



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

Lot 2 –TAHITI

COURS D'EAU : VAITIA

Commune : **PAPARA**

Ile : **TAHITI**

Avril 2012 – V3

N°rapport : 1374 11 -01-V3

TABLE DES MATIERES

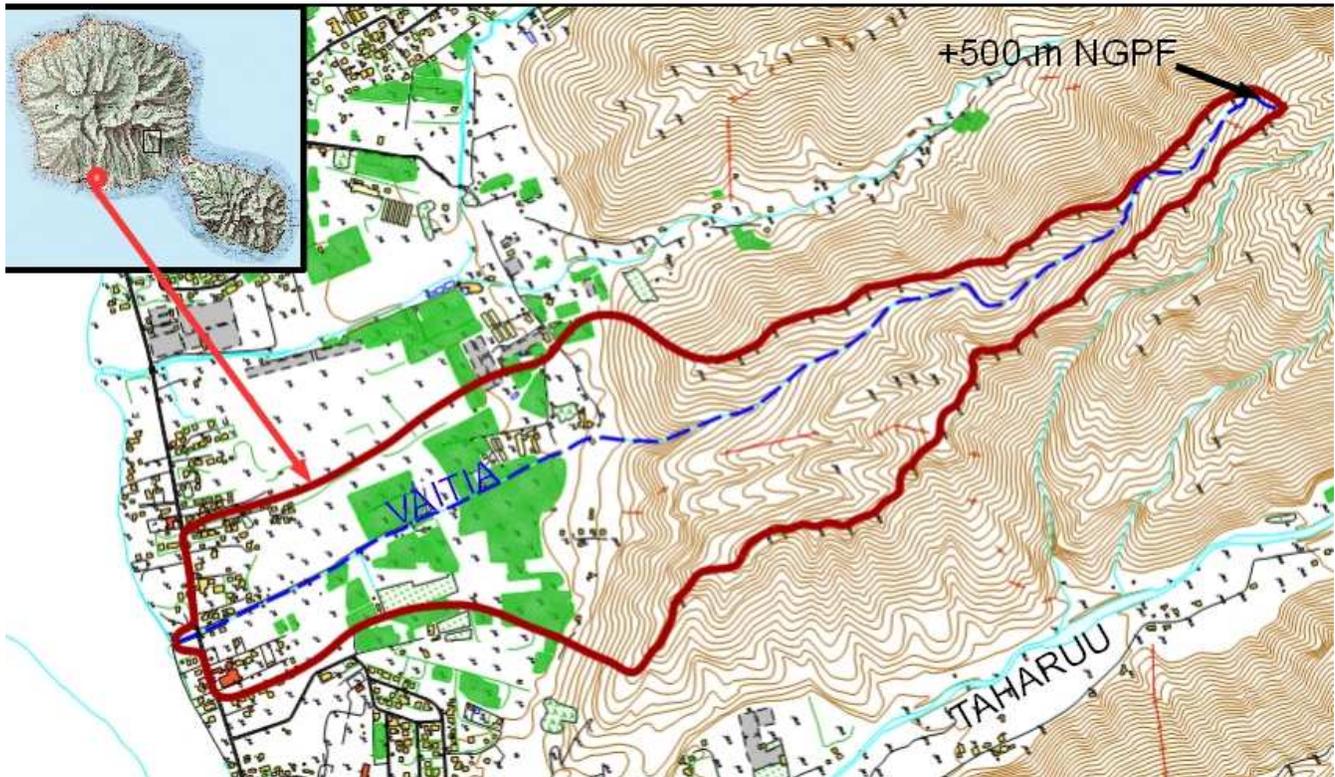
1. METHODOLOGIE	3
2. DONNÉES D'ENTRÉES	6
2.1. Données topographiques	6
2.1.1. Lit Mineur :	6
2.1.2. Lit Majeur :	6
2.2. Données hydrologiques	6
2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la Vaitia	6
2.2.2. Calcul des débits de projet	7
3. ENQUETE DE TERRAIN	9
3.1. Enquête auprès des riverains	9
3.2. Visite de terrain	10
3.3. Analyse hydrogéomorphologique	12
4. CONSTRUCTION DU MODELE	14
4.1. Lit Mineur (logiciel MIKE 11)	14
4.1.1. Ouvrages hydrauliques :	14
4.1.2. Calage des coefficients de Manning-Strickler	15
4.1.3. Conditions limites	15
4.2. Lit Majeur (MIKE 21)	16
4.2.1. Topographie	16
4.2.2. Coefficients de Manning-Strickler	16
4.2.3. Conditions limites :	16
4.3. Couplage lit Majeur / lit mineur	18
5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET	19
5.1. Comparaison des Scénariis envisagés	19
5.2. Commentaires sur le scenario « AHOARAA + VAITIA »	22
5.2.1. Choix des simulations	22
5.2.2. Constat en lit mineur de la VAITIA	22

5.2.3. Constat en lit majeur	23
5.2.4. Cartographie	23
6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	24
6.1. Enjeux	24
6.2. Variantes d'aménagement	24
6.2.1. Maîtriser les débordements dans la cuvette de la VAITIA entre le P10 et le P 32	24
6.2.2. Maîtriser les débordements de la VAITIA et les risques d'érosion entre le P2 et le P 725	

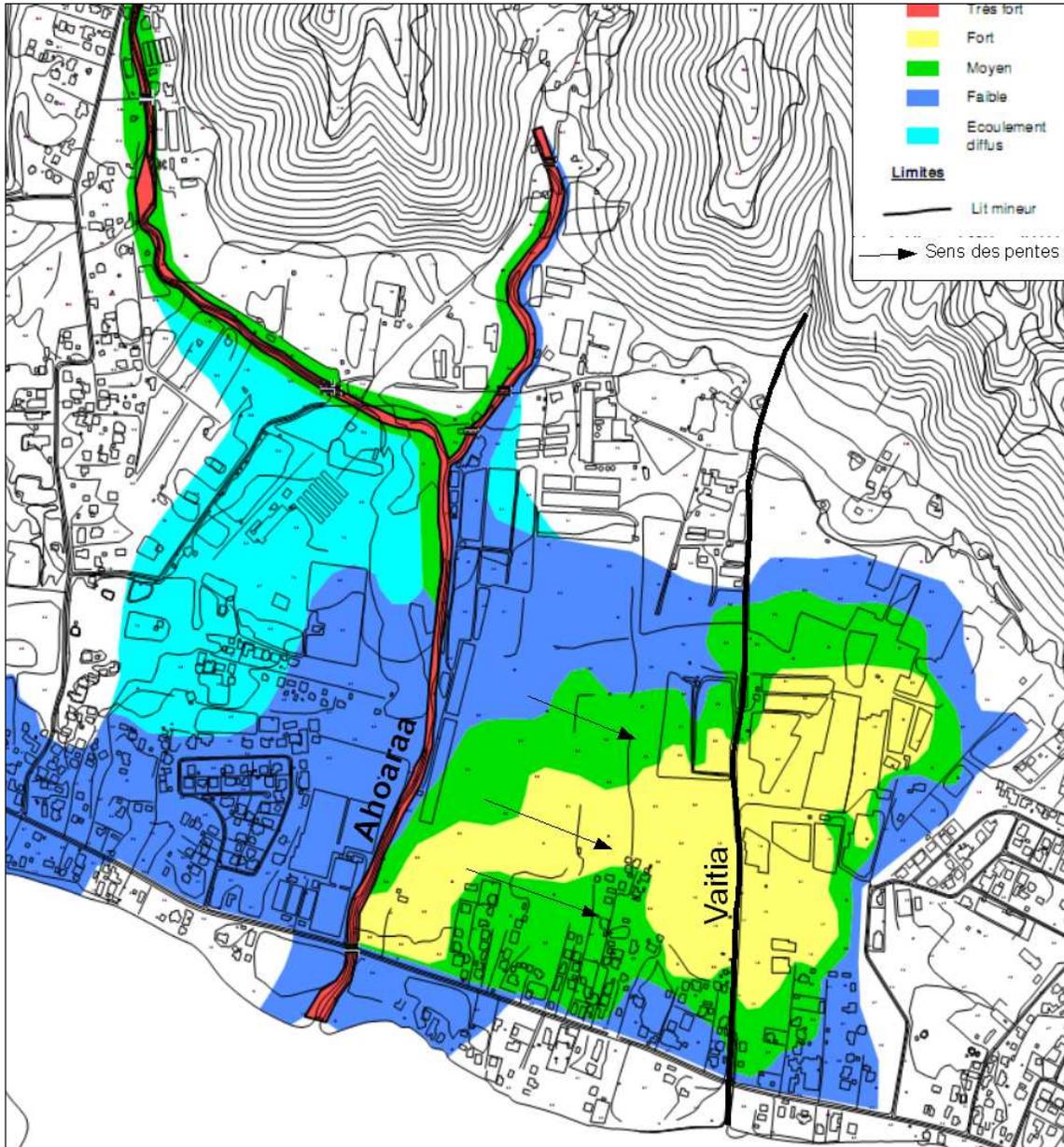
1. METHODOLOGIE

La rivière **Vaitia** est située au PK 37.8, sur la commune de PAPARA, île de TAHITI, dans un secteur en cours d'urbanisation.

La figure ci-dessous présente son bassin versant ainsi que son positionnement sur l'île de TAHITI



La VAITIA partage son lit majeur avec la rivière AHOARAA comme le montre la carte ci-dessous, issue de la modélisation 2D de l'Ahoaraa effectuée par BCEOM lors d'ARAI 1.



Le rapport de modélisation de BCEOM accompagnant cette carte et intitulé « Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours d'eau de Polynésie française – Cours d'eau : TAHARUU » et réalisé en 2006 dans le cadre du programme ARAI 1, précise :

« Un ouvrage de décharge existe à l'Est du pont de l'Ahoaraa mais cet ouvrage sert à l'évacuation d'un cours d'eau **situé entre la Taharuu et l'Ahoaraa**. Ce **cours d'eau draine un bassin versant important** mais ne fait pas l'objet de la présente étude. Il n'a donc pas été pris en compte dans le modèle. Par mesure de sécurité, on considère que la capacité d'évacuation de l'ouvrage de décharge sous la route

est entièrement utilisée par ce cours d'eau. Il ne peut donc intervenir dans la vidange de la zone de stockage pendant la période intense de la crue. »

Les débits provenant de l'Ahoaraa doivent donc être pris en compte dans la cartographie des inondations de la Vaitia ce qui ne peut se faire qu'avec **un modèle 2D**.

En conséquence, **la méthodologie proposée pour la Vaitia dans le cahier des charges est une modélisation 2D**.

Le linéaire d'étude est de 1400 m à partir de l'embouchure, ce qui englobe la plaine littorale jusqu'au pied de montagne.

La démarche retenue pour cette modélisation est la suivante :

- 1) **Visite de terrain** avec rencontres des riverains afin d'établir une liste des points noirs la plus exhaustive possible et d'identifier les éventuelles traces hydrogéomorphologiques
- 2) Réalisation de la **cartographie hydrogéomorphologique**
- 3) **Modélisation du lit mineur et du lit majeur de la Vaitia**
 - Construction du modèle 2 D de la VAITIA (lit majeur + lit mineur)
 - Construction et vérification des conditions limites imposées par les débordements de l'Ahoaraa
 - Intégration au modèle 2 D des conditions limites de l'Ahoaraa
 - Edition des cartes de hauteur d'eau et vitesse maximale au cours de la crue
- 4) Vérification de la **concordance entre l'hydrogéomorphologie, l'enquête de terrain et la modélisation 2D**
- 5) **Caractérisation des aléas**

2. DONNEES D'ENTREES

2.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

2.1.1. Lit Mineur :

La modélisation du lit mineur est basée sur des profils en travers du lit mineur au 1/200^{ème} espacés de 80 m réalisés par le cabinet WILD en septembre 2011.

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. Cette restitution permet d'établir un modèle numérique de terrain.

A titre d'information, un 1/5000^{ème} est bâti avec une densité moyenne de points cotés à raison d'1 point tous les 150 m (1 point tous les 3 cm sur plan). Cette densité de points est plus élevée sur la zone d'étude grâce au dégagement des terrains agricoles. Elle est **d'un point tous les 70 m en moyenne**.

2.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

Aucune observation de débit n'a été effectuée sur la VAITIA

2.2.1. Caractéristiques du bassin versant de la Vaitia

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont les suivantes :

- Superficie : 1.48 km²
- Plus long chemin hydraulique : 3.7 km
- Pente moyenne pondérée : 1.44%
- Pente moyenne globale : 13.8 %

Les caractéristiques hydrologiques sont les suivantes :

Temps de concentration (formule de Kirpich ¹)	23 mn
Coefficient de ruissellement décennal	0.5

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

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]
- 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 Vaitia

Station :	Vahiria P2 ²
Durée de pluie intense	< 30 mn

Coefficients de Montana ³		
	P10	P100
a	5.08	6.43
b	-0.27	-0.27

▪ Estimation des débits de la Vaitia

○ Méthode globale CRAEGER

La méthode est la suivante :

- 1) Recherche du débit maximal connu sur un bassin voisin de la Vaitia disposant d'observations (Taharuu)
- 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 :

		Q10	Q100
Débit de projet	m3/s	26	43
Module spécifique	m3/s/km ²	17.4	28.7

² Station pluviométrique retenue par ANTEA dans [3].

³ Données extraites de [1]

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

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

		Q10	Q100
Intensité pluvieuse (55 mn, X ans)	mm/mn	2.17	2.77
Débit de projet	m3/s	24	39
Module spécifique	m3/s/km ²	16.2	26.3

○ **Choix du débit de projet**

Les résultats obtenus par les deux méthodes sont similaires. Par sécurité, le débit retenu est le plus élevé soit :

		Q10	Q100
Débit de projet	m3/s	26	43

3. ENQUETE DE TERRAIN

3.1. ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS

L'enquête a été menée en octobre 2011.

PT (amont vers l'aval)	Témoignage	Commentaires
PT 3 à 100 m en RD	Pas d'inondation des habitations situées en rive droite depuis 30 ans.	Lit encaissé. La passerelle béton fait déversoir lors des crues. Le profil en long routier permet de conserver les écoulements dans l'axe du lit mineur.
PT 20 en RG	Débordements fréquents (annuels) en rive gauche de 0.6 à 0.8 m ht, avec de faibles vitesses (les riverains parlent de lac). Ces débordements s'étendent sur plusieurs dizaines de mètres.	Curage fréquent nécessaire pour limiter les débordements.
PT28-PT12 en RD	Débordements fréquents (annuels) en rive droite de 0.2 m ht, avec de faibles vitesses. Ces débordements s'étendraient sur toute la zone agricole située entre l'AHOARAA et la VAITIA (constituée essentiellement de tarodières, qui sont les seuls légumes à supporter une immersion) et toucheraient également les habitations limitrophes au sud (0.2 à 0.4 m ht)	Débordements provenant également de l'Ahoaraa selon les riverains.
PT 30 à 120 m du lit mineur en rive gauche	Jamais inondé par la rivière	Habitants depuis 10 ans
PT 29-32	Déversements fréquents en rive gauche (0.1 à 0.2 m ht), notamment lors des fortes houles qui « agitent » l'écoulement.	Riverains depuis 5 ans
PT31-30	Débordements fréquents mais réduits (0.1 à 0.2 m) accentués par les fortes houles et l'ensablement du pont et de l'embouchure.	Riverains depuis 10 ans
PT30-32 à 120 m du lit mineur en rive droite	Magasin et habitants jamais inondés par la rivière.	Propriétaire du magasin depuis 20 ans Habitants depuis 30 ans

La rivière « Vaitia(i) » signifie en tahitien « l'eau qui attend, l'eau qui stagne ». Cette appellation correspond aux descriptions faites des débordements par les riverains dans la zone agricole : « un lac sur lequel on peut faire de la pirogue ».

Les conclusions de cette enquête de terrain sont les suivantes :

- 1) **Débordements annuels** principalement sur la **zone agricole en amont de la RDC**, avec des **faibles vitesses**.
- 2) L'**Ahoaraa** serait **en partie à l'origine** de ces **débordements**
- 3) **Ensablement du pont de la RDC**, sous influence lagonaire.

3.2. VISITE DE TERRAIN

Le tableau suivant présente la morphologie du cours d'eau sur la zone d'étude :

<p>Du pont de la RDC (P32) vers l'embouchure (P37) : 75 ml Lit canalisé (8 à 10 m de large)avec berges enrochées (h= 1.6 à 2 m) avec pente < 0.1%. Ensablement du lit.</p>		
		
<p>Pont de la RDC vue de l'amont (P32) double pont cadre (2 x 5.2 m x 2 m ht) avec pente < 0.1%. Ensablement du pont.</p>		
		

Du pont de la RDC (P 32) vers l'amont (P 19) : 690 ml
Berges enrochées (6 à 10 m x 1 à 2 m ht) avec pente < 0.1%



PT 19 au PT 7 (423 ml)
Canal en terre (5 à 9 m x 0.5 à 1.5 m ht) avec pente de 0.8%. Cours d'eau enherbé.

PT 19 vers l'amont



PT 19 vers l'aval



PT 7 au PT 1 (175 ml)
Berges naturelles (3 à 8 m x 1.5 à 3 m ht) avec pente de 7.14%

PT 3 vers l'amont : aménagement de seuils pour limiter les vitesses



PT 3 vers l'aval : cours d'eau très végétalisé.



En aval du PT7, la rivière présente une **section homogène**, avec de **très faibles pentes et des hauteurs de berges basses**. Il n'y a **pas** de problématique **d'érosion** mais plutôt de dépôts terrigènes fins entre le PT7 et le PT 32 voire sableux en aval du PT 32.

Entre le PT1 et le PT7, le cours d'eau présente de fortes pentes avec des **sections hétérogènes**, notamment au droit du PT3.

3.3. ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

En amont de la zone d'étude, la rivière VAITIA circule dans un petit **thalweg dépourvu de plancher alluvial** (vallée en « V »), indiquant un charriage de matériaux solides très modéré.

Au débouché dans la plaine littorale, aucun cône de déjection n'est observé.

Il n'y a pas terrasses intermédiaires entre le lit mineur et le lit majeur de la VAITIA : le **lit moyen n'est pas perceptible sur le terrain**.

En revanche, les **limites du lit majeur** sont marquées à l'**Est par la zone urbanisée** (située hors lit majeur) et au **Nord-Ouest par le cône de déjection de la rivière Ahoaraa**.

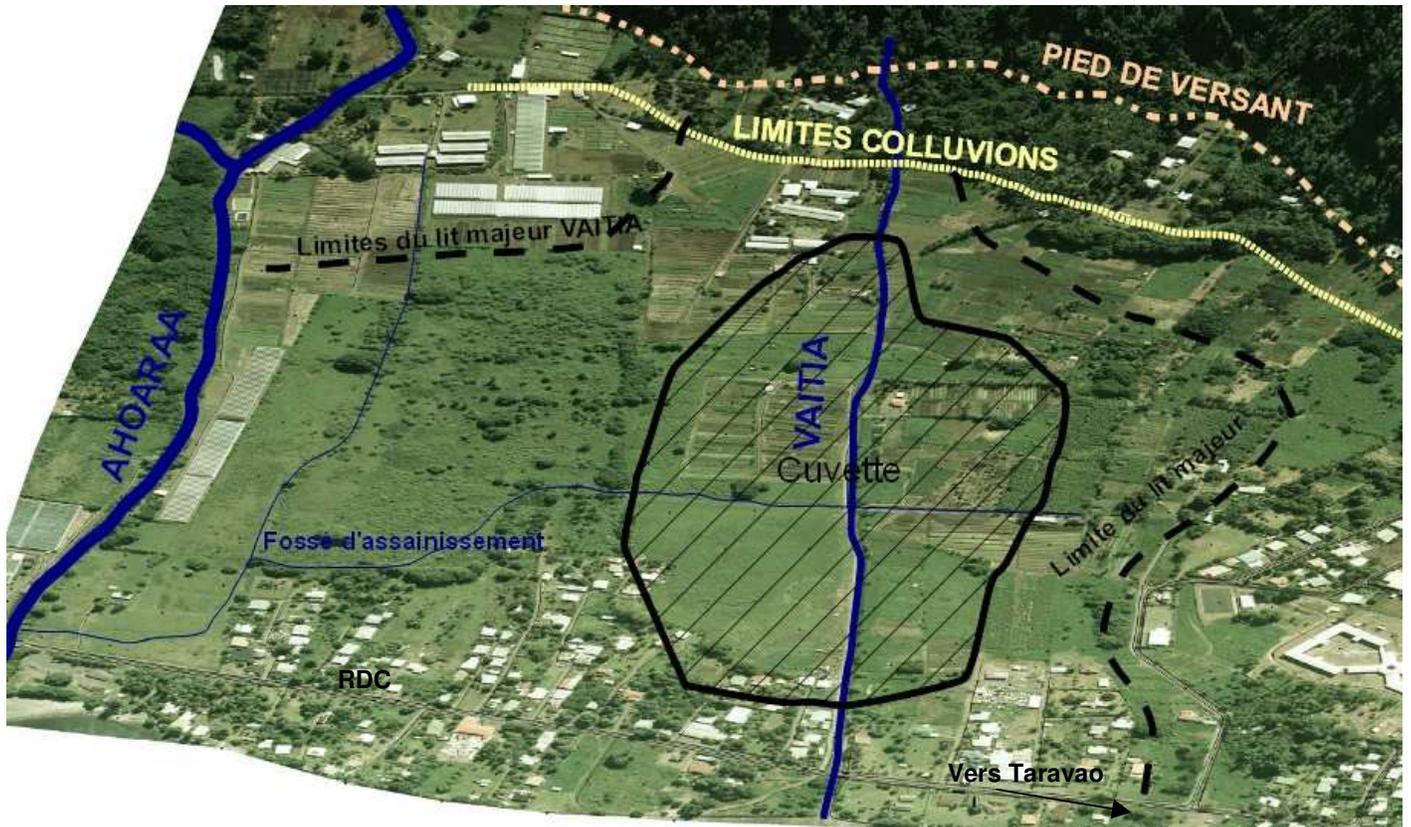
A l'**Ouest**, on ne note **pas de limites visibles du lit majeur** de la VAITIA ; la topographie révèle une pente douce ascendante jusqu'au lit mineur de l'AHOARAA. L'ensemble des terrains situés entre l'AHOARAA et la VAITIA, en aval de la confluence de l'AHOARAA, constitue donc le lit majeur commun de ces deux rivières. **Le point bas de ce lit majeur est formé par une cuvette** (zone basse dont l'altitude est inférieure à **Z = 2 m NGPF**) centrée sur la VAITIA. Celle-ci sert de **vidange à cette zone**.

Aménagements anthropiques :

Il n'y a **pas de remblai routier** au droit de la RDC. De nombreux fossés d'assainissement drainent cette zone, qui est un ancien **marécage (sol hydromorphe)**.

La cuvette du lit majeur est occupée par des terrains agricoles (zone agricole selon le PGA) dont les **cultures sont adaptées aux fréquentes inondations (tarodières)**.

La figure en page suivante présente une vue aérienne mappée sur le MNT du lit majeur de la VAITIA.



Vue aérienne de la VAITIA mappée sur le MNT

4. CONSTRUCTION DU MODELE

La **modélisation** de la VAITIA a été réalisée à l'aide :

- du logiciel **MIKE 21**, logiciel 2D (**modèle bidimensionnel**) pour le lit majeur. Ce modèle permet de modéliser en lit majeur des écoulements multidirectionnels et fournir les hauteurs d'eau et vitesses des écoulements sur l'ensemble du lit majeur.
- du **logiciel MIKE 11** en lit mineur pour conserver une analyse fine des écoulements en lit mineur.

Le **couplage des deux modèles** se fait sous l'interface **MIKE FLOOD** qui établit des liens entre le lit mineur et le lit majeur.

4.1. LIT MINEUR (LOGICIEL MIKE 11)

4.1.1. Ouvrages hydrauliques :

4.1.1.1. Recensement

Les ouvrages recensés sur le linéaire modélisé de la VAITIA sont uniquement des ouvrages de franchissement, dont la liste est donnée ci-dessous.

N°profil	PK	Type d'ouvrage	Largeur ouvrage (m)
3-4	136	Passerelle béton sans garde corps, profilée en point bas routier.	1.5 à 5 m
32-33 – Ouvrage RDC	1332	Double cadre	2 x 5.15 m = 10.3 m

4.1.1.2. Modélisation :

L'influence des ouvrages de franchissement sur la ligne d'eau du cours d'eau a été jugée en fonction de la ligne d'eau atteinte en Q 100 par rapport à la cote inférieure du tablier.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

N°profil	Cote inférieure du tablier (m)	Cote ligne d'eau Q 100
3-4	7.86 m	+8.67 m
32-33	2.79 m	+ 2.5 m

L'ouvrage P32-P33 de la RDC est transparent à l'écoulement, alors que celui du P3-P4 constitue en théorie un obstacle.

Néanmoins :

- 1) La passerelle P3/P4 n'entraîne pas de rehausse de la ligne d'eau en amont compte tenu de l'écoulement torrentiel
- 2) la géométrie de la passerelle permet une submersion totale sans débordements latéraux, la cote supérieure de la passerelle (+8.2 m) étant très inférieure aux côtes des rives gauche et droite (+9 m). Compte tenu de ces éléments et de l'absence de garde-corps, l'ouvrage est considéré comme transparent à l'écoulement.

Les sections de ces ouvrages ont donc été saisies en section ouvertes et non en dalot.

4.1.2. Calage des coefficients de Manning-Strickler

Sur le linéaire étudié, le coefficient de rugosité retenu est de :

- 20 en amont du PK 620
- 25 à 30 en aval du PK 620

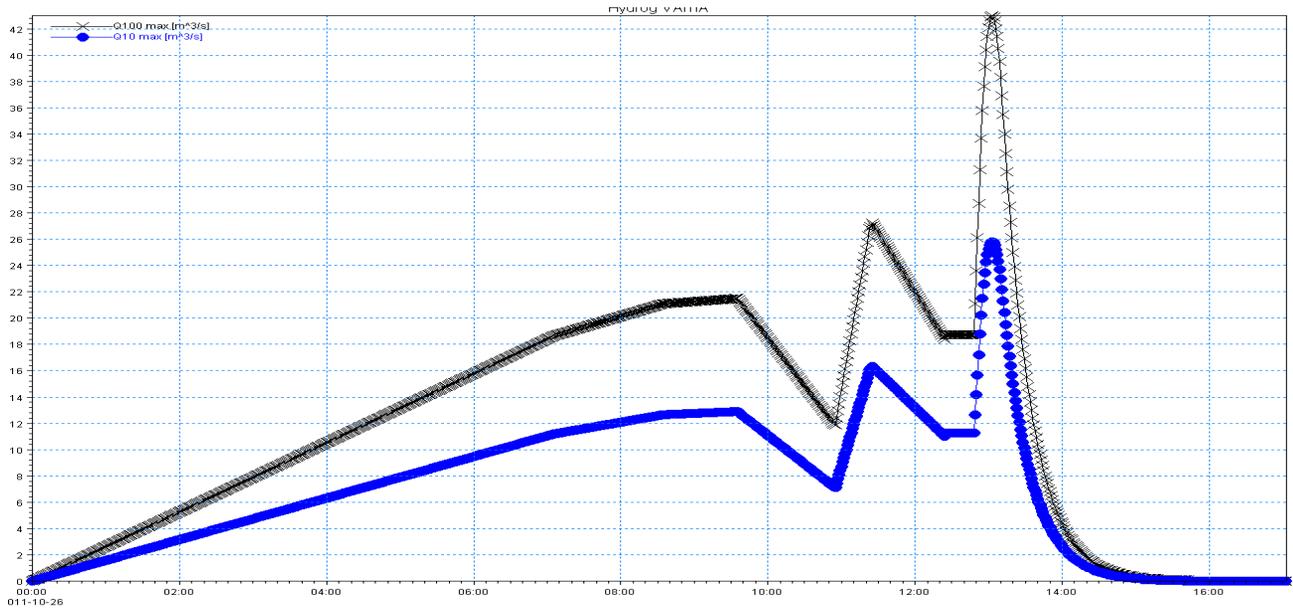
Ces valeurs sont en accord avec la bibliographie [7].

4.1.3. Conditions limites

L'hydrogramme retenu par BCEOM pour la modélisation PPRI de l'Ahoaraa ($S = 8.9 \text{ km}^2$) a été enregistré initialement sur la TAHARUU ($S = 33.8 \text{ km}^2$) en mars 1983 et recalé sur cette rivière par homothétie sur les débits de pointe. Il dure 7h00 pendant lesquelles on observe 3 pointes de crue (une en Q5, une en Q10 et enfin la dernière, au bout de 6 h00, en Q100).

Par souci de cohérence sur l'évènement pluvieux, cet hydrogramme a également été retenu pour la VAITIA et adapté de façon :

- 1) à faire coïncider le pic de crue de la VAITIA avec celui observé dans le limnigramme de l'AHOARAA.
- 2) à encadrer dans le temps le liminigramme transmis par BCEOM, qui dure 13h00, et intégrer un temps de décrue suffisamment long pour visualiser la vidange du lit majeur.



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

Il faut néanmoins souligner que **l'application de l'hydrogramme de l'AHOARAA à la VAITIA** est probablement **très pessimiste** compte tenu du temps de concentration du bassin de la VAITIA plus court, qui permettrait probablement des décrues intermédiaires.

4.2. LIT MAJEUR (MIKE 21)

4.2.1. Topographie

La topographie du lit majeur est modélisée à partir de la restitution photogrammétrique de l'Urbanisme. La zone ainsi couverte englobe les limites du lit majeur préalablement fixées par l'hydrogéomorphologie au § 3.3. Cette zone est découpée en 9975 mailles de 15 m x 15 m, couvrant une superficie de 220 ha.

4.2.2. Coefficients de Manning-Strickler

Le coefficient de Manning-Strickler est fixé à 7 (valeur retenue dans la modélisation BCEOM). Cette valeur est cohérente avec les observations de terrain (zone agricole relativement dégagée).

4.2.3. Conditions limites :

Des conditions doivent être imposées sur les mailles situées en limite de la zone étudiée.

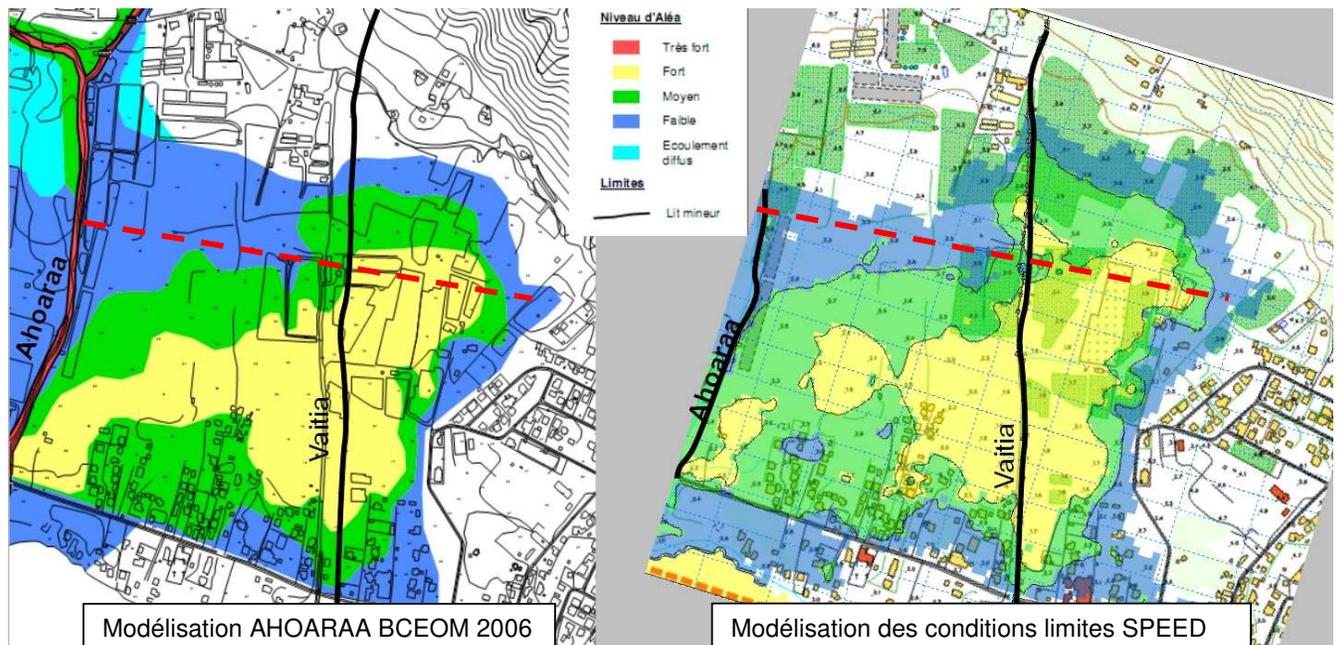
- **au Nord et à l'Est** : les mailles limites sont hors zones inondables selon l'analyse hydrogéomorphologique. Il n'y a donc pas d'échanges avec l'extérieur du modèle, les limites sont dites fermées.

- **au Sud** : le lagon constitue une zone d'échange avec le modèle. Une cote fixée à +1 m RGPF lui est attribuée, conformément aux scénarii des PPRI.

- **à l'Ouest** : la rivière AHOARAA constitue la limite Ouest et fournit un apport d'eau lors des crues. **Aucune perte ne peut s'effectuer par cette limite, suivant l'analyse hydrogéomorphologique.** L'apport d'eau est représenté par le limnigramme provenant de la modélisation BCEOM 2006 de l'Ahoaraa

Une première simulation est réalisée en intégrant le limnigramme de BCEOM dans le modèle MIKE 2. La carte d'aléa fournie est proche de celle établie par BCEOM pour la modélisation de l'AHOARAA.

Les vitesses étant inférieures à 0.5 m/s en lit majeur, l'enveloppe des aléas est confondue avec l'enveloppe des hauteurs d'eau.



Des écarts sont décelés au sein de l'enveloppe aléa fort, qui sont dus aux différences de modélisations :

- hydraulique, le modèle SPEED utilisant des mailles de 15 m x 15 m nettement plus petite que celle du modèle BCEOM (casiers de 200 m x 100 m voire plus).
- du terrain naturel.

De plus, en amont du casier 2105 représenté sur les cartes ci -dessus par un trait pointillé rouge, la cartographie du lit majeur de BCEOM ne reprend pas les cotes de ligne d'eau obtenues dans sa modélisation.

Enfin, les deux modèles SPEED et BCEOM n'utilisent pas le même algorithme de calcul des lignes d'eau en lit majeur.

Au vu de ces résultats, le modèle MIKE 21 du lit majeur est considéré comme calé.

4.3. COUPLAGE LIT MAJEUR / LIT MINEUR

Le couplage entre MIKE 11 et MIKE 21 se fait par le logiciel MIKE FLOOD qui permet de définir différents type de liens entre le lit mineur et le lit majeur.

Dans la présente étude, le type de liens utilisés sont les « Lateral links » qui correspondent aux déversements entre les lits mineurs et majeurs. Ce déversement est modélisé par des lois de seuil automatisées, en fonction de la cote de la berge, de la cote du lit majeur et du niveau d'eau. Ce principe s'applique sur tout le linéaire étudié.

5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

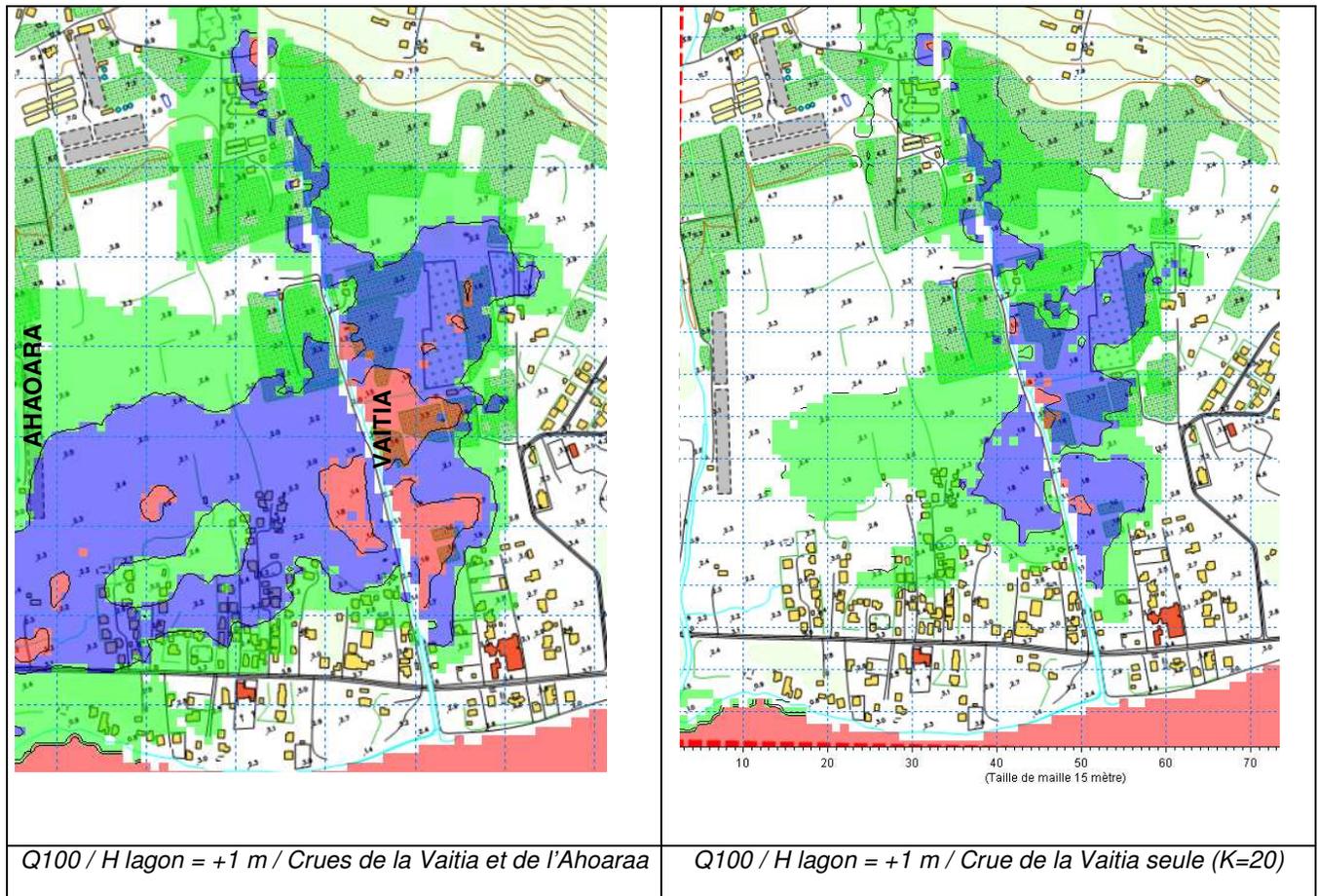
5.1. COMPARAISON DES SCENARIIS ENVISAGES

Deux scenarii ont été testés sous MIKE FLOOD :

- la crue simultanée centennale de la VAITIA et de l'AHOARAA,
- la crue de la VAITIA seule, sans apports de la rivière AHOARAA.

L'hydrogramme utilisé en entrée de la VAITIA est celui présenté au § 4.1.3 dans les deux cas. Les hauteurs d'eau maximales obtenues dans chaque cas sont représentées ci-dessous :

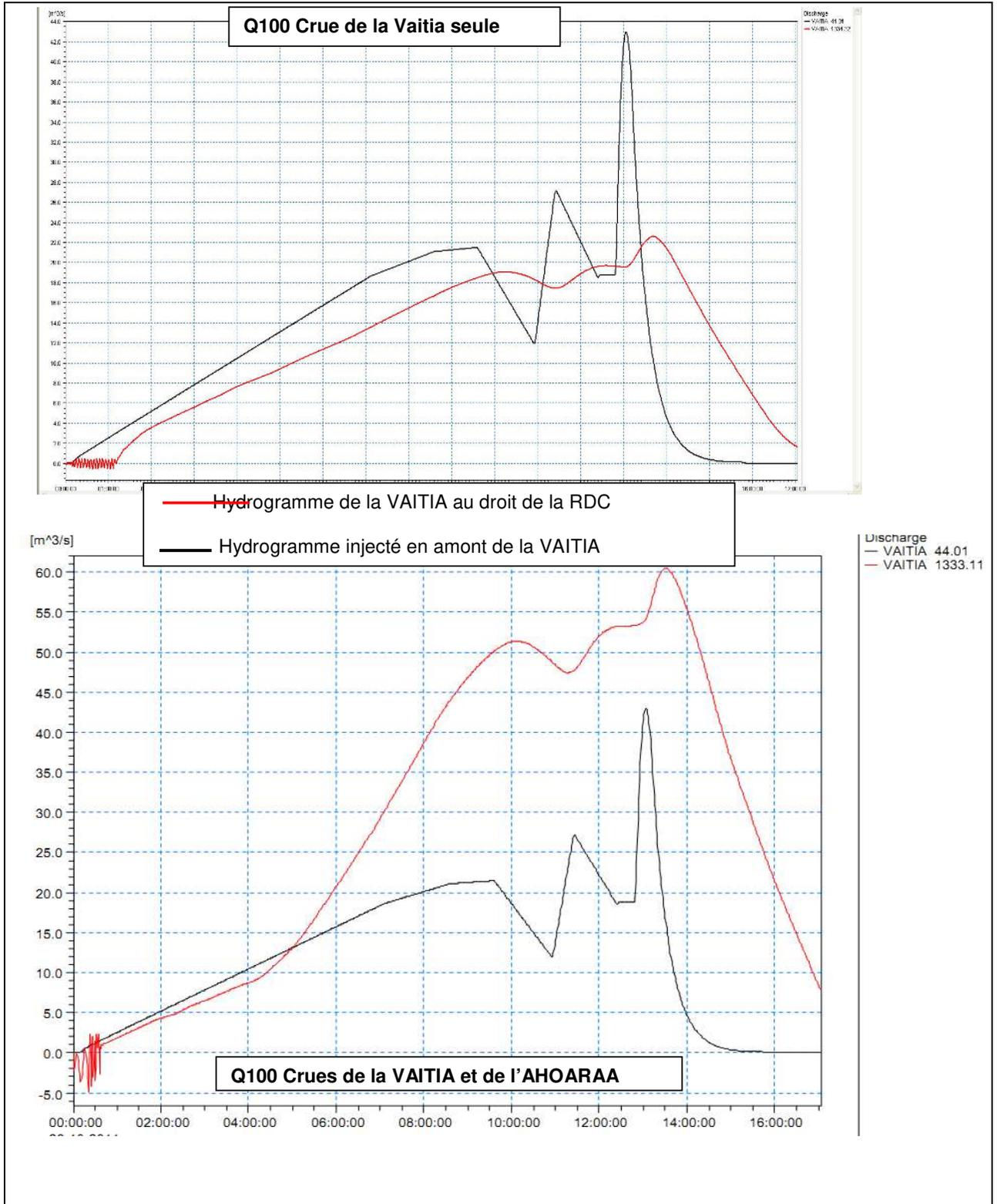
- vert : hauteur d'eau inférieure à 0.5 m,
- bleu : hauteur d'eau comprise entre 0.5 m et 1 m,
- rouge : hauteur d'eau supérieure à 1 m.



On constate :

- 1) que dans le scénario de la VAITIA seule, on n'observe pas d'écoulement jusqu'au lit mineur de l'AHOARAA, ce qui confirme les hypothèses de départ et l'analyse hydrogéomorphologique.
- 2) que les hauteurs d'eau sont globalement inférieures à 1 m lorsque la VAITIA seule déborde.
- 3) que le lit majeur de la Vaitia recueille une grande quantité d'eau de la rivière AHOARAA.

La figure suivante, qui présente les hydrogrammes en entrée et en sortie de la VAITIA pour les deux scenarii (crue de la VAITIA seule et crue simultanée de l' AHOARAA et de la VAITIA), confirme ce fonctionnement :



Dans le scénario de la crue de la VAITIA seule, l'hydrogramme au droit de la RDC est très étalé, avec un écrêtement important du débit de pointe (de 42 m³/s en amont à 22.5 m³/s au droit de la RDC).

La plaine inondable en amont de la RDC joue donc le rôle d'un **bassin de régulation**, ce qui confirme les dires des riverains (formation d'un lac en amont de la RDC).

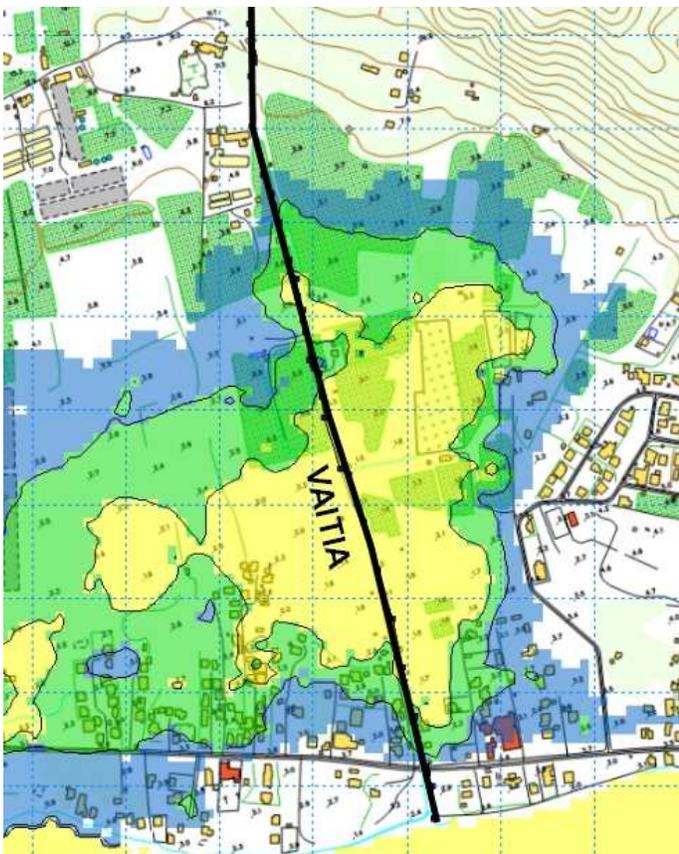
Le scénario des crues conjointes de la VAITIA et de l'AHOARAA montre que **la VAITIA sert de canal de décharge à la rivière AHOARAA, avec un volume en sortie de la VAITIA très supérieur au volume à l'entrée de cette rivière**. Le débit de pointe sous l'ouvrage de la RDC atteint alors **60 m³/s**.

Ce fonctionnement limite les hauteurs d'eau en amont de la RDC par rapport à la modélisation de l'AHOARAA par BCEOM, qui avait considéré que la VAITIA ne pouvait pas servir de canal de décharge.

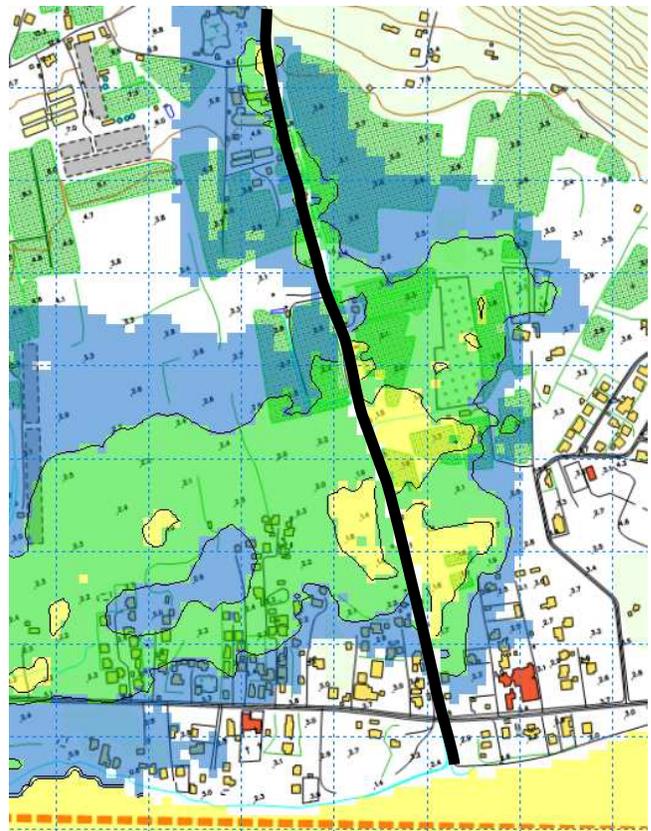
La carte des hauteurs d'eau issue du scénario des crues conjointes de l'AHOARAA et de la VAITIA montre une **diminution de la lame d'eau dans le lit majeur de la VAITIA par rapport à celle issue de la modélisation de la rivière AHOARAA seule** (scénario BCEOM, sans décharge par la VAITIA).

Les hauteurs d'eau maximales obtenues dans chaque cas sont représentées ci-dessous :

- bleu : hauteur d'eau inférieure à 0.5 m
- vert : hauteur d'eau comprise entre 0.5 m et 1 m
- jaune : hauteur d'eau supérieure à 1 m



Modélisation de la crue de l'AHOARAA seule Q100



Modélisation des crues conjointes de l'AHOARAA et de la VAITIA en Q100

5.2. COMMENTAIRES SUR LE SCENARIO « AHOARAA + VAITIA »

5.2.1. Choix des simulations

Le scénario défavorable d'une crue simultanée de l'AHOARAA et de la VAITIA est celui retenu pour la cartographie des zones inondables.

Les simulations effectuées sont les suivantes :

- Simulation 1 : Q10 – Hlagon = 1 m
- Simulation 2 : Q100 / H lagon = 1 m
- Simulation 3 : Obstruction des ouvrages par les embâcles

La régulation des débits lors des crues observées en modélisation et confirmée par les dires des riverains ainsi que l'éloignement des zones boisées (+1.3 km) rendent la présence d'embâcles au droit du dalot très peu probable. L'ouvrage de la RDC n'est d'ailleurs pas problématique pour les riverains, qui ne signalent pas de problèmes d'embâcles depuis 20 ans. En revanche, ils mentionnent le phénomène d'ensablement du dalot, notamment lors des fortes houles, le récif étant très proche de l'embouchure dans cette zone.

Cet ensablement, constaté lors de la visite de terrains, est constitué de sables coralliens avec des débris centimétriques. Un rapide calcul des forces tractrices permet d'affirmer qu'en Q100, ce sable est emporté par la crue de la VAITIA (vitesse maximale de 2.6 m/s). En revanche, en Q10, les vitesses ne sont pas suffisantes pour assurer un entraînement total de ce sable (1.9 m/s).

En cohérence avec ces différentes observations, la **simulation 3** proposée est donc une simulation **d'ensablement de l'ouvrage de la RDC de 30 % (H = 0.6 m)** sous un **débit décennal**, avec une hauteur de **lagon de +1m** RGPF.

Les profils en long de la VAITIA pour chaque simulation sont présentés en annexe.

5.2.2. Constat en lit mineur de la VAITIA

Sans tenir compte des apports de l'AHOARAA, la Vaitia déborde une à plusieurs fois par an (capacité de transit de 5 à 10 m³/s) entre le profil P8 et le profil P30 en rive gauche.

Les premiers débordements en rive droite sont limités entre le P26 et le P29, avec une fréquence annuelle. Ils apparaissent en amont entre le P3 et le P 16 pour un débit Q2 à Q5.

En Q10, la rivière déborde en rive droite et gauche, entre le P3 et le P32. Les débordements restent entre ces deux profils jusqu'au Q100.

A noter qu'avec un hydrogramme simple (généralisé par une pluie triangulaire), on retrouve en Q100 les débordements entre le P3 et le P32 , sur les deux rives.

En aval du P7 et en amont de la RDC, les vitesses en Q100 sont inférieures à 1.5 m/s en lit mineur, en raison des faibles pentes. Il n'y a donc pas à craindre d'érosion des berges lors de la crue.

5.2.3. Constat en lit majeur

En Q10, l'étalement de la lame d'eau est très important et se localise sur la zone agricole, plus basse.

Les zones habitées en aval sont également inondées mais avec des hauteurs d'eau inférieures à 0.5 m en général. La RDC ainsi que les habitations en aval de la RDC ne sont pas inondées.

En Q100, la zone inondée est la même, mais avec des hauteurs d'eau plus importantes, jusqu'à 1.7 m à proximité de la VAITIA. Les vitesses des débordements en lit majeur sont faibles (inférieures à 0.5 m/s) sauf à proximité immédiate de la VAITIA, entre le P3 et le P7 où l'on trouve des vitesses atteignant 1 m/s. Cette zone, relativement réduite, correspond au débouché du thalweg sur la plaine, avec un axe d'écoulement suivant celui du lit mineur.

La simulation 3 (Q10 avec ensablement de l'OH de la RDC de 30 %) n'amène qu'une très faible rehausse de la ligne d'eau en amont (2 à 5 cm) par rapport à la simulation 1, compte tenu de la surface d'étalement disponible en amont.

La simulation la plus défavorable reste donc la simulation 2 (Q100/Hlagon = +1m).

5.2.4. Cartographie

Le logiciel MIKE 21 fournit les hauteurs d'eau et vitesses maximales pour chaque maille du modèle, qui sont ainsi directement cartographiés avec une marge d'erreur de 3%.

La carte des hauteurs d'eau maximales est superposée à celles des vitesses pour former la carte des aléas selon le tableau suivant :

Vitesse Hauteur	Faible à moyenne Vitesse < 0,5 m/s	Moyenne à forte Vitesse > = 0,5 m/s
H=<0,5 m	Faible	Moyen
0,5 <H =< 1 m	Moyen	Fort
H > 1 m	Fort	Très fort

Les limites du lit mineur sont cartographiées à partir des levés topographiques.

La simulation 1 (Q10/Hlagon = 1 m) est cartographiée sur le plan PPR 001, la simulation 2 correspondant au plan PPR 002.

6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

6.1. ENJEUX

Actuellement, deux enjeux sont identifiés dans le lit majeur :

- la présence de plusieurs dizaines d'habitations en aléa moyen et de 5 habitations en aléa fort
- l'utilisation agricole des terres situées en aléas moyen et fort. Cette zone agricole, inscrite dans le PGA de la Commune est inconstructible pour l'instant. Les inondations fréquentes ont une incidence forte sur le choix des cultures par les agriculteurs et leurs rendements.

Les objectifs potentiellement envisageables sont :

- 1) de sortir les habitations de l'aléa fort
- 2) de diversifier les cultures et de faciliter leur exploitation dans la zone agricole.

6.2. VARIANTES D'AMENAGEMENT

La partie amont de la VAITIA (P 2-P7) étant indépendante de l'AHOARAA, les aménagements peuvent y être réalisés à tout moment, sans attendre une réflexion sur l'AHOARAA.

En revanche en partie basse (P10-P32), une réflexion globale doit être engagée sur l'AHOARAA et la VAITIA avant tout aménagement.

Compte tenu des affleurements de la nappe, les solutions d'infiltration ne sont pas envisageables en période pluvieuse.

6.2.1. Maîtriser les débordements dans la cuvette de la VAITIA entre le P10 et le P 32

1) Variante 1 : Déconnexion des rivières AHOARAA et VAITIA

Cette variante prévoit la déconnexion des deux rivières. Pour cela, **la rivière AHAOARA** doit être **recalibrée en Q100**. Ce recalibrage nécessitera probablement des **aménagement très lourds** compte tenu de la capacité actuelle de cette rivière.

Une fois ces aménagements réalisés, les **terrains de la cuvette** (localisés entre P 20 et P 29 avec une cote inférieure à 2.5 m) **seront remblayés à la cote de la RDC** au minimum. Cette cote pourra être augmentée en fonction des problématiques d'assainissement pluvial.

Afin d'éviter une aggravation des débordements en rive droite de la rivière AHOARAA ainsi qu'en aval, il est important de **traiter l'AHOARAA avant remblaiement des terrains**.

Le coût de ces aménagements dépend des travaux de recalibrage de l'AHOARAA. Il n'est donc pas chiffrable dans cette étude.

2) Variante 2 : Maintien de la décharge par la rivière VAITIA

Cette variante prévoit le **maintien d'une connexion** entre les deux rivières pour permettre l'évacuation des débits débordés de l'AHOARAA par la VAITIA.

En l'absence d'aménagement permettant de supprimer les apports de l'AHOARAA, il est indispensable de maintenir un champ d'expansion des crues au droit de la VAITIA en amont de la RDC, en **conservant des zones inondables**.

Un **canal de décharge de l'AHOARAA vers la VAITIA** pourra également être créé en amont de la zone de régulation pour concentrer les flux transitant entre les deux rivières et ainsi sortir des terrains de zone inondable. Compte tenu des débits débordés par la rivière AHOARAA et de la capacité de transit de la VAITIA, ce **canal de décharge ne peut être envisagé comme seul aménagement ; il doit impérativement être accompagné du maintien des zones inondables** en aval évoqué ci-dessus.

Enfin, un **recalibrage « doux » de l'AHOARAA** (à hauteur du Q10 ou Q20) permettrait de diminuer les hauteurs d'eau et la fréquence d'inondation des zones inondables pour sortir les habitations de l'aléa fort et diversifier l'agriculture. En revanche, le **recalibrage du lit de la VAITIA sur ce tronçon n'est pas souhaitable** en raison des risques d'aggravation des dépôts terrigènes.

Le coût de ces aménagements dépend essentiellement du recalibrage de l'AHOARAA, qui conditionnera la dimension du canal de décharge ainsi que la superficie de la zone inondable. Il n'est donc pas chiffrable dans cette étude.

6.2.2. **Maîtriser les débordements de la VAITIA et les risques d'érosion entre le P2 et le P 7**

La rivière VAITIA présente des débordements accompagnés de fortes vitesses en lit majeur entre le profil P2 et le profil P6 entraînant un zonage en aléa fort.

Un **recalibrage de la section en Q100** est à prévoir (section moyenne : 6.4 x 1.6 m ht), sur un linéaire de 165 m.

Compte tenu des vitesses élevées (comprises entre 3 et 5 m/s), les **berges seront enrochées** avec un fruit de 1H/1V, les diamètres des enrochements étant de 0.8 m minimum.

La passerelle en béton (P3-P4) sera refaite selon cette section, avec une chute amont pour diminuer les vitesses sous l'ouvrage et assurer un tirant d'air suffisant.

Sur le tronçon P2-P7, l'estimation financière des aménagements est la suivante :

Désignation	Montant en FCP HT
Installation de chantier, essais, récollement (10%)	1 630 000
Enrochements des berges	9 500 000
Déblai	2 300 000
Passerelle en béton y compris raccordement aux berges	4 500 000
Divers et imprévus (10 %)	1 630 000
TOTAL HT	19 560 000

PLANS

- PPR 001 Cartographie de l'aléa inondation Q10 / H lagon = 1 m
- PPR 002 Cartographie de l'aléa inondation Q100 / H lagon = 1 m
- PPR 003 Cartographie hydrogéomorphologique
- PPR 004 Carte des enquêtes de terrain
- PPR 005 : Carte des aménagements

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. Cartographie des zones inondables, approche hydrogéomorphologique – Editions Villes et Territoires - 1996
7. Les bases techniques de la méthode Inondabilité – Editions CEMAGREF – O. GILARD, 1998

Hydraulique :

8. Hydraulique générale, A. LENCASTRE, édition 1995