



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

Lot 2 – Expertise

COURS D'EAU : RAROURI

Commune : AFAAHITI – TAIARAPU EST

Ile : TAHITI

Septembre 2010

N°rapport : 126310-03-V1

TABLE DES MATIERES

1. METHODOLOGIE	2
2. DONNEES D'ENTREES	4
2.1. Données topographiques	4
2.1.1. Lit Mineur :	4
2.1.2. Lit Majeur :	4
2.2. Données hydrologiques	4
2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la RAROURI	4
2.2.2. Calcul des débits de projet	4
3. ENQUETE DE TERRAIN	7
3.1. Enquête auprès des riverains	7
3.2. Visite de terrain	8
4. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE DU LIT MINEUR	10
4.1. Construction du modèle	10
4.1.1. Ouvrages hydrauliques	10
4.1.2. Calage du modèle	10
4.1.3. Conditions limites	10
4.2. Simulation des crues de projet	10
4.3. Identification des points et des fréquences de débordement du lit mineur	12
5. ANALYSE DU LIT MAJEUR	13
5.1. Identification des chenaux d'écoulement et des enveloppes de crue potentielles	13
5.2. Caractérisation de l'aléa des enveloppes de crue	14
5.2.1. Méthodologie	14
5.2.2. Caractérisation des enveloppes	15
6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	17

1. METHODOLOGIE

La rivière RAROURI est située au PK 5 à AFAAHITI, commune de TAIARAPU EST. Cette zone de la côte Nord de la presqu'île de Tahiti, inhabitée il y a 28 ans, s'est considérablement construite depuis.

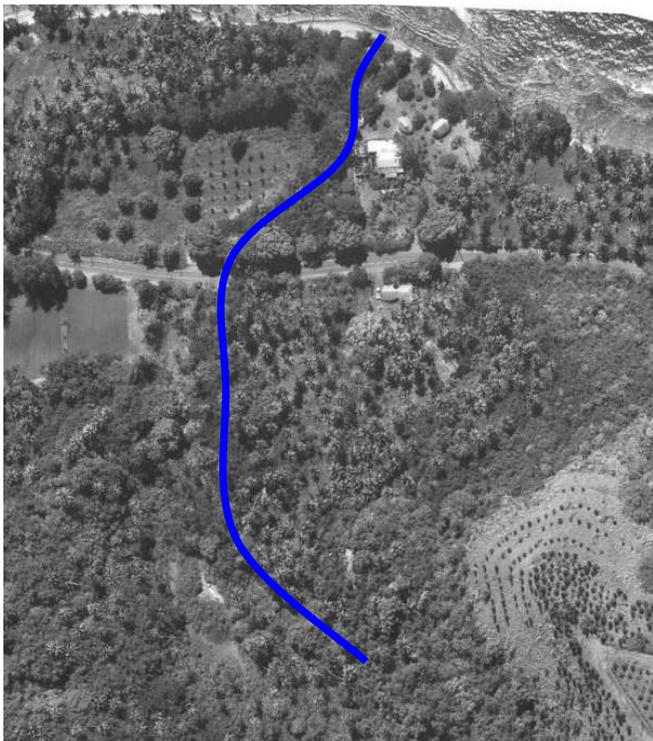


Photo de la vallée en 1982 avec deux habitations seulement en rive droite.



Photo de la vallée en 2001 avec en rouge, les habitations construites depuis 2001.

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 basée sur des profils en travers au 1/200ème
- 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 400 m à partir de l'embouchure ce qui correspond au tronçon habité de la vallée. En amont du tronçon étudié, une zone de débordement a été signalée lors de l'enquête de terrain et intégrée dans la cartographie.

2. DONNEES D'ENTREES

2.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

2.1.1. Lit Mineur :

La modélisation du lit mineur, qui se fait sur 400 ml, est basée sur 5 profils en travers, effectués par le cabinet WILD en mai 2010. Ces profils sont espacés de 80 m en moyenne.

Les débordements amonts signalés lors de l'enquête de terrain ont été indiqués sur la carte des aléas.

2.1.2. Lit Majeur :

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

A titre d'information, un 1/5000^{ème} 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 RAROURI

2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la RAROURI

Les caractéristiques des deux bassins versants sont données ci-dessous :

Surface	3.7 km ²
Longueur du plus long chemin hydraulique	6716 m
Pente moyenne pondérée	8.3%
Temps de concentration (formule de Kirpich ¹)	45 mn

2.2.2. Calcul des débits de projet

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]

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

- 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]

- **Caractéristiques de la pluie de projet utilisée pour la RAROURI**

Station ² :	Taravao
Durée de pluie intense	< 60 mn

Coefficients de Montana ³		
	P10	P100
a	4.91	5.65
b	-0.30	-0.26

- **Estimation des débits de la RAROURI**

- **Méthode globale CRAEGER**

La méthode est la suivante :

- 1) Recherche du débit maximal connu sur un bassin voisin de la RAROURI disposant d'observations (la Vaitepiha)
- 2) Détermination des rapports entre débit maximal et débit caractéristique 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	Module spécifique
	m ³ /s	m ³ /s/km ²
Q10	64	17.3
Q100	96	26

- **Méthode Rationnelle et Gradex (ANTEA)**

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

		Q10	Q100
Intensité pluvieuse (Tc, 100 ans)	mm/mn	1.58	2.12
Q100	m ³ /s	49	82
Module spécifique centennal	m ³ /s/km ²	13.2	22.2

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

³ Données extraites de [1]

○ **Choix du débit de projet**

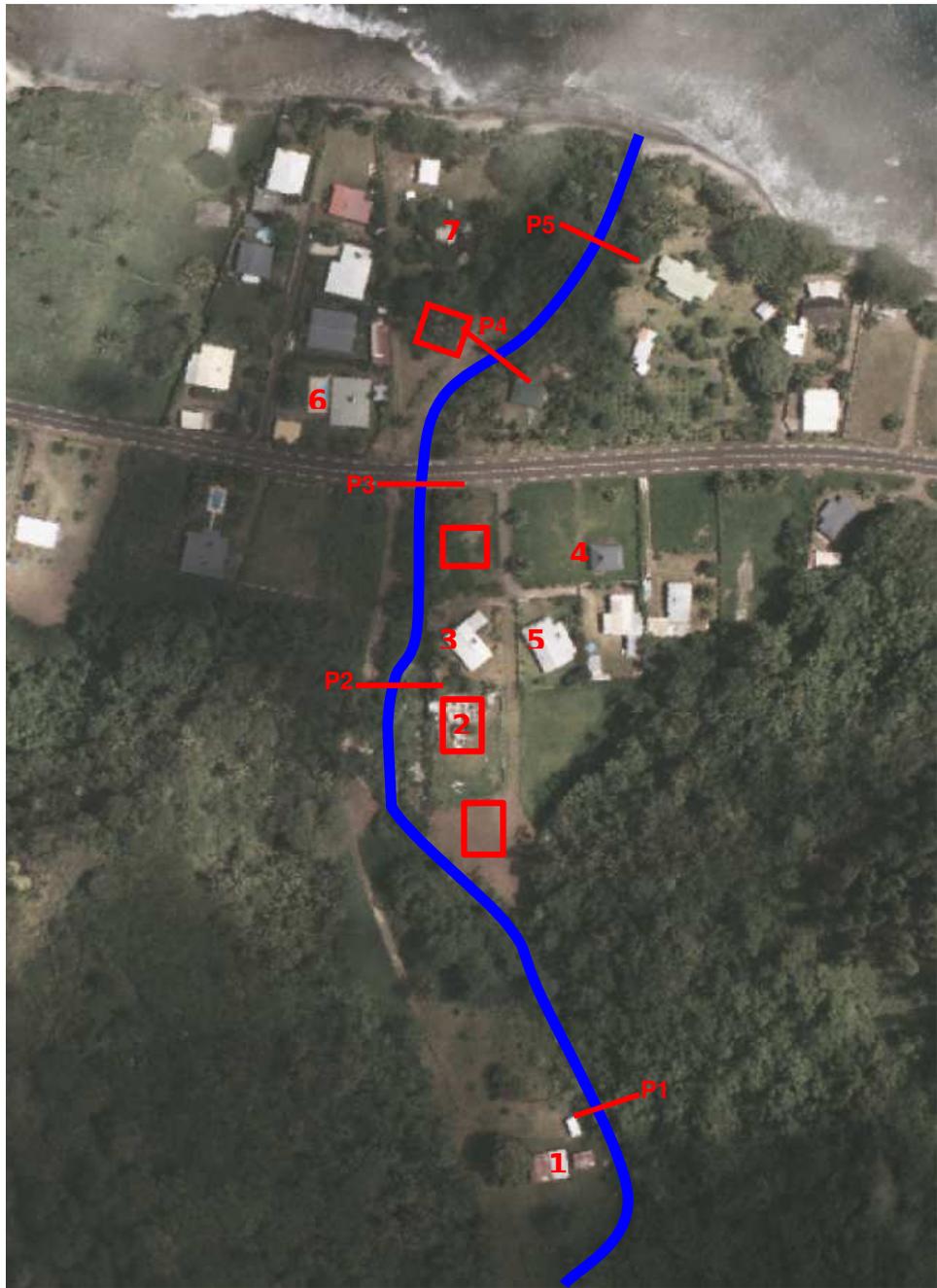
On note un écart de 17 % entre les deux méthodes de calcul sur le débit centennal et de 30 % sur le calcul décennal.

Le ratio entre le Q100 et le Q10 est de 1.5 pour la méthode CRAEGER (ratio retrouvé à partir des estimations statistiques sur la rivière voisine de Vaitepiha) et de 1.7 pour la méthode développée par ANTEA, qui est plus proche des ratios usuels sur Tahiti.

En l'absence de mesures et selon les souhaits du client, les valeurs les plus pessimistes seront retenues à savoir celle de la méthode CRAEGER :

Q10		64
Q100	m3/s	96

Le débit décennal, qui marque l'enveloppe de l'aléa fort, est donc plus élevé qu'avec les ratios usuels ce qui se retranscrit sur la cartographie de l'aléa.



3. ENQUETE DE TERRAIN

3.1. ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS

L'enquête a été menée en mai et août 2010. 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 (amont vers l'aval)	Témoignage	Commentaires
1 (profil P1)	Débordements annuels par les points bas des berges jusqu'au fare potee. A fourni les limites de débordement exceptionnel en lit majeur (voir plan PPR 030).	
2 Au droit de P2 en rive droite	Depuis 5 ans dans le quartier. Aucun débordement signalé pendant cette période.	
3 entre P2 et P3 rive droite	Depuis 2 ans dans le quartier. Aucun débordement pendant cette période.	
4 en amont de la RDC rive droite, à 50 m du pont	Depuis 13 ans dans le quartier Débordement sur la parcelle en raison d'embâcles sous le pont. L'eau s'est rapidement évacuée.	Pont de la RDC refait depuis.
5 entre P2 et P3 rive droite	Installé depuis peu (moins d'1 an). Pas de débordement cette année.	
6 En aval du pont de la RDC rive gauche	Depuis 20 ans dans le quartier. Débordements en 1998 causés par des embâcles bloqués sous l'ancien pont. L'eau passait par dessus la RDC et inondait la servitude (0.2 cm d'eau dans le jardin). Depuis, le pont de la RDC a été refait et des caniveaux de part et d'autres de la RDC interceptent les écoulements.	Pont de la RDC refait
7 au droit de P5 rive gauche	Depuis 10 ans dans le quartier Débordements en rive gauche et droite, environ 40 cm d'eau. Fréquence non précisée.	

La principale difficulté est liée au manque d'ancienneté des riverains et à l'absence de données sur la fréquence des évènements. De plus, lors des visites, les propriétaires des habitations situées en aval de la RDC en rive droite étaient absents. Il n'y a donc pas d'information des riverains sur la fréquence des débordements en rive droite.

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

- débordements fréquents en aval de la RDC notamment en rive droite
- en amont de la RDC, les débordements restent concentrés entre la rivière et la piste
- les embâcles génèrent des inondations en rive droite et gauche mais qui sont vécues par les riverains comme mineures, surtout depuis la réfection du pont et la réalisation d'un réseau d'assainissement longitudinal.

3.2. VISITE DE TERRAIN

<p>P1 vers l'amont : berges naturelles ; falaise en rive droite</p> 	<p>P1 vers l'aval : berges naturelles</p> 
<p>P2 vers l'amont : rive droite en enrochements bétonnés. Lit mineur composé d'une double section</p> 	<p>P2 vers l'aval : lit canalisé</p> 
<p>P3 vers l'aval : rive gauche enrochée sur 50 m</p> 	

P5 vers l'amont : berges peu marquées ; habitations sur pilotis



P5 vers l'aval : exutoire peu marqué et engravé



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 RAROURI compte un seul ouvrage, celui de la RDC, composé d'un dalot de 6 x 2.25 m ht. 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 :

- 22 en amont du P2 (berges naturelles, section relativement dégagée)
- 40 entre le P2 et la RDC (canal bétonné)
- 30 en aval de la RDC (les deux berges enrochées)

Une simulation « avec embâcle » a également été menée en considérant une obstruction de l'ouvrage de la RDC par des embâcles sur 50% de la section.

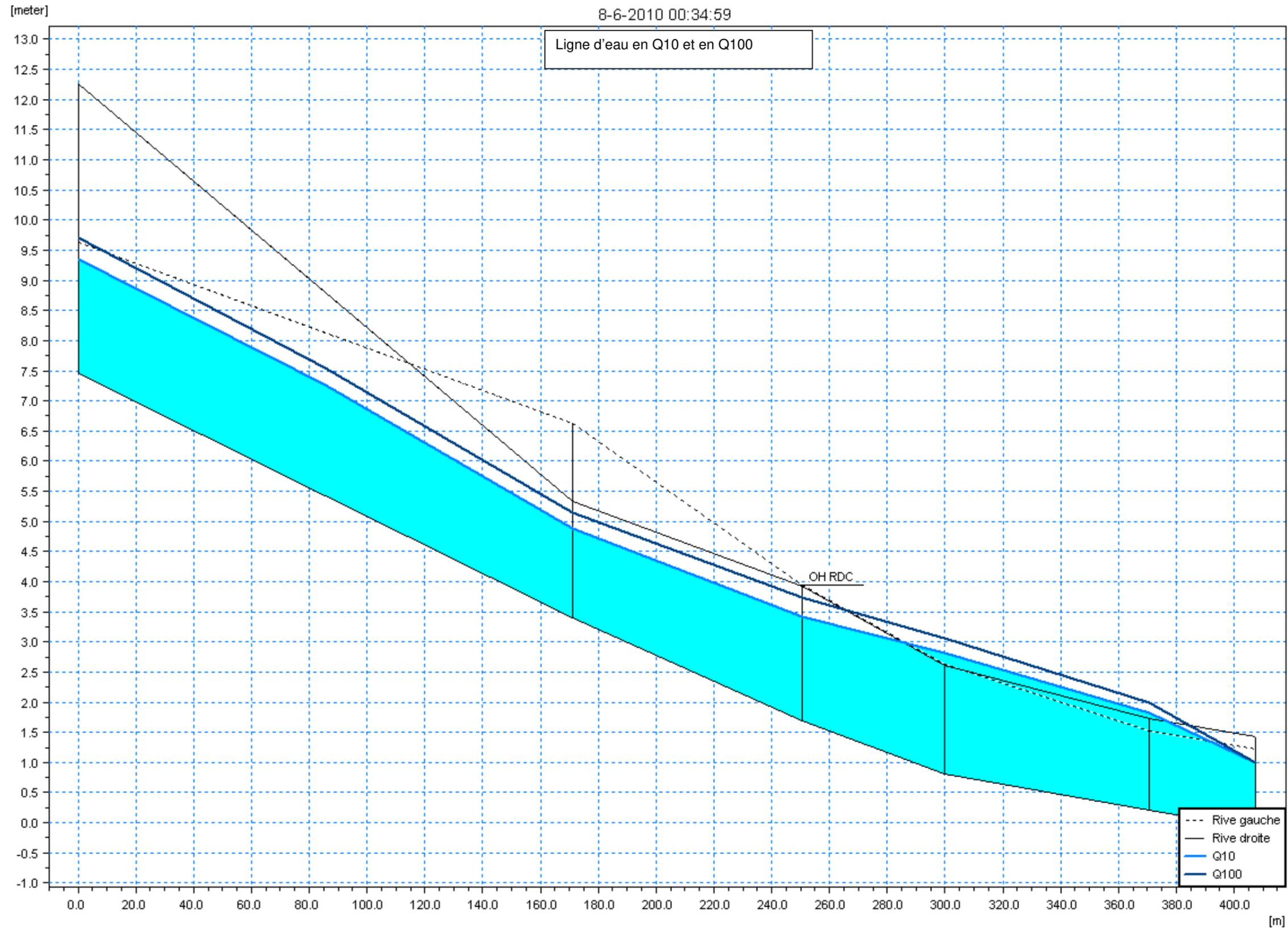
4.1.3. Conditions limites

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 centennal en régime permanent présenté au § 2.2.2.

4.2. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

Le graphique en page suivante présente les lignes d'eau atteintes pour le Q10 et le Q100 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).



Cross section ID

PT1

PT2

PT3

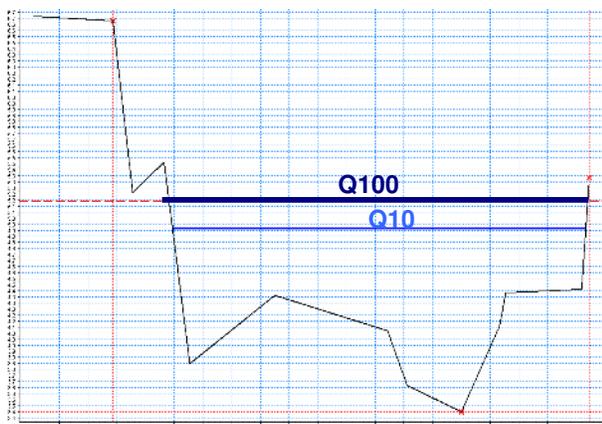
PT4

PT5

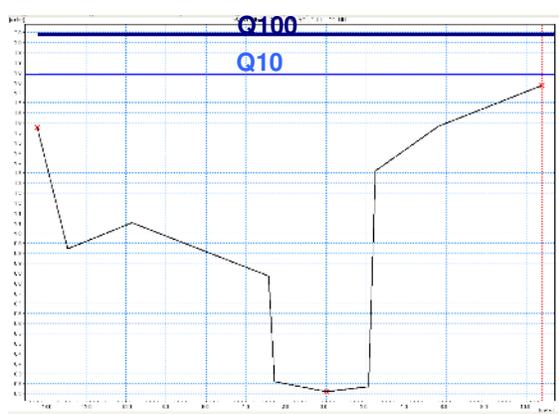
4.3. IDENTIFICATION DES POINTS ET DES FREQUENCES DE DEBORDEMENT DU LIT MINEUR

En amont de la RDC, entre le PT 2 et la RDC, le lit mineur est composé d'une double section entièrement noyée en Q10 et en Q100 comme le montre le profil PT 2 ci-dessous. Il n'y a pas de débordement du lit mineur.

En Q10 et en Q100, les débordements hors lit mineur se produisent uniquement en aval de la RDC sur les deux rives comme le montre le PT 5 ci-dessous.



Profil en travers PT 2 sous MIKE 11 (échelle des Y accentuée) avec ligne d'eau en Q10 et Q100



Profil en travers PT 5 sous MIKE 11 (échelle des Y accentuée) avec ligne d'eau en Q10 et Q100

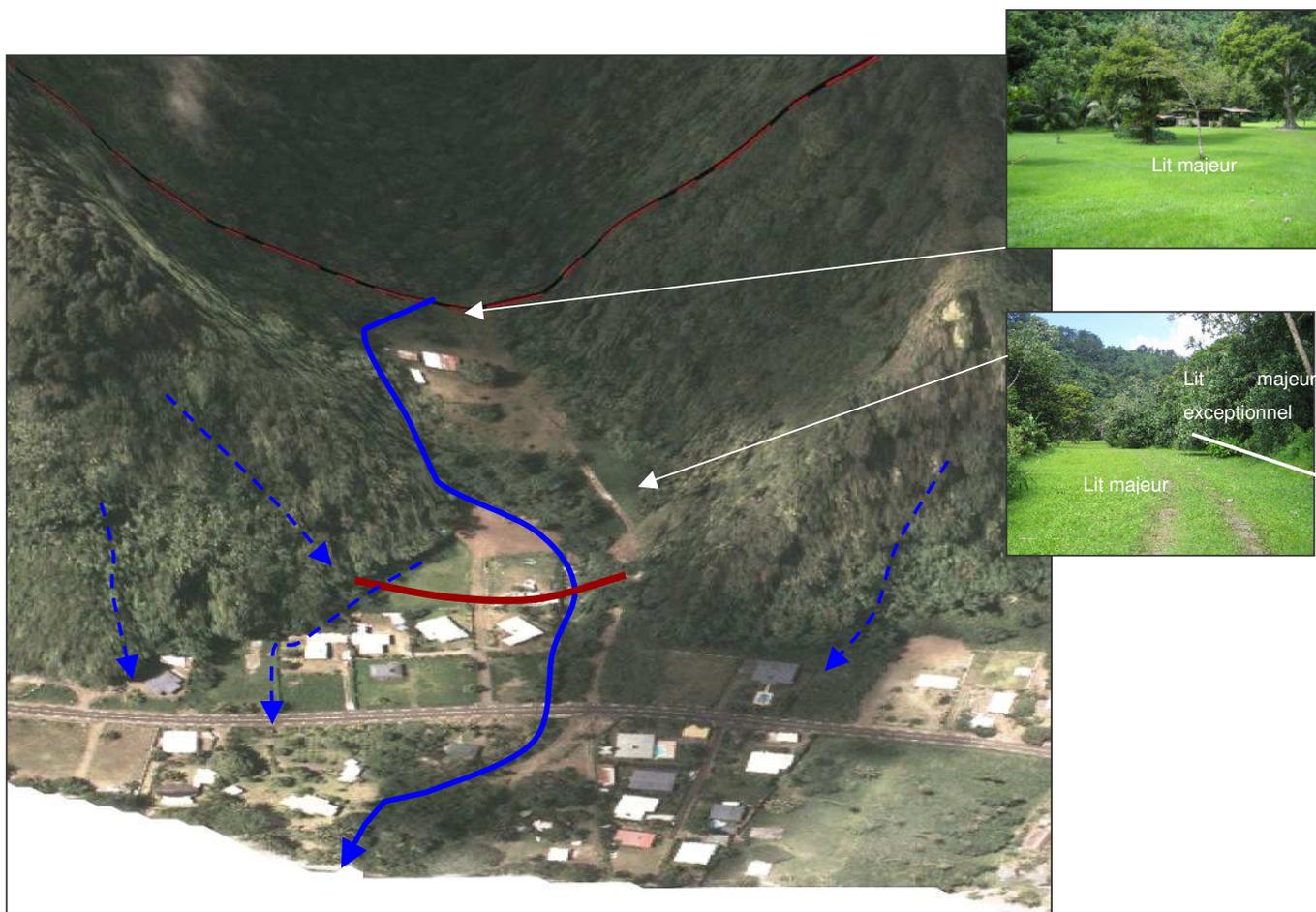
Le pont de la RDC (refait depuis décembre 1998) présente :

- en Q10 un tirant d'air de 0.75 m
- en Q100 un tirant d'air de 0.2 m, ce qui ne permet pas de laisser passer les embâcles.

Embâcles : Si l'on considère l'obstruction de l'ouvrage de la RDC à 50% par des embâcles, la mise en charge de l'ouvrage intervient dès le Q6 mois et le déversement par dessus la RDC intervient en Q2 à Q5, ce qui est assez rapide.

5. ANALYSE DU LIT MAJEUR

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



La rivière RAROURI 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 gauche marque la limite entre la plaine alluviale (lit majeur) et les piémonts (lit majeur exceptionnel) (cf. photo ci-dessus).

Au sortir de la vallée, où se situe le front du cône de déjection peu marqué (signalé en marron ci-dessus), le plancher alluvial rejoint la plaine littorale où il atteint une largeur de près de 200 m, développée principalement en rive droite.

Des thalwegs secondaires (flèches en pointillé bleu) en rive droite et gauche, non drainés à leur arrivée sur la plaine, créent des zones d'humidité voire des mares lors des périodes pluvieuses en amont de la RDC.

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

- remblaiement de parcelles
- mur de clôture plein 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 ⁴ :

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 (décennaires 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.

⁴ Extraits de [6]

5.2.2. Caractérisation des enveloppes

En aval de la RDC :

Les débordements compris entre Q1 et Q10 se produisent en aval de la RDC. Ces débordements fréquents indiquent un classement en **aléa fort** dans la zone la plus déprimée autour du cours d'eau (cote des berges + 0.5 m < TN < cote des berges + 1 m), identifiée à partir des profils en travers et de la restitution photogrammétrique. Au delà, la zone est classée en **aléa moyen**.

En rive gauche, le terrain étant relativement plat jusqu'au mur plein longeant la servitude, l'ensemble du terrain est placé en **aléa moyen**, la partie Est du terrain jouxtant la rivière étant en **aléa fort**.

La possibilité de blocage d'embâcles sous le pont conduit à étendre la zone de débordement en rive gauche en aval de la RDC au delà du lit majeur identifié.

Compte tenu :

- de l'enquête de terrain (lame d'eau inférieure à 0.25 m),
- de la création de caniveaux en aval de la RDC interceptant une partie de ces écoulements
- de la rehausse du pont qui diminue la fréquence de blocage d'embâcle,

cette zone correspondant aux débordements d'embâcle est classée en **aléa faible**.

A défaut, le lit majeur géomorphologique est classé en **aléa faible**.

En amont de la RDC :

- la double section du lit mineur est classée en **aléa fort** ce qui représente une bande d'une largeur de 15 m environ.

- Le terrain situé dans le méandre au droit du PT1 est classé en **aléa moyen** (hauteurs d'eau inférieures à 0.5 m, zone très dégagée permettant un étalement immédiat de la lame d'eau.

- entre ce terrain et la RDC la zone située entre le lit mineur et la piste est classée en **aléa moyen**, conformément aux dires de l'enquête de terrain, à laquelle est ajoutée la zone humide identifiée à gauche de la piste en amont immédiat de la RDC. Cette zone humide peut également être alimentée par les thalwegs secondaires débouchant à proximité.

Le reste de la zone géomorphologique identifiée comme lit majeur sera classé en **aléa faible** par mesure de sécurité, même si les témoignages ainsi que la modélisation ne montrent aucun débordement en Q100.

En rive droite, au-delà du lit majeur géomorphologique, l'arrivée de petits thalwegs secondaires sur la plaine littorale où ils ne sont pas canalisés, peut générer localement des mares et petites inondations.

Les terrains récemment construits étant entourés de murs pleins, ces écoulements, peu puissants au vu des débits (inférieurs à 1m³/s) vont stagner sur place et s'infiltrer. Une partie des débits est susceptible de serpenter entre les clôtures vers les points les plus bas. Cette zone de stagnation d'eau est marquée en **aléa moyen**, les zone surélevées alentours étant en **aléa faible**.

6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

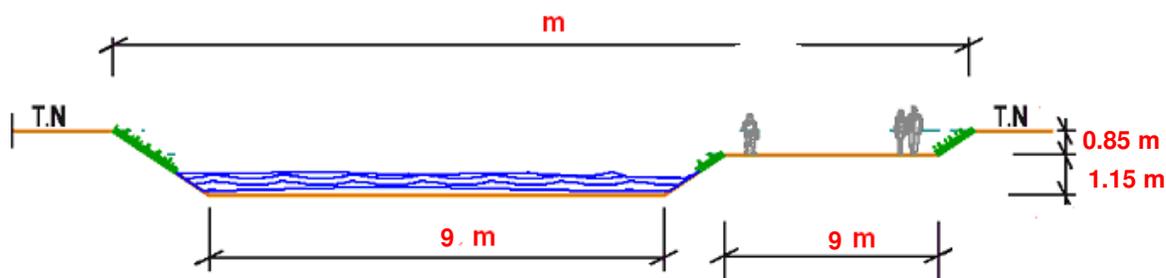
En aval de la RDC, le **remblaiement des terrains** situés en dessous de la cote atteinte par le cours d'eau en Q10 est à préconiser dans toute nouvelle opération de construction.

Compte tenu de la proximité de l'exutoire, ce remblaiement n'aggraverà pas les débordements en aval.

La construction dans le lit mineur de la RAROURI doit être interdite et la section mixte en amont de la RDC doit être conservée.

Programme de travaux :

- Suppression du point bas de la berge en amont du PT 1 à l'origine des débordements sur le terrain du méandre
- Recalibrage en aval de la RDC en conservant une section mixte de 22 m en gueule, 9 m en base, et en augmentant la hauteur actuelle de la section de 0.5 m (abaissement du fil d'eau par curage et/ou remblaiement des terrains et /ou rehausse des berges)



PLANS

- PPR 030 Cartographie hydrogéomorphologique
- PPR 031 Cartographie de l'aléa inondation

BIBLIOGRAPHIE

Hydrologie :

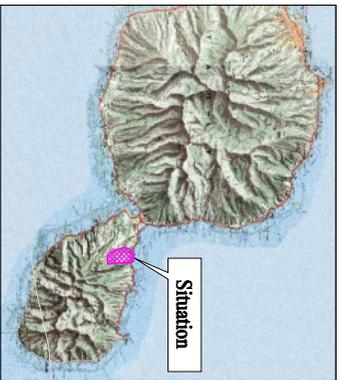
1. Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti – G. WOLTING, 2000
2. Evaluation des maximums de crue sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale – J. DANLOUX, 2003
3. Assistance technique pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa inondation en Polynésie française – Convention 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 :

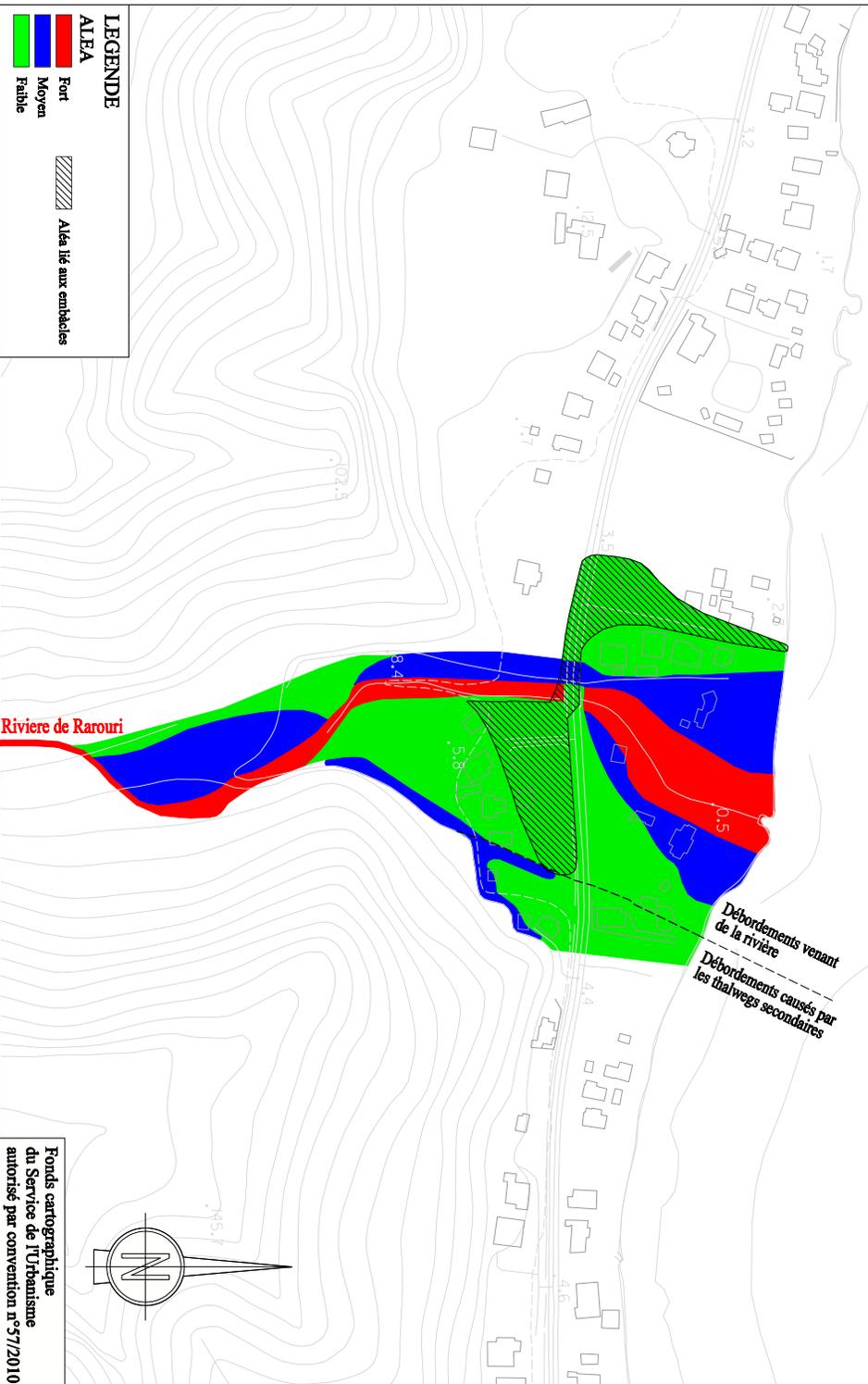
6. Les bases techniques de la méthode Inondabilité – Editions CEMAGREF – O. GILARD, 1998

Hydraulique :

7. Hydraulique générale, A. LENCASTRE, édition 1995



Situation



Rivière de Rarouri

Débordements venant de la rivière
Débordements causés par les thalwegs secondaires

Fonds cartographique du Service de l'Urbanisme autorisé par convention n°57/2010

Polynésie Française
Commune de TAIRARAPU-EST
Section de AFAAHITI
Ile de TAHITI



Ministère des affaires foncières,
de l'aménagement, de l'habitat et de l'équipement
en charge de l'Urbanisme
Service de l'urbanisme
Section études et plans

**Cartographie de l'Aléa inondation
au droit de cours deau
de la Polynésie Française
Lot 2 (Expertise)**

RAROURI

N° affaire : 1263 10 EP

P P R 0 3 1 ECHELLE
1/3000

Cartographie de l'Aléa inondation

DESSINE PAR	DATE	HEURE	
R.T.	03/09/10	10H21	
VERIFIE PAR	V.A.		
INDICE VISAS	DATE	HEURE	DESIGNATION



B.E.T
B.P 2120 - PAPERTE - TAHITI
Tél : 50.81.81
Fax : 41.00.36