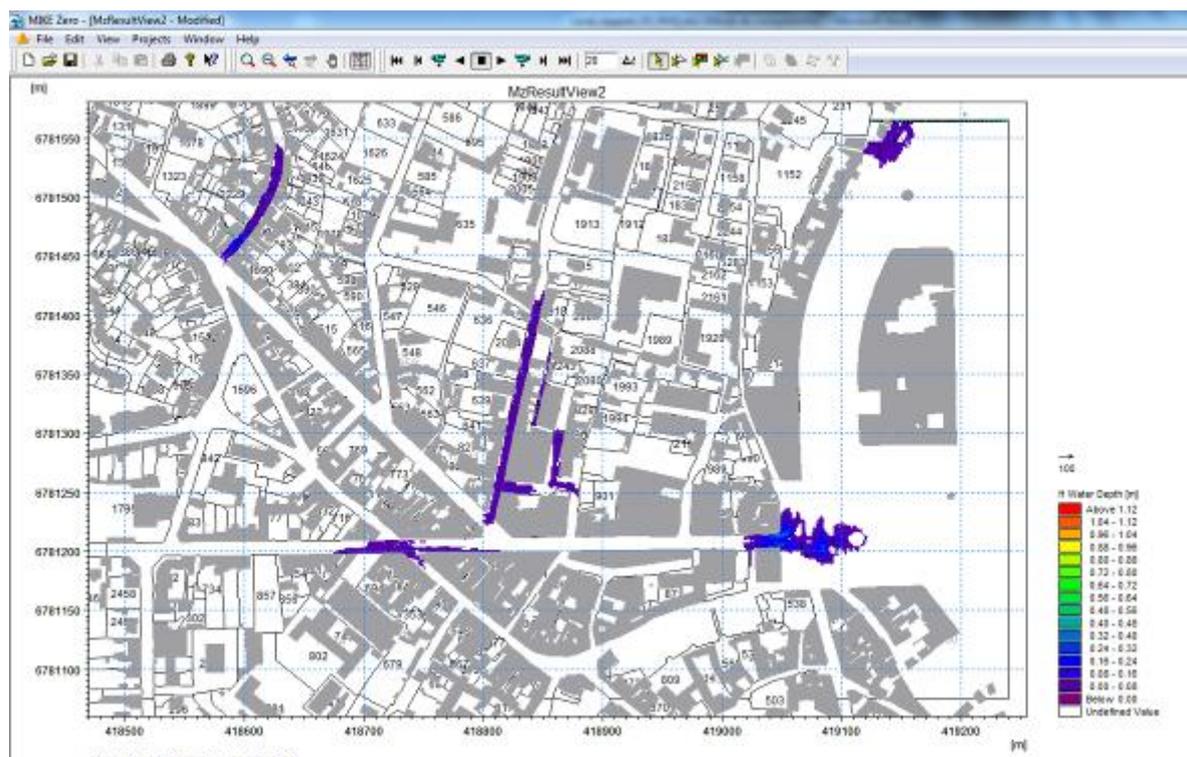
A partir du modèle calé et de la pluie exceptionnelle de juillet 2012, il est possible de suivre l'évolution de l'enveloppe d'inondation et de comprendre les phénomènes observés, lors des événements réels.

- ✓ **17h20** : Premier débordement Place du 11 novembre

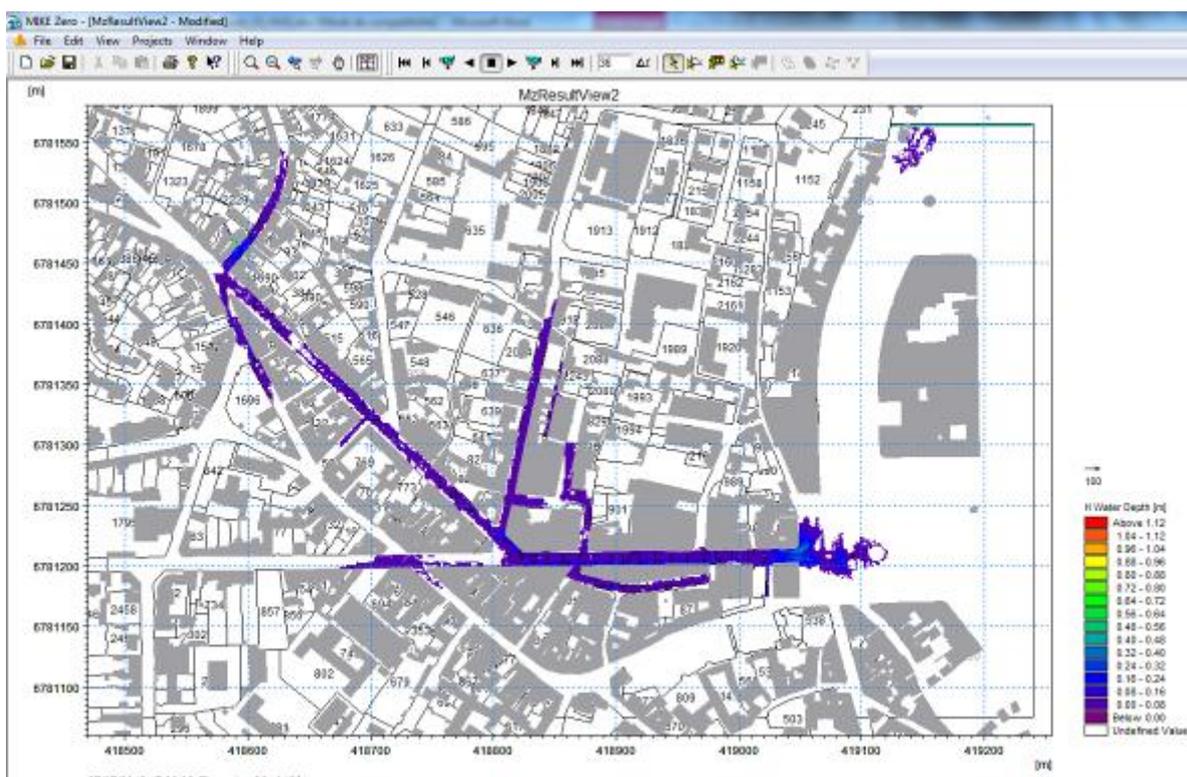




- ✓ **17h30** : Premier débordement rue de Rennes et sur les rues attenantes à la rue Bernard le Pecq

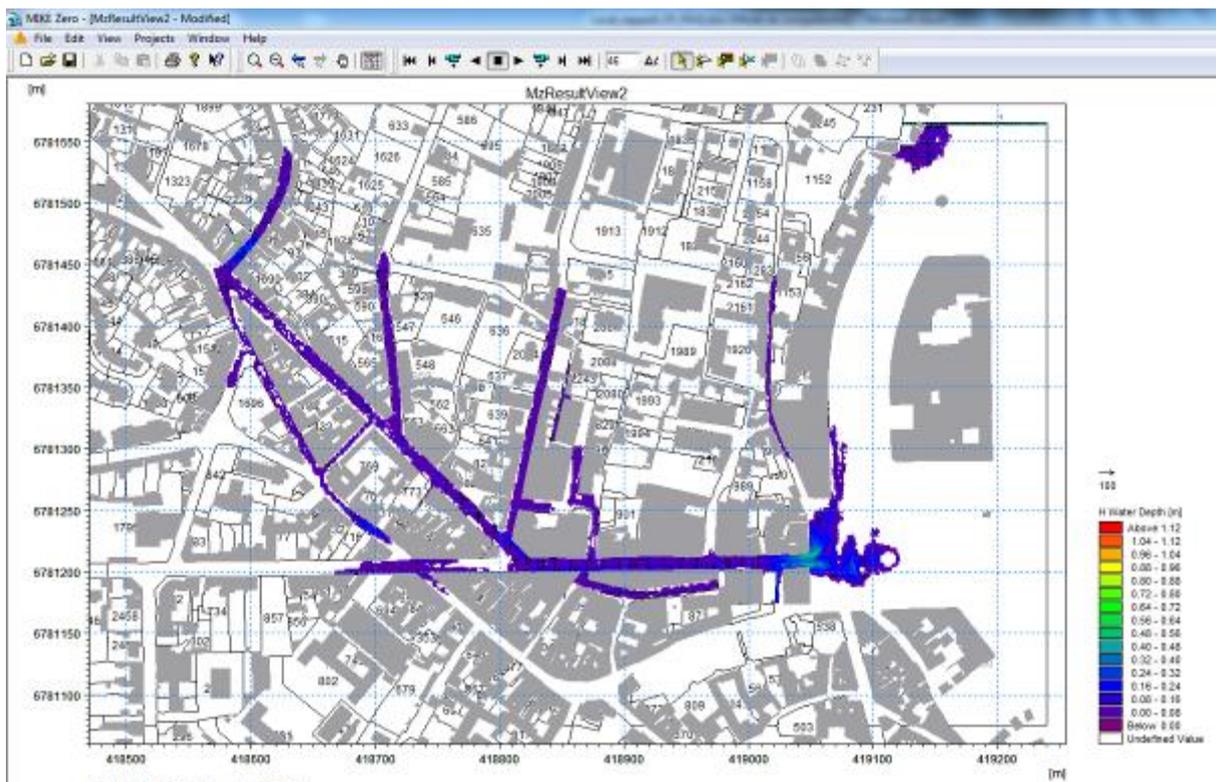


- ✓ **17h40** : Multiple débordement rue Bernard le Pecq, et rue du Général de Gaulle, début du ruissellement sur la rue de Franche Comté

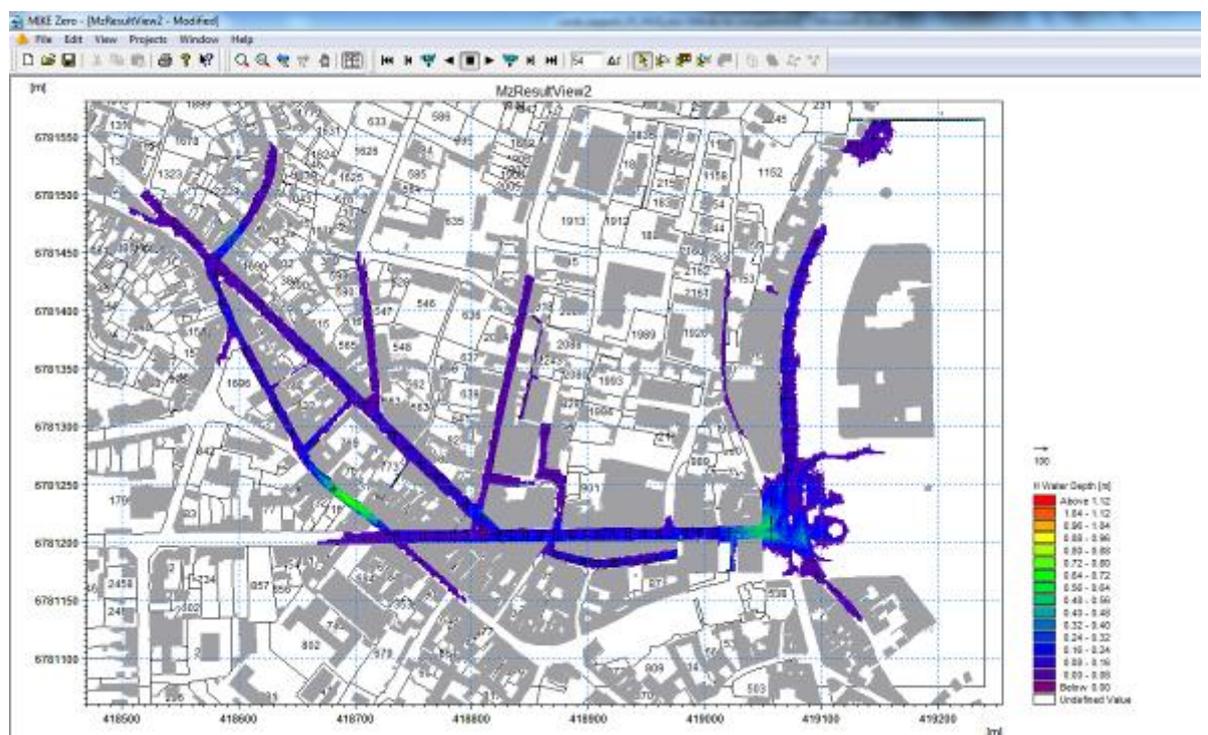




- ✓ **17h50 :** Ruissellement et débordement sur une bonne partie de la zone d'études, la place du 11 novembre joue le rôle de réservoir.



- ✓ **18h00 :** La hauteur d'eau sur la place du 11 novembre atteint sa hauteur maximale. La Place du 11 novembre ne peut plus stocker d'eau. L'eau alors en provenance du bassin versant qui ne peut être collectée, part préférentiellement pour partie vers le Cours de la Résistance / Allée du Vieux St Louis. Ce phénomène peut expliquer l'impression de « vague » qu'on pu ressentir certains commerçants de la zone.





8. ETUDE DES AMENAGEMENTS



Les hypothèses d'aménagements prévues dans l'étude hydraulique du centre-ville de 2010-2011 et dont l'intérêt d'une intégration au modèle 1D/2D est avéré, seront reprises afin de s'assurer de leur efficacité sur la diminution de la vulnérabilité du centre-ville au phénomène d'inondation.

Par ailleurs il sera simulé :

- un décaissement de la chaussée au niveau de la rue du Général de Gaulle
- des renforcements du réseau existant
- un collecteur de surverse à partir de la rue des Ruisseaux, dans la rue du Général de Gaulle

Concernant les engouffrements supplémentaires à modéliser, ils seront étudiés dans le cas où les capacités du réseau le permettent, ou dans le cas où une évacuation supplémentaire serait souhaitable. Au vu du diagnostic précédent et des mises en charge de tout ou partie du réseau en pointe il semble délicat voir impossible de renforcer les capacités d'engouffrement du réseau.

NB : Tous les aménagements ont été testés pour **la pluie de période de retour 30 ans** dont la typologie (durée, durée intense...) est la même que celle utilisée dans diagnostic précédent.



8.1. AMG1 - Etude du décaissement de la chaussée

8.1.1. Présentation de l'aménagement

Suite aux investigations de terrain, des observations et des retours des riverains, il a été possible d'identifier certaines causes ou dysfonctionnements favorisant les débordements sur le secteur d'études. Un des paramètres incriminé est le profil de la voirie qui localement peut diriger préférentiellement le ruissellement de la voirie sur les accotements et donc, vers les façades des riverains (voirie bombée). Les inondations des commerces étant pour la plupart du temps induits par des hauteurs d'eau assez faibles, il a été étudié ici la reconfiguration du profil de la voirie, afin de quantifier le gain d'un décaissement de 10 ou 20cm sur la hauteur d'eau en façade des commerces. L'intérêt ici n'est aucunement d'apporter une solution curative, quant au problème d'inondation, mais de proposer une alternative visant à diriger préférentiellement l'écoulement sur la partie roulée de la voirie, afin de diminuer les hauteurs d'eau en façade.

Afin d'assurer une cohérence quant à l'écoulement, il n'est pas pertinent d'assurer un décaissement uniquement sur la rue du Général de Gaulle. En effet, dans le cadre d'un décaissement uniquement sur cette rue, le seul gain possible serait le stockage sur la surface de voirie décaissée, soit pour un décaissement de 10cm, un volume de 160m³ environ.

La zone décaissée de 10 ou 20cm, par rapport au TN actuel, est présentée, ci-dessous. Le but étant de décaisser suffisamment, pour conserver les sens d'écoulement actuel des eaux et favoriser aussi la décrue vers la Mayenne. Il a été modélisé aussi un décaissement sur les rues de Rennes et de Bernard le Pecq, pour modéliser un décaissement progressif et limiter aussi les inondations des commerces à proximité. Le volume décaissé est autant de volume qui sera utilisé en stockage par la suite.

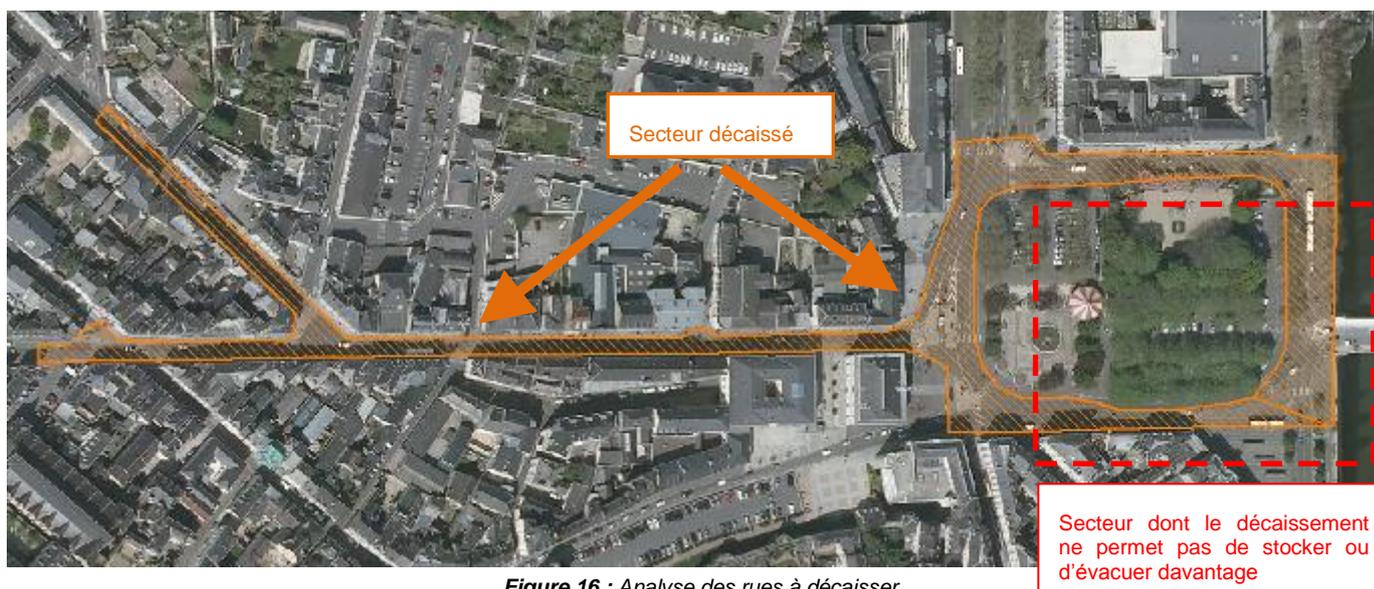


Figure 16 : Analyse des rues à décaisser

Les cartes suivantes illustrent les hauteurs d'eau maximales sur la zone d'étude, en fonction d'un décaissement de 10 ou 20cm.



8.1.2. Carte de l'enveloppe d'inondation et des hauteurs maximales pour un décaissement de 10 cm



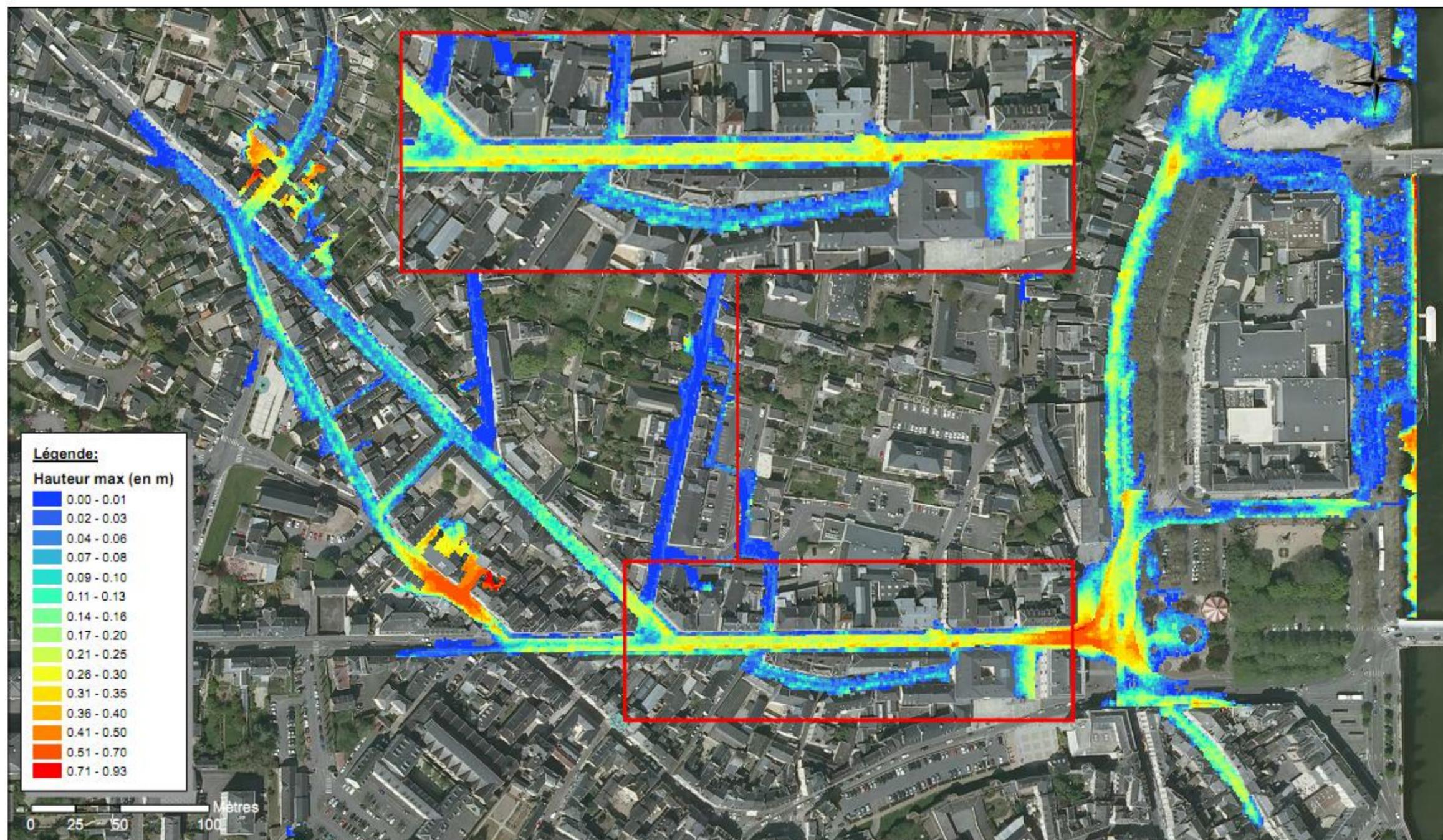
Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans
**Carte de l'enveloppe d'inondation
 AMG1 - Décaissement voirie (-10 cm)**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



8.1.3. Carte de l'enveloppe d'inondation et des hauteurs maximales pour un décaissement de 20



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans

Carte de l'enveloppe d'inondation
AMG1 - Décaissement voirie (-20 cm)



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



8.1.4. Analyses comparatives

Afin de quantifier le gain sur les accotements de ces aménagements, une analyse statistique sur les hauteurs d’eau sur accotement, a été réalisée sur la zone présentée, ci-dessous :

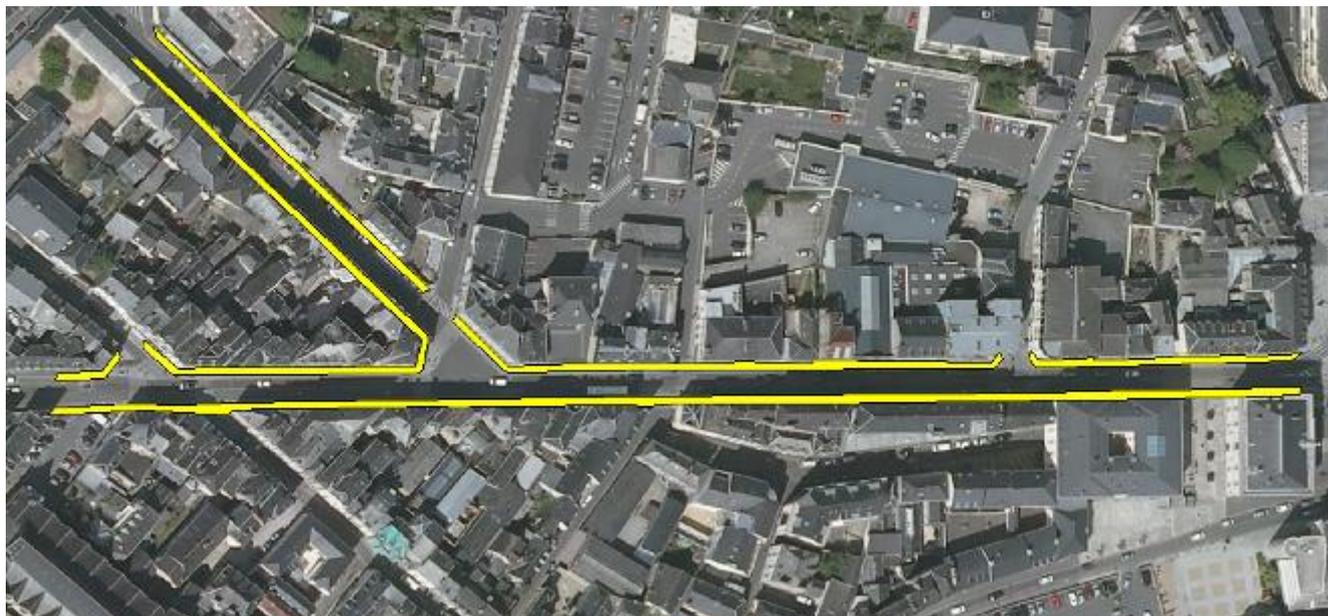


Figure 17 : Secteur faisant l’objet d’une analyse comparative des hauteurs d’eau maximales pour un événement considéré

Chaque cellule du modèle 2D inclus ou intersectant l’accotement représenté ci-dessus, a fait l’objet d’une étude comparative entre la Hmax, en situation normale pour la pluie de projet de 30ans et la Hmax, avec décaissement de 10 ou 20cm, toujours pour la pluie de projet de 30 ans.

Les tableaux présentant les résultats comparatifs sont présentés, ci-dessous :

Décaissement de 10 cm	Evolution du niveau maximal d'eau en % <small>(- diminution du niveau / + augmentation du niveau)</small>	Nbre de cellule concernée	% de cellule concernée
Diminution	-100%	320	12.9%
	]- 100 % et - 90 %]	9	0.4%
	]- 90 % et - 80 %]	34	1.4%
	]- 80 % et - 70 %]	55	2.2%
	]- 70 % et - 60 %]	90	3.6%
	]- 60 % et - 50 %]	141	5.7%
	]- 50 % et - 40 %]	244	9.8%
	]- 40 % et - 30 %]	368	14.8%
	]- 30 % et - 20 %]	472	19.0%
	]- 20 % et - 10 %]	211	8.5%
Augmentation	]- 10 % et 0 %]	24	1.0%
	] 0 % et + 25 %]	257	10.3%
	] 25 % et + 50 %]	217	8.7%
	] 50 % et + 75 %]	26	1.0%
	] 75 % et + 100 %]	12	0.5%
	+100%	9	0.4%
TOTAL		2489	100.0%
<i>Cellule dont la hauteur diminue</i>		1968	79.1%
<i>Cellule dont la hauteur augmente</i>		521	20.9%



Décaissement de 10 cm		Evolution du niveau maximal d'eau en cm (- diminution du niveau / + augmentation du niveau)	Nbre de cellule concernée	% de cellule concernée
Diminution		- 20 cm	0	0.0%
		] - 20 cm et - 15 cm]	0	0.0%
		] - 15 cm et - 10 cm]	3	0.1%
		] - 10 cm et - 5 cm]	927	37.2%
		] - 5 cm et 0 cm]	1035	41.6%
Augmentation		] 0 cm et + 5 cm]	374	15.0%
		] + 5 cm et + 10 cm]	150	6.0%
		] + 10 cm et + 15 cm]	0	0.0%
		] + 15 cm et 20 cm]	0	0.0%
		> 20 cm	0	0.0%
		TOTAL	2489	100.0%
		Cellule dont la hauteur diminue	1965	78.9%
		Cellule dont la hauteur augmente	524	21.1%

Décaissement de 20 cm		Evolution du niveau maximal d'eau en % (- diminution du niveau / + augmentation du niveau)	Nbre de cellule concernée	% de cellule concernée
Diminution		-100%	615	24.7%
		] - 100 % et - 90 %]	112	4.5%
		] - 90 % et - 80 %]	160	6.4%
		] - 80 % et - 70 %]	216	8.7%
		] - 70 % et - 60 %]	267	10.7%
		] - 60 % et - 50 %]	248	10.0%
		] - 50 % et - 40 %]	175	7.0%
		] - 40 % et - 30 %]	106	4.3%
		] - 30 % et - 20 %]	44	1.8%
		] - 20 % et - 10 %]	6	0.2%
Augmentation		] - 10 % et 0 %]	17	0.7%
		] 0 % et + 25 %]	122	4.9%
		] 25 % et + 50 %]	229	9.2%
		] 50 % et + 75 %]	121	4.9%
		] 75 % et + 100 %]	27	1.1%
		+100%	24	1.0%
		TOTAL	2489	100.0%
		Cellule dont la hauteur diminue	1966	79.0%
		Cellule dont la hauteur augmente	523	21.0%



Décaissement de 20 cm		Evolution du niveau maximal d'eau en cm (- diminution du niveau / + augmentation du niveau)	Nbre de cellule concernée	% de cellule concernée
Diminution		- 20 cm	0	0.0%
		] - 20 cm et - 15 cm]	41	1.6%
		] - 15 cm et - 10 cm]	917	36.8%
		] - 10 cm et - 5 cm]	687	27.6%
		] - 5 cm et 0 cm]	320	12.9%
Augmentation		] 0 cm et + 5 cm]	173	7.0%
		] + 5 cm et + 10 cm]	308	12.4%
		] + 10 cm et + 15 cm]	43	1.7%
		] + 15 cm et 20 cm]	0	0.0%
		> 20 cm	0	0.0%
		TOTAL	2489	100.0%
		Cellule dont la hauteur diminue	1965	78.9%
		Cellule dont la hauteur augmente	524	21.1%

Comparaison entre le décaissement de 10 cm et 20 cm		Evolution du niveau maximal d'eau en % (- diminution du niveau / + augmentation du niveau)	Nbre de cellule concernée (décaissement à 10 cm)	Nbre de cellule concernée (décaissement à 20 cm)	Différence entre le décaissement de 20 cm et le décaissement de 10 cm
Diminution		-100%	320	615	92%
		] - 100 % et - 90 %]	9	112	1144%
		] - 90 % et - 80 %]	34	160	371%
		] - 80 % et - 70 %]	55	216	293%
		] - 70 % et - 60 %]	90	267	197%
		] - 60 % et - 50 %]	141	248	76%
		] - 50 % et - 40 %]	244	175	-28%
		] - 40 % et - 30 %]	368	106	-71%
		] - 30 % et - 20 %]	472	44	-91%
		] - 20 % et - 10 %]	211	6	-97%
Augmentation		] - 10 % et 0 %]	24	17	-29%
		] 0 % et + 25 %]	257	122	-53%
		] 25 % et + 50 %]	217	229	6%
		] 50 % et + 75 %]	26	121	365%
		] 75 % et + 100 %]	12	27	125%
	+100%	9	24	167%	
		TOTAL	2489	2489	
		Cellule dont la hauteur diminue	1968	1966	
		Cellule dont la hauteur augmente	521	523	

Bilan :

On s'aperçoit ici, qu'il y a un réel effet positif sur les hauteurs d'eau en façade, quant à l'abaissement de la voirie. En effet, 80 % environ des cellules sur accotements, voient leur niveau diminuer. L'abaissement de 20cm permet d'abaisser nettement en valeur les hauteurs d'eau sur l'accotement. On note aussi un désengorgement de la rue des Ruisseaux, l'écoulement se faisant désormais prioritairement sur la rue du Général de Gaulle.

Comme présenté dans le tableau, on remarque aussi que ponctuellement des cellules voient leurs hauteurs d'eaux augmentées. Ces cellules sont pour partie des cellules intersectant la zone de comparaison et qui ont leurs centroïdes contenus dans la zone ayant fait l'objet d'un décaissement. Cela est donc logique que les hauteurs de ces cellules aient augmentées.

Afin d'éviter le stockage Place du 11 novembre et d'éviter alors l'écoulement vers le cours de la Résistance, il pourrait être envisagé de créer un réseau d'évacuation superficiel, de la Place du 11 novembre vers la Mayenne. Ce réseau ne permettra pas de s'affranchir des débordements, mais limitera les hauteurs d'eau Place du 11 novembre et permettra de diminuer les écoulements superficiels, vers le cours de la Résistance.



Exemple de possibilité d'aménagement envisageable pour l'évacuation de la place du 11 novembre :

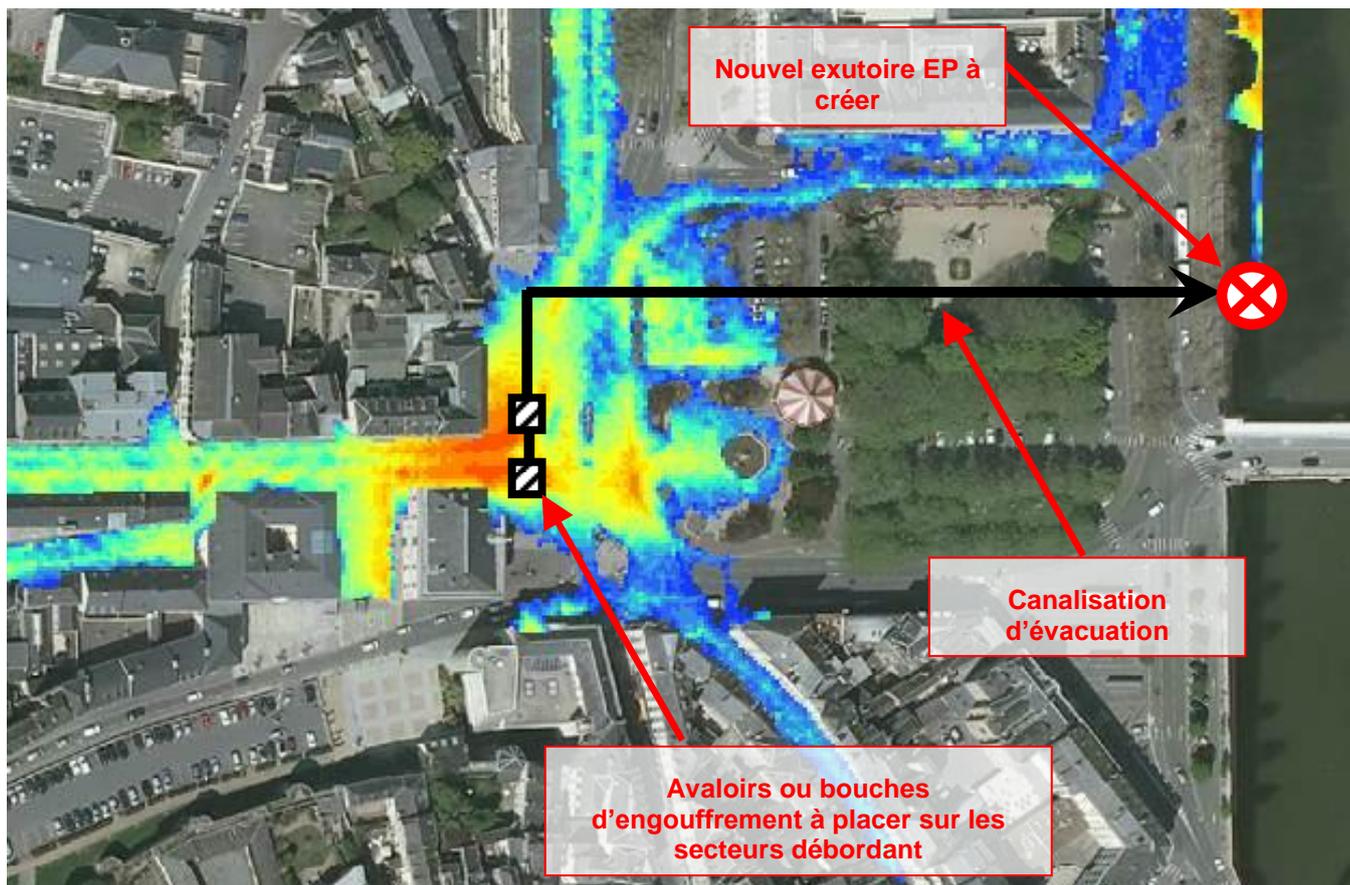


Figure 18 : Possibilité de création d'un nouveau réseau de collecte avec grille transversale ou avaloir afin d'évacuer les eaux ruisselées



8.1.5. Chiffrage détaillé

Le chiffrage ci-dessous présente une analyse détaillée de l'investissement pour un décaissement de 20 cm :

AMENAGEMENT 1 : Décaissement de la chaussée		DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF			
Numéro	Désignation	U	Quantité	Prix H.T.	TOTAL H.T.
1	TITRE I - PREPARATION DE CHANTIER				
11	CHAPITRE 11 – INSTALLATION ET PREPARATION				
1101	IMPLANTATION DU CHANTIER ET DES TRAVAUX				
110101	Préparation du chantier	FFT	1	8 000 €	8 000 €
110102	Installation et protection du chantier	FFT	1	6 000 €	6 000 €
110103	Signalisation de chantier - Déviation de la circulation	FFT	1	18 000 €	18 000 €
110104	Maintien de la circulation piétonne	FFT	1	8 000 €	8 000 €
110105	Panneau de chantier	FFT	2	800 €	1 600 €
110107	Constat d'huissier	FFT	1	6 000 €	6 000 €
2	TITRE II – TRAVAUX PREPARATOIRES				
21	CHAPITRE 21 – TRAVAUX PREALABLES AUX TRAVAUX				
2101	TRAVAUX PREPARATOIRES				
210110	Découpage de chaussée et trottoirs	ML	380	6 €	2 280 €
210107	Dépose et stockage de bordure et caniveau	ML	760	10 €	7 600 €
210111	Démolition de chaussées et trottoirs	M2	2660	10 €	26 600 €
210112	dépose et stockage de pavés	M2	1900	18 €	34 200 €
210113	Dépose et repose d'équipement public	U	40	320 €	12 800 €
3	TITRE III – TERRASSEMENT ET REMBLAIS				
31	CHAPITRE 31 – TERRASSEMENT				
3101	TERRASSEMENT EN TRANCHEE				
310101	Terrassement pour fouille en tranchée par engin mécanique	M3	65	18 €	1 170 €
310103	Plus value pour terrassement pour fouille en tranchée à la main	M3	30	40 €	1 200 €
3103	TERRASSEMENT EN MASSE				
310301	Décaissement chaussée par engin mécanique	M3	1824	26 €	47 424 €
310103	Plus value pour terrassement pour fouille en tranchée à la main	M3	180	40 €	7 200 €
33	CHAPITRE 33 - MACONNERIE				
3301	BETONS				
330101	Béton de propreté dosé à 200 kg	M3	50	150 €	7 500 €
5	TITRE V – REGARDS ET FONTE DE VOIRIE				
53	CHAPITRE 53 - PIECES DE VOIRIES				
5301	BOUCHES D'EGOUT				
530102	Bouches d'égout grille avaloir 750x 300	U	12	410 €	4 920 €
6	TITRE VI - CANALISATIONS GRAVITAIRES				
61	CHAPITRE 61 - CANALISATIONS				
6101	CANALISATIONS CIRCULAIRES EN BETON ARME				
610102	Tuyau en béton armé série 135A				
61010201	Tuyau Béton Armé série 135A Ø 300mm	ML	48	40 €	1 920 €
6109	DRAINS				
	Drains en PVC en tranchée ouverte (non compris matériaux d'enrobage)				
610901					
61090105	Drain routier en PVC Ø 200	ML	380	15 €	5 700 €
11	TITRE XI- REFECTIONS ET AMENAGEMENTS				
111	CHAPITRE 111 – CHAUSSEES				
11101	PREPARATION ET ASSISE				
1110103	Nivellement du fond de fouille	M2	2660	6 €	15 960 €
1110104	Réalisation d'une structure pour assise de chaussée				
111010401	GNT 0/20 calcaire	M3	532	25 €	13 300 €
111010407	Grave bitume	M3	240	125 €	30 000 €
11103	REFECTION DEFINITIVE				
1110302	Réfection en BBSG 0/10 dosé à 180 kg/m ²	M2	2660	23 €	61 180 €
1110306	Réfection des peintures au sol				
111030601	Tracé de lignes 12 cm de large	ML	380	1.5 €	570 €
111030602	Marquage spéciale (passage piéton, flèche...)	M2	36	11.0 €	396 €
1110307	Mise à la cote des regards	U	19	250.0 €	4 750 €
1110308	Mise à la cote des Bouches à clés	U	52	180.0 €	9 360 €
11103010	Mise à la cote des trappes et regards réseaux secs	U	25	350.0 €	8 750 €
112	CHAPITRE 112 -TROTTOIRS				
11201	AIRES DE TROTTOIRS				
1120101	Nivellement du fond de fouille	M2	1900	6 €	11 400 €
1120102	Réfection en GNT 0/31,5 ou 0/20	M2	95	6.0 €	570 €
1120103	Repose des pavés	M2	1900	34.0 €	64 600 €
11202	BORDURES OU CANIVEAUX				
1120202	Bordures de trottoirs normalisées en béton				
112020204	Bordure de trottoirs type T 2	ML	1520	28 €	42 560 €
	Aménagement passage piéton - accessibilité personnes à mobilité réduite				
1120203		U	8	4 000 €	32 000 €
14	TITRE XIV – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
141	CHAPITRE 141 – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
14101	RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
1410101	Contrôle et essais internes	FFT	1	2 000 €	2 000 €
1410102	Plan de récolement	ML	380	2.0 €	760 €
1410104	Notices des Ouvrages Exécutés	FFT	1	2 000 €	2 000 €
TOTAL en euros Hors Taxe					508 270 €
Divers et imprévus 20% (vérification de la hauteur des réseaux préalables au décaissement - dévoiements ponctuels éventuels)					101 654 €
Etudes amont (topographie, géotechnique, SPS) et MOE					65 000 €
TOTAL Opération en euros Hors taxe					674 924 €
T.V.A. 20%					134 985 €
TOTAL en euros Toutes Taxes Comprises					809 909 €

NOTA :

Le chiffrage devra être ajusté en fonction :

- des contraintes de mise à la côte pour les différents concessionnaires : Eaux usées, eau potable, télécom, gaz, électricité, éclairage public
- des contraintes de circulation (maintien d'une demi chaussée)
- du maintien de l'accessibilité aux piétons et commerces
- des prescriptions pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite



8.2. AMG2 – Déconnexion du bassin versant de la Grivonnière

8.2.1. Présentation de l'aménagement

Le bassin d'apport de la Grivonnière, représente l'ensemble des surfaces imperméabilisées qui aboutissent en séparatif, au niveau du bassin de rétention de la Grivonnière.

Le bassin de la Grivonnière est fermé par un ajustage contraignant, qui n'autorise qu'un débit de fuites d'environ 40l/s. Les eaux pluviales générées par ce bassin d'apport, sont alors dirigées vers le réseau unitaire de la rue des Vaux, à l'aval du système de bassin des Alignés. La déconnexion de ces eaux pluviales, bien que nécessitant des infrastructures importantes, permettrait de soulager le réseau de la ville.

- Etat des lieux : 40l/s d'eaux pluviales sont rejetées dans le réseau unitaire sur la rue des Vaux

8.2.2. Proposition issue de l'étude de 2011

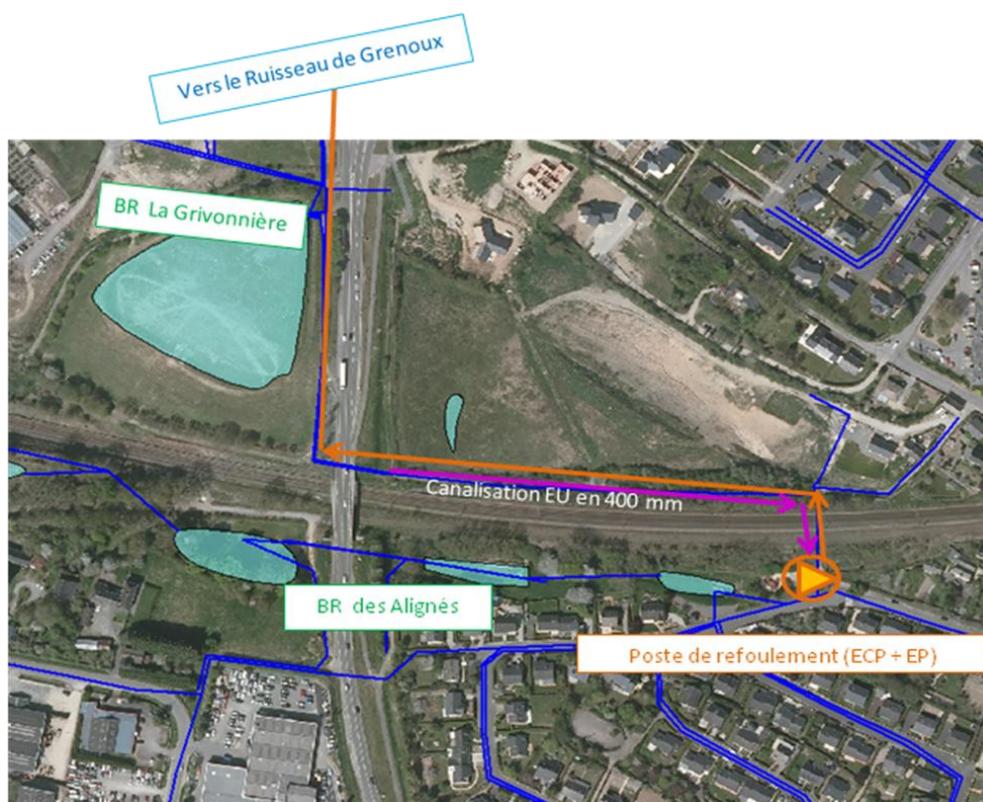


Figure 19 : Plan de situation pour l'aménagement n°2

- Proposition :

L'aménagement proposé consiste à mettre en place des infrastructures permettant le refoulement de l'intégralité des apports pluviaux de la Grivonnière, mais aussi de refouler les ECP du Bassin des Alignés, tout cela vers le ruisseau des Périls. L'intérêt ici est de mutualiser les aménagements 1 et 2, afin d'avoir un poste de refoulement sur un seul site, au lieu de redimensionner le poste des Alignés et de créer un nouveau poste de refoulement à proximité des Grivonnières.

☞ Etape 1 : déconnexion de la canalisation d'évacuation, en provenance du bassin de la Grivonnière, vers le poste de refoulement de la rue des Vaux et pose d'une nouvelle canalisation EU en Ø400mm sur 315m (en parallèle de la Ø800mm).

☞ Etape 2 : redimensionnement de la bache et pose d'une conduite de trop plein en DN 800mm.



☞ Etape 3 : pose de trois groupes électropompes submersibles (dont un de secours), permettant l'évacuation des ECP de la rue des Vaux par temps sec et des eaux pluviales de la Grivonnière ($Q = 100\text{l/s}$ pour $HMT = 50\text{mCE}$), arrivant dans une même bache de refoulement, ayant un volume utile total de 13.5m^3 .

➤ Résultats attendus :

La déviation des eaux de pluie en sortie du Bassin de la Grivonnière ainsi que des ECP du bassin des Alignés, permet en tout état de cause de supprimer un apport non négligeable vers le réseau unitaire du centre-ville. L'avantage est ici de réaliser un seul aménagement permettant de renvoyer les ECP des Alignés et les eaux pluviales issues de la Grivonnière, afin de soulager et protéger les infrastructures du centre-ville.

8.2.3. Impact sur les débordements du secteur d'étude :

On note d'après les résultats de la modélisation un désengorgement des réseaux sur la rue des Vaux, avec des canalisations qui initialement étaient en charge et qui ne le sont plus après l'aménagement de la Grivonnière.

On s'aperçoit qu'en simulation 2D l'impact de la déviation des eaux de la Grivonnière ne se manifestent pas franchement sur le secteur d'étude. La déviation de la Grivonnière n'a pas d'influence conséquente sur les hauteurs débordées sur la zone modélisée en 1D/2D. Tous les débordements évités suite à cet aménagement qui aurait pu ruisselés jusqu'à la zone d'étude ne sont pas ici quantifiable sans reprise d'un nouveau modèle de surface sur le secteur amont.

Néanmoins, on note qu'en considérant uniquement l'impact entre le 1D global et le modèle surfacique de la zone d'étude que l'aménagement consistant à s'affranchir de l'import de la Grivonnière n'est pas à lui seul l'aménagement qui permettra de s'affranchir ou de diminuer les inondations sur les rues commerçantes du centre-ville.

NB : *Un autre intérêt consiste à éviter l'apport d'eau pluvial à la station de traitement des eaux usées. La surface concernée est estimée à 63,9 ha avec un coefficient de ruissellement moyen de 40 %. La pluviométrie annuelle en 2013 sur Laval étant de 770 mm, on estime que 197 000 m³ d'eau pluvial est envoyé à la STEP depuis ce secteur et subit un traitement coûteux.*

Les cartes suivantes représentent la mise en charge des collecteurs avant et après déconnexion du bassin de la Grivonnière.



Légende:
Caractérisation de la conduite suivant le pipe filling
— Canalisations non en charge
— Canalisations en charge

0 37.5 75 150 Mètres



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans
**Carte représentant le linéaire de réseau
partiellement ou totalement en charge pour la pluie**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Légende:

Caractérisation de la conduite suivant le pipe filling

— Canalisations non en charge

— Canalisations en charge

0 55 110 220 Mètres

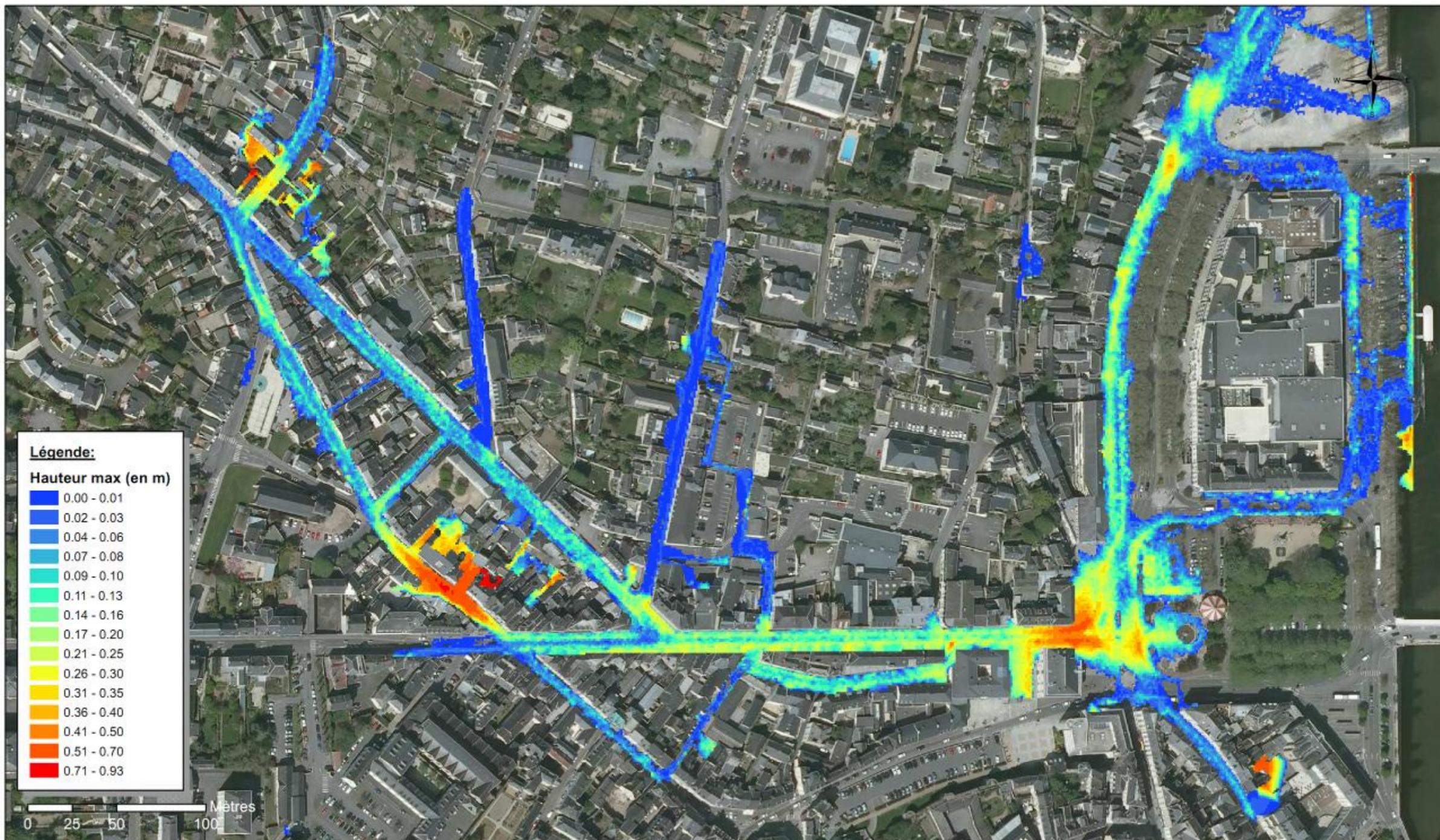


Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans

**Carte représentant le linéaire de réseau
partiellement ou totalement en charge pour la pluie
sans l'apport de la Grivonière**



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans
Carte de l'enveloppe d'inondation
AMG2 - Déconnexion de la Grivonnière



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



8.2.4. Chiffrage détaillé

AMENAGEMENT 2 : Réduction des volumes d'eaux claires sur le réseau unitaire Lavallois					
DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF					
Numéro	Désignation	U	Quantité	Prix H.T.	TOTAL H.T.
1	TITRE I - PREPARATION DE CHANTIER				
11	CHAPITRE 11 – INSTALLATION ET PREPARATION				
1101	IMPLANTATION DU CHANTIER ET DES TRAVAUX				
110101	Préparation du chantier	FFT	1	10 000 €	10 000 €
110102	Installation et protection du chantier	FFT	1	6 000 €	6 000 €
110103	Signalisation de chantier - Déviation de la circulation	FFT	1	6 000 €	6 000 €
110105	Panneau de chantier	FFT	1	800 €	800 €
110106	Sondage de reconnaissance	U	6	200 €	1 200 €
110107	Constat d'huissier	FFT	1	2 000 €	2 000 €
2	TITRE II – TRAVAUX PREPARATOIRES				
21	CHAPITRE 21 – TRAVAUX PREALABLES AUX TRAVAUX				
2101	TRAVAUX PREPARATOIRES				
210110	Découpage de chaussée et trottoirs	ML	350	6 €	2 100 €
210111	Démolition de chaussées et trottoirs	M2	490	5 €	2 450 €
210113	Dépose et repose d'équipement public	U	3	200 €	600 €
210114	Décapage et stockage de Terre végétale	M2	1757	2 €	2 636 €
3	TITRE III – TERRASSEMENT ET REMBLAIS				
31	CHAPITRE 31 – TERRASSEMENT				
3101	TERRASSEMENT EN TRANCHEE				
310101	Terrassement pour fouille en tranchée par engin mécanique	M3	3967.6	18 €	71 417 €
310103	Plus value pour terrassement pour fouille en tranchée à la main	M3	150	40 €	6 000 €
3102	PLUS-VALUE DE TERRASSEMENT				
310201	Plus-value aux prix 3101 pour mise en place d'un blindage				
31020103	Par blindage coulissant au delà d'une profondeur de 2,5 m	M2	5668	12 €	68 016 €
310202	Pompage pour un débit > 100 m ³ /h et <450 m ³ /h	J	120	375 €	45 000 €
310203	Extraction de roche ou maçonnerie				
31020301	Au brise roche hydraulique	M3	900	38 €	34 200 €
310205	Plus-value aux prix 3101 pour pour longement de conduites ou câbles	ML	940	40 €	37 600 €
310206	Plus-value aux prix 3101 pour pour croisements d'ouvrages existants				
31020601	- Croisement d'ouvrage existant Ø extérieur <ou= 0,20 m	U	12	40 €	480 €
31020602	- Croisement d'ouvrage existant 0,20 m < Ø extérieur <ou= 0,50 m	U	8	50 €	400 €
31020603	- Croisement d'ouvrage existant 0,50 m < Ø extérieur <ou= 1,00 m	U	2	100 €	200 €
32	CHAPITRE 32 - REMBLAIEMENT DES FOUILLES				
3201	MATERIAUX DE REMBLAIEMENT				
320102	Matériaux de remplacement				
32010204	GNT 0/20 calcaire	M3	2787.6	30 €	83 628 €
32010214	Sable	M3	1180	30 €	35 400 €
3202	FOURNITURE ET DIVERS				
320204	Mise en place d'un grillage avertisseur	ML	1605	1 €	1 605 €
33	CHAPITRE 33 - MACONNERIE				
3301	BETONS				
330101	Béton de propreté dosé à 200 kg	M3	30	150 €	4 500 €
5	TITRE V – REGARDS ET FONTE DE VOIRIE				
51	CHAPITRE 51 - REGARD DE VISITE				
5101	REGARD ASSAINISSEMENT EN BETON AVEC CUNETTE				
510101	Regard circulaire profondeur < ou = 2 m				
51010103	De Ø 1000 mm	U	9	820 €	7 380 €
5104	PLUS-VALUE EN REGARD				
510401	Plus-Value au prix 5101 et 5103 pour surprofondeur regard en BA				
51040104	De Ø 1000 mm	DML	90	20 €	1 800 €
52	CHAPITRE 52 - TAMPON POUR REGARD DE VISITE				
54201	FOURNITURE ET POSE DE TAMPON FONTE CLASSE 400				
520103	Tampon fonte hydraulique Ø 1000 mm	U	9	560 €	5 040 €
53	CHAPITRE 53 - PIECES DE VOIRIES				
5301	BOUCHES D'EGOUT				
530102	Bouches d'égout grille avaloir 750 x 300	U	6	410 €	2 460 €
6	TITRE VI - CANALISATIONS GRAVITAIRES				
61	CHAPITRE 61 - CANALISATIONS				
6101	CANALISATIONS CIRCULAIRES EN BETON ARME				
610102	Tuyau en béton armé série 135A				
61010205	Tuyau Béton Armé série 135A Ø 800mm - Trop plein PR EP	ML	350	130 €	45 500 €
6104	CANALISATIONS EN PRV				
610401	Tuyaux en PRV SN 10 000				
61040106	Pour un diamètre nominal Ø 400 mm - EU Gravitare	ML	315	186 €	58 590 €
6109	DRAINS				
610901	Drains en PVC en tranchée ouverte (non compris matériaux d'enrobage)				
61090105	Drain routier en PVC Ø 200	ML	315	15 €	4 725 €
7	TITRE VII - CANALISATIONS SOUS PRESSION				
71	CHAPITRE 71 - CANALISATIONS				
7105	CANALISATIONS EN FONTE ASSAINISSEMENT - Pluvial				
710506	De Ø 400 mm - Refoulement PR EP	ML	940	290 €	272 600 €
8	TITRE VIII – ROBINETTERIE ET EQUIPEMENTS RESEAUX				
82	CHAPITRE 82 – PROTECTION DES RESEAUX				
8203	EQUIPEMENTS DE PROTECTION RESEAUX ASSAINISSEMENT				
820303	Ventouse Eaux Usées triple fonction PN 16 bars	U	1	3 000 €	3 000 €
10	TITRE X – OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT				
101	CHAPITRE 101 – OUVRAGES				
10101	POSTE DE REFOULEMENT EP				
1010101	Bâche de pompage	FFT	1	45 000 €	45 000 €
1010102	Chambre à vanne	FFT	1	8 000 €	8 000 €
10102	EQUIPEMENT HYDRAULIQUE ET AMENAGEMENT DU POSTE				
1010201	Station de pompage EP	FFT	1	30 000 €	30 000 €
1010202	Autres équipements (canalisations, vannes, ventouse...)	FFT	1	12 000 €	12 000 €
10103	EQUIPEMENT ELECTRIQUE ET AUTOMATISME				
1010301	Équipement électrique	FFT	1	7 000 €	7 000 €
1010302	Automatisme du poste	FFT	1	7 000 €	7 000 €
10104	RACCORDEMENT				
1010401	Raccordement des antennes EP au Poste	FFT	1	4 200 €	4 200 €
102	CHAPITRE 102 – ACCESSOIRES ET EQUIPEMENTS				
10201	EQUIPEMENT HYDRAULIQUE				
1020102	F & P de clapet anti-crue en inox et bavette caoutchouc				
102010204	Clapet anti-crue inox Ø 400 mm	U	1	1 400 €	1 400 €
102010205	Clapet anti-crue inox pour orifice oblongue 1200 x 250	U	1	2 500 €	2 500 €
11	TITRE XI- REFECTIONS ET AMENAGEMENTS				
111	CHAPITRE 111 – CHAUSSEES				
11101	PREPARATION ET ASSISE				
1110104	Réalisation d'une structure pour assis de chaussée				
111010401	GNT 0/20 calcaire	M3	98	25 €	2 450 €
11103	REFECTION DEFINITIVE				
1110302	Réfection en BBSG 0/10 dosé à 180 kg/m ²	M2	490	23 €	11 270 €
113	CHAPITRE 113 - ACCOTEMENT ET TERRAIN NATUREL				
11301	REFECTION				
1130102	Réfection de parcelle cultivée ou de prairie	M2	1806	1 €	1 806 €
114	CHAPITRE 114 - AMENAGEMENT ET DIVERS				
11401	CLOTURE				
1140101	Clôture de 2,00 m de hauteur	ML	25	90 €	2 250 €
1140104	Portail de 4,00 m de largeur à 1 seul vantaux coulissant	U	1	2 900 €	2 900 €
14	TITRE XIV – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
141	CHAPITRE 141 – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
14101	RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
1410101	Contrôle et essais internes	FFT	1	2 000 €	2 000 €
1410102	Plan de récolement	ML	1605	1.5 €	2 408 €
1410104	Notices des Ouvrages Exécutés	FFT	1	2 000 €	2 000 €
TOTAL en euros Hors Taxe					967 510 €
Divers et imprévus (branchement électrique, télécom) (10%)					96 751 €
Option : Fonçage sous la voie SNCF					65 000 €
Etudes amont (topographie, géotechnique, SPS) et MOE					94 000 €
TOTAL Opération en euros Hors taxe					1 223 261 €
T.V.A. 20%					244 652 €
TOTAL en euros Toutes Taxes Comprises					1 467 913 €

NOTA :
Le chiffrage devra être ajusté en fonction :
- des conditions de traversées de la voie SNCF (autorisation de passage dans la buse existante - et conditions de fonçage)
- des modalités de passage sous le pont (passage de la voie ferrée)
- de l'encombrement des réseaux souterrains
- la possibilité de réutiliser les déblais en remblais en fonction du tracé d'implantation des différents réseaux



8.3. AMG3 – Impact de la régulation des eaux du 42^{ème} régiment sur le fonctionnement du réseau

8.3.1. Présentation de l'aménagement

Le quartier Ferrié, ancien terrain du 42^{ème} régiment de transmission, de près de 27ha, fait l'objet d'un **projet d'aménagement**, depuis la dissolution du régiment en juin 2011.

L'étude des réseaux d'assainissement pluvial prévus pour ce quartier, a permis de distinguer trois **sous-bassins versants** au sein de cette zone, dont deux se rejettent dans le réseau pluvial de Laval.



Figure 20 : Sous-bassins versants du 42^e Régiment se rejetant dans le réseau pluvial de Laval

Le choix a été fait par la ville de **ne pas imperméabiliser davantage** le quartier, lors de sa réhabilitation. Ainsi, le coefficient d'imperméabilisation moyen de cette zone a été considéré comme identique, avant et après aménagement du secteur.

Les **caractéristiques des sous-bassins versants** 421 et 422 sont donc les suivantes :

SSBV	421	422
Surface (ha)	17.4	8.2
CR	38.2%	41.0%
Nœud injection	N77	N65

Tableau 7 : Caractéristiques des sous-bassins versants du quartier Ferrié



8.3.2. Bassins de rétention estimé lors de l'étude de 2011

Dans le cas de l'aménagement du secteur, il a été choisi de **simuler la création de deux bassins de rétention**, situés aux deux exutoires du secteur du 42^{ème} régiment. L'objectif de ces bassins, dont la mise en place peut être incluse au projet de réhabilitation, est de **délester le réseau aval** d'une partie des écoulements actuels.

Les **volumes des bassins de rétention** ont été déterminés par la méthode des pluies pour **différents débits de fuite**, compris entre 1L/s/ha et 3L/s/ha, débit de fuite maximum généralement préconisé par les doctrines départementales. Il a été choisi d'étudier l'impact sur le réseau de **débits de fuites plus contraignants** que ceux du zonage pluvial (3L/s/ha), afin d'**estimer le bénéfice** d'une potentielle restriction de l'apport d'eaux pluviales de la zone, sur le réseau du centre-ville.

Ces différents dimensionnements sont présentés, ci-dessous :

SSBV 421				
T = 10 ans				
Q fuite (L/s/ha)	1	1.5	2	3
V rétention (m3)	2 848	2 438	2 115	1 870
Durée vidange (h)	88	50.3	33.8	19.3
T = 30 ans				
Q fuite (L/s/ha)	1	1.5	2	3
V rétention (m3)	3 497	3 024	2 728	2 358
Durée vidange (h)	105.8	61	41.2	23.8

SSBV 422				
T = 10 ans				
Q fuite (L/s/ha)	1	1.5	2	3
V rétention (m3)	1480	1267	1135	972
Durée vidange (h)	97.1	55.4	37.2	21.2
T = 30 ans				
Q fuite (L/s/ha)	1	1.5	2	3
V rétention (m3)	1 815	1 569	1 415	1 224
Durée vidange (h)	116.4	67.1	45.4	26.2

Volume de rétention déterminé par la méthode des pluies, coefficienté par une loi de vidange (type orifice)

Tableau 8 : dimensionnement des bassins de rétention pour différents débits de fuite

D'après le diagnostic de 2011, la mise en place de ces deux bassins de rétention, permettait de :

- d'éviter le débordement actuellement constaté rue Sainte-Catherine
- de limiter les mises en charge (quantités et durées) du réseau sur le centre-ville

Ainsi, la création de bassins de rétention, lors du projet de réhabilitation du secteur du 42^{ème} régiment, permettrait de **soulager le réseau Lavallois**, autour de la rue Bernard Le Pecq notamment.

On notera qu'un **dimensionnement pour une période de retour 30 ans, pour un débit de fuites de 3 l/s/ha**, apparaissait comme le choix le plus pertinent en termes de protection contre les inondations et d'amélioration du fonctionnement du réseau, tout en étant le moins contraignant en termes d'emprise foncière (pour T = 30 ans). Des débits de fuite plus contraignants améliorent sensiblement les débits transités dans le réseau, lors de la pointe de l'événement pluvieux, mais n'apparaissent pas fondamentalement bénéfiques pour le délestage de celui-ci.



8.3.3. Impact estimé sur les hauteurs d'eaux maximales d'une régulation à 3l/s/ha de projet du quartier du 42^{ème} régiment

La pluie de projet de période de retour 30 ans, utilisée dans la présente étude, a été une nouvelle fois injectée dans le modèle 1D/2D. Le modèle 1D ayant préalablement fait l'objet d'un aménagement permettant de réguler les débits en sortie du quartier du 42^{ème} régiment, à 76,8l/s (3l/s/ha x 25.6ha).



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans
Carte de l'enveloppe d'inondation
AMG3 - Régulation du 42^{ème} régiment



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



8.3.4. Comparaison entre la situation avec aménagement et la situation avant aménagement

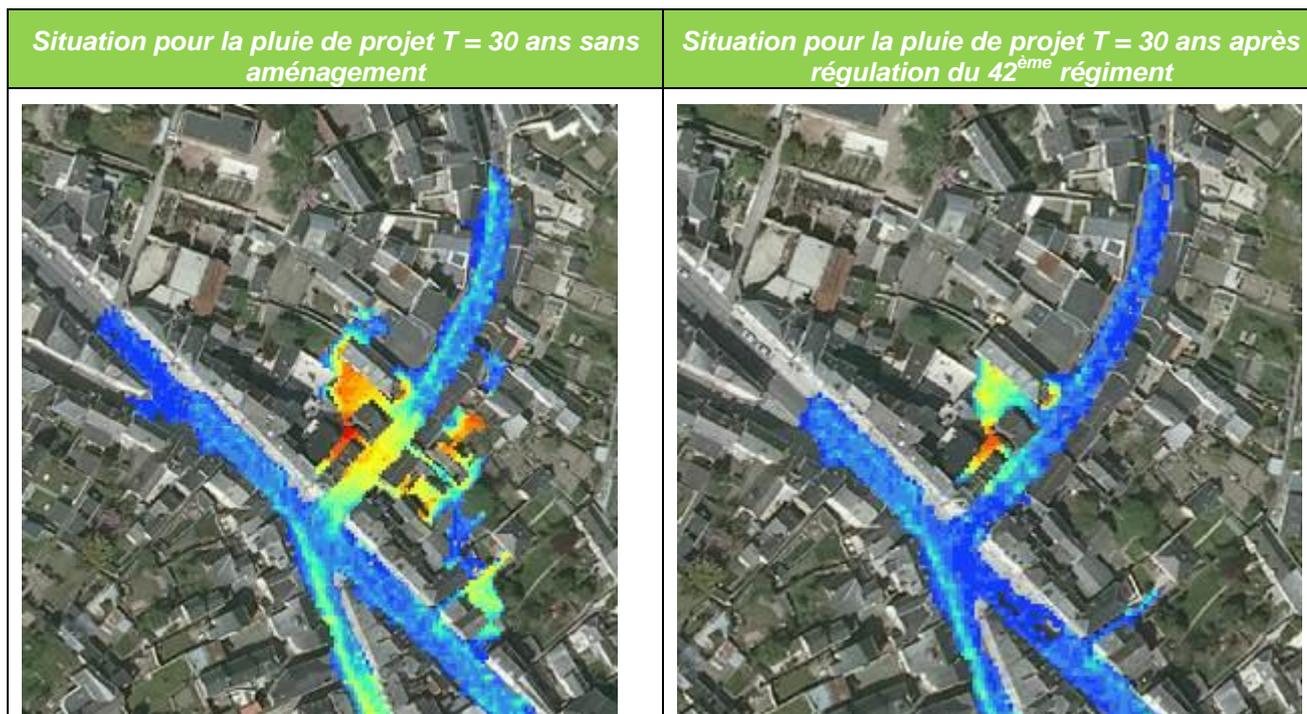


Tableau 9 : Comparaison de l'impact de la régulation du 42^{ème} régiment sur la rue St Catherine et la rue B.Le Pecq

On voit ici nettement que la situation s'est améliorée localement sur la rue Ste Catherine, mais aussi sur une bonne partie de la rue B. Le Pecq et la rue de Franche Comté. On note aussi une diminution relative sur la rue du Général de Gaulle, qui n'est pas assez conséquente pour améliorer nettement la situation.

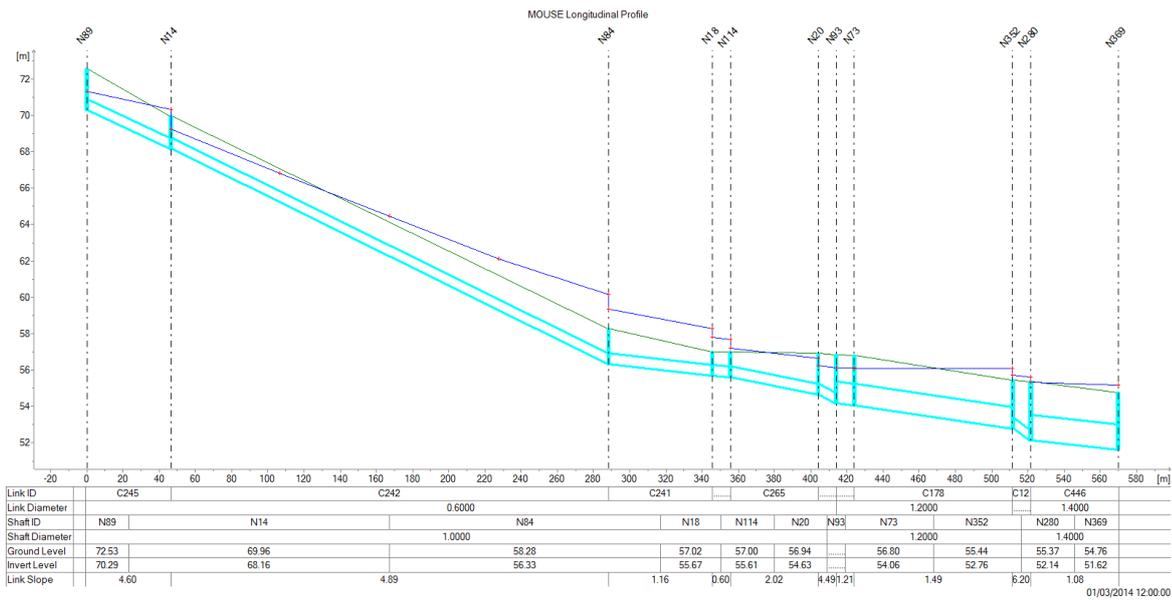
Analyse du profil en long du 42^{ème} régiment à la rue de Bretagne :



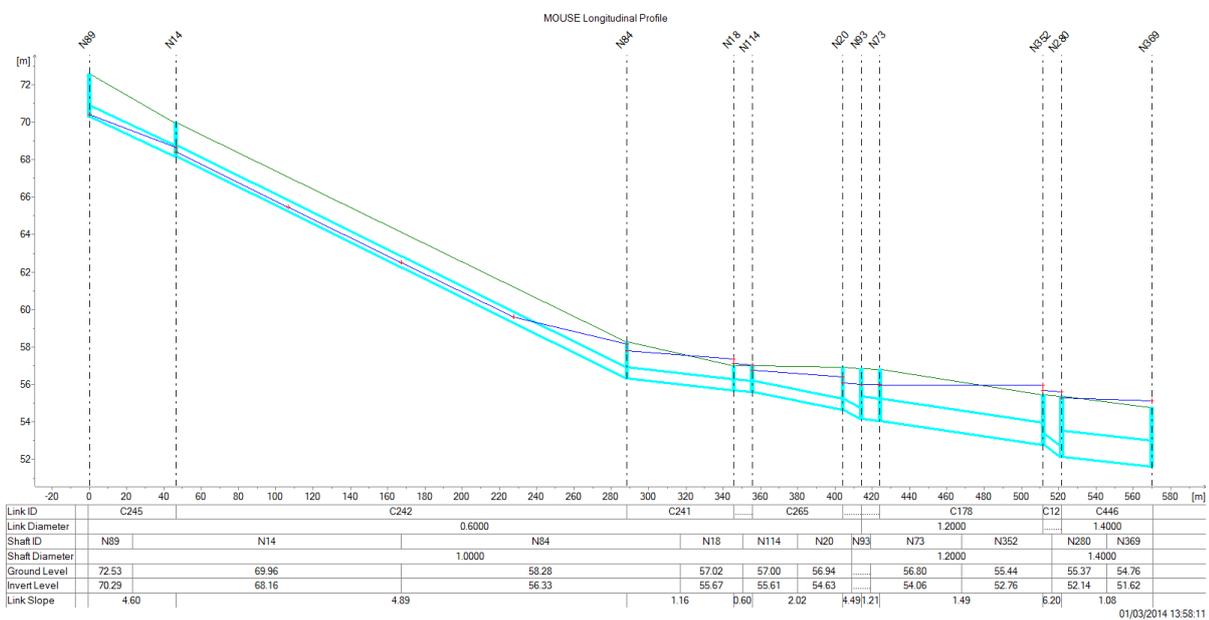
Figure 21 : Profil en long d'étude AMG3



Profil avant régulation des eaux du 42^{ème} régiment :



Profil après régulation des eaux du 42^{ème} régiment :



On remarque que les mises en charge du réseau ne sont pas du tout comparables avant et après aménagement. Bien qu'il persiste toujours des débordements en bas de la rue Ste Catherine et sur la rue B. Le Pecq, principalement dus à une contrainte aval imposée par le sous-dimensionnement du réseau pour de tels événements pluvieux, la situation est nettement améliorée.

L'intérêt d'une régulation sur le quartier du 42^{ème} régiment est indéniable. La réhabilitation du quartier en passant par la régulation des eaux pluviales, permettra de contribuer à l'amélioration du comportement du réseau pour des événements importants de même typologie que la pluie de projet trentennale.

8.3.5. Chiffrage détaillé

Aucun chiffrage ne sera présenté ici, car les études AVP sont déjà en cours ou en passe d'être finalisées. Ces chiffrages plus précis devront être considérés dans le cadre de l'analyse financière que pourra faire le Maître d'Ouvrage.



8.4. AMG4 - Renforcement des canalisations identifiées comme limitantes dans le diagnostic de 2011

8.4.1. Présentation de l'aménagement

Tous les renforcements étudiés dans l'étude de 2011, qui sont directement ou indirectement responsables d'une partie des débordements sur le secteur d'études, ont été renforcés afin de constater l'évolution des hauteurs maximales inondées sur la zone et de voir si leur renforcement peut avoir un bénéfice intéressant pour des typologies de pluie exceptionnelle.

Ces renforcements sont rappelés, ci-dessous :

- rue de Bretagne :

Redimensionnement et renforcement de collecteurs, pour une période de retour de protection du centre-ville de 10 et 30 ans



Figure 22 : Canalisations à renforcer – rue de Bretagne

		ID	Renforcement	Linéaire total (ml)
TVX1	Protection T = 10 ans	C200, C201, C254 et C255	DN 500 à 600 mm	346
TVX2	Protection pour T = 10, 20 et 30 ans (NF 752-2)	C200, C201, C254 et C255	DN 500 à 700 mm	346
		C217 et C216	DN 600 à 700 mm	36



■ rue Sainte Catherine :

Redimensionnement et renforcement de collecteurs pour une période de retour de protection de 10 et 30 ans.

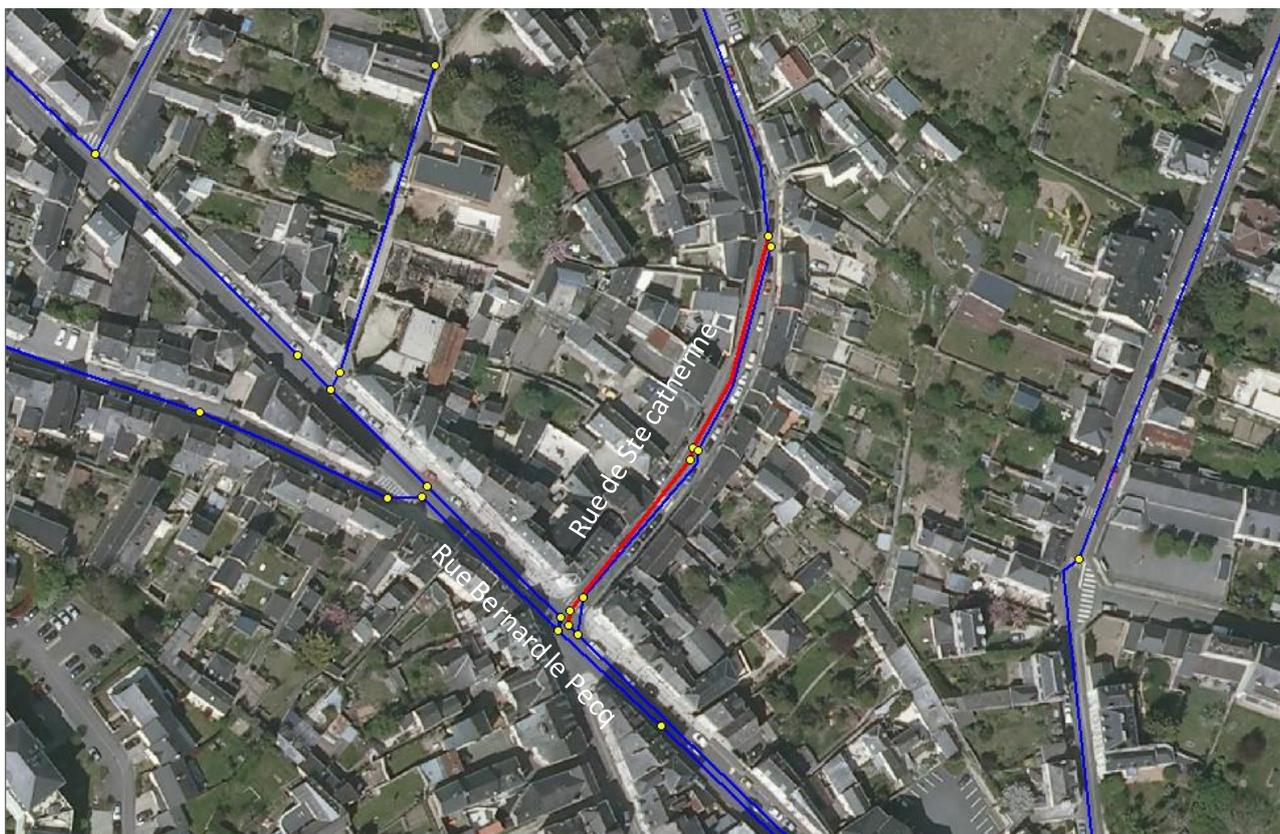


Figure 23 : Canalisations à renforcer – rue Ste Catherine

		ID	Renforcement	Linéaire total (ml)
TVX1	Protection T = 10 ans	C194, C265, C241, C264	DN 500 à 800 mm	112
TVX2	La protection à 10 ans permet de protéger à 30 ans			

Tableau 10 : Projet de renforcement pour l'AMG 8

La carte suivante illustre le fait que les renforcements rue de Bretagne et rue Ste Catherine, ne diminuent pas les hauteurs d'eaux débordées. Ces aménagements ne pourraient constituer à eux seuls une solution viable de lutte contre les inondations du centre-ville.



8.4.2. Carte de l'enveloppe inondable et des hauteurs maximales après renforcement des canalisations à risques



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans

Carte de l'enveloppe d'inondation
et des hauteurs maximales d'eau



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



8.4.3. Chiffrage détaillé

AMENAGEMENT 4 : Renforcement des canalisations Rue de Bretagne et Rue Ste Catherine		DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF			
Numéro	Désignation	U	Quantité	Prix H.T.	TOTAL H.T.
1	TITRE I - PREPARATION DE CHANTIER				
11	CHAPITRE 11 – INSTALLATION ET PREPARATION				
1101	IMPLANTATION DU CHANTIER ET DES TRAVAUX				
110101	Préparation du chantier	FFT	2	5 000 €	10 000 €
110102	Installation et protection du chantier	FFT	2	2 000 €	4 000 €
110103	Signalisation de chantier - Déviation de la circulation	FFT	2	5 000 €	10 000 €
110105	Panneau de chantier	FFT	2	800 €	1 600 €
110106	Sondage de reconnaissance	U	8	200 €	1 600 €
110107	Constat d'huissier	FFT	2	2 000 €	4 000 €
2	TITRE II – TRAVAUX PREPARATOIRES				
21	CHAPITRE 21 – TRAVAUX PREALABLES AUX TRAVAUX				
2101	TRAVAUX PREPARATOIRES				
210110	Découpage de chaussée et trottoirs	ML	494	6 €	2 964 €
210111	Démolition de chaussées et trottoirs	M2	988	5 €	4 940 €
210113	Dépose et repose d'équipement public	U	4	200 €	800 €
3	TITRE III – TERRASSEMENT ET REMBLAIS				
31	CHAPITRE 31 – TERRASSEMENT				
3101	TERRASSEMENT EN TRANCHEE				
310101	Terrassement pour fouille en tranchée par engin mécanique	M3	1976	18 €	35 568 €
310103	Plus value pour terrassement pour fouille en tranchée à la main	M3	100	40 €	4 000 €
3102	PLUS-VALUE DE TERRASSEMENT				
310201	Plus-value aux prix 3101 pour mise en place d'un blindage				
31020102	Par blindage coulissant jusqu'à une profondeur de 2,5 m	M2	1976	8 €	15 808 €
310202	Pompage pour un débit > 100 m3/h et <450 m3/h	J	40	375 €	15 000 €
310203	Extraction de roche ou maçonnerie				
31020301	Au brise roche hydraulique	M3	395.2	38 €	15 018 €
310205	Plus-value aux prix 3101 pour pour longement de conduites ou câbles	ML	494	40 €	19 760 €
310206	Plus-value aux prix 3101 pour pour croisements d'ouvrages existants				
31020601	- Croisement d'ouvrage existant Ø extérieur <ou= 0,20 m	U	30	40 €	1 200 €
31020602	- Croisement d'ouvrage existant 0,20 m < Ø extérieur <ou= 0,50 m	U	20	50 €	1 000 €
31020603	- Croisement d'ouvrage existant 0,50 m < Ø extérieur <ou= 1,00 m	U	6	100 €	600 €
32	CHAPITRE 32 - REMBLAIEMENT DES FOUILLES				
3201	MATERIAUX DE REMBLAIEMENT				
320102	Matériaux de remplacement				
32010204	GNT 0/20 calcaire	M3	1900	30 €	57 000 €
32010214	Sable	M3	750	30 €	22 500 €
3202	FOURNITURE ET DIVERS				
320204	Mise en place d'un grillage avertisseur	ML	494	1 €	494 €
33	CHAPITRE 33 - MACONNERIE				
3301	BETONS				
330101	Béton de propreté dosé à 200 kg	M3	85	150 €	12 750 €
5	TITRE V – REGARDS ET FONTE DE VOIRIE				
51	CHAPITRE 51 - REGARD DE VISITE				
5101	REGARD ASSAINISSEMENT EN BETON AVEC CUNETTE				
510101	Regard circulaire profondeur < ou = 2 m				
51010104	De Ø 1400 mm	U	8	950 €	7 600 €
5104	PLUS-VALUE EN REGARD				
510401	Plus-Value au prix 5101 et 5103 pour surprofondeur regard en BA				
51040104	De Ø 1400 mm	DML	120	40 €	4 800 €
52	CHAPITRE 52 - TAMPON POUR REGARD DE VISITE				
54201	FOURNITURE ET POSE DE TAMPON FONTE CLASSE 400				
520103	Tampon fonte hydraulique Ø 1000 mm	U	8	560 €	4 480 €
53	CHAPITRE 53 - PIECES DE VOIRIES				
5301	BOUCHES D'EGOUT				
530102	Bouches d'égout grille avaloir 750 x 300	U	12	410 €	4 920 €
6	TITRE VI - CANALISATIONS GRAVITAIRES				
61	CHAPITRE 61 - CANALISATIONS				
6101	CANALISATIONS CIRCULAIRES EN BETON ARME				
610102	Tuyau en béton armé série 135A				
61010105	Tuyau Béton Armé série 90A Ø 800mm	ML	494	105 €	51 870 €
6109	DRAINS				
610901	Drains en PVC en tranchée ouverte (non compris matériaux d'enrobage)				
61090105	Drain routier en PVC Ø 200	ML	494	15 €	7 410 €
11	TITRE XI- REFECTIONS ET AMENAGEMENTS				
111	CHAPITRE 111 – CHAUSSEES				
11101	PREPARATION ET ASSISE				
1110104	Réalisation d'une structure pour assis de chaussée				
111010401	GNT 0/20 calcaire	M3	185	25 €	4 625 €
111010407	Grave bitume	M3	120	125 €	15 000 €
11103	REFECTION DEFINITIVE				
1110302	Réfection en BBSG 0/10 dosé à 180 kg/m²	M2	1136.2	23 €	26 133 €
1110306	Réfection des peintures au sol				
111030601	Tracé de lignes 12 cm de large	ML	494	1.5 €	741 €
112	CHAPITRE 112 -TROTTOIRS				
11202	BORDURES OU CANIVEAUX				
1120202	Bordures de trottoirs normalisées en béton				
112020204	Bordure de trottoirs type T 2	ML	494	28 €	13 832 €
14	TITRE XIV – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
141	CHAPITRE 141 – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
14101	RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
1410101	Contrôle et essais internes	FFT	2	2 000 €	4 000 €
1410102	Plan de récolement	ML	494	1.5 €	741 €
1410104	Notices des Ouvrages Exécutés	FFT	2	2 000 €	4 000 €
TOTAL en euros Hors Taxe					390 753 €
Divers et imprévus (branchement électrique, télécom) (10%)					39 075 €
Etudes amont (topographie, géotechnique, SPS) et MOE					30 000 €
TOTAL Opération en euros Hors taxe					459 829 €
T.V.A. 20%					91 966 €
TOTAL en euros Toutes Taxes Comprises					551 794 €

NOTA :
Le chiffrage devra être ajusté en fonction :
- de la vérification des conditions d'écoulement (profondeur et pente)
- de l'encombrement des réseaux souterrains
- des dévoiements éventuels nécessaires



8.5. AMG5 – Mise en place d'un collecteur de délestage à partir de la rue des Ruisseaux dans la rue du Général de Gaulle

8.5.1. Présentation de l'aménagement

Plusieurs aménagements ont été intégrés à la modélisation, notamment la pose d'une canalisation circulaire de 1 400mm en parallèle du dalot rue du Général de Gaulle existant. Le déversoir en amont du dalot a lui aussi été supprimé, afin de répartir le flux de manière équivalente entre les canalisations et ainsi utiliser les canalisations comme stockage, en cas de mise en charge des canalisations.



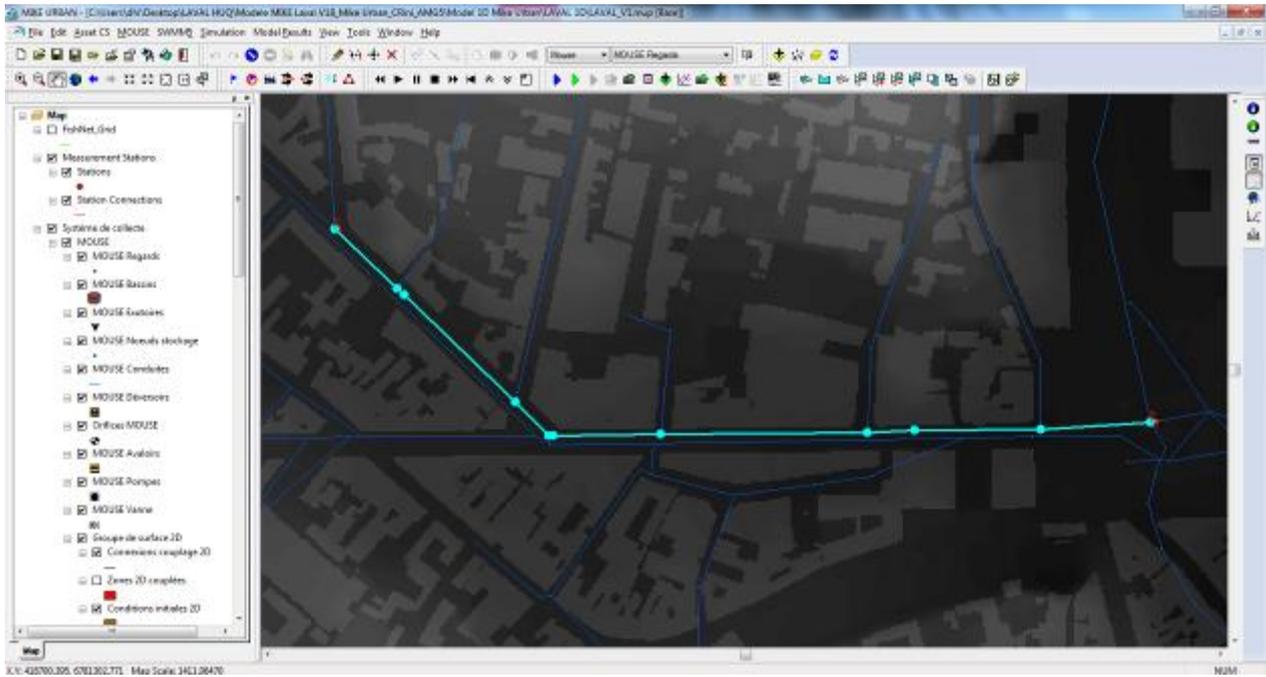
Figure 24 : Plan d'action AMG5

NB : il conviendra que la collectivité s'assure que des clapets anti-retour soit installé sur les vides caves du dalot existant rue du Général de Gaulle.

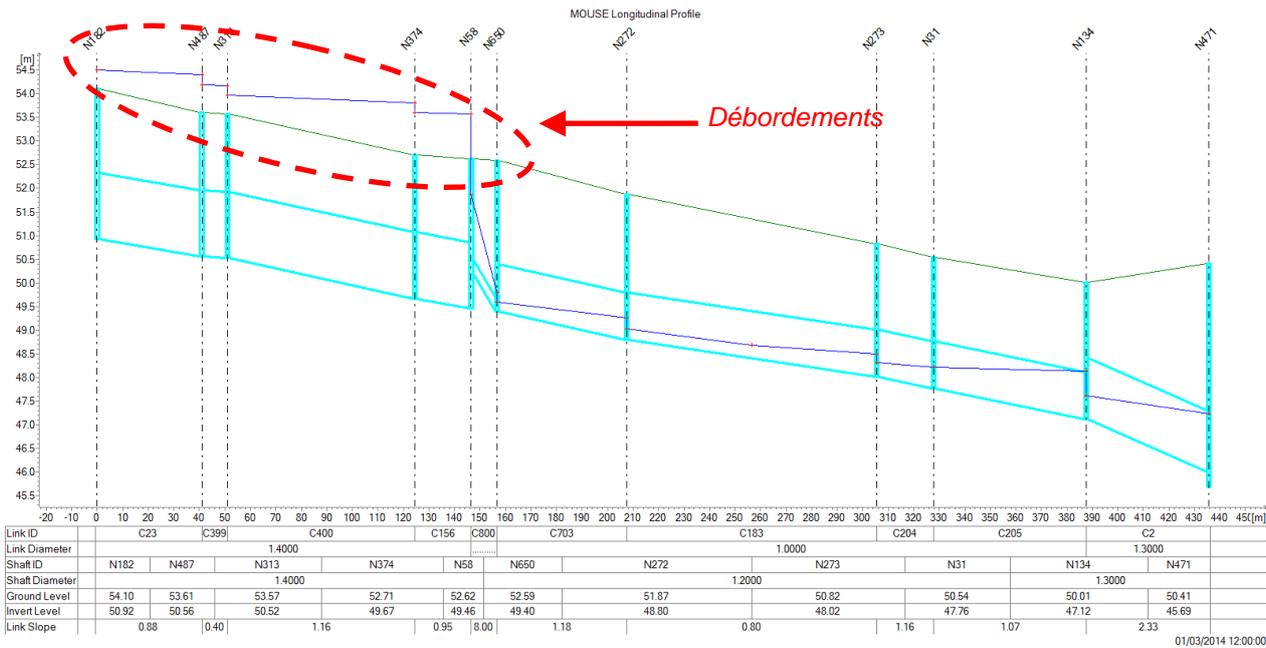


Dans cette configuration, les canalisations de la rue du Général de Gaulle et de la rue des Ruisseaux, bien qu'en charge, ne débordent plus au niveau des regards. Les profils en long représentent la ligne piézométrique maximale avant et après aménagement :

rue B Le Pecq / rue Général de Gaulle (côté gauche):

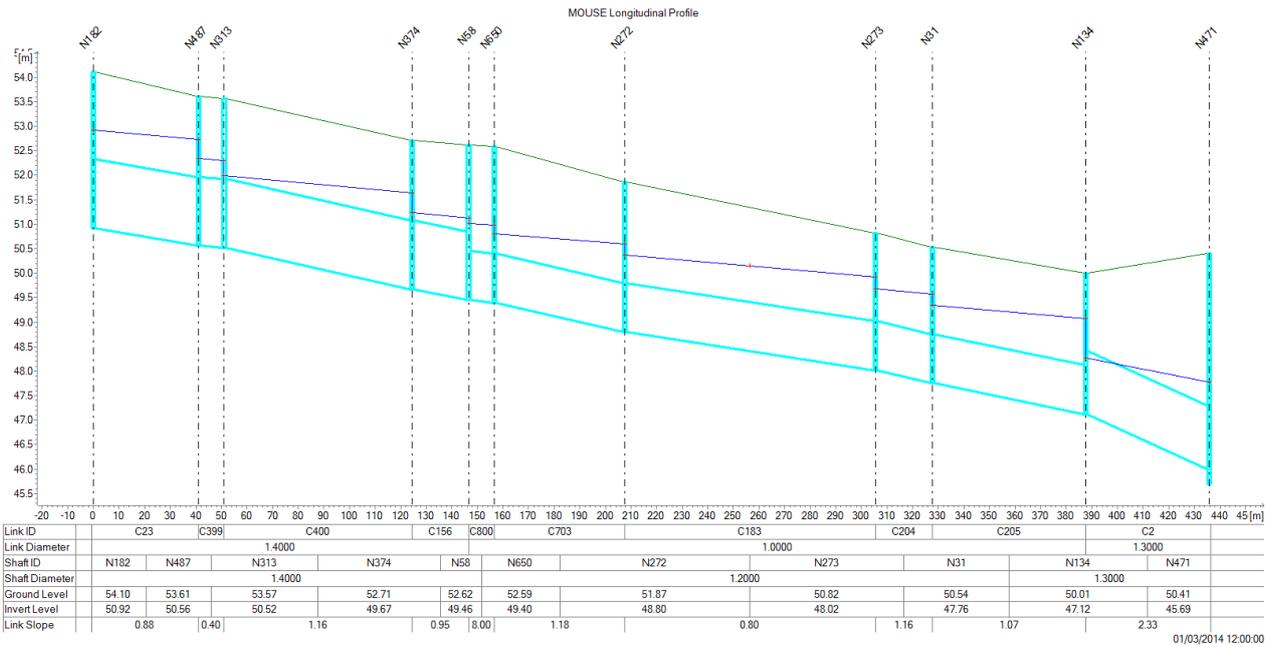


Avant aménagement :

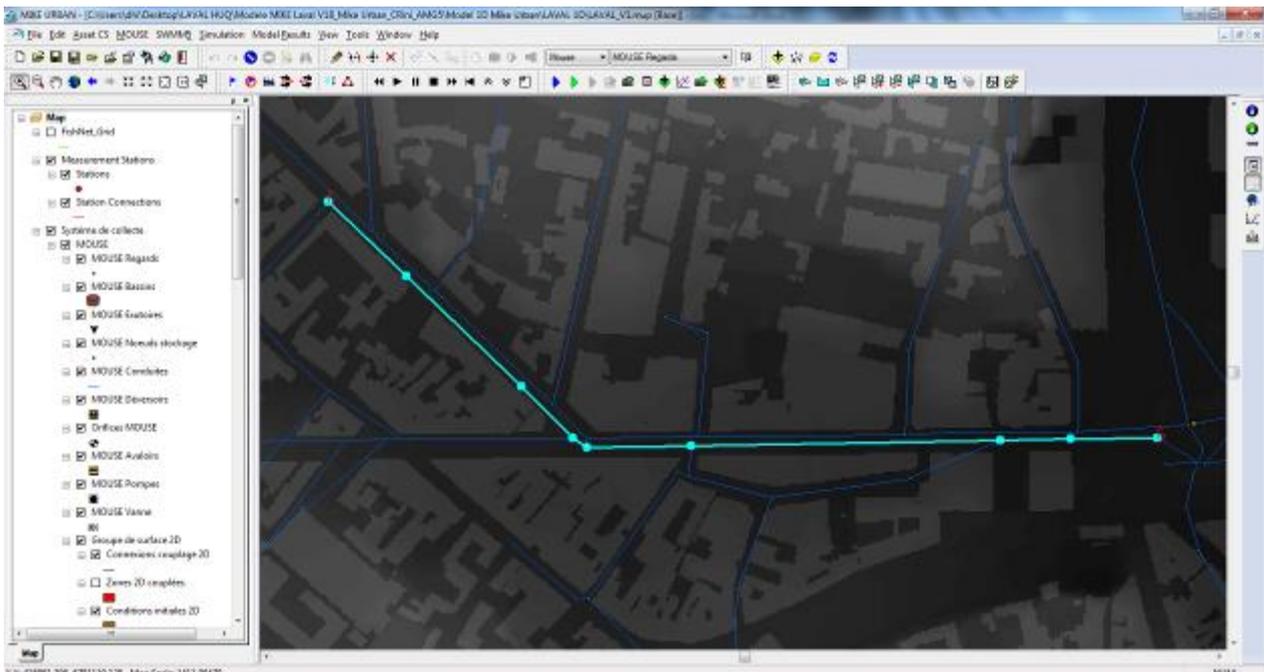




Après aménagement :

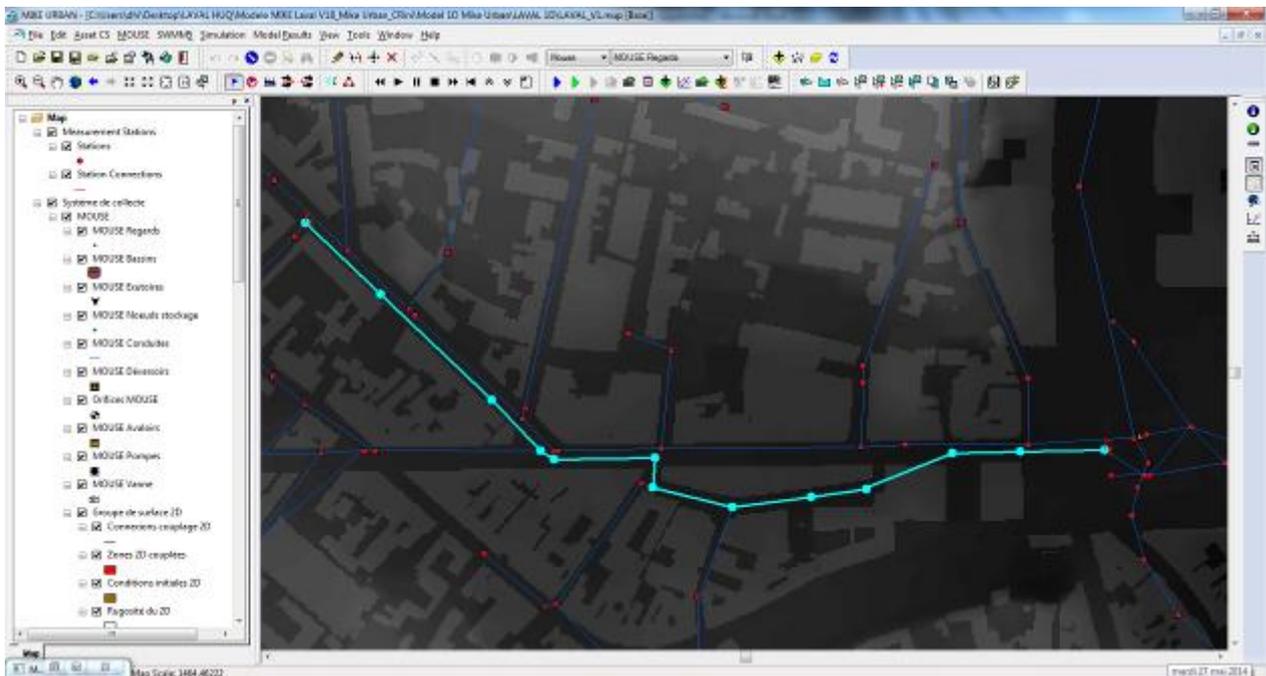
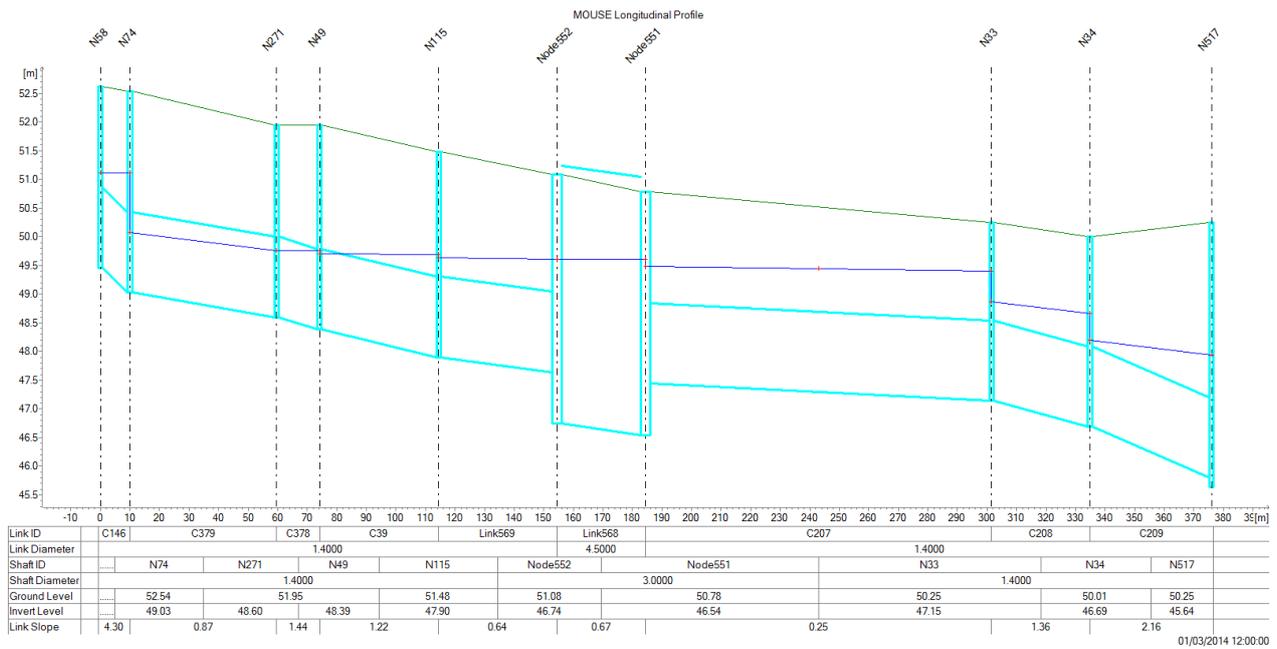


rue B Le Pecq / rue Général de Gaulle (côté droit) :



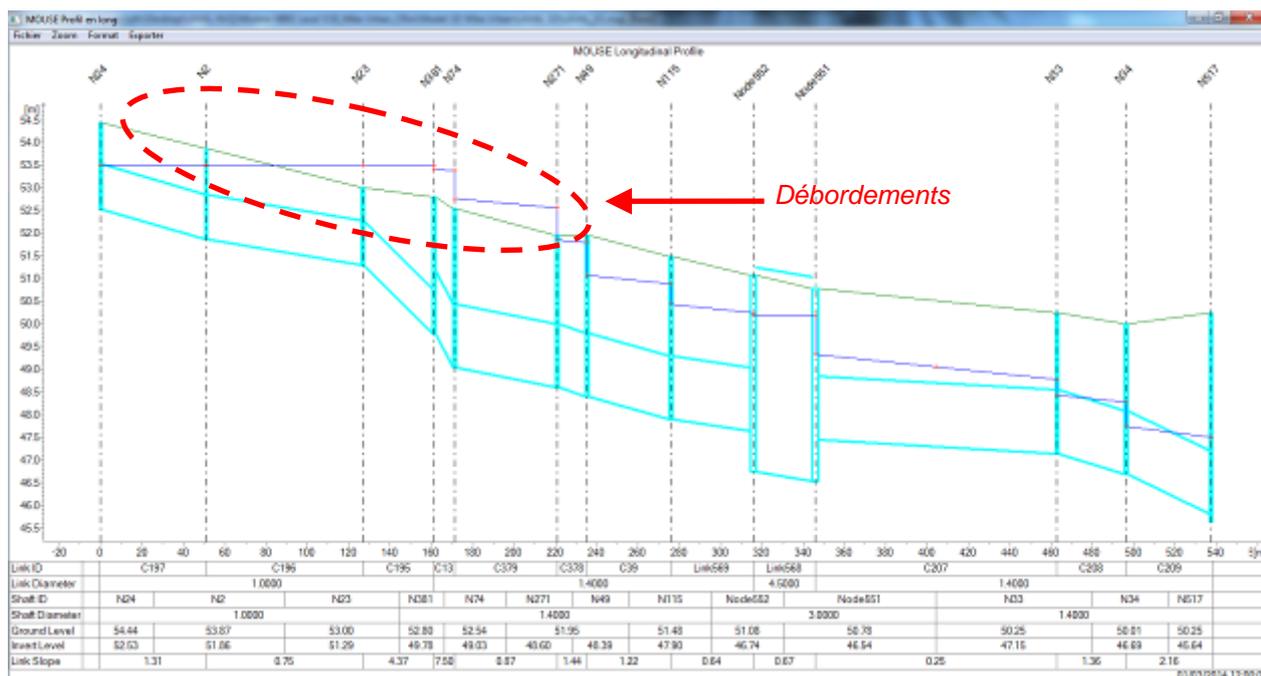


Après aménagement :





Avant aménagement :



L'impact de cet aménagement, sur l'enveloppe inondable et les hauteurs d'eaux maximales illustrant cette amélioration, est présenté ci-après.



8.5.2. Carte de l'enveloppe inondable et des hauteurs maximales après aménagement



Modélisation 1D/2D : Pluie de projet de 30 ans
Carte de l'enveloppe d'inondation
AMG5 - Pose d'une canalisation sur la rue
G de Gaulle et reprise du DO



Réalisé par :	HUQ
Date :	23/04/2014
Validé par :	SEC



8.5.3. Analyse de l'impact de l'AMG5

On note une diminution importante des hauteurs d'eau en facade, rue du Général de Gaulle et également rue des Ruisseaux. Les hauteurs maximales sur la rue St Catherine ou encore sur la Place du 11 novembre, restent inchangées ou comparables, par rapport à la situation sans aménagement.

De ce fait, de redimensionner et de poser une nouvelle canalisation rue du Général de Gaulle, la mise en charge du réseau et donc les débordements rue Le Pecq, sont moins importants. On note également une nette amélioration des hauteurs d'eau rue Le Pecq et rue Franche Comté.

La suppression du DO actuel et la pose d'une canalisation en 1 400mm, permet de répartir les canalisations au sein des ouvrages et de réaliser du stockage en ligne, à l'intérieur de ces canalisations.



8.5.4. Chiffrage détaillé

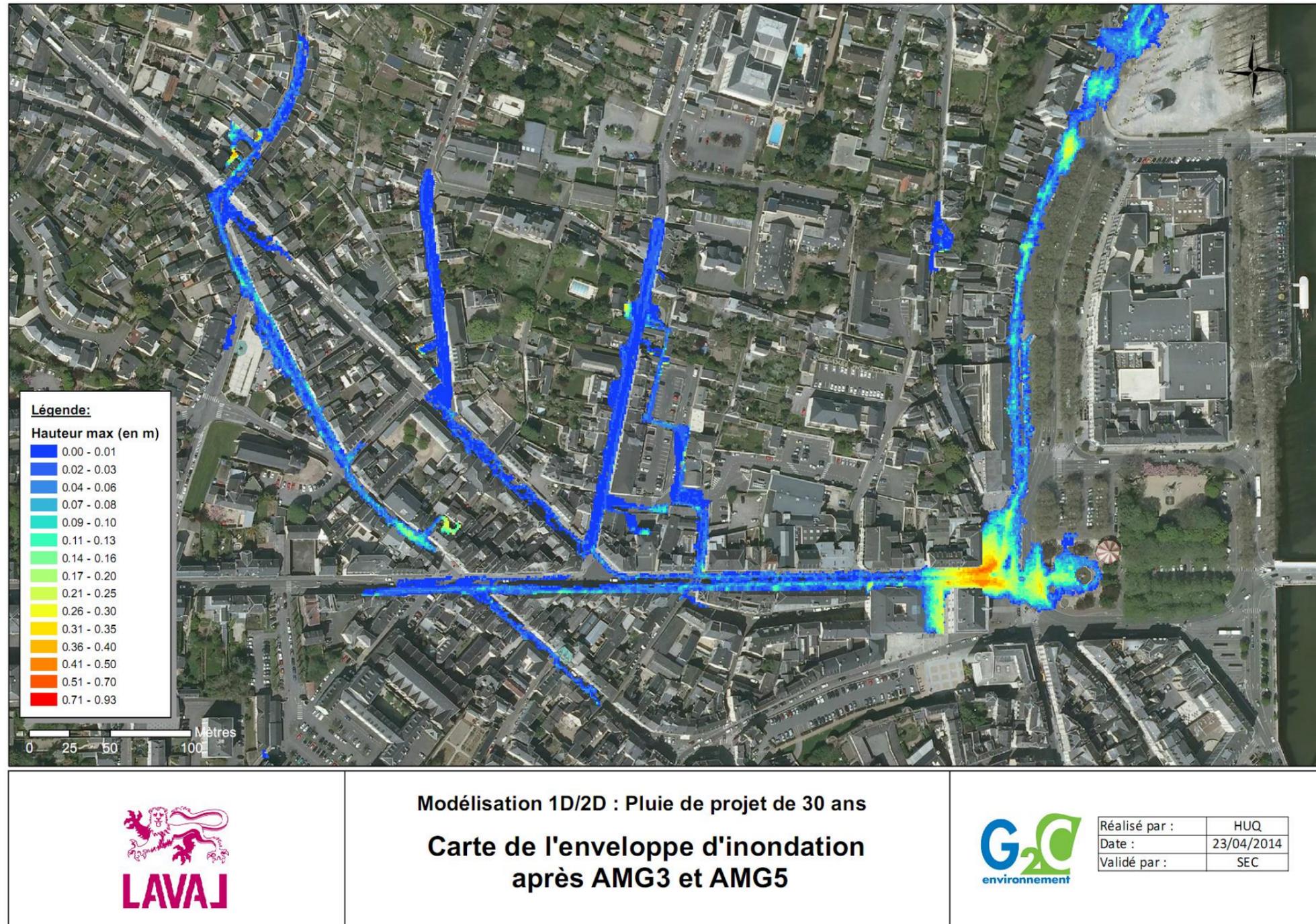
AMENAGEMENT 5 : Création d'un canalisation d'eaux pluviales					
DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF					
Numéro	Désignation	U	Quantité	Prix H.T.	TOTAL H.T.
1	TITRE I - PREPARATION DE CHANTIER				
11	CHAPITRE 11 – INSTALLATION ET PREPARATION				
1101	IMPLANTATION DU CHANTIER ET DES TRAVAUX				
110101	Préparation du chantier	FFT	1	5 000 €	5 000 €
110102	Installation et protection du chantier	FFT	1	2 000 €	2 000 €
110103	Signalisation de chantier - Déviation de la circulation	FFT	1	5 000 €	5 000 €
110105	Panneau de chantier	FFT	1	800 €	800 €
110106	Sondage de reconnaissance	U	4	200 €	800 €
110107	Constat d'huissier	FFT	1	2 000 €	2 000 €
2	TITRE II – TRAVAUX PREPARATOIRES				
21	CHAPITRE 21 – TRAVAUX PREALABLES AUX TRAVAUX				
2101	TRAVAUX PREPARATOIRES				
210110	Découpage de chaussée et trottoirs	ML	150	6 €	900 €
210111	Démolition de chaussées et trottoirs	M2	300	5 €	1 500 €
210113	Dépose et repose d'équipement public	U	3	200 €	600 €
3	TITRE III – TERRASSEMENT ET REMBLAIS				
31	CHAPITRE 31 – TERRASSEMENT				
3101	TERRASSEMENT EN TRANCHEE				
310101	Terrassement pour fouille en tranchée par engin mécanique	M3	990	18 €	17 820 €
310103	Plus value pour terrassement pour fouille en tranchée à la main	M3	50	40 €	2 000 €
3102	PLUS-VALUE DE TERRASSEMENT				
310201	Plus-value aux prix 3101 pour mise en place d'un blindage				
31020103	Par blindage coulissant au delà d'une profondeur de 2,5 m	M2	1020	12 €	12 240 €
310202	Pompage pour un débit > 100 m3/h et <450 m3/h	J	20	375 €	7 500 €
310203	Extraction de roche ou maçonnerie				
31020301	Au brise roche hydraulique	M3	198	38 €	7 524 €
310205	Plus-value aux prix 3101 pour pour longement de conduites ou câbles	ML	150	40 €	6 000 €
310206	Plus-value aux prix 3101 pour pour croisements d'ouvrages existants				
31020601	- Croisement d'ouvrage existant Ø extérieur <ou= 0,20 m	U	20	40 €	800 €
31020602	- Croisement d'ouvrage existant 0,20 m < Ø extérieur <ou= 0,50 m	U	10	50 €	500 €
31020603	- Croisement d'ouvrage existant 0,50 m < Ø extérieur <ou= 1,00 m	U	3	100 €	300 €
32	CHAPITRE 32 - REMBLAIEMENT DES FOUILLES				
3201	MATERIAUX DE REMBLAIEMENT				
320102	Matériaux de remplacement				
32010204	GNT 0/20 calcaire	M3	550	30 €	16 500 €
32010214	Sable	M3	220	30 €	6 600 €
3202	FOURNITURE ET DIVERS				
320204	Mise en place d'un grillage avertisseur	ML	150	1 €	150 €
33	CHAPITRE 33 - MACONNERIE				
3301	BETONS				
330101	Béton de propreté dosé à 200 kg	M3	25	150 €	3 750 €
5	TITRE V – REGARDS ET FONTE DE VOIRIE				
51	CHAPITRE 51 - REGARD DE VISITE				
5101	REGARD ASSAINISSEMENT EN BETON AVEC CUNETTE				
510101	Regard circulaire profondeur < ou = 2 m				
51010104	De Ø 1400 mm	U	4	950 €	3 800 €
5104	PLUS-VALUE EN REGARD				
510401	Plus-Value au prix 5101 et 5103 pour surprofondeur regard en BA				
51040104	De Ø 1400 mm	DML	60	40 €	2 400 €
52	CHAPITRE 52 - TAMPON POUR REGARD DE VISITE				
54201	FOURNITURE ET POSE DE TAMPON FONTE CLASSE 400				
5420103	Tampon fonte hydraulique Ø 1000 mm	U	4	560 €	2 240 €
53	CHAPITRE 53 - PIECES DE VOIRIES				
5301	BOUCHES D'EGOUT				
530102	Bouches d'égout grille avaloir 750 x 300	U	6	410 €	2 460 €
6	TITRE VI - CANALISATIONS GRAVITAIRES				
61	CHAPITRE 61 - CANALISATIONS				
6101	CANALISATIONS CIRCULAIRES EN BETON ARME				
610102	Tuyau en béton armé série 135A				
61010201	Tuyau Béton Armé série 135A Ø 300mm	ML	24	40 €	960 €
61010206	Tuyau Béton Armé série 135A Ø 1400mm	ML	150	340 €	51 000 €
6109	DRAINS				
610901	Drains en PVC en tranchée ouverte (non compris matériaux d'enrobage)				
61090105	Drain routier en PVC Ø 200	ML	150	15 €	2 250 €
11	TITRE XI- REFECTIONS ET AMENAGEMENTS				
111	CHAPITRE 111 – CHAUSSEES				
11101	PREPARATION ET ASSISE				
1110104	Réalisation d'une structure pour assis de chaussée				
111010401	GNT 0/20 calcaire	M3	55	25 €	1 375 €
111010407	Grave bitume	M3	36	125 €	4 500 €
11103	REFECTION DEFINITIVE				
1110302	Réfection en BBSG 0/10 dosé à 180 kg/m ²	M2	300	23 €	6 900 €
1110306	Réfection des peintures au sol				
111030601	Tracé de lignes 12 cm de large	ML	150	1.5 €	225 €
112	CHAPITRE 112 -TROTTOIRS				
11202	BORDURES OU CANIVEAUX				
1120202	Bordures de trottoirs normalisées en béton				
112020204	Bordure de trottoirs type T 2	ML	150	28 €	4 200 €
14	TITRE XIV – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
141	CHAPITRE 141 – RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
14101	RECEPTION ET DOSSIER DE RECOLEMENT				
1410101	Contrôle et essais internes	FFT	1	2 000 €	2 000 €
1410102	Plan de récolement	ML	150	1.5 €	225 €
1410104	Notices des Ouvrages Exécutés	FFT	1	2 000 €	2 000 €
TOTAL en euros Hors Taxe					186 819 €
Divers et imprévus (branchement électrique, télécom) (10%)					18 682 €
Etudes amont (topographie, géotechnique, SPS) et MOE					30 000 €
TOTAL Opération en euros Hors taxe					216 819 €
T.V.A. 20%					43 364 €
TOTAL en euros Toutes Taxes Comprises					260 183 €

NOTA :
Le chiffrage devra être ajusté en fonction :
- de la vérification des conditions d'écoulement (profondeur et pente)
- de l'encombrement des réseaux souterrains
- des dévoiements éventuels nécessaires



8.1. Variante : réalisation de l'AMG3 et de l'AMG5

Afin d'évaluer l'impact conjugué de l'aménagement 3 et 5, le modèle 1D/2D a été configuré dans l'hypothèse d'une mise en place d'une régulation sur le 42^{ème}, et dans l'hypothèse du retrait du DO et de la pose d'une nouvelle canalisation rue du Général de Gaulle. La carte des hauteurs maximales dans une telle configuration est présentée ci-dessous.



On s'aperçoit ici qu'avec les aménagements 3 et 5 réalisés, les hauteurs d'eau diminuent fortement et que les dysfonctionnements recensés sur les rues de la zone d'étude sont supprimés. Seule la place du 11 novembre connaît encore des débordements substantiels susceptibles d'impacter les riverains à proximité.



9. ESTIMATIONS ET AIDE A LA DECISION

Les tableaux suivant constituent une aide à la décision. Plusieurs critères ont été comparés, afin d'identifier les aménagements économiquement et techniquement les plus intéressants pour lutter contre le phénomène ou les conséquences des inondations.

Nom de l'aménagement	Fiche AMG correspondant e	Gain attendu	Impact quantifié sur les hauteurs d'eau maximales pour une pluie trentennale	Chiffage estimatif du coût des travaux (€HT)	Aide potentielle	Estimation du coût de fonctionnement annuel (€HT)	Délai de mise en œuvre	Contraintes de mise en œuvre	Incidence et répercussion sur les budgets (général, assainissement)	Hierarchisation et ordre de réalisation proposée
<i>Etude de l'influence du décaissement de la voirie</i>	AMG1	Rabaissement de la ligne d'eau au droit des façades lors des événements exceptionnels	Rabaissement significatif des hauteurs d'eau en façade surtout pour un décaissement de 20 cm. Hauteur dans la rue des ruisseaux plus faible car écoulement prioritaire sur la rue du Général de Gaulle	753 000 €	Aucune	-	2 - 3 ans en fonction des études et des autorisations nécessaires	Travaux conséquents sur une longue période sur les rues commerçantes principales de la ville de Laval, avec problème d'accessibilité aux commerces pendant la phase travaux. Etude de faisabilité à réaliser sur les cheminements PMR	Travaux conséquents sur une longue période sur les rues commerçantes principales de la ville de Laval, avec problème d'accessibilité aux commerces pendant la phase travaux. Etude de faisabilité à réaliser sur les cheminements PMR. Investissement conséquent sur le budget général, sur une voirie récemment refaite.	3
<i>Etude de l'impact de la déconnexion de la Grivonnière sur le phénomène d'inondation</i>	AMG2	Soulagement du réseau et de la station d'épuration	Très faible impact sur les hauteurs d'eau sur les rues sensibles	1 195 000 €	Aucune	5 000 à 8 000	2 - 3 ans en fonction des études et des autorisations nécessaires	Travaux et investissement conséquents, autorisation au préalable des services de l'état pour l'exutoire identifié pour nouveau rejet	Travaux et investissement conséquents, autorisation au préalable des services de l'état pour l'exutoire identifié pour nouveau rejet	4
<i>Etude de l'impact de la régulation des eaux sur le quartier du 42ème régiment sur le phénomène d'inondation</i>	AMG3	Régulation et écrépage du pic de pluie soulageant le réseau	Abaissement significatif des hauteurs d'eau sur la rue Ste Catherine, rue B Le Pecq, mais aussi sur la rue du Général de Gaulle où les hauteurs d'eau diminuent elles aussi.	Voir chiffage AVP	Aucune	-	Lors de l'aménagement et la requalification du quartier	Disponibilité foncière	Disponibilité foncière	2
<i>Etude de l'impact du renforcement des canalisations rue de Bretagne et rue de Ste Catherine</i>	AMG4	Augmentation des capacités d'évacuation et limitation des mises en charges sur les secteurs concernés	Très faible impact sur les hauteurs d'eau sur les rues sensibles	459 800 €	Aucune	-	1 à 2 ans en fonction des études et des autorisations nécessaires	Travaux de renforcement sur la rue, difficulté de cheminement, problème d'accessibilité aux commerces concernés	Travaux de renforcement sur la rue, difficulté de cheminement, problème d'accessibilité aux commerces concernés	6
<i>Etude de l'impact de la mise en place d'un collecteur de surverse à partir de la rue des Ruisseaux dans la rue du Général de Gaulle et reprise du déversoir d'orage pour repartition de l'écoulement sur la canalisation existante rue du Général de Gaulle</i>	AMG5	Répartition des débits et limitation de la mise en charge rue des ruisseaux	Rabaissement significatif des hauteurs d'eau en façade rue du Général de Gaulle. Limitation des débordements rue Le Pecq, et rue de Franche Comté.	235 500 €	Aucune	-	2 - 3 ans en fonction des études et des autorisations nécessaires	Travaux sur une longue période sur les rues commerçantes principales de la ville de Laval, avec problème d'accessibilité aux commerces pendant la phase travaux.	Travaux sur une longue période sur les rues commerçantes principales de la ville de Laval, avec problème d'accessibilité aux commerces pendant la phase travaux.	1
<i>Protection individuel des commerces et riverains</i>	AMG6	Protection des riverains contre les événements pluvieux exceptionnels	Aucun impact sur le phénomène d'inondation, néanmoins limitation voir suppression des conséquences de l'évènement	88 000 €	Non éligible	-	4 - 5 ans en fonction des travaux individuels à réaliser	Nécessité d'avoir les batardeaux toujours à proximité des ouvertures à protéger. Possibilité de mettre en place un dispositif incitatif ? (financier)	Nécessité d'avoir les batardeaux toujours à proximité des ouvertures à protéger. Possibilité de mettre en place un dispositif incitatif ? (financier)	5

Tableau 11 : Tableau d'aide à la décision



Le tableau suivant présente l'impact direct sur les hauteurs d'eau des aménagements étudiés précédemment. Cette analyse statistique a été réalisée sur les 59 commerçants ayant déclarés être inondés. Il permet de comparer les hauteurs d'eau en façade des commerces données dans le modèle suivant les configurations étudiées.

Analyse basée sur les 59 commerçants ayant déclarés être inondés		AMG1 avec décaissement de 10 cm	AMG1 avec décaissement de 20 cm	AMG2	AMG3	AMG4	AMG5	AMG 3 & 5
Diminution de la hauteur d'eau	Nombre de commerce concerné	55	55	59	59	3	59	59
	Valeur moyenne de diminution (cm)	- 4	- 8	- 0.6	- 3	+ 2	-12.4	-12.8
	% moyen de diminution observé	36%	62%	7%	26%	33%	81%	86%
Augmentation de la hauteur d'eau	Nombre de commerce concerné	4	4	-	-	56	-	-
	% moyen d'augmentation observé	23%	26%	-	-	5%	-	-

Tableau 12 : Impact sur les hauteurs d'eau des aménagements en façade des commerces inondés

Les hauteurs moyennes sur les 59 magasins déclarant être inondés sont après aménagement de :

- 12 cm pour l'AMG1 décaissement de 10 cm
- 8 cm pour l'AMG1 décaissement de 20 cm
- 8 cm pour l'AMG 3
- 3 cm pour l'AMG 5
- 2,8 cm pour l'AMG 3 & 5

Pour les 18 commerçants inondés et ayant une marche une analyse concernant la protection après aménagements a été réalisé sur les AMG les plus probants :

Analyse basée sur les 18 commerçants ayant une marche en façade et étant inondés	AMG1 avec décaissement de 10 cm	AMG1 avec décaissement de 20 cm	AMG3	AMG5	AMG 3 & 5
% théorique des commerçants qui ne sont plus inondés après AMG	50%	83%	17%	100%	100%

Tableau 13 : Analyse du nombre de commerçant protégé après aménagement sur les 18 commerçants inondés et ayant une marche

NB :

- Pour l'aménagement 4 les hauteurs d'eau augmentent sensiblement car l'augmentation des capacités d'évacuation des conduites renforcées reporte le volume débordé en aval sur les zones commerciales.
- Il n'est pas possible de savoir combien de commerçant seront protégés après aménagement du fait que la période de retour de protection de l'événement pluvieux est de 30 ans et non centennale comme les épisodes de 2012 et 2013, et que les hauteurs d'eau à partir desquelles les commerces sont inondés ne sont pas toujours consignées (marche, plan incliné...). Ce tableau nous permet néanmoins de voir que les AMG 1, 3, 5 sont les aménagements contribuant le plus à cette diminution de hauteur d'eau en façade avec des hauteurs d'eau qui diminuent nettement pour l'aménagement 5. L'aménagement 3 a un impact important mais moins quantifiable ici vu que l'analyse porte uniquement sur les commerçants moins présents rue B Le Pecq et rue St Catherine.



10. ANNEXES



ANNEXE 1 : Bilan de prise de contact par commerçant



ANNEXE 2 : Carte des hauteurs d'eau en façade



ANNEXE 3 : Carte des commerces inondés



ANNEXE 4 : Fiches aménagements