

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 ARAI2

Cours d'eau : VAVII

Rapport

GRI / N° 95400V

FEVRIER 2010

## TABLE DES MATIERES

---

<b>1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>1</b>
<b>2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES</b>	<b>2</b>
2.1. Enquête de terrain	2
2.2. Recueil de données	4
2.2.1. Bibliographie	4
2.2.2. Données topographiques	5
<b>3. ANALYSE HYDROLOGIQUE</b>	<b>6</b>
3.1. Généralités	6
3.2. Analyse pluviométrique	6
3.3. Analyse hydrométrique	7
3.4. Détermination des débits de projet	7
3.4.1. Etude BCEOM de 1999	7
3.4.2. Etude DANLOUX de 2003	8
3.4.3. Approche de P. STOLLSTEINER	9
3.5. Débits de projet retenus	9
<b>4. MODELISATION HYDRAULIQUE</b>	<b>12</b>
4.1. Présentation du modèle STREAM	12
4.2. Construction du modèle	12
4.2.1. Données topologiques	14
4.2.2. Données topographiques	14
4.2.3. Conditions aux limites	15
4.3. Calage du modèle	15
4.4. Evolution du fond du lit mineur	16
<b>5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET EN ETAT ACTUEL</b>	<b>18</b>
5.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale	18
5.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale	19
5.3. Prise en compte du risque d'embacles	19
5.4. Cartographie de l'aléa	22
5.4.1. Classification de l'aléa	22
5.4.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennial	22
<b>6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS</b>	<b>23</b>
6.1. Identification des enjeux et des zones vulnérables	23

6.2.	Protection des zones à enjeux	23
6.3.	Aménagements proposés	25
6.4.	Impact sur une crue centennale	27
6.5.	Chiffrage estimatif	29
6.6.	Conclusion	29

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Hydrogrammes de la VAVII	11
Figure 2 : Plan du modèle à casier global	13
Figure 3 : Evolution du fond du lit mineur	17
Figure 4 : Lignes d'eau en état actuel	21
Figure 5 : Coupe-type de protection en enrochements	26
Figure 6 : Coupe-type de digue avec protection en enrochements côté lit mineur	27
Figure 7: Impact des aménagements en crue centennale	28

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Hauteur précipitée en mm au poste pluviométrique de TARAVAO P1 en fonction de la durée et de la période de retour .....	7
Tableau 2 : Comparaison des débits de projet obtenus .....	9
Tableau 3 : Débits de projet de la VAVII.....	10
Tableau 4 : Conditions aux limites du modèle .....	15
Tableau 5 : Définition des classes d'aléa.....	22
Tableau 6 : Dimensions des profils recalibrés .....	26
Tableau 7 : Chiffrage estimatif .....	29

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Localisation des photographies
Annexe 2 Méthodologie BCEOM pour le calcul des débits caractéristiques des crues des rivières sur l'île de Tahiti
Annexe 3 Notice du logiciel STREAM
Annexe 4 Résultats en état actuel

## 1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

---

Le cours d'eau étudié est la VAVII. Il est situé sur la commune de TAIARAPU OUEST.

Le linéaire à modéliser est de 1.3 km à partir de l'embouchure.

Le cours d'eau a donné lieu à une étude incluant un modèle multidirectionnel dit « à casiers ». Le logiciel utilisé dans le cadre de cette modélisation est le logiciel STREAM développé par Egis Eau.

Dans le cadre de cette étude, il s'agit de mettre à jour ce modèle et de le réutiliser afin de cartographier l'aléa hydraulique de la VAVII pour différentes crues de projet.

## 2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES

---

### 2.1. ENQUETE DE TERRAIN

Cette phase importante d'étude a permis :

- d'analyser le processus d'inondation et d'identifier les axes structurant les écoulements (voiries, murs)
- d'identifier toutes les données générales nécessaires à la mise à jour 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.*

- Amont du lit de la Vavii : le lit amont est à l'état naturel. Les berges sont envahies par la végétation.



**Photographie n°1 : Amont du lit mineur de la VAVII (source EGIS Eau)**

- Le pont de la route de ceinture est un pont-cadre ne comportant pas de travée.



**Photographie n°2 : Pont de la route de ceinture (source EGIS Eau)**

- En aval de la route de ceinture, les berges sont endiguées. La photographie ci-dessous montre très clairement le caractère endigué de la berge rive gauche.



**Photographie n°3 : Berge endiguée en rive gauche en aval de la route de ceinture (source EGIS Eau)**

- Le lit mineur est endigué en rive droite également en aval de la route de ceinture. On observe un transport solide important avec des plages de dépôts y compris en aval de la route.



**Photographie n°4 : Lit mineur endigué en aval du pont de la route de ceinture (source EGIS Eau)**

## **2.2. RECUEIL DE DONNEES**

Au préalable, un recueil de données approfondi a été effectué en identifiant toutes les sources d'informations existantes.

Cette phase très importante dans le déroulement de l'étude a pour objectif de recueillir :

- Les études hydrauliques existantes sur la VAVII
- Des données topographiques sur les cours d'eau et leur lit majeur permettant de mettre à jour le modèle hydraulique
- Des éventuelles données hydrométriques sur la VAVII ou des données pluviométriques sur les derniers épisodes pluvieux significatifs relevés sur le secteur

### **2.2.1. Bibliographie**

Des études ont été réalisées sur la VAVII par BCEOM pour le compte du Ministère de l'Équipement de la Polynésie française :

- "Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti", février 1999
- "Etude de protection contre les crues de la rivière VAVII sur la presqu'île de TAHITI", juillet 1999

### **2.2.2. Données topographiques**

Les informations topographiques recueillies et utilisées dans le cadre de la mise à jour de ce modèle sont les suivantes :

- Restitution photogrammétrique au 1/2000 réalisée en novembre 1998 (vue aérienne datant du 7 août 1998)
- Le levé des profils en travers du lit mineur et des ouvrages hydrauliques réalisé en 2009 par le cabinet de géomètre Xavier Doerfler

Le modèle STREAM existant a été réalisé à partir d'une photorestitution et de profils en travers levés en 1998.

Les profils en travers lit mineur, les ouvrages hydrauliques ainsi que le pont de la route de ceinture ont été mis à jour à partir de données topographiques réalisés dans le cadre de la présente étude.

### **3. ANALYSE HYDROLOGIQUE**

---

#### **3.1. GENERALITES**

Située au sud-ouest de la commune de TAIARAPU OUEST, le bassin versant de la VAVII reçoit une pluviométrie moyenne interannuelle de 2500 à 5000 mm sur sa majeure partie et plus de 5000 mm sur l'extrémité amont du bassin.

Le régime général des pluies demeure celui de l'île de TAHITI qui connaît un climat 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.

La VAVII prend naissance dans les monts Teatara et Ateuru qui culminent respectivement à 1197 m et 1042 m.

Son bassin versant a une superficie de 9.2 km<sup>2</sup> et un plus long hydraulique de 8 km.

Environ 2.5 km en amont de son débouché dans le lagon deux sous bassins-versants viennent alimenter la VAVII, celui de la rivière MAAROA et celui de la rivière MAAPOTO.

Ces deux sous bassins versants ont une forme très allongée avec un chevelu hydrographique en forme d'arête de poisson.

L'occupation des sols du bassin versant est essentiellement constituée de forêts et de végétation arbustive, on retrouve les premiers secteurs urbanisés à moins de 1.5 km en amont de l'exutoire de la rivière dans le lagon.

#### **3.2. ANALYSE PLUVIOMETRIQUE**

Il n'existe pas de station pluviométrique sur le bassin versant de la VAVII.

Le poste le plus proche est celui de TARAVALO implanté à 630m d'altitude. Il est géré par la cellule hydrologie du GEGDP (Groupement d'Etudes et de Gestion du Domaine Public) de la Direction de l'Équipement.

On dispose d'enregistrements à cette station de 1988 à 1996 soit près de 8 années de données.

En 2000 dans le cadre de l'étude de « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti », G.WOTLING de l'ORSTOM a effectué, une analyse statistique des enregistrements les plus fiables pour des durées de pluies de 5 min, 15 min, 30 min, 60 mn, 2 heures et 24 heures.

Les ajustements des données avec la loi de Gumbel ont conduit aux résultats suivants :

<b>durée période de retour</b>	15 minutes	30 minutes	60 minutes
2 ans	26.8 mm	40.7 mm	59.5 mm
10 ans	34.8 mm	55.1 mm	83.1 mm
100 ans	44.8 mm	73.1 mm	112.5 mm

**Tableau 1 : Hauteur précipitée en mm au poste pluviométrique de TARAVAO P1 en fonction de la durée et de la période de retour**

En raison du faible nombre d'années d'observations, ces résultats sont susceptibles d'être affinés ou réajustés au fil d'acquisition de nouvelles mesures.

### **3.3. ANALYSE HYDROMETRIQUE**

De 1976 à 1982 les deux rivières MAAROA et MAAPOTO ont été jaugées par deux stations équipées de limnigraphes et gérées par le GEGDP.

Malheureusement, seuls des jaugeages en basses eaux ont été effectués et seules les hautes eaux des saisons 1980-1981 et 1982-1983 ont été relevées.

Des mesures complémentaires ont alors été réalisées à la suite des crues d'avril 1998 sur la MAAROA et l'AIVARO (bassin versant le plus proche).

Ainsi, le débit de pointe de la crue du 11 avril 1998 a été estimé à 129 m<sup>3</sup>/s sur la MAAROA (pour un bassin versant de 4.2km<sup>2</sup>) et à 187 m<sup>3</sup>/s sur l'AIVARO (pour un bassin versant de 6.4km<sup>2</sup>).

### **3.4. DETERMINATION DES DEBITS DE PROJET**

Différentes méthodes ont été utilisées pour calculer les débits de projet de la VAVII.

Elles sont rappelées et détaillées ci-dessous.

#### **3.4.1. 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 VAVII)
- 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 (P0=23mm pour la VAVII)

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
- un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5

### 3.4.2. Etude DANLOUX de 2003

En juillet 2003, J. DANLOUX a réalisé une étude intitulée « Evaluation des maximums de crue sur l'île de TAHITI suivant une approche régionale et à partir des données acquises sur les réseaux hydrologiques pendant la période 1969-2003 ».

Dans le cadre de cette étude, J. DANLOUX a exploité toutes les données hydrométriques disponibles sur les cours d'eau équipés de stations pour pouvoir ensuite transposer les résultats obtenus aux cours d'eau non équipés.

Pour cela, il a utilisé la formule empirique de Craeger :

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

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

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

C : coefficient de Craeger

A partir de la plus forte crue connue sur les cours d'eau jaugés, les coefficients de Craeger obtenus ont été régionalisés de façon à pouvoir être transposés aux cours d'eau voisins non équipés. L'application de la formule de Craeger a permis d'obtenir le débit de la plus forte crue connue sur la plupart des cours d'eau de TAHITI.

Les débits de projet décennaux et centennaux ont ensuite été déterminés sur tous les cours d'eau jaugés selon une approche statistique.

Cette analyse a permis d'établir les rapports entre les débits de pointe de la crue maximale observée et les débits de projet.

Ces rapports ont été appliqués aux bassins versants voisins de façon à obtenir les débits de projet décennaux et centennaux.

Dans le cas de la VAVII, J. DANLOUX disposait d'une étude particulière dont il a repris les résultats. Les références de cette étude ne sont pas précisées.

Les débits de la plus forte crue connue ainsi que les débits de projet de la VAVII ont ensuite été utilisés comme référence pour les bassins versants voisins.

### 3.4.3. 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 débitométriques disponibles. L'intensité retenue est celle survenant sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant étudié.

A défaut d'ajustements débitométriques, 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 VAVII, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de 0.5.

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).

### 3.5. DEBITS DE PROJET RETENUS

Les débits de projet de la VAVII obtenus 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	140	265
Etude J. DANLOUX de 2003	Reprise d'une étude spécifique	155	295
P STOLLSTEINER	Méthode rationnelle et gradex	125	210

Tableau 2 : Comparaison des débits de projet obtenus

L'approche de J. DANLOUX (étude la plus récente) reposant sur une étude effectuée spécifiquement sur la VAVII est retenue puisqu'elle paraît plus fiable qu'une méthode empirique plus générale.

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

<b>Crue</b>	<b>Crue maximale observée</b>	<b>Crue décennale</b>	<b>Crue centennale</b>
Débit en m <sup>3</sup> /s	245	155	295
Volume de crue en m <sup>3</sup>	2 414 000	1 527 000	2 906 000

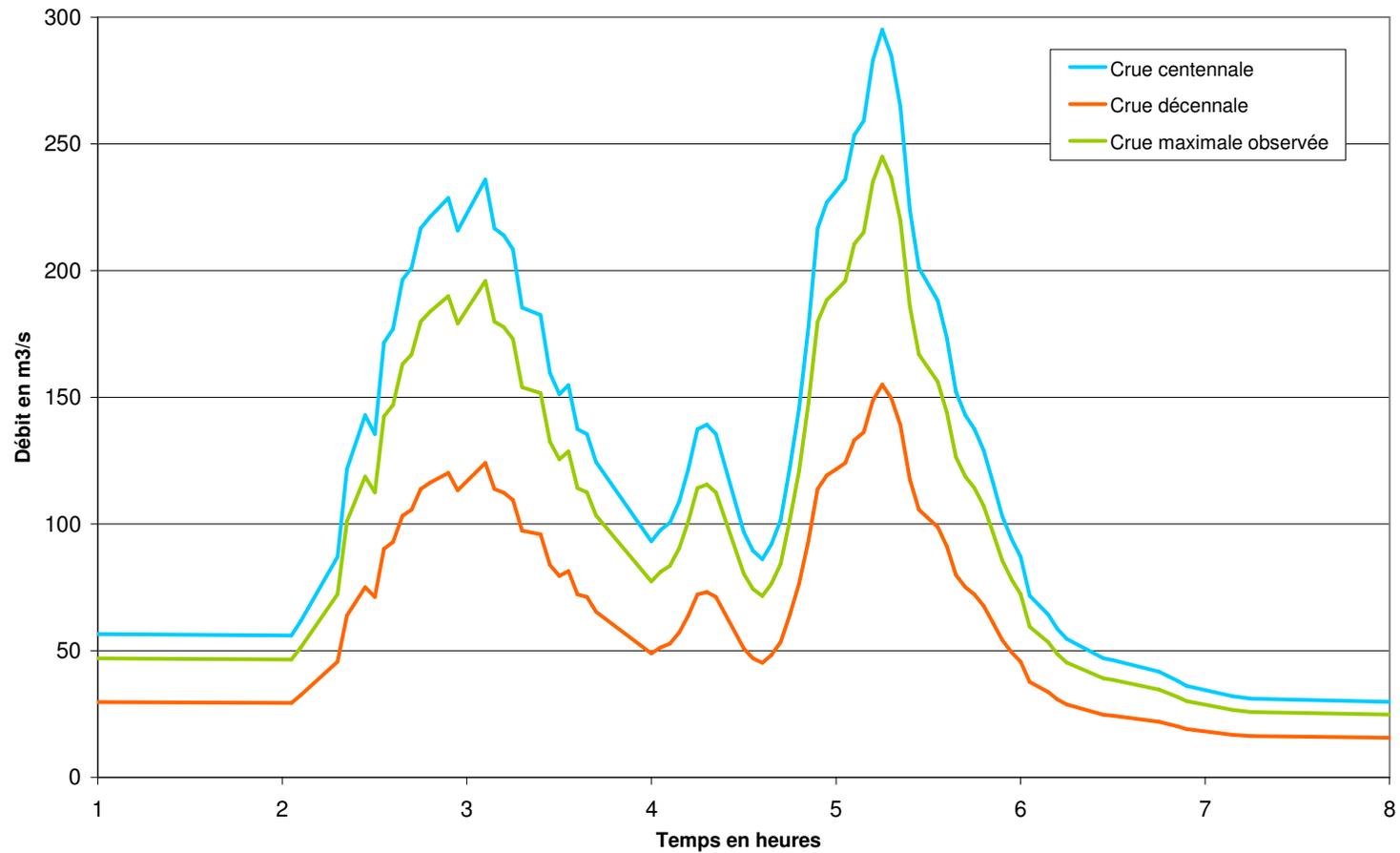
**Tableau 3 : Débits de projet de la VAVII**

Ne disposant pas d'hydrogrammes d'événements en hautes eaux sur la VAVII, nous avons considéré que dans l'attente de telles mesures, l'hydrogramme de crue de la TITAAVIRI avec deux pointes relativement rapprochées en temps et intensité ne nous amènerait pas à surestimer les effets de laminage.

Les hydrogrammes de crue sont donc déduits de l'hydrogramme le plus fort enregistré sur la TITAAVIRI à savoir lors de la crue du 5 février 98.

Ils sont construits par homothétie en appliquant un coefficient multiplicateur égal au rapport des débits de pointe.

Figure 1 : Hydrogrammes de la VAVII



## 4. MODELISATION HYDRAULIQUE

---

Le modèle hydraulique construit dans le cadre de l'étude BCEOM de 1999 a été repris et réactualisé à partir des données recueillies

### 4.1. PRESENTATION DU MODELE STREAM

Le modèle STREAM, Simulation en TRansitoire des Ecoulements A surface libre Multidirectionnels a été développé par BCEOM et mis en œuvre sur de nombreux cours d'eau.

Ce modèle dit « modèle à casiers » décrit fidèlement le lit mineur et le champ d'inondation à l'aide d'un découpage fin de l'espace. Le principe de base de cette modélisation est, en effet, de ne pas imposer a priori une « grille » de représentation de l'espace, mais au contraire d'épouser la réalité des écoulements. Les casiers sont ainsi délimités en fonction des axes structurant les flux (lits et chenaux, endiguement, déversoirs ...) et des sections les plus représentatives des conditions d'écoulement (profils en travers, singularités ...).

La répartition des écoulements (qui fait partie de la simulation proprement dite) permet de reconstituer l'aspect multidirectionnel qui est variable avec l'importance de la crue.

Ce modèle est donc particulièrement bien adapté à la modélisation des phénomènes hydrauliques complexes dans des zones de frange littorale.

Une notice de présentation détaillée du logiciel est fournie en **annexe 3**.

### 4.2. CONSTRUCTION DU MODELE

L'utilisation du modèle STREAM suppose une décomposition de la zone d'étude en un nombre suffisant de casiers permettant de reconstituer fidèlement les mécanismes de l'écoulement.

La division en casiers s'applique aussi bien à des casiers « physiques » délimités par des frontières « physiques » de type seuil (remblais, digues ...) qu'à des frontières de type quelconque.

Dans ce dernier cas, la division est effectuée lorsque cela est possible, après observation des lignes de courant (ou isobathes) des crues de référence, de sorte que l'on puisse appliquer des lois unidimensionnelles en chacune de ces frontières.

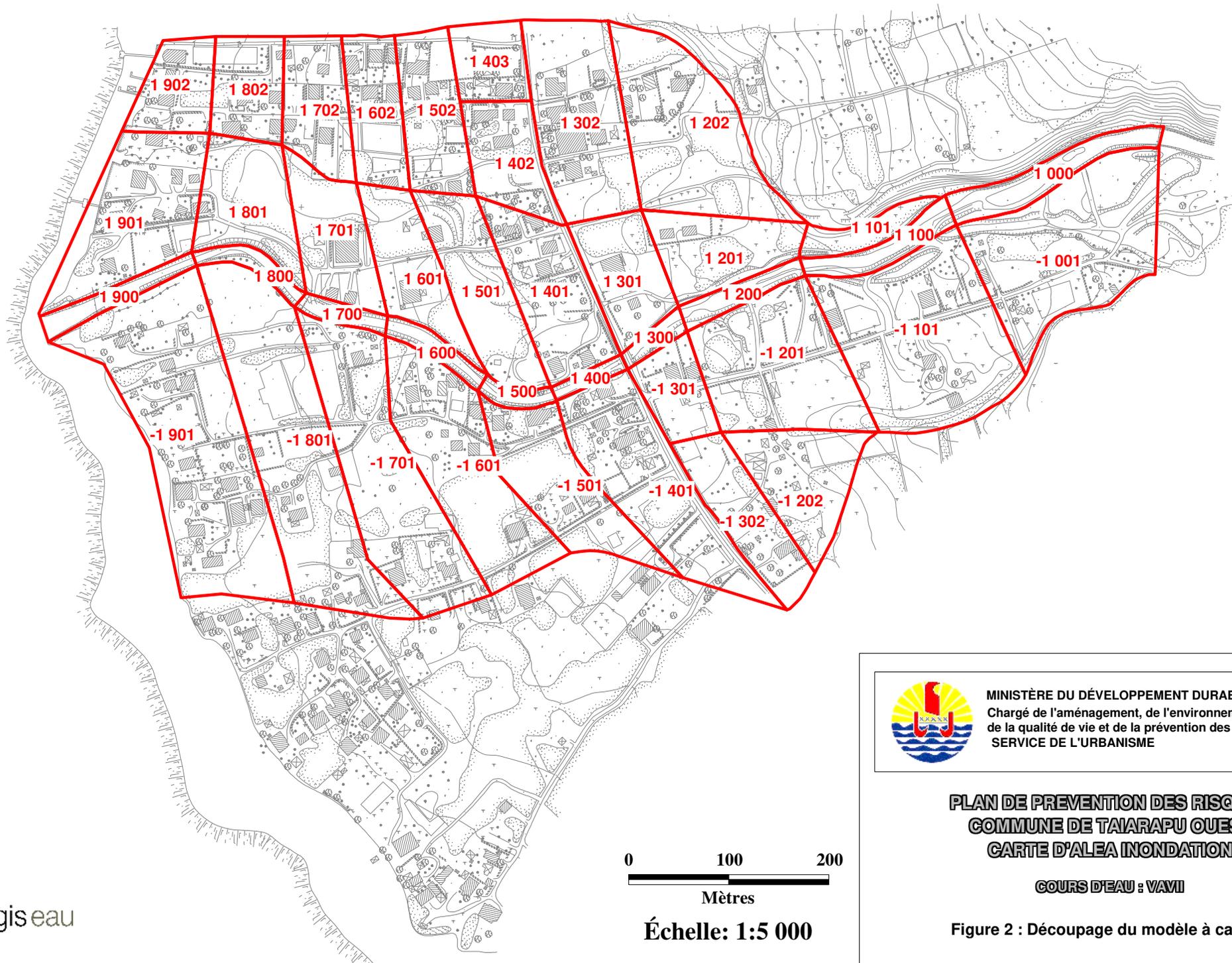
Dans le cas présent, la division a été réalisée après la reconnaissance détaillée du terrain qui permet de localiser ces frontières « physiques » et après compilation des diverses données concernant les crues de référence.

Le modèle est plus large que la zone d'étude pour compenser les imprécisions des conditions aux limites.

**Le plan de la topologie du modèle (découpage en casiers) est donné sur la Figure 2.**

Compte tenu de la précision souhaitée, la longueur moyenne des casiers du lit mineur varie entre 70 m et 130 m.

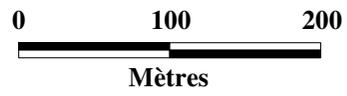
L'ensemble des endiguements et des remblais identifiés lors de la reconnaissance de terrain est pris en compte. La totalité du modèle comprend 40 casiers répartis en 10 étages.



**MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**  
 Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
 de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
**SERVICE DE L'URBANISME**

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES**  
**COMMUNE DE TAIARAPU OUEST**  
**CARTE D'ALEA INONDATION**

**COURS D'EAU : VAVII**



**Échelle: 1:5 000**

**Figure 2 : Découpage du modèle à casiers**

Les données nécessaires au modèle sont :

- ♦ **les données topologiques** qui définissent la structure du modèle (repérage et disposition des casiers, nature des liaisons entre casiers et avec l'extérieur),
- ♦ **les données topographiques** : ce sont les profils des interfaces de casiers et les lois de remplissage de ces casiers, les ouvrages et les singularités hydrauliques,
- ♦ **les conditions aux limites** : il s'agit des conditions hydrologiques amont liées aux débits et hydrogrammes de crues résultant des investigations hydrologiques, et des conditions d'écoulement aval (niveau ou courbe de tarage).

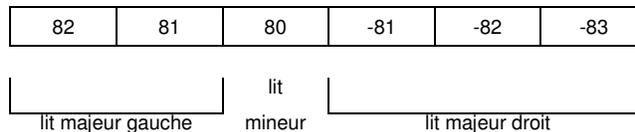
#### 4.2.1. Données topologiques

Il s'agit de l'implantation des casiers et de leurs interfaces dans le secteur d'étude.

Ils sont décrits de l'amont vers l'aval par étages successifs (tranche perpendiculaire à l'écoulement).

La numérotation s'effectue à partir du lit mineur de la VAVII qui est numéroté en dizaine ; la rive droite est composée des unités négatives, et la rive gauche des unités positives :

par exemple :



Les liaisons entre les casiers sont soit des profils en travers, soit des singularités (seuils, digues, remblais).

#### 4.2.2. Données topographiques

On distingue :

- les profils en travers aux interfaces,
- les lois de remplissage des casiers,
- les ouvrages et singularités hydrauliques.
- **LES PROFILS EN TRAVERS**
  - Dans le lit mineur, il s'agit des profils en travers levés en 2009 pour les besoins de l'étude.
  - Dans le lit majeur, les profils ont été relevés à partir du plan au 1/2000 établi par restitution photogrammétrique en 1998.
  - A chaque profil sont associés une distance amont et une distance aval par rapport aux casiers adjacents et un coefficient de rugosité (affiné au calage).
- **LES LOIS DE REMPLISSAGE**

Elles sont calculées par interpolation entre les profils amont et aval du casier.
- **LES OUVRAGES ET SINGULARITES**

Il s'agit en général de digues, de remblais, de seuils et des ouvrages. Les données nécessaires sont la longueur, les cotes d'arase et un coefficient de perte de charge singulière (affiné lors du calage).

#### 4.2.3. Conditions aux limites

Les conditions aux limites du modèle sont constituées par l'hydrogramme de la crue simulée en limite amont du modèle.

La constitution de cet hydrogramme amont (forme et valeurs des débits de projet) a été exposé au paragraphe

La condition limite aval est constituée du niveau marin estimé dans le lagon.

	Q pointe	Niveau aval du lagon
Crue maximale observée	245 m <sup>3</sup> /s	0.5 m NGT
Crue décennale	155 m <sup>3</sup> /s	0 m NGT
Crue centennale	295 m <sup>3</sup> /s	1 m NGT

**Tableau 4 : Conditions aux limites du modèle**

Remarque : Nous ne disposons pas d'informations sur la surcote marine observée lors de l'épisode de février 1998. Un niveau moyen de 0.50 m NGPF est imposé en aval du modèle hydraulique.

#### 4.3. CALAGE DU MODELE

En l'absence de levés de laisse de crue, le modèle avait été calé lors de l'étude précédente à partir des témoignages recueillis sur le terrain à propos de la crue d'avril 1998.

Ces témoignages sont restés très qualitatifs et nous ont surtout renseignés sur les mécanismes d'écoulements en crues.

Les phénomènes importants d'érosion et d'engraissement survenus lors de cette crue en amont de la route territoriale avaient modifié au cours de crue la capacité de transit du lit mineur, ce qui a accru la difficulté du calage sur ce secteur.

Les simulations successives ont amené à retenir les coefficients de Strickler de pertes de charge linéaires suivants:

- 16 en lit mineur
- 6 en lit majeur

Les valeurs relativement faibles des coefficients en lit mineur s'expliquent par un transport solide charrié qui augmente les frottements sur le fond.

#### 4.4. EVOLUTION DU FOND DU LIT MINEUR

Les profils en travers levés pour les besoins de l'étude en 2009 ont été comparés à ceux levés en 1998 lors de la construction du modèle hydraulique.

Les profils en long du fond des rivières sont donnés en Figure 3.

Les pentes du lit mineur sont importantes sur la VAVII. On observe un approfondissement en amont et un exhaussement en aval.

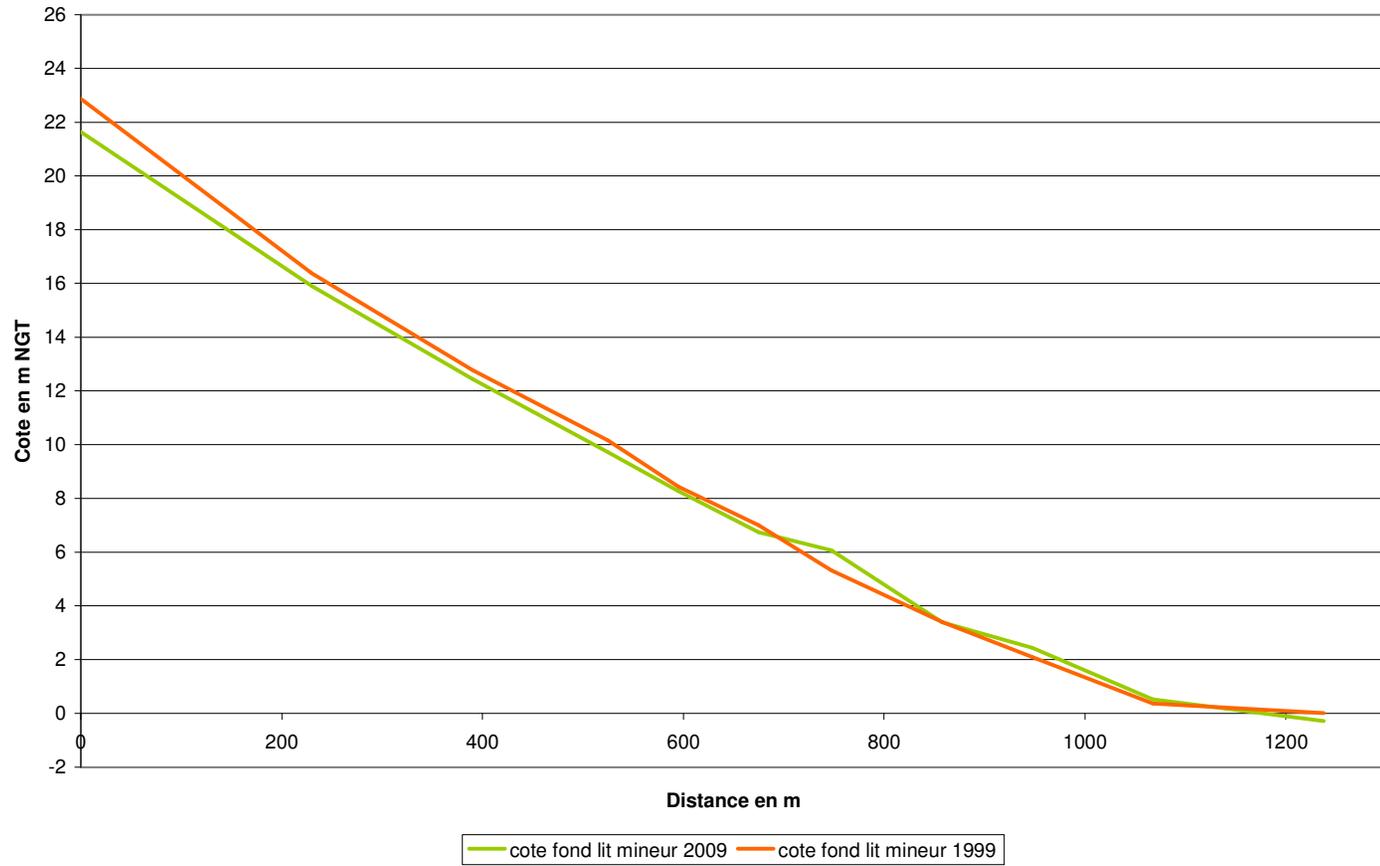
Cette évolution est constatée sur la plupart des cours d'eau de TAHITI.

Cet approfondissement peut être dû :

- Aux interventions humaines (curage du lit, extractions ...)
- A une modification de la morphologie du cours d'eau ayant entraînée une augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (suppression de méandres ...)
- A une diminution des apports solides amont

Sans un historique complet et un suivi plus ancien du cours d'eau, il est difficile d'identifier la cause exacte de ce phénomène.

Figure 3 : Evolution du fond du lit mineur



## 5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET EN ETAT ACTUEL

---

Le modèle est ensuite utilisé pour simuler plusieurs crues de différentes périodes de retour :

- La crue la plus importante observée
- La crue décennale
- La crue centennale

Les résultats de la modélisation se présentent sous la forme de cotes d'eau maximales au centre des casiers et de débits aux interfaces entre casiers. Ils sont donnés en **annexe 4**.

Les lignes d'eau sont données en Figure 4.

### 5.1. MECANISMES D'ÉCOULEMENT EN CRUE CENTENNALE

Pour la crue centennale, on assiste à de forts débordements en rive gauche dès la sortie de la vallée dans la plaine; la rive droite est quant à elle faiblement touchée sur ce secteur.

Le champ d'inondation en rive gauche s'étend sur une centaine de mètres. En rive droite, il reste limité.

Les vitesses d'écoulement en lit mineur sont importantes du fait des fortes pentes. Elles atteignent en moyenne 0.65 m/s. En lit mineur, elles atteignent quasiment 4 m/s.

Les habitations en amont du pont de la route de ceinture sont inondées sous des hauteurs d'eau inférieures à 0.5m. Localement une dépression du terrain amène des hauteurs d'eau supérieures à 0.5m.

Le pont de la route de ceinture est en limite de mise en charge. La cote d'eau au niveau du pont atteint la cote sous-poutre du tablier.

En aval de la route territoriale, la zone inondable s'étend au total sur plus de 300 m de large avec quelques secteurs en aval où les hauteurs d'eau dépassent 1 m.

Les débits transitant dans le lit mineur vont en diminuant de la sortie de l'ouvrage à l'exutoire dans le lagon sous des vitesses voisines de 3 m/s et ce jusqu'aux 150 derniers mètres avant le débouché.

En rive droite, c'est plus de 30% du débit de pointe centennal (80 à 130 m<sup>3</sup>/s) qui transitent en lit majeur jusqu'au lagon.

Alors que les hauteurs d'eau restent principalement inférieures à 1m, les vitesses moyennes atteignent 0.8m/s à proximité du lit mineur et 0.6m/s à l'extrémité de la zone inondable rive droite.

On observe une dépression probablement formée par un ancien bras de crue qui entraîne des hauteurs d'eau dépassant 1 m.

Ces fortes vitesses d'écoulement impliquent des risques forts de dégâts lors du passage de la crue centennale.

En rive gauche, les débits transitant dans le lit majeur atteignent 60 m<sup>3</sup>/s environ en aval de la route territoriale. Ce débit est principalement dû au débit débordé en amont de la route de ceinture.

Les hauteurs d'eau restent inférieures à 0.5 m mais les vitesses d'écoulement atteignent 0.65 m/s. Ces fortes vitesses s'expliquent par des pentes du terrain naturel importantes jusqu'au lagon.

A l'arrivée dans le lagon, les hauteurs d'eau augmentent localement du fait du niveau d'eau aval pris en compte dans le lagon.

## **5.2. MECANISMES D'ÉCOULEMENT EN CRUE DÉCENNALE**

En crue décennale, les débordements en amont de la route de ceinture restent très limités et interviennent uniquement en rive gauche.

Ces débordements n'atteignent pas 1 m<sup>3</sup>/s : les hauteurs d'eau ne dépassent donc pas 0.5m et les vitesses restent inférieures à 0.5 m/s.

Le pont de la route de ceinture n'est pas en charge.

En rive gauche, quelques débordements se produisent en aval de la route de ceinture, venant s'ajouter au débit amont.

On observe plutôt des écoulements en nappe avec des hauteurs d'eau inférieures à 0.5m et des vitesses moyennes de 0.4 m/s.

En rive droite, les débordements venant du lit mineur sont plus importants. Les débits transitant en lit majeur varient entre 30 et 70 m<sup>3</sup>/s.

Les hauteurs d'eau restent inférieures à 0.5m à l'exception du talweg où les hauteurs sont plus importantes. Les vitesses d'écoulement moyennes sont de 0.6 m/s en rive droite côté lit mineur et de 0.4 m/s en limite de lit majeur.

## **5.3. PRISE EN COMPTE DU RISQUE D'EMBACLES**

Une simulation a été réalisée en crue centennale en prenant en compte une obstruction de moitié de la section d'écoulement des ouvrages hydrauliques.

L'obstruction de la moitié de la section du pont de la route de ceinture entraîne une mise en charge importante du pont de la route de ceinture avec une submersion de la route.

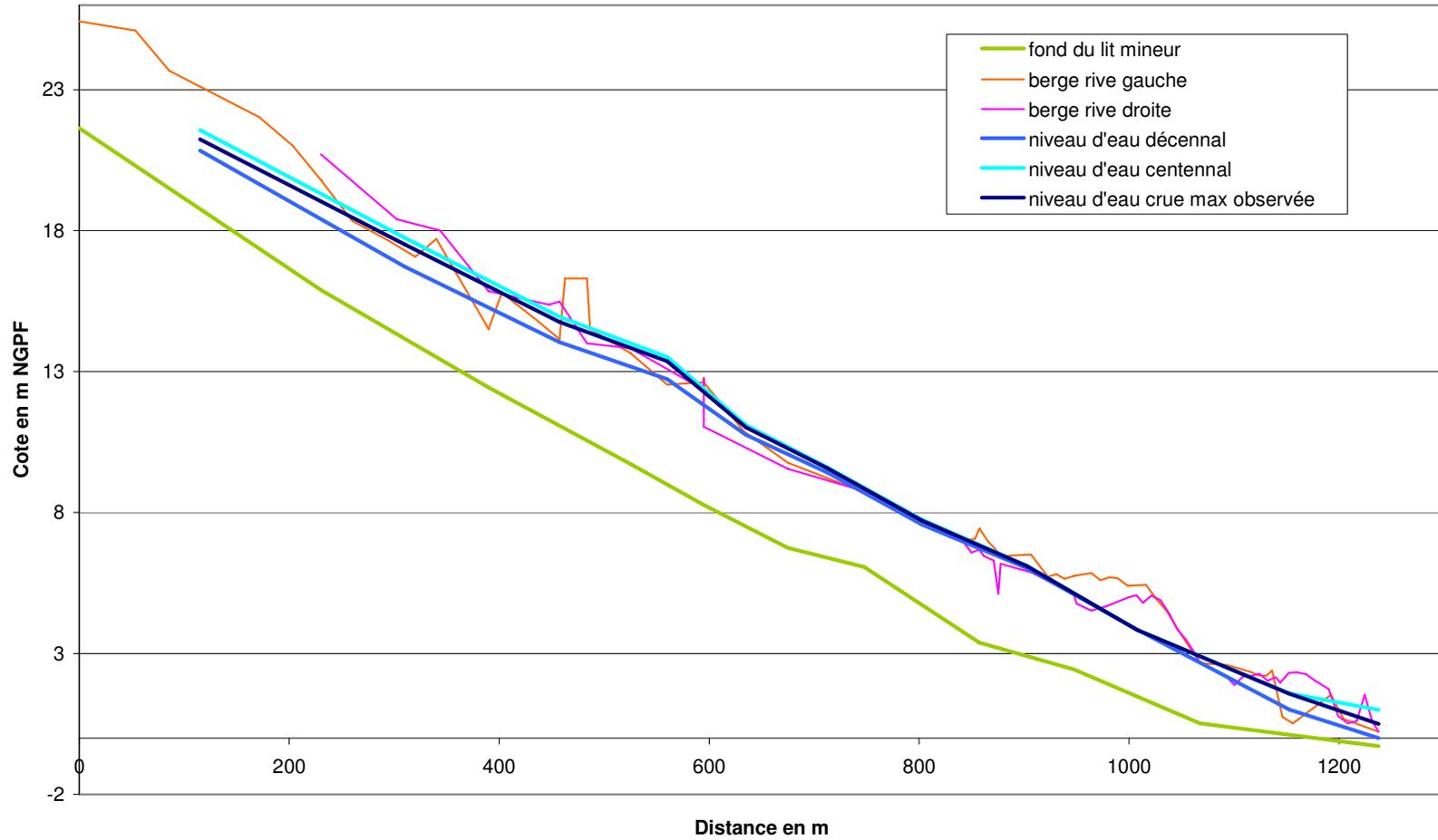
L'exhaussement de la ligne d'eau dépasse 30cm en amont du pont et s'atténue sur 200m en amont environ. L'impact des embâcles remonte de façon limitée en amont du fait de la forte pente du lit mineur.

En rive gauche et droite, les niveaux d'eau augmentent également ainsi que les débordements de part et d'autre de la route de ceinture.

En aval de la route de ceinture, les niveaux d'eaux en lit mineur diminuent de 25cm en aval immédiat du pont. Cet impact s'atténue progressivement jusqu'à l'embouchure au lagon.

En lit majeur, les niveaux d'eau diminuent en moyenne de quelques centimètres

Figure 4 : Lignes d'eau en état actuel



## 5.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

### 5.4.1. Classification de l'aléa

La cartographie fournie comprend :

- CARTE 1 : cartographie de l'enveloppe d'inondation de la crue maximale observée
- CARTE 2 : cartographie de l'aléa inondation de la crue décennale
- CARTE 3 : cartographie de l'aléa inondation de la crue centennale

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 5 : 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. Les limites précises de l'enveloppe des zones inondables restent donc entachées d'une certaine imprécision.

### 5.4.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennal

Dans le cadre de l'aléa centennal, 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 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 suite à une érosion trop importante. Elle permet de plus un accès pour l'entretien.

## 6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

---

### 6.1. IDENTIFICATION DES ENJEUX ET DES ZONES VULNERABLES

Les enjeux principaux sont les zones habitées selon un ordre de priorité :

- Urbanisation dense
- Urbanisation diffuse
- Habitation isolée

Ces enjeux sont particulièrement vulnérables s'ils sont classés en aléa fort ou très fort.

Dans le cas de la Vavii, les secteurs particulièrement vulnérables sont situés en aval de la route territoriale, en rive droite et en rive gauche du cours d'eau (urbanisation diffuse).

### 6.2. PROTECTION DES ZONES A ENJEUX

L'objectif est de protéger ces zones vulnérables en réduisant leur classe d'aléa tout en aggravant le moins possible la situation sur d'autres secteurs.

Les zones exposées sont situées sur la partie terminale du cours d'eau, dans des zones de bas-fonds, exposées aux submersions marines. Elles sont inondées par des débordements du lit mineur qui se produisent depuis la sortie des gorges, sur tout le linéaire du cours d'eau tant en rive droite qu'en rive gauche. Ces zones sont donc particulièrement difficiles à protéger par des aménagements locaux.

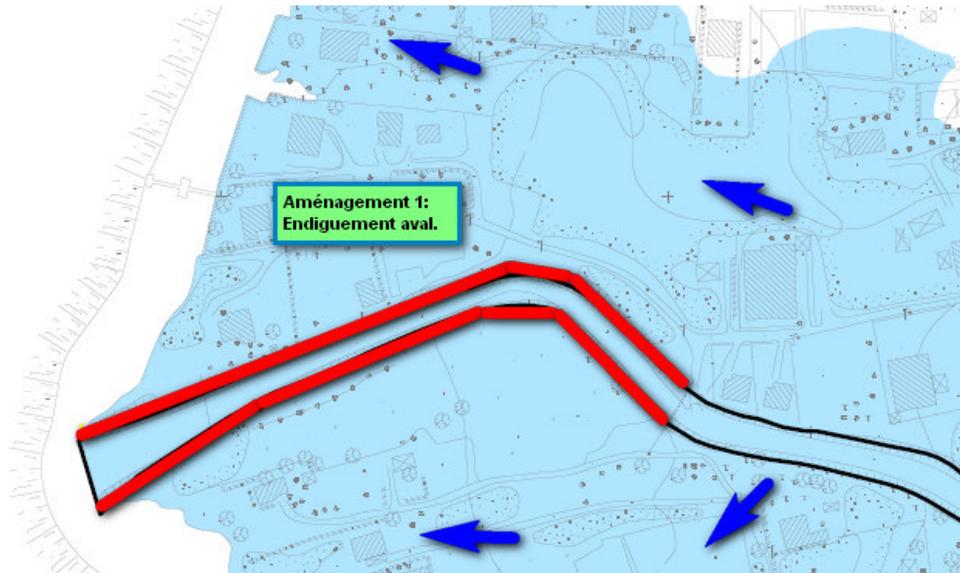
Quatre solutions d'aménagement ont été étudiées.

#### **Aménagement 1 : Endiguement en rive droite et en rive gauche de la partie aval du cours d'eau (300m)**

Cet aménagement est destiné à limiter les débordements de la Vavii au droit de la zone vulnérable exposée. L'aménagement est constitué d'une digue de hauteur 2m de linéaire 300m en rive droite et gauche du cours d'eau.

**Impact :** cet aménagement se traduit par une augmentation des niveaux de submersion de l'ordre de +20cm en moyenne en rive gauche, de +30cm en rive droite sur le secteur protégé par les endiguements. Cette augmentation est liée au fait qu'après endiguement les eaux débordées ne peuvent plus rejoindre le lit mineur d'écoulement. Ces eaux transitent alors par le lit majeur en aggravant le risque inondation.

L'impact de cet aménagement est donc fortement négatif.



**Aménagement 2 : Recalibrage global de la Vavii sur tout le secteur d'étude (emprise 40m).**

Le recalibrage porte sur tout le linéaire de la Vavii, ses dimensions moyennes sont les suivantes :

- Emprise totale : 40m
- Largeur en fond : 30m
- Fruit des talus : 3/2,
- Profil en long actuel non modifié

**Impact :** cet aménagement se traduit :

- Par une disparition des débordements sur la partie amont du cours d'eau (à partir du casier 1700 du modèle).
- par une augmentation des niveaux de submersion sur les zones vulnérables aval de l'ordre de +25cm en rive gauche et de +15cm en rive droite.

On ne constate pas d'amélioration sur les secteurs que l'on cherche à protéger : du fait de la topographie existante, les débordements évités sur le secteur amont se concentrent sur la partie aval du cours d'eau en entraînant une aggravation de l'aléa en termes de hauteur de submersion mais aussi de vitesses d'écoulement.

**Aménagement 3 : Recalibrage global de la Vavii sur tout le secteur d'étude (emprise 30m).**

Le recalibrage porte sur tout le linéaire de la Vavii, ses dimensions moyennes sont les suivantes :

- Emprise totale : 30 à 35m
- Largeur en fond : 20 à 25m
- Fruit des talus : 3/2,
- Profil en long actuel non modifié

**Impact** : cet aménagement se traduit :

- par une disparition des débordements sur la partie amont du cours d'eau (à partir Du casier 1600 du modèle).
- par une augmentation des niveaux de submersion sur les zones vulnérables aval de l'ordre de +20cm en rive gauche et de +12cm en rive droite.

Ce type d'aménagement ne permet pas d'améliorer la situation en termes d'aléa sur la partie aval de la zone d'étude.

**Aménagement 4 : Recalibrage global de la Vavii sur tout le secteur d'étude et endiguement sur la partie aval.**

L'endiguement étudié porte sur la partie aval de la Vavii : digue de hauteur moyenne 2m de linéaire 390m en rive droite et 170m en rive gauche.

Le recalibrage porte sur tout le linéaire de la Vavii, ses dimensions moyennes sont les suivantes :

- Emprise totale : 30 à 35m
- Largeur en fond : 20 à 25m
- Fruit des talus : 3/2,
- Profil en long actuel non modifié

**Impact** : cet aménagement se traduit :

- Par une disparition ou une limitation importante des débordements du cours d'eau.
- par une diminution des niveaux de submersion sur les zones vulnérables aval de l'ordre de 0.60m en rive gauche et en rive droite.

Ce type d'aménagement permet donc d'améliorer la situation en termes d'aléa sur la zone vulnérable aval du secteur d'étude.

Les différents tests d'aménagement ont conduit à la conclusion suivante : pour protéger de façon significative les zones à enjeux aval, il nécessaire de recalibrer l'ensemble du cours d'eau, ce qui posera par secteur des problèmes d'emprise, ainsi que d'endiguer la partie terminale du cours d'eau.

La configuration particulièrement défavorable des secteurs a enjeux (secteurs sous l'emprise de la marée, de très faible altitude), conduit à définir des travaux d'aménagement extrêmement lourds.

### **6.3. AMENAGEMENTS PROPOSES**

Les aménagements sont les suivants :

▪ **RECALIBRAGE DU LIT MINEUR DU COURS D'EAU**

Le lit mineur est recalibré de façon à diminuer le débit transitant en lit majeur et baisser les hauteurs d'eau et les vitesses.

Les cotes des berges actuelles sont conservées les dimensions du lit recalibré sont les suivantes :

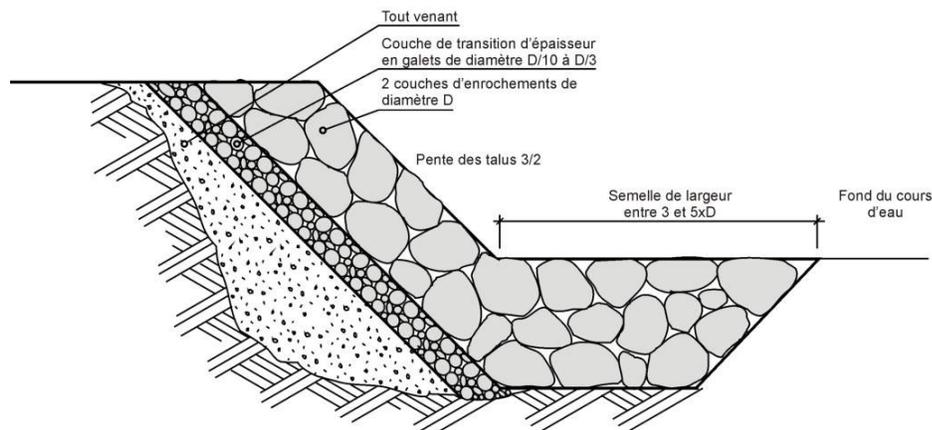
Profil	Largeur en fond en m	Largeur au miroir en m
1112	20	30
1213 à 1617	25	35
1617-embouchure	30	40

**Tableau 6 : Dimensions des profils recalibrés**

Il est conseillé de combiner ce recalibrage à la mise en place d'enrochements liés de façon à limiter les risques d'érosion de berges.

Etant donné les pentes importantes d'écoulement, particulièrement en amont, les vitesses d'écoulement dépassent 3 m/s. Il est donc nécessaire de protéger les berges par la mise en place d'enrochements suivant des pentes de 3H/2V sur les secteurs à enjeux : proximité d'habitations, coudes marqués. Dans ce cadre il est proposé la protection des berges sur un linéaire de 600m.

**Figure 5 : Coupe-type de protection en enrochements**



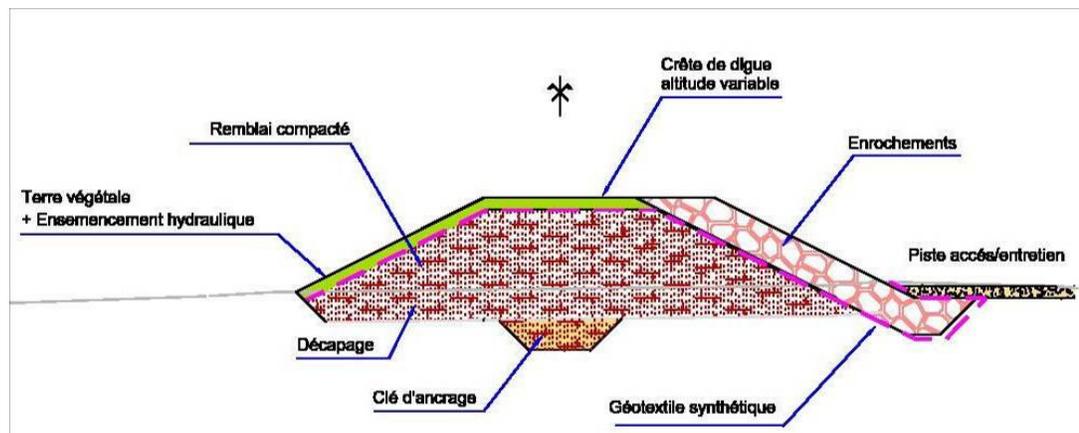
▪ **MISE EN PLACE D'UNE DIGUE PERMETTANT DE CONTENIR UNE CRUE CENTENNALE SUR LA PARTIE TERMINALE DU COURS D'EAU**

Une digue de protection calée à la cote centennale avec une revanche de 50cm permet de protéger la partie aval du secteur d'étude. Elle doit être équipée d'un déversoir de sécurité qui ne doit pas être implanté en face d'habitations.

Une zone de dissipation en pied de déversoir doit être prévue. Il est prévu une digue de hauteur moyenne 2m de linéaire 390m en rive droite et 170m en rive gauche.

**Il est conseillé de ne pas implanter la digue directement sur la berge**, mais de l'éloigner d'un linéaire d'au moins 20m permettant d'éviter les érosions directes du cours d'eau en pied de digue, et de limiter les investissements.

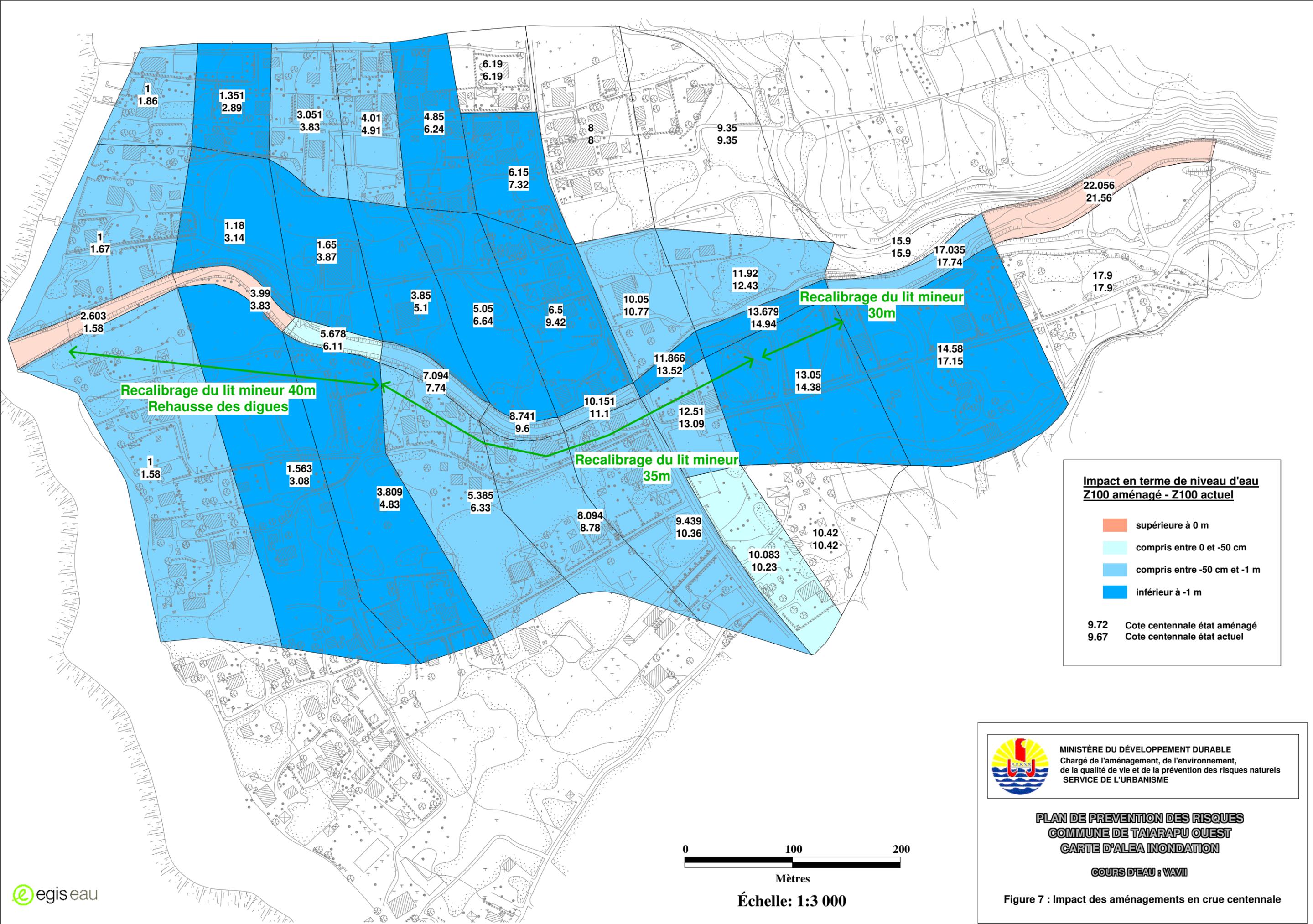
Figure 6 : Coupe-type de digue avec protection en enrochements côté lit mineur



#### 6.4. IMPACT SUR UNE CRUE CENTENNALE

L'impact des aménagements sur une crue centennale est présenté en Figure 7:  
**Impact des aménagements en crue centennale**

Les travaux étudiés permettent d'éviter les débordements de la Vavii sur tout le secteur d'étude. Le secteur aval reste cependant soumis au risque de submersion marine.



**Impact en terme de niveau d'eau  
Z100 aménagé - Z100 actuel**

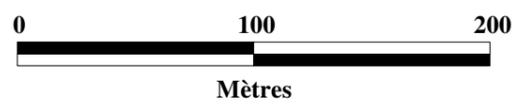
- supérieure à 0 m
- compris entre 0 et -50 cm
- compris entre -50 cm et -1 m
- inférieur à -1 m

9.72 Cote centennale état aménagé  
9.67 Cote centennale état actuel

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
SERVICE DE L'URBANISME

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE TAIARAPU OUEST  
CARTE D'ALEA INONDATION**

COURS D'EAU : VAVII



Échelle: 1:3 000

Figure 7 : Impact des aménagements en crue centennale

## 6.5. CHIFFRAGE ESTIMATIF

Les aménagements proposés précédemment sont définis au stade faisabilité.

Une topographie précise de la zone serait nécessaire de manière à préciser le calage des ouvrages.

Le dimensionnement final des ouvrages sera à confirmer par une étude géotechnique.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût financier des ces travaux :

Désignation	Unité	Quantitatif	Prix unitaire HT en FCFP	Prix HT en FCFP
<b>Recalibrage</b>				
Débais pour recalibrage et mise en place des enrochements (comprenant évacuation)	m3	110 000	2400	264 000 000
Enrochements des berges recalibrées	m3	6 000	10000	60 000 000
Sous total recalibrage				324 000 000
<b>Endiguement</b>				
Remblais	m <sup>3</sup>	8000	1 000	8 000 000
Enrochements liés (déversoirs+ fosses de dissipation)	m <sup>3</sup>	800	20 000	16 000 000
Engazonnement	m <sup>2</sup>	6300	800	5 040 000
Sous total digue				29 040 000
Sous total général				353 040 000
Divers et aléa 20%				70 608 000
<b>TOTAL arrondi</b>				<b>423 000 000</b>

**Tableau 7 : Chiffrage estimatif**

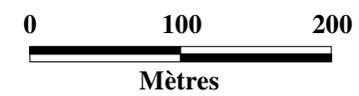
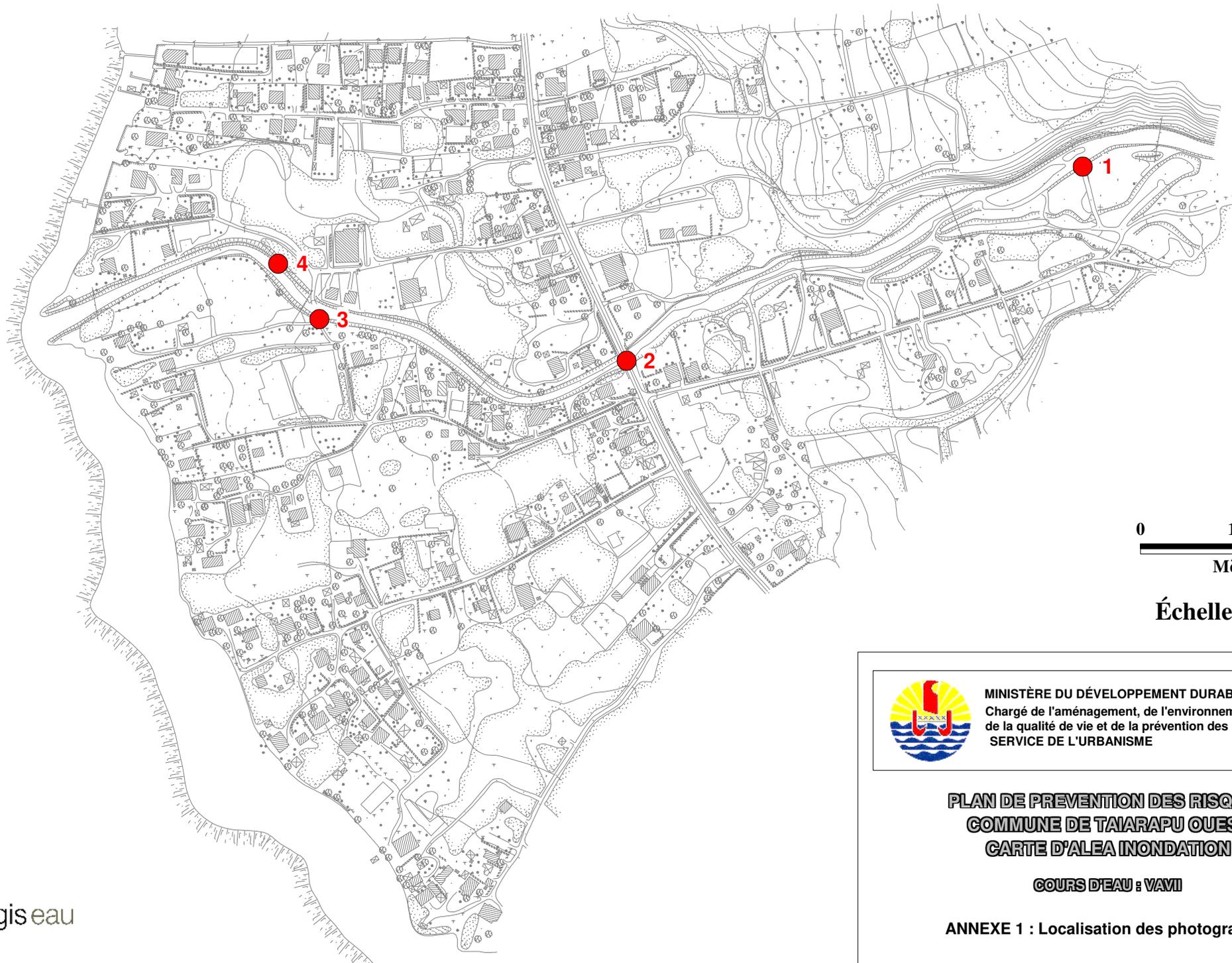
Ces prix ne tiennent pas compte d'éventuelles acquisitions foncières.

## 6.6. CONCLUSION

Le montant des investissements de protection des zones exposées dans la zone inondable de la Vavii est évalué à 423 M FCFP. Ces travaux permettent de protéger pour une crue centennale neuf maisons en zone d'aléa fort et quatre maisons en zone d'aléa très fort. En crue décennale trois habitations sont situées en zone d'aléa fort.

ANNEXES

Annexe 1  
Localisation des photographies



Échelle: 1:5 000



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
SERVICE DE L'URBANISME

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE TAIARAPU OUEST  
CARTE D'ALEA INONDATION**

**COURS D'EAU : VAVI**

**ANNEXE 1 : Localisation des photographies**

Annexe 2  
Méthodologie BCEOM pour le calcul des débits caractéristiques des  
crues des rivières sur l'île de Tahiti

Suite à une approche croisée faisant intervenir:

- les résultats des ajustements statistiques des observations hydrométriques effectués par J.DANLOUX à partir des données de la cellule hydrologie du GEGDP.
- l'application des méthodes empiriques développées sur l'île de TAHITI jusqu'à présent, à l'ensemble des bassins versants étudiés dans le cadre de l'étude des priorités d'aménagement des cours d'eau de Tahiti
- les résultats et premiers enseignements des modélisations pluie-débit réalisées par G.WOTLING de l'ORSTOM
- la synthèse des témoignages collectés sur l'ensemble des bassins versants étudiés dans le cadre de l'étude précitée

Il apparaît qu'une **approche hydrologique sur l'île de TAHITI ne peut se faire sans tenir compte de la dispersion spatiale des pluies et des conditions hydrogéologiques et hydrauliques d'écoulements.**

La dispersion spatiale des pluies est relativement bien connue depuis les travaux de Geoffroy WOTLING, en revanche les conditions d'écoulements souterrains demeurent très peu connues.

Par ailleurs les natures de lit des cours d'eau et les laminages de crues liées aux conditions d'écoulements hydrauliques sont très hétérogènes d'un bassin versant à l'autre.

On devine cependant des fonctionnements hydrologiques généraux par secteur géographique même si à l'intérieur de chaque secteur on peut retrouver des cas de fonctionnement très différent du général.

Ce qui nous amène à **régionaliser le calcul des débits.**

#### ***CALCUL DU DEBIT DE POINTE DECENNAL :***

Nous proposons, dans un cadre général, une **formulation des débits de pointe décennaux** en considérant les paramètres suivants:

- **la superficie** du bassin versant
- **la pluviométrie** sur ce bassin versant sur une durée caractéristique
- **une correction géographique** fonction de conditions d'écoulements "présument"

La durée caractéristique retenue a été le quart d'heure même pour les bassins versants les plus importants dont le temps de concentration est supérieur à cette durée.

En effet cette durée caractéristique est un paramètre général médian pour rester dans le cadre d'une formulation générale. Elle ne doit pas être rattachée au cas du bassin versant étudié.

**Les coefficients de la formule ont été calés sur les données et informations recueillies sur près d'une quarantaine de bassins versants**

On obtient alors:

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

avec: K coefficient dépendant du secteur d'implantation du bassin versant.

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

P<sub>0</sub> moyenne sur le bassin versant de la hauteur de précipitations de période de retour 1 an en dixième de mm sur 15 minutes.

La valeur minimale de P<sub>0</sub> retenue est de 160 dixièmes de mm pour éviter une sous-estimation flagrante des débits pour les petits bassins versants côtiers.

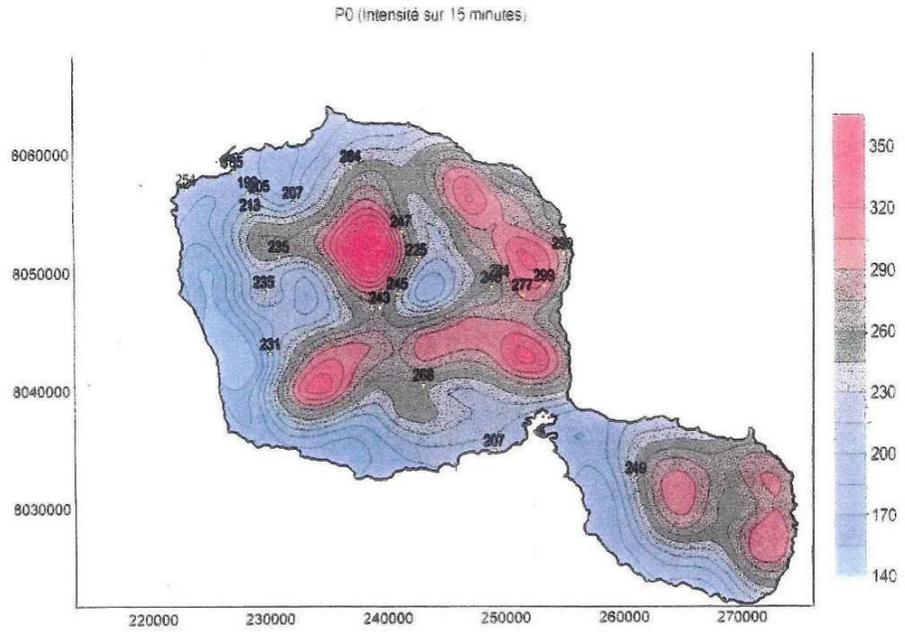
P<sub>0</sub> est directement lue sur les isohyètes issues des travaux de G.WOTLING.

#### ***DOMAINE DE VALIDITE DE LA FORMULE PROPOSEE***

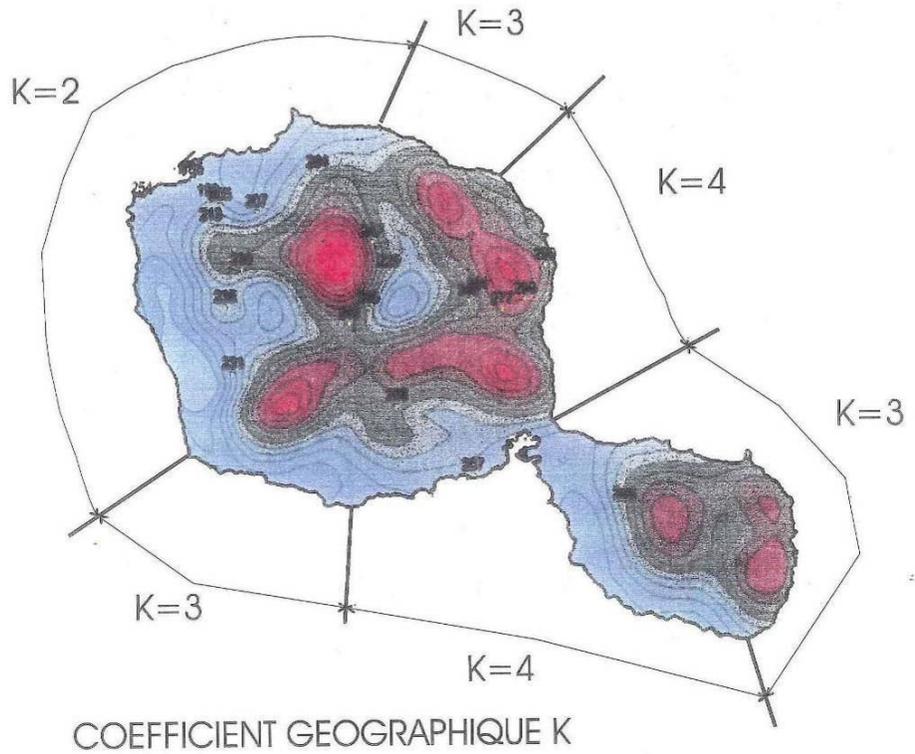
**Il est impératif de rappeler le cadre et les limites d'application de la formule énoncée ci-dessus:**

- elle s'applique à l'ensemble des bassins versants de TAHITI de plus de 1 km<sup>2</sup> dans le cadre d'une recherche d'un ordre de grandeur du débit de pointe décennal et dans le cas où des mesures de débits n'existent pas.
- son application dans le cas d'un bassin versant sur lequel il est connu ou pressenti des phénomènes hypodermiques particuliers est fortement déconseillée
- son application dans le cas d'un bassin versant sur lequel il est connu ou pressenti des phénomènes d'écoulements superficiels particuliers, tels que des débits solide ou des écrêtements non négligeables, est à relativiser avec précautions

**Par ailleurs la formule proposée pourra être réajustée par étapes successives au fil de l'acquisition de nouvelles données ou informations sur les débits.**



Evaluation de la variabilité spatiale des paramètres de Gumbel pour les intensités sur 15 mn.



## **EVALUATION DES DEBITS DE POINTE DE PERIODE DE RETOUR SUPERIEURE A 10 ANS**

Pour des périodes de retour supérieures à 10 ans nous proposons l'application de la **méthode du Gradex**, en effet cette méthode semble adaptée aux événements hydrologiques de TAHITI car au delà d'une certaine quantité de pluie le déficit d'écoulement ne semble plus augmenter pour de nombreux cas.

En faisant l'hypothèse par ailleurs qu'une précipitation d'une certaine durée alimente l'écoulement pendant la même durée il en résulte qu'à partir d'une certaine valeur de la précipitation (point pivot) **la relation pluie-volume de ruissellement devient linéaire** et la loi de probabilité des volumes de ruissellement devient parallèle à la loi de probabilité des pluies.

Une fois le volume de ruissellement déterminé, le débit de pointe instantané doit être estimé par l'application d'un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané.

Nous ne disposons malheureusement d'aucune donnée sur ce coefficient sur l'île de TAHITI.

En métropole, l'analyse statistique des principaux résultats de plus de 250 études de crues extrêmes sur des bassins versant de quelques km<sup>2</sup> à quelques milliers de km<sup>2</sup>, donne ce coefficient égal en moyenne à 1.6.

Nous proposons alors de **calculer les débits de pointe de période de retour 50 et 100 ans par l'application de la méthode du Gradex avec un point pivot à la période de retour 10 ans, un 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, et un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5.**

Dans l'état actuel des connaissances, **on gardera la valeur 2 comme coefficient plafond du rapport Q100/Q10.**

Annexe 3  
Notice du logiciel STREAM

# **STREAM**

**Simulation en TRansitoire  
des Ecoulements  
A surface libre  
Multidirectionnels**

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
D'INONDATION**

**AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES DE  
PROTECTION CONTRE LES CRUES**

**MISE HORS D'EAU ET IMPACT  
D'INFRASTRUCTURES**

# LOGICIEL STREAM

Concepteur : BCEOM

## Objet

*Simulation en TRansitoire des Ecoulements A surface libre Multidirectionnels .*

*Plans d'eau, chaînes d'étangs soumis à des conditions aux limites multiples : niveaux ou débits imposés, relations cote-débit ...*

## Domaines d'application

*Etudes des phénomènes hydrauliques complexes (échanges lit mineur-lit majeur, champs d'inondation hétérogènes, écoulements maillés, deltas ...), des processus de propagation des débits entre l'amont et l'aval d'un cours d'eau, entre des étangs et des chenaux.*

*La modélisation fine de ces phénomènes permet en particulier de réaliser la cartographie des risques d'inondation (Plan de Prévention des Risques Inondation), de définir des aménagements de protection contre les crues et de prendre en compte les impacts d'éventuels aménagements nouveaux (seuils, projets routiers, mise hors d'eau d'infrastructures).*

## Principes

*Ce modèle est basé sur une représentation discrétisée des écoulements dans l'espace et dans le temps. L'unité de découpage dans l'espace, appelée "casier", est prise aussi petite que le nécessitent la bonne description des phénomènes réels et la précision souhaitée des résultats.*

*La construction du modèle a été réalisée de manière à permettre tout découpage de l'espace, quelle que soit la complexité qu'imposent à celui-ci la géographie ou le comportement hydraulique du système physique.*

Les casiers sont ainsi délimités en fonction des axes structurant les flux (lits et chenaux, endiguements, déversoirs, ...) et des sections les plus représentatives des conditions d'écoulement (profils en travers, singularités, ...).

Ce découpage principal peut être suivi d'une partition supplémentaire des casiers ainsi définis, pour affiner encore la représentation discrétisée du système.

C'est à la condition d'une telle modélisation fidèle du système physique que **les équations dites de SAINT-VENANT** peuvent valablement être utilisées pour en décrire le fonctionnement.

**STREAM** résoud ces équations par un schéma implicite aux différences finies exprimant les termes différentiels sous forme discrétisée entre chaque pas de temps et d'espace.

## Données

- **Structure et géométrie du système**

*Nombre de casiers, disposition, lois hauteurs d'eau-surfaces au miroir des casiers, type et caractéristiques des liaisons entre casiers (lois de seuil, d'orifice ou profils en travers et coefficient de rugosité, STRICKLER).*

- **Type des conditions aux limites**

*Débit, cote ou loi débit-cote imposée.*

- **Les conditions initiales du système**

- **Paramètres de simulation**

*Paramètres du calcul, conditions aux limites amont, latérales, internes et aval, coefficient de rugosité et de perte de charge.*

## Sorties

- *Tableau des maximas issus de la simulation.*
- *Images instantanées de l'état du système (cotes-débits-vitesses),*
- *Evolution dans le temps des variables : cote-débit-vitesse aux casiers choisis.*

- Cartes de la surface libre, des champs de vitesses d'écoulement, des champs de débit et des cotes d'eau au centre des casiers.
- Tracé des isobathes (courbes d'égales hauteurs d'eau) et des iso-vitesses.
- Calcul d'impact sur les hauteurs d'eau d'une hypothèse d'aménagement et reproduction sur une carte.
- Calcul de durées de submersion ou de dépassement de seuils, etc ...

## Equations

Exprimé dans un espace à deux dimensions  $x$  et  $y$ , le système d'équations différentielles de SAINT-VENANT comprend :

- Une équation de continuité, exprimant la conservation des volumes d'eau :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \text{div}(h V) = q$$

soit :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hV_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hV_y)}{\partial y} = q$$

- Une équation dynamique vectorielle, exprimant la conservation de la quantité de mouvement :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla V \cdot V = -g(\text{grad } Z + J)$$

soit, en projections sur les axes  $x$  et  $y$  :

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} = -g\left(\frac{\partial Z}{\partial x} + J_x\right)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} = -g\left(\frac{\partial Z}{\partial y} + J_y\right)$$

- avec  $Z$  cote de la surface libre  
 $V$  vecteur vitesse, de composantes  $V_x$  et  $V_y$   
 $J$  gradient de la charge hydraulique, de composantes  $J_x$  et  $J_y$   
 $q$  apport ou perte au  $m^2$   
 $x, y$  coordonnées dans le plan  
 $h$  hauteur d'eau.

Annexe 4  
Résultats en état actuel



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
SERVICE DE L'URBANISME

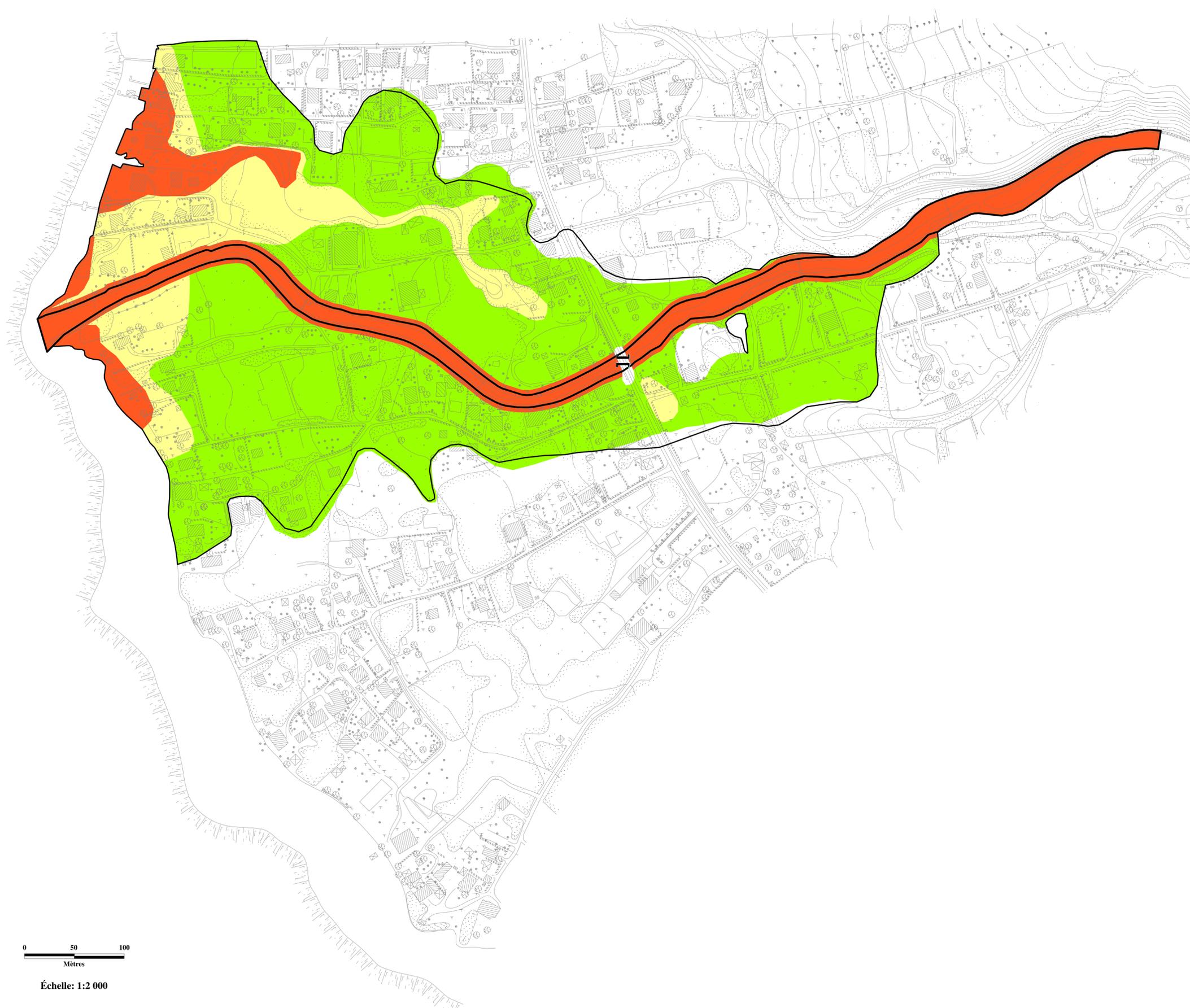
## PLAN DE PREVENTION DES RISQUES COMMUNE DE TAIARAPU OUEST CARTE D'ALEA INONDATION

COURS D'EAU : VAVII

MODELISATION : Crue centennale

INDICE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	DESIGNATION	
REDIGE PAR :					
ECHELLE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	N°DU PLAN	INDICE
1/2000	18/02/10		C.D	VAVII Q100	-

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE EGIS EAU IL NE PEUT ETRE REPRODUIT NI COMMUNIQUE SANS AUTORISATION



Ouvrages Hydrauliques		Niveau d'Aléa	
	Pont		Très fort
	Pont cadre		Fort
	Pont à pile		Moyen
	Passerelle		Faible
	Buse	<b>Prise en compte du risque d'embacles</b> Enveloppe de la zone inondable en crue centennale avec une obstruction de 50% de la section hydraulique des ouvrages	
	Seuil		
<b>Limites</b>			
	Lit mineur		

0 50 100  
Mètres

Échelle: 1:2 000

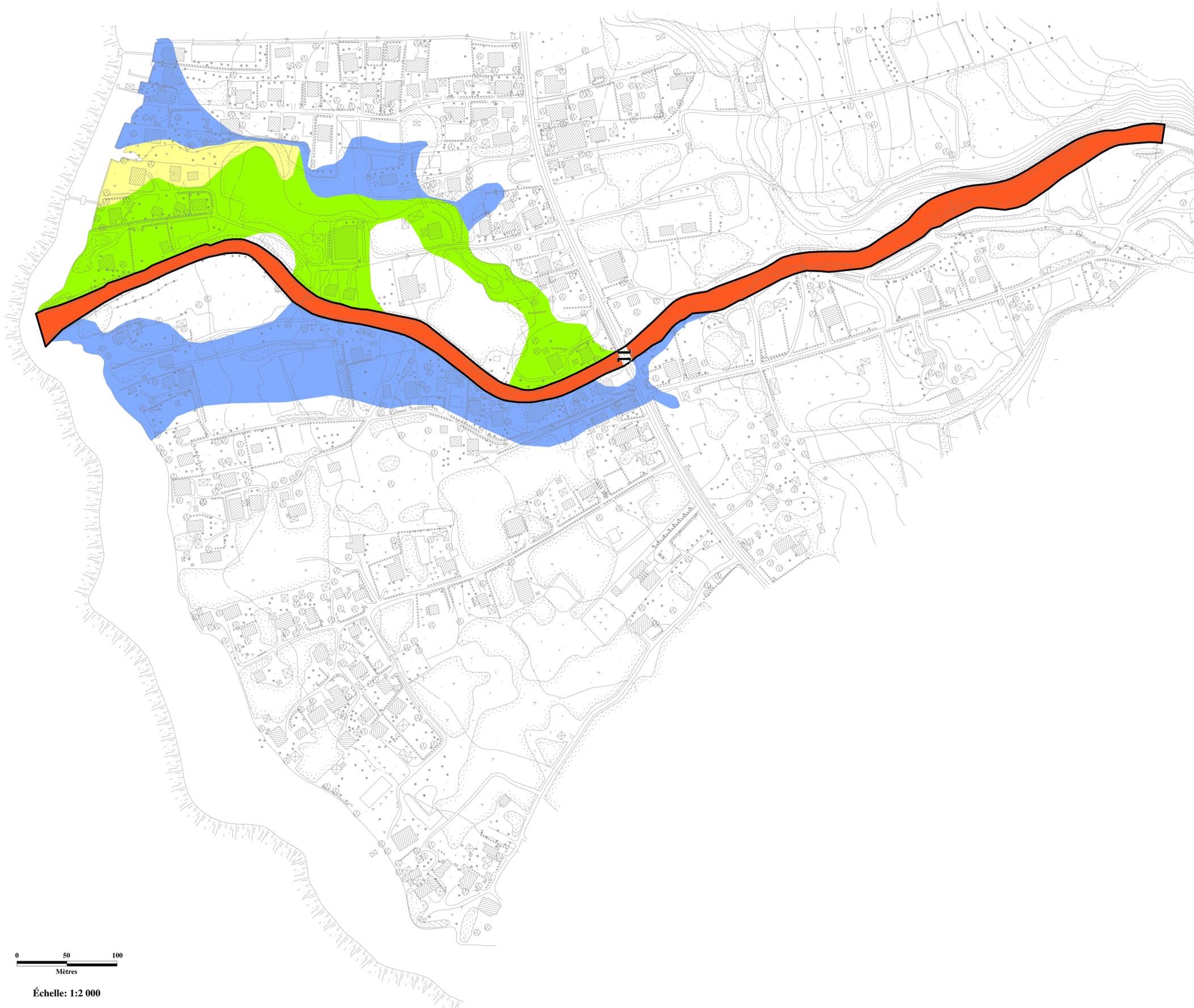


MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
 Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
 de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
 SERVICE DE L'URBANISME

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
 COMMUNE DE TAIARAPU OUEST  
 CARTE D'ALEA INONDATION**

**COURS D'EAU : VAVII**

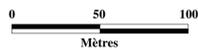
**MODELISATION : Crue décennale**



INDICE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	DESIGNATION	
REDIGÉ PAR :					
ECHELLE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	N°DU PLAN	INDICE
1/2000	18/02/10		C.D	VAVII Q10	-

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE EGIS EAU IL NE PEUT ETRE REPRODUIT NI COMMUNIQUE SANS AUTORISATION

Ouvrages Hydrauliques		Niveau d'Aléa	
	Pont		Très fort
	Pont cadre		Fort
	Pont à pile		Moyen
	Passerelle		Faible
	Buse		
	Seuil		
		Limites	
			Lit mineur



Échelle: 1:2 000



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
SERVICE DE L'URBANISME

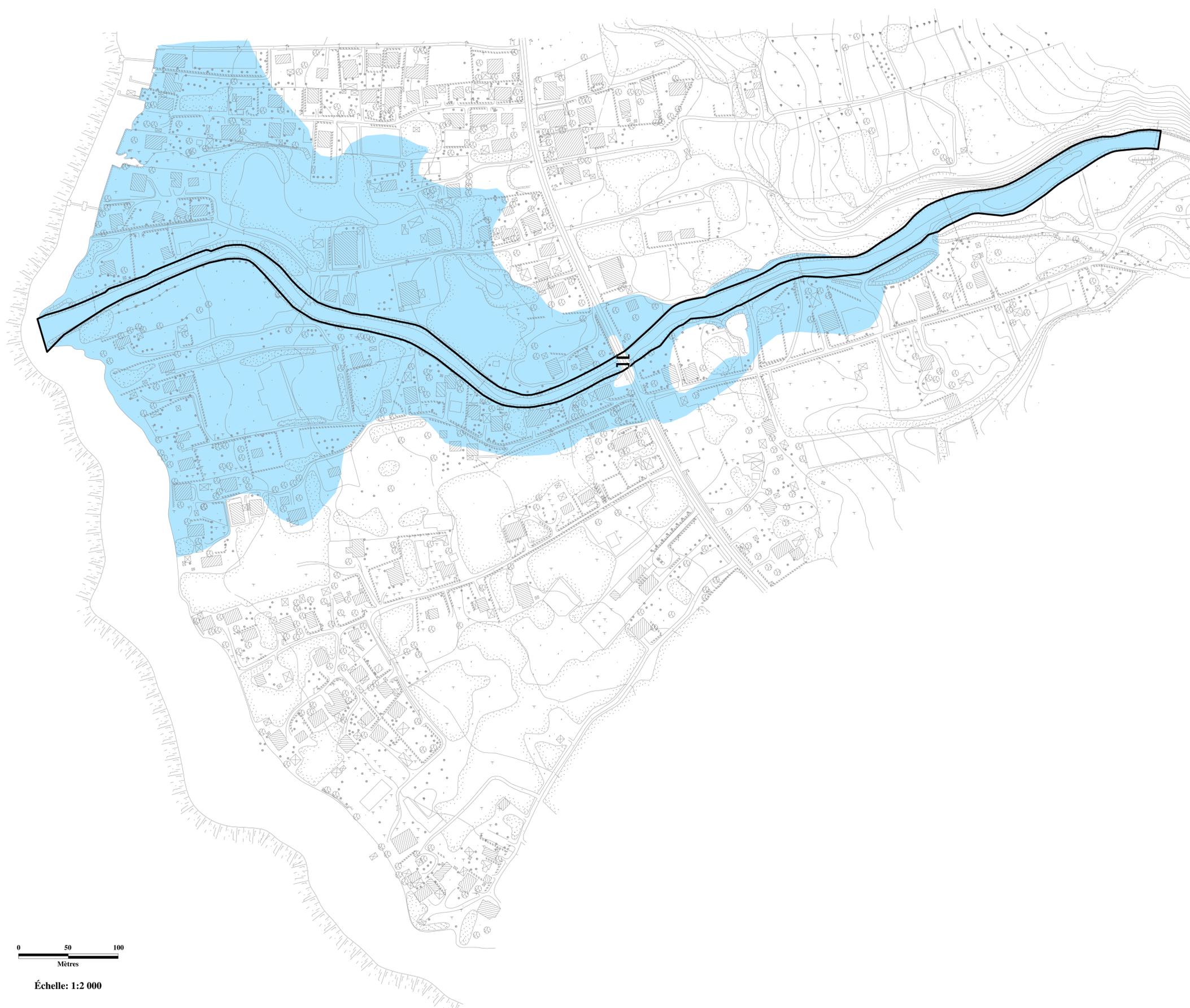
## PLAN DE PREVENTION DES RISQUES COMMUNE DE TAIARAPU OUEST CARTE D'ALEA INONDATION

COURS D'EAU : VAVII

MODELISATION : Crue maximale observée

INDICE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	DESIGNATION	
REDIGÉ PAR :					
ECHELLE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	N°DU PLAN	INDICE
1/2000	18/02/10		C.D	VAVII Qmax	-

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE EGIS EAU IL NE PEUT ETRE REPRODUIT NI COMMUNIQUE SANS AUTORISATION



### Ouvrages Hydrauliques

- Pont
- Pont cadre
- Pont à pile
- Passerelle
- Buse
- Seuil

### Zones inondables

Enveloppe de la zone inondable de la crue maximale observée

### Limites

Lit mineur

0 50 100  
Mètres

Échelle: 1:2 000

<b>Casiers</b>	<b>Z_max en m NGPF</b>	<b>Z_10ans en m NGPF</b>	<b>Z_100ans en m NGPF</b>	<b>Z_100ans avec embâcles en m NGPF</b>
-1001	17.90	17.90	17.90	17.90
1000	21.24	20.84	21.56	21.56
-1101	16.89	14.58	17.15	17.16
1100	17.51	16.73	17.74	17.74
1101	15.90	15.90	15.90	15.90
-1202	10.42	10.42	10.42	10.43
-1201	13.92	13.21	14.38	14.93
1200	14.76	14.04	14.94	14.97
1201	11.92	11.92	12.43	12.60
1202	9.35	9.35	9.35	9.35
-1302	10.13	10.08	10.23	10.29
-1301	12.95	12.62	13.09	13.13
1300	13.37	12.73	13.52	13.83
1301	10.57	10.05	10.77	11.10
1302	8.00	8.00	8.00	8.01
-1401	10.24	9.85	10.36	10.36
1400	11.03	10.76	11.10	10.85
1401	8.72	7.95	9.42	9.37
1402	6.85	6.63	7.32	7.18
1403	6.19	6.19	6.19	6.19
-1501	8.65	8.37	8.78	8.75
1500	9.56	9.42	9.60	9.48
1501	6.60	6.10	6.64	6.63
1502	5.64	5.41	6.24	6.19
-1601	6.20	5.76	6.33	6.31
1600	7.72	7.58	7.74	7.64
1601	5.10	4.89	5.10	5.10
1602	4.67	4.44	4.91	4.90
-1701	4.70	4.37	4.83	4.81
1700	6.10	6.02	6.11	6.06

1701	3.87	3.76	3.87	3.86
1702	3.64	3.41	3.83	3.83
-1801	2.79	2.05	3.08	2.98
1800	3.83	3.85	3.83	3.79
1801	3.09	2.34	3.14	3.11
1802	2.75	1.87	2.89	2.88
-1901	1.57	1.00	1.58	1.57
1900	1.57	1.01	1.58	1.57
1901	1.66	1.18	1.67	1.65
1902	1.43	1.03	1.86	1.85

Liaison	Q_max en m <sup>3</sup> /s	V_max en m/s	Q_10ans en m <sup>3</sup> /s	V_10ans en m/s	Q_100ans en m <sup>3</sup> /s	V_100ans en m/s	Q_100ans avec embâcles en m <sup>3</sup> /s	V_100ans avec embâcles en m/s
-10011000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10011101	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000	245.0	0.0	155.0	0.0	295.0	0.0	295.0	0.0
10001100	244.1	3.6	154.6	3.1	293.9	3.8	293.9	3.8
-11011100	-14.1	0.0	0.0	0.0	-31.4	0.0	-30.9	0.0
-11011201	11.7	0.0	0.0	0.0	29.4	0.0	28.4	0.0
11001101	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11001200	229.7	4.0	154.4	3.6	262.2	4.2	262.7	4.2
11011201	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-12021201	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-12021302	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-12011200	-8.1	-0.4	-0.7	0.0	-13.3	-0.4	-12.7	-0.4
-12011301	16.6	0.0	0.2	0.0	35.4	0.0	24.7	0.0
12001201	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	5.9	0.0
12001300	221.5	3.5	153.5	3.1	244.6	3.7	244.5	3.4
12011202	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12011301	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	3.9	0.0
12021302	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-13021301	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-13021401	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
-13011300	-12.5	-0.4	-0.4	0.0	-17.7	-0.4	-36.9	-0.6
-13011401	27.5	1.3	0.5	0.0	47.0	1.7	52.6	1.7
13001301	9.9	0.0	0.0	0.0	20.5	0.0	49.7	0.0
13001400	199.0	4.9	152.8	4.3	206.3	4.9	157.9	2.7
13011302	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13011401	9.9	1.6	0.0	0.0	21.9	2.0	52.8	2.5
13021402	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13021403	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-14011400	-9.9	-0.4	-6.1	0.0	-11.4	-0.4	-5.4	-0.3
-14011501	36.2	0.0	6.0	0.0	57.9	0.0	57.6	0.0

14001401	46.6	0.0	28.6	0.0	46.2	0.0	26.5	0.0
14001500	142.9	3.7	118.1	3.3	150.2	3.8	126.7	3.4
14011402	15.8	0.6	6.2	0.0	36.5	0.7	35.5	0.7
14011501	45.5	0.0	21.4	0.0	45.1	0.0	54.9	0.0
14021403	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14021502	15.7	0.0	6.1	0.0	36.0	0.0	35.0	0.0
14031502	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15011500	-7.8	0.0	-3.1	0.0	-8.8	0.0	-4.3	0.0
-15011601	43.2	0.0	8.9	0.0	66.4	0.0	61.7	0.0
15001501	18.3	0.0	9.5	0.0	21.2	0.0	12.4	0.0
15001600	116.9	3.5	105.5	3.4	120.2	3.6	110.0	3.5
15011502	8.3	0.0	1.9	0.0	8.6	0.2	7.6	0.2
15011601	49.0	0.0	28.3	0.0	49.8	0.0	51.7	0.0
15021602	17.5	0.0	7.8	0.0	34.8	0.0	34.5	0.0
-16011600	-0.2	-0.3	0.0	0.0	-1.0	-0.4	0.0	0.0
-16011701	42.7	0.0	8.0	0.0	67.1	0.0	61.5	0.0
16001601	0.6	0.4	0.0	0.0	1.7	0.5	0.0	0.0
16001700	116.1	3.2	105.5	3.0	117.5	3.2	110.0	3.1
16011602	2.7	0.2	1.3	0.2	2.8	0.2	2.8	0.2
16011701	46.7	0.0	26.4	0.0	46.4	0.0	48.9	0.0
16021702	20.1	0.0	9.0	0.0	37.2	0.0	36.9	0.0
-17011700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-17011801	40.5	0.0	6.8	0.0	65.2	0.0	60.3	0.0
17001701	38.3	2.4	31.1	2.3	39.2	2.4	34.5	2.3
17001800	77.8	3.2	74.4	3.1	78.3	3.2	75.5	3.1
17011702	3.2	0.1	1.9	0.1	3.1	0.2	3.0	0.1
17011801	78.9	0.6	55.2	0.7	79.3	0.6	78.4	0.6
17021802	22.6	0.0	10.8	0.0	38.9	0.0	38.4	0.0
-18011800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-18011901	35.1	0.0	5.1	0.0	53.0	0.0	61.5	0.0
18001801	18.0	2.6	18.6	2.7	17.9	2.6	16.4	2.6
18001900	61.7	2.3	55.8	2.4	62.1	2.3	60.5	2.3
18011802	23.5	0.5	3.7	0.2	26.7	0.5	25.6	0.5

18011901	72.2	0.7	69.8	0.0	75.8	0.7	74.0	0.7
18021902	42.3	0.0	14.3	0.0	58.5	0.7	57.4	0.7
-19011900	26.9	-1.6	-15.4	-1.6	25.8	-1.6	34.0	-1.6
-19010	11.6	0.0	16.8	0.0	34.6	0.0	33.9	0.0
19001901	-49.0	-1.8	-23.4	-1.8	-47.4	-1.9	-45.9	-1.7
19000	120.6	0.0	63.9	0.0	121.5	0.0	120.3	0.0
19011902	8.2	0.2	1.5	0.1	-13.6	-0.2	-13.3	-0.2
19010	17.7	0.0	44.7	0.0	42.3	0.0	41.3	0.0
19020	50.5	0.0	15.6	0.0	44.8	0.0	44.0	0.0