

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 3  
Cours d'eau : Maraa



Rapport

HSO 11126K

Mars 2012

## TABLE DES MATIERES

---

<b>1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
<b>2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN</b>	<b>5</b>
2.1. Enquête de terrain	5
<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	11
3.2.2. Etude GEGDP de 2001 - Wotling	11
3.2.3. Etude GEGDP de 2003 (J.Danloux)	12
3.2.4. Etude BRGM	13
3.3. Débits de projet retenus	13
<b>4. MODELISATION HYDRAULIQUE</b>	<b>15</b>
4.1. Modèle mis en oeuvre	15
4.2. Conditions aux limites	16
4.3. Calage du modèle	16
4.4. Profil en long du lit mineur	17
4.5. Simulation des crues de projet	19
4.5.1. Mécanismes d'écoulement en crue décennale	19
4.5.2. Mécanismes d'écoulement en crue centennale	19
4.5.3. Prise en compte du risque d'embâcles	20
4.5.4. Débits de premiers débordements	20
4.6. Cartographie de l'aléa	22
4.6.1. Classification de l'aléa	22
4.6.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennal	22
<b>5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS</b>	<b>23</b>
5.1. Travaux d'urgence	23
5.2. Travaux de protection des zones habitées contre les inondations	24
5.2.1. Elargissement du pont de la RT	25
5.2.2. Protection en amont du gué P131.	24
5.2.3. Protection a l'aval du pont de la RT	26
5.3. La mise en place d'un système d'alerte	26

5.4. Les travaux d'entretien de la végétation	26
5.5. Chiffrage estimatif	27

## 1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

---

Le SAU avec l'appui du BRGM conduit depuis 2005 un programme qui a pour objectif principal la réalisation de Plans de Préventions des Risques (PPR).

Une première partie de ce programme (ARAI 1, puis ARAI 2 et ARAI 3) a déjà été réalisée.

Le présent projet s'inscrit dans la continuité de ce programme. Il consiste en la réalisation de cartographies de zones inondables sur différents cours d'eau de Polynésie française à partir de modélisations hydrauliques, hydrologiques et d'expertises hydrogéomorphologiques.

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 au stade APS permettant de réduire les aléas

Le cours d'eau étudié dans le cadre de ce dossier est la rivière Maraa.

Rivière Maraa  
Plan de situation et  
localisation des prises de vues



Légende :

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

## 2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN

---

### 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 recueillir les observations sur les crues passées,
- 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 sur la figure n°1.*



**Photo1** : Ancien franchissement de la RT (1930)  
existant de la RT



**Photo 2** : Franchissement  
existant de la RT

L'ancien pont sur la Maraa, datant de 1930 est encore en place à l'aval immédiat du pont actuel. Cet ouvrage est ruiné et provoque :

- du fait de la largeur et de l'orientation de sa pile des atterrissements a son aval,
- un risque supplémentaire de blocage des flottants, a l'heure actuelle, un tronc bloqué sur la pile centrale de l'ouvrage, diminue la section d'écoulement et est propice au blocage de nouveaux embâcles,
- une importante érosion de berge a son amont immédiat en rive gauche (entre les deux ouvrages).

Cet ouvrage est à supprimer.

Le franchissement de la route Territoriale est assuré par un pont cadre d'ouverture 11m, pour une hauteur de 2m. Les berges en rive gauche et en rive droite sont protégées par des enrochements au droit de l'ouvrage. Un tronc d'arbre est bloqué sur la culée droite de l'ouvrage. **Un entretien d'urgence est à réaliser au droit de ce franchissement.**



**Photo 3** : Vue aval prise du pont RT



**Photo 4** : Vue du lit à l'embouchure

A l'aval du pont la RT, des travaux de recalibrage importants ont été réalisés il y a une dizaine d'années. Les berges rive droite et gauche ont été protégées par des enrochements. Ces enrochements ont été posés en une seule couche sans couche de transition et sans protection contre les affouillements en pied. Ces protections s'effondrent ponctuellement sur le cours aval. Il n'a pas été relevé la présence d'un cordon littoral entravant l'exutoire des eaux à l'embouchure.

**Les riverains situés à proximité de l'ouvrage mentionnent n'avoir pas subi de crues importantes depuis une quinzaine d'années.** Le plus gros cyclone observé sur le secteur est Veena en 1983, où la totalité de la plaine aval fut submergée. La dernière crue importante date de 1996-97, lors de cet événement l'ouverture du pont a été bloquée par des flottants et une grande partie des eaux a contourné le pont et a débordé par la rive gauche.



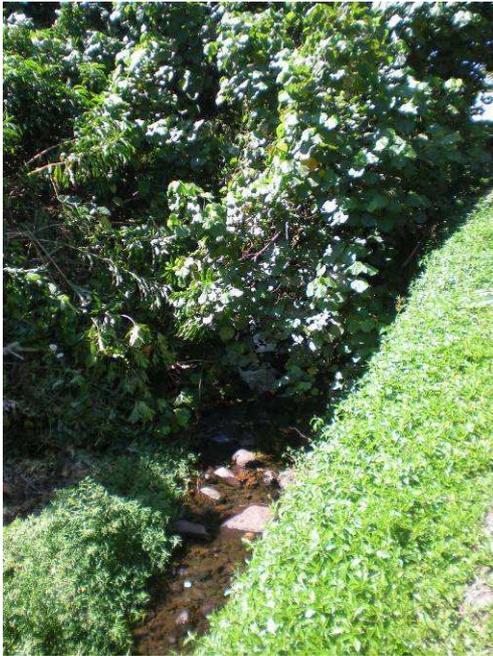
**Photo 5** : Vue amont prise du pont de la RT



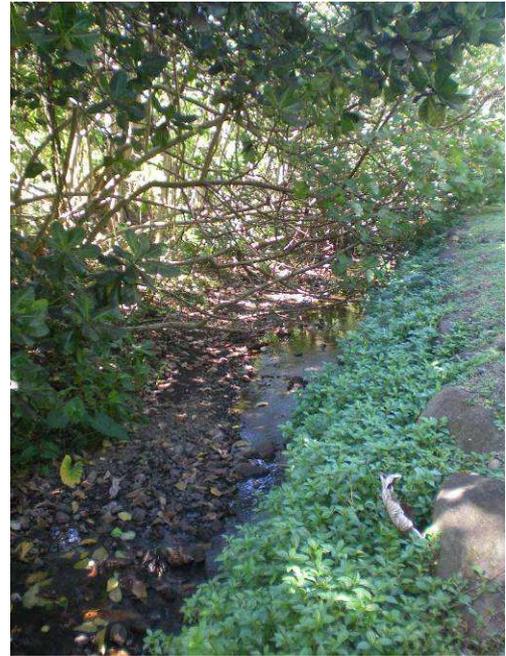
**Photo 6** : Parcelle Spies

En amont du pont et jusqu'à l'entreprise Vaimato, le lit de la rivière est très encombré par la végétation, de nombreux arbres sont prêts à tomber dans le lit. Les berges du cours d'eau ne sont pas protégées.

Plusieurs maisons ont été inondées en 1996 (famille Spies), lors de cet évènement une maison a été détruite par les eaux. Sur ce secteur, le lit de la rivière n'est pas entretenu, et la famille présente réclame un enrochement.



**Photo 7** : Etat du lit devant Ent Vaimato



**Photo 8** : Protection en rive droite

Le long de l'entreprise Vaimato, la rive droite est protégée par des enrochements sur une forte hauteur. Le terrain d'assise de l'entreprise a été remblayé et se situe hors zone inondable. Le long de cette parcelle le lit de la rivière est toujours dans un très mauvais état d'entretien.



**Photo 9** : lit encombré par la végétation aval radier Rori



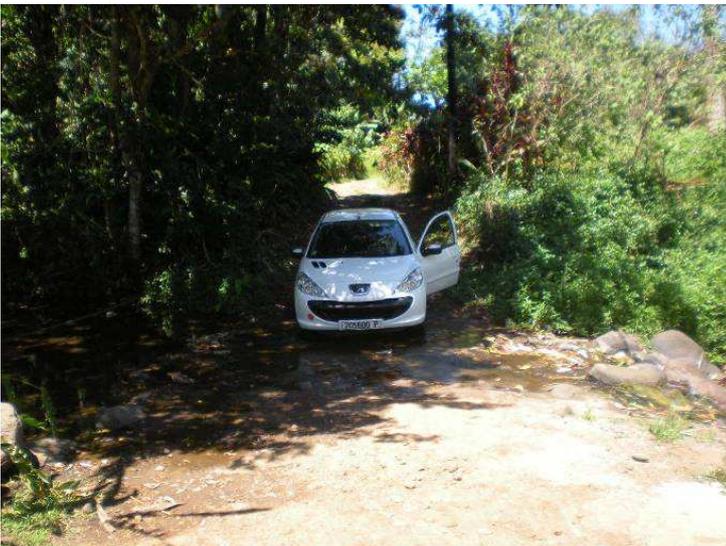
**Photo 10** : radier accès parcelle

Le chemin existant en rive gauche, situé en hauteur par rapport à la plaine, matérialise la limite de la zone inondable, entre la route territoriale et le premier radier. En amont de l'entreprise Vaimato, deux maisons très récentes sont construites. Le lit est toujours très encombré.

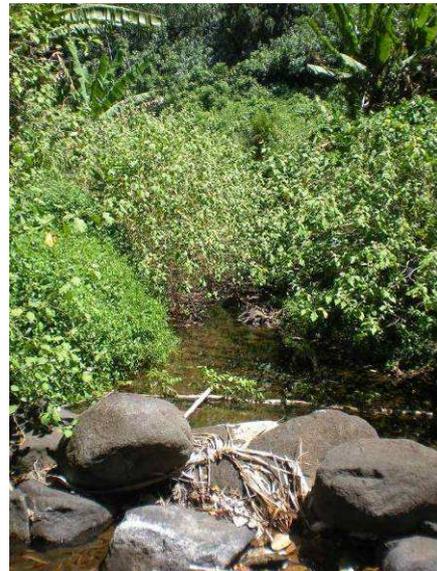
Le radier d'accès à la parcelle Rori est en bon état, mais trois gros arbres (2 Mapés et un Maru Maru) sont en limite de chute. S'ils tombent ils obstrueront le lit au niveau du radier et risquent de provoquer l'inondation de l'habitation existante.

Le lit est très encombré sur le secteur. En 1996 la chute d'arbres dans le lit a provoqué d'importantes divagations du lit de la rivière.

Le chemin d'accès à la vallée est attaqué par le bras vif du cours d'eau. A conforter.



**Photo 11:** Radier accès parcelle Dumas



**Photo 12 :** Vue aval radier

En amont le lit reste très encombré, un second radier permet l'accès à la parcelle Dumas Mamatua. Ce radier est conforté à l'aval par des enrochements libres. La berge rive droite de la rivière a été protégée par enrochements sur un linéaire de 60m en aval du radier. Cette protection est ruinée sur un linéaire de 6m. La maison Dumas Mamatua est la dernière maison habitée de la vallée.

Plus à l'amont existe un faré qui n'est occupé que le weekend. Au dessus de ce Faré, suite aux inondations de 1996, un merlon de tout venant a été mis en place pour éviter que les débordements de la rivière n'empruntent le chemin d'accès à la vallée.

## 3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

---

### 3.1. GENERALITES

Le bassin versant de la Maraa se situe sur le secteur sous le vent 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 station pluviométrique sur ce bassin versant. Le poste pluviographique le plus proche de la zone étudiée est le poste Vaihiria, situé à une altitude de 460m.

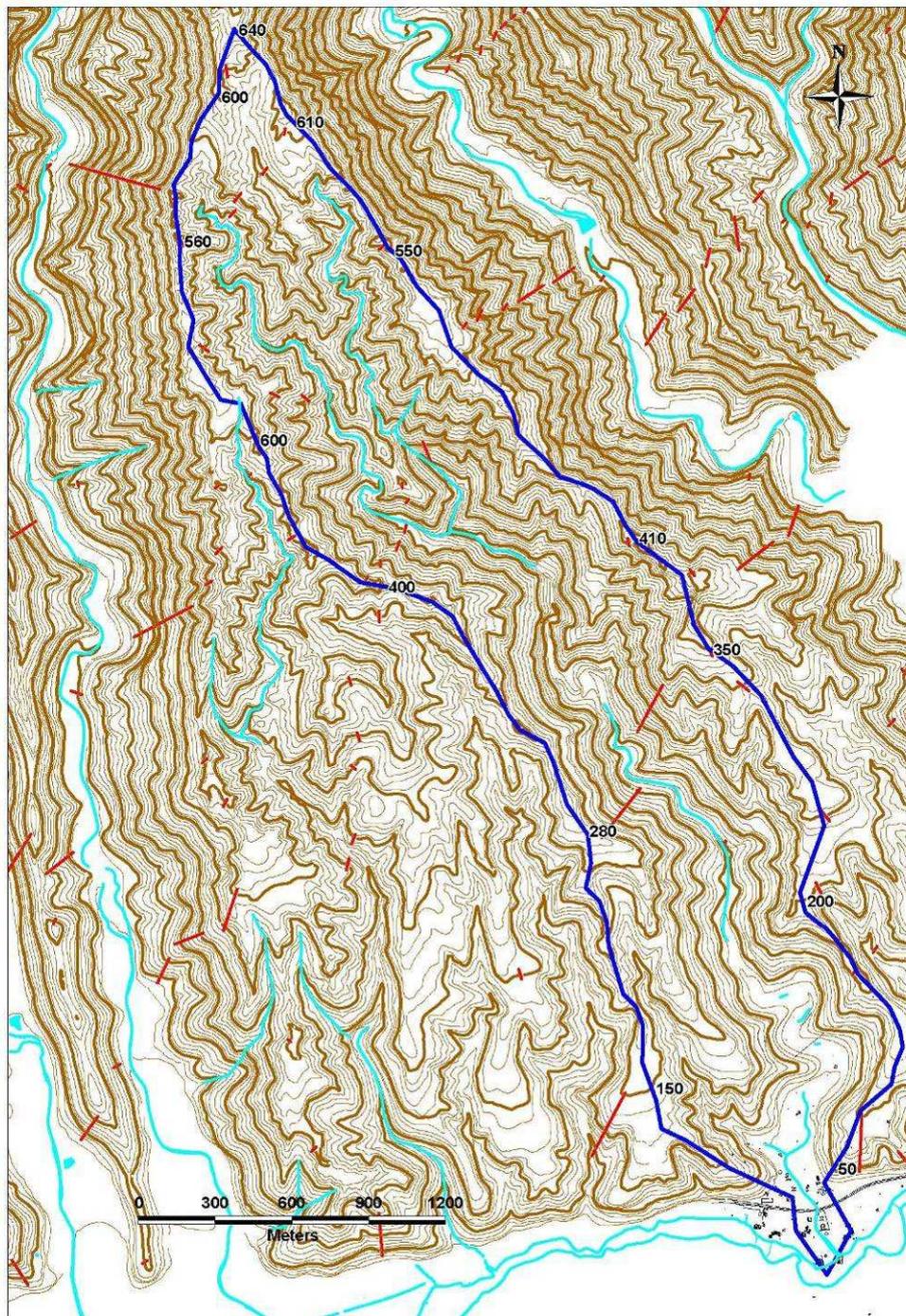
Le bassin versant de la Maraa a une superficie de 3.9 km<sup>2</sup>.

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

Les principales caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

- Surface : 3.9 km<sup>2</sup>
- Périmètre : 12.2 km
- Longueur du rectangle équivalent : 5.3 km
- Coefficient de compacité Kc : 1.7
- Altitude moyenne : 267m,
- Gradex de la pluie centennale / 15mn : 3.25 mm (source : G.Wotling « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti »)
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 640 m,
- Indice de pente : 86 m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 0.75 h

Figure n°2 : Bassin versant de la Maraa



### 3.2. EVALUATION DES DEBITS DE PROJET

Différentes méthodes ont été utilisées pour calculer les débits de projet de la Maraa. 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 Vallée de la Maraa**)
- 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 sur 15mn, **soit 22mm** pour la Maraa,

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 un Gradex de 3.25 mm** pour la Maraa.
- un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de **1.5**

**Les évaluations de débit faites dans le cadre de cette étude sont les suivantes :**

- Débit décennal : 65 m<sup>3</sup>/s
- Débit cinquantennal : 100 m<sup>3</sup>/s
- Débit centennal : 115 m<sup>3</sup>/s

### 3.2.2. Etude GEGDP de 2001 - Wotling

Dans le cadre de l'étude « modélisation hydrologique des cours d'eau de la liaison Tamanu-Taravao », menée en 2001 par le LTPP, une évaluation des débits de crue des rivières présentes sur **la cote Sud Ouest** de l'île de Tahiti a été réalisée.

Ces débits ont été établis à partir d'une modélisation hydrologique globale intégrant les fonctions de production et de transfert du modèle MOAHTA (IRD-GEGDP, Wotling).

Ce travail a permis:

- La définition des pluies de projet pour chacun des bassins versants étudiés,
- Le calage des modèles hydrologiques lorsqu'une information hydrométéorologique fiable était disponible,

- La mise en œuvre soit d'un modèle global soit d'un modèle spatialisé qui autorise la possibilité d'appliquer des pluies de projet différentes sur le bassin versant.

Les conclusions de cette étude sont que seuls des modèles spatialisés, basés sur un modèle numérique de terrain sont concluant pour des bassins versants de superficie supérieure à 5 km<sup>2</sup> ou en partie urbanisés.

En deçà, une modélisation globale donne de bons résultats pour des superficies drainées inférieures à 2 km<sup>2</sup> et des résultats cohérents pour des superficies comprises entre 2 et 5km<sup>2</sup>.

**Les évaluations faites dans le cadre de cette étude sont les suivantes :**

- Débit décennal : 44 m<sup>3</sup>/s
- Débit cinquantennal : 75 m<sup>3</sup>/s
- Débit centennal : 89 m<sup>3</sup>/s

### **3.2.3. Etude GEGDP de 2003 (J.Danloux)**

L'étude du LTTP de 2003 a porté 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

La formule de Craeger permet d'évaluer la crue maximale sur un bassin versant sur une période d'observation donnée. Pour le passage à une approche fréquentielle des débits, le rapport entre la crue maximale et les débits issus déduits de l'analyse statistique a été utilisé.

### 3.2.4. Etude BRGM

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 Maraa, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de **0.65**. 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  $T_c$  et journalière égal à ce même rapport à la station pluviographique la plus proche ou jugée comparable).

**Les évaluations faites dans le cadre de cette étude sont les suivantes :**

- Débit décennal : 74 m<sup>3</sup>/s
- Débit centennal : 106 m<sup>3</sup>/s

### 3.3. DEBITS DE PROJET RETENUS

Les débits de crue de la Maraa 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	65	115
Etude LTPP de 2003 J.Danloux)	Modèle hydrologique Moahta	44	89
Etude BRGM	Méthode rationnelle et gradex	74	106

L'évaluation des débits par les méthodes BCEOM et BRGM convergent vers des valeurs proches. Il est proposé de retenir les valeurs obtenues par la méthode BCEOM.

Cette méthode conduit à retenir un débit spécifique centennal de 29 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, proche du débit spécifique retenu pour la Vairaharaha (30m<sup>3</sup>/s) qui est la rivière jaugée la plus proche de la Maraa, et dont les débits ont fait l'objet d'ajustements statistiques dans l'étude du GEGDP de 2001.

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

<b>Crue</b>	<b>Crue décennale</b>	<b>Crue centennale</b>
Débit en m <sup>3</sup> /s	<b>65</b>	<b>115</b>

**Tableau 2 : Débits de projet de la Maraa**

Par analogie avec le débit spécifique évalué sur la Vairaharaha lors du cyclone VEENA (22.3 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>), le débit de la Maraa lors du cyclone VEENA est estimé à **87 m<sup>3</sup>/s**.

## 4. MODELISATION HYDRAULIQUE

---

### 4.1. 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,...).

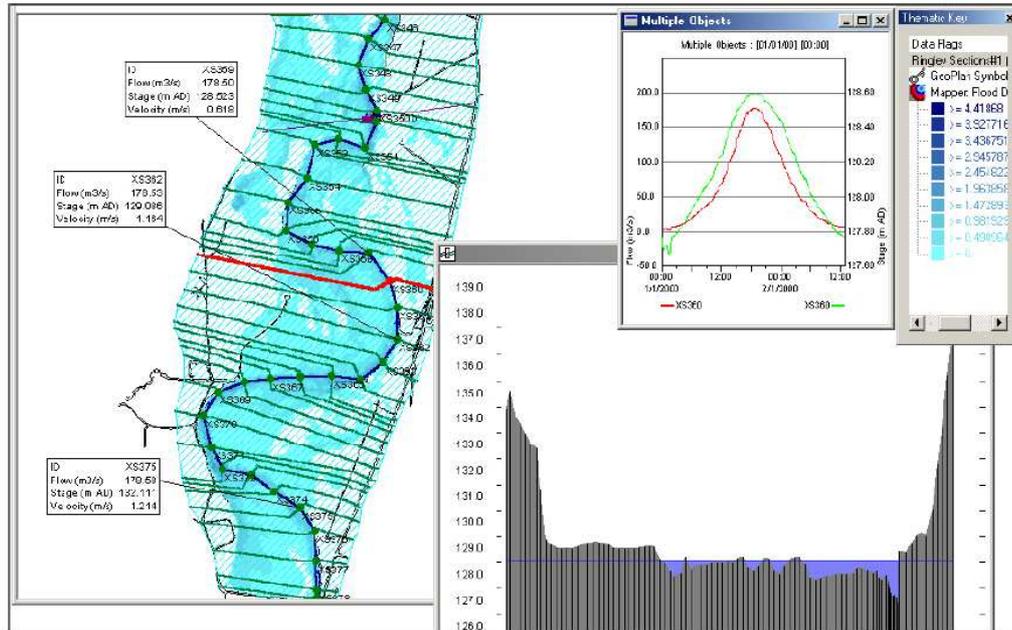
Z	cote de la surface libre
Q	débit
a	apport ou perte au m2
x	abscisse
S	section mouillée
J	gradient de charge hydraulique

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

## 4.2. CONDITIONS AUX LIMITES

Les conditions aux limites prises en compte dans le modèle sont présentées dans le tableau suivant.

	Débit de pointe	Niveau aval - Océan
<b>Crue décennale</b>	65 m <sup>3</sup> /s	0 m NGT
<b>Crue centennale</b>	115 m <sup>3</sup> /s	1 m NGT
<b>Veena</b>	87 m <sup>3</sup> /s	1 m NGT

Tableau 3 : Conditions aux limites du modèle

## 4.3. 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 :

- 19 à 29 en lit mineur.
- 5 à 12 en lit majeur.

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 :

**n1** : Degré d'érosion du cours d'eau (de 0 pour une surface lisse, à 0.02 pour un lit très érodé).

**n2** : Variation des sections du lit mineur (de 0 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 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 du cours d'eau (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).

	n0	n1	n2	n3	n4	m5	n	K
Amont(P10-P16)	0.028	0.005	0.005	0.005	0.01	1	0.053	19
Médian(P10-P5)	0.024	0.01	0.005	0	0	1	0.039	26
Aval(P5-P1)	0.024	0.005	0	0	0.005	1	0.034	29

**Tableau 4 : Coefficients de Strickler retenus**

#### 4.4. PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR

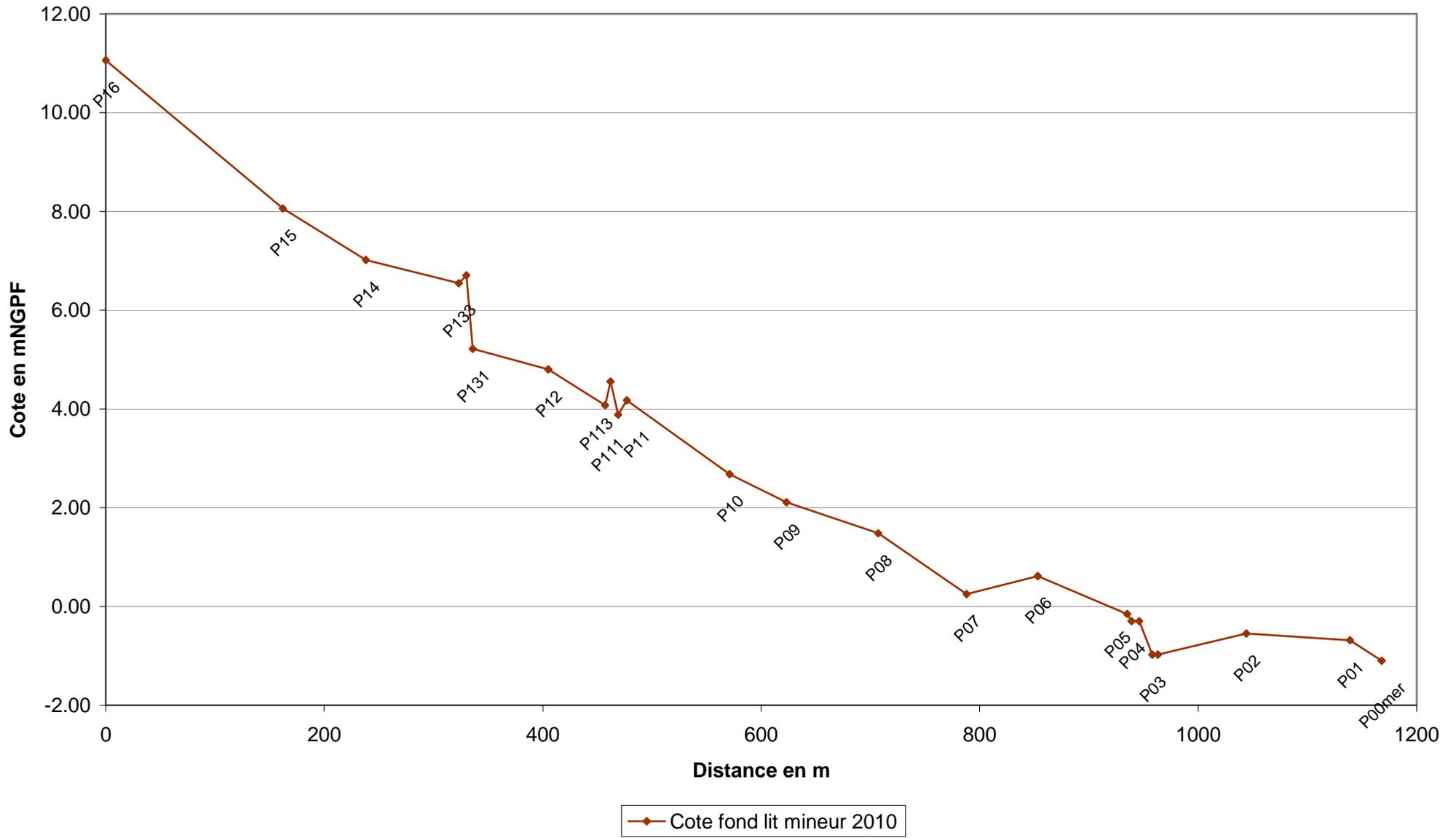
Jusqu'à l'entreprise Vaimato, le lit de la Maraa possède une pente moyenne d'environ 1.4%. Le profil en long est marqué par la présence de deux seuils au droit des profils P113 (dénivelée amont-aval : 0.30m) et P133 (dénivelée amont-aval : 1.50m).

Une rupture de pente se produit à l'aval du profil P7, sur un secteur très encombré par la végétation qui favorise le blocage des embâcles et les dépôts solides.

Sur toute la partie aval et jusqu'au pont de la route territoriale le fond du lit est en dessous du niveau de la mer.

La présence d'une fosse d'affouillement au pied de l'ancien ouvrage de franchissement favorisée par l'accumulation de flottants est visible au droit du profil P3.

Figure n°3: Profils en long du lit mineur



## 4.5. 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,
- Une crue type Veena.

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

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

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

Des débordements sont observés dès la crue décennale sur le secteur amont. Ces débordements ne touchent des zones habitées qu'au droit du gué le plus amont (P131) et sont favorisés par le très mauvais état d'entretien du cours d'eau. Il est à observer que des risques de divagation du lit existent du fait de la présence d'arbres prêts à chuter dans le cours d'eau.

Les zones habitées situées en amont rive gauche et rive droite du pont sont atteintes par les inondations avec des hauteurs de submersion inférieures à 0.50m.

Au droit de l'ouvrage de franchissement la route n'est pas coupée, mais le pont, de section insuffisante, provoque un remous de 0.80m qui favorise l'inondation des terrains amont.

Plus à l'aval les débordements du cours d'eau s'étalent largement dans la plaine aval.

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

Globalement pour la crue centennale, les zones de débordement se situent sur les mêmes secteurs que pour la crue décennale. Les hauteurs et les vitesses sont par contre plus conséquentes.

De forts débordements se produisent en amont du cours d'eau. Les habitations situées en amont et en aval du gué amont (P131) se situent en zone de risque fort.

A l'aval de l'entreprise Vaimato, les écoulements s'écoulent plus largement dans la plaine inondable. Plusieurs groupes d'habitations sont situées en zone de risque moyen :

- En amont de la route territoriale en rive droite et en rive gauche,
- En aval de la route territoriale en rive droite et en rive gauche

On observe la formation d'un axe d'écoulement concentrant les eaux débordées en rive gauche.

Le pont est en charge et la route territoriale est coupée en rive droite et en rive gauche. Les déversements observés sur la route territoriale sont les suivants :

- 39m<sup>3</sup>/s au droit de l'ouvrage,
- 10 m<sup>3</sup>/s en rive gauche,
- 13 m<sup>3</sup>/s en rive droite.

#### 4.5.3. 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 entraîne une rehausse du niveau d'eau d'une dizaine de centimètres en lit mineur et en lit majeur en amont de la route.

La prise en compte de ce phénomène d'embâcles entraîne une aggravation de l'inondation sur environ 150 m en amont de la RT (fin de l'aggravation au droit du profil P7).

L'obstruction de l'ouvrage, entraînant une augmentation des niveaux d'eau en lit mineur du cours d'eau, provoque des débordements plus importants vers le lit majeur et moins de retours possibles vers le lit mineur.

Les débits débordés sur la RT sont donc plus importants : une quarantaine de m<sup>3</sup>/s surversent en rive gauche, plus de 90 m<sup>3</sup>/s en rive droite et une dizaine de m<sup>3</sup>/s au droit de l'ouvrage.

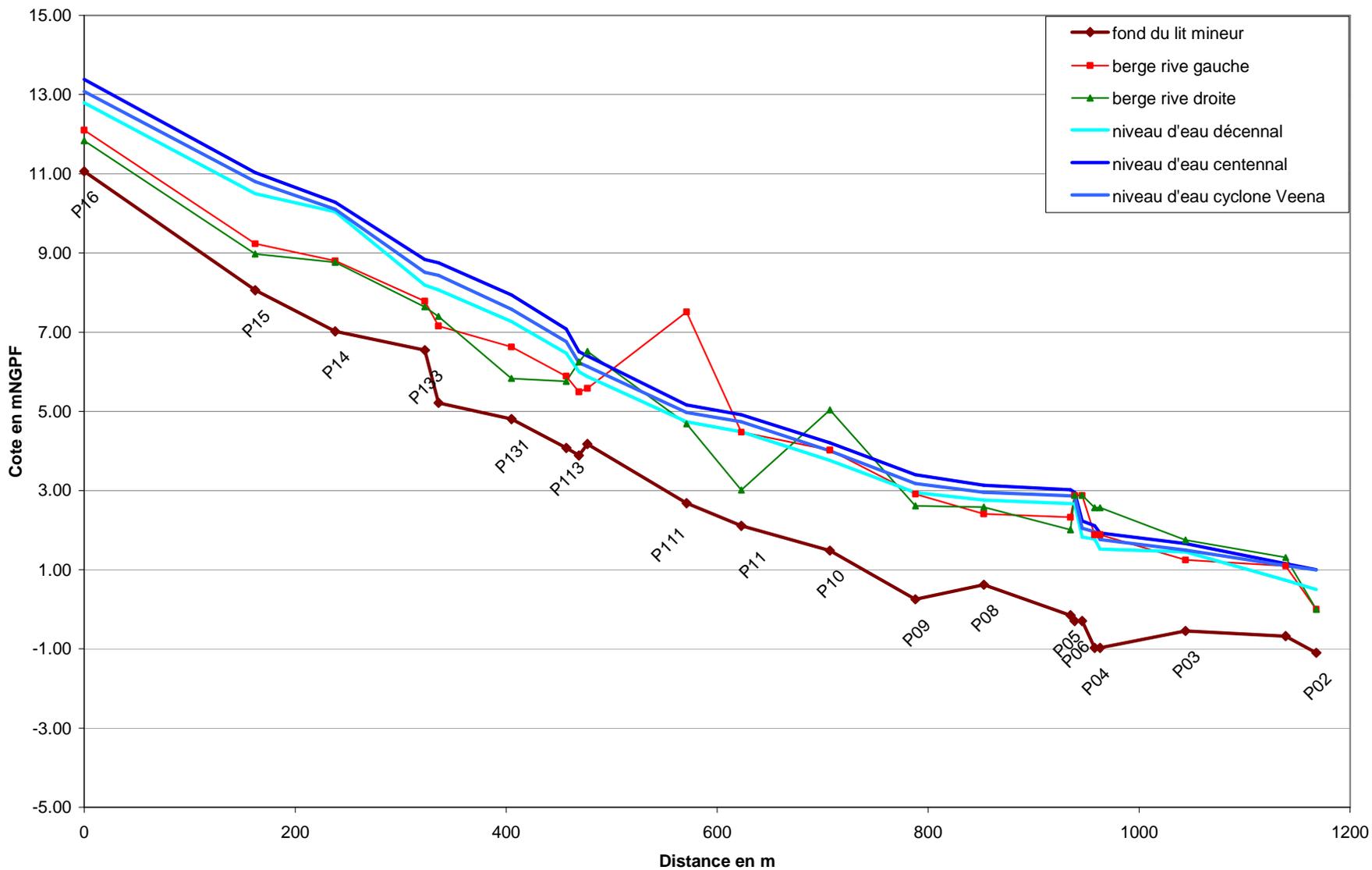
#### 4.5.4. Débits de premiers débordements

Le tableau ci-dessous indique les débits à partir desquels les principaux débordements se produisent au droit des profils en travers levés.

Profil	Débit de premier débordement (m <sup>3</sup> /s)	
	Rive gauche	Rive droite
P16	22	10
P15		10
P14	27	23
P133	35	30
P131	22	30
P12	33	10
P113	37	30
P111		95
P11	45	
P10		66
P09	63	
P08	62	
P07	51	42
P06	43	45
P05	36	30
P04	80	
P03	50	
P02	37	100
P01	85	

Tableau 5 : Débits de premiers débordements

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



## 4.6. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

### 4.6.1. 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
- CARTE 4 : emprise de l'inondation du cyclone Veena

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

	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 1 : Définition des classes d'aléa**

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

### 4.6.2. 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 5m 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 mineur prenant ainsi en compte le risque de destruction de berges lié à la dynamique érosive de la rivière.

## 5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

---

### 5.1. TRAVAUX D'URGENCE

Les travaux d'urgence à engager sont les suivants :

- Destruction de l'ancien pont qui fait obstacle à l'écoulement des crues et favorise le blocage des flottants au droit du franchissement de la RT. Y compris confortement de la berge rive gauche déstabilisée sur 20m.
- Confortement du radier d'accès à la parcelle Rori (Profil P113) : tronçonnage de 3 arbres prêts à tomber dans le lit.
- Protection du chemin d'accès à la vallée qui est attaqué par un bras vif de la Maraа. Linéaire d'application : 50ml entre le profil P10 et le profil P11.

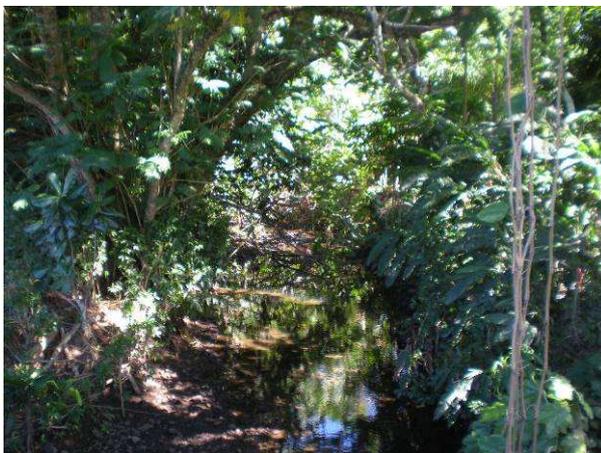


Ancien pont de la RT



Attaque du chemin d'accès à la vallée profil P10

- Entretien du cours d'eau en amont du pont de la RT jusqu'à l'entreprise Vaimato (profil P5 à P7), soit sur 150m. La végétation sur ce secteur favorise le risque de débordement.



Etat du lit en amont de la RT.

## 5.2. TRAVAUX DE PROTECTION DES ZONES HABITEES CONTRE LES INONDATIONS

### 5.2.1. Protection en amont du gué P131.

La seule zone habitée en zone d'aléa fort est située entre les profils P12 et P14 : parcelle Dumas Mamatua, située de part et d'autre du passage à gué P131. La berge rive droite de la rivière a été protégée par enrochements sur un linéaire de 60m en aval du radier.

Deux solutions sont proposées pour la protection de ce secteur :

- Aménagement global : recalibrage du cours d'eau,
- Protection locale : étant donné l'isolement de la zone habitée, proposition de protections à la parcelle.

#### a) Aménagement global

Il est proposé de recalibrer le cours d'eau entre les profils P13 et P15 soit sur un linéaire de 180m, en protégeant par enrochements la rive droite du cours d'eau.

Les vitesses mises en évidence dans le modèle sont comprises entre 3 et 4 m/s pour une crue centennale.

La protection des berges recalibrées devra être faite par enrochements libres de caractéristiques suivantes :

- Elargissement du lit existant de 6m
- Enrochements posés en deux couches sur filtre géotextile ou couche de transition
- Pente des talus 3H/2V
- Diamètre des enrochements :

Le diamètre des enrochements a été défini à partir de la formule d'Izbach

$$V_c = 1.20 * \sqrt{2g \frac{W_s - W}{W} x \sqrt{\Delta}}$$

Avec

- $V_c$ , vitesse critique de l'écoulement,
- $W_s$ , densité des enrochements
- $W$ , densité de l'eau
- $\Delta$ , diamètre de l'enrochement

La vitesse critique est obtenue à partir de la vitesse de l'écoulement calculée à partir du modèle Infoworks, soit:

$$V_c = \alpha * V$$

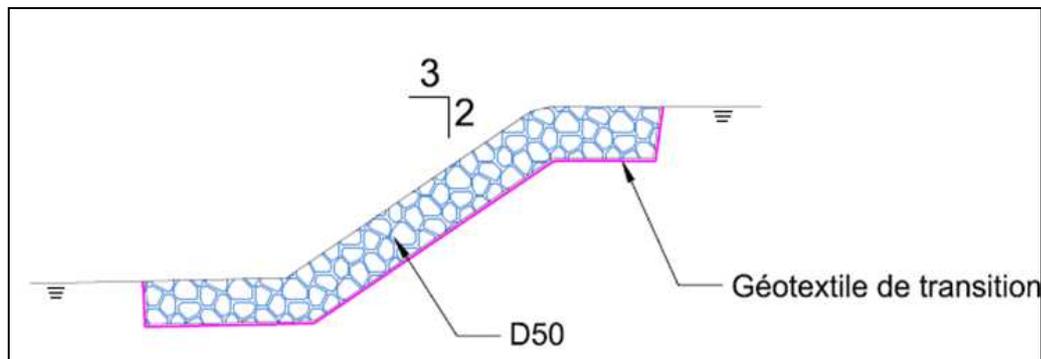
Alpha est un coefficient variant entre 1.1 – 1.5 en fonction de la sinuosité de l'écoulement à 2 en cas de contraction importante de l'écoulement.

Le diamètre obtenu doit être augmenté en fonction de la pente de pose:

$$\Delta' = 2\Delta \text{ pour une pente de } 3H/2V$$

$$\Delta' = 1.4\Delta \text{ pour une pente de } 2H/1V$$

**L'application de la formule d'Isbach conduit à retenir un diamètre moyen d'enrochements de 0.60m.**



#### **b) Protection a la parcelle**

Il est proposé la mise en œuvre d'un diagnostic des habitations existantes de manière à cibler les aménagements à réaliser, par exemple :

- Mise en place de batardeaux au droit des entrées de l'habitation,
- Mise en place de merlons de terre destinés à éviter les fortes vitesses au droit de l'habitation et à diminuer les hauteurs de submersion.

Ce type de travaux permettrait de diminuer de manière importante le coût des travaux de protection à engager.

### **5.2.2. Elargissement du pont de la RT**

Cet ouvrage possède à l'heure actuelle un gabarit insuffisant pour le passage de la crue centennale.

Le futur ouvrage devra disposer d'une section de passage d'au moins 40m<sup>2</sup>, soit une largeur de 20m et une hauteur de 2.50m en tenant compte d'un tirant d'air de 0.50m.

L'impact des travaux de redimensionnement de l'ouvrage de franchissement permet d'abaisser les niveaux de crue d'une valeur de l'ordre de 0.70m en amont immédiat de l'ouvrage. L'impact de ces travaux se fait sentir jusqu'au profil P7, où l'abaissement calculé n'est plus que de l'ordre du cm.

N°Profil	Cote (NGT)	Abaissement Niveau de crue (m)
P07	3.39	0.01
P06	3.03	0.11
P05	2.283	0.74
P04	2.225	0.73

### 5.2.3. Protection a l'aval du pont de la RT

Sur le secteur aval les habitations sont situées en zone d'aléa faible à moyen. Les cotes du terrain naturel sont très faibles, comprises entre 0.80 et 1.20m (entre les profils P1 et P2). Sur ce secteur la seule contrainte de submersion marine suffit à provoquer une inondation.

Ce secteur est donc extrêmement difficile à protéger. Il n'est pas proposé d'endiguer le lit mineur du cours d'eau de manière à ne pas empêcher les retours d'eau du lit majeur du lit mineur pour les crues extrêmes.

Seul un confortement des protections par enrochement existantes dans le lit mineur en rive droite et en rive gauche peut être nécessaire, bien que ces ouvrages ne protègent pas directement des bâtis exposés.

### 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.

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 le dimensionnement hydraulique de l'ouvrage de franchissement devra faire l'objet d'une étude spécifique.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût financier des ces travaux, hors acquisitions foncières et hors remplacement du pont existant.

Désignation	Unité	Quantitatif	Prix unitaire HT en FCFP	Prix HT en FCFP
<b>Travaux d'urgence</b>				
Destruction de l'ancien pont de la RT	Forfait	1	1	3 600 000
Travaux de conservation du gué P113	Forfait	1	1	1 200 000
Protection du chemin d'accès à la vallée	Forfait	1	1	3000000
<b>Sous Total</b>				
<b>Recalibrage entre les profils P13 et P15 (RD)</b>				
Enrochements libres	m <sup>3</sup>	1000	6 000	6000000
Géotextile	m <sup>2</sup>	2200	1 000	2200000
Déblais (y compris évacuation)	m <sup>3</sup>	3000	600	1800000
<b>Sous Total</b>				<b>10000000</b>
<b>Total général</b>				<b>17800000</b>
Divers et aléa 15%				<b>2670000</b>
<b>TOTAL arrondi</b>				<b>20470000</b>

Tableau 5: Chiffrage estimatif

ANNEXES

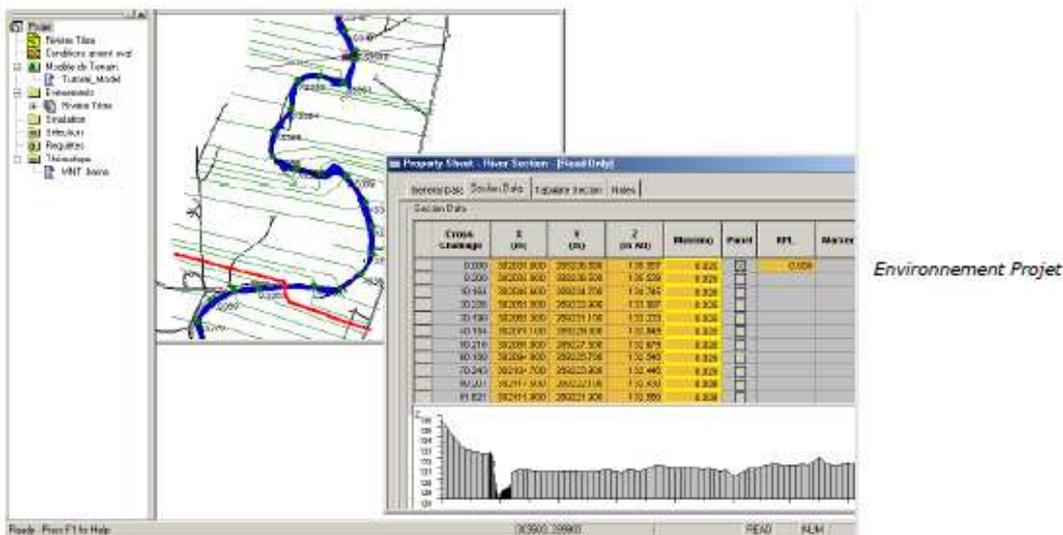
Annexe 1  
Logiciel Infoworks


**InfoWorks RS®**

## La solution de modélisation des rivières

### Gestion des modèles

- Gère plusieurs utilisateurs sur de multiples projets.
- Contrôle et suivi des versions.
- Consolide les données de source hétérogène sous la même interface.
- Indicateurs relatifs aux sources de données et leur degré de fiabilité.
- Gestion local du système et contrôle d'accès utilisateurs.
- Comparaison entre réseaux.



Gamme Modélisation

### Outils d'édition

- Construction géographique sur le fond de plan.
- Importation des bassins et polygones de stockage (réservoirs).
- Importation et visualisation de Modèles Numériques de Terrain (TIN).
- Extraction de données du TIN, telles que la construction directe des profils, ou réservoirs.



Le Galaxie, 89 rue de la Villette 69003 LYON

Tel : 04.37.56.10.99 - Ligne directe : 04.78.22.28.69 - Fax : 04.37.56.10.98 - www.geomod.fr - info@geomod.fr



## InfoWorks RS®

### Une solution intégrée

Transfert de données en import / export :

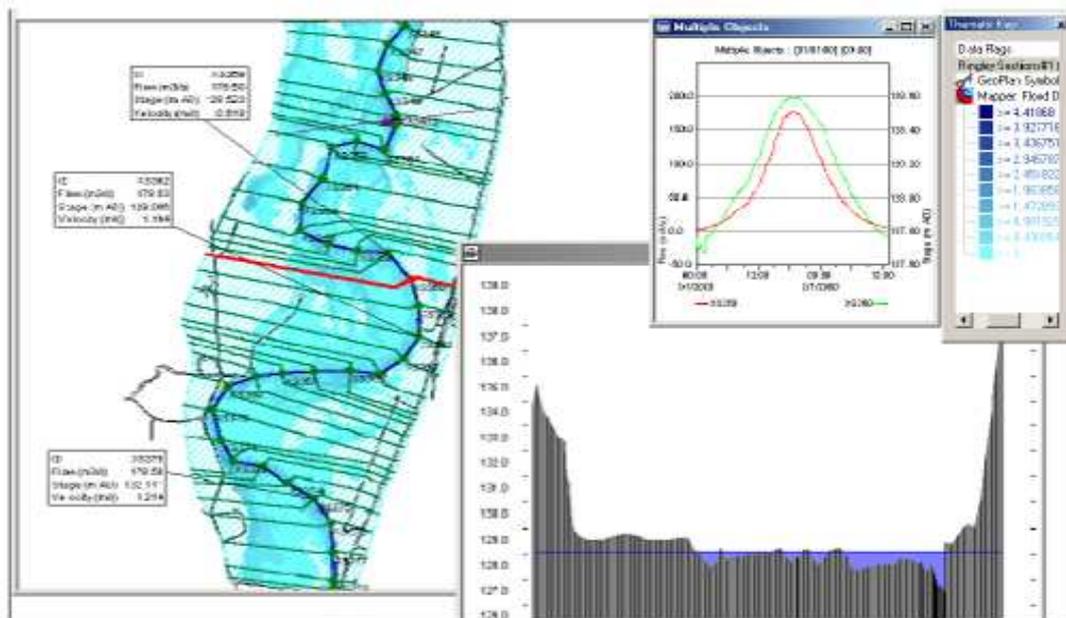
- Importation des modèles existants sous ISIS 2.0®.
- Importation au format CSV.
- Importation de bassins et polygones de stockage de MapInfo® et ArcView®.
- Exportation des données et résultats de simulation vers MapInfo® et ArcView®.
- Exporte les modèles vers ISIS 2.0®.

### 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

InfoWorks RS® est un logiciel développé par Wallingford Software.



Annexe 2  
Résultats de la modélisation Infoworks

Profil	Crue décennale				Crue centennale			
	Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m/s)	Vitesse lit mineur (m/s)	Vitesse rive droite (m/s)	Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m/s)	Vitesse lit mineur (m/s)	Vitesse rive droite (m/s)
P16	12.79	0.53	2.97	0.38	13.38	0.67	3.54	0.38
P15	10.50	0.38	3.29	0.39	11.03	0.52	4.14	0.49
P14	10.04	0.30	1.99	0.30	10.28	0.49	3.00	0.49
P133	8.20	0.41	4.52	0.43	8.83	0.70	4.64	0.52
P131	8.07	0.33	3.27	0.27	8.76	0.46	4.02	0.35
P12	7.27	0.27	3.14	0.45	7.94	0.36	3.52	0.55
P113	6.47	0.21	2.53	0.23	7.08	0.40	3.15	0.40
P111	6.00	0.20	2.20		6.51	0.34	2.93	0.14
P11	5.88	0.18	2.88		6.40	0.47	3.66	
P10	4.74		2.58	0.19	5.17		3.11	0.53
P09	4.49	0.04	1.24	0.34	4.92	0.17	1.66	0.48
P08	3.76	0.42	3.68		4.21	0.74	3.91	
P07	3.03	0.31	2.25	0.20	3.40	0.48	2.88	0.38
P06	2.93	0.27	2.04	0.38	3.14	0.35	2.65	0.50
P05	2.89	0.30	1.51	0.20	3.02	0.42	1.75	0.29
P04	2.73	0.10	2.06	0.07	2.96	0.32	2.59	0.29
P04!	1.90		3.38		2.23		4.63	
P03	1.82	0.18	2.14	0.48	2.11	0.40	2.70	0.71
P03!	1.58	0.19	2.64	0.50	1.93	0.36	3.18	0.79
P02	1.49	0.21	1.37	0.24	1.66	0.34	1.73	0.34
P01	0.74	0.24	3.57		1.15	0.59	3.43	0.40
P00mer	0.50		0.32		1.00		0.41	

Profil	Crue centennale pont obstrué 50%				Crue du cyclone Veena			
	Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m/s)	Vitesse lit mineur (m/s)	Vitesse rive droite (m/s)	Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m/s)	Vitesse lit mineur (m/s)	Vitesse rive droite (m/s)
P16	13.38	0.67	3.54	0.38	13.08	0.61	3.26	0.34
P15	11.03	0.52	4.14	0.49	10.81	0.45	3.67	0.37
P14	10.28	0.49	3.00	0.49	10.11	0.40	2.55	0.39
P133	8.83	0.70	4.64	0.52	8.52	0.59	4.56	0.45
P131	8.76	0.46	4.02	0.35	8.44	0.32	3.67	0.27
P12	7.94	0.36	3.52	0.55	7.58	0.30	3.33	0.53
P113	7.08	0.40	3.15	0.40	6.77	0.30	2.83	0.31
P111	6.51	0.34	2.93	0.14	6.23	0.27	2.56	
P11	6.40	0.47	3.66		6.13	0.32	3.25	
P10	5.16		3.11	0.53	4.98		2.77	0.38
P09	4.92	0.17	1.66	0.48	4.74	0.11	1.40	0.40
P08	4.21	0.74	3.91		4.00	0.56	3.81	
P07	3.41	0.48	2.86	0.38	3.18	0.38	2.56	0.29
P06	3.19	0.30	2.54	0.47	2.95	0.37	2.28	0.46
P05	3.08	0.40	1.63	0.28	2.89	0.35	1.59	0.24
P04	3.02	0.33	2.36	0.30	2.86	0.22	2.27	0.18
P04!	2.23		4.63		2.05		3.90	
P03	2.11	0.40	2.70	0.71	1.96	0.29	2.38	0.60
P03!	1.93	0.36	3.18	0.79	1.77	0.23	2.84	0.64
P02	1.66	0.34	1.73	0.34	1.50	0.28	1.71	0.31
P01	1.15	0.59	3.43	0.40	1.11	0.45	2.82	0.29
P00mer	1.00		0.41		1.00		0.35	