



SERVICE DE L'URBANISME

CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DANS LE CADRE DES PLANS DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANÇAISE

RIVIERE UTUOFAI (TAIARAPU-EST)



Affaire n° 2054 19 EP

Date	Version	Rédaction	Validation	Modifications
16/10/2019	V0	GD	AV	-



Société Polynésienne de l'Eau, de l'Electricité et des Déchets
82 chemin vicinal de Tipaerui – Papeete
BP2120 – 98713 Papeete – Tahiti – Polynésie française
Tél (+689) 40 50 81 81 – Fax (+689) 40 41 00 36 – Email : speed@speed.pf

TABLE DES MATIERES

I	CADRE DE L'ETUDE	5
1.1	Objectifs de l'étude.....	5
1.2	Périmètre de l'étude.....	6
1.3	Etudes et données existantes.....	7
II	TERRAIN	9
2.1	Données topographiques.....	9
2.2	Visite de terrain.....	10
2.3	Analyse géomorphologique du lit majeur.....	12
2.4	Morphologie du cours d'eau.....	13
2.5	Evaluation des ouvrages hydrauliques.....	14
III	ANALYSE HYDROLOGIQUE	16
3.1	Débits caractéristiques.....	16
3.2	Hydrogrammes de projet.....	17
IV	MODELISATION HYDRAULIQUE	18
4.1	Schéma typologique du modèle.....	18
4.2	Paramétrage du modèle.....	19
4.3	Scénarii de modélisation.....	20
V	ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE CRUE	21
5.1	Crue décennale.....	21
5.2	Crue cinquantennale.....	21

5.3	Crue centennale.....	21
VI	CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION.....	23
6.1	Classification de l'aléa inondation	23
6.2	Cartographies de l'aléa inondation.....	23
6.3	Cartographie finale du PPR	24
VII	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	25
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	26
	ATLAS CARTOGRAPHIQUE.....	27
	ANNEXES FICHES D'ENQUETES TERRAIN.....	28

Liste des figures

Figure 1	Implantation des profils levés par les géomètres	10
Figure 2	Laises de crue de décembre 98 selon les interviews réalisées en 2012	11
Figure 3	Localisation des enquêtes menées auprès des riverains en 2020	12
Figure 4	: profil en travers au droit du pont de la RDC.....	15
Figure 5	hydrogramme synthétique centennal (condition limite amont)	17
Figure 6	Matrice de rugosité en lit majeur (Utuofai)	19
Figure 7	Ligne d'eau en Q100 de la rivière UTUOFAI	22
Figure 8	Passage busé de l'affluent 3 insuffisant et s'obstruant facilement	25

I CADRE DE L'ETUDE

1.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

En Polynésie française et à Tahiti plus particulièrement, les pressions démographique et foncière incitent à étendre et à densifier les constructions et les aménagements sur le bord de mer, dans les vallées et sur les reliefs. Cette évolution expose les populations à un risque de catastrophe naturelle de plus en plus important, conduisant le Pays à mettre en place progressivement depuis 2005 des Plans de Prévention des Risques naturels (PPR).

Les PPR sont des documents réalisés par le Service de l'Urbanisme réglementant l'utilisation des sols au regard des phénomènes naturels extrêmes auxquels ils peuvent être soumis. Ils ont pour objet l'analyse des aléas pouvant affecter un territoire, c'est-à-dire des probabilités d'occurrence de phénomènes naturels d'intensité extrême pour un lieu donné.

Dans le cas du risque inondation, la réalisation des PPR nécessite de cartographier l'aléa inondation pour des événements de différentes magnitudes de référence. Ceux-ci sont caractérisés par des périodes de retour allant de 10 à 100 ans, c'est-à-dire par des probabilités d'occurrence annuelle allant de 10 à 1%. Ces cartographies sont réalisées à partir d'expertises de terrain, d'études hydrologiques et de modélisations hydrauliques.

Ce rapport présente les résultats d'une étude réalisée par la Société Polynésienne de l'Eau, de l'Electricité et des Déchets (SPEED) dans le cadre du marché public n° 01/2018/SAU (Lot 3). Il porte sur la rivière Utuofai s'écoulant dans la commune de Taiarapu-Est (district de Faaone) sur l'île de Tahiti. Les objectifs de cette étude sont de :

- Simuler les débordements observés lors de crues remarquables sur ce cours d'eau,
- Définir la capacité d'évacuation maximale de son lit mineur,
- Définir l'extension, la hauteur et la vitesse d'écoulement des crues de référence en lit majeur,
- Evaluer le risque d'embâcle et ses conséquences possibles sur l'extension des inondations,
- Diagnostiquer succinctement les ouvrages hydrauliques existants,
- Proposer des aménagements permettant de réduire l'aléa inondation au droit de ce cours d'eau.

Après avoir brièvement introduit la zone d'étude, nous présentons les différentes observations de terrain qui nous permettront, avec l'analyse des données hydrologiques disponibles, de paramétrer un modèle hydraulique de la rivière Utuofai. Les résultats des simulations obtenus pour différents scénarii de crues caractéristiques sont ensuite analysés et traduits en cartographie d'aléa inondation.

Finalement, différentes propositions d'aménagement permettant la mitigation des risques d'inondation et d'érosion au droit de cette rivière sont évaluées au regard des enjeux de vulnérabilité identifiés le long du cours d'eau.

1.2 PERIMETRE DE L'ETUDE

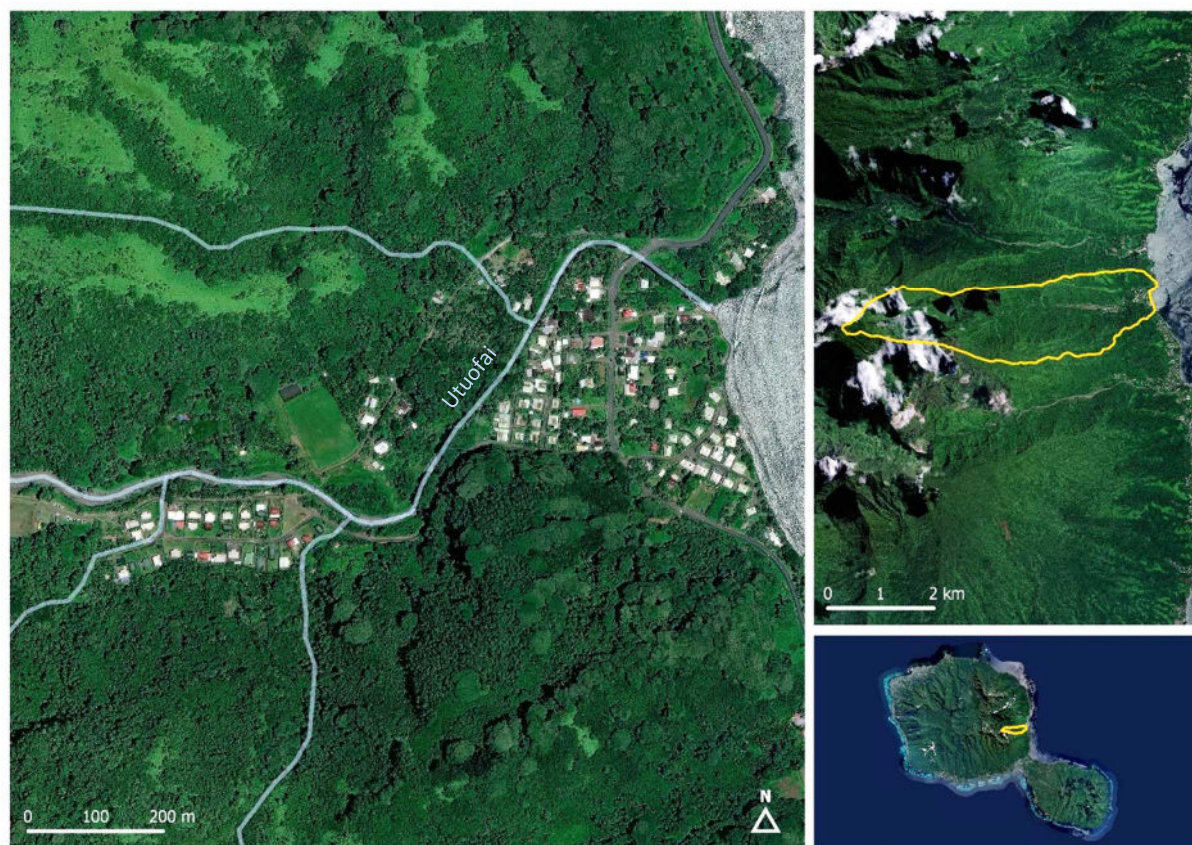


Figure 1. Secteur d'étude et localisation du bassin-versant de la rivière Utuofai.
(fond de carte : Service de l'Urbanisme, Digitalglobe Inc. 2017)

La rivière Utuofai s'écoule une vallée du district de Faone (PK45.2, commune de Tiarapu-Est) entaillant la planèze est de l'île de Tahiti. Son bassin-versant s'étend sur une superficie de 6.709 km² et s'étire sur une distance maximale de 6 761 m, depuis une altitude maximale de 1 355 m jusqu'au lagon au droit de la pointe Utuofai. La pente moyenne le long du thalweg est élevée, de l'ordre de 20 %. En sortie de vallée, la rivière se jette immédiatement dans l'océan du fait de l'absence de plaine littorale sur cette côte.

Le bassin-versant de la rivière Utuofai peut être divisé en 4 sous-bassins du fait de la présence de 3 affluents significatifs présents sur l'ancienne cartographie PPRI. Ceux-ci rejoignent tous le cours principal sur le secteur d'étude.

En rive gauche, l'affluent 1 draine le plateau nord. Son bassin-versant s'étend sur 0.358 km² et s'étire parallèlement au cours principal sur une distance maximale de 1 665 m, depuis une altitude maximale de 441 m jusqu'à la confluence à la cote 2 m. La pente moyenne le long du thalweg est de 26 % environ.

En rive droite, les affluents 2 et 3 drainent le plateau sud. Le premier occupe un bassin-versant de 0.306 km², sur une distance maximale de 1 728 m, depuis une altitude maximale de 477 jusqu'à la confluence à la cote 6 m. La pente moyenne le long du thalweg est de 27% environ. Le dernier occupe un bassin-versant de 0.637 km², sur une distance maximale de 2 754m, depuis une altitude maximale de 718 m jusqu'à la confluence à la cote 8 m. La pente moyenne le long du thalweg est de 26% environ.

Le secteur d'étude concerne le tronçon aval du linéaire, où sont présentes les habitations, sur une longueur d'environ 1 300 m.

CARACTERISTIQUES DU BASSIN-VERSANT	Cours principal	Affluent 1	Affluent 2	Affluent 3	UTUOFAI
Superficie	5.408 km ²	0.358 km ²	0.306 km ²	0.637 km ²	6.709 km ²
Plus long chemin hydraulique	6 761 m	1 665 m	1 728 m	2 754 m	6 761 m
Altitude maximale	1 355 m	441 m	477 m	718 m	1 355 m
Altitude minimale	0 m	2 m	6 m	8 m	0 m
Pente moyenne le long du thalweg	20 %	26 %	27 %	26 %	20 %

Tableau 1. Principales caractéristiques du bassin-versant de la rivière Utuofai

Selon les différentes sources documentaires, la rivière peut être nommée Utuofai, Outuofai ou Utiofe.

1.3 ETUDES ET DONNEES EXISTANTES

A notre connaissance, la rivière Utuofai n'a fait l'objet d'aucune campagne de mesures hydrologiques à ce jour. Néanmoins, différentes études, monographiques ou régionales, apportent cependant des éléments utiles à l'analyse de ce cours d'eau :

- En 1999, l'étude BCEOM sur les priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti attribue à la rivière Utuofai une priorité de 3 sur 5 (priorité forte = 1, priorité faible = 5), indiquant un risque d'inondation intermédiaire.
- En 2003, Joël Danloux utilise la formule empirique de Creager régionalisée pour estimer les débits caractéristiques de la rivière Utuofai. En se basant sur les mesures de débits réalisées sur la rivière voisine Papehia, il retient un débit de 160 m³/s pour la crue décennale (Q10), 219 m³/s pour la crue cinquantennale (Q50) et 244 m³/s pour la crue centennale (Q100).
Il estime que pour le secteur est de Tahiti, les Plus Hautes Eaux (PHE) connues ont dû être atteintes lors du cyclone Veena en avril 1983 (235 m³/s).
- En 2005, Philippe Stollsteiner propose d'utiliser la méthode rationnelle pour estimer le débit de crue décennale et d'extrapoler cette valeur au moyen de la méthode du gradex pour estimer le débit de crue centennale. Pour la rivière Utuofai, les valeurs de débits caractéristiques ainsi obtenus sont 141 m³/s (Q10) et 226 m³/s (Q100), pour un coefficient de ruissellement estimé à 0.55 sur ce bassin-versant.

- En 2012, la SPEED réalisa un diagnostic hydraulique (modélisation 1D) de la rivière Utuofai pour l'Office Polynésien de l'Habitat dans le but de sécuriser le lotissement OPH Te Otuu. Après comparaison des différentes valeurs et méthodes tirées des références bibliographiques, les valeurs de débits caractéristiques retenues furent $129 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q10) et $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q100).
- Par ailleurs, le Service de l'Urbanisme dispose d'un ensemble de données couvrant la totalité de Tahiti qui seront également mobilisées dans cette étude : Une ortho-photographie satellite WorldView3 de 2017, un modèle numérique de terrain obtenu par restitution photogrammétrique à une résolution de 5m en 2013 et une série de photographies aériennes. Concernant notre secteur d'étude, les photographies aériennes disponibles couvrent les années suivantes : 2004, 2002, 2001, 1997, 1995, 1990, 1989, 1988, 1986, 1982, 1978, 1977, 1967 et 1955.

II TERRAIN

2.1 DONNEES TOPOGRAPHIQUES

Les levés topographiques du lit mineur de la rivière Utuofai furent réalisés par le cabinet de géomètres Géometrix en septembre 2019 :

- Pour le lit principal :
 - Un profil en long au 1/500 sur un linéaire de 1370 m depuis l'embouchure pour le lit principal
 - 21 profils en travers au 1/200 (espacement moyen de 80m et sections amont et aval de chaque ouvrage hydraulique).
- Pour l'affluent 1 (RG)
 - Un profil en long au 1/500 sur un linéaire de 230 m depuis l'embouchure pour le lit principal
 - 3 profils en travers au 1/200 (espacement moyen de 80m et sections amont et aval de chaque ouvrage hydraulique).
- Pour l'affluent 2 (RD)
 - Un profil en long au 1/500 sur un linéaire de 100 m depuis l'embouchure pour le lit principal
 - 3 profils en travers au 1/200 (espacement moyen de 80m et sections amont et aval de chaque ouvrage hydraulique).
- Pour l'affluent 3 (RD)
 - Un profil en long au 1/500 sur un linéaire de 300 m depuis l'embouchure pour le lit principal
 - 7 profils en travers au 1/200 (espacement moyen de 80m et sections amont et aval de chaque ouvrage hydraulique).



Figure 1 Implantation des profils levés par les géomètres

2.2 VISITE DE TERRAIN

Cette étude est basée sur deux visites de terrain et enquêtes auprès des riverains menées par la SPEED :

- Une enquête menée en septembre 2012, peu après le cyclone Oli
- Une enquête menée en septembre 2020

En décembre 1998, l'obturation de l'ancien pont de la RDC avait entraîné une inondation majeure de la rive droite amont.

La figure 2 présente le tracé des inondations mentionnées par les riverains à cette occasion.

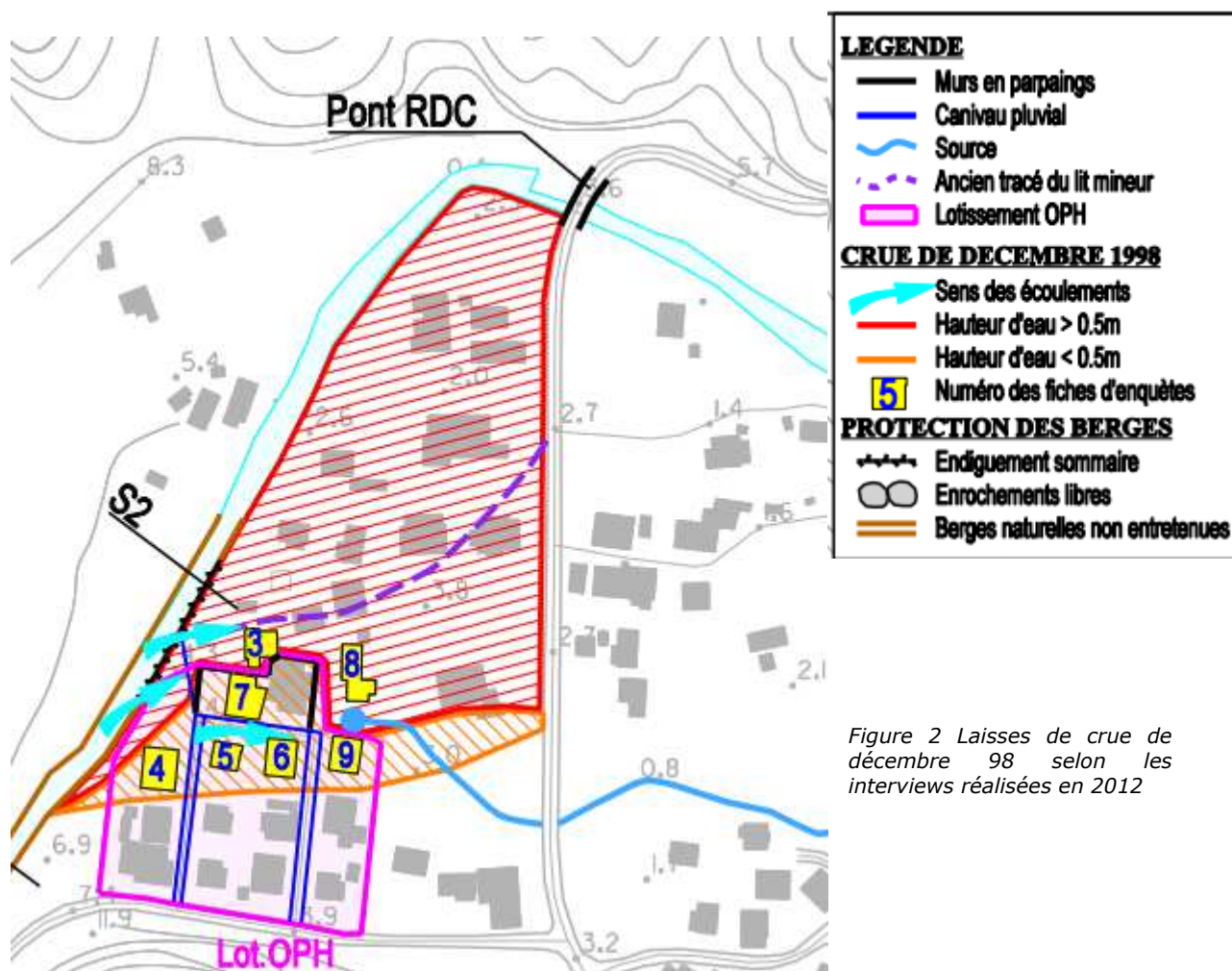


Figure 2 Laisses de crue de décembre 98 selon les interviews réalisées en 2012

Suite à cet évènement, le pont d'Utuofai a été refait **en 2003**, avec une capacité de transit équivalente au **Q100 + 1 m de tirant d'air**.

Depuis sa construction, aucun débordement n'est signalé par les riverains situés en amont du pont alors que l'ouvrage précédent s'obstruait fréquemment en raison des nombreuses piles du pont dans le lit mineur.

Au droit du lotissement **OPH OUTUOFAI**, situés en amont du lotissement TE OTUU et en aval des terrains militaires, des enrochements de la rive droite ont été emportés avec la route qui se situait en haut de berges entre 2007 et 2009. Plus en amont, les gabions posés par les militaires ont également été emportés.

Les protections de berges en enrochement ont été refaites en ajoutant des seuils en amont et en aval pour fixer le profil en long de la rivière sur ce tronçon.

Aucun débordement de la rivière n'est signalé dans le lotissement OUTUOFAI, la rive gauche étant nettement plus basse que la rive droite sur lequel il se situe.

En revanche l'enquête de 2020 signale des débordements fréquents de l'affluent n°3 dans ce lotissement. Les fiches d'enquêtes (Nx) sont présentées en annexe.



Figure 3 Localisation des enquêtes menées auprès des riverains en 2020

Les autres personnes enquêtées, ne mentionnent en général un seul débordement, probablement celui de 1998, et déclare ne plus être inondées depuis.

2.3 ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE DU LIT MAJEUR

La vallée UTUOFAI présente des **zones d'expansion des crues (superficie estimée supérieure à 70 000 m²), mobilisables à différents débits en amont des zones habitées.**


Le plancher alluvial de la vallée est très large : entre 250 et 300 m et débouche directement dans la mer, sans plaine alluviale. La rivière Utuofai ne partage donc pas son lit majeur avec d'autres cours d'eau. Entre les profils 11 et 14, la rivière forme un coude dont l'extrados, en rive droite, est une falaise.


La **rive gauche plus basse**, située à l'intérieure du coude, sert de zone **d'expansion des crues** ; on y trouve une forêt alluviale avec des essences de mape, purau et autres espèces hygrophiles.

En sortie du coude, la rive droite s'abaisse progressivement tandis que la rive gauche reste à la même hauteur, ce qui conduit à un **basculement en rive droite de la zone d'expansion des crues entre le lotissement et la RDC**.

2.4 MORPHOLOGIE DU COURS D'EAU

Selon les riverains et les services de l'Equipement, le tracé du lit mineur a naturellement évolué depuis 35 ans en se déportant vers le flanc nord de la vallée. Des **seuils de fonds** ont été réalisés au début des années 2010 par la Direction de l'Equipement au droit du lotissement UTUOFAI pour **stabiliser le tracé et le profil en long du lit mineur**.

<p>Tronçon 1 P1-P4 (aval RDC) Contre-pente</p>	<p>Cours d'eau sous influence lagonaire avec berges partiellement enrochées</p>	<p>-</p>
<p>Tronçon 2 (P4-P11) (amont RDC) 0.4%</p>	<p>Berges partiellement enrochées (tronçon naturel sur la partie amont)</p>	

<p>Tronçon 3 (P11-P19) 1.1%</p>	<p>Cours d'eau torrentiel Blocométrie moyenne : 0.1 m Berges partiellement enrochées</p>	
<p>Tronçon 4 (P19-P21)</p>	<p>2.7%</p>	<p>(zone militaire)</p>

2.5 EVALUATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Comme évoqué au § 2.2, le pont de la RDC, qui est l'unique ouvrage hydraulique de la rivière a été refait en 2003 et présente une capacité de transit centennale avec 1 m de tirant d'air.

La section hydraulique est de 24 m en base * 31.1 m en gueule par 6.2 m de haut et ne représente pas de pile intermédiaire. Le point le plus bas du tablier est à la cote + 5.81 .

Une première analyse montre que la ligne d'eau en Q100 est en deçà de la cote +4.81 : le pont est donc transparent hydrauliquement et ne sera pas modélisé.

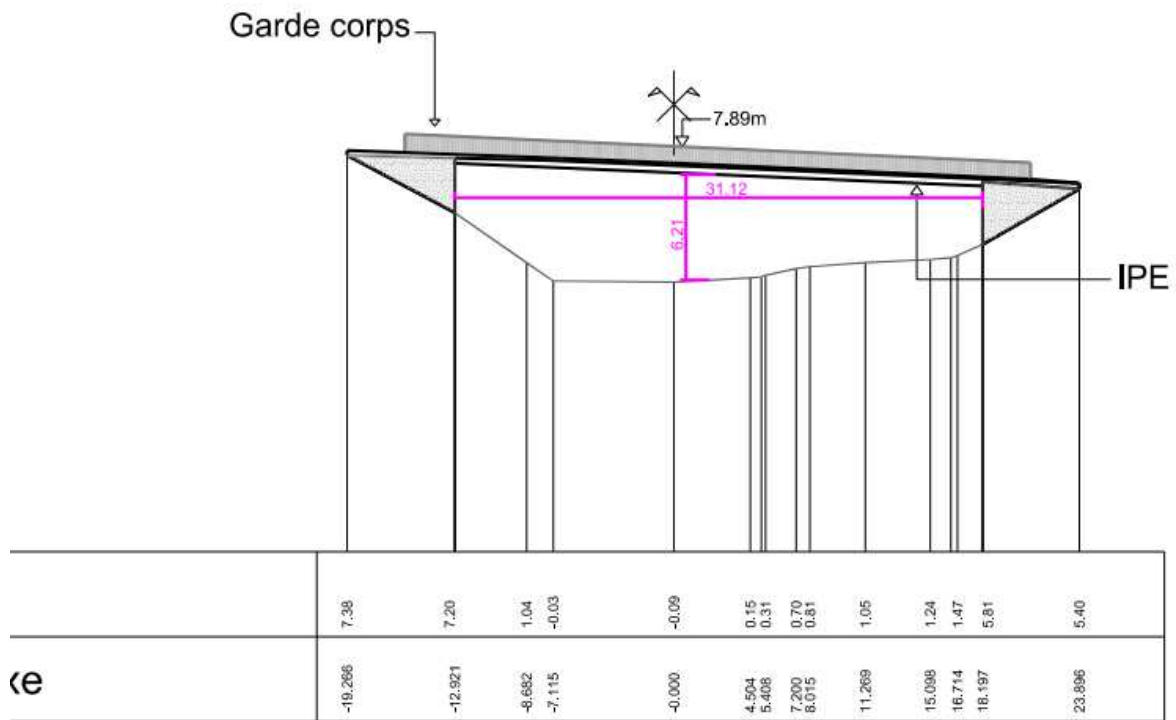


Figure 4 : profil en travers au droit du pont de la RDC

III ANALYSE HYDROLOGIQUE

3.1 DEBITS CARACTERISTIQUES

Aucune mesure n'a été réalisée sur la rivière UTUOFAI. En revanche, la rivière voisine de PAPEIHA a fait l'objet d'observations entre 1974 et 1990 et entre 2003 et 2006.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour le calcul des débits de cette rivière :

- méthode globale des années stations, calée par le Bureau d'études COYNE et BELLIER sur la rivière voisine de PAPEIHA
- méthode globale de CRAEGER, calée par l'hydrologue DANLOUX sur UTUOFAI.
- Méthode rationnelle complétée par la méthode du GRADEX, fréquemment utilisée sur TAHITI pour l'établissement des PPRI.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des différentes méthodes :

Méthode de calcul	Q10		Q100	
	Débit	modules spécifiques	Débit	modules spécifiques
Méthode globale des années stations	122 m ³ /s	18,2 m ³ /s/km ²	190.1 m ³ /s	28,3 m ³ /s/km ²
Méthode globale de Craeger	146 m ³ /s	21,8 m ³ /s/km ²	223.3 m ³ /s	33,3 m ³ /s/km ²
Méthode rationnelle + GRADEX	118 m ³ /s	17,6 m ³ /s/km ²	185 m ³ /s	27,6 m ³ /s/km ²
MOYENNE	129 m ³ /s	19,2 m ³ /s/km ²	200 m ³ /s	29,8 m ³ /s/km ²

Le débit a ensuite été réparti au prorata des surfaces des bassins versants des différents affluents.

	Débit (m ³ /s)		
	Q10	Q50	Q100
Global	129	160	200
Utuofai	104	129,0	161,2
Affluent 1	6,9	8,5	10,7
Affluent 2	5,9	7,3	9,1
Affluent 3	12,2	15,2	19,0

Les modules spécifiques sont ceux usuellement constatés dans cette partie de Tahiti exposée au vent.

La moyenne centennale est de 200 m³/s, avec un écart relatif à la moyenne qui varie de -7% à 12% pour la crue centennale, ce qui est relativement faible.

La valeur retenue pour le Q100 est donc la **valeur moyenne** de 200 m³/s, et pour le Q10 la valeur moyenne de 129 m³/s.

3.2 HYDROGRAMMES DE PROJET

En l'absence d'hydrogramme enregistré, un hydrogramme synthétique a été constitué pour la rivière Utuofai et ses 3 affluents.

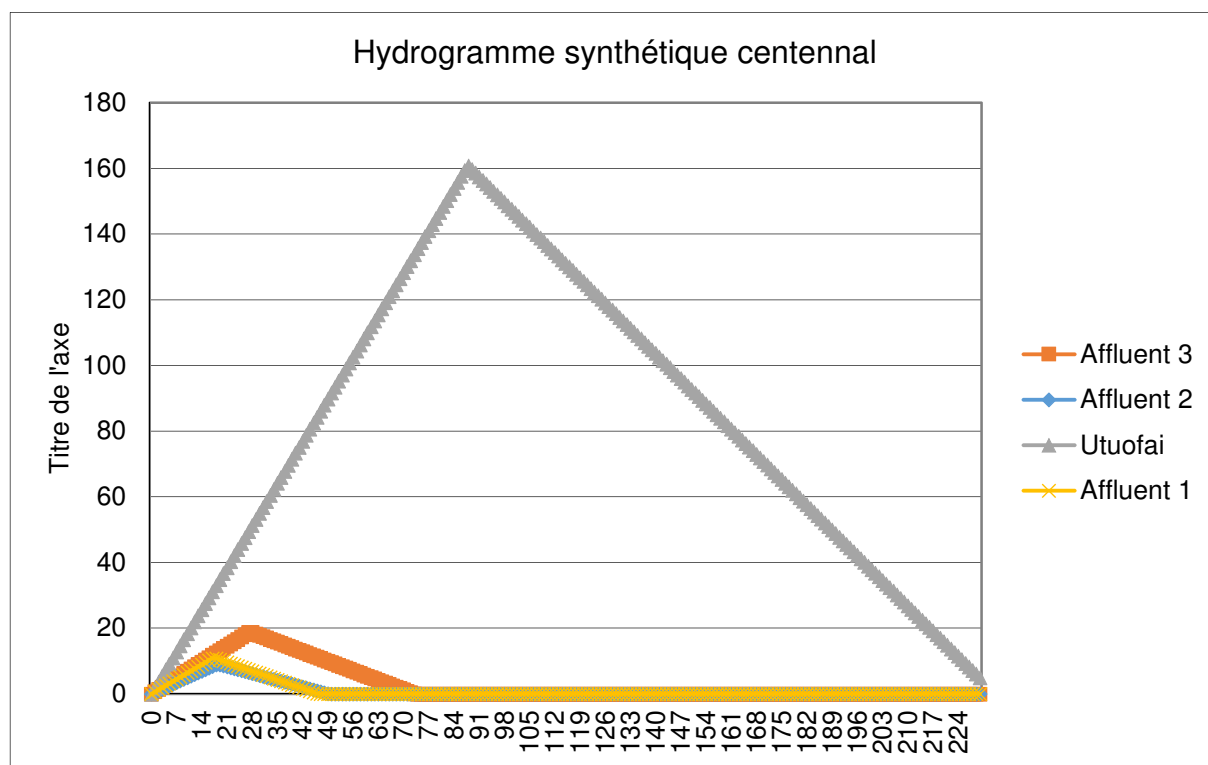


Figure 5 hydrogramme synthétique centennial (condition limite amont)

IV MODELISATION HYDRAULIQUE

4.1 SCHEMA TYPOLOGIQUE DU MODELE

La modélisation de l'écoulement dans le lit mineur s'effectue au moyen du logiciel unidimensionnel MIKE 11. Celui-ci reconstitue la géométrie du lit mineur par l'intégration des données issues des levés topographiques (profil en long et profils en travers) pour permettre une analyse fine des écoulements le long du linéaire de la rivière (hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, débits, points de débordement...).

4.1.1 Modélisation 2D sous Mike 21

Le logiciel MIKE 21 est utilisé pour modéliser la plaine d'inondation à une résolution de 10 m à partir des données topographiques citées au § 2.1 et du modèle numérique de terrain du Service de l'Urbanisme.

A noter que celui-ci (maille de 5m) présente des points bas anormaux au regard des levés le long de la rivière entre le P5 et le P10, probablement lié à la prise en compte du fil d'eau de la rivière Utuofai dans l'interpolation du MNT.

La bathymétrie a donc été corrigée dans cette zone afin de correspondre aux altitudes levées par le géomètre.

On notera que dans cette étude, les bâtiments sont considérés comme transparents hydrologiquement, c'est-à-dire que leur influence sur les écoulements n'est pas prise en compte directement à l'échelle du bâti, mais seulement de manière plus large à travers des coefficients de rugosité adaptés.

4.1.2 Couplage 1D-2D sous Mike Flood

Le couplage des modèles 1D et 2D s'effectue finalement sous l'interface MIKE FLOOD qui connecte le lit mineur à sa plaine d'inondation. Les déversements de l'un vers l'autre, et réciproquement, sont modélisés au moyen de lois de seuil automatisées en fonction de la cote des berges, de la cote du lit majeur et du niveau d'eau.

4.1.3 Limites du modèle hydraulique

Les limites du modèle hydraulique sont principalement :

- La précision de la géométrie du lit mineur, dépendant en particulier de la densité de profils en travers levés sur le terrain ;
- La précision de la topographie du lit majeur, dépendant de la qualité des données topographiques disponibles (modèle numérique de terrain réalisé par restitution photogrammétrique éventuellement corrigé)
- Le calage des paramètres de rugosité en lit mineur et en lit majeur à partir de mesures ou d'observations précises d'événements passés ou, à défaut, d'estimations tirées de la littérature.

4.2 PARAMETRAGE DU MODELE

4.2.1 Rugosité du lit mineur

La rugosité du lit mineur est caractérisée par des coefficients de Strickler (ou Manning's M) exprimés en $m^{1/3}/s$. Suivant l'expérience du modélisateur et les données présentes dans la littérature, il a été retenu une valeur moyenne de :

- 25 pour le cours d'eau Utuofai et les affluents 2 et 3 ;
- 30 pour l'affluent 1.

4.2.2 Rugosité de la plaine d'inondation

De la même manière, des coefficients de Strickler relatifs à chaque type de surface caractérisent la rugosité de la plaine d'inondation sous la forme d'une matrice géoréférencée.



Figure 6 Matrice de rugosité en lit majeur (Utuofai)

Les valeurs retenues sont de :

- 15 pour les routes bitumées
- 12 pour les zones non construites
- 10 pour les zones d'habitat.

4.3 SCENARII DE MODELISATION

Le modèle hydraulique est utilisé afin de simuler les écoulements de la rivière Utuofai pour différents scénarii.

Chaque scénario est caractérisé par un débit de crue (condition limite amont du modèle), un niveau lagonaire (condition limite aval du modèle) et la modélisation ou non d'embâcle au droit des ouvrages hydrauliques sensibles à ce type de phénomène.

Les embâcles n'ont pas été pris en compte en raison du gabarit du pont de la RDC (cf. § 2.5).

La rivière Utuofai présente des endiguements (P5 en RG) qui n'ont pas été pris en compte au regard de leur profil instable (fruit des talus <1).

Conformément aux objectifs de l'étude, des simulations des crues décennale, cinquantiennale et centennales sans embâcle sont donc réalisées.

SCENARIO	NIVEAU LAGONAIRE	EMBÂCLE	AUTRE ELEMENT
Crue décennale	0m NGF	-	Suppression de la digue au P5 RG
Crue cinquantiennale	0m NGF	-	Suppression de la digue au P5 RG
Crue centennale avec surcote marine	+1m NGF	-	Suppression de la digue au P5 RG

Tableau 7. Scénarii du projet.

La crue de décembre 1998 n'a pas pu être reproduite, compte tenu du déplacement du lit et surtout du changement de pont, à l'origine des débordements de 1998.

V ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE CRUE

5.1 CRUE DECENNALE

Les seuls débordements sur la rivière Utuofai se situent en rive gauche, entre le P10 et le P5. Ils restent néanmoins cantonnés le long des berges et ne se propagent pas.

On note également des débordements au droit du passage busé sur l'affluent 3 (RD) au-delà de 5 m³/s. Les fréquences de débordements (infra -annuelles) correspondent aux enquêtes de terrain.

5.2 CRUE CINQUANTENNALE

Les débordements sur la rivière Utuofai se limitent toujours à la rive gauche, entre le P11 et le P5. Ils restent le long des berges mais remontent sensiblement en amont du P11.

A l'embouchure, on constate également des débordements en rive droite.

Les débordements de l'affluent 3 s'étendent à tout le lotissement.

5.3 CRUE CENTENNALE

En Q100, le lotissement Utuofai est inondé par l'affluent. La rive gauche est inondée entre le P11 et le P5 pour des débordements limités. En revanche, en rive droite, en aval du P8, des débordements modérés (0.2 m en amont de la RDC) entraînent une inondation importante notamment par le remblai de la RDC.

Ces débordements se poursuivent également en aval de la RDC, toujours en rive droite.

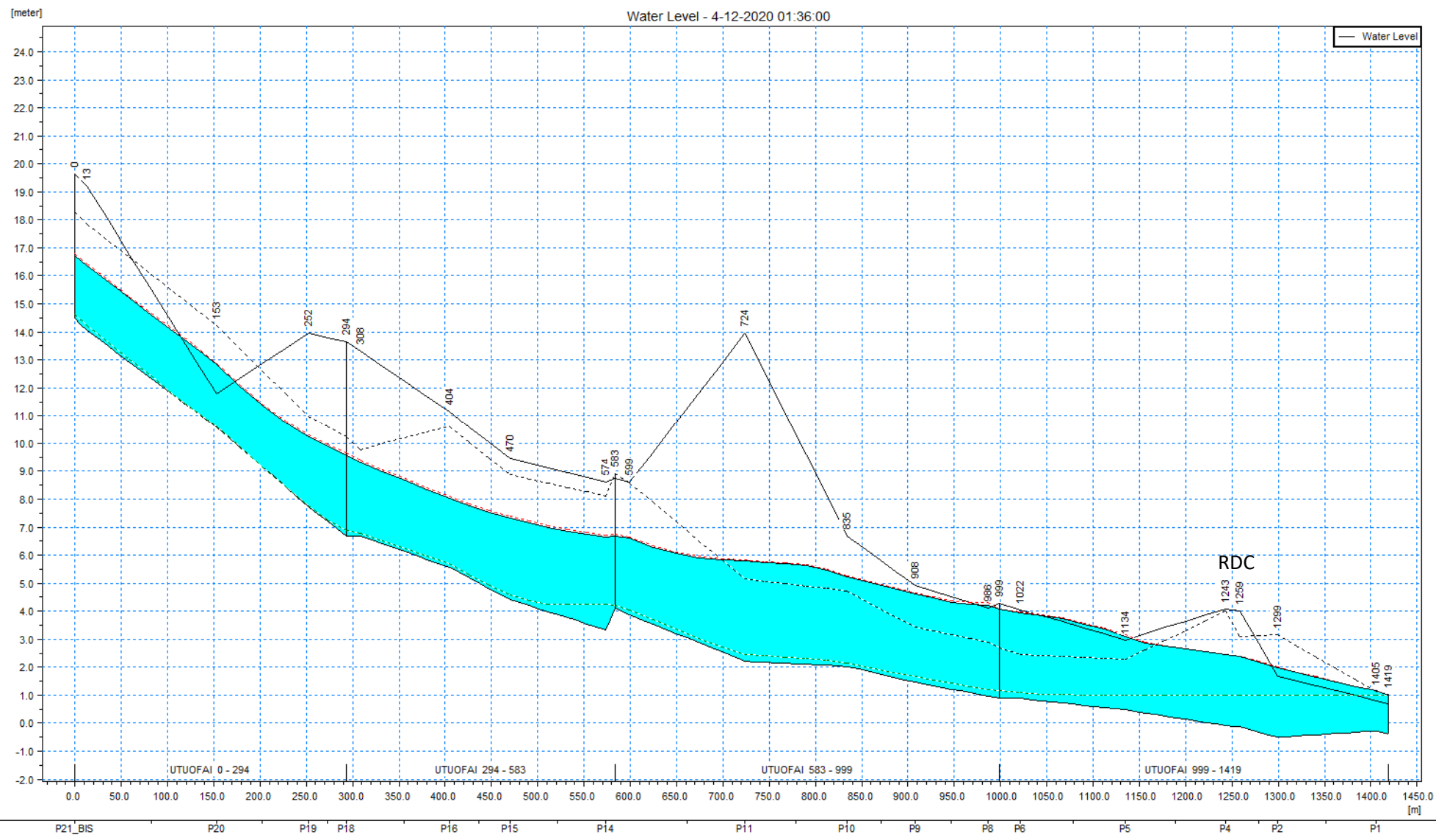


Figure 7 Ligne d'eau en Q100 de la rivière UTUOFAI

VI CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION

6.1 CLASSIFICATION DE L'ALEA INONDATION

Dans le cadre des Plans de Prévention des Risques Inondations, les différents niveaux d'aléa inondation pour chaque crue de référence sont classés en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement concomitantes maximales selon les critères suivants :

ALEA INONDATION	HAUTEUR D'EAU MAXIMALE	VITESSE MAXIMALE
Aléa faible (vert)	$H < 0.5 \text{ m}$	$V < 0.5 \text{ m/s}$
Aléa moyen (bleu)	$H < 0.5 \text{ m}$	$V \geq 0.5 \text{ m/s}$
	$0.5 \leq H \leq 1 \text{ m}$	$V < 0.5 \text{ m/s}$
Aléa fort (orange)	$0.5 \leq H \leq 1 \text{ m}$	$V \geq 0.5 \text{ m/s}$
	$H > 1 \text{ m}$	$V < 0.5 \text{ m/s}$
Aléa très fort (rouge)	$H > 1 \text{ m}$	$V \geq 0.5 \text{ m/s}$

Tableau 8. Classification PPRI des niveaux d'aléa inondation.

6.2 CARTOGRAPHIES DE L'ALEA INONDATION

Les cartographies d'aléa inondation sont générées en interpolant spatialement les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement maximales obtenues lors de la simulation de chaque scénario de crue de référence, puis en classifiant et en croisant ces deux données suivant les critères présentés précédemment.

La concomitance des pics de hauteurs et de vitesse est préalablement vérifiée et lorsque ce n'est pas le cas, la combinaison de valeurs correspondant au niveau d'aléa le plus élevé est retenue.

En outre, un seuil minimal est appliqué à chaque variable :

- La hauteur d'eau minimale retenue pour la caractérisation des espaces inondés est de 0.03 m, en dessous duquel l'inondation est jugée non-significative au regard de la rugosité de la surface et de l'infiltration ;
- La vitesse d'écoulement minimale retenue pour la caractérisation du débordement est de 0.01 m/s, en dessous duquel les eaux stagnantes correspondront soit à des espaces inondés par l'élévation du niveau lagonaire plutôt que le débordement de la rivière, soit à un débordement résiduel non-significatif au regard de la rugosité de la surface et de l'infiltration.

Finalement les cartographies obtenues sont lissées en généralisant les tracés, de manière à gommer les artefacts liés à la résolution du modèle hydraulique, et en supprimant les éléments non-significatifs à l'échelle de la carte, tels que les polygones inférieurs à la taille d'une parcelle (400 m²).

6.3 CARTOGRAPHIE FINALE DU PPR

La cartographie finale utilisée dans le cadre des PPR considère à la fois l'aléa inondation et l'aléa érosion.

La sensibilité à l'érosion est évaluée au regard de la hauteur et de la pente des berges. Nous considérons ici que les berges tendent naturellement à s'éroder jusqu'à une pente d'équilibre caractérisée par le rapport 3H2V, c'est-à-dire 3 unités horizontales pour 2 unités verticales.

Ce profil a été appliqué sur deux tronçons :

- Entre les profils P15 et P17 au regard des désordres constatés sur les enrochements des berges
- Entre les profils P9 et P5 au regard de la présence de digue ou de berges non protégées.

Le recul potentiel de chaque berge vulnérable au risque érosion est ainsi calculé au droit de chaque profil topographique avant d'être interpolé le long du lit mineur en prenant en compte la morphologie du cours d'eau (coude, méandrement...) et les observations de terrain.

VII PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

Les travaux à court terme concernent :

- la réfection du passage busé du lotissement UTUOFAI en dalot 2 x 1 m , nettement insuffisante au regard des débits (environ 2 à 3 MF).



Figure 8 Passage busé de l'affluent 3 insuffisant et s'obstruant facilement

- Le renforcement des digues existantes en RG au P5 (environ 2 MF). En l'absence d'enjeu en amont du P5, il est préconisé de laisser la berge gauche telle quelle (ripisylve naturelle).

A moyen terme, une rehausse de la rive droite (diguette de 0.2 à 0.4 m maximum) est à prévoir entre le P8 et le P1.

Cette diguette doit néanmoins d'accompagner de la création d'un réseau d'assainissement et d'un ouvrage de décharge traversant le remblai de la RDC.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLAIS J-L., CHAVE S., DUPONT N., MASSON E. & PENVEN M-J., 2011**, « *La méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables* », Physio-Géo.
- BCEOM, 1999**, « *Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti* », Direction de l'Équipement.
- BCEOM/SPEED/VAIAD, 2005**, « *Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours d'eau de Polynésie française* », Bureau des Recherches Géologiques et Minières.
- DANLOUX J., 2001**, « *Etudes hydrologiques de la liaison ouest Papeete-Taravao. Evaluation des maximums de crue pour les franchissements à partir des données hydrologiques connues et suivant une approche régionale* », LTPP/GEGDP, Direction de l'Équipement.
- DANLOUX J., 2003**, « *Evaluation des maximums de crue sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale et à partir des données acquises sur les réseaux hydrologiques pendant la période 1969-2003* », LTPP/GEGDP, Direction de l'Équipement.
- DEGOUTTE G., 2006**, « *Diagnostic, aménagement et gestion des rivières* », Lavoisier.
- PEIZERAT S., 1995**, « *Guide pratique d'hydrologie* », BURGEAP.
- SPEED, 2012**, « *Sécurisation des lotissements OPH contre le risque inondation* », 138511EP.
- STOLLSTEINER P., 2005**, « *Assistance technique pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa inondation en Polynésie française* », ANTEA/Bureau des Recherches Géologiques et Minières.
- WOTLING G., 2000**, « *Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti* », Université de Montpellier 2.
- WOTLING G., 2001a**, « *Modélisation hydrologique des cours d'eau de la liaison Tamanu-Taravao* », LTPP/GEGDP, Direction de l'Équipement.
- WOTLING G., 2001b**, « *Notice technique pour l'évaluation de l'aléa hydrologique à Tahiti* », IRD/GEGDP, Direction de l'Équipement.

ATLAS CARTOGRAPHIQUE

- CAI011** Localisation du bassin-versant et de la zone d'étude.
- CAI012** Evolution naturelle du lit et sensibilité à l'érosion.
- CAI013** Cartographie générale des enveloppes de crue.
- CAI014** Crue décennale.
- CAI015** Crue cinquantiennale.
- CAI016** Crue centennale avec surcote marine (+1m NGF).
- CAI017** Cartographie finale PPRI.

ANNEXES FICHES D'ENQUETES TERRAIN