

VILLE DE SAINTE-SUZANNE



Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

ETUDE DE DEFINITION

RAPPORT PROVISOIRE

Ville & Transport
Région Réunion
121 boulevard Jean Jaurès
CS 31005
97404 SAINT-DENIS CEDEX
Tel. : 02 62 90 96 00
Fax : 02 62 90 96 01

ARTELIA

DATE : OCTOBRE 2016 **REF :** 4702020

A	Version initiale	10/2016	SGz	LDd	CHe
<i>INDICE</i>	<i>OBJET DE LA MODIFICATION</i>	<i>DATE</i>	<i>VISA EMETTEUR</i>	<i>VISA RELECTURE</i>	<i>VISA APPROBATION</i>

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	3
2. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS	4
3. PHASE 1 : ETUDE COMPARATIVE DES SOLUTIONS POSSIBLES	6
3.1. BIBLIOGRAPHIE ET RECONNAISSANCES DE TERRAIN	6
3.1.1. Recueil de données	6
3.1.2. Reconnaissances de terrain	7
3.1.2.1. RECONNAISSANCE DE L'OUVRAGE-CADRE	7
3.1.2.2. RECONNAISSANCE DU BASSIN VERSANT EN AMONT DE LA RN 2	15
3.2. ANALYSE HYDROLOGIQUE	17
3.2.1. Bassin versant	17
3.2.1.1. DELIMITATION	17
3.2.1.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT	19
3.2.2. Estimation des débits	19
3.2.2.1. RAPPEL DES VALEURS PRECEDEMMENT ADMISES	19
3.2.2.2. NOUVELLE ESTIMATION	19
3.3. ANALYSE DES DYSFONCTIONNEMENTS ACTUELS SUR LE CENTRE-VILLE	21
3.4. DEFINITION DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT	24
3.4.1. Scénario n°1	24
3.4.1.1. SCENARIO N°1A	24
3.4.1.2. SCENARIO N°1B	28
3.4.2. Scénario n°2	31
3.4.3. Scénario n°3	34
3.5. ANALYSE COUT / BENEFICE DES SCENARIOS	35
3.5.1. ACB liée au scénario n°1A	37
3.5.2. ACB liée au scénario n°1B	38
3.5.3. ACB liée au scénario n°2	38
3.5.4. ACB liée au scénario n°3	39
4. SYNTHESE ET CONCLUSION	39

TABLEAUX

TABL. 1 - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	6
TABL. 2 - CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA RAVINE DES JACQUES	19
TABL. 3 - VALEURS DE DEBITS DE CRUE PRECEDEMMENT ADMISES	19
TABL. 4 - COEFFICIENTS DE MONTANA FOURNIS	20
TABL. 5 - DEBITS DE CRUE GENERES PAR LA RAVINE DES JACQUES	20
TABL. 6 - TYPE ET NOMBRE D'ENJEUX EXPOSES (ETAT ACTUEL)	36
TABL. 7 - DOMMAGES SUR LES ENJEUX (ETAT ACTUEL)	36
TABL. 8 - TYPE ET NOMBRE D'ENJEUX EXPOSES SUR LA RAVINE DES JACQUES (SCENARIO N°1A)	37
TABL. 9 - TYPE ET NOMBRE D'ENJEUX EXPOSES SUR LA RAVINE DES JACQUES (SCENARIO N°1B)	38

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

FIGURES

FIG. 1.	LOCALISATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	4
FIG. 2.	ALEAS INONDATION	5
FIG. 3.	FONCTIONNEMENT DU CANAL INTERCEPTEUR	16
FIG. 4.	DELIMITATION DU BASSIN VERSANT DE LA RAVINE DES JACQUES	18
FIG. 5.	PROFIL EN LONG ESTIME DE L'OUVRAGE-CADRE DE LA RAVINE DES JACQUES	22
FIG. 6.	EXTRAIT DE L'ETENDUE DES ZONES INONDABLES DEFINIE PAR HYDRETUDES (SECTEUR RAVINE DES JACQUES)	23
FIG. 7.	ZONES INONDABLES RESIDUELLES EN CENTRE-VILLE APRES MISE EN ŒUVRE DU SCENARIO N°1A	25
FIG. 8.	AMENAGEMENTS LIES AU SCENARIO N°1A	27
FIG. 9.	AMENAGEMENTS LIES AU SCENARIO N°1B	29
FIG. 10.	ZONES INONDABLES RESIDUELLES EN CENTRE-VILLE APRES MISE EN ŒUVRE DU SCENARIO N°1B	30
FIG. 11.	DERIVATION DE LA RAVINE DES JACQUES DANS SA TRAVERSEE DE SAINTE-SUZANNE	32
FIG. 12.	PROFIL EN LONG DU NOUVEL OUVRAGE DE LA RAVINE DES JACQUES DANS SA TRAVERSEE DE SAINTE-SUZANNE (SCENARIO N°2)	33

PHOTOGRAPHIES

PHOTO.-1.	COUDE MARQUE A HAUTEUR DE LA RN 2002	8
PHOTO.-2.	DEPOTS DE MATERIAUX DANS L'OUVRAGE-CADRE (AMONT RN 2002)	8
PHOTO.-3.	REJET PLUVIAL A L'AIDE D'UNE BUSE Ø 1200 MM	9
PHOTO.-4.	AMONT BUSE Ø 1200 MM	9
PHOTO.-5.	DOMMAGES AUX PIEDROITS DU CADRE LIES AUX REJETS PLUVIAUX	10
PHOTO.-6.	CANALISATIONS EU ET AEP EN TRAVERS DE L'OUVRAGE-CADRE	10
PHOTO.-7.	CANALISATIONS EU EN TRAVERS DE L'OUVRAGE-CADRE	11
PHOTO.-8.	COUVERTURE AJOUREE DE L'OUVRAGE-CADRE SITUE EN AVAL DE LA RN 2002	12
PHOTO.-9.	REJET PLUVIAL ISSU DE LA RN 2002	12
PHOTO.-10.	REJET PLUVIAL DANS LE TRONÇON AVAL DE L'OUVRAGE-CADRE	13
PHOTO.-11.	CANALISATIONS DANS L'OUVRAGE-CADRE AVAL	14
PHOTO.-12.	CANALISATIONS EN TRAVERS DE L'OUVRAGE-CADRE AVAL	14
PHOTO.-13.	CHUTE EN AVAL DE L'OUVRAGE-CADRE	15
PHOTO.-14.	CANAL INTERCEPTEUR LONGEANT LA RN 2	15
PHOTO.-15.	FRANCHISSEMENT DU CANAL INTERCEPTEUR PAR LA RD 51	16

1. PREAMBULE

Actuellement, le centre-ville de Sainte-Suzanne est soumis à un risque d'inondation lié aux débordements de deux cours d'eau le traversant :

- La **Rivière Sainte-Suzanne** pour la partie est de la commune (notamment les quartiers du Bocage et du village Desprez) ;
- La **Ravine des Jacques** pour la partie du centre-ville située plus à l'ouest.

Plusieurs études ont été menées par le passé sur ces cours d'eau pour rechercher des solutions visant à réduire les risques. Concernant plus particulièrement la Ravine des Jacques, deux principales études existent et préconisent :

- De dériver (au moins partiellement) les écoulements de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin (affluent secondaire de la Rivière Sainte-Suzanne) en amont immédiat du quartier Jacques-Cargot. A ce titre, un intercepteur était proposé le long du chemin Drozin pour capter essentiellement les eaux du bassin versant surplombant le quartier cité précédemment et dans le même temps les eaux de la Ravine des Jacques.

Précisons toutefois que cette étude, réalisée par ARTELIA en 2010, avait pour principal but la protection du quartier J-Cargot vis-à-vis des inondations.

- De réaliser un second ouvrage de collecte des écoulements de la Ravine des Jacques, en parallèle de celui existant dans le centre-ville, afin d'évacuer la crue centennale sans générer de débordements. Cette étude a été menée par HYDRETTUES entre 2012 et 2013.

Considérant le lien étroit entre les problématiques d'inondation du quartier J-Cargot et du centre-ville, la commune souhaite donc aujourd'hui disposer d'une étude de définition des mesures capables d'assurer la protection de ces deux zones.

Cette étude s'articule autour des deux phases suivantes :

- **Phase 1 : étude comparative des différentes solutions possibles** qui inclut notamment une analyse technico-économique prenant en considération les contraintes foncières, financières, environnementales, réglementaires et hydrauliques ;
- **Phase 2 : programme détaillé des travaux retenus** à l'issue de la phase précédente. Les aménagements sont ici définis à un stade de faisabilité.

Le présent document constitue le rapport de phase 1.

Avant de développer cette phase d'étude, une carte de localisation générale de la zone d'étude est présentée page suivante et un rappel du contexte réglementaire est proposé au prochain chapitre.

Fig. 1. Localisation générale de la zone d'étude



2. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS

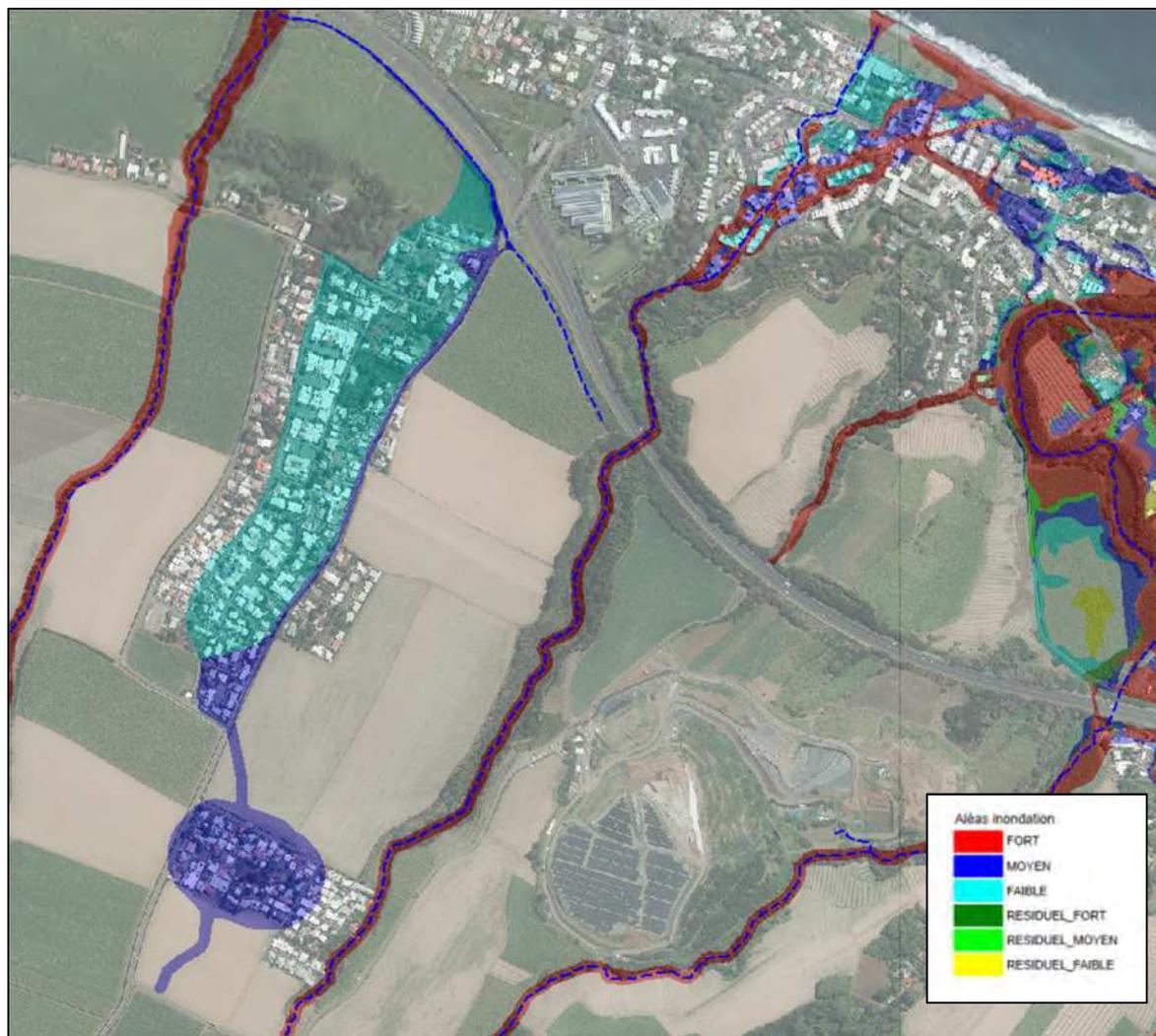
Le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) de la commune de Sainte-Suzanne a été approuvé le 26 juin 2015 et couvre les risques d'inondation et de mouvement de terrain.

En terme d'inondation, la zone d'étude est concernée par :

- De l'aléa fort inondation dans le lit mineur de la Ravine des Jacques mais également dans le centre-ville de Sainte-Suzanne du fait des débordements de cette dernière ;
- De l'aléa moyen inondation sur le quartier Jacques-Cargot et dans le centre-ville ;
- De l'aléa faible inondation sur le quartier Jacques-Bel Air, lié aux écoulements pluviaux provenant du quartier Jacques-Cargot, ainsi que dans le centre-ville.

La figure présentée page suivante illustre le zonage des aléas inondation issu du PPRN.

Fig. 2. Aléas inondation



3. PHASE 1 : ETUDE COMPARATIVE DES SOLUTIONS POSSIBLES

3.1. BIBLIOGRAPHIE ET RECONNAISSANCES DE TERRAIN

3.1.1. Recueil de données

Préalablement aux reconnaissances de terrain, un inventaire et une collecte des différentes études, données topographiques, plans de récolement, projets d'aménagements et autres informations intéressant le secteur ont été engagés. Les éléments recueillis sont listés dans le tableau suivant.

Tabl. 1 - Synthèse bibliographique

Réf.	Intitulé	Auteur(s)	Maître d'Ouvrage	Date
Etudes antérieures				
1	Etude complémentaire pour la protection du quartier Jacques-Cargot contre les eaux de ruissellement (Réf : 4701873)	ARTELIA	Mairie de Sainte-Suzanne	Août 2015
2	Etude hydraulique sur le centre-ville de Sainte-Suzanne (Réf. : RE11-067) Phase 1 : Caractérisation de l'aléa inondation Phase 2 : Proposition de gestion du risque inondation	HYDRETUDES	Mairie de Sainte-Suzanne	Juillet 2012 & juillet 2013
3	Protection du quartier Jacques-Cargot et des bassins limitrophes contre les eaux de ruissellement (Réf. : 4700939) Phase 1 : étude comparative des scénarios Phase 2 : Programme détaillé des travaux	ARTELIA	Mairie de Sainte-Suzanne	Avril 2010 & avril 2011
4	Etude hydraulique pour la protection du quartier Jacques-Cargot contre les eaux de ruissellement (Réf : 4700457)	ARTELIA	Mairie de Sainte-Suzanne	Septembre 2007
Données topographiques et/ou cartographiques				
5	Ortho-photographies aériennes de la Réunion	IGN	IGN	2012
6	BD-Topo de la Réunion	IGN	IGN	2011
7	LITTO3D de la Réunion	IGN	IGN	2009 & 2011

On notera que seules des études ont pu être recueillies, la Ravine des Jacques et le réseau pluvial communal n'ayant à ce jour fait l'objet d'aucune reconnaissance topographique ni d'élaboration de schéma directeur visant à identifier les points de dysfonctionnements puis à préciser les solutions adaptées.

La commune de Sainte-Suzanne nous informe toutefois que la réalisation de l'ouvrage-cadre de la Ravine des Jacques date de la fin des années 80 et qu'aucun dysfonctionnement ni débordement n'ont à ce jour été constatés.

3.1.2. Reconnaissances de terrain

Les visites de terrain qui ont été réalisées les 11 et 31 août puis le 05 septembre avaient pour but de parfaire notre connaissance du bassin versant de la Ravine des Jacques et notamment de son tronçon aval au sein du centre-ville de Sainte-Suzanne.

Elles nous ont ainsi permis :

- De cheminer dans l'ouvrage-cadre, de son extrémité amont (proximité cascade Paul et Virginie) à son extrémité aval (exutoire dans l'océan) soit 560 m, afin de repérer les singularités (coudes, changement de section), les arrivées pluviales, les traversées de réseaux annexes (EU, AEP) et les éventuels dysfonctionnements (dégradations du béton, dépôts de matériaux, etc.) ;
- De cerner le bassin versant urbain drainé par cet ouvrage-cadre en fonction de la topographie et des ouvrages de collecte des eaux pluviales existants (caniveaux, canalisations) ;
- Et de contrôler les limites du bassin versant situé en amont de la RN 2.

3.1.2.1. RECONNAISSANCE DE L'OUVRAGE-CADRE

Les résultats de cette reconnaissance sont décrits ci-après par tronçon homogène. Trois tronçons d'ouvrage peuvent être en effet distingués par leur section qui témoigne d'une canalisation de la Ravine des Jacques par étape.

Pour rappel, la construction de cet ouvrage a débuté fin des années 80 pour s'achever au milieu des années 90, le tronçon situé en amont de la RN 2002 étant le plus récent.

- **Tronçon n°1 dit amont. De son extrémité amont à la RN 2002**, l'ouvrage-cadre bénéficie d'une section hydraulique de 3,6 m² (2 x 1,8 m). Signalons qu'un ouvrage d'entonnement sur l'amont facilite son alimentation en période de crue (cf. photo en page de couverture).

Sur ce tronçon, d'un linéaire de 430 m, le tracé de l'ouvrage n'est pas rectiligne mais suit les voies piétonnes existantes. Les variations d'orientation de l'ouvrage sont cependant douces.

A son raccordement sur le tronçon suivant (ouvrage de la RN 2002), un coude marqué est en revanche observé (angle de 60° environ - cf. photo page suivante) et se traduit inévitablement par des perturbations hydrauliques, une perte de capacité et l'apparition de dépôts de matériaux tels qu'identifiés sur site sur près de 50 m en amont du coude (cf. photo page suivante).

A noter qu'en dehors de ce tronçon, aucune autre zone de dépôt n'a été relevée.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

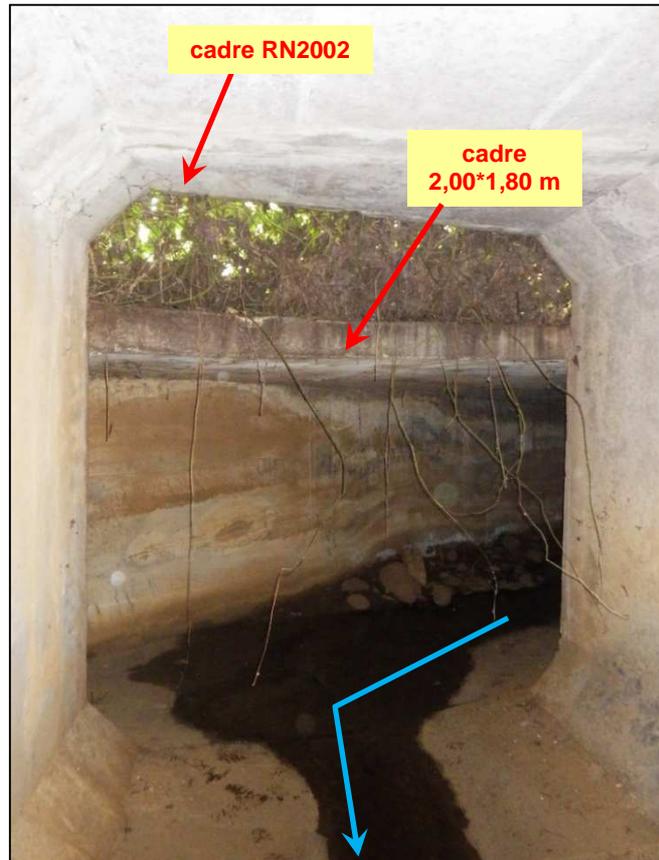


Photo.-1. Coude marqué à hauteur de la RN 2002



Photo.-2. Dépôts de matériaux dans l'ouvrage-cadre (amont RN 2002)

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

De **nombreux rejets pluviaux** sont recensés sur ce parcours, tant côté droit que gauche, avec des diamètres de canalisation compris entre 250 et 1200 mm. Cette dernière canalisation se situe à proximité de la RN 2002 et reprend deux autres ouvrages d'un diamètre de 800 mm (provenant a priori de la RN 2002) et de 1000 mm (susceptible de provenir de la zone du lycée). Les photos présentées ci-dessous et page suivante illustrent quelques rejets pluviaux.

Notons que plusieurs rejets ont été réalisés après mise en place de l'ouvrage-cadre et ont fait l'objet de travaux peu soignés (canalisation non recoupée, ouverture dans le piédroit mal ou non rebouchée, etc.). Ces défauts mériteraient d'être repris afin d'éviter une usure prématurée de l'ouvrage.



Photo.-3. Rejet pluvial à l'aide d'une buse Ø 1200 mm

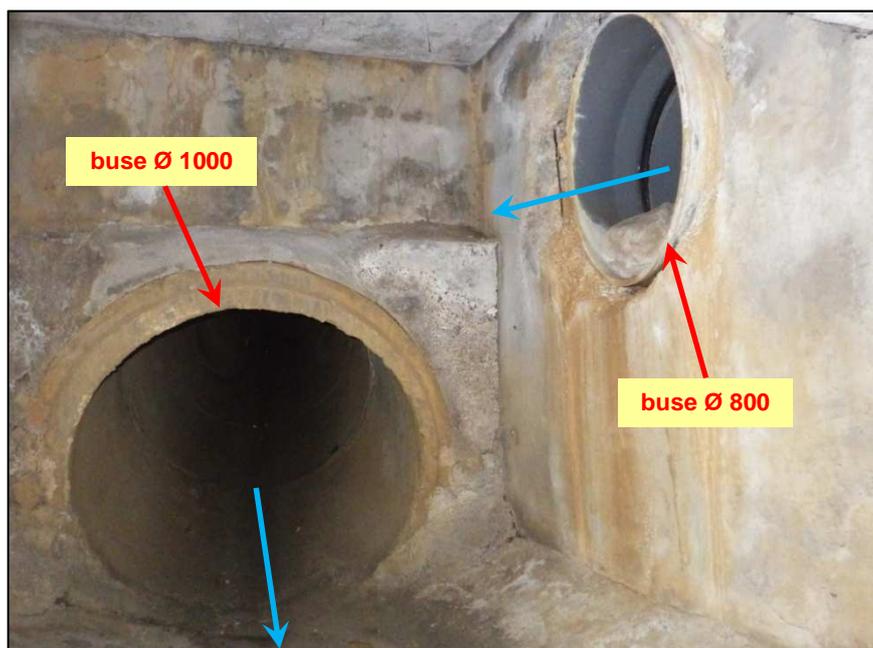


Photo.-4. Amont buse Ø 1200 mm

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE



Photo.-5. Dommages aux piedsroits du cadre liés aux rejets pluviaux

Sur ce tronçon, on relève également la présence de quelques **canalisations EU et AEP en travers de l'ouvrage-cadre** qui réduisent sa section et donc sa capacité. Ces canalisations sont toutefois implantées à proximité de la traverse supérieure du cadre ce qui limite la rétention des déchets flottants (branchages notamment) ou des sédiments véhiculés par le cours d'eau (cas des canalisations positionnées en fond d'ouvrage). A noter cependant la présence d'un tube PEHD (AEP) dans le 1/3 supérieur de l'ouvrage-cadre (cf. photos ci-dessous et page suivante).



Photo.-6. Canalisations EU et AEP en travers de l'ouvrage-cadre



Photo.-7. Canalisations EU en travers de l'ouvrage-cadre

- **Tronçon n°2 dit intermédiaire.** Il s'agit de l'ouvrage cadre sous la RN 2002 (10 ml) qui dispose d'une section hydraulique supérieure (6,5 m² - 2,6 x 2,5 m).

Hormis son raccordement sur le tronçon amont (formant un coude prononcé), aucun dysfonctionnement n'y a été relevé.

- **Tronçon n°3 dit aval.** Depuis la RN 2002 et jusqu'à son rejet dans l'océan (120 ml), l'ouvrage-cadre est quasi rectiligne avec une section hydraulique de 4 m² (2 x 2 m). Sa dalle de couverture est ajourée ce qui lui permet de recueillir les eaux de ruissellement pluvial (cf. photo page suivante).

Il reçoit également les apports pluviaux d'une partie de la RN 2002 (caniveau béton côté aval de la chaussée – cf. photo n°9 page suivante) et d'un bassin versant situé en rive droite de l'axe de la ravine mais dont la superficie est aujourd'hui inconnu (canalisation PVC Ø 315 positionnée dans le mur droit). Comme pour certains rejets relevés en amont de la RN 2002, la canalisation n'a pas été retailée et l'ouverture pratiquée dans le mur n'a pas été rebouchée (cf. photo n°10 page 13).

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE



Photo.-8. Couverture ajourée de l'ouvrage-cadre situé en aval de la RN 2002



Photo.-9. Rejet pluvial issu de la RN 2002

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE



Photo.-10. Rejet pluvial dans le tronçon aval de l'ouvrage-cadre

La précédente photo met également en évidence la présence d'une canalisation (sous-pression ?) fixée contre le mur droit de l'ouvrage. On retrouve la même chose sur celui de gauche avec une connexion entre ces deux canalisations implantée au milieu de l'ouvrage-cadre (cf. photos ci-dessous et page suivante).



Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE



Photo.-11. Canalisations dans l'ouvrage-cadre aval

A proximité de l'embouchure, on relève enfin d'autres traversées également positionnées au milieu de la section de l'ouvrage-cadre qui réduisent de façon significative sa capacité hydraulique.



Photo.-12. Canalisations en travers de l'ouvrage-cadre aval

- **A son débouché proche de l'océan**, l'ouvrage-cadre de la Ravine des Jacques présente une chute de près de 3 m (cf. photo page suivante). Il se prolonge ensuite par un fossé bien dégagé qui rejoint l'océan 45 m plus en aval.



Photo.-13. Chute en aval de l'ouvrage-cadre

3.1.2.2. RECONNAISSANCE DU BASSIN VERSANT EN AMONT DE LA RN 2

Cette reconnaissance avait pour but de s'assurer de la présence d'un ouvrage longeant la RN 2 et supposé intercepter les eaux du bassin versant jouxtant celui de la ravine des Jacques côté *ouest* et les orienter en direction de la Ravine Bel Air (située à l'*ouest* de la commune de Sainte-Suzanne).

Cet ouvrage a bien été identifié et s'avère conforme aux indications issues de la BD-Topo de l'IGN. Les photos et la figure présentées ci-dessous et page suivante illustrent et localisent l'ouvrage intercepteur. Sur ces photos, on peut également constater un développement important de la végétation dans l'ouvrage.



Photo.-14. Canal intercepteur longeant la RN 2

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

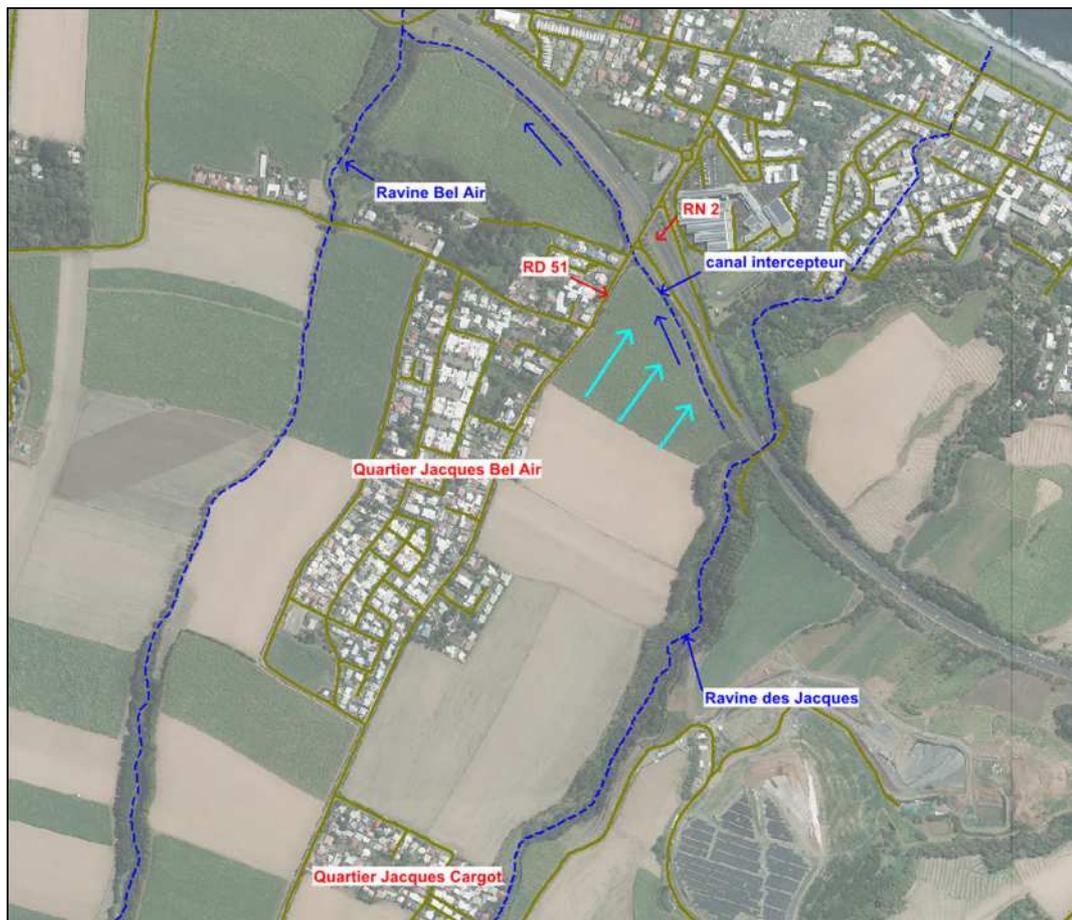
Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE



Photo.-15. Franchissement du canal intercepteur par la RD 51

Fig. 3. Fonctionnement du canal intercepteur



3.2. ANALYSE HYDROLOGIQUE

Cette étape a pour objectif de déterminer les débits de pointe de crue de la Ravine des Jacques pour les périodes de retour de 10 et 100 ans notamment. Elle nécessite au préalable une analyse de son bassin versant qui est décrite dans le chapitre suivant.

3.2.1. Bassin versant

3.2.1.1. DELIMITATION

Les reconnaissances de terrain associées à l'analyse de la topographie du secteur (LITTO3D de l'IGN) ont permis de délimiter le bassin versant de la Ravine des Jacques à son entrée dans le centre-ville de Sainte-Suzanne et à son embouchure.

La figure présentée page suivante délimite ces bassins versants.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

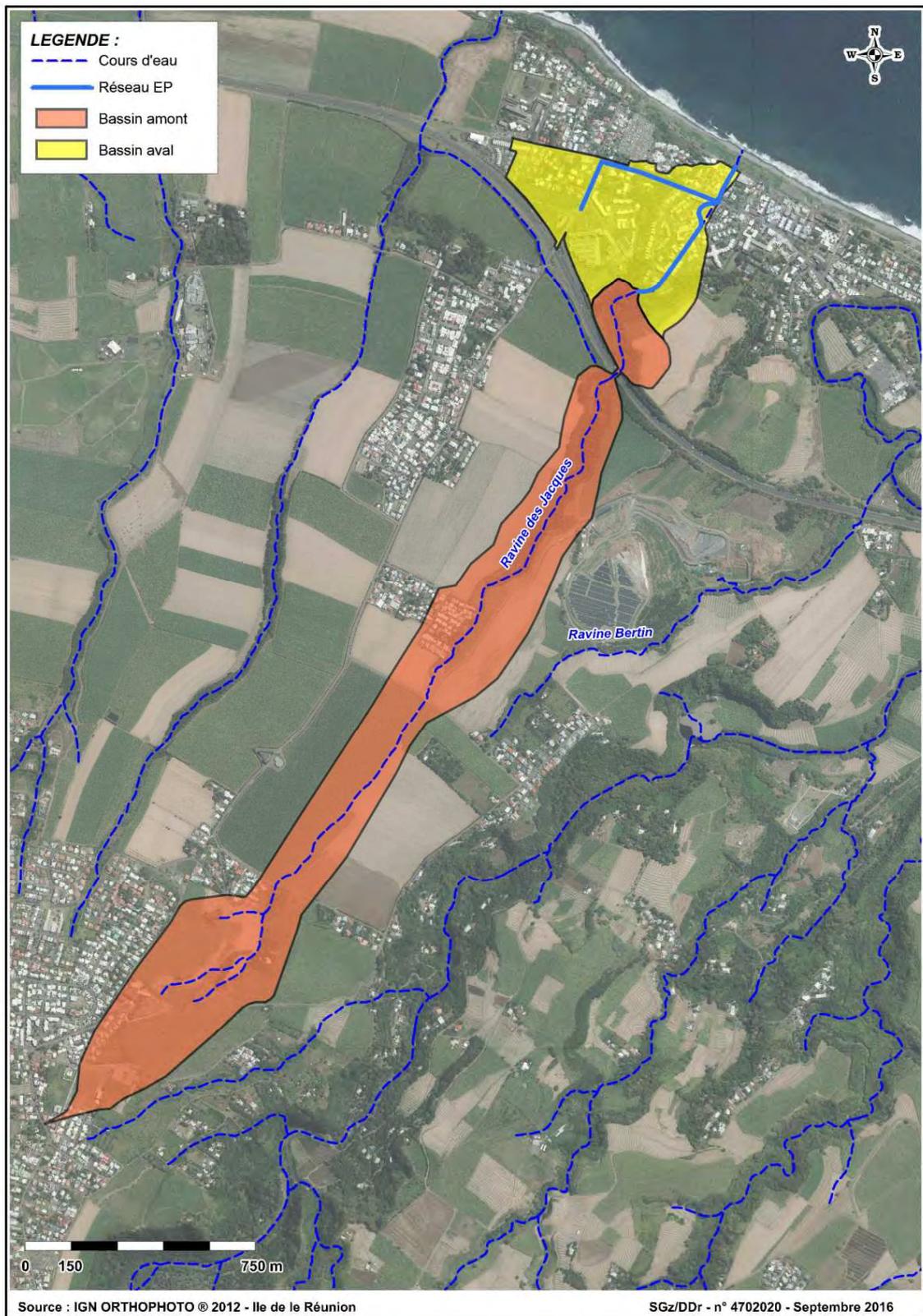


Fig. 4. Délimitation du bassin versant de la Ravine des Jacques

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition
RAPPORT PROVISOIRE

3.2.1.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT

Les informations fournies dans le tableau suivant sont issues de l'analyse des cartes et orthophotographies de l'IGN complétée par les reconnaissances in situ.

Tabl. 2 - Caractéristiques du bassin versant de la Ravine des Jacques

	Superficie (ha)	Plus long trajet hydraulique (km)	Pente moyenne pondérée (%)	Coefficient de ruissellement	Altitude médiane (m NGR)	Temps de concentration ¹ (min)
BV amont centre-ville "bassin amont"	74,4	3,1	6	0,60 (T = 10 ans) 0,80 (T = 100 ans)	143	30
BV urbain "bassin aval"	26,0	0,6	4,5	0,80 (T = 10 ans) 0,90 (T = 100 ans)	39	15
BV global	102,4	3,6	4,7	0,65 (T = 10 ans) 0,83 (T = 100 ans)	113	35

3.2.2. Estimation des débits

3.2.2.1. RAPPEL DES VALEURS PRECEDEMMENT ADMISES

Les deux études citées en préambule ont permis d'évaluer les débits de crue de la Ravine des Jacques avec des approches différentes : méthode rationnelle pour l'étude ARTELIA (2010) et méthode de transformation pluie/débit pour l'étude HYDRETTUES (2012).

Les résultats obtenus pour chacune de ces méthodes sont synthétisés dans le tableau suivant, sachant que les débits de la ravine sont définis à son entrée dans l'ouvrage-cadre pour l'étude ARTELIA et à l'exutoire pour l'étude HYDRETTUES.

Tabl. 3 - Valeurs de débits de crue précédemment admises

	ARTELIA (2010)		HYDRETTUES (2012)	
	Q _{10ans}	16 m ³ /s	21,5 m ³ /s/km ² *	-
Q _{100ans}	25 m ³ /s	33,6 m ³ /s/km ² *	37 m ³ /s	36,1 m ³ /s/km ² *

* : débit spécifique (débit ramené à l'unité de surface)

Compte-tenu des écarts constatés entre les deux études, une nouvelle analyse hydrologique a été menée et est décrite dans le chapitre suivant.

3.2.2.2. NOUVELLE ESTIMATION

Pour évaluer les débits de crue de la Ravine des Jacques, nous avons appliqué la méthodologie issue du *Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion* (DEAL – 2012) qui fait appel à des données pluviométriques régionalisées et à la méthode rationnelle.

¹ Temps que met une particule d'eau pour parcourir le plus long trajet hydraulique

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition
RAPPORT PROVISOIRE

3.2.2.2.1. Données météorologiques

Selon la carte du zonage pluviométrique simplifié, le bassin versant de la Ravine des Jacques se trouve en zone 2 et les coefficients de Montana retenus pour une pluie décennale horaire sont donc :

Tabl. 4 - Coefficients de Montana fournis

Zone	Coefficient <i>a</i>	Coefficient <i>b</i>
2	72	0,33

Les coefficients pour d'autres périodes de retour sont calculés selon une loi de Gumbel :

$$i_{(d,T)} = i_{(1h,10ans)} * [0,186 * \ln (T) + 0,572] * d^{-0,33}$$

Avec :

- d la durée de la pluie en h correspondant au temps de concentration ;
- T la période de retour en année.

3.2.2.2.2. Détermination des débits caractéristiques

La détermination des débits de projet est réalisée ici au moyen de la méthode rationnelle donnée par la formule suivante :

$$Q = \frac{CiA}{36.10^3}$$

Où :

- Q est le débit de pointe en m³/s ;
- C le coefficient de ruissellement du bassin versant (sans unité) déterminé selon l'occupation actuelle des sols (cf. valeurs dans tableau n°2 page précédente) ;
- i l'intensité pluviométrique relative au temps de concentration du bassin versant, exprimée en mm/h et calculée selon la formule suivante : $i = a.t^b$ avec t durée de la pluie et a et b coefficients de Montana donnés dans le tableau page précédente ;
- Et A la superficie du bassin versant en hectares.

3.2.2.2.3. Résultats

L'application de cette méthodologie donne les résultats suivants :

Tabl. 5 - Débits de crue générés par la Ravine des Jacques

	Q _{10ans} (m ³ /s)	Q _{20ans} (m ³ /s)	Q _{30ans} (m ³ /s)	Q _{100ans} (m ³ /s)
BV amont centre-ville	12	14	16	22
BV urbain	6,5	8	8,5	10,5
BV global	16	19	22	29

3.2.2.2.4. Conclusions

La comparaison des résultats obtenus selon les différentes approches citées précédemment met en évidence des écarts entre chaque valeur de débit qui s'expliquent :

- Par la méthode de calcul employée : formule rationnelle ou modélisation pluie/débit ;
- Par les données pluviométriques retenues : données issues de la station pluviographique de Menciol pour les études antérieures ou données régionalisées² issues du guide de la DEAL pour la présente étude.

Concernant ce dernier point, il convient de noter :

- D'une part que la station pluviographique de Menciol n'apparaît pas réellement représentative de l'implantation géographique du bassin de la Ravine des Jacques. Cette station est en effet située 5 km environ à l'est de la zone d'étude (hauts de Saint-André) sur une région plus pluvieuse ;
- D'autre part que l'application des coefficients de Montana de la zone 3 (située à l'est de la Rivière Sainte-Suzanne et incluant la station de Menciol) avec la méthodologie issue du guide DEAL conduit à un débit centennal de la Ravine des Jacques (BV global) de 34 m³/s qui apparaît cohérent avec la valeur fixée par l'étude HYDRETUDES (37 m³/s).

En conséquence, nous faisons le choix de retenir les valeurs de débits de crue citées au tableau n°5.

3.3. ANALYSE DES DYSFONCTIONNEMENTS ACTUELS SUR LE CENTRE-VILLE

Selon la commune, aucun dysfonctionnement n'aurait été identifié sur la Ravine des Jacques depuis la mise en service de l'ouvrage-cadre dans le centre-ville de Sainte-Suzanne, soit sur une période de 25 ans environ.

Cependant, la capacité hydraulique de cet ouvrage, avant apparition des premiers débordements (ouvrage en charge), est évaluée à 15 m³/s environ ce qui correspond à une crue de période de retour proche de 20 ans. Pour une crue centennale (dite de référence), ce sont donc près de 7 m³/s qui peuvent déborder en amont du quartier ZAC pente Bel Air.

Plus en aval, cette capacité est par ailleurs réduite :

- Par la présence de nombreuses canalisations en travers de l'ouvrage qui réduisent sa section hydraulique ;
- Par la diminution localisée de la pente longitudinale de l'ouvrage (cf. profil en long³ sur la figure page suivante) ;
- Par la présence d'un coude prononcé en amont immédiat de la RN 2002 qui accentue les pertes de charge singulières.

En considérant ces perturbations hydrauliques, la capacité hydraulique de l'ouvrage-cadre peut alors être réduite à 10-12 m³/s environ ce qui correspond globalement à une période de retour comprise entre 5 et 10 ans (apports pluviaux intermédiaires inclus).

² Cartographie simplifiée des pluies établie à l'aide de la méthode SHYPRE (Simulation d'HYdrogrammes pour la PREdétermination des crues) par le CEMAGREF et Météo France.

³ En l'absence de topographie, ce profil en long de l'ouvrage-cadre a été élaboré à partir de relevés de terrain (hauteur entre grille avaloir et radier du cadre) et de la topographie issue de la LITTO3D de l'IGN

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

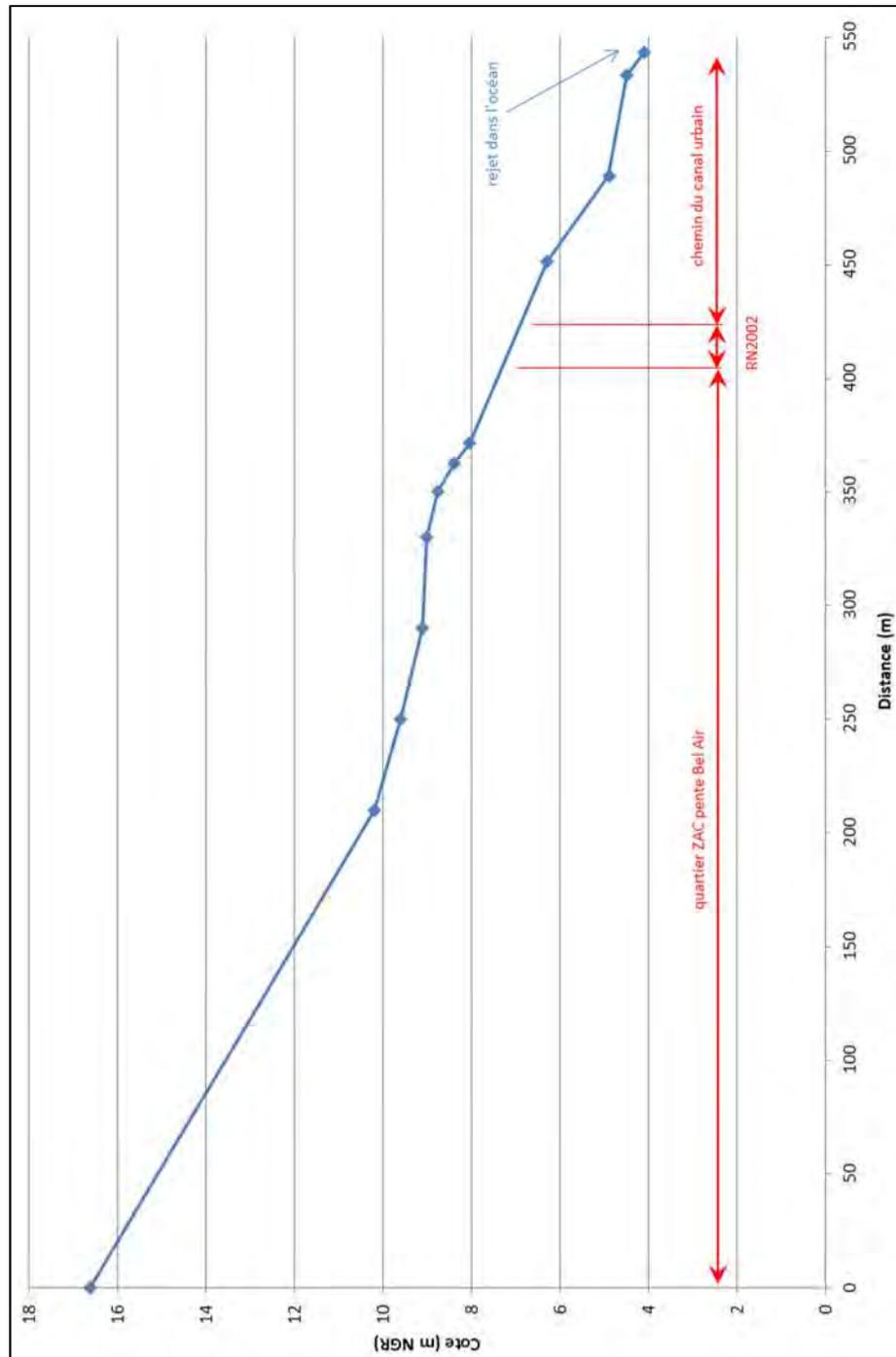


Fig. 5. Profil en long estimé de l'ouvrage-cadre de la Ravine des Jacques

Le long de son parcours, l'ouvrage-cadre reçoit par ailleurs les apports du bassin versant urbain. Le débit de pointe de ce bassin versant ne parvient toutefois pas dans l'ouvrage en même temps que celui du bassin versant naturel amont (différence de temps de concentration), si bien qu'on peut estimer que ce sont près de $18 \text{ m}^3/\text{s}^4$ qui débordent et s'écoulent en direction du centre-ville de Sainte-Suzanne (pour une crue centennale).

⁴ A décomposer de la façon suivante : $7 \text{ m}^3/\text{s}$ par débordement amont + $4 \text{ m}^3/\text{s}$ par débordements intermédiaires + $\sim 7 \text{ m}^3/\text{s}$ provenant des réseaux pluviaux.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition
RAPPORT PROVISOIRE

Bien qu'aucun débordement lié à la Ravine des Jacques n'ait été a priori observé à ce jour, il n'en reste pas moins que la capacité de l'ouvrage-cadre n'est pas compatible avec les apports des bassins versants qu'il draine. **En conséquence, des inondations sont susceptibles de se produire dans le centre-ville de Sainte-Suzanne par débordement de l'ouvrage-cadre pour un débit de crue d'une période de retour inférieure à 10 ans.**

A titre de rappel, HYDRETTUES a simulé les écoulements de la Ravine des Jacques dans sa traversée du centre-ville en considérant un débit de débordement de 25 m³/s depuis l'amont de l'ouvrage-cadre (37 – 12,7 m³/s soit $Q_{100\text{ans}} - Q_{\text{capable OH}}$). L'étendue de la zone inondable issue de cette étude est illustrée sur la figure suivante.

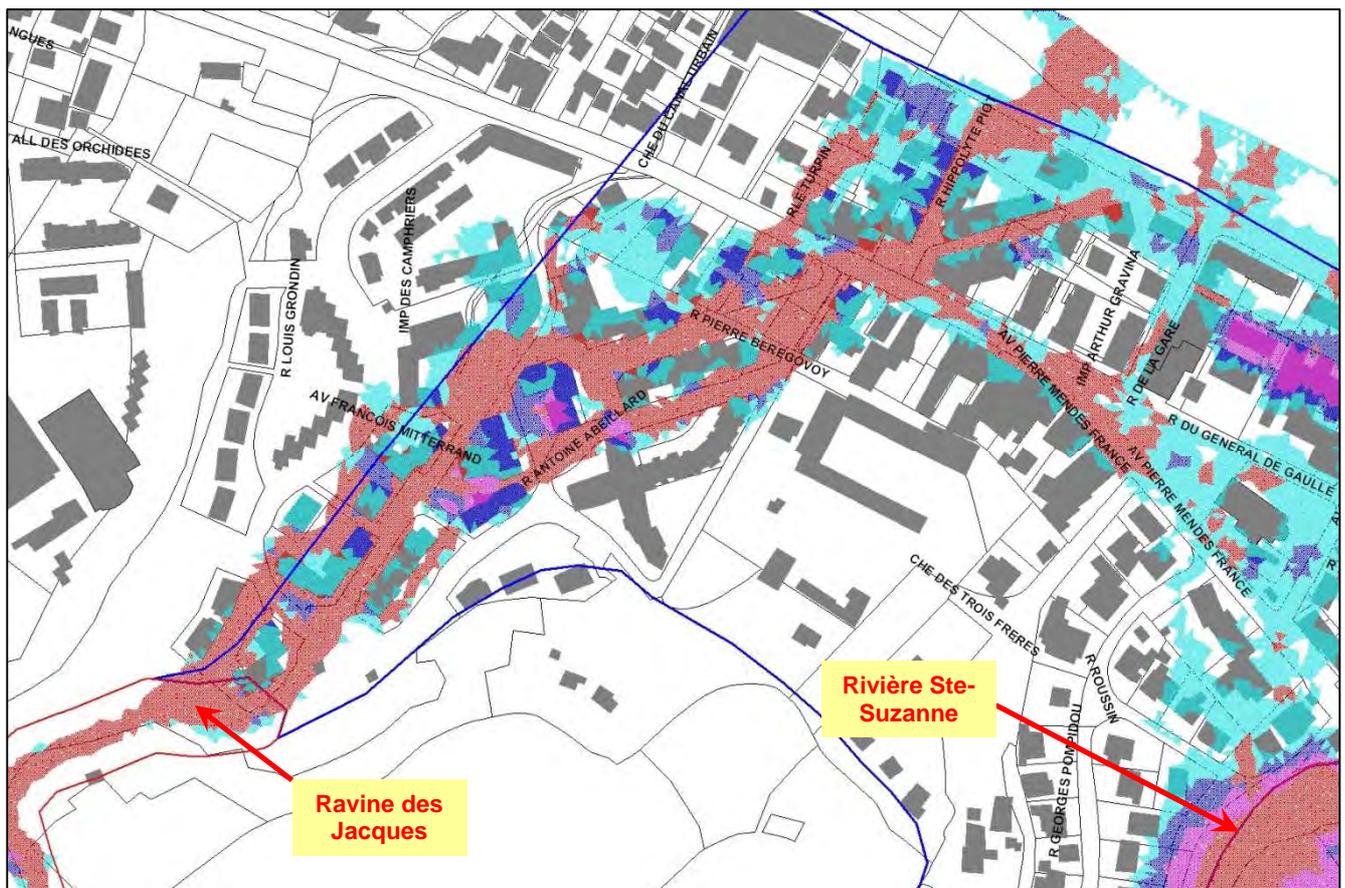


Fig. 6. Extrait de l'étendue des zones inondables définie par HYDRETTUES (secteur Ravine des Jacques)

Bien que la répartition des débordements le long de l'ouvrage-cadre soit différente entre la présente étude et celle d'HYDRETTUES, la configuration actuelle du terrain conduit à une emprise inondable qui serait relativement proche entre les deux études. En revanche, les hauteurs d'inondation seraient moins importantes, notamment sur le tronçon compris entre la cascade et la RN 2002 (débit débordant plus faible).

3.4. DEFINITION DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT

Pour réduire voire supprimer les risques d'inondation liés à la Ravine des Jacques sur le centre-ville de Sainte-Suzanne et le quartier Jacques-Cargot, trois scénarios d'aménagement sont envisageables :

- Scénario n°1 : mise en œuvre d'un ouvrage interceptant les écoulements en amont de ces zones puis transfert de ces eaux vers un autre cours d'eau susceptibles de les recueillir ;
- Scénario n°2 : mise en œuvre d'un intercepteur tel que proposé au scénario n°1 accompagné d'une reprise de l'ouvrage-cadre du centre-ville ;
- Scénario n°3 : reprise de l'ouvrage-cadre du centre-ville.

Ces scénarios sont décrits dans les chapitres qui suivent avec pour chacun d'entre eux la production d'une analyse technico-économique.

3.4.1. Scénario n°1

Ce scénario a été décomposé en deux scénarios distincts en cours d'étude afin d'envisager deux cas de figure :

- Une dérivation partielle du débit de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin (cas du scénario n°1A) ;
- Une dérivation totale du débit de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin (cas du scénario n°1B).

Ces deux scénarios sont détaillés dans les chapitres suivants.

3.4.1.1. SCENARIO N°1A

Pour mémoire, ce scénario a fait l'objet d'une analyse en 2010 et 2015 dans le but de protéger le quartier Jacques-Cargot des inondations. Pour ce faire, un ouvrage interceptant les écoulements du bassin versant à l'origine des débordements (qui surplombe le quartier) était prévu le long du chemin Drozin et rejoignait la Ravine Bertin située à l'est du quartier.

Sur son parcours (500 ml), l'ouvrage traverse le lit de la Ravine des Jacques (peu marqué sur ce secteur) qu'il était également envisagé d'intercepter en partie.

Toutefois, et afin de limiter les perturbations du fonctionnement hydro-morphologique de la Ravine Bertin (déséquilibre débits liquide / solide pouvant entraîner des érosions) mais également l'ampleur des travaux d'aménagement de cette ravine (protections de berges, reprise d'ouvrages de franchissement), il avait été retenu de plafonner les débits dérivés à la période de retour 5 ans.

Pour la Ravine des Jacques, cela revient donc à dériver un débit maximum de 5 m³/s. Pour une crue de période de retour 100 ans, le débit résiduel s'ajoute donc à celui du bassin versant intermédiaire ce qui porte le débit total à 17,5 m³/s en amont de l'ouvrage-cadre (contre 22 m³/s à l'état actuel). Les apports complémentaires du bassin versant urbain conduisent à un débit centennal à l'exutoire de 25 m³/s environ.

Par conséquent, et bien que la fréquence des débordements de l'ouvrage-cadre de la Ravine des Jacques soit diminuée avec ce scénario⁵, le risque d'inondation du centre-ville persiste. Les débits de débordement sont cependant réduits avec 13 m³/s (contre 18 m³/s aujourd'hui).

⁵ Apparition des premiers débordements à proximité de la RN 2002 pour une crue de période de retour proche de 10 ans.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

L'étendue de la zone inondable liée à ces débordements, présentée sur la figure suivante, résulte d'une analyse de la topographie des lieux (LITTO3D), de notre connaissance des lieux et de calculs hydrauliques simples dont les résultats ont toutefois fait l'objet d'une vérification in situ. Elle reste néanmoins perfectible et pourrait être éventuellement affinée à l'aide d'une modélisation 2D.

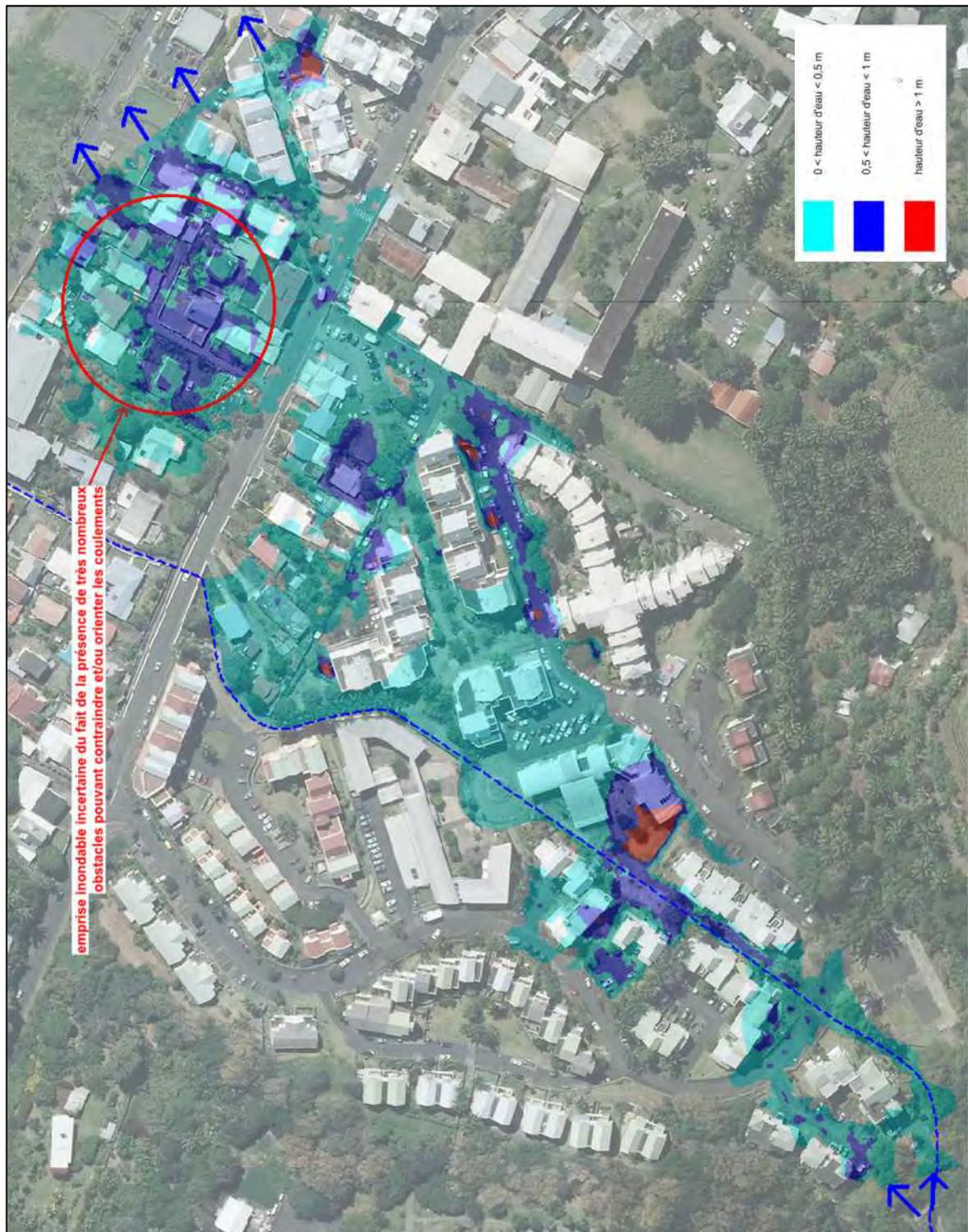


Fig. 7. Zones inondables résiduelles en centre-ville après mise en œuvre du scénario n°1A

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

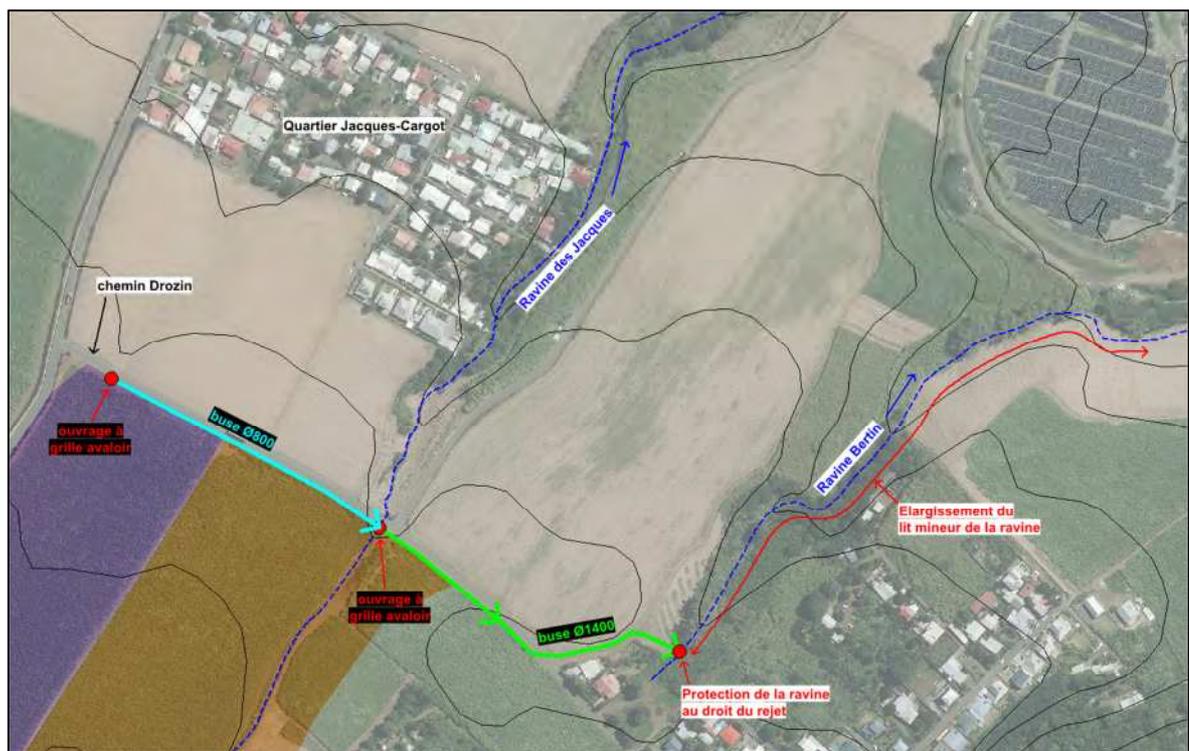
Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

Comme évoqué précédemment, les débits de la Ravine des Jacques interceptés à hauteur du chemin Drozin sont orientés vers la Ravine Bertin. L'augmentation du débit de cette dernière, qui passe donc de 9 à 16 m³/s à hauteur du chemin Drozin et de 27 à 34 m³/s à hauteur du chemin Marancourt, nécessite :

- De reprendre localement la section du lit mineur en amont sur un linéaire de 500 m (6 m²) et d'ensemencer et de végétaliser les berges notamment pour assurer leur stabilité ;
- De remplacer l'ouvrage hydraulique du chemin Marancourt⁶ situé sur l'aval de la ravine (ouvrage d'une section voisine de 8 m²).

Les figures présentées ci-après et page suivante illustrent les aménagements correspondants à ce scénario.



⁶ Dans l'étude de 2015 (cf. réf./1 du tableau n°1), le remplacement de l'ouvrage du chemin Marancourt était envisagé mais non pris en compte dans l'estimation financière car supposé réalisé dans le cadre d'un réaménagement global du chemin prévu par la CINOR. A ce jour, des travaux succincts d'élargissement ont été menés sur ce chemin mais l'ouvrage de la Ravine Bertin n'a pas été repris.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

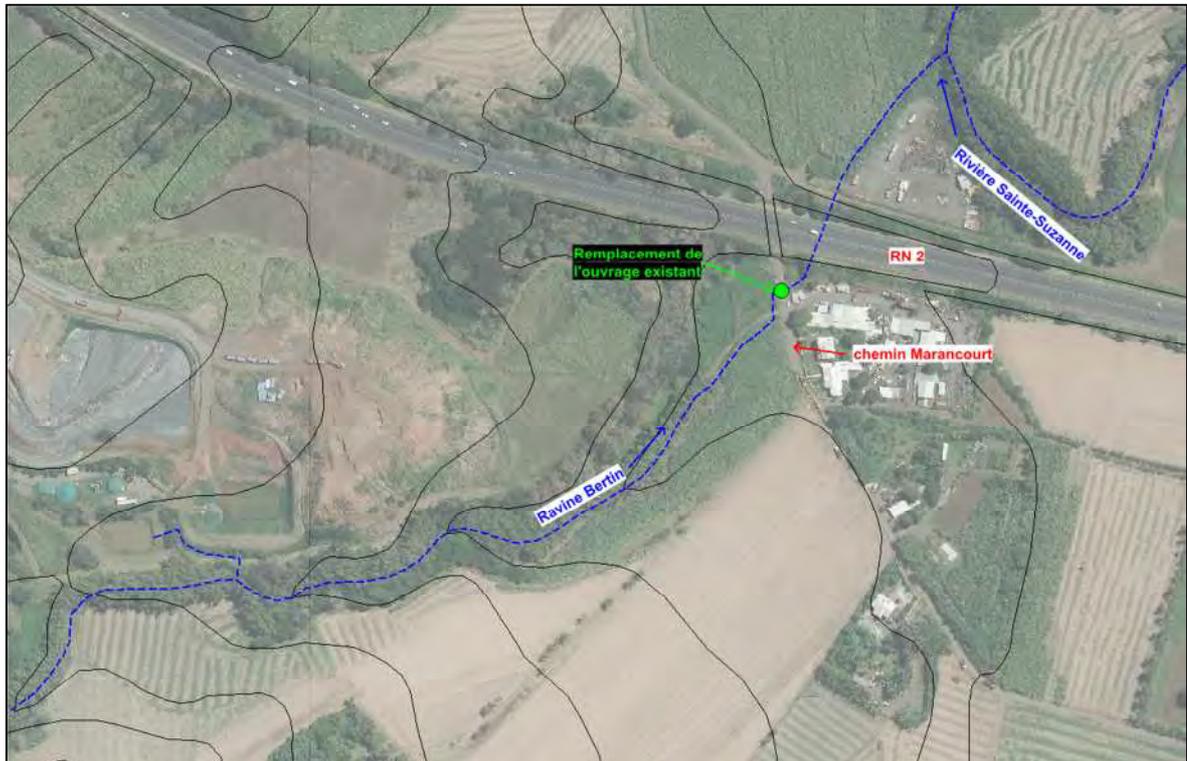


Fig. 8. Aménagements liés au scénario n°1A

L'analyse technico-économique repose sur une définition des contraintes foncières, financières, environnementales, réglementaires et hydrauliques inhérentes à ce scénario qui sont détaillées dans le tableau suivant :

Aspect foncier	Intercepteur enterré → coût foncier réduit Elargissement du lit de la Ravine Bertin → acquisition de 3 000 m² environ de terres agricoles
Aspect financier	Coût du scénario évalué à 1,35 M€ HT (hors maîtrise d'œuvre, acquisitions foncières et investigations complémentaires)
Aspect environnemental	Lit de la Ravine Bertin classé en EBC (espace boisé classé) même si actuellement le lit est dénué de toute végétation (culture de la canne jusqu'en bordure du lit) → l'élargissement du lit sera l'occasion de végétaliser et ensemercer le lit
Aspect réglementaire	Le classement de la Ravine Bertin en EBC implique théoriquement l'élaboration d'un dossier de défrichement. Or, comme le lit est dénué de toute végétation et qu'il est en revanche envisagé sa végétalisation dans le cadre du projet, il est proposé de rédiger une note à l'attention de la DAAF décrivant le projet dans son ensemble. Par ailleurs, le lit des ravines Bertin et des Jacques ne sont ni inclus dans le DPF (Domaine Public Fluvial) ni dans le DPE (Domaine Privé de l'Etat) → a priori, pas de dossier au titre du Code de l'Environnement (à confirmer avec la DEAL)
Aspect hydraulique	Risque potentiel de déstabilisation du lit de la Ravine Bertin à moyen terme → surveillance de l'évolution à prévoir avec intervention le cas échéant

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

3.4.1.2. SCENARIO N°1B

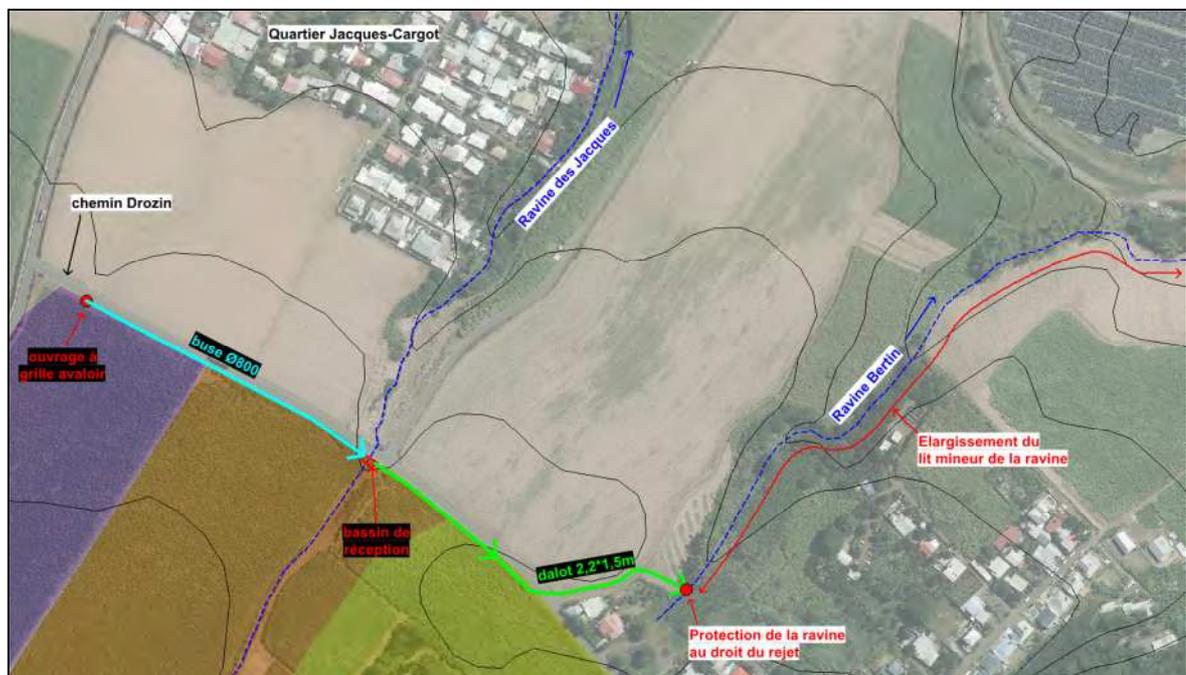
Afin de réduire autant que possible le risque d'inondation du centre-ville de Sainte-Suzanne lié aux débordements de la Ravine des Jacques (qui persiste avec le scénario n°1A), le **scénario consistant à dériver l'intégralité des écoulements de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin** depuis le chemin Drozin a donc été analysé.

Du point de vue hydraulique, la Ravine Bertin recueillerait ainsi 16 m³/s supplémentaires (14 m³/s issus du BV de la Ravine des Jacques et 2 m³/s du BV du quartier Jacques-Cargot) ce qui porterait son débit centennal à 25 m³/s à hauteur du chemin Drozin et à 43 m³/s à hauteur du chemin Marancourt.

Les travaux nécessaires à la réalisation de ce scénario sont les suivants :

- Interception d'un débit maximal de période de retour 5 ans du bassin versant du quartier Jacques-Cargot (2 m³/s) à l'aide d'un ouvrage muni d'une grille avaloir ;
- Connexion de cet ouvrage sur une canalisation de diamètre 800 mm pentée à 2 % longeant le chemin Drozin vers l'est ;
- Mise en œuvre d'un ouvrage de réception des eaux de la Ravine des Jacques (revêtement en enrochements libres) puis d'un ouvrage de fuite constitué d'un dalot (S_{min} = 3,3 m² ou 2,2 x 1,5 m) jusqu'au lit de la Ravine Bertin ;
- Protection du lit de la Ravine Bertin au droit du rejet et aménagement de son lit sur 500 ml (élargissement, végétalisation et ensemencement) ;
- Remplacement de l'ouvrage du chemin Marancourt. Sa section sera prise égale à celle de l'ouvrage de la RN 2 (8 m²) dont la capacité est évaluée à près de 50 m³/s.

Ils sont également illustrés sur les figures présentées ci-après et page suivante.



Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

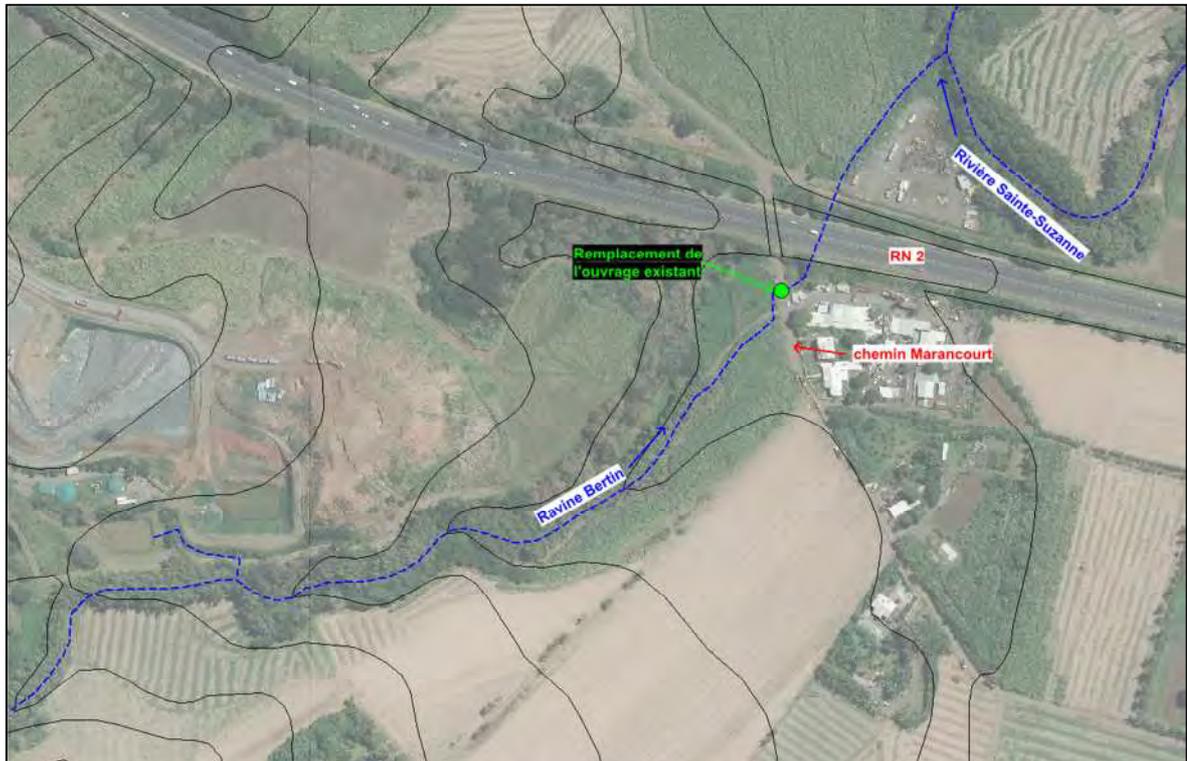


Fig. 9. Aménagements liés au scénario n°1B

Sur le centre-ville de Sainte-Suzanne, l'ouvrage-cadre existant recueille désormais uniquement les débits du bassin versant résiduel situé en aval du chemin Drozin. Son débit centennal est évalué à $11 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui apparaît globalement compatible avec la capacité de l'ouvrage mais les apports du bassin versant urbain conduisent à porter ce débit à $18 \text{ m}^3/\text{s}$. Quelques débordements sont donc encore susceptibles de se produire aux abords de la RN 2002.

Avec ce scénario, les premiers débordements sont donc observés aux abords de la RN 2002 et pour une crue de période de retour voisine de 20 ans.

L'emprise estimée des zones inondables relative à ces débordements est présentée sur la figure page suivante.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

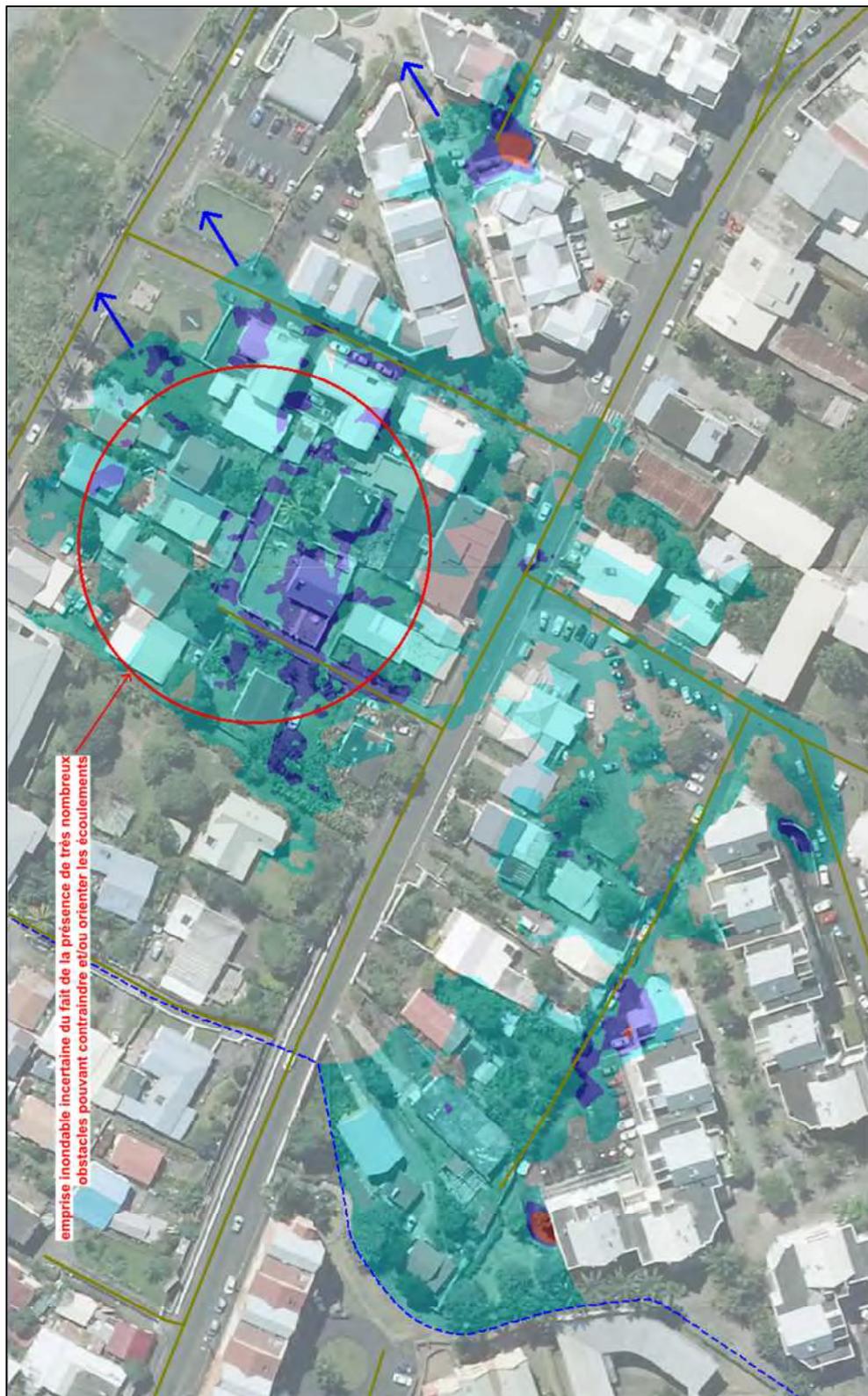


Fig. 10. Zones inondables résiduelles en centre-ville après mise en œuvre du scénario n°1B

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

L'analyse technico-économique de ce scénario est synthétisée dans le tableau suivant :

Aspect foncier	Intercepteur enterré → coût foncier réduit Création d'un ouvrage de réception des eaux de la Ravine des Jacques → acquisition de 100 m² environ de terres agricoles Elargissement du lit de la Ravine Bertin → acquisition de 3 500 m² environ de terres agricoles
Aspect financier	Coût du scénario évalué à 3,2 M€ HT (hors maîtrise d'œuvre, acquisitions foncières et investigations complémentaires)
Aspect environnemental	Lit de la Ravine Bertin classée en EBC (espace boisé classé) même si actuellement le lit est dénué de toute végétation (culture de la canne jusqu'en bordure du lit) → l'élargissement du lit sera l'occasion de végétaliser et ensemercer le lit
Aspect réglementaire	Le classement de la Ravine Bertin en EBC implique théoriquement l'élaboration d'un dossier de défrichement. Or, comme le lit est dénué de toute végétation et qu'il est en revanche envisagé sa végétalisation dans le cadre du projet, il est proposé de rédiger une note à l'attention de la DAAF décrivant le projet dans son ensemble. Par ailleurs, le lit des ravines Bertin et des Jacques ne sont ni inclus dans le DPF (Domaine Public Fluvial) ni dans le DPE (Domaine Privé de l'Etat) → a priori, pas de dossier au titre du Code de l'Environnement (à confirmer avec la DEAL)
Aspect hydraulique	Risque de déstabilisation du lit de la Ravine Bertin à moyen terme → surveillance de l'évolution à prévoir avec intervention le cas échéant

3.4.2. Scénario n°2

Ce scénario reprend la base du scénario n°1A, à savoir une dérivation partielle des débits de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin, à laquelle on adjoint un aménagement dans le centre-ville pour supprimer tout débordement jusqu'à une période de retour 100 ans.

Dans la mesure où il apparaît impossible de porter la capacité de l'ouvrage-cadre existant à 25 m³/s⁷, dans un contexte fortement contraint (urbanisation dense et traversées de réseaux AEP et EU notamment), il est préconisé la réalisation d'un nouvel ouvrage-cadre sur un linéaire de 600 m. Cet ouvrage débiterait en parallèle de l'ouvrage existant puis cheminerait sous l'avenue F. Mitterrand, la rue A. Abeillard, la rue J. Baillif et enfin la rue H. Piot avant de rejoindre l'océan (cf. figure page suivante).

⁷ Débit centennal à l'exutoire déterminé au chapitre précédent

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE



Fig. 11. Dérivation de la Ravine des Jacques dans sa traversée de Sainte-Suzanne

Considérant le débit à évacuer ($\sim 14 \text{ m}^3/\text{s}$) et la topographie du terrain naturel sur ce parcours, l'ouvrage à mettre en œuvre doit disposer des dimensions suivantes :

- Section hydraulique : 3 m^2 minimum soit largeur de 2,00 m et hauteur de 1,50 m ;
- Pente longitudinale : 2 % sur 200 m puis 5,3 % sur les 105 m suivants et enfin 1,7 % jusqu'à la rue du 20 décembre.

Au-delà de cette rue, l'ouvrage est prolongé sur 60 m par un fossé naturel penté à 1 %.

La figure présentée page suivante illustre le profil en long de cet ouvrage.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

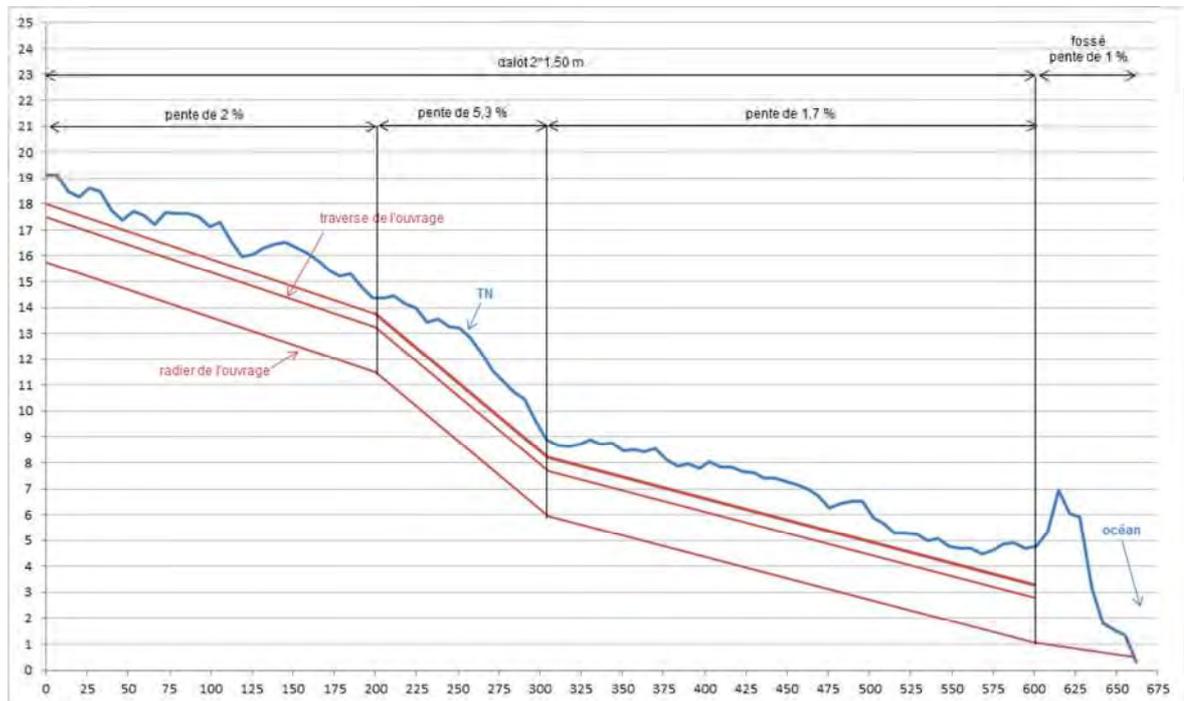


Fig. 12. Profil en long du nouvel ouvrage de la Ravine des Jacques dans sa traversée de Sainte-Suzanne (scénario n°2)

L'analyse technico-économique de ce scénario est synthétisée dans le tableau suivant :

Aspect foncier	Intercepteur enterré → coût foncier très réduit Elargissement du lit de la Ravine Bertin → acquisition de 3 000 m² environ de terres agricoles Implantation du nouvel ouvrage-cadre sur terrains publics → absence d'acquisition foncière
Aspect financier	Coût du scénario évalué à 7,6 M€ HT (hors maîtrise d'œuvre, acquisitions foncières, investigations complémentaires et déplacements réseaux existants)
Aspect environnemental	Lit de la Ravine Bertin classée en EBC (espace boisé classé) même si actuellement le lit est dénué de toute végétation (culture de la canne jusqu'en bordure du lit) → l'élargissement du lit est l'occasion d'ensemencer et de végétaliser le lit
Aspect réglementaire	Le classement de la Ravine Bertin en EBC implique théoriquement l'élaboration d'un dossier de défrichement. Or, comme le lit est dénué de toute végétation et qu'il est en revanche envisagé sa végétalisation dans le cadre du projet, il est proposé de rédiger une note à l'attention de la DAAF décrivant le projet dans son ensemble. Par ailleurs, le lit des ravines Bertin et des Jacques ne sont ni inclus dans le DPF (Domaine Public Fluvial) ni dans le DPE (Domaine Privé de l'Etat) → a priori, pas de dossier au titre du Code de l'Environnement (à confirmer avec la DEAL). Le littoral de Sainte-Suzanne (où est envisagé le fossé dans le prolongement de l'ouvrage-cadre) est classé en EBC. Bien qu'il n'y ait ni arbres ni arbustes, des pieds de patates à durand sont recensés → dossier de défrichement et réalisation de

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

	<p>plantations en mesure d'accompagnement potentiellement nécessaires (à confirmer avec la DAAF et la DEAL).</p> <p>La partie aval de l'ouvrage-cadre et le fossé sont implantés dans le DPM (Domaine Public Maritime) → dossier réglementaire exigé</p>
Aspect hydraulique	<p>Risque potentiel de déstabilisation du lit de la Ravine Bertin et au niveau du nouveau rejet sur le littoral → surveillance de l'évolution à prévoir avec intervention le cas échéant</p>

3.4.3. Scénario n°3

Dans ce scénario, aucune dérivation de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin n'est envisagée. L'intégralité du débit généré par le bassin versant parvient donc à l'ouvrage-cadre existant qui, comme évoqué au scénario précédent, ne peut être raisonnablement réaménagé.

Dès lors, un nouvel ouvrage destiné à intercepter le surplus de débit est nécessaire et chemine, tel que proposé au scénario n°2, sur 600 m depuis la cascade Paul et Virginie jusqu'à l'océan en passant par les voies publiques existantes.

Le débit centennal étant de 22 m³/s (en entrée d'ouvrages), c'est donc 18,5 m³/s qui doivent être repris par le nouvel ouvrage⁸. Sa pente longitudinale reste conforme à celle décrite au scénario n°2 mais sa section hydraulique est logiquement augmentée pour accepter le débit : 3,4 m² mini soit une largeur de 2,25 m et une hauteur de 1,50 m.

Comme précédemment, l'ouvrage est prolongé sur son extrémité aval (60 m) par un fossé naturel penté à 1 %.

L'analyse technico-économique de ce scénario est synthétisée dans le tableau suivant :

Aspect foncier	Implantation du nouvel ouvrage-cadre sur terrains publics → absence d'acquisition foncière
Aspect financier	Coût du scénario évalué à 6,6 M€ HT (hors maîtrise d'œuvre, investigations complémentaires et déplacements réseaux existants)
Aspect environnemental	/
Aspect réglementaire	<p>Le littoral de Sainte-Suzanne (où est envisagé le fossé dans le prolongement de l'ouvrage-cadre) est classé en EBC. Bien qu'il n'y ait ni arbres ni arbustes, des pieds de patates à durand sont recensés → dossier de défrichement et réalisation de plantations en mesure d'accompagnement potentiellement nécessaires (à confirmer avec la DAAF et la DEAL).</p> <p>La partie aval de l'ouvrage-cadre et le fossé sont implantés dans le DPM (Domaine Public Maritime) → dossier réglementaire exigé</p>
Aspect hydraulique	/

⁸ Le débit de 22 m³/s se répartit de la façon suivante : 3,5 m³/s vers l'ouvrage existant (auquel s'ajoute le débit du BV urbain) et 18,5 m³/s vers le nouvel ouvrage.

3.5. ANALYSE COUT / BENEFICE DES SCENARIOS

Ce volet a pour objectif d'élaborer, pour chacun des scénarios décrits au chapitre précédent, une analyse coût-bénéfice (ACB) qui constitue une aide à la décision publique. Cette analyse s'est appuyée sur la guide CEPRI⁹ et repose sur une définition de la rentabilité économique des scénarios où sont mis en corrélation :

- Les **coûts**, liés à l'investissement de départ, à l'entretien et au fonctionnement de l'aménagement ;
- Et les **bénéfices** qui correspondent aux dommages évités à chaque crue grâce à ces aménagements.

Précisons toutefois que deux types de dommages sont théoriquement à distinguer :

- Les dommages tangibles qui correspondent à des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire (dégradation de l'habitat, des entreprises) ;
- Les dommages intangibles (stress, pollution, etc.) qui sont des effets difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances.

Dans le cas présent, nous nous intéressons donc aux dommages tangibles qui sont appréciés selon 4 méthodologies différentes en fonction du type d'enjeu concerné :

- **Pour l'habitat**, utilisation des courbes de JP Torterotot. Ces courbes ont été établies en 1993 dans le cadre d'un travail de thèse et permettent de calculer le coût des dommages à une habitation en fonction des caractéristiques de l'aléa (hauteur d'eau et type de crue : lente ou rapide) et des caractéristiques de l'habitat et de sa vulnérabilité (présence ou non d'un sous-sol, déplacement ou non du mobilier) ;
- **Pour les activités économiques**, la prise en compte d'un ratio fonction du montant total des dommages à l'habitat et représentatif d'un territoire peu industrialisé est proposée. Le rapport retenu, entre dommages à l'habitat et dommages aux activités, est de 60/40. Précisons toutefois que l'utilisation de ce ratio est valable pour un territoire comportant un minimum d'activités économiques. Or, dans le cas présent, seuls 10 % d'activités économiques ont été relevés contre 90 % d'habitat si bien qu'il est finalement considéré ici un montant de dommage nul (5 activités économiques sont recensées dans l'emprise inondable) ;
- **Pour les ERP** (équipements et établissements recevant du public), un endommagement surfacique forfaitaire de 100 €/m² de bâtiments publics sous l'eau est retenu ;
- **Pour les voiries**, utilisation d'un coût de dommage dépendant de la vitesse d'écoulement.

Afin de juger au plus juste l'intérêt économique des scénarios qui assurent la protection du quartier Jacques Cargot en plus du centre-ville de Sainte-Suzanne (scénarios n°1A, 1B et 2), nous avons recensé chaque enjeu (en termes de type et de nombre) exposé aux débordements. La liste est présentée sur le tableau n°6 fourni page suivante.

Les enjeux ont été déterminés pour quatre événements de crue distincts (T = 10, 20, 30 et 100 ans) et à partir de résultats de calculs hydrauliques simplifiés et de la base de données de l'AGORAH qui ont été vérifiés et complétés au besoin par une reconnaissance de terrain.

⁹ CEPRI (Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation). "Guide de l'ACB à l'usage des Maîtres d'Ouvrage et de leurs partenaires" (novembre 2011) et ses annexes techniques

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

Tabl. 6 - Type et nombre d'enjeux exposés (état actuel)

		Habitat	ERP	Voirie
Pour ACB scénarios n°1A, 1B et 2	T = 10 ans	31	4	5
	T = 20 ans	34	4	6
	T = 30 ans	67	8	7
	T = 100 ans	76	8	7
Pour ACB scénario n°3	T = 10 ans	19	4	5
	T = 20 ans	20	4	6
	T = 30 ans	49	8	7
	T = 100 ans	54	8	7

Les dommages pour chacun de ces enjeux ont été évalués selon la méthodologie précédemment décrite. Ils sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tabl. 7 - Dommages sur les enjeux (état actuel)

		Dommages en K€			
		Habitat	ERP	Voirie	Total
Pour ACB scénarios n°1A, 1B et 2	T = 10 ans	826	120	77	1 023
	T = 20 ans	916	120	82	1 118
	T = 30 ans	1 730	385	145	2 260
	T = 100 ans	2 013	385	160	2 558
Pour ACB scénario n°3	T = 10 ans	500	120	77	697
	T = 20 ans	535	120	82	737
	T = 30 ans	1 240	385	145	1 770
	T = 100 ans	1 415	385	160	1 960

A ce jour, le Dommage Moyen Annuel (DMA) peut être ainsi évalué entre 160 000 et 221 000 €/an selon prise en compte ou non des enjeux présents sur le quartier Jacques Cargot.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition
RAPPORT PROVISOIRE

3.5.1. ACB liée au scénario n°1A

Pour mémoire, le coût de réalisation de ce scénario a été évalué à 1,35 M€ HT.

Avec sa mise en œuvre, le nombre d'enjeux affectés par les différents événements de crue (incluant le quartier Jacques Cargot) sont les suivants :

Tabl. 8 - Type et nombre d'enjeux exposés sur la Ravine des Jacques (scénario n°1A)

	Habitat	ERP	Voirie
T = 10 ans	20	2	4
T = 20 ans	29	4	5
T = 30 ans	32	4	6
T = 100 ans	63	8	6

Les dommages causés à ces enjeux par les inondations ont été appréciés selon la méthodologie évoquée au chapitre précédent et s'élèvent à :

- 536 K€ pour la crue de période de retour 10 ans ;
- 876 K€ pour la crue de période de retour 20 ans ;
- 970 K€ pour la crue de période de retour 30 ans ;
- 2 008 K€ pour la crue de période de retour 100 ans.

Considérant ce coût des dommages, le Dommage Moyen Annuel est donc estimé à 137 000 €/an.

Le bénéfice de l'aménagement appelé Dommage Evité Moyen Annuel (DEMA), et qui correspond à la soustraction du DMA "avec mesure" au DMA "sans mesure", est donc de 84 000 €/an.

Afin de juger de l'intérêt économique réel de la mesure de protection proposée, deux indicateurs doivent être déterminés :

- **La valeur actualisée nette (VAN)** qui permet de soustraire les coûts des bénéfices (dommages évités) de la mesure envisagée. Ainsi, si la VAN est positive, la mesure étudiée sur le périmètre géographique retenu et selon les enjeux et les dommages pris en compte est considérée comme pertinente d'un point de vue économique. La VAN est fonction du coût initial de la mesure, du DEMA, des coûts de fonctionnement du projet, de l'horizon temporel de la mesure (ici pris égal à 50 ans) et du taux d'actualisation (égal à 4 % par an durant les 30 premières années puis décroissant au-delà) :
- **Le rapport bénéfique sur coût actualisé (rapport B/C)** permet de rapporter les bénéfices d'une mesure (DEMA) à ses coûts. La mesure est économiquement pertinente si le rapport B/C est supérieur à 1.

Dans le cas du scénario n°1A, les valeurs obtenues pour ces deux indicateurs sont les suivants :

- VAN : +340 K€ ;
- Rapport B/C : 1,22.

Le scénario n°1A est donc économiquement pertinent.

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition

RAPPORT PROVISOIRE

3.5.2. ACB liée au scénario n°1B

Le coût de réalisation de ce scénario est évalué à 3,2 M€. Le nombre d'enjeux restant inondables en fonction de l'événement de crue est le suivant :

Tabl. 9 - Type et nombre d'enjeux exposés sur la Ravine des Jacques (scénario n°1B)

	Habitat	ERP	Voirie
T = 10 ans	-	-	-
T = 20 ans	4	-	4
T = 30 ans	10	2	4
T = 100 ans	20	4	6

Comme précédemment, les dommages causés à ces enjeux ont été appréciés selon la méthodologie évoquée au chapitre 3.5 et s'élèvent à :

- 120 K€ pour la crue de période de retour 20 ans ;
- 265 K€ pour la crue de période de retour 30 ans ;
- 645 K€ pour la crue de période de retour 100 ans.

Rappelons qu'avec ce scénario, le débit de la crue de période de retour 10 ans est désormais contenu.

Considérant le coût des dommages, le Dommage Moyen Annuel est estimé ici à 25 000 €/an.

Le bénéfice de l'aménagement (Dommage Evité Moyen Annuel) est donc de 196 000 €/an.

Enfin, les valeurs des indicateurs permettant de juger l'intérêt économique de ce scénario d'aménagement sont égales à +1 000 K€ pour la VAN et à 1,30 pour le rapport B/C.

Le scénario n°1B est donc économiquement pertinent.

3.5.3. ACB liée au scénario n°2

Pour mémoire, ce scénario d'aménagement permet d'écarter tout risque d'inondation du centre-ville par débordement de la Ravine des Jacques jusqu'à un événement de crue de période de retour 100 ans. En revanche, la dérivation partielle des eaux du bassin versant surplombant le quartier Jacques Cargot conduit à maintenir un écoulement au travers de ce dernier (pour des crues d'une période de retour supérieure à 5 ans) et par conséquent un risque d'inondation sur les habitations existantes (au nombre de 10 à 14 selon la fréquence de la crue).

Les dommages causés à ces enjeux s'élèvent à :

- 272 K€ pour la crue de période de retour 10 ans ;
- 272 K€ pour la crue de période de retour 20 ans ;
- 326 K€ pour la crue de période de retour 30 ans ;
- 381 K€ pour la crue de période de retour 100 ans.

Pour apprécier au mieux l'intérêt économique de ce scénario, il conviendrait également de prendre en considération le coût des dommages sur le centre-ville pour un événement de crue d'une période de retour supérieure à 100 ans (apparition de nouveaux débordements au-delà de cette

crue). **En première approche, le coût spécifique de ces dommages n'a pas été évalué et il a donc été considéré un bénéfice de ce scénario équivalent à 176 000 €/an** (hypothèse volontairement optimiste mais cohérente avec celle prise pour les deux précédents scénarios).

Considérant le coût de réalisation de ce scénario (7,6 M€), les valeurs des indicateurs permettant de juger son intérêt économique sont égales à -3 900 K€ pour la VAN et à 0,50 pour le rapport B/C.

Par conséquent, son intérêt économique est jugé non pertinent.

Remarque : la prise en considération de dommages pour des crues supérieures à la période de retour 100 ans conduirait à réduire encore l'intérêt économique de ce scénario.

3.5.4. ACB liée au scénario n°3

Il est important de rappeler que les travaux à réaliser dans le cadre de ce scénario permettent d'assurer seulement la protection du centre-ville de Sainte-Suzanne (le quartier Jacques Cargot reste donc inondable). L'analyse coût-bénéfice est donc exclusivement menée sur les enjeux du centre-ville.

Comme pour le scénario n°2, les aménagements sont dimensionnés pour une crue centennale si bien que de nouveaux débordements apparaîtront au-delà de cet événement. De la même manière, le coût des dommages lié à un événement exceptionnel est (en première approche) négligé et **le bénéfice du scénario est donc estimé à 160 000 €/an.**

Le coût de réalisation de ce scénario étant de 6,6 M€, les valeurs des indicateurs permettant de juger son intérêt économique sont donc évaluées à -3 150 K€ pour la VAN et à 0,53 pour le rapport B/C.

L'intérêt économique du scénario n°3 est dès lors jugé non pertinent.

4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Actuellement, une partie du centre-ville de Sainte-Suzanne est soumise au risque d'inondation par débordement de la Ravine des Jacques pour un événement de crue d'une période de retour comprise entre 5 et 10 ans. Celle-ci traverse en effet des zones urbaines à l'aide d'un ouvrage-cadre dont la capacité oscille entre 10 et 15 m³/s environ alors que le débit de fréquence centennale est évalué à près de 30 m³/s.

La présente étude avait donc pour objectif d'analyser plusieurs scénarios d'aménagement visant à assurer la protection du centre-ville vis-à-vis des crues de la Ravine des Jacques. Quatre scénarios ont ainsi fait l'objet d'une étude comparative dont trois permettent également de protéger tout ou partie du quartier Jacques Cargot (situé en amont de la RN 2) :

- **Scénario n°1A** : dérivation partielle des écoulements de la Ravine des Jacques (y compris bassin versant surplombant le quartier J. Cargot) vers la Ravine Bertin ;
- **Scénario n°1B** : dérivation totale des écoulements de la Ravine des Jacques (y compris bassin versant surplombant le quartier J. Cargot) vers la Ravine Bertin ;
- **Scénario n°2** : dérivation partielle de la Ravine des Jacques (cf. scénario 1A) et reprise de l'ouvrage-cadre dans la traversée de Sainte-Suzanne ;

Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques

Etude de définition
RAPPORT PROVISOIRE

- Scénario n°3 : reprise de l'ouvrage-cadre dans la traversée de Sainte-Suzanne (quartier J. Cargot non protégé).

Le tableau suivant synthétise les coûts d'investissement, le bénéfice vis-à-vis du risque d'inondation ainsi que les avantages et inconvénients de chacun de ces scénarios :

	Scénario n°1A	Scénario n°1B	Scénario n°2	Scénario n°3
Coût d'investissement	1,35 M€	3,2 M€	7,6 M€	6,6 M€
Bénéfice risque inondation	Réduction du risque inondation sur le centre-ville (T=10ans) et sur quartier J. Cargot	Réduction du risque inondation sur le centre-ville (T=20ans) et suppression du risque sur quartier J. Cargot	Suppression du risque inondation sur le centre-ville et réduction du risque sur quartier J. Cargot	Suppression du risque inondation sur le centre-ville
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux d'ampleur limitée, • Réduction de la fréquence d'inondation sur le quartier J. Cargot 	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux d'ampleur relativement limitée, • Protection totale du quartier J. Cargot, • Réduction de la fréquence d'inondation en centre-ville (par rapport au scénario n°1A) 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection totale du centre-ville, • Réduction de la fréquence d'inondation sur le quartier J. Cargot 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection totale du centre-ville
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de déstabilisation du lit de la Ravine Bertin, • Protection limitée contre les inondations 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque important de déstabilisation du lit de la Ravine Bertin, • Protection partielle contre les inondations du centre-ville 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé des travaux, • Difficulté de réalisation des travaux en centre-ville (sous chaussée existante – présence de réseaux) • Risque de déstabilisation du lit de la Ravine Bertin 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé des travaux, • Difficulté de réalisation des travaux (sous chaussée existante – présence de réseaux), • Absence de protection du quartier J. Cargot

Par ailleurs, chacun de ces scénarios a fait l'objet d'une analyse coût-bénéfice visant à apprécier leur rentabilité économique. Pour mémoire, cette analyse met en corrélation les **coûts** d'investissement et de fonctionnement des aménagements et les **bénéfices** apportés par leur mise en œuvre (diminution voire suppression des dommages causés par les crues).

Il en est ressorti que les scénarios n°1A et 1B étaient jugés économiquement pertinents tandis que les scénarios N°2 et 3 le n'étaient pas. De ce strict point de vue, le classement suivant peut donc être proposé :

1. Scénario n°1B,
2. Scénario n°1A,
3. Scénario n°3,
4. Scénario n°2.