



# Etude complémentaire pour la protection Sainte Suzanne contre les inondations

ANALYSE HYDRAULIQUE D'UNE DERIVATION TOTALE DES BV  
AMONT DU CHEMIN DROZIN VERS LA RAVINE BERTIN

## 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



2	Correction commune	03/2018	LDd	CHe	
1	Version initiale	02/2018	LDd	CHe	
<i>INDICE</i>	<i>OBJET DE LA MODIFICATION</i>	<i>DATE</i>	<i>VISA EMETTEUR</i>	<i>VISA DIRECTEUR BRANCHE</i>	<i>VISA DIRECTEUR QUALITE</i>

## SOMMAIRE

1.	OBJECTIF ET CONTEXTE	1
2.	ANALYSE HYDROLOGIQUE	3
2.1.	DECOUPAGE EN BASSINS VERSANTS ET POINTS DE CALCUL	3
2.2.	DONNEES METEOROLOGIQUES	5
2.3.	DETERMINATION DES DEBITS CARACTERISTIQUES	5
2.4.	RESULTATS	6
2.4.1.	Bassin versant de la Ravine Bertin – état actuel	6
2.4.2.	Bassin versant de la Ravine Bertin – état avec intercepteur amont	6
2.4.3.	Caractérisation des écoulements en crue centennale	7
2.4.4.	Analyse des écoulements pour l'état actuel	11
2.4.5.	Analyse des écoulements pour le débit projeté	15
2.5.	DEFINITION DES MESURES DE PROTECTION	17
2.6.	ESTIMATION DES AMENAGEMENTS	20

Annexe A. **Projet de dérivation d'eaux pluviales vers la ravine Bertin** - Analyse géomorphologique du lit de la ravine Bertin - Rapport 17 MG 04 - Novembre 2017 - MASCAREIGNES GEOLOGIE 21

Annexe B. Travaux de protection du centre-ville contre les inondations liées aux crues de la Ravine des Jacques - ETUDE DE DEFINITION – ARTELIA – Octobre 2016 22

## TABLEAUX

TABL. 1 - CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS AUX POINTS DE CONTROLE	5
TABL. 2 - COEFFICIENTS DE MONTANA FOURNIS	5
TABL. 3 - COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT POUR LES CULTURES	6
TABL. 4 - DEBITS GENERES SUR LA RAVINE BERTIN ETAT INITIAL	6
TABL. 5 - DEBITS GENERES SUR LA RAVINE BERTIN ETAT PROJET	6
TABL. 6 - HAUTEURS D'EAU ET VITESSES DANS LE RAVINE BERTIN ETAT INITIAL ET ETAT PROJET	10
TABL. 7 - HAUTEURS D'EAU ET VITESSES DANS LE RAVINE BERTIN ETAT INITIAL ET ETAT PROJET	15

## FIGURES

FIG. 1. PLAN DE SITUATION	1
FIG. 2. DECOUPAGE DES BASSINS VERSANTS	4
FIG. 3. REPRESENTATION DE LA CHARGE SUR UNE PILE DE PONT	7
FIG. 4. REPERAGE DES PROFILS EN TRAVERS	8
FIG. 5. PROFIL EN LONG GEOLOGIQUE DE LA RAVINE BERTIN (EXTRAIT ETUDE MASCAREIGNES GEOLOGIE)	9

## PHOTOGRAPHIES

PHOTO.-1. EXEMPLE D'APPROFONDISSEMENT DU LIT MINEUR	11
PHOTO.-2. EXEMPLE DE DESTABILISATION DES BERGES	12
PHOTO.-3. DEPOTS DE MATERIAUX SOUS L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DE LA RN2	12
PHOTO.-4. EROSION SOUS GABION DE PROTECTION ET DE STABILISATION DE LA DECHARGE	13
PHOTO.-5. ARRIVEE D'EAU PROVENANT DE LA DECHARGE ET DESTABILISANT LA BERGE	13
PHOTO.-6. OUVRAGES A REPENDRE (CHEMIN MARENCOURT ET CHEMIN DE CANNE)	14
PHOTO.-7. ABSENCE DE LIT MINEUR MARQUE	14

## 1. OBJECTIF ET CONTEXTE

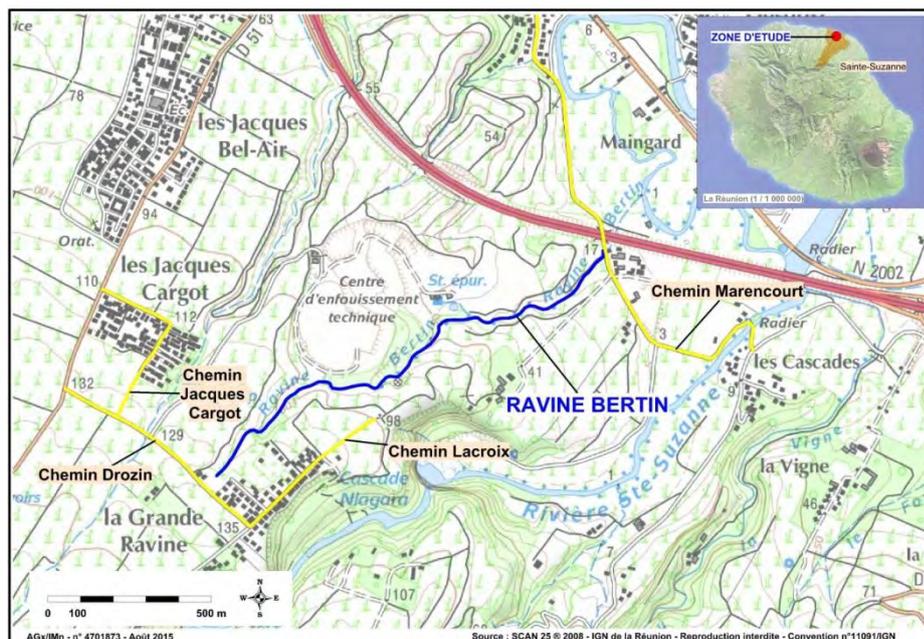
En 2016, la commune de Sainte Suzanne a confié au bureau d'études ARTELIA, une étude sur le fonctionnement du dalot de traversée du Centre-ville et sur les travaux à réaliser afin de maîtriser les risques de son débordement.

Cette étude est décomposée en deux phases :

- Phase 1 : Etude comparative des solutions possibles,
- Phase 2 : programme détaillé des travaux.

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 ont été étudiés :

Fig. 1. Plan de situation



- 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. Détaillé en deux sous scénarios ;
  - 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).
- Scénario n°2 : mise en œuvre d'un intercepteur tel que proposé au scénario n°1a accompagné d'une reprise de l'ouvrage-cadre du centre-ville. 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 ;

- Scénario n°3 : reprise de l'ouvrage-cadre du centre-ville. 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.

Il est apparu en cours d'étude que le scénario complémentaire (1bis) intégrant une dérivation totale de la Ravine Jacques Cargot et de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin pouvait apparaître comme étant le scénario présentant le meilleur ratio cout / bénéfice.

Cependant, dans ce scénario, le débit transféré vers la Ravine Bertin devient très conséquent et nécessite notamment des études et investigations complémentaires sur les risques de déstabilisation du lit de ce cours d'eau et plus globalement une caractérisation de ses impacts sur l'aléa inondation de la zone.

Les investigations complémentaires ont porté sur les points suivants :

- Levés topographiques réalisés par le cabinet Mechy / Broyon en juillet 2017 ;
- Analyse géomorphologique du lit de la ravine Bertin réalisé par Marc Cruchet et présenté en annexe ;
- Analyse hydraulique intégrant les conclusions des points précédents et propositions d'aménagements faisant l'objet du présent rapport.

## 2. ANALYSE HYDROLOGIQUE

### 2.1. DECOUPAGE EN BASSINS VERSANTS ET POINTS DE CALCUL

Les études antérieures, les reconnaissances de terrain ainsi que les documents cartographiques en notre possession, ont permis de réaliser un découpage du secteur d'étude en sous-bassins versants.

Chacun de ces bassins et sous bassins versants est associé à un nœud de calcul dont il porte le nom.

De façon générale, les nœuds de calcul correspondent à des ouvrages hydrauliques spécifiques, ou à des points d'apports de débit vers des secteurs à enjeux, voire à des nœuds hydrographiques.

Pour les besoins de l'étude, le bassin versant de la Ravine Bertin a été découpé en bassins versants intermédiaires afin d'optimiser le dimensionnement des ouvrages.

Les bassins versants sont :

- Le Bassin versant de la Ravine de Jacques dont le projet prévoit son dévoiement intégral vers la Ravine Bertin ;
- Les BV de la Ravine Bertin incluant :
  - Le BV amont situé en amont du chemin Drozin ;
  - Le BV inter 1 qui reprend essentiellement les champs de cannes et les logements entre le chemin Drozin aval et le chemin Lacroix ;
  - Le BV inter 2 qui reprend majoritairement la décharge ;
  - Le BV inter 3 qui reprend la fin de la décharge, la STEP des Trois Frères, jusqu'à la RN2 et le chemin Marencourt.

La figure ci-dessous présente ce découpage.

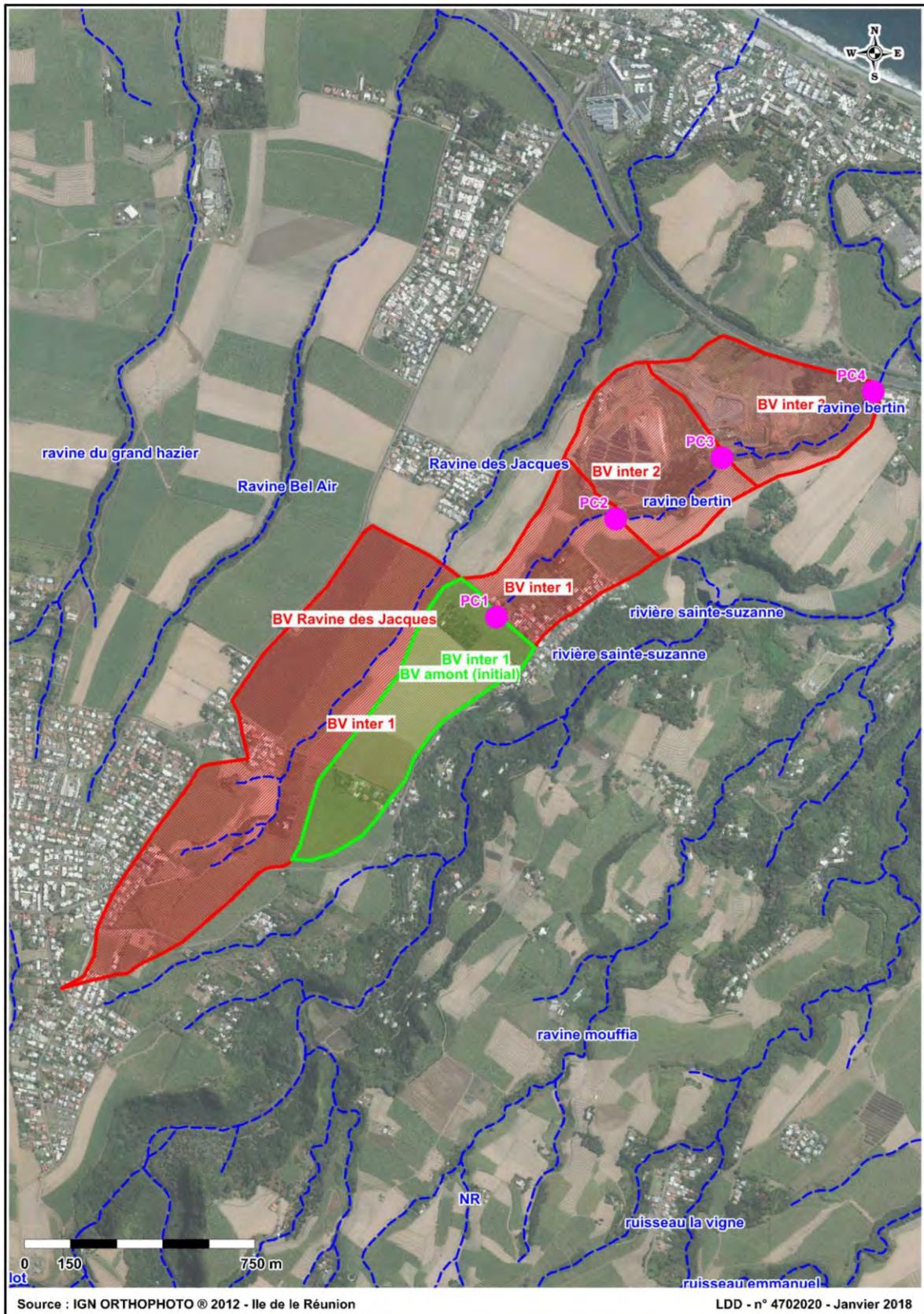
En aval de chaque sous bassin versant des point de contrôle ont été mis en place le long de la Ravine Bertin pour estimer les débits.

Ainsi ;

- PC 1 : intègre les débits issus des BV amont ;
- PC 2 : intègre les débits issus des BV amont + BV inter 1 ;
- PC 3 : intègre les débits issus des BV amont + BV inter 1 + BV inter 2 ;
- PC 4 : intègre les débits issus des BV amont + BV inter 1 + BV inter 2 + BV inter 3 ;

Dans le tableau ci-après, il est présenté les caractéristiques de BV au niveau des sections de contrôle. L'état actuel correspond aux écoulements sans la Ravine de Jacques et l'état projet correspond à l'état après dérivation totale de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin.

Fig. 2. Découpage des bassins versants



Tabl. 1 - Caractéristiques des bassins versants aux points de contrôle

BASSIN VERSANT	SURFACE (HECTARES)		PLUS LONG PARCOURS HYDRAULIQUE EN M		ALTITUDE MAXIMUM EN M.NGR	ALTITUDE MINIMUM EN M.NGR	PENTE MOYENNE PONDEREE EN M/M	TEMPS DE CONCENTRATION RETENU EN MINUTE	
	ACTUEL	PROJET	ACTUEL	PROJET				ACTUEL	PROJET
PC 1	24	80	1000	2000	274	129	7.25	12	19
PC 2	40	96	1540	2540	274	87	7	12	20
PC 3	62	118	1980	2980	274	40	8	16	20
PC4	83	139	2600	3600	274	30	6.8	20	23

## 2.2. DONNEES METEOROLOGIQUES

Le Guide sur les Modalités de Gestion des Eaux Pluviales à la Réunion, réalisé par la DEAL en 2012, a été utilisé pour déterminer les données pluviométriques régionalisés.

Selon la carte du zonage pluviométrique simplifié, les parcelles d'étude se trouvent en zone 1 et 2 et les coefficients de Montana retenus pour une pluie décennale horaire sont donc :

Tabl. 2 - Coefficients de Montana fournis

	Zone	Coefficient A	Coefficient B
Zone d'étude et bassins versants	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 (d'après le guide de la DEAL) ;
- T la période de retour en année.

## 2.3. DETERMINATION DES DEBITS CARACTERISTIQUES

Au vu de la nature des bassins versants étudiés sur la zone de projet, notamment en termes de superficie, d'occupation du sol et de pente des bassins versants, la détermination des débits de projet est réalisée au moyen de la formule rationnelle :

$$Q = \frac{C * i * A}{3,6}$$

Où :

- Q = débit en m<sup>3</sup>/s ;
- C = coefficient de ruissellement du bassin versant ;
- i = intensité pluviométrique relative au temps de concentration du bassin, exprimée en mm/h ;

- A = superficie du bassin en km<sup>2</sup>.

Les coefficients de ruissellement pour les espaces naturels pris en compte pour déterminer les débits sont les suivants (source GEDC – terrain naturel) :

Tabl. 3 - Coefficient de ruissellement pour les cultures

Temps de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
C <sub>ruissellement</sub>	0,40	0,60	0,65	0,75	0,80

Pour les surfaces de voiries et les habitations, le coefficient de ruissellement est égal à 0,9.

## 2.4. RESULTATS

### 2.4.1. Bassin versant de la Ravine Bertin – état actuel

Le découpage en bassin versant est précisé sur la figure précédente (cf. Fig. 2).

Les débits générés sur la Ravine Bertin pour différentes période de retour sont les suivants :

Tabl. 4 - Débits générés sur la Ravine Bertin état initial

Bassin Versant	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]
PC 1	3.9	4.9	6.0	9.3
PC 2	6.5	8.2	10.0	15.6
PC 3	9.2	11.5	14.1	21.9
PC4	11.4	14.3	17.5	27.3

### 2.4.2. Bassin versant de la Ravine Bertin – état avec intercepteur amont

Le découpage en bassin versant est précisé sur la figure précédente (cf. Fig. 2).

Les débits générés sur la Ravine Bertin pour différentes période de retour sont les suivants :

Tabl. 5 - Débits générés sur la Ravine Bertin état projet

Bassin Versant	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]
PC 1	11.2	14.0	17.2	26.7
PC 2	13.2	16.6	20.3	31.5
PC 3	16.3	20.4	24.9	38.8
PC4	18.3	22.9	28.0	43.6

### 2.4.3. Caractérisation des écoulements en crue centennale

#### Capacité par la méthode de Strickler

La capacité d'évacuation est déterminée en régime uniforme sur la base du niveau de charge hydraulique atteint en crue.

Cette hypothèse de dimensionnement se justifie par les caractéristiques homogènes de l'ouvrage (pente régulière, rugosité homogène).

La formule exploitée (Manning-Strickler) est la suivante :

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Où : Q = débit (m<sup>3</sup>/s) ;

- K<sub>s</sub> = Coeff. Strickler (rugosité en m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup>) = 25 ;
- S = section mouillée (m<sup>2</sup>) ;
- R<sub>h</sub> = Rayon hydraulique (m) ;
- I = pente moyenne minimum (m/m) = 1%.

#### Explication du niveau de charge

Cependant, les résultats indiquent des niveaux de charge importants et non négligeables dus aux fortes vitesses des écoulements. **En plus du respect du règlement PPR, il est fortement conseillé de prendre en compte ces niveaux de charge dans la conception du projet.**



Fig. 3. Représentation de la charge sur une pile de pont

#### Topographie prise en compte

Les calculs hydrauliques ont été effectués pour chaque profil en travers levés lors de la mission topographique réalisé dans le cadre de cette étude.

Le repérage des profils, ainsi que le repérage du zonage issu de l'étude géologique, est précisé sur la figure page suivante.

Les résultats de ces calculs sont fournis dans le tableau suivant (cf. Fig. 5 page 9) :

Etude complémentaire pour la protection Sainte Suzanne contre les inondations  
 Analyse hydraulique d'une dérivation totale des BV amont du chemin Drozin vers la Ravine Bertin  
 Bertin  
**RAPPORT PROVISOIRE**

Fig. 4. Repérage des profils en travers

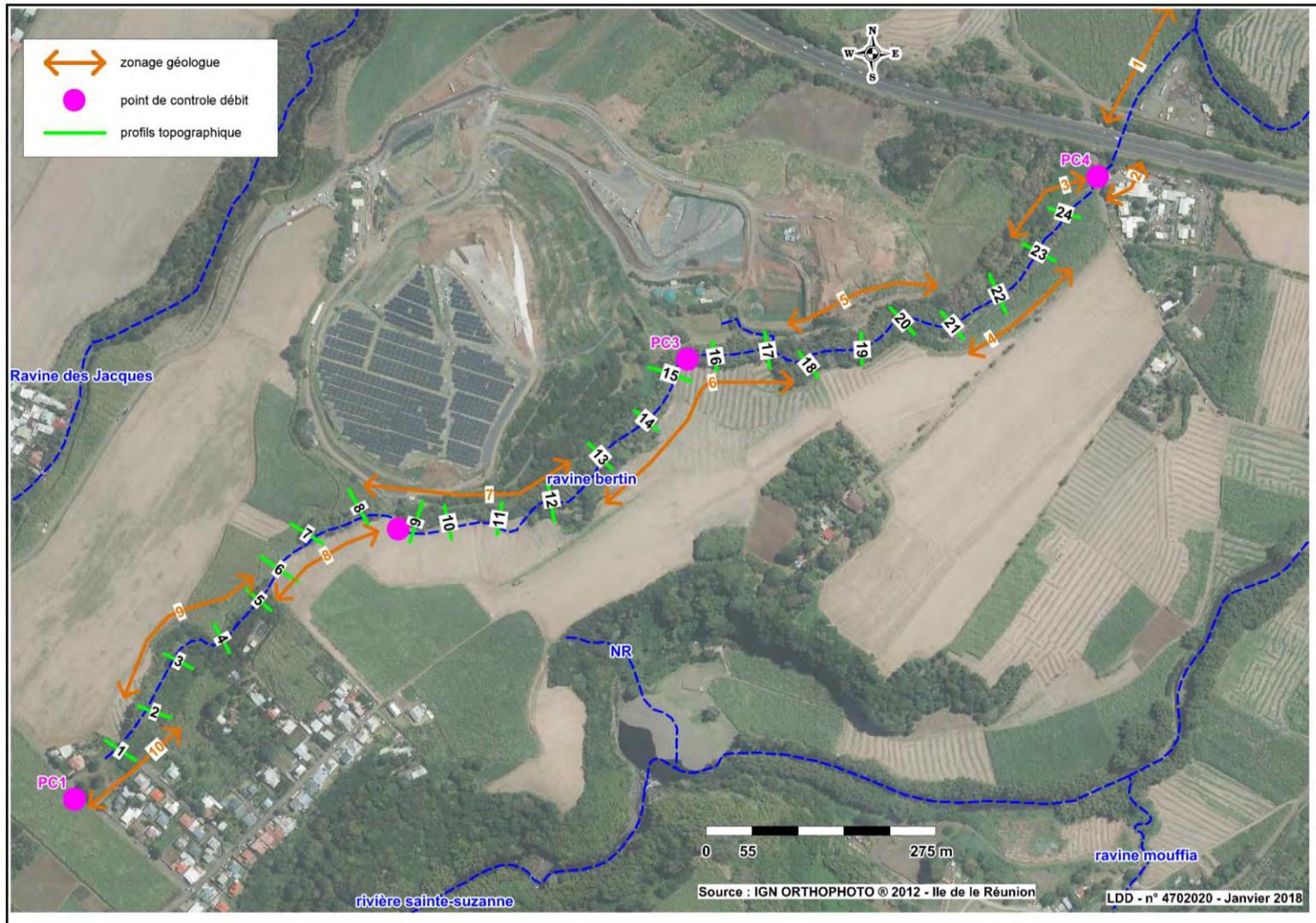
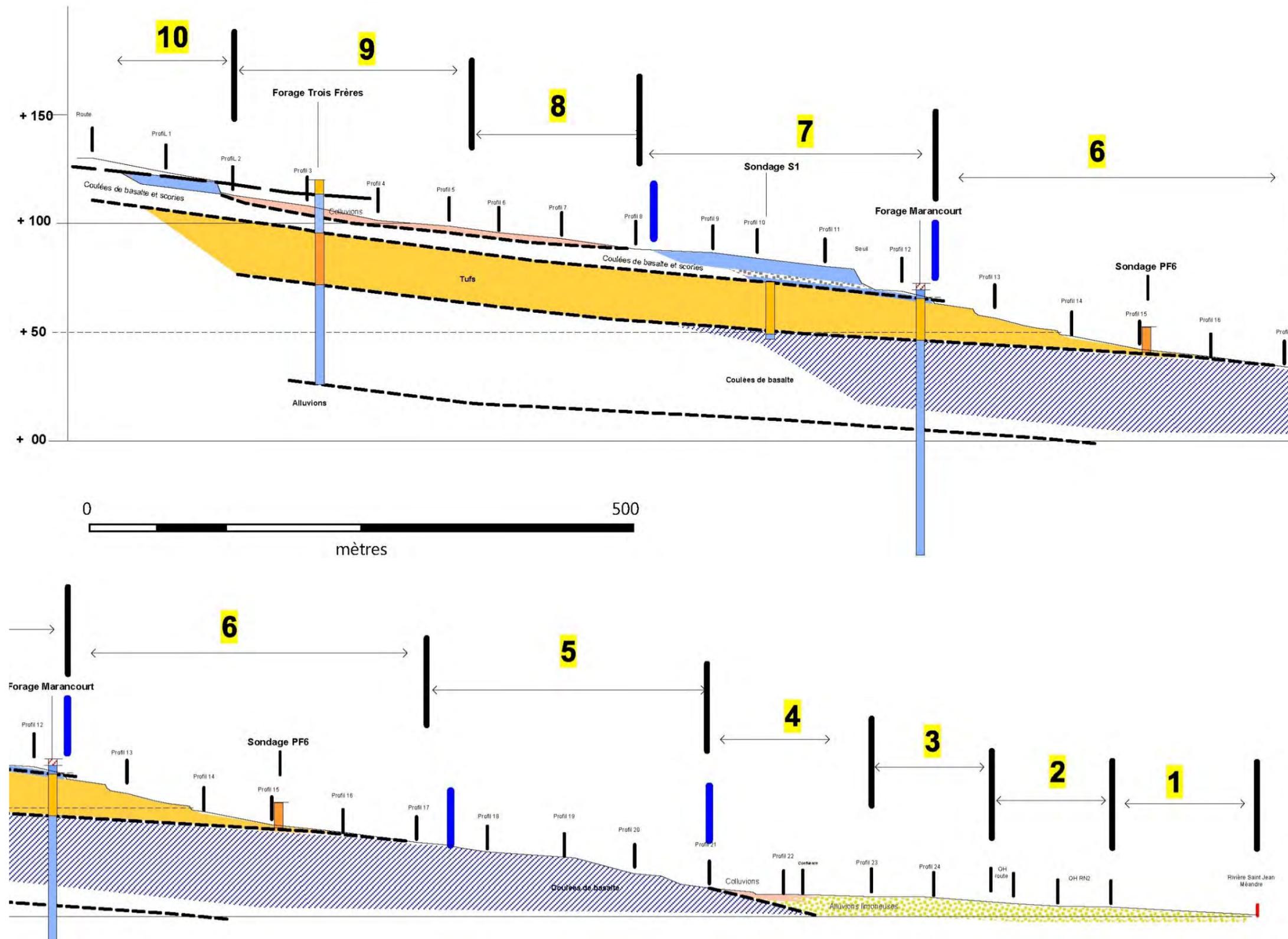


Fig. 5. Profil en long géologique de la ravine Bertin (extrait étude Mascareignes Géologie)



Tabl. 6 - Hauteurs d'eau et vitesses dans le Ravine Bertin état initial et état projet

Point de contrôle débit	Profil	Pente	Débit initial et projet (m³/s)	Initial						Projet					
				Hauteur uniforme	Hauteur Critique	Charge max	Vitesse rive gauche	Vitesse lit mineur	Vitesse Rive droite	Hauteur uniforme	Hauteur Critique	Charge max	Vitesse rive gauche	Vitesse lit mineur	Vitesse Rive droite
				m	m	m	m/s	m/s	m/s	m	m	m	m/s	m/s	m/s
PC2	P01	15,5%	16/32	0,43	0,61	1,03	1,5	4	1,2	0,61	0,89	1,54	1,9	5,2	1,6
	P02	15,5%	16/32	0,93	1,41	2,58	0,3	5,8	1,1	1,28	2,1	3,91	0,8	7,6	1,5
	P03	7,2%	16/32	1,34	1,48	1,85	1,3	4,4	1	1,68	1,85	2,34	1,9	5,6	1,5
	P04	7,2%	16/32	1,85	2,24	2,95	0	4,7	0,6	2,48	2,93	3,89	1	5,7	0,8
	P05	7,2%	16/32	1,04	1,21	1,61	1,2	4,7	1,2	1,39	1,6	2,11	1,6	5,9	1,7
	P06	5,2%	16/32	1,32	1,28	1,55	1,1	4,1	1,5	1,67	1,61	1,98	1,5	5	2
	P07	5,2%	16/32	1,58	1,52	1,8	0,9	3,8	1,5	1,95	1,87	2,27	1,3	4,6	1,9
	P08	5,2%	16/32	1,42	1,36	1,64	0	3,4	1,5	1,76	1,7	2,1	0,4	4,1	2
	P09	5,2%	16/32	1,14	1,15	1,37	0,7	3,6	1,1	1,44	1,41	1,75	0,7	4,4	1,6
PC3	P10	5,2%	22/39	1,31	1,26	1,54	0,1	3,8	1,4	1,61	1,54	1,91	0,7	4,6	1,7
	P11	5,2%	22/39	1,05	1,07	1,32	0,6	3,7	1,3	1,32	1,31	1,68	0,9	4,4	1,7
	P12	12,7%	22/39	1,29	1,68	2,52	0	4,9	0	1,59	2,19	3,43	0	6	0
	P13	12,7%	22/39	1,91	2,34	3,25	0	5,1	0	2,27	2,85	4,01	0	5,8	0
	P14	6,7%	22/39	1,76	2,06	2,84	0	4,6	0	2,32	2,88	3,73	0	5,3	0
	P15	6,7%	22/39	2,28	2,44	2,87	1,2	4,9	1,1	2,69	2,82	3,28	1,6	5,7	1,8
PC4	P16	6,7%	27/43	1,78	2,26	2,82	0,7	4,6	0,2	2,08	2,53	3,44	1	5,5	0,8
	P17	6,7%	27/43	1,43	1,88	2,61	1,5	5,9	1,4	1,79	2,13	2,79	1,7	7	0,9
	P18	6,7%	27/43	1,75	1,96	2,43	1,2	5,2	0,9	2,05	2,23	2,73	1,7	6	1,5
	P19	6,7%	27/43	1,39	1,56	2	1,7	5,1	0,9	1,64	1,87	2,38	2	6	1,3
	P20	6,7%	27/43	1,46	1,89	2,72	1,5	5,4	0,8	1,82	2,33	3,35	1,4	6,5	1,2
	P21	3,3%	27/43	1,416	1,34	1,7	1,3	3,7	0	1,76	1,61	2,06	1,6	4,1	0
	P22	3,3%	27/43	1,77	1,62	1,99	0,7	3,8	1,3	2,09	1,87	2,36	0,7	4,3	1,6
	p23	3,3%	27/43	1,22	1,27	1,46	0,9	3,5	0,5	1,43	1,42	1,64	1,2	4	0,7
	P24	3,3%	27/43	1,09	1	1,16	1	2,5	0,8	1,22	1,09	1,31	1,1	2,9	1
PC4	Aval P24 – pas de sections topographiques														

#### 2.4.4. Analyse des écoulements pour l'état actuel

Préalablement à la comparaison entre l'état initial et l'état projet, l'analyse des résultats **pour l'état initial**, nous donne les premières indications suivantes sur l'état de la Ravine :

- Comme beaucoup de ravines à la Réunion, le débit est principalement contenu dans le lit mineur, seule la partie aval de son cours s'épanche en lit majeur (à partir du P23/P24) ;
- Les débordements sont courants au niveau du franchissement du chemin Marencourt (défaut de conception de l'ouvrage de franchissement), en aval de cet ouvrage les berges sont fortement déstabilisées (risque fort d'érosion au niveau des logements situés en RD). Lors de la submersion du chemin, une partie du débit retourne au lit mineur en aval, le reste suit le chemin et passe sous la RN via celui-ci ;
- Les vitesses d'écoulement dans ce lit mineur sont fortes à très fortes (entre 2,5 et 5,9 m/s) et nécessiteraient de mettre en œuvre des mesures de protection et de stabilisation du lit afin d'éviter l'érosion des berges et l'approfondissement du lit mineur ;
- Les débordements ainsi que les vitesses en lit majeur sont faibles (inf. à 2 m/s) et ne nécessitent pas de mesures spécifiques ;
- Ces résultats sont corroborés par les observations faites lors des diverses reconnaissances et reprises dans l'étude hydrogéomorphologique réalisée par Mascareignes Géologie (cf. annexe 1).
- Il apparait une très forte érosion du lit mineur et des berges qui ont déjà des conséquences sur :
  - L'approfondissement du lit mineur ;

*Photo.-1. Exemple d'approfondissement du lit mineur*



- La déstabilisation des berges et de la végétation présente ;

*Photo.-2. Exemple de déstabilisation des berges*



- Le transport solide très présent et qui induit un dépôt de matériaux important dans les ouvrages de franchissement aval ;

*Photo.-3. Dépôts de matériaux sous l'ouvrage de franchissement de la RN2*



- Il existe un risque fort de glissement des berges au droit du centre d'enfouissement des déchets pouvant avoir des conséquences importantes pour le site ;

*Photo.-4. Erosion sous gabions de protection et de stabilisation de la décharge*



- Des arrivées d'eaux non protégées en provenance de la décharge entraînant une déstabilisation complète du lit mineur ;

*Photo.-5. Arrivée d'eau provenant de la décharge et déstabilisant la berge*



- Des ouvrages de franchissement du chemin Marencourt et du chemin de canne en aval de la RN 2 à reprendre ;

*Photo.-6. Ouvrages à reprendre (Chemin Marencourt et chemin de canne)*



- Un lit mineur cultivé et absent dans le secteur amont nécessitant une reprise de celui-ci.

*Photo.-7. Absence de lit mineur marqué*



**Ces observations nécessitent, d'ores et déjà, la mise en place de mesure de stabilisation du lit mineur et des berges de la ravine sans tenir compte des apports complémentaires liés au projet.**

### 2.4.5. Analyse des écoulements pour le débit projeté

L'analyse des résultats **pour l'état projeté**, nous donne les indications suivantes :

- L'augmentation de débit est forte (quasi doublement du débit) ;
- Cependant, comme pour l'état initial, le débit est principalement contenu dans le lit mineur ;
- Les vitesses d'écoulement dans ce lit mineur sont fortes à très fortes (entre 2,9 et 7,6 m/s) et en augmentation. Elles nécessitent de mettre en œuvre des mesures de protection et de stabilisation du lit afin d'éviter l'érosion des berges et l'approfondissement du lit mineur ;
- Les débordements ainsi que les vitesses en lit majeur sont faibles (inf. à 2m/s) et ne nécessitent pas de mesures spécifiques autre qu'une végétalisation du site ;
- L'augmentation des niveaux de crue varie de 0,15 à 1,3 m, cependant la configuration de la ravine (très encaissée) fait que l'on n'observe pas d'augmentation notable de l'emprise de la zone inondable ;
- L'augmentation des vitesses d'écoulement dans le lit mineur ne nécessite pas d'augmentation des protections à mettre en œuvre par rapport aux protections nécessaires pour l'état actuel du site ;
- Les ouvrages de franchissement du chemin Marencourt et du chemin agricole sont à reprendre.

Les variations des niveaux de charge et des vitesses sont présentées ci-après.

Tabl. 7 - **Hauteurs d'eau et vitesses dans la Ravine Bertin** (état initial et état projet)

Profil	Débit initial et projet (m <sup>3</sup> /s)	Variation du niveau de charge max	Variation de la vitesse lit mineur
		m	m/s
P01	16/32	0,51	1,2
P02	16/32	1,33	1,8
P03	16/32	0,49	1,2
P04	16/32	0,94	1
P05	16/32	0,5	1,2
P06	16/32	0,43	0,9
P07	16/32	0,47	0,8
P08	16/32	0,46	0,7
P09	16/32	0,38	0,8
P10	22/39	0,37	0,8

Profil	Débit initial et projet (m <sup>3</sup> /s)	Variation du niveau de charge max	Variation de la vitesse lit mineur
		m	m/s
P11	22/39	0,36	0,7
P12	22/39	0,91	1,1
P13	22/39	0,76	0,7
P14	22/39	0,89	0,7
P15	22/39	0,41	0,8
P16	27/43	0,62	0,9
P17	27/43	0,18	1,1
P18	27/43	0,3	0,8
P19	27/43	0,38	0,9
P20	27/43	0,63	1,1
P21	27/43	0,36	0,4
P22	27/43	0,37	0,5
p23	27/43	0,18	0,5
P24	27/43	0,15	0,4
Moyenne		0,52	0,88
Max		1,33	1,80
Min		0,15	0,40

## 2.5. DEFINITION DES MESURES DE PROTECTION

L'analyse géotechnique a découpé le linéaire de la Ravine en 10 sections plus ou moins homogènes en termes de texture et de structure du sol.

A partir de cette analyse, Mascareignes Géologie a établi une série de recommandations présentée en annexe 2 de son rapport.

Sur la base des analyses effectuées dans le cadre de cette étude hydraulique et en complément des recommandations géotechniques, il est présenté ci-après les aménagements à mettre en œuvre afin de stabiliser le lit de la Ravine Bertin.

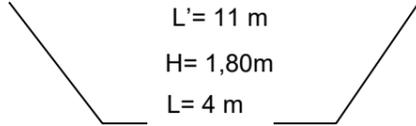
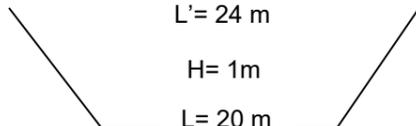
Ces aménagements, bien que dimensionnés pour l'état projet, sont nécessaires pour l'état initial sans que ceux-ci ne soient surdimensionnés pour cet état actuel.

Les aménagements sont présentés par section (cf. étude géologique et Fig. 4).

Compte tenu des fils d'eau de la ravine et des voiries (Delta de l'ordre de 2 m maximum), les ouvrages de franchissement (chemin Marencourt et chemin agricole aval RN2) ont été dimensionnés pour la crue décennale.

Au-delà de la crue de dimensionnement, les débordements conservent la dynamique actuelle telle que définie au chapitre 2.4.4.

Une reprise des berges et une protection du fond du lit en aval des ouvrages permettra de supprimer les désordres actuellement observés.

N°	MASCAREIGNES GEOLOGIE				ARTELIA					
	Nature lit	Erosion	Recommandations	Investigations complémentaires	Profils concernées – principales contraintes	Vitesse Max	Proposition d'aménagements	Section type proposées	Linéaire	Exemple de gabarit
1	Alluvions limoneuses	Berges instables, risques d'affouillement	Calibrer le lit Curage et entretien		Aval P24 – plaine agricole – pente faible – débit 27 m³/s en Q10	De l'ordre de 2 à 3 m/s en Q10	Si besoin, recalibrage du lit mineur avec mise en place de végétalisation – dimensionné pour Q10 débordement équivalent ZI actuel en Q100	Trapézoïdale végétalisée – 4 m en Q10	110 m maxi	
2	Béton/ alluvions limoneuses	Dysfonctionnement : érosion entre OH route et OH RN2 + atterrissement de matériaux	Redimensionner les ouvrages hydrauliques en aval et en amont de la RN2 et entretien		Aval P24 – pente faible – débit 23 m³/s en q10 et 44 m³/s en Q100		Reprise des ouvrages de franchissement avec stabilisation des berges et du fond en amont et en aval des ouvrages.	Dalot Rectangulaire dimensionné pour Q10	Longueur d'ouvrage 10 m puis 6 m	Q10 : L 6 m / H 1,5 m
3	Alluvions gravelo-limoneuses	Zone d'atterrissement et de divagation	Créer une plage d'atterrissement en amont de la route dans le fond du talweg		Amont P23 à chemin Marencourt	2 à 3,5 m/s	Elargissement de la section pour faire chuter la vitesse et favoriser les dépôts	Largeur en pied 20 m	100 m	
3.5 4	Colluvions argileuses à blocs et alluvions	Affouillement et érosion de berge	Stabilisation du lit par des seuils antiérosifs en aval des points de rejets d'eau notamment	Sondages pour reconnaître le toit des basaltes	Amont P21 à P23 – pente moyenne 2,7 % - Q100 44 m³/s	4 m/s	Mise en place de 4 seuils d'env. 0,5 m pour réduire la pente à 2 % et réduire l'entraînement des matériaux – matérialisation d'un lit mineur constant – protection des zones érodées	Largeur minimum de 5 m	Linéaire de 200 m env.	Seuil en gabions Recalibrage du lit mineur Protections de berges en enrochements aux arrivées externes Protection lit mineur en matelas Reno 0,17m si nécessaire
5	Basalte / colluvions	Divagation du lit (lit peu encaissé)	Calibrage du lit par déroctage et/ou stabilisation des berges par des ouvrages gabions		Amont P17 à P21 - pente moyenne de 6 à 7% - Q100 44 m³/s	4 à 7 m/s	matérialisation d'un lit mineur constant – mise en place de gabions pour stabiliser les berges	Largeur minimum de 5 m	Linéaire de 200 m env.	Recalibrage du lit mineur Protection et stabilisation des berges en gabion localement
6	Tufs recouverts par des colluvions argileuses et des remblais en rive gauche	Erosion très active, incision du lit et instabilités des berges	Stabilisation du lit et des berges par des dispositifs antiérosifs (gabions)	Sondages pour reconnaître le toit des basaltes	Amont P13 à P17 - pente moyenne de 6 à 7% - Q100 39 m³/s	6 à 7 m/s	matérialisation d'un lit mineur constant – mise en place de gabions pour stabiliser les berges et de matelas Reno en fond si besoin	Largeur minimum de 5 m	Linéaire de 330 m env.	Recalibrage du lit mineur Protection et stabilisation des berges en gabion localement
7	Basalte / scories gratons /colluvions	Seuils rocheux avec affouillements localisés	Calibrage du lit par déroctage (amont seuil) et stabilisation du lit par des seuils anti-érosifs (aval seuil)		Amont P9 à P13 – pente moyenne 5,2 % - Q100 39 m³/s	4 m/s	Mise en place de 6 seuil d'en. 1 m pour réduire la pente – matérialisation d'un lit mineur constant – protection des zones érodées	Largeur minimum de 5 m	Linéaire de 270 m env.	Seuil en gabions Recalibrage du lit mineur Protections de berges en enrochements aux arrivées externes Protection lit mineur en matelas Reno 0,17m si nécessaire

8	Colluvions et tufs argilisés	Risque de débordement en rive droite et érosion	Calibrage du lit et stabilisation vis-à-vis de l'érosion	Sondages pour reconnaître le toit des basaltes	Amont P5 à P8 – pente moyenne 5,2 % - Q100 32 à 39 m³/s	4 à 6 m/s	Matérialisation d'un lit mineur constant – protection des zones érodées	Largeur minimum de 5 m	Linéaire de 200 m env.	Recalibrage du lit mineur Protection lit mineur en matelas Reno 0,17 m si nécessaire
9	Colluvions argileuses riches en blocs	Affouillement et érosion de berge	Stabilisation du lit par des seuils anti-érosifs		Amont P2 à P5 – pente moyenne 5,2 % - Q100 39 m³/s	4 m/s	Mise en place de 6 seuil d'en. 1 m pour réduire la pente – matérialisation d'un lit mineur constant – protection des zones érodées	Largeur minimum de 5 m	Linéaire de 270 m env.	Seuil en gabions Recalibrage du lit mineur Protections de berges en enrochements aux arrivées externes Protection lit mineur en matelas Reno 0,17 m si nécessaire
10	Tufs altérés sur coulée de basalte	Lit peu actif	Calibrage du lit et stabilisation vis-à-vis de l'érosion	Sondages pour reconnaître le toit des basaltes	Chemin Drozin à P2 Q100 18 m³/s		Ouvrage enterré		150 m env.	Cadre 2.2 m X 1.5 m

## 2.6. ESTIMATION DES AMENAGEMENTS

Lors de l'étude de 2016 (cf. Annexe A), le coût du scénario de déviation intégrale de la Ravine des Jacques vers la Ravine Bertin avait été estimé à **3,2 M€ HT** (hors maîtrise d'œuvre, acquisitions foncières et investigations complémentaires). L'analyse complémentaire réalisée dans le cadre de cette étude apporte une plus-value d'environ 400 000 € HT au premier estimatif **soit un total d'environ 3,6 M€ HT.**

Afin de réévaluer l'intérêt économique de ce scénario, l'analyse coût-bénéfice (ACB) réalisée lors de l'étude de 2016 a été complétée. Pour mémoire, le nombre d'enjeux qui restent inondables pour un événement de crue centennale n'évolue pas, tout comme les dommages causés à ces enjeux. Le tableau suivant rappelle le type et le nombre d'enjeux exposés au risque inondation :

Tabl. 8 - **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

Le montant des dommages s'élève 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.

*Remarque : il est rappelé qu'avec ce scénario, le débit de la crue de période de retour 10 ans est désormais contenu.*

Considérant ce coût des dommages, le Dommage Moyen Annuel est estimé ici à 25 000 €/an, ce qui conduit à un **bénéfice de l'aménagement (Dommage Evité Moyen Annuel) égal 196 000 €/an.** Enfin, les valeurs des indicateurs permettant de juger l'intérêt économique de ce scénario d'aménagement sont égales à +600 K€ pour la VAN<sup>1</sup> et à 1,16 pour le rapport B/C<sup>2</sup>.

**Le scénario n°1B reste donc économiquement pertinent même en considérant les travaux complémentaires décrits dans les chapitres précédents.**

**A ce titre, il peut être précisé que plus de 30 % du coût de ce scénario (soit 1 170 K€ HT) correspond à des travaux qu'il conviendrait d'engager dès à présent sur la Ravine Bertin (indépendamment du projet de dérivation) pour assurer la stabilité de son lit dont l'ampleur des érosions actuelles menace le site de la décharge de Sainte-Suzanne, ainsi que les logements situés en aval du chemin Marencourt.**

<sup>1</sup> VAN = Valeur actualisée nette. 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). Elle permet de soustraire les coûts des bénéfices (dommages évités) de la mesure envisagée. 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.

<sup>2</sup> Rapport B/C (bénéfice sur coût actualisé). Il 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

*Annexe A.* PROJET DE DERIVATION **D'EAUX**  
PLUVIALES VERS LA RAVINE BERTIN -  
ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE DU LIT DE  
LA RAVINE BERTIN - RAPPORT 17 MG 04 -  
NOVEMBRE 2017 - MASCAREIGNES  
GEOLOGIE

**Annexe B. TRAVAUX DE PROTECTION DU  
CENTRE-VILLE CONTRE LES INONDATIONS  
LIEES AUX CRUES DE LA RAVINE DES  
JACQUES - ETUDE DE DEFINITION –  
ARTELIA – OCTOBRE 2016**