



Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours d'eau de Polynésie Française

Lot 1

COURS D'EAU : UUFAU

Commune : **HAAPITI**

Ile : **MOOREA**

Septembre 2013

N°rapport : 1488 13 03 V1

TABLE DES MATIERES

1.	METHODOLOGIE	4
2.	DONNÉES D'ENTRÉES	6
2.1.	Données topographiques	6
2.1.1.	Lit Mineur :	6
2.1.2.	Lit Majeur :	6
2.2.	Données hydrologiques	6
2.2.1.	Caractéristiques du bassin versant de la UUFAU	6
2.2.2.	Calcul des débits de projet	7
3.	ENQUETE DE TERRAIN	9
3.1.	Plan d'enquête de terrain	9
3.2.	Enquête auprès des riverains	10
3.3.	Visite de terrain	11
4.	DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE DU LIT MINEUR	12
4.1.	Construction du modèle	12
4.1.1.	Ouvrages hydrauliques	12
4.1.2.	Calage du modèle	12
4.1.3.	Conditions limites	12
4.2.	Simulation des crues de projet	12
4.3.	Identification des points et des fréquences de débordement du lit mineur	14
5.	ANALYSE DU LIT MAJEUR	15
5.1.	Identification des chenaux d'écoulement et des enveloppes de crue potentielles	15
5.2.	Caractérisation de l'aléa des enveloppes de crue	16
5.2.1.	Méthodologie	16
5.2.2.	Caractérisation des enveloppes	17
6.	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	18

Tables des figures

Figure 1 : Plan de situation	4
Figure 2 : Photographie aérienne de 2010	4
Figure 3 : Découpage du bassin versant de la rivière UUFAU	7
Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude (Fond de plan Urbanisme).....	9
Figure 5 : Ligne d'eau Q10 et Q100 issues de la modélisation sous Mike.....	13

1. METHODOLOGIE

La rivière UUFAU est située à Moorea, à l'Ouest au PK 34.4 dans la commune de Haapiti.

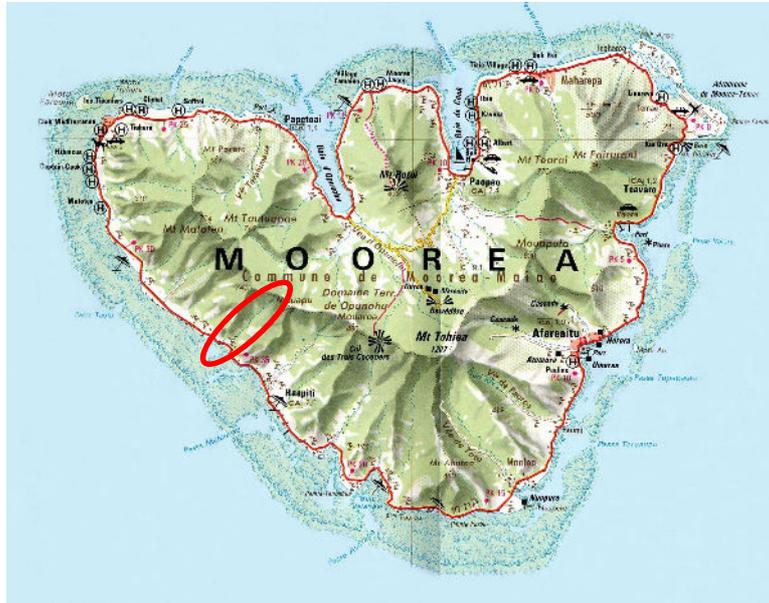


Figure 1 : Plan de situation

L'étude englobe la totalité de la zone habitée, soit un linéaire de 1100 mètres environ depuis "embouchure.



Figure 2 : Photographie aérienne de 2010

La méthodologie retenue pour cette expertise est la suivante :

- 1) **Visite de terrain** avec rencontres des riverains afin d'établir une liste des points noirs la plus exhaustive possible.
- 2) **Identification des points de débordement du lit mineur et de leur fréquence de débordement** par une modélisation 1D du lit mineur.
- 3) **Identification des chenaux d'écoulements et des enveloppes de crue potentielles en lit majeur** selon enquête de terrain ainsi que par analyse des photos aériennes et de la restitution photogrammétrique de l'Urbanisme
- 4) **Caractérisation des enveloppes de crue par des aléas** en couplant les points et fréquences de débordement du lit mineur (identifiés au point 2) avec les aléas pour caractériser chaque enveloppe de crue en lit majeur (identifiée au point 3) .

2. DONNEES D'ENTREES

2.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

2.1.1. Lit Mineur :

La modélisation du lit mineur a été faite sur 1085 ml, à partir de 13 profils en travers relevés sur le terrain par le cabinet WILD en juillet 2013:

- profils en travers au 1/200^{ème} espacés de 100m en moyenne,
- profil en long au 1/500^{ème}.

2.1.2. Lit Majeur :

L'analyse en lit majeur s'est basée sur la restitution photogrammétrique au 1/5000^{ème} fournie par les services de l'Urbanisme.

A titre d'information, un 1/5000^{ème} est bâti avec une densité de points cotés de 1 point tous les 150 m environ (1 point tous les 3 cm sur plan). Cette densité peut être plus élevée sur certains secteurs dégagés ou au contraire plus faible dans d'autres zones.

2.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

Aucune observation de débit ni de pluie n'a été effectuée sur la rivière UUFAU.

2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la UUFAU

Les caractéristiques du bassin versant sont données ci-dessous :

Surface	1.9 km ²
Longueur du plus long chemin hydraulique	2377 m
Pente moyenne pondérée	5.8 %
Pente moyenne globale	31.8 %
Temps de concentration (formule de Kirpich ¹)	12 mn

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant

¹ Formule du temps de concentration retenue par ANTEA dans sa note méthodologique[3].

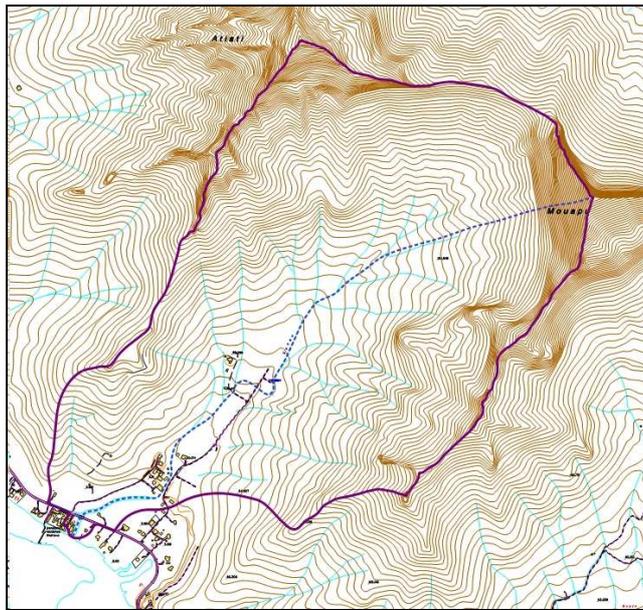


Figure 3 : Découpage du bassin versant de la rivière UUFU

2.2.2. Calcul des débits de projet

En 2006, lors du programme ARA11, une note méthodologique [3] avait proposé d'utiliser pour les cours d'eau de Moorea la méthode rationnelle avec les coefficients de Montana de VAHIRIA pour le calcul de la crue décennale Q10. La crue centennale est ensuite extrapolée par la méthode du GRADEX.

Les caractéristiques de la pluie retenue pour cette méthode sont les suivantes :

Station :	Vahiria
Durée de pluie intense	< 30 mn

Coefficients de Montana ²		
	P10	P100
a	5.08	6.43
b	-0.27	-0.27

Il est proposé de retenir un coefficient de ruissellement $C=0.36$ qui avait été calé sur le cours d'eau VAIANAE, proche de la UUFU.

² Données extraites de [1]

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

	Q10	Q100	
Intensité pluvieuse	2.6	3.3	mm/mn
Débit	30	53	m3/s
Module spécifique	16	27	m3/s/km ²

Les modules spécifiques semblent cohérents avec ceux de certains bassins versants similaires sur Tahiti, cependant l'absence de mesures statistiques sur les cours d'eau de Moorea ne permet pas d'apprécier ces résultats.

3. ENQUETE DE TERRAIN

3.1. PLAN D'ENQUETE DE TERRAIN



Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude (Fond de plan Urbanisme)

3.2. ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS

L'enquête a été menée en août 2013.

PT (aval vers l'amont)	Témoignages
1	Aucune inondation observée en 20 ans. Le pont de la route de ceinture est très endommagé. Engrèvement constaté en aval.
2 et 3	Aucune inondation observée en plus de 20 ans. Léger débordement (+30cm) en rive droite en amont du pont en cas d'obstruction de ce dernier.
4	Aucune inondation observée en plus de 40 ans. L'eau stagne en amont de la RDC en cas de forte pluie puisque la RDC est en remblai par rapport aux terrains amont.
5	Résident depuis plus de 25 ans. Autrefois il y avait des inondations sur le terrain (+50cm) à cause des eaux de ruissellement du talus. Aujourd'hui ce cours d'eau secondaire a été canalisé dans un fossé en terre et il n'y a plus de soucis.
6	Aucune inondation observée en plus de 70 ans.
7	Aucune inondation observée en plus de 50 ans.
8	Aucune inondation observée en 18 ans de résidence. L'habitation se retrouve isolé en cas de crue compte tenu de l'absence de moyen de traversé de la rivière.
9	Aucune inondation observée en + de 25 ans (3 cyclones vécus). Risque d'érosion en rive droite accentuée par la réduction (canalisation du cours d'eau)
10	Aucune inondation observée en + de 25 ans. Un bras secondaire repéré en amont se met en eau uniquement en cas de forte pluie.

L'enquête de terrain a mis en exergue les points suivants :

- Aucune inondation importante observée en 70 ans d'observation. Seul des légères zones de débordement (+30cm) sont identifiées en cas notamment d'obstruction du pont de la RDC.
- Risque d'érosion accentué aux abords du profil P8 du fait de la réduction de section.
- **Etat critique du pont de la RDC.** Section insuffisante et nappe inférieure des ferrailages du pont arrachée faisant obstacle à l'écoulement, accentuant le risque d'obstruction par des embâcles.

3.3. VISITE DE TERRAIN

	 <p>P13 vue vers l'amont : rive droite enrochée, engrèvement du fond.</p>	 <p>P12 vers l'aval : vue vers l'embouchure</p>
UUFAU	 <p>P12 vers l'amont : pont endommagé : nappe de ferrailage inférieure détruite et retenant les flottants.</p>	 <p>P6 vers l'amont : cours d'eau à l'état naturel, fort charriage</p>
	 <p>P7-P8 vue vers l'amont : cours d'eau canalisé dans une section plus étroite en partie enrochée</p>	 <p>P3 : passage à gué</p>

4. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE DU LIT MINEUR

4.1. CONSTRUCTION DU MODELE

Le logiciel retenu par la SPEED pour cette modélisation est le logiciel MIKE 11 qui effectue des modélisations de type 1 D et 1 D à casier, développé par DHI Software.

4.1.1. Ouvrages hydrauliques

La rivière UUFAU compte un seul ouvrage, celui de la RDC, pont d'ouverture libre 8.6 x 1.3 mht en moyenne. Il a été modélisé.

4.1.2. Calage du modèle

Sur le linéaire étudié, les coefficients de rugosité moyens retenus, selon la bibliographie [7], sont de :

- 16 en amont : berges à l'état naturel, section encombrée
- 22 entre P7 et P8 (berges enrochées recouvertes de végétation),
- 25 en aval de la RDC (une berge enrochée)

4.1.3. Conditions limites

La condition limite avale est la cote imposée par le lagon à l'exutoire de la rivière. Elle est fixée à + 1 m NGPF conformément au scénario retenu pour l'établissement des PPRI.

La condition amont est le débit de crue en régime permanent présenté au § 2.2.

4.2. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

Le graphique en page suivante présente les lignes d'eau atteintes pour le Q10 (30 m³/s) et le Q100 (53m³/s) sans embâcle en régime permanent.

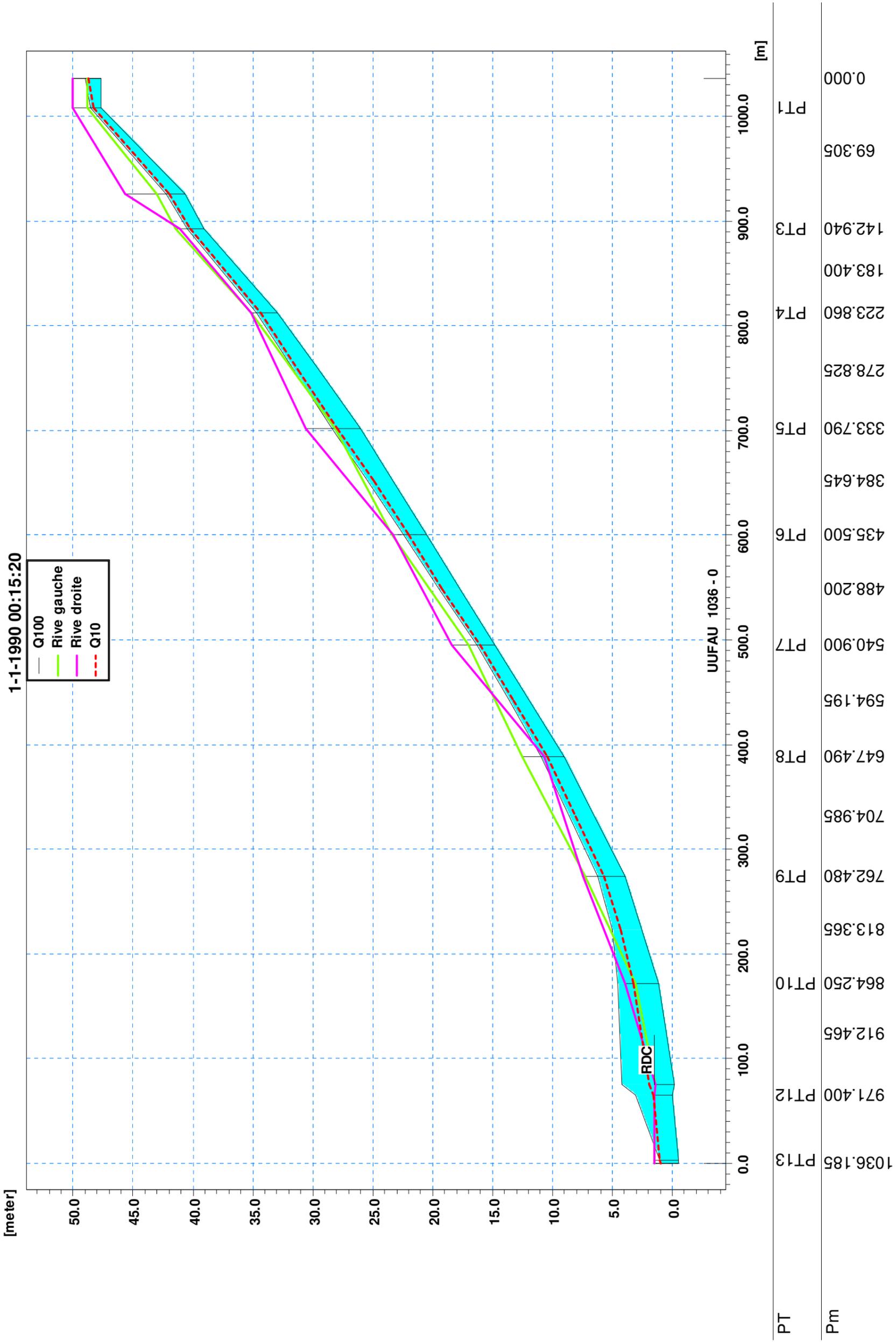


Figure 5 : Ligne d'eau Q10 et Q100 issues de la modélisation sous Mike

4.3. IDENTIFICATION DES POINTS ET DES FREQUENCES DE DEBORDEMENT DU LIT MINEUR

Pour la crue décennale, les débordements sont localisés entre les profils P9 et P12 (en amont immédiat du pont de la RDC) et préférentiellement vers la rive gauche qui est plus basse. Ces débordements sont situés au droit d'une rupture de pente sur le profil en long du cours d'eau. En l'état actuel, les débordements sont accentués par la mise en charge du pont de la RDC, ce qui est cohérent avec l'enquête de terrain et les témoignages des riverains.

Sur le reste du lit, (P1 à P9), la capacité de transit du lit mineur est proche de la crue centennale. Des légers débordements peuvent se produire néanmoins au droit des profils P4-P5 en rive gauche où le cours d'eau méandre dans une forêt de Mape.

Le pont de la RDC présente :

- Une mise en charge estimée pour un débit de 21m³/s correspondant à un débit proche de la crue quinquennale (Q5)
- Un risque de submersion à partir d'un débit proche de la crue centennale.

La modélisation a mis en avant l'augmentation des vitesses au droit de la zone habitée, entre les profils P7 et P9, ce qui confirme le risque d'érosion à cet endroit.

5. ANALYSE DU LIT MAJEUR

5.1. IDENTIFICATION DES CHENAUX D'ÉCOULEMENT ET DES ENVELOPPES DE CRUE POTENTIELLES

Le bassin versant de la UUFAU est de petite taille : 1.9 km². Il ne présente pas d'allongement marqué.

En amont de la zone d'étude, le cours d'eau n'a plus de plancher alluvial : le talweg est encaissé en forme de V et présente des pentes élevées.

Entre les profils P1 et P7, les pentes du profil en long du cours d'eau se réduisent à 3.5% en moyenne et sur ce tronçon, le lit mineur présente des méandres.

Le lit est encaissé avec des terrasses alluviales marquées : le lit mineur et le lit majeur sont quasiment confondus. Des légers débordements sont observés au droit des profils P5 et P4 mais la zone d'étalement reste localisés dans ces terrasses alluviales.

Sur le terrain et la restitution photogrammétrique un ancien bras secondaire a été identifié. Ce dernier est susceptible de se mettre en eau lors des crues, entre les profils P5 et P7.

Entre les profils P7 et P9 le lit a été canalisé et les terrassements ont masqué les terrasses alluviales. La capacité de ce lit est centennale mais les risques d'érosion sont importants.

Au droit du profil P9, la rupture de pente du profil en long marque le début de la plaine littorale. En aval de ce point, les limites du lit majeur ne sont pas marquées, ce qui se traduit par une zone d'étalement de la lame d'eau en cas de crue. La fréquence de débordement est augmentée par la mise en charge du pont.

Au vu de la restitution photogrammétrique et d'après l'analyse des cartes géomorphologiques, aucun cône de déjection n'est observé au débouché de la plaine littoral.

En rive gauche, à une distance 300m environ du lit mineur, un petit talweg indépendant a été identifié. Ce talweg a son propre exutoire et n'est pas relié aux débordements de la rivière UUFAU.

5.2. CARACTERISATION DE L'ALEA DES ENVELOPPES DE CRUE

5.2.1. Méthodologie

En hydrogéomorphologie et conformément au cahier des charges, la classification des zones selon les aléas se fera selon le principe suivant :

- **aléa fort** : lit mineur et ses zones de mobilité et lit majeur inondé fréquemment (de Q1 à Q10) ainsi que les axes d'écoulement de lit majeur présentant des hauteurs d'eau ou des vitesses importantes (hauteurs > 1 m ou vitesses > 0.5 m/s)
- **aléa moyen** : reste du lit majeur inondé entre Q20 et Q100 ainsi que les zones présentant des hauteurs d'eau comprises entre 0.5 et 1 m et des vitesses inférieures à 0.5 m/s .
- **aléa faible** : lit majeur exceptionnel. Les hauteurs et vitesses y sont faibles, respectivement inférieures à 0.5 m et 0.5 m/s.

Limites de la Méthode hydrogéomorphologique³ :

Ce diagnostic du lit majeur est basé sur l'identification de thalwegs secondaires et d'axes d'écoulements en lit majeur qui se sont formés lors de crues extrêmes (décamillénaires ou plus) rattachées à des séries climatiques n'ayant rien de commun avec la période actuelle.

En outre, il ne permet pas de prendre en compte les éventuels aménagements hydrauliques (recalibrage, endiguement) réalisés depuis leur occurrence ainsi que les modifications anthropiques du lit majeur. Cette méthode est donc souvent jugée maximaliste.

Néanmoins, ici, sa corrélation avec la modélisation du lit mineur permet d'affiner la délimitation du lit majeur et de prendre en compte les aménagements réalisés en lit mineur.

³ Extraits de [6]

5.2.2. Caractérisation des enveloppes

Aléa fort

En aval du profil P9, le lit mineur sera classé en **aléa fort**.

En amont du profil P9, le lit majeur et mineur quasiment confondus sont classés en aléa fort.

En amont du profil P7, compte tenu des pentes élevées, il y a un risque d'érosion. Une bande d'aléa fort de 3m de part et d'autre du cours d'eau sera rajouté en bordure du lit mineur.

Au droit de la zone habitée, entre P7 et P9, la canalisation artificielle du cours d'eau induit une mise en vitesse donc également un risque d'érosion. Une bande d'érosion de 2m, classée en aléa fort, de part et d'autre du lit mineur a donc été rajoutée sur ce tronçon.

Un bras secondaire successible de se mettre en eau lors des crues a été identifié en amont du P7. Il sera classé en **aléa fort**.

Aléa moyen

Les premiers débordements interviennent en amont de la RDC en rive gauche compte tenu de la capacité de transit limitée du pont de la RDC. Il convient de classer cette zone en **aléa moyen**. Ces débordements interviennent en aval du profil P9, lieu de la rupture de pente avec l'amont.

Aucune surcharge d'érosion n'a été rajoutée sur ce tronçon compte tenu de la diminution de pente et donc des vitesses.

En amont, des points de débordements subsistent entre les profils P4 et P7 pour des crues exceptionnelles. Les zones touchées par ces débordements sont classées en aléa moyen.

En amont de la RDC, une zone de stagnation des eaux a été identifiée. Cette zone est classée en aléa moyen.

Aléa faible

Le lit majeur géomorphologique est classé en **aléa faible**.

6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

Réfection du pont

Un des points urgents à traiter est la réfection du pont de la RDC. Ce pont devra être recalibré pour permettre le transit de la crue centennale avec un tirant d'air de 0.80m.

Un prédimensionnement conduit à une section d'ouvrage de l'ordre de 10 x 2.50 mht. Des mesures devront être prises en cas de rehausse du profil en long pour ne pas endiguer les terrains situés en amont.

Renforcement des berges

Au droit de la zone habitée entre les profils P7 et P9, il est nécessaire de renforcer les berges par la mise en place de gros enrochements libres ou enrochements percolés de béton.

En zone bleue et verte

La construction d'habitat sur pilotis est à préconiser dans toute nouvelle opération de construction, en particulier au droit des zones d'aléa moyen.

PLANS

- PPR 041 Cartographie hydrogéomorphologique
- PPR 042 Cartes des enquêtes de terrain
- PPR 043 Cartographie de l'aléa inondation

▪ BIBLIOGRAPHIE

Hydrologie :

1. Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti – G. WOLTING, 2000
2. Evaluation des maximums de crue sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale – J. DANLOUX, 2003
3. Assistance technique pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa inondation en Polynésie française – Convention BRGM/ANTEA n°POL0361 – P. STOLLSTEIMER, 2005
4. Note méthodologique pour la cartographie de l'aléa Inondation au droit des cours d'eau de Polynésie Française –B.E.T. SPEED/ BCEOM / VAIAD – 2005
5. Guide technique de l'assainissement – Le Moniteur – Régis Bourrier

Hydrogéomorphologie :

6. Les bases techniques de la méthode Inondabilité – Editions CEMAGREF – O. GILARD, 1998

Hydraulique :

7. Hydraulique générale, A. LENCASTRE, édition 1995