



**Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours  
d'eau de Polynésie Française – ARAI 3**

**Lot 2 – Expertise**

**COURS D'EAU : TEREIA**

*Commune :*      **PAPARA**

*Ile :*            **TAHITI**

**Avril 2012**

**N°rapport : 1374 11 06-V2**

## TABLE DES MATIERES

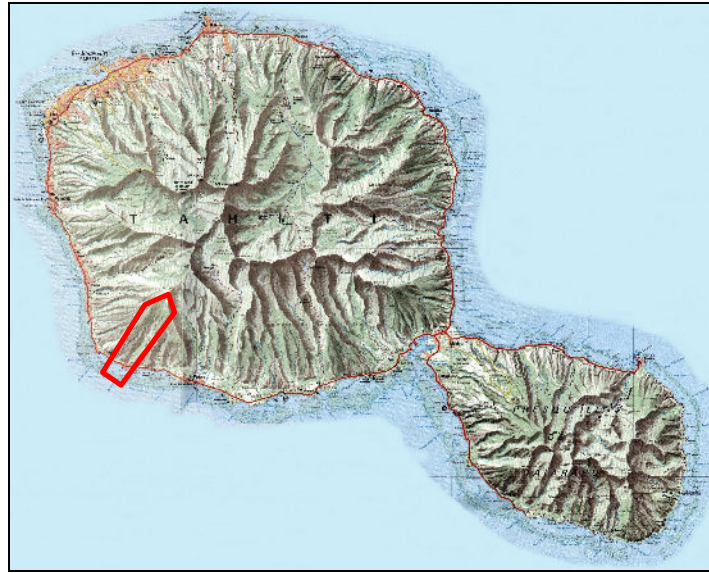
---

<b>1. METHODOLOGIE</b>	<b>6</b>
<b>2. DONNEES D'ENTREES</b>	<b>7</b>
2.1. Données topographiques	7
2.1.1. Lit Mineur :	7
2.1.2. Lit Majeur :	7
2.2. Données hydrologiques	7
2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la TEREIA	7
2.2.2. Calcul des débits de projet	8
<b>3. ENQUETE DE TERRAIN</b>	<b>10</b>
3.1. Plan d'enquête de terrain	10
3.2. Enquête auprès des riverains	11
3.3. Données extérieures	12
3.4. Visite de terrain	13
<b>4. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE DU LIT MINEUR</b>	<b>14</b>
4.1. Construction du modèle	14
4.1.1. Ouvrages hydrauliques	14
4.1.2. Calage du modèle	14
4.1.3. Conditions limites	14
4.2. Simulation des crues de projet	14
4.3. Identification des points et des fréquences de débordement du lit mineur	16
<b>5. ANALYSE DU LIT MAJEUR</b>	<b>17</b>
5.1. Identification des chenaux d'écoulement et des enveloppes de crue potentielles	17
5.2. Caractérisation de l'aléa des enveloppes de crue	18
5.2.1. Méthodologie	18
5.2.2. Caractérisation des enveloppes	19
<b>6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT</b>	<b>20</b>

Tables des figures

Figure 1 : Plan de situation .....	4
Figure 2 : Photographie aérienne de 1978 .....	5
Figure 3 Photographie aérienne de 2001 .....	5
Figure 4 : Découpage du bassin versant de la TEREIA .....	8
Figure 5 : Vue aérienne de la zone d'étude (Fond de plan Urbanisme) .....	10
Figure 6 : Zone de mobilité du cours d'eau.....	12
Figure 7 : Ligne d'eau Q10 et Q100 issues de la modélisation sous Mike.....	15
Figure 8 : Modélisation 3D du terrain à partir de la restitution photogrammétrique de l'urbanisme .....	17

La rivière TEREIA est située au PK 30 dans la commune de PAPARA, dans un secteur péri-urbain de la côte sud de l'île de Tahiti.



*Figure 1 : Plan de situation*

L'analyse des photos aériennes montre que la zone s'est bien urbanisée entre 1978 et 2001, notamment en amont de la RDC, en rive gauche avec la construction d'un lotissement OPH.

Cette analyse montre aussi que le cours d'eau a été canalisé en aval de la RDC en ligne droite.



Figure 2 : Photographie aérienne de 1978

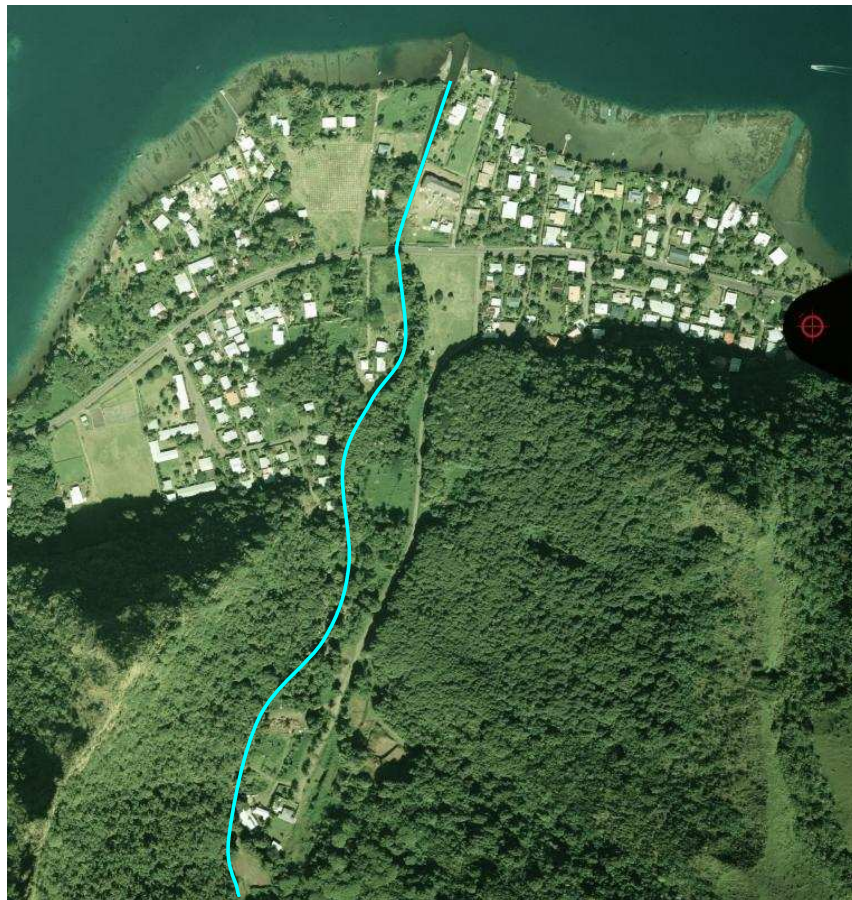


Figure 3 Photographie aérienne de 2001

# 1. METHODOLOGIE

---

La méthodologie retenue pour cette expertise est la suivante :

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

Le linéaire d'étude est de 700 m à partir de l'embouchure ce qui correspond au tronçon habité de la vallée.

## 2. DONNEES D'ENTREES

---

### 2.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

#### 2.1.1. Lit Mineur :

La modélisation du lit mineur, qui se fait sur 700 ml, est basée sur 5 profils en travers relevés sur le terrain à l'aide d'un décamètre et d'un niveau laser.

#### 2.1.2. Lit Majeur :

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

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

### 2.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

Aucune observation de débit n'a été effectuée sur la rivière TEREIA.

#### 2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la TEREIA

Les caractéristiques du bassin versant sont données ci-dessous :

Surface	6.0 km <sup>2</sup>
Longueur du plus long chemin hydraulique	7522 m
Pente moyenne pondérée	9.6 %
Pente moyenne globale	21.1 %
Temps de concentration (formule de Kirpich <sup>1</sup> )	34 mn

---

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



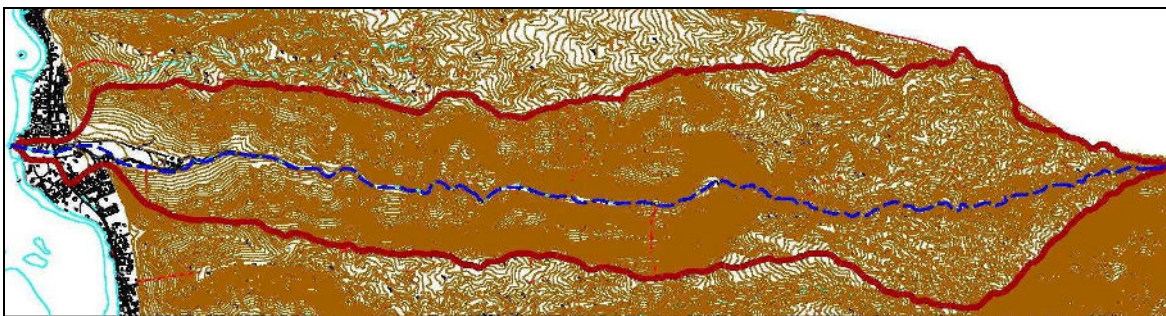


Figure 4 : Découpage du bassin versant de la TEREIA

## 2.2.2. Calcul des débits de projet

### ▪ Estimation des débits de la TEREIA

En 2006, lors du programme ARAI1, une note méthodologique [4] avait proposé, en l'absence de données statistiques disponibles, d'utiliser les deux méthodes suivantes et de retenir la valeur la plus pessimiste :

- méthode globale CRAEGER, appliquée à Tahiti par J. Danloux [2]
- calcul du débit décennal par la méthode rationnelle et du débit centennal par la méthode du GRADEX, selon la note réalisée par le bureau d'études ANTEA dans le cadre des PPRI [3]

### ○ Méthode globale de CRAEGER

La méthode est la suivante :

- 1) Recherche du débit maximal connu sur un bassin voisin de la TEREIA disposant d'observations (la Taharuu)
- 2) Détermination des rapports entre débit maximal et débits caractéristiques de crue ( $Q_{10}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ )
- 3) Détermination des coefficients de Craeger correspondants

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Module spécifique ( m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
Q10	50	8
Q100	142	24

Le module spécifique décennal calculé par cette méthode de Craeger est faible comparativement aux ratios classiquement obtenus sur les autres rivières de Tahiti.



De plus le rapport entre la crue centennale et décennale et centennale semble trop élevé : 2.8 contre 1.5 à 2 habituellement.

Cette analyse montre qu'il y a probablement une incertitude sur l'établissement des rapports entre le débit maximal et les débits caractéristiques de crue ( $Q_{10}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ).

o **Méthode Rationnelle et GADEX (ANTEA)**

Cette méthode consiste à calculer le débit décennal par la méthode rationnelle et le débit centennal par la méthode du GRADEX, selon la note réalisée par le bureau d'études ANTEA dans le cadre des PPRI [3].

Les caractéristiques de la pluie retenue pour cette méthode est la suivante :

Station <sup>2</sup> :	Vahiria
Durée de pluie intense	> 30 mn

Coefficients de Montana <sup>3</sup>		
	P10	P100
a	10.38	13.02
b	- 0.49	- 0.48

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

	<b>Q10</b>	<b>Q100</b>	
Intensité pluvieuse ( $T_c$ , 100 ans)	1.87	2.40	mm/mn
Débit	84	137	m <sup>3</sup> /s
Module spécifique centennal	14	23	m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>

o **Choix du débit de projet**

On note un écart de + 67% entre la méthode rationnelle et la méthode de Craeger sur le débit décennal et de - 6% sur le calcul centennale.

Compte tenu des incertitudes sur la méthode de Craeger sur l'estimation du débit décennal, il est proposé de retenir les résultats de la méthode rationnelle.

Q10	<b>84</b>	m <sup>3</sup> /s
Q100	<b>137</b>	m <sup>3</sup> /s

<sup>2</sup> Station pluviométrique retenue pour les cours d'eau de TARAVAO dans [3].

<sup>3</sup> Données extraites de [1]

### 3. ENQUETE DE TERRAIN

---

#### 3.1. PLAN D'ENQUETE DE TERRAIN

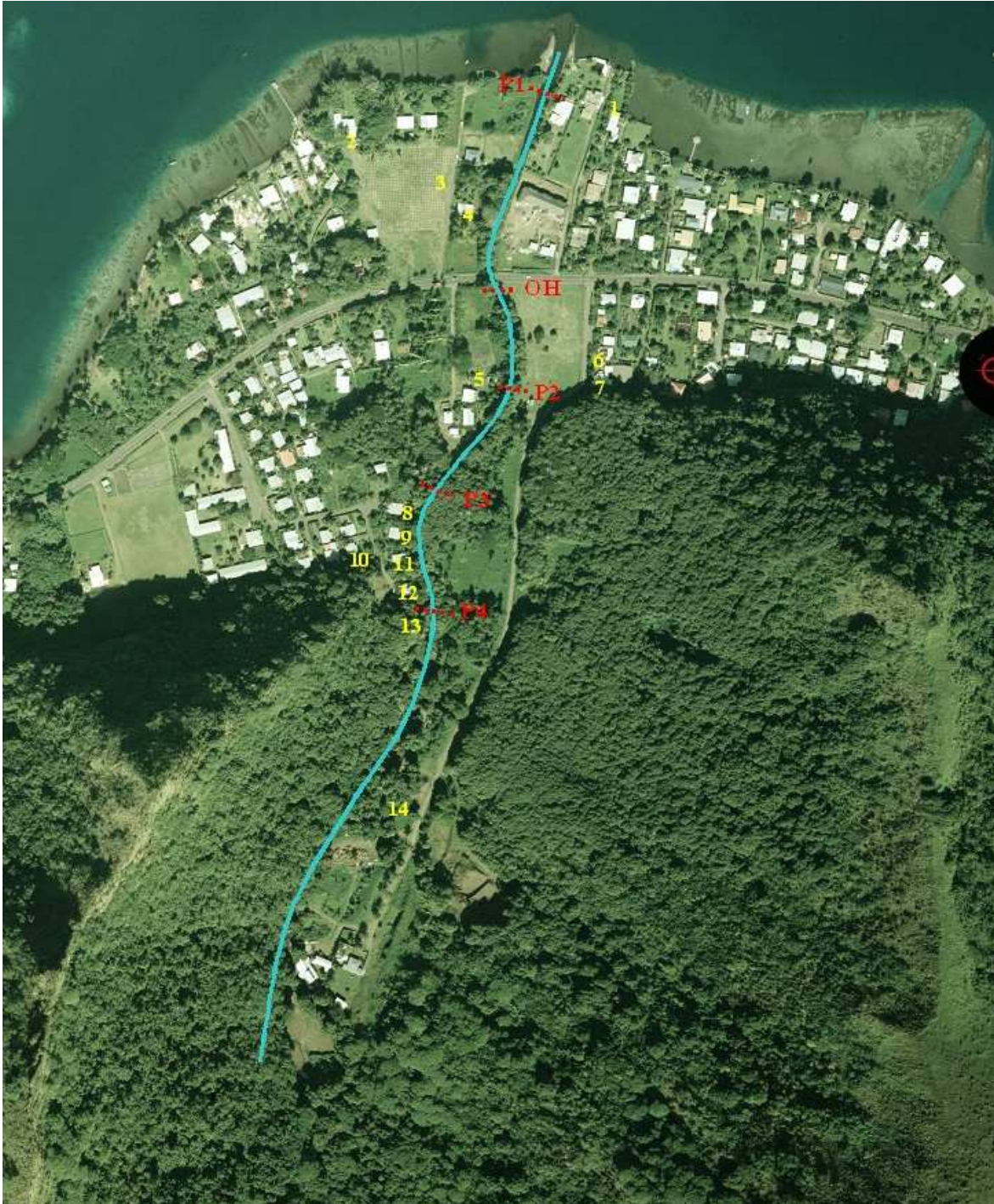


Figure 5 : Vue aérienne de la zone d'étude (Fond de plan Urbanisme)

### 3.2. ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS

L'enquête a été menée en septembre 2011 et janvier 2012. Plusieurs phénomènes hydrologiques importants ont marqué le débit de l'année 2010 :

- cyclone OLI le 03 et 04 février, accompagné de fortes pluies sur la partie Sud-Ouest de l'île de Tahiti
- pluies très fortes les 04 et 05 Mars (pas de données sur l'occurrence exacte des pluies )

PT (aval vers l'amont )	Témoignages	Commentaires
<b>1</b>	Depuis 1965 Aucune inondation observée	Autrefois, le cours d'eau passait plus à proximité de la maison. Un ancien méandre a été remblayé et la rivière canalisée en ligne droite.
<b>2</b>	Depuis plus de 30 ans dans le quartier. Aucun débordement pendant cette période.	
<b>3 et 4</b>	Depuis plus de 30 ans Aucune inondation observée.	
<b>5</b>	La berge gauche est en contrebas par rapport à la rive droite qui a été enrochée. La rivière déborde donc régulièrement (tous les 1 à 2 ans)  Une lame d'eau de 10cm est observée sur le terrain sur une largeur de 40m environ lors des fortes inondations.  En cas de débordements, l'eau est bloquée en aval par le mur en parpaings et retourne ensuite dans le lit mineur lors de la décrue.	
<b>6 et 7</b>	Depuis plus de 30ans dans le quartier. Aucun débordement signalé pendant cette période.	
<b>8</b>	2-3 fois par an en bordure du terrain et sur le terrain aval car la berge en rive gauche est basse. De plus un fossé d'eau pluvial situé en bordure du terrain et se rejetant dans le cours d'eau a tendance à déborder.	
<b>9,10,11, 12 et 13</b>	Depuis 20 ans Aucune inondation observée.	

<b>14</b>	<p>La zone est située sur un ancien "îlot" du cours d'eau.</p> <p>Autrefois, la rivière se séparait en deux branches. La branche située à droite a été remblayée pour réaliser la servitude d'accès au fond de la vallée. Cette ancienne branche se met parfois en eau lors des fortes pluies.</p> <p>Depuis le remblaiement de cet ancien bras, les débordements en aval sont plus fréquents. Un ancien bras de rivière situé en aval se met en eau plus fréquemment.</p> <p>Les habitations situées sur l'îlot n'ont pas été affectées par les inondations car le terrain est légèrement surélevé. Cependant, en cas de fortes précipitations, si l'ancien bras se met en eau, l'accès en voiture sur l'îlot n'est plus possible.</p>
-----------	---

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

- à l'approche de la RDC, en rive gauche la berge gauche est basse et la rivière déborde fréquemment (tous les 1 à 2 ans).
- la rivière possède, en amont du P4, plusieurs bras secondaires qui se mettent en fonctionnement lors des crues. Il s'agit d'une zone de mobilité du cours d'eau.

### 3.3. DONNEES EXTERIEURES

Une analyse d'anciennes cartographies a confirmé que la rivière présente une zone de mobilité en amont du profil P4. En effet, les limites cadastrales délimitant le lit mineur cours d'eau ne correspondent plus au tracé actuel et ne coïncident pas non plus avec le tracé relevé sur les anciennes restitutions photogrammétriques.

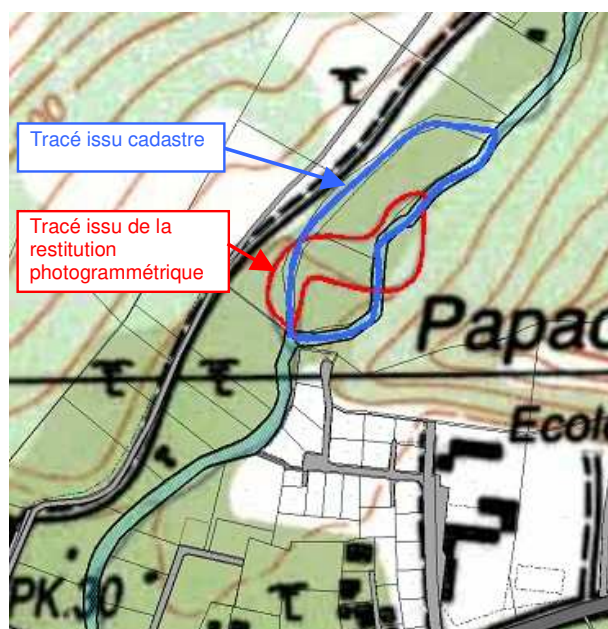




Figure 6 : Zone de mobilité du cours d'eau



### 3.4. VISITE DE TERRAIN

<b>TEREIA</b>	<p>P4 vue vers l'amont : berges naturelles Fort charriage</p> 	<p>P4 vue vers l'aval : berges protégées avec les blocs du cours d'eau.</p> 
	<p>P2 vue vers l'aval : enrochements libres en rive droite Berges non protégées et non rehaussées en rive gauche</p> 	<p>Aval RDC : rive droite et gauche protégées par des enrochements libres : cours d'eau canalisé et encaissé.</p> 
	<p>Embouchure : enrochements libres en rive gauche</p> 	<p>Embouchure</p> 

## 4. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE DU LIT MINEUR

---

### 4.1. CONSTRUCTION DU MODELE

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

#### 4.1.1. Ouvrages hydrauliques

La rivière TEREIA compte un seul ouvrage, celui de la RDC, pont à poutre d'ouverture libre 10.1 x 1.90 mht. Il a été modélisé.

#### 4.1.2. Calage du modèle

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

- 16 en amont : berges à l'état naturel, section encombrée
- 22 en amont du P3 (berges naturelles, section curée),
- 25 entre le P2 et la RDC (une berge enrochée)
- 30 en aval de la RDC (les deux berges enrochées)

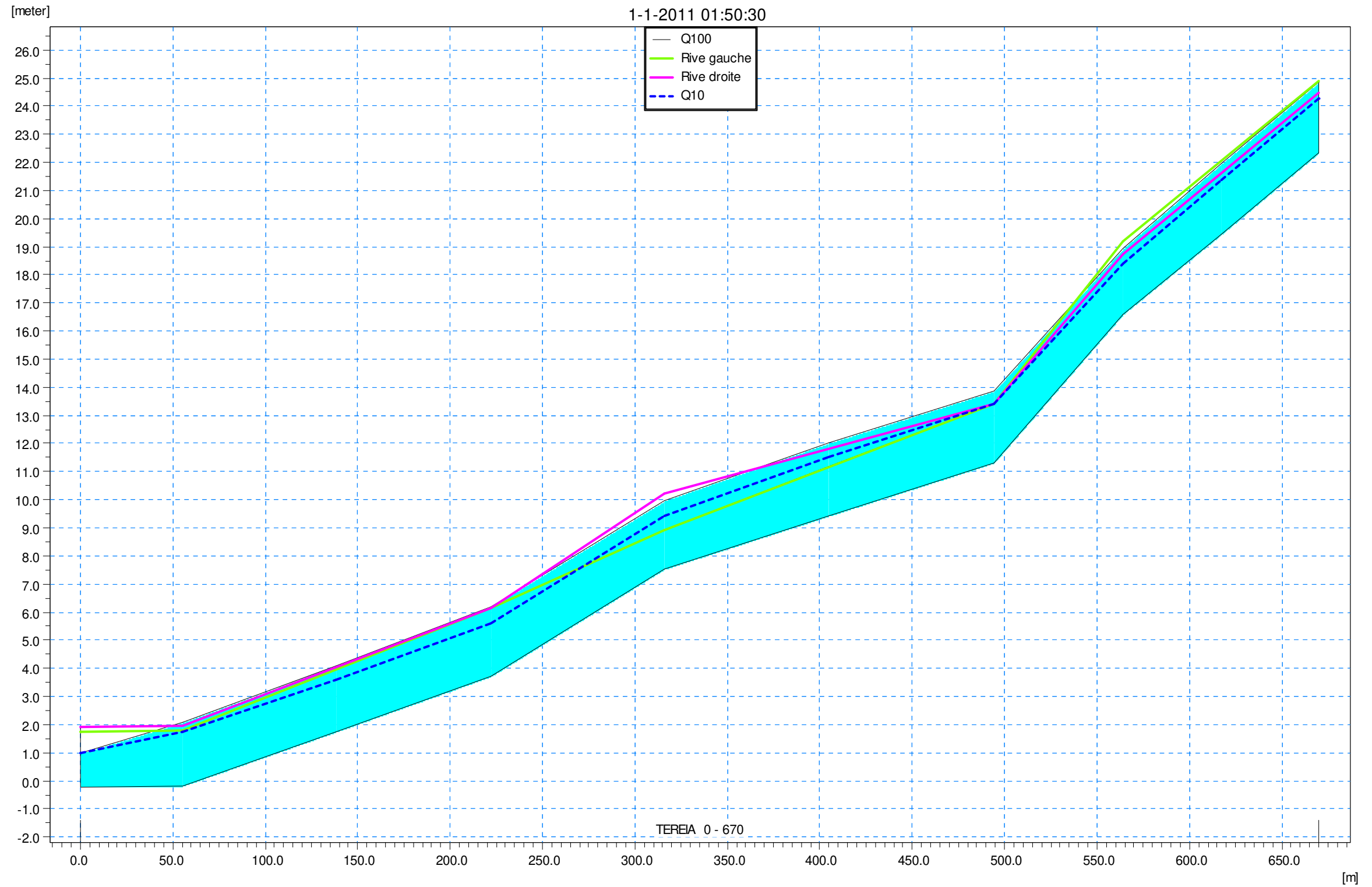
#### 4.1.3. Conditions limites

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

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

### 4.2. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

Le graphique en page suivante présente les lignes d'eau atteintes pour le Q10 (84 m<sup>3</sup>/s) et le Q100 (137 m<sup>3</sup>/s) sans embâcle en régime permanent. La totalité du débit est considérée comme transitant dans le lit mineur (la largeur maximale de la section est celle du lit mineur).



Profil en travers		P1		P2		P3		P4	
Pm	0.000	55.000	222.000	RDC	316.000	494.000		564.000	670.000

Figure 7 : Ligne d'eau Q10 et Q100 issues de la modélisation sous Mike



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

Pour la crue décennale, les débordements sont localisés entre les profils P2 et P3 (en amont du pont de la RDC) en rive gauche. Ce qui est cohérent avec l'enquête de terrain et les témoignages des riverains.

Pour la crue centennale, les débordements se généralisent en amont du profil P3. Le pont de la RDC se met en charge.

Le pont de la RDC présente :

- en Q10 un tirant d'air de 0.50 m
- en Q100 , le pont fonctionne en charge et il y donc un risque de débordement par dessus la route de ceinture.
- La mise en charge intervient pour un débit estimé à 130m<sup>3</sup>/s (période proche de la crue centennale).

## 5. ANALYSE DU LIT MAJEUR

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

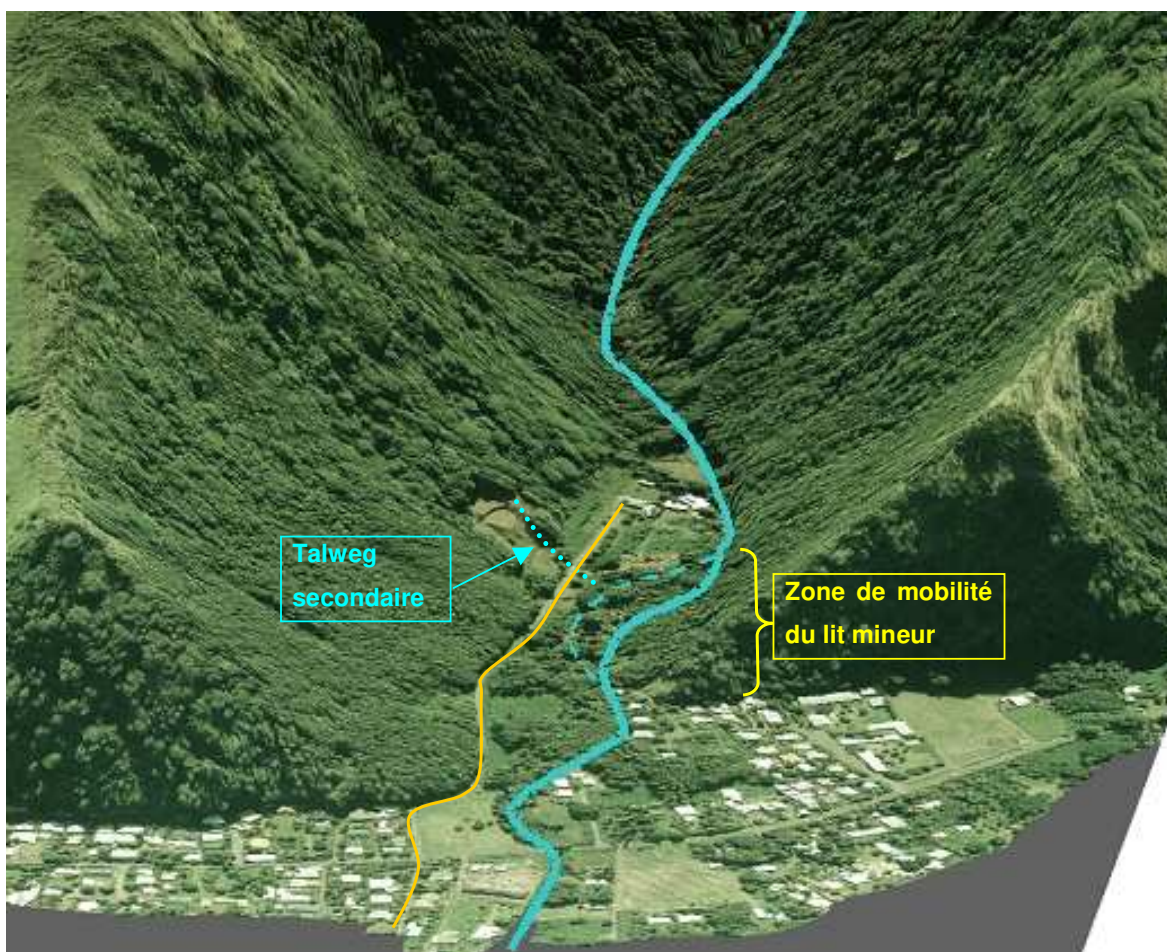


Figure 8 : Modélisation 3D du terrain à partir de la restitution photogrammétrique de l'urbanisme

La rivière TEREIA circule dans une **vallée encaissée** dont le plancher alluvial se rétrécit très vite en amont du tronçon étudié jusqu'à s'effacer complètement.

Le chemin en rive droite marque la limite entre la plaine alluviale (lit majeur) et les piémonts (lit majeur exceptionnel) (cf. ligne orange sur la Figure 8).

Au sortir de la vallée, le **cône de déjection** s'avance jusqu'en aval immédiat de la RDC. Le lit mineur est déporté vers l'ouest de ce cône.

En amont du P4 le cours d'eau présente une zone de mobilité avec plusieurs chenaux secondaires qui se mettent en eau lors des épisodes de crues (en pointillé bleu sur la Figure 8).

Un **talweg secondaire** a été identifié lors de l'enquête de terrain en rive droite. Celui ne se met en eau que lors des forts épisodes pluvieux.

L'apparition de l'habitat sur l'ensemble de la zone a modifié les chenaux d'écoulement en lit majeur :

- remblaiement des parcelles. A l'exutoire, le cours d'eau a été canalisé en ligne droite alors que par le passé il présentait un méandre vers la droite.
- murs de clôture pleins en béton

## 5.2. CARACTERISATION DE L'ALEA DES ENVELOPPES DE CRUE

### 5.2.1. Méthodologie

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

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

#### Limites de la Méthode hydrogéomorphologique <sup>4</sup> :

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

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

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

---

<sup>4</sup> Extraits de [6]

## 5.2.2. Caractérisation des enveloppes

### En aval de la RDC :

A l'approche de l'embouchure, des légers débordements peuvent se produire lors des crues exceptionnelles avec une hauteur d'eau limitée compte tenu de la possibilité d'étalement de la lame d'eau dans le lit majeur. Ces débordements indiquent un classement en **aléa faible**.

Les débordements auront lieu préférentiellement en rive gauche qui est plus basse que la rive droite

### En amont de la RDC :

En rive gauche, en aval du profil P2, des débordements ont lieu fréquemment (période de retour comprise entre 1 et 5 ans). Les débordements restent majoritairement en bordure du cours d'eau selon les témoignages. Cette zone sera classée en **aléa fort**.

Lors des fortes crues (>Q20), les débordements peuvent s'étendre avec une hauteur de 50cm environ jusqu'à la route de ceinture qui fait obstacle à l'écoulement. Cette zone sera classée en **aléa moyen**.

En aval du profil P3, en rive gauche, la capacité de transit du cours est inférieure à la crue centennale. L'écoulement des eaux est bloqué en aval par la RDC qui est en remblai pas rapport à l'amont. Cette zone sera donc classée en aléa **moyen**.

En amont du profil P2, la rive droite nettement plus basse que la rive gauche permet un **étalement des crues** préférentiel. Elle est classée en **aléa fort**.

En amont du profil P4 en rive droite, la zone présente **plusieurs chenaux secondaires** qui se mettent en eau lors des crues. A ce niveau, le lit mineur du cours d'eau n'est pas très marqué (capacité estimée inférieur au Q1). L'analyse des anciennes restitutions photogrammétriques confirme la mobilité du lit mineur. L'ensemble de la zone sera donc classé en **aléa fort**.

Enfin, compte tenu des **risques d'érosion des berges** en amont du P3, une bande d'**aléa fort** est dessinée en haut de berge sur une **largeur de 3 m**. A l'extrados des coudes, la largeur de la bande est augmentée à 5 m.

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

## 6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

---

### **En aval de la RDC :**

Le remblaiement des terrains ou la construction d'habitat sur pilotis est à préconiser dans toute nouvelle opération de construction.

(Le remblaiement des terrains est envisageable compte tenu de la proximité de l'exutoire : l'étalement actuel de la lame d'eau en lit majeur a peu d'influence sur l'écrêtement des crues.)

### **En amont de la RDC :**

- En aval du profil P3 : recalibrage du lit mineur pour lui redonner une capacité décennale : rehausse de la berge gauche pour supprimer les points bas avec si possible un remblaiement des terrains à l'arrière de la protection et construction de l'habitat sur pilotis. Pour des raisons de sécurité les solutions d'endiguement sont à proscrire.
  
- En amont du profil P3, il est recommandé de conserver la zone de débordement et de divagation en rive droite du cours d'eau car elle participe à l'étalement de la lame d'eau en cas de crue.

## **PLANS**

- PPR 030 Cartographie de l'aléa inondation
- PPR 031 Cartographie hydrogéomorphologique
- PPR 032 Cartes des enquêtes de terrain

## ▪ BIBLIOGRAPHIE

---

### **Hydrologie :**

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

### **Hydrogéomorphologie :**

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

### **Hydraulique :**

7. Hydraulique générale, A. LENCASTRE, édition 1995