

Ministère de l'Aménagement  
et des Relations avec les  
Communes

Service de l'Urbanisme  
Section Etudes et Plans

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

Programme ARAI  
Cours d'eau : PAPEIVI



Rapport

GRI / N° 04635D

Octobre 2010

## TABLE DES MATIERES

---

<b>1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
<b>2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES</b>	<b>5</b>
2.1. Enquête de terrain	5
2.2. Recueil de données	8
<b>3. ANALYSE HYDROLOGIQUE</b>	<b>9</b>
3.1. Généralités	9
3.2. Evaluation des débits de projet	10
3.2.1. Etude BCEOM de 1999	10
3.2.2. Etude LTPP de 2003 (J.Danloux)	10
3.2.3. Approche de P. STOLLSTEINER	11
3.3. Débits de projet retenus	11
3.4. Débit de la plus forte crue connue	12
<b>4. MODELISATION HYDRAULIQUE</b>	<b>15</b>
4.1. Le modèle mis en oeuvre	15
4.1.1. Conditions aux limites	16
4.2. Calage du modèle	16
4.3. profil en long du lit mineur	17
4.4. Simulation des crues de projet	19
4.4.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale	19
4.4.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale	20
4.4.3. Prise en compte du risque d'embâcles	20
4.4.4. Débits de premier débordement	20
4.5. Cartographie de l'aléa	22
4.5.1. Classification de l'aléa	22
4.5.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennal	22
<b>5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS</b>	<b>23</b>
5.1. Aménagement au droit du pont de la RT	23
5.2. la protection des zones habitées	23
5.2.1. Assainissement pluvial du secteur protégé	25
5.3. La mise en place d'un système d'alerte	25
5.4. Les travaux d'entretien de la végétation	25
5.5. Chiffrage estimatif	27



## 1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

---

Le SAU conduit depuis 2005 un programme qui a pour objectif principal la réalisation de Plans de Préventions des Risques (PPR) avec la réalisation de cartes d'aléa inondation.

Une première partie de ce programme (ARAI 1, puis ARAI 2) a déjà été réalisé.

La présente consultation concerne la suite de ce programme et la réalisation de cartographies de zones inondables sur différents cours d'eau de Polynésie française à partir de modélisations hydrauliques.

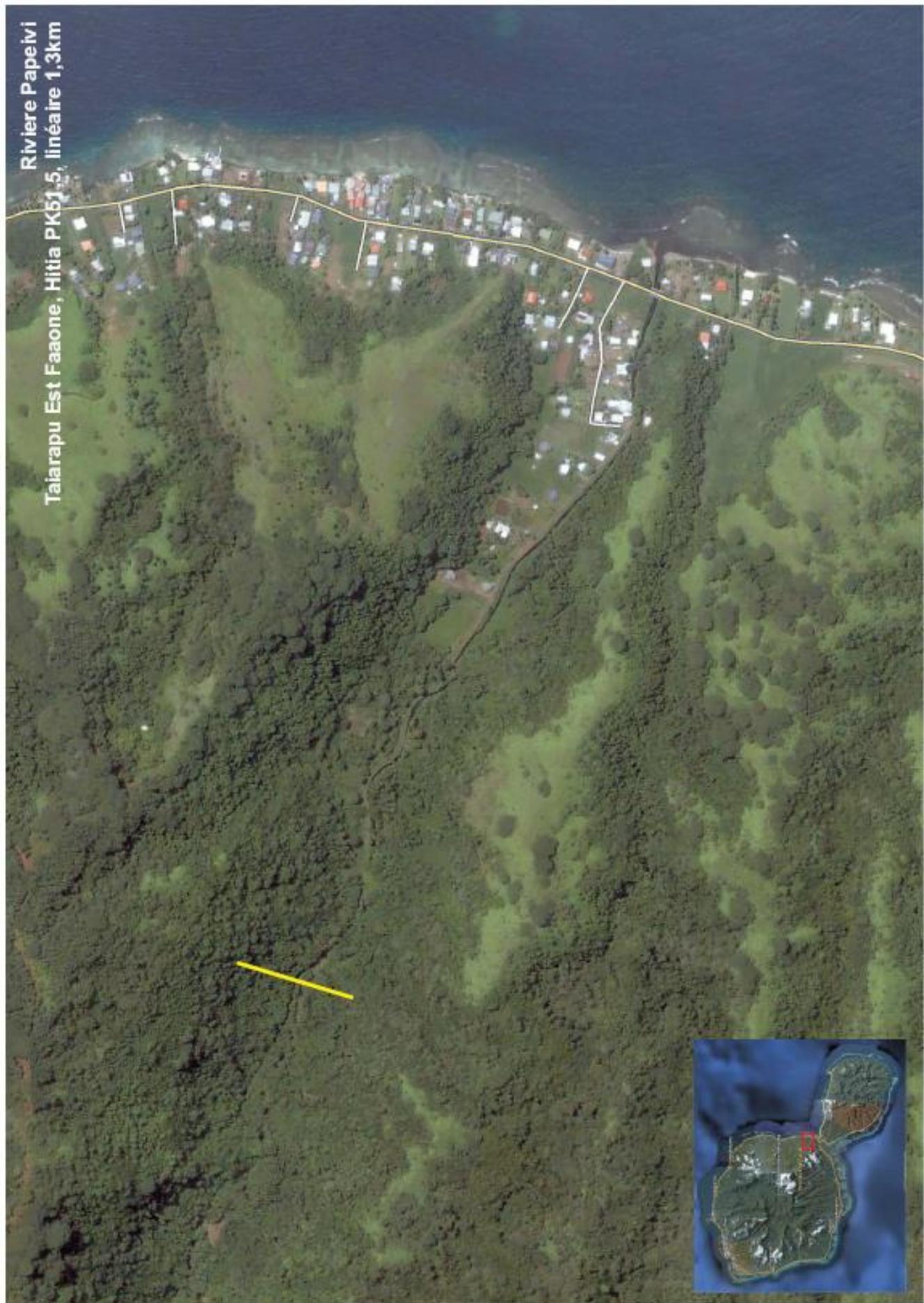
Les modélisations des écoulements à surface libre demandées ont principalement pour objectif de :

- Simuler les débordements observés lors des dernières crues remarquables,
- Définir la capacité d'évacuation maximale du lit mineur,
- Définir en état actuel l'extension, les hauteurs et vitesses maximales d'écoulement des crues de référence en lit majeur,
- Envisager les phénomènes d'embâcles et évaluer leurs conséquences sur l'extension des inondations,
- Diagnostiquer les ouvrages hydrauliques existants de manière succincte,
- Proposer des aménagements permettant de réduire les aléas inondations sur les zones soumises à un aléa fort.

Les modélisations demandées concernent essentiellement les rivières dont la partie aval comporte une plaine littorale fortement urbanisée ou pouvant être dans un proche avenir fortement urbanisée.

Le cours d'eau étudié dans le cadre de ce programme est la **PAPEIVI**, situé sur la commune de **TAIARAPU Est, FAONE**, au **PK 51.5**.

La cartographie du risque inondation est réalisée sur un linéaire de 1.3 km à partir de l'embouchure du cours d'eau.



## 2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES

---

### 2.1. ENQUETE DE TERRAIN

Cette phase d'étude a permis :

- d'analyser le processus d'inondation et d'identifier les axes structurant les écoulements,
- d'identifier les données générales nécessaires à la mise en œuvre du modèle de simulation,
- de relever les éventuels repères de crue existants
- d'identifier l'état d'occupation des sols.

Les principales observations relevées sur le terrain sont les suivantes :

*Remarque : la localisation des photographies ci-dessous est donnée en **annexe 1**.*



**Photo 1** : Franchissement de la RT



**Photo 2** : Vue aval ouvrage

Le franchissement de la route territoriale est assuré par un pont à deux travées d'ouverture totale 9m, pour une section hydraulique totale de 20m<sup>2</sup>. En amont du franchissement le lit du cours d'eau est protégé ponctuellement en rive droite et sur toute sa rive gauche par un perré en enrochements libres. Un atterrissement important est à curer en amont immédiat du pont.

D'après les enquêtes menées auprès des riverains les dommages les plus importants sur ce secteur ont été subis lors du cyclone Veena en avril 1983 : la houle a franchi la route territoriale et a inondé en totalité le quartier situé en amont rive gauche de la rivière avec des hauteurs de submersion comprises entre 0.50 et 0.80m. Depuis Veena la route territoriale a été surélevée.

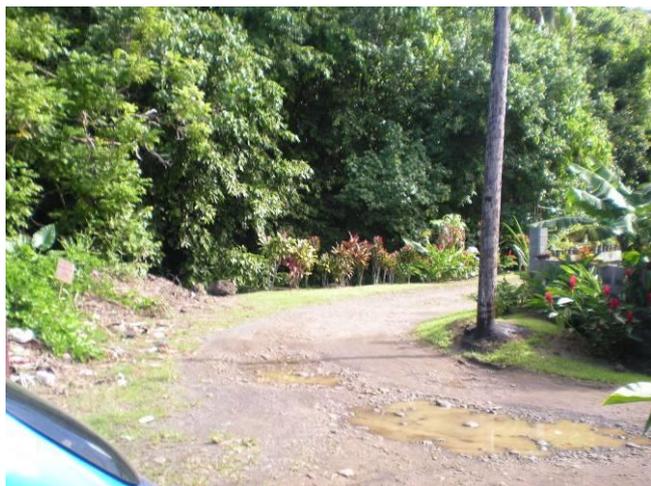


**Photo 3** : Vue amont pont RT



**Photo 4** : Protection de berge en rive gauche

En amont de la RT, à la traversée de la zone urbanisée, le lit est entretenu, peu de végétation sur les berges, mais une forte tendance au dépôt de sédiments est notée. Des travaux de curage sont à programmer.

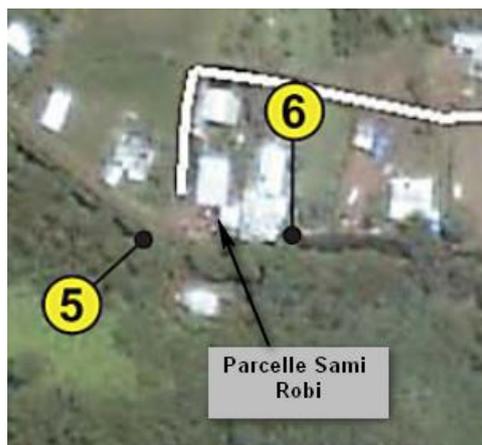


**Photo 5** : Point de débordement



**Photo 6** : Etat du lit (zone de débordement)

Une première zone de débordement est mentionnée par les riverains au droit du premier coude de la rivière : la fréquence de débordement sur ce secteur est d'une fois tous les cinq ans. La Papeivi déborde au droit de la parcelle de Mr Sam Robi, la dernière forte inondation notée est celle de Noël 2006 (0.30 à 0.40m dans le garage de Mr Robi). Plus à l'aval les débordements inondent la parcelle de Mme Guillou.



Au droit de la zone de débordement le lit de la rivière est très encombré : arbres dans le lit, avec présence d'atterrissements importants.

Sur ce secteur, les riverains mentionnent une autre source d'inondation, en relation avec un affluent rive gauche, qui ne dispose pas d'exutoire vers la Papeivi. Des problèmes de foncier ont colmaté un émissaire naturel, qui provoque lors de forts orages l'inondation du quartier en rive gauche du cours d'eau. La voie de desserte existante est régulièrement inondée sous des hauteurs de submersion de l'ordre de 0.50m.



**Photo 7** : Zone d'atterrissement



**Photo 8** : Rive gauche protégée

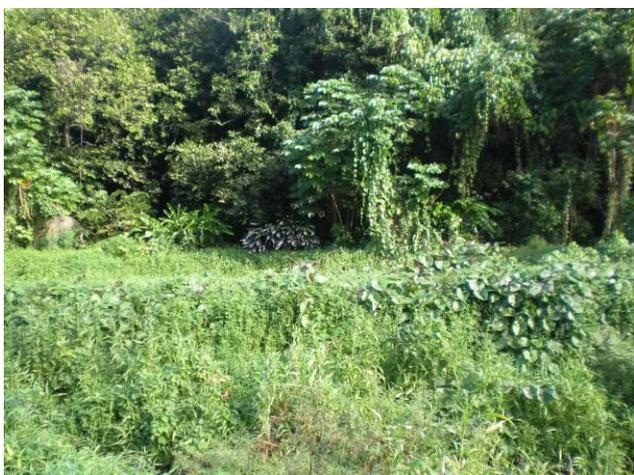
En amont de la zone densément urbanisée, le lit du cours d'eau est encombré par la végétation et de nombreuses zones d'atterrissements diminuent les capacités d'évacuation du lit.



**Photo 9** : Lit encombré (station de pompage)



**Photo 10** : En fond dernière maison



**Photo 11** : Vue du coude amont



**Photo 12** : secteur amont

Le secteur amont de la rivière est encombré par la végétation et nécessite un entretien. A noter au niveau de la photo 10, la dernière habitation du quartier construite en 2008, non représentée sur les photographies aériennes du secteur d'étude.

## 2.2. RECUEIL DE DONNEES

Les informations topographiques utilisées dans le cadre de la modélisation hydraulique sont les levés des profils en travers du lit mineur réalisé en Septembre 2010 par le cabinet de géomètre Wild.

Ce levé est constitué de :

- 14 profils en travers du lit mineur et du lit majeur,
- Du levé spécifique du pont de la RT.

### 3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

---

#### 3.1. GENERALITES

Le bassin versant de la Papeivi se situe sur l'un des secteurs les plus arrosés de l'île de Tahiti.

Le climat est de type tropical océanique humide avec une saison des pluies (été austral) de novembre à avril et une saison sèche (hiver austral) de mai à octobre.

Il n'existe pas de poste pluviographique à proximité du bassin versant de la Papeivi. La station de mesure la plus proche se situe à Hitiaa, sur laquelle est enregistrée une pluviométrie moyenne annuelle de 3550mm.

Le bassin versant de la Papeivi a une superficie de 2.86 km<sup>2</sup>.

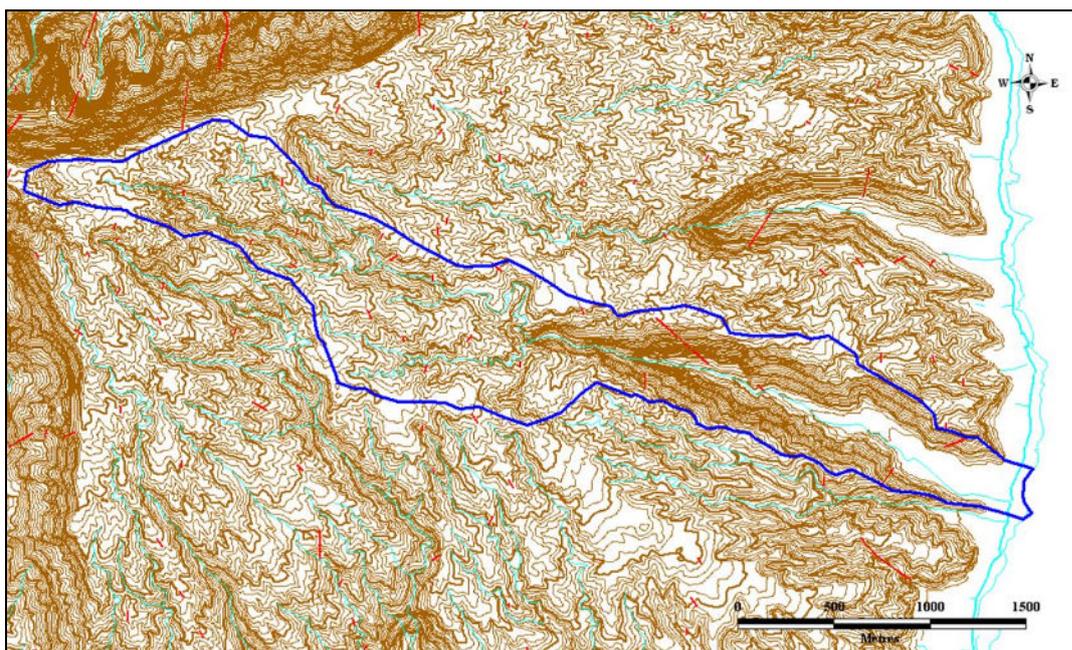
La forme de ce bassin est très allongée, avec un indice de compacité égal à 0.65.

Le bassin versant est essentiellement constitué de forêts. Seule la plaine littorale est urbanisée.

Les principales caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

- Surface : 2.86 km<sup>2</sup>
- Plus long cheminement hydraulique : 3000 m,
- Gradex de la pluie centennale / 15mn : 40mm, (source : G.Wotling « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti »)
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 450 m,
- Indice de pente : 139m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 0.15h,

Figure n°1 : Bassin versant de la Papeivi



## 3.2. EVALUATION DES DEBITS DE PROJET

Différentes méthodes ont été utilisées pour calculer les débits de projet de la Papeivi. Elles sont rappelées et détaillées ci-dessous.

### 3.2.1. Etude BCEOM de 1999

Dans le cadre de l'étude "Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti", en absence de données hydrologiques disponibles, BCEOM a proposé, afin d'obtenir un ordre de grandeur du débit de pointe décennal, une formulation du type :

$$Q_{10} = K \times S^{0.85} \times \left( \frac{P_0}{100} \right)^2$$

Avec :

- K est un coefficient régional (K=4 pour la Papeivi)
- S est la superficie drainée en km<sup>2</sup>
  - Po est la moyenne sur le bassin versant de la hauteur de précipitations de période de retour 1 an en dixième de mm sur 15mn, soit 28mm,

Cette formulation s'applique à des bassins versant de plus de 1km<sup>2</sup>. Elle est déconseillée dans le cas où des phénomènes hypodermiques sont connus ou pressentis et est à relativiser en cas de phénomènes d'écoulement superficiel particuliers tels des débits solides ou des écrêtements non négligeables.

Le débit de pointe centennal est calculé par application de la méthode du gradex avec les caractéristiques suivantes :

- Point pivot à la période de retour 10 ans
- Gradex des pluies sur 15 minutes pour les bassins versants de superficie inférieures à 20 km<sup>2</sup> et sur 30 minutes pour les autres, **soit Gd=40mm** pour la Papeivi.
- un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5

### 3.2.2. Etude LTPP de 2003 (J.Danloux)

L'étude du LTPP de 2003 a portée sur l'évaluation des maximums de crues sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale à partir des données acquises sur les réseaux hydrologiques pendant la période 1969-2003 (J.Danloux).

Cette étude comporte :

- le recensement, la critique et l'analyse des données hydrométriques en possession du GEGDP.
- L'évaluation sur les stations hydrométriques des rapports entre débit maximal connu et les débits caractéristiques de crue.
- L'évaluation des coefficients de Craeger correspondants pour la transposition de ces résultats aux autres rivières non suivies.

Ce travail couvre la cote Est et la presqu'île de Tahiti et complète ainsi l'étude de 2001 de Wotling.

La formule de Craeger s'exprime de la manière suivante :

$$Q = 1.3 \times C \times \left( \frac{A}{2.59} \right)^n$$

Avec :  $n = 0.936 \times S^{-0.048}$

A : superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

C : coefficient de Craeger

### 3.2.3. Approche de P. STOLLSTEINER

P. STOLLSTEINER, dans le cadre d'une mission d'assistance technique pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa inondation en Polynésie française propose l'utilisation de la méthode Rationnelle pour la définition des débits de pointe décennaux et de la méthode du gradex pour l'évaluation des débits de pointe centennaux.

Cette méthode est préconisée pour des bassins versants pour lesquels on ne dispose pas de données observées.

Le coefficient de ruissellement décennal est régionalisé sur la base des ajustements débimétriques disponibles. L'intensité retenue est celle survenant sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant étudié.

A défaut d'ajustements débimétriques, P. STOLLSTEINER recommande « de choisir le coefficient de ruissellement décennal parmi ceux de l'île la plus proche et la plus semblable en considérant le contexte géologique, l'altitude maximale du bassin versant et son orientation ». Pour la Papeivi, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de 0.55. Ce coefficient se rapporte à la pluie journalière mesurée et non à la pluviométrie journalière réellement reçue par le bassin versant.

A défaut d'ajustements pluviométriques sur des courtes durées, P. STOLLSTEINER propose « d'estimer les valeurs fréquentielles des pluies de durée égale au temps de concentration à partir d'informations disponibles sur les pluies journalières » (rapport des pluies sur sites de durée Tc et journalière égal à ce même rapport à la station pluviographique la plus proche ou jugée comparable).

### 3.3. DEBITS DE PROJET RETENUS

Les débits de crue de la Papeivi obtenus par les trois méthodes présentées ci-dessus sont les suivants :

Etude	Méthode de calcul	Q10 en m <sup>3</sup> /s	Q100 en m <sup>3</sup> /s
Etude BCEOM de 1999	Formule empirique et gradex	77	120
Etude LTPP de 2003 J.Danloux)	Formule de Craeger + analyse statistique	60	111
P STOLLSTEINER	Méthode rationnelle et gradex	59	94

### Tableau 1 : Comparaison des débits de projet obtenus

Les trois méthodes d'évaluation des débits convergent vers des valeurs proches. Il est proposé de retenir les valeurs obtenues dans l'étude LTPP de J.Danloux, basées sur la méthode de Craeger calée sur les évaluations de la rivière Papeiha.

Ces évaluations conduisent à de forts débits spécifiques (de l'ordre de 39m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>) pour le débit centennal, dont l'origine est liée aux très forts débits spécifiques de la Papeiha obtenus par ajustements statistiques.

Les débits de projet retenus pour la Papeivi sont donc les suivants :

Crue	Crue décennale	Crue centennale
Débit en m <sup>3</sup> /s	60	111

Tableau 2 : Débits de projet de la Papeivi

### 3.4. DEBIT DE LA PLUS FORTE CRUE CONNUE

Les enquêtes de terrain ont permis de montrer que l'évènement le plus important observé sur le secteur d'étude est le cyclone Veena en avril 1983.

Les éléments recueillis lors de cet épisode sont les suivants :

- Le pont de la RT a fait obstacle à l'écoulement de la crue,
- La RT a été submergée par la houle qui a envahi le quartier habité situé en rive gauche de la rivière, avec des hauteurs de submersion supérieures à 0.50m. A noter que le profil en long de la RT a été relevé depuis 1983.

Il n'a pas été recueilli d'observations en amont du quartier habité en bordure de la RT : cette vallée n'était pas habitée à l'époque.

Les riverains font de plus état des problèmes suivants en période de forte pluie :

- Débordements récurrents de la rivière au droit du 1<sup>o</sup> coude de la rivière (parcelle Robi), avec une fréquence d'une fois tous les 5 ans, ce qui traduit une insuffisance certaine du lit mineur sur ce secteur,
- La difficulté à évacuer le réseau pluvial du quartier habité en rive gauche par manque d'un exutoire vers la Papeivi, cette situation entraîne des inondations très fréquentes des zones habitées.

Une représentation sommaire de l'emprise des inondations mentionnées lors des enquêtes de terrain est présentée sur la figure 2.



### 3.5. HYDROGRAMMES DES CRUES DE PROJET

Les hydrogrammes des crues décennale et centennale de la Papeivi ont été définis à partir des hydrogrammes de la crue observée sur la Papenoo (bassin de référence) du 11 au 14 avril 1983 (Cyclone VEENA) par affinité du rapport du débit de projet de la Papeivi et du débit maximal observé sur la Papenoo.

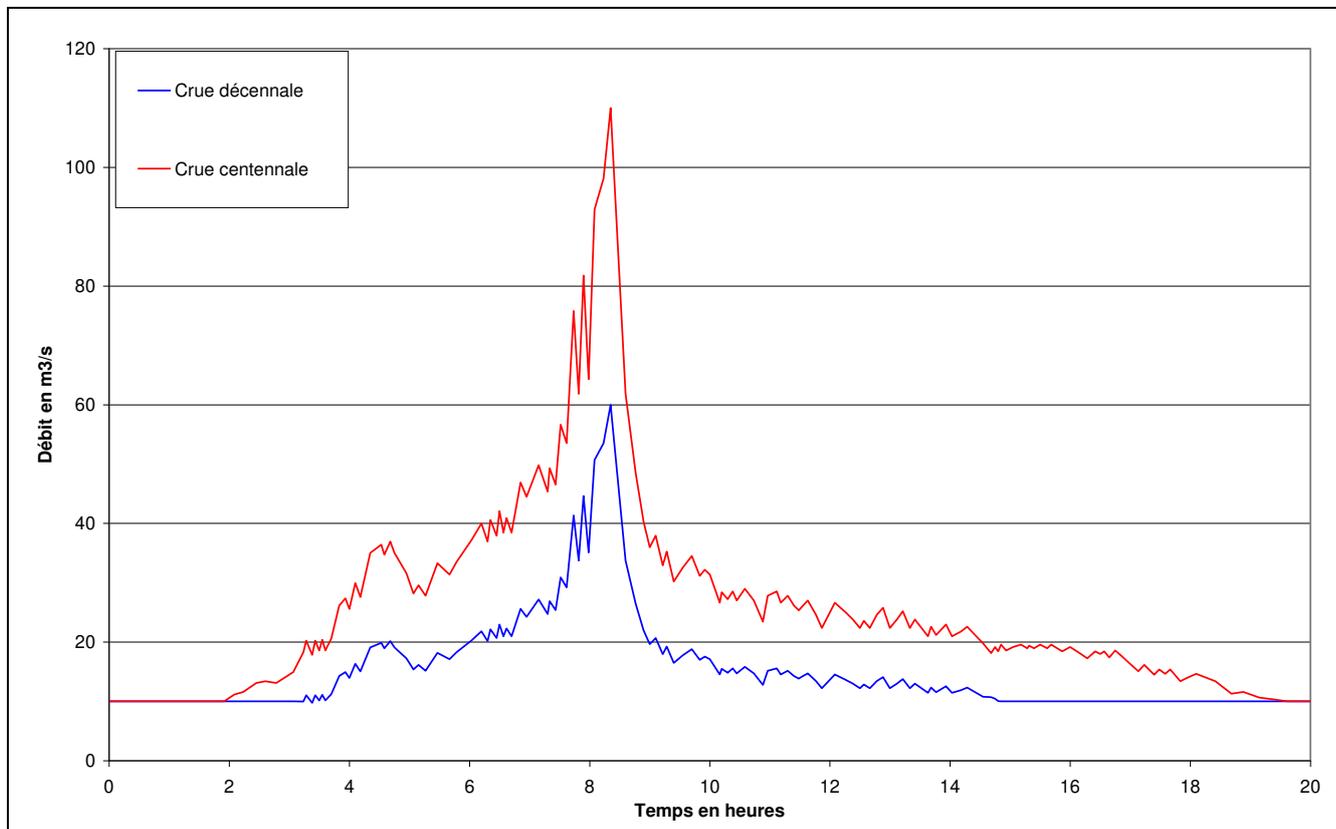
Le bassin versant de la Papeivi vers lesquels s'effectue le transfert a une superficie très largement inférieure à celle du bassin de référence. Or, si la forme des hydrogrammes est surtout liée à la durée de la pluie, la taille du bassin versant influe notamment en début et fin de crue.

La comparaison d'hydrogrammes de crue relevés simultanément sur des bassins versants proches, de même orientation mais de superficies drainées différentes, aurait permis de vérifier s'il y a lieu ou non d'effectuer une correction sur la durée des crues

observées sur un bassin versant lors du transfert vers un plus petit bassin versant. Or les données disponibles ne permettent pas cette comparaison.

Compte tenu des temps très courts de réponse et de décrue des bassins versants étudiés comparés aux durées des crues observées, il sera fait l'hypothèse que la probable surévaluation des volumes de crue liée au transfert d'hydrogrammes a une incidence négligeable sur les lignes d'eau.

*Hydrogrammes des crues décennales et centennales de la Papeivi*



## 4. MODELISATION HYDRAULIQUE

---

### 4.1. LE MODELE MIS EN OEUVRE

L'outil de modélisation utilisé est le logiciel INFOWORKS RS qui permet la modélisation en régime transitoire et prend en compte des écoulements unidirectionnels pouvant être ramifiés ou maillés.

Le modèle INFOWORKS RS est basé sur la résolution des équations de St Venant :

$$\partial S / \partial t + \partial Q / \partial x = q$$

*Equation de continuité exprimant la conservation des volumes.*

$$\partial Q / \partial t + \frac{\partial (Q^2 / S)}{\partial x} = -gS \left( \frac{\partial Z}{\partial x} + J \right)$$

*Equation dynamique exprimant la conservation  
de la quantité de mouvement.*

La résolution de ces équations repose sur la connaissance de lois empiriques de pertes de charge établies expérimentalement pour des écoulements filaires (ex : formules de Manning Strickler, ou de Chézy, lois de seuils,...).

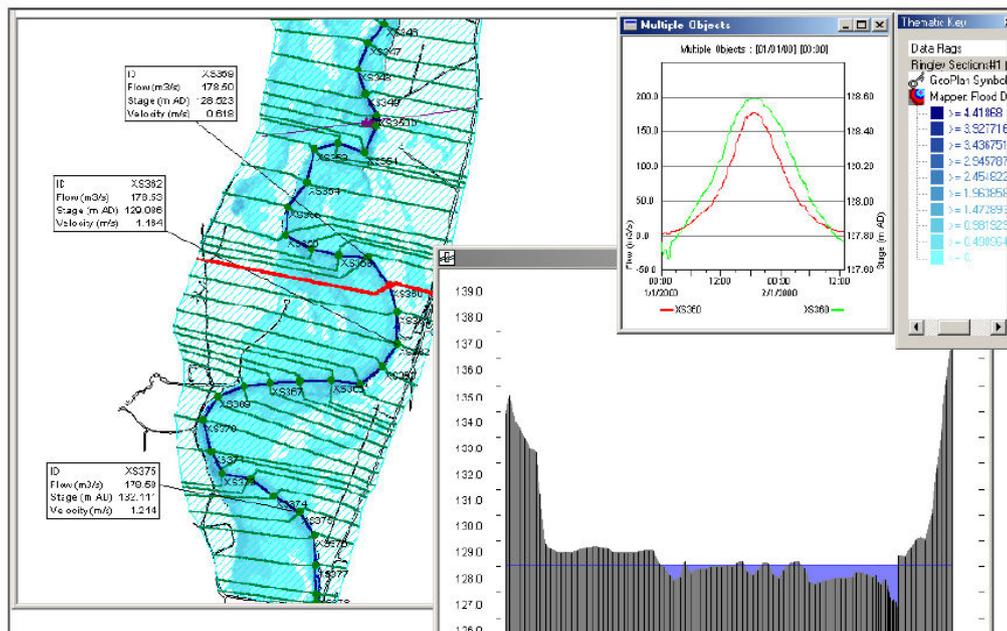
Z	cote de la surface libre
Q	débit
a	apport ou perte au m2
x	abscisse
S	section mouillée
J	gradient de charge hydraulique

Le logiciel INFOWORKS utilise le schéma numérique de PREISSMANN pour la résolution des équations de St-Venant.

La schématisation du site d'étude est décrite dans une base de données au moyen d'une série de profils en travers et d'ouvrages tels que ponts, gués...

Il permet notamment d'établir des cartes de zones inondables, d'optimiser les débouchés des ouvrages hydrauliques, les protections qui leur sont associés, et d'analyser le fonctionnement des systèmes hydrauliques complexes, de type unidirectionnels.

#### **Modèle Infoworks**



Résultats : zones inondables, profil, graphes

#### 4.1.1. Conditions aux limites

Les conditions limite aval prise en compte dans le modèle sont les suivantes :

	Débit de pointe	Niveau aval du lagon
<b>Crue décennale</b>	60 m <sup>3</sup> /s	0 m NGT
<b>Crue centennale</b>	111 m <sup>3</sup> /s	1 m NGT

Tableau 3 : Conditions aux limites du modèle

#### 4.2. CALAGE DU MODELE

Le calage du modèle a été réalisé essentiellement à partir des enquêtes de terrain, en estimant les coefficients de Strickler caractérisant le frottement en fonction de la nature du lit.

Les coefficients de Strickler utilisés sont les suivants :

- 15 à 25 en lit mineur.
- 8 à 10 en lit majeur en fonction de la densité de la végétation.

Les coefficients de Strickler en lit mineur ont été établis à partir de la méthode du Soil Conservation Service, soit:

$$n = (n0 + n1 + n2 + n3 + n4) \times m5$$

Avec :

**n0** : Dépend du type de matériaux qui constitue le lit de la rivière (de 0.02 pour l'argile nue, à 0.028 pour les gros graviers).

**n1** : Degré d'érosion de la surface du canal (de 0.00 pour surface lisse, à 0.02 pour un canal très érodé).

**n2** : Variation des sections du canal (de 0.00 quand les variations de la dimension et de la forme de la section de la rivière se produisent graduellement, à 0.015 quand ces variations se produisent brusquement).

**n3** : Degré d'obstruction à l'écoulement, dû au dépôt de débris et de roches (de 0.00 quand l'obstruction est négligeable, à 0.06 quand elle occupe un espace relativement important par rapport à la surface de la section).

**n4** : Présence de végétation (de 0.005 pour des herbes souples dont la hauteur ne dépasse pas le tiers de la hauteur de l'écoulement, à 0.1 pour une hauteur moyenne de l'écoulement moins que la hauteur de la végétation et une densité importante d'arbustes).

**m5** : Coefficient qui dépend du ratio entre les longueurs curviligne et droite du lit de l'oued (de 1.00 si ce ratio est entre 1 et 1.2, à 1.15 si ce ratio est entre 1.2 et 1.5 à 1.3 si ce ratio dépasse 1.5).

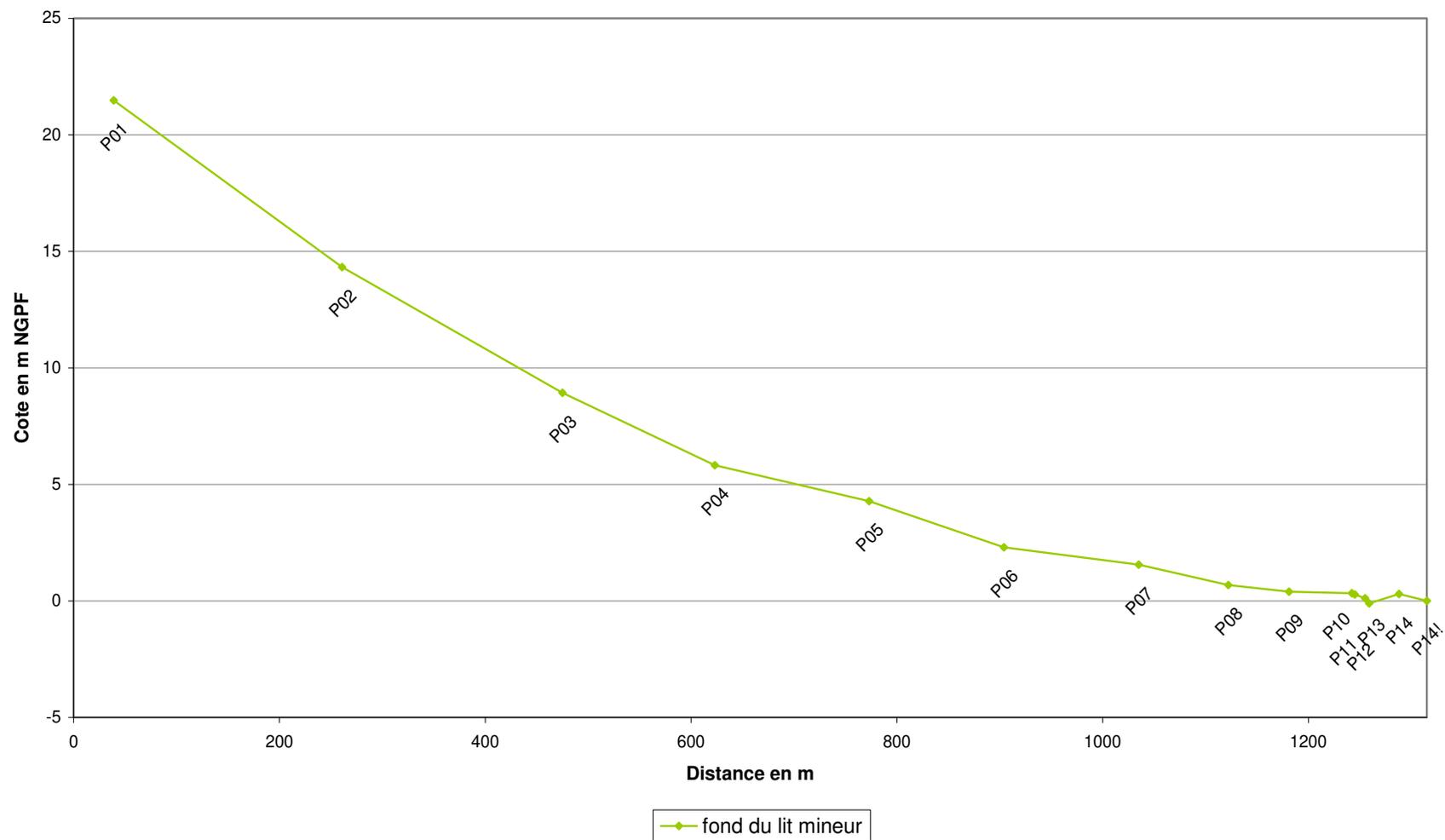
	<b>n0</b>	<b>n1</b>	<b>n2</b>	<b>n3</b>	<b>n4</b>	<b>m5</b>	<b>n</b>	<b>K</b>
Amont (P1-P5)	0.028	0.01	0.005	0.015	0.01	1	0.068	15
Médian (P5-P10)	0.024	0.01	0.005	0	0.01	1	0.049	20
Aval (P10-P14)	0.024	0.005	0	0	0.01	1	0.039	26

### 4.3. PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR

Le profil en long du lit mineur est présenté sur la figure n°3. Il possède une pente de l'ordre de 2.7%, sur sa partie amont (du profil P1 au profil P4), de l'ordre de 0.7% sur sa partie aval. Cette rupture de pente se traduit par une zone de dépôt de matériaux à l'aval du profil P4.

A noter une pente de 0.1% s'étendant sur un linéaire de 60m en amont du pont de la RT et de 60 m en aval. Cette très faible pente est à l'origine des dépôts de matériaux constatés au droit de l'ouvrage de franchissement.

Figure n°3: Profils en long du lit mineur



## 4.4. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

Le modèle hydraulique a été utilisé pour simuler plusieurs crues de différentes périodes de retour :

- La crue décennale
- La crue centennale
- La crue centennale en prenant en compte une obstruction de 50% de l'ouverture du pont de la RT.

Les résultats de la modélisation sont donnés en **annexe 2**. Ils intègrent, pour les trois crues modélisées :

- La cote de crue maximale en m NGT
- Les vitesses en lit mineur, en rive gauche et en rive droite.

Les lignes d'eau sont données en figure 4.

### 4.4.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale

#### Vallée amont (profils P1 à P4)

Les écoulements en crue sur ce secteur inhabité restent limités à proximité immédiate du lit. Les vitesses d'écoulement sont très fortes, de l'ordre de 4m/s. Ce secteur peut-être soumis à d'importantes divagations du lit mineur, avec formation de bras secondaires en période de crue. Dans le cadre de la cartographie de l'aléa centennial, le risque érosion de berges a été pris en compte. Une bande d'aléa très fort de 10 m de large en bordure de lit mineur a été ajoutée à la cartographie finale.

#### Secteur aval (profils P4 à P14)

De forts débordements se produisent en rive gauche et en rive droite à partir du profil P4. Les débordements envahissent la rive gauche qui est fortement urbanisée. Cette rive est classée dans sa quasi-totalité en aléa fort (hauteurs inférieures à 1m et vitesses fortes). Sur ce secteur le lit mineur de la rivière est très largement insuffisant pour le transit du débit de projet (débordements pour une période de retour 5 ans).

Le pont de la route territoriale est en charge et conduit à une surélévation des niveaux de crue à son amont, de l'ordre de 0.20m. A noter la difficulté d'évacuation des débits de crue à l'amont et à l'aval du pont de la RT : les pentes d'écoulement, extrêmement faibles, génèrent de fortes hauteurs de submersion. Une forte partie du débit de crue (81m<sup>3</sup>/s) soit près de 70% du débit total, coupe la RT entraînant l'inondation des habitations situées à son aval.

Pont de la RT	Cote en m NGT
Cote sous poutre	2.5
Cote de surverse sur l'ouvrage	3.1
Cote d'eau en crue décennale	2.63
Cote d'eau en crue centennale	2.89
Mise en charge	Inférieure à la crue décennale

Cette situation pourrait être fortement améliorée par le curage du lit mineur de la Papeivi à l'aval du pont.

#### 4.4.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale

Des débordements se produisent pour une crue décennale à l'aval du profil P4. Ces débordements se traduisent par une zone d'aléa moyen en rive gauche de la rivière (hauteurs inférieures à 0.5m, vitesses fortes). Ponctuellement, en amont de la RT, il a été identifié une zone d'aléa fort (hauteurs de submersion supérieures à 0.50m et vitesses fortes), peut-être en liaison avec la présence d'un ancien bras de crue de la Papeivi.

#### 4.4.3. Prise en compte du risque d'embâcles

Une simulation a été réalisée en crue centennale en prenant en compte une obstruction de moitié de la section d'écoulement de l'ouvrage de franchissement de la RT.

Cette obstruction accentue les débordements sur la route territoriale qui sont évalués à 94m<sup>3</sup>/s (81m<sup>3</sup>/s sans embâcle).

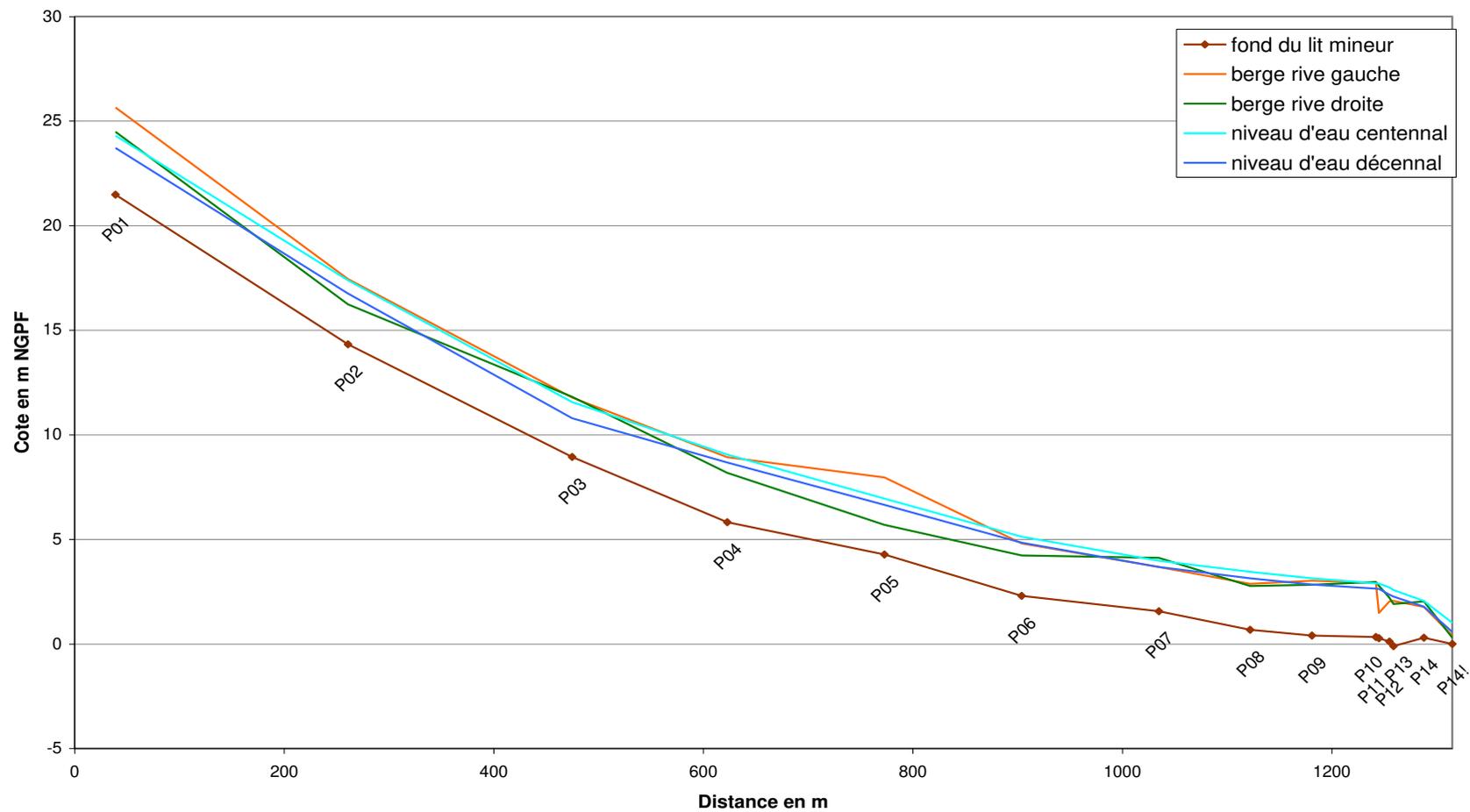
En amont immédiat du pont les niveaux de crue ne sont augmentés que de 0.04m. Le principal impact de l'obstruction du pont de la RT est donc l'augmentation des débordements sur la route territoriale en rive droite et en rive gauche.

#### 4.4.4. Débits de premier débordement

En rive gauche au droit de la zone habitée, la capacité de la rivière avant débordement est comprise entre 30 et 50 m<sup>3</sup>/s. Ces débits correspondent à des périodes de retour comprises entre 3 à 5 ans.

Profils	Débit de premier débordement (m <sup>3</sup> /s)	
	Rive gauche	Rive droite
P01		63
P02	90	58
P03	90	
P04	47	31
P05	28	10
P06	29	22
P07	31	
P08	30	14
P09	39	33
P10	22	23
P11	21	23
P12	32	52
P13	35	53
P14	53	95

Figure n°4: Lignes d'eau décennales et centennales



## 4.5. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

### 4.5.1. Classification de l'aléa

La cartographie fournie comprend :

- CARTE 1 : cartographie de l'aléa inondation de la crue décennale
- CARTE 2 : cartographie de l'aléa inondation de la crue centennale
- CARTE 3 : cartographie de l'enveloppe d'inondation de la crue centennale en tenant compte du risque d'embâcles

Les cartographies d'aléa ont été établies sur la base des règles suivantes :

Vitesse Hauteur	Vitesse < 0.5m/s	Vitesse > 0.5m/s
Hauteur < 0.5m	Faible	Moyen
0.5m < Hauteur < 1m	Moyen	Fort
Hauteur > 1m	Fort	Très fort

**Tableau 4 : Définition des classes d'aléa**

La précision des cartographies reste liée à la densité et à la précision de la topographie existante en lit majeur.

### 4.5.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennial

Dans le cadre de l'aléa centennial, le phénomène d'érosion de berges a été pris en compte dans la cartographie de l'aléa. Une bande d'aléa très fort de 10 m de large en bordure de lit mineur a été ajoutée à la cartographie finale.

Cette bande permet de préserver un espace non constructible en bordure de lit pour prendre en compte le risque de destruction de berges lié à la dynamique érosive de la rivière.

Actuellement, des enrochements posés verticalement ont été mis en place sur toute la rive gauche de la Papeivi.

Le manque d'informations sur leur installation ne permet pas de dire s'ils résisteront à une crue importante. Une bande inconstructible en bordure de lit est donc nécessaire vis à vis de ce risque particulier.

## 5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

---

### 5.1. AMENAGEMENT AU DROIT DU PONT DE LA RT

La réalisation d'un curage du lit de la rivière au droit et à l'aval du pont de la RT, permet d'améliorer significativement les écoulements en période de crue. Il a été testé un curage régulier entre les profils P9 (cote actuelle) et P14 (cote -1NGT), qui permet d'augmenter de 20m<sup>2</sup> à 27m<sup>2</sup> la section du pont :

**Pour une crue décennale**, le pont n'est plus en charge

- cote aval 1.16 NGT au lieu de 2.35 NGT avant curage
- cote amont 2.12 NGT au lieu de 2.64 NGT avant curage

Les débordements en rive gauche à l'amont du pont sont beaucoup moins importants (aléa faible).

**Pour une crue centennale**, les travaux de curage sont insuffisants :

- cote aval 1.81 NGT au lieu de 2.70 NGT avant curage
- cote amont 2.68 NGT au lieu de 2.89 NGT avant curage

Une augmentation de la section hydraulique de l'ouvrage à une valeur minimale de 40m<sup>2</sup> est donc nécessaire.

### 5.2. LA PROTECTION DES ZONES HABITEES

Partant du principe qu'il n'existe pas d'emprise continue en rive gauche permettant l'établissement d'une digue longitudinale, et que la rive droite est encore vierge de toute construction à l'exception d'une habitation située à l'aval du Profil 7, il est proposé l'aménagement suivant :

**Recalibrage du lit mineur de la Papeivi entre les profils P4 (début de la zone urbanisée) et le profil P7.**

L'emprise du recalibrage se situera en rive droite de la rivière. Une zone de divagation du lit mineur devra être préservée sur toute la rive droite entre les profils P4 et P6, cette zone servira au dépôt des matériaux et de piège à embâcle.

Les caractéristiques du recalibrage sont les suivantes

- Linéaire 380m
- ouverture moyenne : 20m
- Hauteur moyenne : 2m
- Pente des talus : 2H/1V

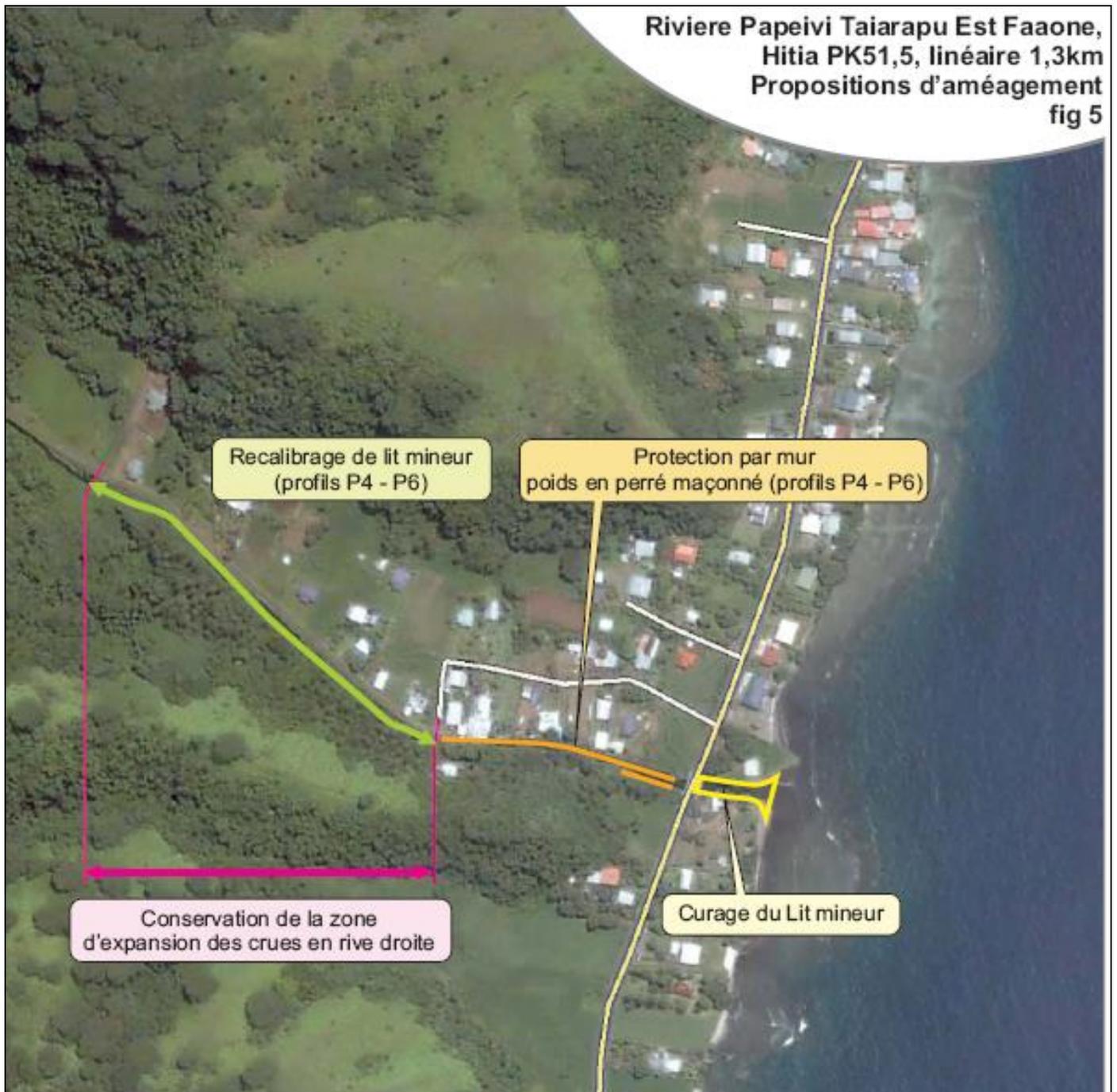
Cet ouvrage devra être accompagné d'un diagnostic de la tenue des protections existantes en rive gauche pour vérifier le risque d'affouillement en pied d'ouvrage. Le cas échéant cette protection devra être confortée par une parafouille en enrochements libres de largeur 2.50m en pied d'ouvrage. Il n'est pas prévu de protections en rive droite (zone de divagation).

**Aménagement du lit mineur entre le profil P7 et le pont de la RT**, sur ce secteur entre le profil P7 et le profil P9, le lit mineur est trop près du rempart en rive droite pour pouvoir être recalibré. Il est donc proposé :

- En rive gauche, la mise en place d'un mur poids en perré maçonné sur un linéaire de 210m entre le profil P7 et le pont.
- En rive droite, la mise en place d'un mur poids en perré maçonné sur un linéaire de 65m entre le profil P9 et le pont, de manière à guider les eaux de crue vers le pont de la RT.

Les caractéristiques du mur poids sont les suivantes :

- Hauteur moyenne 2.75m (2.50m à 3.0m)
- Parafouille en enrochements libres de 2.50m de large en pied d'ouvrage.

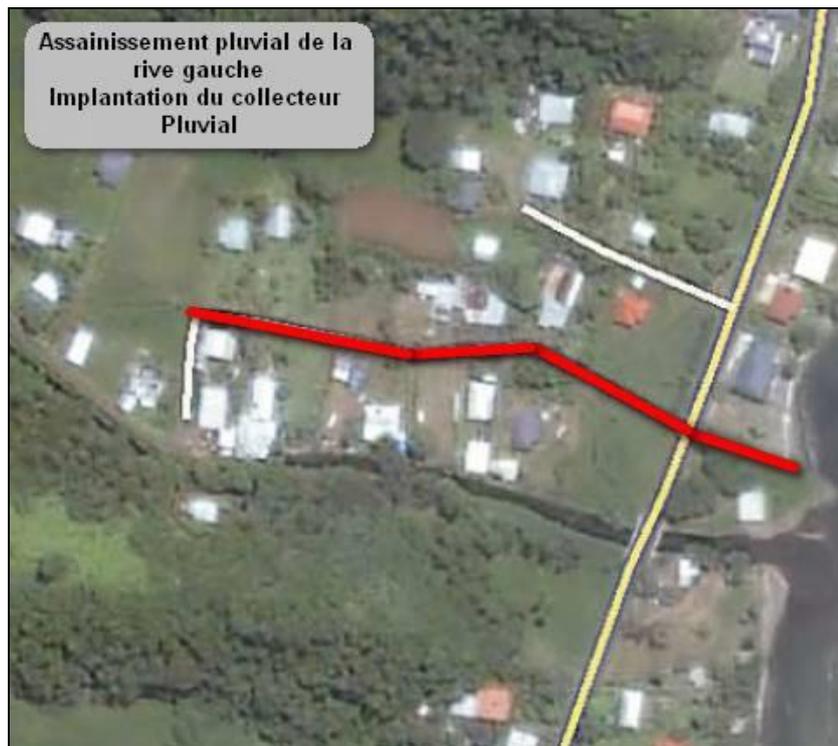


### 5.2.1. Assainissement pluvial du secteur protégé

D'importants problèmes d'évacuation des eaux pluviales se posent à l'heure actuelle sur la rive gauche de la Papeivi.

Etant donné les problèmes de foncier existant sur le secteur, il est proposé la mise en place d'un collecteur enterré, à grille situé sous l'emprise de la principale voie de desserte du quartier. Un nouvel ouvrage de franchissement de la RT devra être créé.

Le positionnement de cet ouvrage et son gabarit devra être vérifié par des levés topographiques complémentaires permettant de localiser précisément les points bas de la zone.



### 5.3. LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME D'ALERTE

Les enjeux présents en zone inondable justifient la mise en place d'un système d'alerte aux inondations destiné à prévenir et évacuer la population présente sur les secteurs les plus exposés, en particulier pour la zone habitée aval et le secteur de la porcherie.

Etant donné les faibles temps de réponse du bassin versant, ce système d'alerte pourrait être basé sur la pluviométrie (pluviographes, radar pluviométrique...).

### 5.4. LES TRAVAUX D'ENTRETIEN DE LA VEGETATION

Les reconnaissances menées dans le cadre de cette étude ont mis en évidence la nécessité d'entretenir la végétation présente en bordure du lit de la rivière. Sur de nombreux secteurs la végétation, en colonisant les bancs de gravier et de galets déposés par le transport solide important du cours d'eau, réduit les sections d'écoulement et risque d'augmenter la fréquence d'exposition au risque inondation des zones vulnérables.

De la même manière le risque d'embâcle constitue un enjeu majeur sur la zone d'étude : des arbres arrachés peuvent venir obturer l'ouvrage de franchissement de la route territoriale.

Un entretien périodique devra être favorisé par la création d'accès au lit de la rivière.

La fréquence d'entretien proposée est la suivante :

- Un entretien complet tous les 3 ans : élagage et tronçonnage des arbres pouvant former embâcle,
- Un passage avant chaque saison cyclonique : gestion de la végétation, évacuation des encombrants, identification des affouillements au droit des ouvrages de protection de berges ...

## 5.5. CHIFFRAGE ESTIMATIF

Les aménagements proposés précédemment sont définis au stade faisabilité. En particulier les dispositifs parafouille, devront être dimensionnés à partir d'essais géotechniques.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût financier des ces travaux, hors nouvel ouvrage de franchissement de la RT :

Désignation	Unité	Quantitatif	Prix unitaire HT en FCFP	Prix HT en FCFP
<b>Recalibrage du lit mineur de la Papeivi (profils P4-P7)</b>				
Déblais (y compris évacuation)	m <sup>3</sup>	9500	1500	14250000
Enrochements libres	m <sup>3</sup>	PM	PM	
<b>Sous Total</b>				<b>14250000</b>
<b>Aménagement du lit mineur (profil P7-pont de la RT)</b>				
Maçonnerie de moellons	m <sup>3</sup>	1600	25000	40000000
Béton de propreté	m <sup>3</sup>	75	25 000	1875000
Drainage	m <sup>2</sup>	1500	1 500	2250000
Déblais (y compris évacuation)	m <sup>3</sup>	6900	1500	10350000
Remblais	m <sup>3</sup>	4700	1500	7050000
Enrochements libres	m <sup>3</sup>	1650	6 000	9900000
<b>Sous Total</b>				<b>71425000</b>
<b>Total général</b>				<b>85675000</b>
Divers et aléa 20%				<b>17135000</b>
<b>TOTAL arrondi</b>				<b>102810000</b>

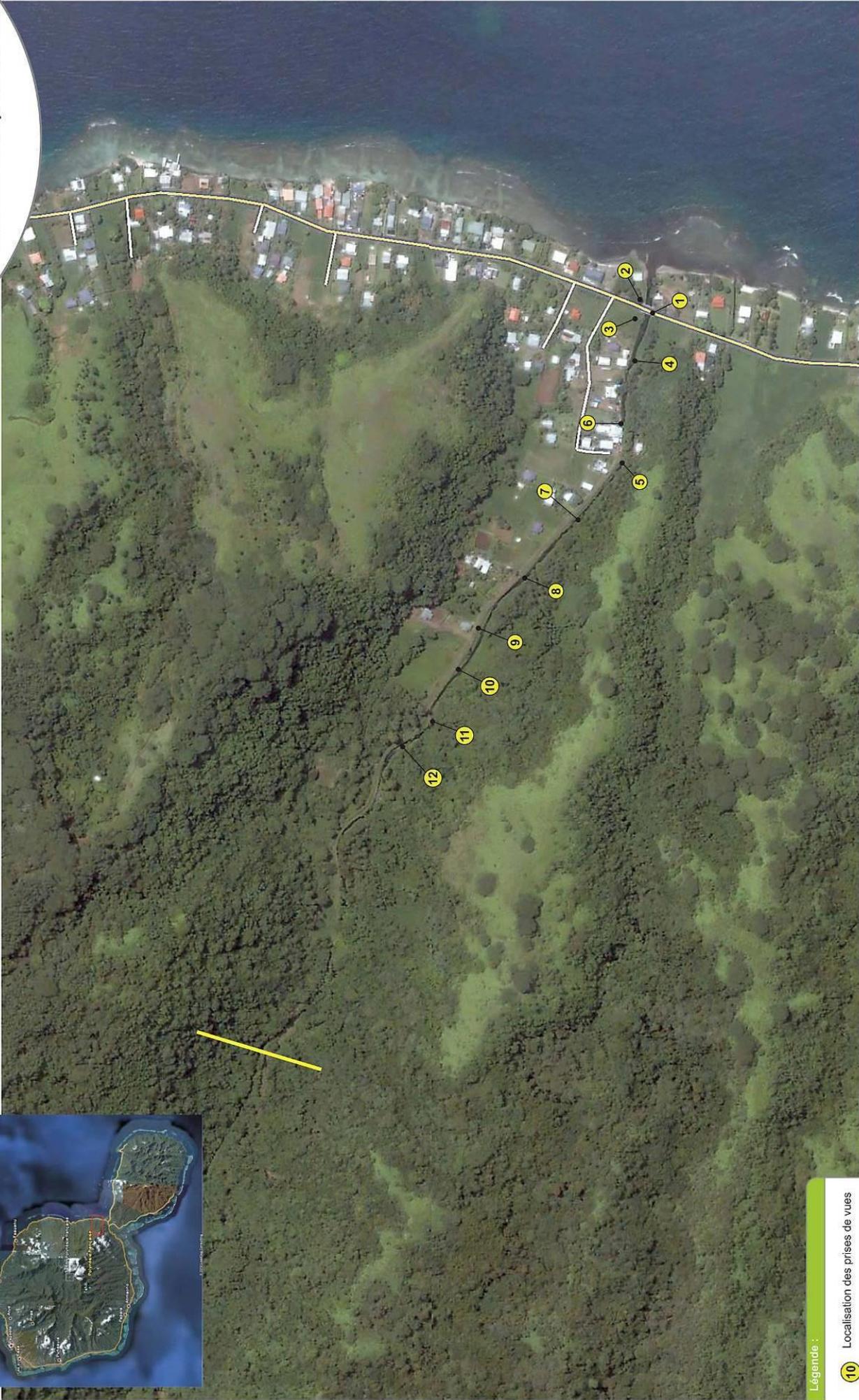
**Tableau 5: Chiffrage estimatif**

Ces prix ne tiennent pas compte des acquisitions foncières.

ANNEXES

Annexe 1  
Localisation des photos

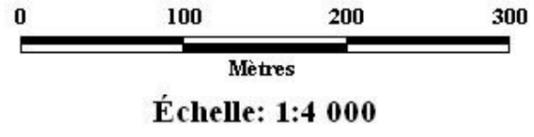
Riviere PapeiviTairapu Est Faaone,  
Hitia PK51,5, linéaire 1,3km  
localisation des prises de vues



Légende :

- 10 Localisation des prises de vues
- Limite de la zone d'étude

Annexe 2  
Construction et résultats de la modélisation Infoworks



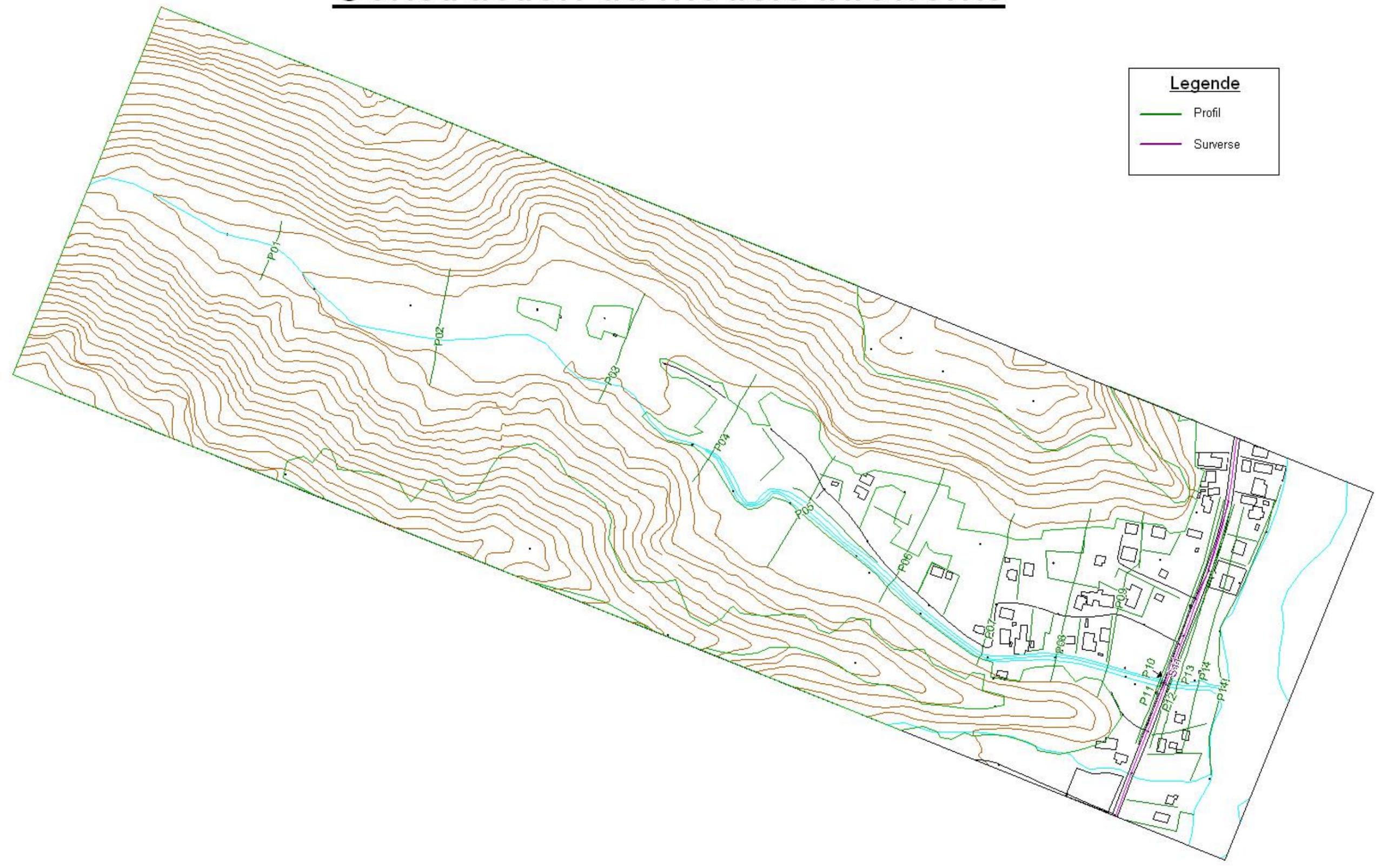
# Papeivi

## Construction du modèle infoworks



**Legende**

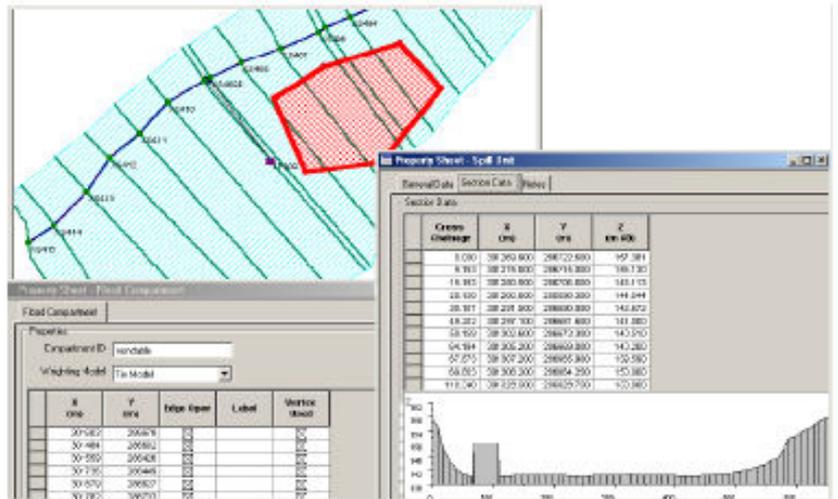
- Profil
- Surverse



Profil	Z_Fe en m NGPF	Crue décennale				Crue centennale				Crue centennale pont obstrué 50%			
		Cote (m NGPF)	Vitesse rive gauche (m³/s)	Vitesse lit mineur (m³/s)	Vitesse rive droite (m³/s)	Cote (m NGPF)	Vitesse rive gauche (m³/s)	Vitesse lit mineur (m³/s)	Vitesse rive droite (m³/s)	Cote (m NGPF)	Vitesse rive gauche (m³/s)	Vitesse lit mineur (m³/s)	Vitesse rive droite (m³/s)
P01	21.48	23.72	0.00	3.04	0.00	24.30	0	3.70	0.81	24.30	0.00	3.70	0.81
P02	14.32	16.76	0.30	3.43	0.68	17.39	1.11	3.99	1.16	17.39	1.11	3.99	1.16
P03	8.93	10.79	0	3.10	0.00	11.56	0.74	3.68	0	11.56	0.74	3.68	0.00
P04	5.82	8.67	0.26	1.81	0.48	9.05	0.60	2.47	0.82	9.05	0.63	2.07	0.68
P05	4.28	6.65	0.47	2.63	0.97	6.95	0.79	2.77	1.25	6.95	0.79	2.77	1.25
P06	2.30	4.84	0.54	1.58	0.39	5.13	0.77	1.87	0.53	5.13	0.77	1.87	0.53
P07	1.56	3.68	0.54	1.79	0.00	3.98	0.72	1.90	0	3.98	0.72	1.90	0.00
P08	0.68	3.13	0.43	1.08	0.19	3.45	0.58	1.27	0.29	3.46	0.58	1.27	0.29
P09	0.40	2.84	0.42	1.62	0.20	3.14	0.61	1.72	0.45	3.16	0.60	1.66	0.44
P10	0.33	2.64	0.32	0.80	0.09	2.90	0.45	1.01	0.20	2.94	0.43	0.94	0.20
P11	0.28	2.63	0.32	0.96	0.10	2.89	0.45	1.22	0.22	2.93	0.44	1.15	0.21
P12	0.11	2.35	0.40	2.63	0.14	2.70	0.49	2.93	0.28	2.70	0.49	2.93	0.28
P13	-0.11	2.26	0.56	2.44	0.18	2.57	0.70	2.53	0.36	2.58	0.70	2.53	0.36
P14	0.29	1.78	0.29	3.16	0.00	2.06	0.70	4.35	0.16	2.06	0.70	4.35	0.16
P14!	0.00	0.57	0.57	2.36	0.52	1.00	0.58	2.19	0.46	1.01	0.58	2.19	0.46

Annexe 3  
Logiciel Infoworks

- Outils d'édition et de modification pour les profils, unité de déversement, casiers.
- Construction de zones (pour générer les cartes d'inondation sur le MNT importé).



Edition de seuils, zones de stockage

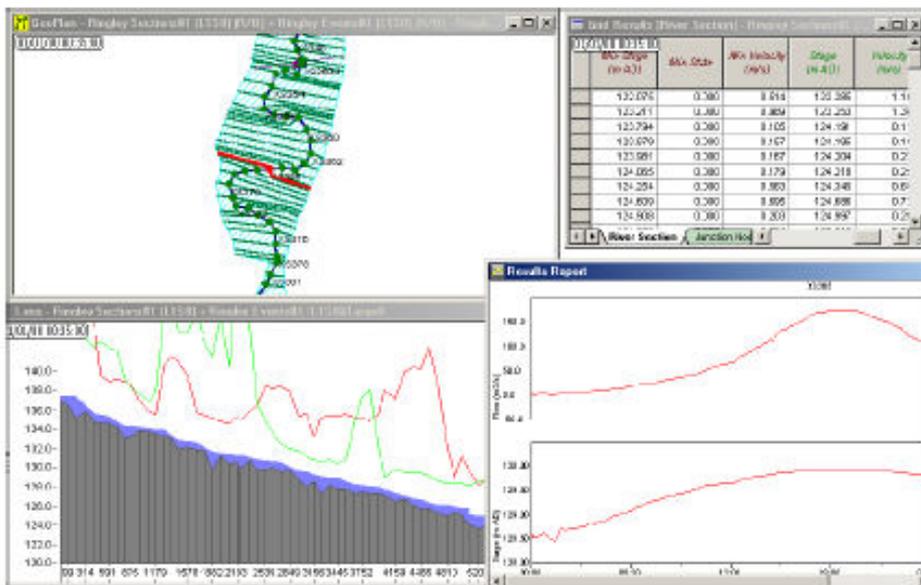
## Moteur de calcul

- Utilise le moteur de calcul ISIS réputé pour sa gamme de structures hydrauliques et sa flexibilité.
- Inclus le modèle conceptuel pluie débit PDM (option) et les modèles de ruissellement (SCS, FSR, FEH).
- Régime permanent et transitoire.
- Utilisé dans plus de 30 pays dans le monde.

## Interprétation des résultats

Visualisation simultanée des données, des résultats, avec animation en vue en plan et sous forme tabulaire.

- Représentation thématique des données et résultats sur fond de plan.
- Visualisation des données et résultats sous forme de table.
- Profil en long du canal avec ses hauteurs d'eau.
- Profil en travers avec ses hauteurs d'eau.
- Graphes débit, hauteur, vitesse, ... disponible à chaque point de calcul.



Résultats : grille, profil, graphes

## Une solution intégrée

Transfert de données en import / export :

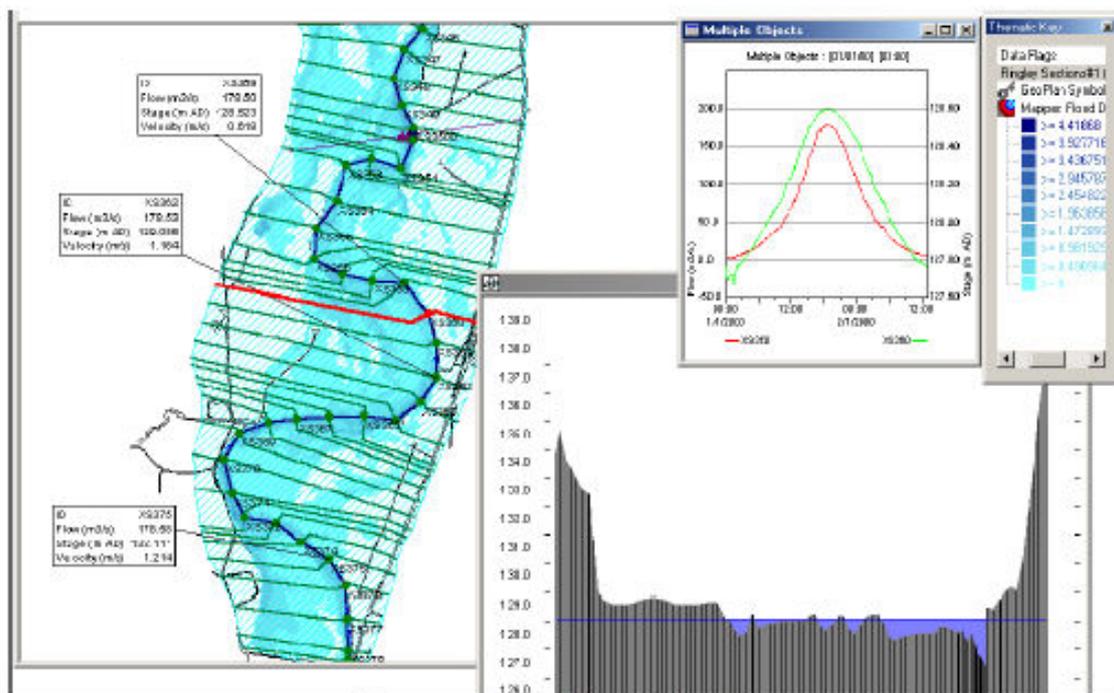
- Importation des modèles existants sous ISIS 2.0®.
- Importation au format CSV.
- Importation de bassins et polygones de stockage de MapInfo® et ArcView®.
- Exportation des données et résultats de simulation vers MapInfo® et ArcView®.
- Exporte les modèles vers ISIS 2.0®.

## Visualisation dynamique des zones inondables

Ce modèle d'interpolation est bâti autour d'un Modèle Numérique de Terrain sous forme de TIN.

Il permet :

- La représentation instantanée des zones inondables de n'importe quel événement, comprenant l'animation complète.
- Le contour des hauteurs d'inondation.
- Les graphes des hauteurs d'eau en chaque point de la zone inondée.
- L'extraction et la localisation des hauteurs et durées d'inondation.



Résultats : zones inondables, profil, graphes

