



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

Lot 1

COURS D'EAU : NAHOATA

Commune : **PIRAE**

Ile : **TAHITI**

Octobre 2013

N°rapport : 1488 13 04 V1

TABLE DES MATIERES

1.	METHODOLOGIE	4
2.	DONNEES D'ENTREES	5
2.1.	Données topographiques	5
2.1.1.	Lit Mineur :	5
2.1.2.	Lit Majeur :	5
2.2.	Données hydrologiques	5
2.2.1.	Caractéristiques du bassin versant de la NAHOATA	5
2.2.2.	Calcul des débits de projet	6
3.	ENQUETE DE TERRAIN	9
3.1.	Enquête auprès des riverains	9
3.2.	Visite de terrain	10
4.	ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE	13
5.	CONSTRUCTION DU MODELE	14
5.1.	Lit Mineur (logiciel MIKE 11)	14
5.1.1.	Identification des lits mineurs :	14
5.1.2.	Ouvrages hydrauliques	14
5.1.3.	Calage des coefficients de Manning Strickler	15
5.1.4.	Conditions aux limites	15
5.2.	Lit Majeur (logiciel MIKE 21)	16
5.2.1.	Topographie	16
5.2.2.	Coefficients de Manning-Strickler	16
5.2.3.	Conditions limites	17
5.3.	Couplage lit majeur/lit mineur	18
6.	SIMULATION DES CRUES DE PROJET	19
6.1.	Calage du modèle	19
6.1.1.	Calage par rapport aux observations de crues	19

6.1.2.	Calage par rapport à l'analyse hydrogéomorphologique	19
6.2.	Commentaires sur les résultats de modélisation	20
6.2.1.	Choix des simulations	20
6.2.2.	Constat en lit mineur de la NAHOATA	21
6.2.3.	Constat en lit majeur	23
6.2.4.	Cartographie	25
7.	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	26
7.1.	Enjeux	26
7.2.	Propositions d'aménagement	26
7.2.1.	Tavaux à court terme	26
7.2.2.	Travaux à moyen terme (Q50 – sortie de l'aléa fort inondation)	26
7.2.3.	Travaux à long terme (Q100)	27
7.2.4.	Enveloppe financière	27

Tables des figures

Figure 1 : Plan de situation	4
Figure 2 : Découpage du bassin versant de la rivière NAHOATA.....	6
Figure 3 : Axe préférentiel d'écoulement en lit majeur	13
Figure 4 : Hydrogramme de crue.....	15
Figure 5 : Coefficient de Manning Strickler en lit majeur	16

1. METHODOLOGIE

La rivière NAHOATA est située sur île de Tahiti, sur la côte nord, au PK 3 à la limite des communes de Pirae et de ARUE.



Figure 1 : Plan de situation

L'étude concerne un linéaire de 4,7 km soit la totalité de la zone habitée (4.1km) plus une partie en amont (600m). A noter qu'en amont, les terrains sont inconstructibles compte tenu de l'absence de place et des risques de glissement de terrains (zone rouge).

La méthodologie retenue pour cette étude est la suivante :

- 1) **Visite de terrain** avec rencontres des riverains afin d'établir une liste des points noirs la plus exhaustive possible.
- 2) **Réalisation de la cartographie hydrogéomorphologique**
- 3) **Modélisation du lit mineur et du lit majeur de la NAOHATA**
- 4) **Vérification de la concordance entre l'hydrogéomorphologie, l'enquête de terrain et la modélisation 2D**
- 5) **Caractérisation des aléas**

2. DONNEES D'ENTREES

2.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

2.1.1. Lit Mineur :

La modélisation du lit mineur a été faite sur 4700 ml, à partir de 65 profils en travers relevés sur le terrain par le cabinet WILD en juin 2013:

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

A noter que le cours d'eau était fortement engravé lors de la réalisation du levé.

2.1.2. Lit Majeur :

L'analyse en lit majeur s'est basée sur la restitution photogrammétrique au 1/2000^{ème} fournie par les services de l'Urbanisme.

A titre d'information, un 1/2000^{ème} est bâti avec une densité de points cotés de 1 point tous les 60 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

2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la NAHOATA

Les caractéristiques du bassin versant sont données ci-dessous :

Surface	12.6 km ²
Longueur du plus long chemin hydraulique	12.8 km
Pente moyenne pondérée	3.7 %
Pente moyenne globale	14.7 %
Temps de concentration (formule de Kirpich ¹)	59 mn

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant

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

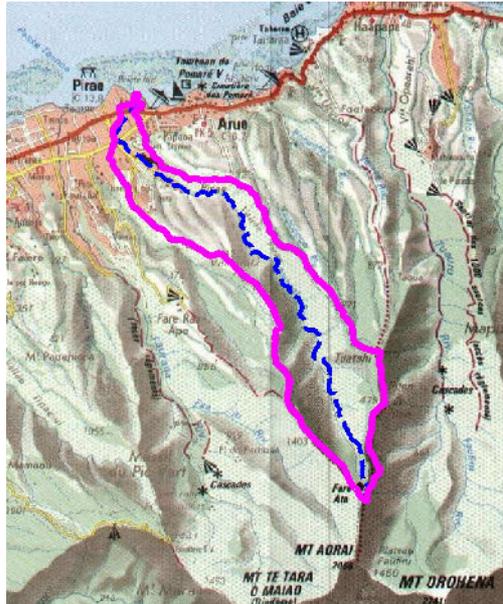


Figure 2 : Découpage du bassin versant de la rivière NAHOATA

2.2.2. Calcul des débits de projet

Différentes méthodes ont été étudiées pour le calcul de débit de la NAHOATA :

- 1) Méthode globale de Creager, appliqué à Tahiti par J.Danloux [2]
- 2) Méthode rationnelle + extrapolation par la méthode du GRADEX, selon la note réalisée par le bureau d'études ANTEA dans le cadre des PPRI [3]
 - 2-a) avec les coefficients de Montana de Fautaua
 - 2-b) avec les coefficients de Montana de Faa'a
- 3) Extrapolation au bassin versant de la NAHOATA d'après les ajustements statistiques effectués sur la Fautaua :
 - 3-a) avec les valeurs de l'ORSTOM : période 1972-1987
 - 3-b) avec les valeurs recalculées par J-Danloux : période 1972-1999 (les valeurs 1972-1987 sont des valeurs mesurées par l'ORSTOM, les valeurs de 1988-1999 ont été extrapolés pas J. DANLOUX d'après des données issues de TUAURU)

2.2.2.1. Méthode de Creager

La méthode est la suivante :

- 1) recherche du maximal connu sur le bassin versant voisin de la FAUTAUA disposant d'observations,
- 2) déterminations des rapports entre débit maximal et débits caractéristiques de crue (Q10, Q50 et Q100)
- 3) Détermination des coefficients de Creager correspondant
- 4) Application de la formule de Creager sur le bassin versant étudié avec les coefficients de Creager calculés

2.2.2.2. Méthode rationnelle + GRADEX

La crue décennale est calculée par la méthode rationnelle à partir des données pluviométriques et du coefficient de ruissellement calé sur des bassins versants disposants de suffisamment des points de mesures.

Les crues supérieures à la décennale sont ensuite extrapolés par la méthode du GRADEX.

Les caractéristiques de la pluie de projet de Faa'a utilisée pour la NAHOATA sont les suivantes :

Station :	Faa'a
Durée de pluie intense	< 60 mn

Coefficients de Montana		
	P10	P100
a	10.45	12.66
b	-0.54	-0.50

Il est proposé de retenir un **coefficient de ruissellement C=0.31** qui avait été calé par P.Stollsteiner.

2.2.2.3. Extrapolation d'après le bassin versant voisin de la FAUTUA

L'ajustement statistique permet de déterminer les crues de projet à partir des mesures de débit. La NAHOATA n'a pas fait l'objet de mesures, c'est donc les valeurs de la FAUTAUA qui ont été extrapolées au bassin de la NAHOATA.

La Fautaua a fait l'objet d'un suivi de 1972 à 1987 par l'ORSTOM, soit 15 années de mesures. Cette série de données est jugée insuffisante pour déterminer les crues supérieures à la décennale.

J.Danloux avait proposé dans sa note de compléter la série de données pour la période 1988-1997 par des valeurs extrapolées à partir du bassin versant de la TUAURU. Cependant, le transfert de ces données sur la NAHOATA donne des valeurs de débits 70% plus élevées que la méthode précédente. Il est donc proposé de ne pas retenir cette méthode compte tenu des incertitudes.

2.2.2.4. Résultats et analyse

Les débits estimés selon ces différentes méthodes sont les suivants :

N° méthode	Méthode de calcul	Q10		Q100	
		Débit	Ratio surfaccique	Débit	Ratio surfaccique
		(m3/s)	m3/s/km ²	(m3/s)	m3/s/km ²
1	Creager	89	7	152	12
2-a	Rationnelle + Gradex (Faa'a)	75	6	179	14
2-b	Rationnelle + Gradex (P.Stollsteiner)	73	6	154	12
3-b	Extrapolation Fautaua (d'après valeurs stat. de l' ORSTOM) 15 années d'observations	67	5		15
	moyenne	76	6	168	13

Au vu de ces différents résultats, il est proposé de retenir la valeur moyenne.

Q10 = 76m3/s

Q100 = 168 m3/s

3. ENQUETE DE TERRAIN

3.1. ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS

Profil (de l'aval vers l'amont)	Témoignages (septembre 2013)
<p>Aval à l'avenue Charles de Gaulle Points 1 à 3 (P64 à P61)</p>	<p>Des légers débordements ont été observés par le passé auprès de l'embouchure. Toutefois, depuis la rehausse des terrains, il n'y a plus de problèmes.</p> <p>L'avancé de terre artificielle en rive gauche (club de pirogue) empêche les courants de reprendre les dépôts de la rivière.</p> <p>Cependant, en cas de crue, ces dépôts sont emportés par la rivière.</p>
<p>Entre l'avenue Charles de Gaulle et la RDC (P60 à 52)</p>	<p><u>A proximité du pont de l'avenue Charles de Gaulle</u> (points de visite 5-6-7 et 12) l'eau a atteint plusieurs fois la limite de berge mais aucun débordement n'a été constaté.</p> <p>Le pont de la RDC n'est pas limitant.</p> <p><u>En aval du stade JT</u> (points de visite 8, 9 et 10) En sortie de coude à l'aval du stade JT, d'importants problèmes d'érosion sont constatés. D'après les riverains (9 et 10) les berges sont régulièrement emportées lors des crues sur 2 à 3 m de large et ce malgré la présence d'enrochements.</p> <p><u>En aval du pont de la RDC</u> Ces habitations ont subi l'inondation de 1998. Le pont a été submergé suite à un blocage par des troncs d'arbres. Une partie de la maison de M. PARO a été emportée (point 13). Hauteur d'eau de 1m avec de forte vitesse.</p>
<p>Entre la RDC et l'hippodrome (P51 à P38)</p>	<p>La crue de 1998 a inondé ces terrains amont avec des hauteurs d'eau importantes (>1m avec de fortes vitesse). Les débordements ont été accentués par la mise en charge du pont.</p> <p>La section du cours d'eau est réduite du fait de sa canalisation entre les habitations et de la présence de dépôts importants dans le lit mineur. Les débordements sont très fréquents en particulier en aval du profil P45 (8 inondations observées en rive droite).</p> <p>La hauteur d'eau atteint + 70cm.</p> <p>La servitude Tuterai Tane s'est transformé en "rivière" lors de la crue de 1998.</p>
<p>Entre l'hippodrome et le cimetière (P38 à P28)</p>	<p>En 1998, le blocage de l'ancien pont situé en amont du cimetière a inondé toute la zone située en rive droite entre la montagne et la rivière. Les habitations ont été évacuées (1 habitation a été détruite).</p> <p>Hauteur d'eau > 70cm avec de fortes vitesses.</p>
<p>En amont du cimetière (P28 à P18)</p>	<p>Quelques points d'inondation sont observés.</p> <p>Au profil P21, l'eau a atteint entre +50cm et 1m suite à la crue de 1998. Ces débordements ont été accentués par l'obstruction du pont en aval, au droit du cimetière (ancien pont).</p>

<p>Lotissement OPH (P1 à P18)</p>	<p>Une maison a été emportée lors de la crue de 1998 ainsi qu'une partie de la route située à l'extrados du coude à l'entrée du lotissement (profil P10).</p>
--	---

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

- L'obstruction des ouvrages par des embâcles est à l'origine des débordements importants survenue lors de la crue de 1998.
- Entre l'hippodrome et la RDC, la section réduite du cours d'eau et l'absence de curage entraîne des débordements fréquents.
- Entre l'avenue Charles de Gaulle et la RDC l'érosion des berges est fréquente (tous les 2-3 ans la protection en enrochement est emportée au profil P56).

3.2. VISITE DE TERRAIN

Quatre tronçons ont été identifiés :

- tronçon 1 : Profil P64 à P56 (pente moyenne 0.5%)
- tronçon 2 : Profil P56 à P52 (pente moyenne 1.2%)
- tronçon 3 : Profil P52 à P37 (pente moyenne 1.4%)
- tronçon 4: Profil P37 à P0 (pente moyenne 2.1% à 3.3%)

<p>TRONCON 1 AVAL</p>		
	<p>P62 vue vers l'aval vers l'embouchure</p>	<p>P61 vue en aval du pont de la RDC</p>
<p>Sur ce tronçon, la rivière est large. Les berges sont protégées de façon hétérogène par des enrochements libres ou des murs d'habitations. Les riverains notent une tendance à l'engravement du cours d'eau. Cet engravement est particulièrement marqué en aval du pont de l'avenue Charles de Gaulle (cf. photo)</p>		

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCON 2</p>	 <p style="text-align: center;">P56 vers l'amont</p>	 <p style="text-align: center;">P51 vers l'aval</p>
	<p>Sur ce tronçon, la largeur du lit mineur se réduit. De nombreuses zones de dépôts sont observées dans le cours d'eau réduisant encore plus la section d'écoulement.</p> <p>La présence de blocs décimétriques témoigne de la forte capacité de charriage de la Nahoata. Ceci est confirmé par certains riverains qui voient régulièrement leur protection de berges emportées lors des crues.</p> <p>Les ferrailages du tablier du pont de la RDC sont apparents ce qui témoigne de la mise en charge fréquente du pont.</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCON 3</p>	 <p style="text-align: center;">P49 vers l'aval</p>	 <p style="text-align: center;">P37 vers l'aval</p>
	<p>Sur ce tronçon, le cours d'eau est canalisé entre les habitations. Les berges sont protégées par des enrochements.</p> <p>De nombreuses passerelles sont présentes mais elles ne provoquent pas de contraction de section. Toutefois, le tirant d'air est faible sur certaines passerelle ce qui augmente le risque d'obstruction par des embâcles (passerelle au profil P48 et P37 (domaine Labbey)).</p> <p>Un engravement est constaté ce qui réduit considérablement la section et accentue le risque de débordement.</p>	

TRONCON 4 ET 5		
	P22 vers l'aval	P26 vers l'amont
<p>La granulométrie est plus grossière et le lit présente une pente plus importante, de l'ordre de 2.1 à 3.3% en amont. Une maison avait emporté lors de la crue de 1998 à l'extrados du virage au profil P10 témoignant de la puissance du cours d'eau en crue. Depuis la protection de berges a été renforcée par des enrochements percolés de béton mais celle-ci présente des signes de faiblesse.</p> <p>Sur ce tronçon, de nombreuses habitations sont accolées au cours d'eau. La vallée est encaissée et offre peu de possibilité d'étalement de l'eau en cas de débordement.</p> <p>Le coude en sortie du pont au profil P26 est très marqué sans rehausse de berge à l'extrados ce qui constitue un point de débordement préférentiel.</p>		

4. ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

Le bassin versant de la Nahoata présente une forme très allongée, peu courante en Polynésie.

En amont, le plancher alluvial est quasiment inexistant (50 mètres de large). Le cours d'eau est très encaissé, bordé par des versants de plus de 600 mètres de haut. Cette configuration offre donc peu de possibilité d'étalement de la lame d'eau en cas de crue ce qui peut se traduire par des vitesses importantes en lit majeur.

Le plancher alluvial s'élargit ensuite lentement pour atteindre au maximum entre 200 et 350 mètres de large maximum au débouché sur la plaine littorale (au niveau de l'hippodrome).

La plaine littorale s'étend ensuite sur 1.5 km jusqu'à l'embouchure.

A 1km de l'embouchure, le cours d'eau présente un coude très marqué vers la droite à 90°. La carte géologique indique une zone de limon sableux graveleux sableux en sortie de ce coude. Ces dépôts ont probablement été déposés par le passé par la Nahoata ce qui signifie que le tracé du lit mineur devait être orienté vers la rivière Hamuta.

L'analyse des courbes de niveau issues de la restitution photogrammétrique semble confirmer cette hypothèse. En effet l'analyse révèle la présence d'un axe d'écoulement préférentiel vers la HAMUTA (Cf. ci dessous).

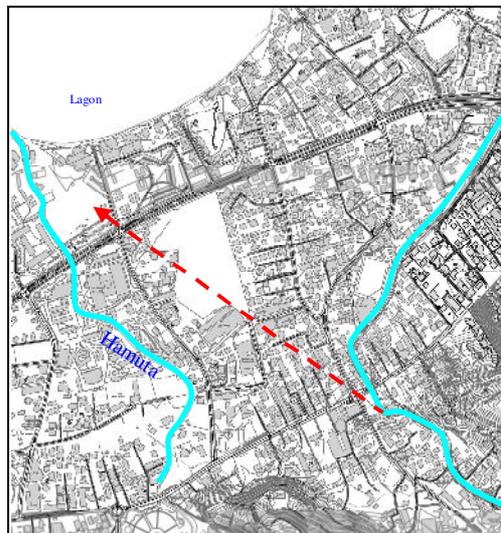


Figure 3 : Axe préférentiel d'écoulement en lit majeur

D'après la carte géologique, la zone alluviale s'étend plutôt en rive gauche qu'en rive droite marquant ainsi un débordement préférentiel de ce côté.

L'urbanisation rend aujourd'hui difficile la visualisation des limites du lit majeur.

5. CONSTRUCTION DU MODELE

La **modélisation** de la NAHOATA a été réalisée à l'aide :

- du logiciel **MIKE 21**, logiciel 2D (**modèle bidimensionnel**) pour le lit majeur. Ce modèle permet de modéliser en lit majeur des écoulements multidirectionnels et fournir les hauteurs d'eau et vitesses des écoulements sur l'ensemble du lit majeur.
- du **logiciel MIKE 11** en lit mineur pour conserver une analyse fine des écoulements en lit mineur.

Le **couplage des deux modèles** se fait sous l'interface **MIKE FLOOD** qui établit des liens entre le lit mineur et le lit majeur.

5.1. LIT MINEUR (LOGICIEL MIKE 11)

5.1.1. Identification des lits mineurs :

Seul le lit mineur de la Nahoata a été modélisé d'après les données topographiques.

Le lit voisin de la rivière Hamuta n'a pas été modélisé sous Mike 11.

5.1.2. Ouvrages hydrauliques

Les ouvrages recensés sur le linéaire étudié sont présentés dans le tableau suivant :

Profil	PK	Type d'ouvrage	Largeur ouvrage
PT6	531.38	Passerelle (ep.25cm)	14.8 m
PT8	708.4	Passerelle (ep.25cm)	12.7 m
PT10	872.76	Passerelle (ep.20cm)	11.4m
PT14	1223.34	Passerelle (ep.20cm)	12.8m
PT16	1395.41	Passerelle (ep.15cm)	9m
PT19	1597.78	Passerelle (ep.47cm)	11.9m
PT21	1705.64	Passerelle (ep.20cm)	10.7m
PT23	1758.54	Passerelle (ep.20cm)	10m
PT26	1952.23	Pont cadre	16m
PT28	2115.76	Passerelle (ep.20cm)	11.6m
PT30	2174.87	Passerelle (ep.20cm)	8.2m
PT32	2341.56	Passerelle (ep.25cm)	9m
PT33	2371.85	Passerelle (ep.25cm)	9,8
PT37	2787.06	Pont à poutre (domaine Labbey)	8 m
PT40	2989.13	Passerelle (ep.25cm)	8.6m
PT42	3078.47	Pont	8 m
PT45	3215.8	Pont	9.6m
PT47	3233.5	Pont	12.7m
PT51	3529.31	Pont RDC	8m
PT60	4362.53	Pont	25m

Les ouvrages les plus critiques et présentant un fort risque d'obstruction par des embâcles ont été modélisés. Il s'agit des ouvrages situés au profils P37,45 et P51.

Ces ouvrages ont été modélisés dans les trois scénarii :

- Q10, Q100 : sections non colmatées
- colmatés à 50% dans le scénario "Q100 avec embâcles".

5.1.3. Calage des coefficients de Manning Strickler

Pour les petits débits, les coefficients de Manning Strickler avaient été évalués entre 18 et 22 aux points de mesures de débit lors de l'étude de l'ORSTOM en 1995. Ces valeurs avaient été jugées relativement faibles pour des sections canalisées.

A titre de comparaison, la méthode de COWAN donne pour la Nahoata un coefficient de Manning Strickler compris entre 20 et 30. Il est proposé de retenir une valeur moyenne de 25 sur le tronçon étudié compte tenu de la présence d'un lit mineur relativement canalisé. Cette valeur est en accord avec la bibliographie.

5.1.4. Conditions aux limites

L'hydrogramme relevé sur le bassin versant voisin de la Fautaua lors de la crue de 1983 a été transposé par homothétie sur le bassin versant de la NAHOATA:

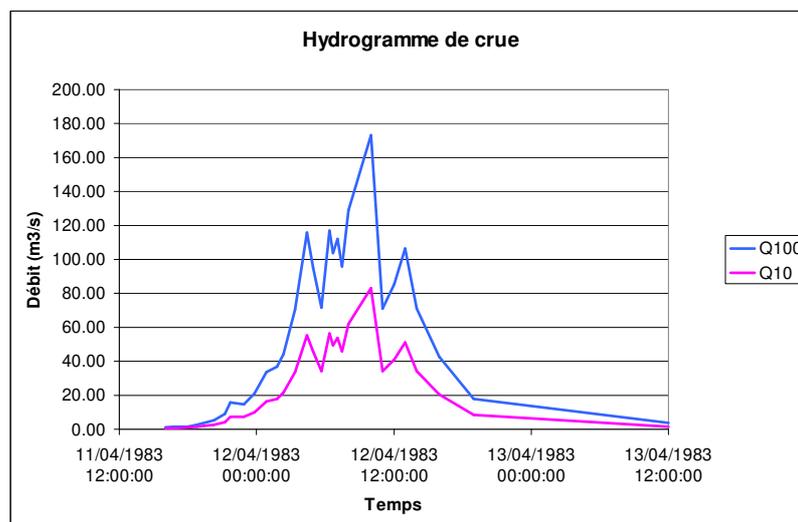


Figure 4 : Hydrogramme de crue

La condition limite aval est la côte imposée par le lagon à l'exutoire de la NAHOATA. Conformément au cahier des charges :

- +1 mNGT pour les scénarios Q100 et Q100 avec embâcles,
- +0 mNGT pour le scénario Q10.

5.2. LIT MAJEUR (LOGICIEL MIKE 21)

5.2.1. Topographie

La topographie du lit majeur est modélisée à partir des données topographiques évoquées au § 2.1. La zone ainsi couverte englobe les limites du lit majeur préalablement fixées par l'hydrogéomorphologie. Cette zone est découpée en 33 231 mailles de 20 m x 20m, couvrant une superficie de 1329 ha.

Au droit de la rivière Hamuta, la topographie a été abaissée pour prendre en compte le lit mineur de la Hamuta. Le reste du MNT n'a pas l'objet de modifications particulières mis à part quelques aberrations très ponctuelles de la restitution photogrammétrique.

5.2.2. Coefficients de Manning-Strickler

Les coefficients de Manning-Strickler sont fournis sous la forme de matrice géographique :

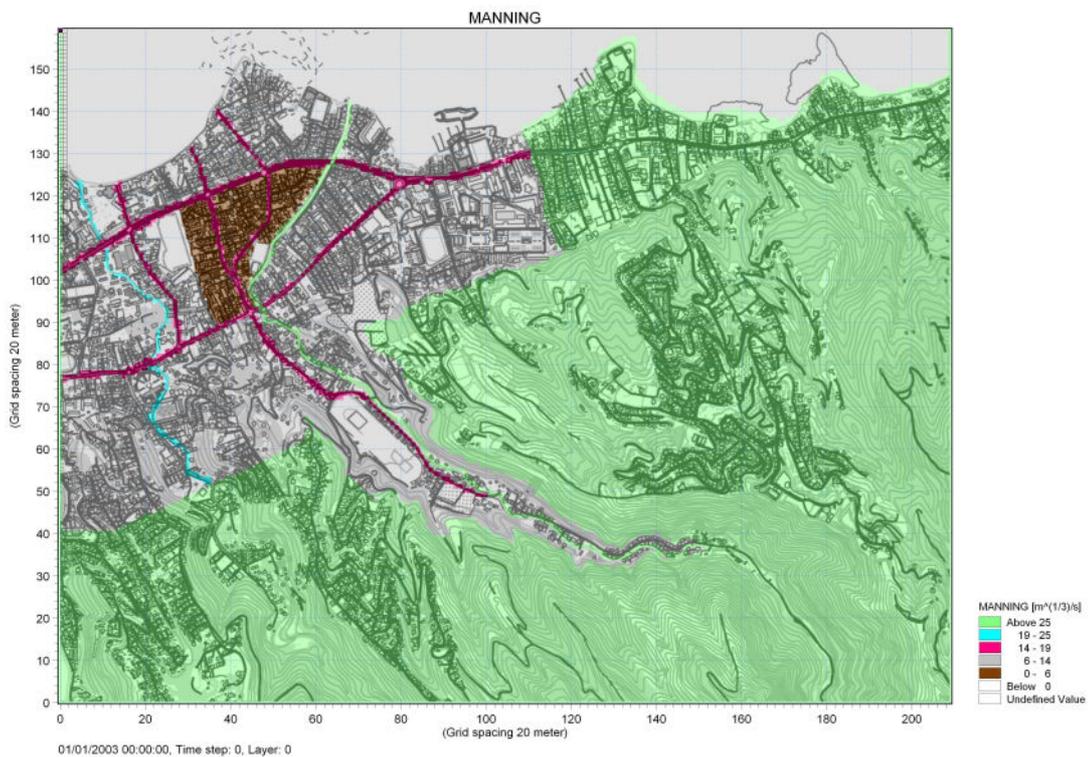


Figure 5 : Coefficient de Manning Strickler en lit majeur

Les coefficients de Manning ont été fixés à :

- 8 pour les zones urbanisées,
- 6 pour les zones urbanisées denses avec des immeubles
- 15 pour les axes routiers
- 20 pour le cours d'eau de la HAMUTA

5.2.3. Conditions limites

Des conditions limites doivent être imposées sur les mailles situées en limite de la zone étudiée.

Au Nord

Le lagon constitue une zone d'échange. La côte est fixée à +0mGNT ou +1mNGT suivant les scénarii.

A l'est,

Aucune barrière physique susceptible d'empêcher l'étalement de la lame d'eau n'a été identifiée sur la topographie. La limite a donc été repoussée jusqu'au Motu de ARUE, soit à 900mètres du lit mineur de la Nahoata.

Au sud

Le relief empêche l'eau de couler dans cette direction. Il n'y a pas d'échange avec l'extérieur du modèle au sud, cette limite est dite fermée.

A l'ouest

Une première analyse effectuée lors de la rédaction du cahier des charges avait conduit à considérer une modélisation indépendante de la Nahoata sans liaison avec les cours d'eau voisins Hamuta et TERUA. En effet, la densité urbaine ainsi que la présence de grands axes structurants ne laisser pas pressentir une zone d'échange entre ces cours d'eau.

Cependant les premières modélisations ont montré que les débordements rejoignaient la Hamuta et que cette dernière jouait donc un rôle drainant pour les écoulements en lit majeur de la NAHOATA.

Trois scénarii ont donc été envisagés :

- 1- Scénario bas- favorable : crue indépendante des cours d'eau HAMUTA et NAHOATA. Le débit de la Hamuta est considéré comme négligeable et son lit mineur joue donc le rôle d'axe drainant pour les débordements de la NAHOATA.
- 2- Scénario médian : crue de la Nahoata et cours d'eau de la Hamuta à pleine capacité
- 3 – Scénario haut - défavorable : crues simultanées des deux cours d'eau.

A noter que le scénario 3 nécessite une analyse détaillée de la HAMUTA non prévue dans le cadre de cette étude.

NB : A l'inverse, au vu de la topographie, les débordements de la Hamuta ne rejoindront pas le lit mineur de la NAHOATA (pente ascendante vers la Nahoata).

5.3. COUPLAGE LIT MAJEUR/LIT MINEUR

Le couplage entre MIKE 11 et MIKE 21 se fait par le logiciel MIKE FLOOD qui permet de définir différents type de liens entre le lit mineur et le lit majeur.

Dans la présente étude, le type de liens utilisé sont les « Lateral links » qui correspondent aux déversements entre les lits mineurs et majeurs. Ce déversement est modélisé par des lois de seuil automatisées, en fonction de la cote de la berge, de la cote du lit majeur et du niveau d'eau. Ce principe s'applique sur tout le linéaire étudié.

6. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

6.1. CALAGE DU MODELE

6.1.1. Calage par rapport aux observations de crues

Plusieurs rapports font référence à un ancien poste situé à proximité du cercle hippique mais sa position précise n'est pas connue. Ce poste aurait enregistré les crues de :

- 19/12/1998 : 90m³/s pour une côte 24.06 mNGT,
- 1995 : 24.55 MNGT (débit inconnu)

Pour ce débit de 90m³/s, la côte d'eau modélisée est de 24.05 mNGT au profil P36. Bien que la position de ce point de calage n'est pas précise, le résultat est cohérent avec la valeur observée.

Pour le reste du cours d'eau il n'existe aucun autre point de calage. Néanmoins, les résultats de la modélisation avec embâcles pour cette crue de calage sont cohérents avec les témoignages des riverains :

- hauteur d'eau et vitesse modélisée en cohérence avec les valeurs observées,
- zone d'inondation et point de débordements en accord avec les observations (cf. carte d'enquête de terrain).
- Mise en charge du pont de la RDC

6.1.2. Calage par rapport à l'analyse hydrogéomorphologique

La zone d'étalement observé en modélisation est cohérente avec l'analyse hydrogéomorphologique.

6.2. COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS DE MODELISATION

6.2.1. Choix des simulations

Le scénario retenu pour la cartographie des zones inondables est celui d'une crue de la NAHOATA seule (scénario 1 favorable , Cf. paragraphe 5.2.3) : le lit mineur de la rivière HAMUTA a été saisi dans la bathymétrie et sert d'exutoire pour les crues de la Nahoata.

Les simulations effectuées sont les suivantes :

- Simulation 1 : Q10 – H lagon = 0 m
- Simulation 2 : Q100 / H lagon = 1 m
- Simulation 3 : Q100 avec Obstruction des ouvrages par les embâcles/ H lagon = 1 m.

Les profils en long de la NAHOTA pour chaque simulation sont présentés en annexe.

RAPPEL : lors de l'enquête de terrain, un engravement marqué du lit a été constaté et confirmé par les riverains. Les débordements modélisés sont donc accentués par cet état d'engravement du cours d'eau.

6.2.2. Constat en lit mineur de la NAHOATA

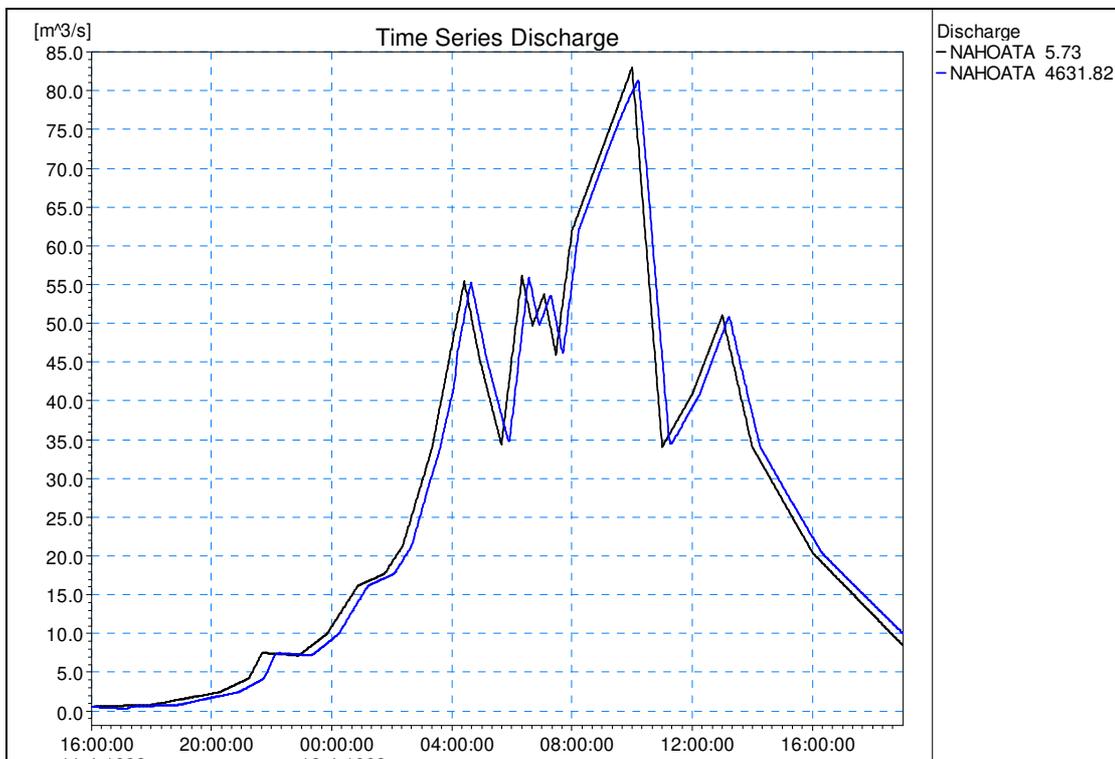
6.2.2.1. Analyse des débordements en simulation 1 : Q10 – H lagon = 0 m

En rive droite

Les premiers débordements ont lieu au droit du profil P44 en rive droite pour un débit de 28m³/s (Q1)
Le volume débordé est réinjecté dans le cours d'eau un peu plus en aval au profil P47/P48.

En rive gauche

Les premiers débordements ont lieu pour un débit de 80 m³/s au droit du profil P49.
Une petite partie de ces volumes débordés est réinjecté au droit du pont de la RDC. Le reste n'est pas réinjecté dans le cours d'eau de la Nahoata et rejoint le cours d'eau de la HAMUTA ou la mer.
L'écrêtement du débit entre l'amont et l'aval est de l'ordre de 2m³/s.



Le volume d'eau débordée, non réinjecté dans le lit mineur de la NAHOATA est de l'ordre de 22 000m³.

Les vitesses sont élevées en lit mineur :

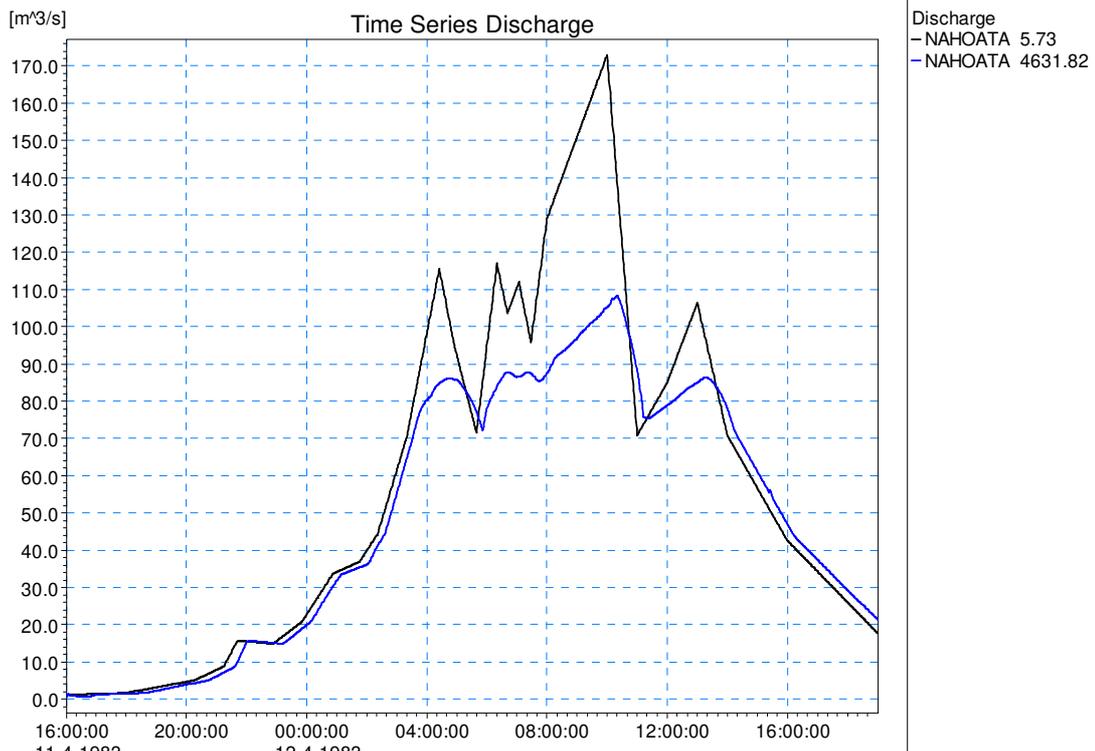
- en amont, du profil P0 au profil P53, elles sont comprises entre 4 et 6m³/s → **risque d'érosion**
- en aval, du P53 à l'embouchure, elles sont comprises entre 2 et 4m/s

6.2.2.2. Analyse des débordements en simulation 2 : Q100 / H lagon = 1 m

Pour le débit Q100, les débordements se généralisent entre les profils P18 et P52.

Les trois ouvrages modélisés (RDC, Labbey et passerelle) se mettent en charge.

Le débit de pointe est fortement écrêté entre l'amont et l'aval : écrêtement de 60m³/s. Une grande partie du volume débordé (env. 800 000 m³) n'est pas réinjecté dans le lit mineur. Une partie de ce volume est évacué par la HAMUTA; une autre rejoint le lagon.



Les vitesses dans le lit mineur sont très élevées:

- en amont, du profil P0 au profil P53, elles sont comprises entre 4 et 8m³/s : → **risque d'érosion**
- en aval, du P53 à l'embouchure, elles sont comprises entre 2 et 4m/s

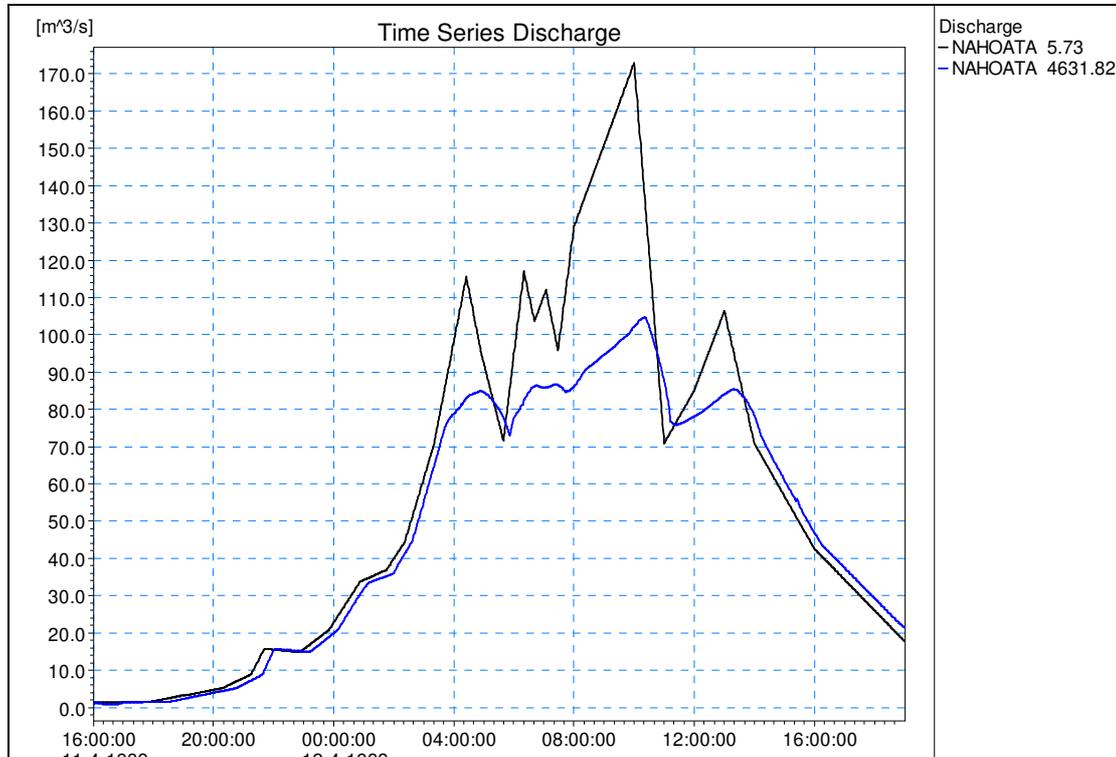
Une modélisation du lit mineur sans débordement en lit majeur et donc sans écrêtement du débit montre que le tronçon situé entre la RDC et l'Avenue Charles de Gaulle a une capacité de transit centennale (profils P52 à P61).

6.2.2.3. Analyse des débordements en simulation 3 : Q100 avec embâcles et H lagon = 1 m

Pour le débit Q100, les débordements se généralisent entre les profils P18 et P52.

Les trois ouvrages modélisés (RDC, Labbey et passerelle) se mettent en charge;

Le débit de pointe est fortement écrêté entre l'amont et l'aval : écrêtement de 68m³/s. Une grande partie du volume débordé (env. 850 000 m³) n'est pas réinjecté dans le lit mineur. Une partie de ce volume est évacué par la HAMUTA, une autre rejoint le lagon.



Les vitesses dans le lit mineur sont très élevées:

- en amont, du profil P0 au profil P53, elles sont comprises entre 4 et 8m³/s → **risque d'érosion**
- en aval, du P53 à l'embouchure, elles sont comprises entre 2 et 4m/s

6.2.3. Constat en lit majeur

6.2.3.1. Analyse des écoulements en lit majeur en simulation 1 : Q10 – H lagon = 0 m

A partir du point de débordement en amont de la RDC (profil P49 en rive gauche), les écoulements s'étendent en lit majeur en direction de la rivière HAMUTA suivant l'axe d'écoulement identifié dans l'analyse hydrogéomorphologique.

Les débordements en rive droite sont localisés entre la rivière et le versant et sont donc réinjectés rapidement en aval dans le lit mineur.

Il n'y a pas de débordement en amont de l'hippodrome.

Les hauteurs d'eau restent majoritairement inférieures à 0.3m.

Les vitesses d'écoulement sont inférieures à 0.5m/s.

6.2.3.2. Analyse des écoulements en lit majeur en simulation 2 : Q100 / H lagon = 1 m

Zone d'aléa fort

A partir de l'hippodrome en rive gauche, des débordements ont lieu avec des hauteurs d'eau moyennes (entre 0.5 et 1m). Cependant les vitesses de ces écoulements sont importantes le long de la route de la vallée (secteur de l'école Tuterai Tane) et le long de l'axe d'écoulement vers la Hamuta (identifié lors de l'analyse hydrogéomorphologique). Cela conduit à un classement en aléa fort.

Plus en amont, la modélisation confirme les points de débordements observés lors de l'enquête de terrain:

- profil P45 en rive droite : forte vitesse et forte hauteur d'eau,
- profil P28 en rive droite : forte vitesse et forte hauteur d'eau,
- Profil P21 en rive droite : forte vitesse et forte hauteur d'eau
- Lotissement OPH en rive droite : forte vitesse et forte hauteur d'eau

Concernant le lotissement OPH, la rive droite située à l'extrados du coude présente un risque d'érosion marquée mais aussi de débordement en cas de blocage d'embâcles à ce niveau.

6.2.3.3. Analyse des écoulements en lit majeur en simulation 3

Pour cette simulation la cartographie est sensiblement la même que pour la simulation 3. En effet les ouvrages sont déjà en charge dans la simulation sans embâcles compte tenu de leur faible capacité de transit.

La présence d'embâcle provoque toutefois une accentuation des débordements donc une augmentation des zones en aléa fort.

6.2.4. Cartographie

Le logiciel MIKE 21 fournit les hauteurs d'eau et vitesses maximales pour chaque maille du modèle, qui sont ainsi directement cartographiées.

La carte des hauteurs d'eau maximales est superposée à celles des vitesses pour former la carte des aléas selon le tableau suivant :

Vitesse Hauteur	Faible à moyenne Vitesse < 0,5 m/s	Moyenne à forte Vitesse > = 0,5 m/s
H < 0,5 m	Faible	Moyen
0,5 < H ≤ 1 m	Moyen	Fort
H > 1 m	Fort	Très fort

Les limites du lit mineur sont cartographiées à partir des levés topographiques.

La **zone érodable en bordure de berges** est rajoutée en **aléa fort** de part et d'autres des berges entre les profils P0 et P58. Cette zone présente une largeur de 5 m de large. Les protections existantes (enrochements ne respectant pas les règle de pose) ne sont pas satisfaisante (C. enquête de terrain).

Les différentes cartographies des aléas sont les suivantes :

- la simulation 1 (Q10/Hlagon = 0 m) est cartographiée sur le plan PPR 013,
- la simulation 2 (Q100/Hlagon = 1 m) correspondant au plan PPR 014,
- la simulation 3 (Q100 avec embâcles /Hlagon = 1 m) au plan PPR 015.

7. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

7.1. ENJEUX

Le principal enjeu concerne la zone située en amont de la RDC en rive gauche classée en aléa fort.

Les objectifs sont donc de

- sortir les bâtiments de la zone d'aléa fort
- sécuriser les habitations de la zone d'aléa moyen et faible

A noter la présence de bâtiments à forte vulnérabilité dans la zone rouge : école primaire et maternelle.

Les aménagements se feront toujours de l'aval vers l'amont pour ne pas accentuer les débordements en aval après réaménagement de l'amont.

7.2. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

7.2.1. Travaux à court terme

En travaux à court terme, il est nécessaire de procéder à un curage du cours d'eau, en particulier dans la zone située entre la RDC et le pont du domaine Labbey afin de limiter les risques de débordements.

7.2.2. Travaux à moyen terme (Q50 – sortie de l'aléa fort inondation)

Objectifs	Aménagements proposés
Limiter le risque de blocage des embâcles	Réalisation d'un ou plusieurs pièges à embâcles : <ul style="list-style-type: none"> - au droit de l'hippodrome - en aval du pont profil P26 en rive droite à l'extrados du coude
Augmenter la capacité de transit du cours d'eau	1) recalibrage du cours d'eau entre la RDC et l'hippodrome selon un objectif de crue Q50 2) recalibrage du cours d'eau au droit des autres points critiques identifiés en amont

Protection des berges + rehausse (max0.50m)	Protection des berges + rehausse (max 0.50m) au droit des points critiques identifiés : extrados des coudes en particuliers
---	---

7.2.3. Travaux à long terme (Q100)

Objectifs	Aménagements proposés
Augmenter la capacité de transit du cours d'eau	1) recalibrage du cours d'eau entre la RDC et l'hippodrome selon un objectif de crue centennale, par une solution enrochements percolés de béton ou canal béton. Au vu de l'emprise disponible, la solution enrochements libre sera difficile à mettre en œuvre. 2) Réfection du pont de la RDC, domaine Labbey et passerelle P45
Protection des berges	Protection des berges selon un objectif de crue centennale.

7.2.4. Enveloppe financière

Une préestimation des travaux à long terme (Q100) , basée sur des prix récents d'appel d'offre, est présentée ci dessous.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire	P total HTVA
Travaux préparatoires (Installation de chantier, dossier d'exécution, repérage, implantation, piquetage, essais préliminaires)	%	5%	57 100 000	57 100 000
Travaux en rivière : - mise en place de batardeaux, - gestion des crues en phase chantier	Ft	1	5 000 000	5 000 000
Piège à embâcles	Ft	2	10 000 000	20 000 000
Réalisation d'un Canal béton Profil P38 à P52 (9 x 3.50m)	ml	750	430 000	322 500 000
Enrochements percolés à l'extrados des coudes (9 coudes)	ml	900	192 000	172 800 000
Réfection du pont Labbey	Ft	1	8 000 000	8 000 000
Réfection du pont Lotissement	Ft	1	5 000 000	5 000 000
Réfection du pont de la RDC	Ft	1	80 000 000	80 000 000
Protection des berges contre l'érosion (objct. Q100) en enrochements percolés de béton ou canal béton (P9 à P38)	ml	3 104	170 000	527 700 000
Divers et imprévus (8%)	%	10%		119 900 000
Total HTVA				1 318 000 000

Les travaux à moyen terme (Q50 + protection des berges à l'extrados des coudes) sont estimés à 600 M FCP HTVA. L'enveloppe financière varie donc de **600 M FCP à 1300 M FCP HTVA** suivant les objectifs. Cette enveloppe doit être affinée par une étude de faisabilité.

PLANS

- PPR 011 Cartographie hydrogéomorphologique
- PPR 012 Cartes des enquêtes de terrain
- PPR 013 Cartographie de l'aléa inondation Q10 / H lagon = 0 m
- PPR014 Cartographie de l'aléa inondation Q100 / H lagon = 1m
- PPR015 Cartographie de l'aléa inondation Q100 avec embâcles / H lagon = 1m
- PPR016 Plan des aménagements

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

ANNEXES :

Annexe 1 : profils en long du lit mineur

Annexe 2 : Implantation des levés topographiques et des PK

Annexe 3 : Tableau des hauteurs et vitesses en lit mineur

Annexe 4 : Bathymétrie de la modélisation

Annexe 5 : Tableau des hauteurs en lit majeur (fichier informatique)

Annexe 6 : Tableau des vitesses en lit majeur (fichier informatique)