



**Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours
d'eau de Polynésie Française – 2014**

Lot 1 – Modélisation

COURS D'EAU : MOAROA

Commune : **MATAIEA**

Ile : **TAHITI**

Décembre 2014

N°rapport : 1581 14 02

TABLE DES MATIERES

1. METHODOLOGIE	4
2. DONNEES D’ENTREES	6
2.1. Données topographiques	6
2.1.1. Lit Mineur :	6
2.1.2. Lit Majeur :	6
2.2. Données hydrologiques	7
2.2.1. Caractéristiques du bassin versant	7
2.2.2. Calcul des débits de projet	7
3. ENQUETE DE TERRAIN	10
3.1. Enquête auprès des riverains	10
3.2. Visite de terrain	13
3.3. Analyse hydrogéomorphologique	14
3.4. Lit Mineur (logiciel MIKE 11)	16
3.4.1. Identification des lits mineurs :	16
3.4.2. Ouvrages hydrauliques :	16
3.4.3. Calage des coefficients de Manning-Strickler	18
3.4.4. Conditions limites	18
3.5. Lit Majeur (MIKE 21)	19
3.5.1. Topographie	19
3.5.2. Coefficients de Manning-Strickler du lit majeur	19
3.5.3. Conditions limites :	20
3.6. Couplage lit Majeur / lit mineur	20
4. SIMULATION DES CRUES DE PROJET	21
4.1. Calage du modèle	21
4.2. Commentaires sur les résultats de modélisation	22
4.2.1. Choix des simulations	22
4.2.2. Constat en lit mineur de la MOAROA	22
4.2.3. Constat en lit majeur	28
4.2.4. Cartographie	29

5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	30
5.1. Enjeux	30
5.2. Proposition d'aménagement	30

Table des figures :

Figure 1 : carte de Tahiti	4
Figure 2 : carte du bassin versant de la MOAROA.....	7
Figure 3 : MNT de la zone d'études.....	15
Figure 4 : Fossé le long de la route de l'usine de noni (vue vers l'amont)	16
Figure 5 : Hydrogramme de crue	18
Figure 6 : Coefficient de Manning Strickler en lit majeur	19
Figure 7 : Hauteur d'eau en Q100 avec embâcles	21
<i>Figure 8 : Hydrogramme MOAROA Q10 (à l'amont en bleu et en vert à l'aval).....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 9 : Hydrogramme de la TEHAUPARU pour le débit Q100.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 10 : Hydrogramme du fossé voisin – Q100</i>	<i>25</i>
<i>Figure 11 : Hydrogramme MOAROA Q100 avec embâcles.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 12 : Hydrogramme C36-37 pour le débit Q100 avec embâcles</i>	<i>27</i>

1. METHODOLOGIE

La rivière **MOAROA** est située au PK45, sur la commune de MATAIEA, au sud de l'île de TAHITI, dans un secteur peu urbanisé. Elle traverse la zone du golf d'ATIMAONO et se situe à côté d'un lotissement OPH.

La figure ci-dessous présente son positionnement sur l'île de TAHITI :



Figure 1 : carte de Tahiti

Le linéaire d'étude est d'environ 2100 m à partir de l'embouchure, ce qui englobe la plaine littorale jusqu'en amont de la zone habitée à l'entrée de la vallée. Plus en amont la vallée se resserre et les habitations sont plus éparées.

La démarche retenue pour cette modélisation est la suivante :

- 1) **Visite de terrain** avec rencontres des riverains afin d'établir une carte des débordements passés la plus exhaustive possible et d'identifier les éventuelles limites hydrogéomorphologiques.
- 2) Réalisation de la **cartographie hydrogéomorphologique**.
- 3) **Modélisation du lit mineur et du lit majeur de la MOAROA**
 - Construction du modèle 2 D de la MOAROA (lit majeur + lit mineur)
 - Edition des cartes de hauteur d'eau et vitesse maximale au cours de la crue
- 4) Analyse des résultats de la modélisation et 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 de la MOAROA est basée sur des profils en travers au 1/250^{ème} espacés de 100 m en moyenne et réalisés par le cabinet HUIN TOPO en juillet 2014.

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 et datant de 2001.

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).

Elle est complétée par la restitution photogrammétrique au 1/2500^{ème} réalisée par le Pays dans le cadre de la LOPT (1999).

L'assemblage de ces plans, après suppression des éventuelles incohérences, permet d'établir un modèle numérique de terrain du lit majeur.

2.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

2.2.1. Caractéristiques du bassin versant

Les caractéristiques physiques du bassin versant de la MOAROA sont les suivantes :

- Superficie : 9.6 km²
- Plus long chemin hydraulique : 11.4 km
- Pente moyenne pondérée : 5 %
- Pente moyenne globale : 12 %

Les caractéristiques hydrologiques sont les suivantes :

Temps de concentration (formule de Kirpich ¹)	63 mn
Coefficient de ruissellement décennal	0.45

La figure ci-dessous montre le bassin versant de MOAROA :

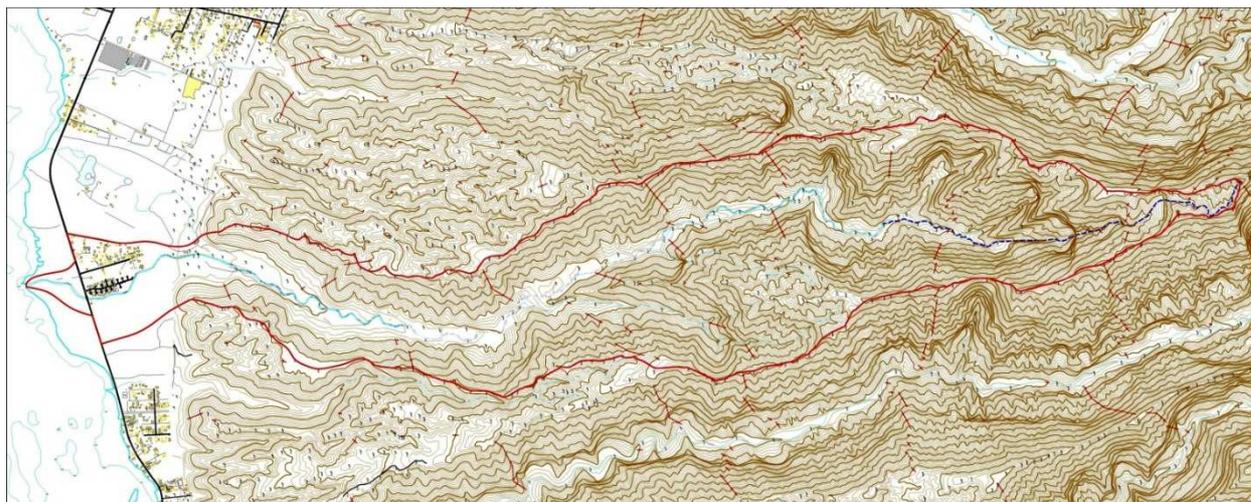


Figure 2 : carte du bassin versant de la MOAROA

2.2.2. Calcul des débits de projet

La rivière MOAROA, appelée aussi MAIRIPEHE, a fait l'objet de mesures de débits entre 1983 et 1990 mais celles-ci ne sont pas exploitables selon le rapport de l'ORSTOM en raison du by-pass de la station lors des crues. Les débits mesurés au droit de la station sont donc des débits écrêtés ne pouvant être utilisés en l'état pour un calcul de débit par ajustement statistique.

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

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

- Extrapolation des ajustements statistiques aux bassins versants voisins par la méthode de Creager (Cf. J.Danloux dans [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 MOAROA**

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

Coefficients de Montana ³		
	P10	P100
a	9.25	10.7
b	-0.46	-0.43

▪ **Estimation des débits de la Moaroa**

○ **Méthode de Creager (recalculé C = 50)**

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

		Q10	Q100
Débit de projet	m3/s	135	223
Module spécifique	m3/s/km ²	14	23

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

Les débits estimés selon cette méthode sont les suivants :

		Q10	Q100
Débit de projet	m3/s	101	166
Module spécifique	m3/s/km ²	11	17

² Station pluviométrique retenue par ANTEA dans [3].

³ Données extraites de [1]

- **Comparaison avec la modélisation spatialisée**

Le cours d'eau de la MOAROA a également fait l'objet d'une modélisation spatialisée en 2001 avec un modèle calé sur les mesures de débits disponibles. Cette méthode conduisit à un débit $Q_{100} = 260$ m³/s (débit ramené à une superficie de bassin versant de 9.6 km² au lieu de 9.4 km² dans le rapport). Ce débit, avec un module spécifique de 27m³/s/km² est relativement élevée avec un écart de +50% par rapport à la méthode rationnelle.

- **Choix du débit de projet**

Au vu de ces écarts entre les différentes méthodes, il est proposé de retenir la valeur moyenne des débits. A noter que cette moyenne correspond quasiment aux débits obtenus par la méthode de Creager.

	Q10	Q100
Débit de projet (m ³ /s)	132	216

3. ENQUETE DE TERRAIN

3.1. ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS

Ci-dessous sont présentés les résultats de l'enquête réalisée en aout 2014.

Point d'enquête (amont vers l'aval)	Témoignage	Commentaires
Côté montagne n°8 et 9	Aucun débordement observé (6 années d'observation)	
Côté montagne n°7	Aucun débordement observé en 40 ans	Certains enrochements trop petits sont emportés par les crues.
Côté montagne n°2	Un débordement observé en 10 ans. Le débordement est survenu sur le quartier voisin à la suite d'une obstruction par des embâcles.	
Côté montagne, Amont du lotissement OPH n°1, 3 et 4	Aucun débordement observé en 13 ans	Un seul curage observé en 13 ans
Côté montagne, lotissement OPH n°5 et 6	Aucun débordement en 14 ans	Les enrochements des berges s'éboulent par endroit

Cette enquête a été complétée par les résultats de l'enquête réalisée en 2012 dans le cadre d'une étude pour la sécurisation du lotissement OPH.

Point d'enquête (amont vers l'aval)	Témoignage	Commentaires
n°1	<p>Selon les riverains (famille CHEE AYEE) installés en amont des lotissements OPH depuis 1960, l'ancien lit mineur était peu marqué (hauteur de berges de 1 m à peine) et les débordements étaient fréquents (présence d'anguille nageant dans les jardins), la lame d'eau s'étalant sur une grande superficie.</p> <p>La rivière présentait alors un pavage selon ces riverains, qui limitait le transport solide aux crues exceptionnelles.</p> <p>Dans les années 1970 des curages importants ont supprimé ce pavage, entraînant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'enfoncement du lit mineur de 1.5 m à 2 m, - des phénomènes érosifs importants au droit des berges, avec un important charriage de blocs <p>En amont immédiat de la RDC, le lit mineur aurait été élargi à sa section actuelle en 2002 d'après les riverains.</p>	
n°7	<p>La riveraine installée depuis 2000 à proximité du pont n'a observé aucun débordement ni aucune mise en charge du pont ce qui est confirmé par le chef de secteur de la Direction de l'Équipement en poste depuis 2006.</p>	
n°1 et 2 en amont du lotissement OPH	<p>Les habitants situés en amont du lotissement mentionnent deux évènements :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un débordement dans les années 1990 en rive droite, ayant généré une lame d'eau de 0.5 m environ sur tout le quartier situé en amont du lotissement OPH, avec des vitesses relativement élevées sur le chemin. Ce débordement serait dû au blocage d'arbres sous la passerelle du golf. - un débordement plus récent (début 2006) et plus restreint (il n'a pas touché les lotissements OPH) l'eau étant restée à proximité du lit mineur, les habitations n'ont pas été touchées. En revanche, cet épisode a entraîné le départ des enrochements de la rive droite qui n'ont pas été remplacés. 	

Les conclusions de cette enquête de terrain sont les suivantes :

- 1) Depuis le curage du cours d'eau dans les années 1970, les débordements sont moins fréquents mais les phénomènes d'érosion sont plus marqués avec un enfoncement du lit observé de 1.50 à 2 m et un départ des enrochements de berges.
- 2) Deux inondations ont été observées ces 30 dernières années :
 - a. Une inondation marquée en 1990, en amont du lotissement OPH (+50cm d'eau) suite à une obstruction de la passerelle du golf par des troncs d'arbres.
 - b. En 2006, une inondation restreinte en bordure du lit mineur, sur la même zone en amont au lotissement OPH. La crue a également emportée les enrochements des berges en rive droite.
- 3) Les témoignages ne mentionnent pas d'inondation du lotissement OPH depuis sa création (1996).

3.2. VISITE DE TERRAIN

Trois tronçons ont été identifiés de l'aval vers l'amont :

- tronçon 1 : PK 0 au PK 190 (pente moyenne à 0.3 %)
- tronçon 2 : PK 190 au PK 546 (pente moyenne à 0.6 %)
- tronçon 3 : PK 546 au PK 2172 (pente moyenne à 1.8 %)

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

TRONCON 1 (AVAL)	
	<p>lit large avec berges non revêtues Hauteur des berges faibles</p>
TRONCON 2 (MEDIAN)	
	<p>Lit canalisée Berges en partie protégées par des enrochements et recouvertes de végétation. Lit encaissé</p>



Tableau 1 : Visite de terrain

La rupture de pente (passage de 1.8 % à 0.6 %) se situe au droit du pont de la RDC. Il y a donc un risque de dépôt à ce niveau.

3.3. ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

Sur la zone amont, le cours d'eau présente un plancher alluvial (cortège alluvionnaire) d'une centaine de mètre de large entre versants. Ceci représente la zone de mobilité du lit mineur du cours d'eau.

En aval, au débouché de la plaine littoral, la rivière MOAROA présente un vaste cône de déjection qui s'étend sur 300 m de large et 200 m de long.

Au travers de ce cône de déjection, en plus du lit mineur de la MOAROA, deux chenaux d'écoulements secondaires ont été identifiés : un en rive gauche et un en rive droite. Ces chenaux constituent des axes d'écoulement secondaires mobilisables en cas de crue.

Aux abords du lit mineur du cours d'eau un cortège alluvionnaire de 150 de large a été identifié. Cette zone correspond au lit moyen du cours d'eau mobilisable lors des crues moyenne à forte. Ce cortège est encaissé par une zone de limon sablo-graveleux qui définissent la limite du lit majeur du cours d'eau.

Le reste de la plaine littorale se compose de limons colluviaux.

La modélisation numérique du terrain présentée ci-dessous laisse apparaître les chenaux d'écoulements secondaires ainsi que le cône de déjection.

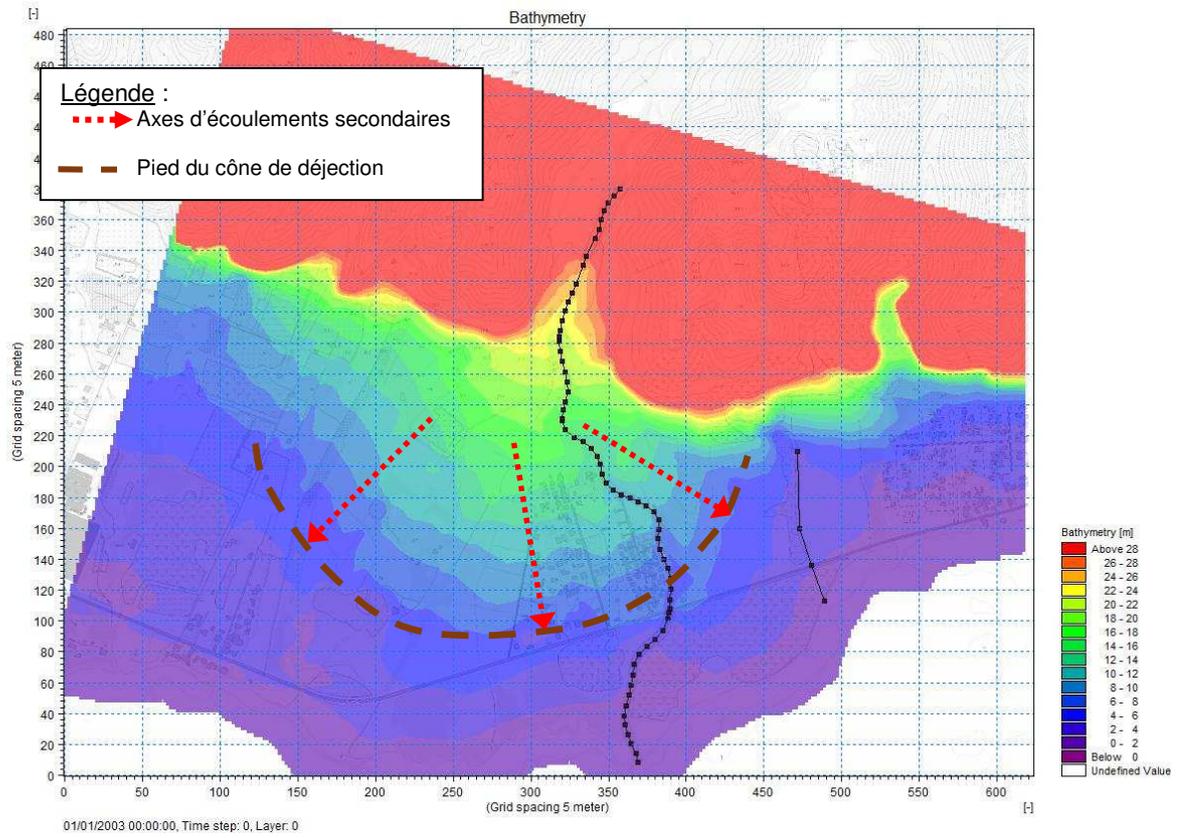


Figure 3 : MNT de la zone d'études Construction du modèle

La **modélisation** de la Moaroa 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.

3.4. LIT MINEUR (LOGICIEL MIKE 11)

3.4.1. Identification des lits mineurs :

Suite à l'enquête de terrain et à l'analyse hydrogéomorphologique, deux lits mineurs ont été modélisés : celui de la MOAROA et le talweg situé à l'est le long de la servitude menant à l'usine de noni (cf. photo ci-dessous).



Figure 4 : Fossé le long de la route de l'usine de noni (vue vers l'amont)

3.4.2. Ouvrages hydrauliques :

3.4.2.1. Recensement des ouvrages de la MOAROA

Trois ouvrages de traversée ont été identifiés sur le linéaire d'études.

		
<p align="center"><i>Pont de la RDC - pont à poutre</i></p> <p>24 x 4 m ht P8 – PK 546 Ep. totale tablier= 2m</p>	<p align="center"><i>Passerelle</i></p> <p>12 x 3.30 m ht P23 – PK 1595 Ep. totale tablier 0.50 m</p>	<p align="center"><i>Passerelle du golf</i></p> <p>8.5 x 2.30 m ht P18 – PK 1324 Ep. Totale tablier = 0.90m</p>

Les 3 ouvrages de traversé ne présentent pas de contraction de section mais ils disposent tous de gardes corps augmentant le risque d'obstruction par des embâcles. Le pont de la RDC présente de plus une épaisseur de poutre importante accentuant ce risque.

3.4.2.2. Modélisation :

Les trois ouvrages ont été modélisés avec une section libre à 100% dans le cadre du scénario Q100 et avec une section obstruée à 50 % dans le cadre du scénario Q100 avec embâcles.

3.4.3. Calage des coefficients de Manning-Strickler

Cours d'eau	Nature de la section	Coefficient de Manning retenu (m ^{1/3} /s)
Moaroa	Berges en graviers fin ou terre, section régulière, végétation moyenne, méandrement faible	25
Canal de la route de l'usine de NONI	Fossé en terre, peu entretenu	15

Ces valeurs sont en accord avec la bibliographie.

3.4.4. Conditions limites

Condition limite amont

Pour la Moaroa, l'hydrogramme modélisé a été établi par translation à partir de l'hydrogramme mesuré sur le cours d'eau lors de la crue du 19/12/1998.

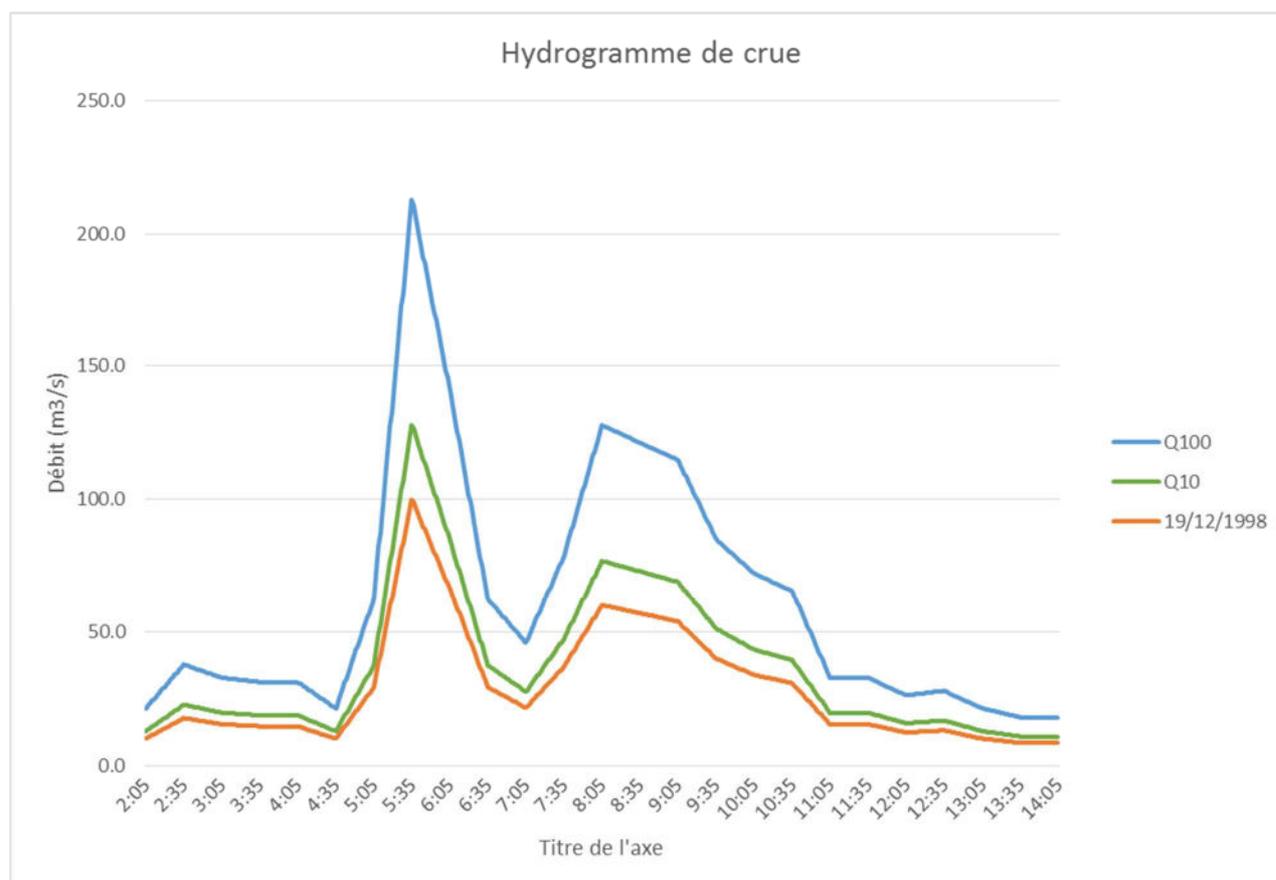


Figure 5 : Hydrogramme de crue

Concernant le fossé voisin à l'est, la concomitance des pics de crues est peu probable. Par conséquent, le débit a été négligé (fixé à 0.1 m³/s dans la modélisation).

Condition limite avale

La condition limite avale est la cote imposée par le lagon à l'exutoire de la MOAROA et du fossé voisin.

Conformément au cahier des charges, elle est fixée à :

- + 1 m NGPF pour les scénarios Q100 et Q100 avec embâcles.
- + 0 m NGPF pour le scénario Q10.

3.5. LIT MAJEUR (MIKE 21)

3.5.1. Topographie

La topographie du lit majeur est modélisée à partir des données topographiques évoquées au § 2.1.2.

La zone ainsi couverte englobe les limites du lit majeur préalablement fixées par l'hydrogéomorphologie au § 3.3. Cette zone est découpée en 18876 mailles de 20 m x 20m, couvrant une superficie de 755 ha.

La visite de terrain n'a pas révélé de discordance entre le MNT et le terrain actuel.

3.5.2. Coefficients de Manning-Strickler du lit majeur

Les coefficients de Manning-Strickler sont fournis sous forme de matrice géographique :

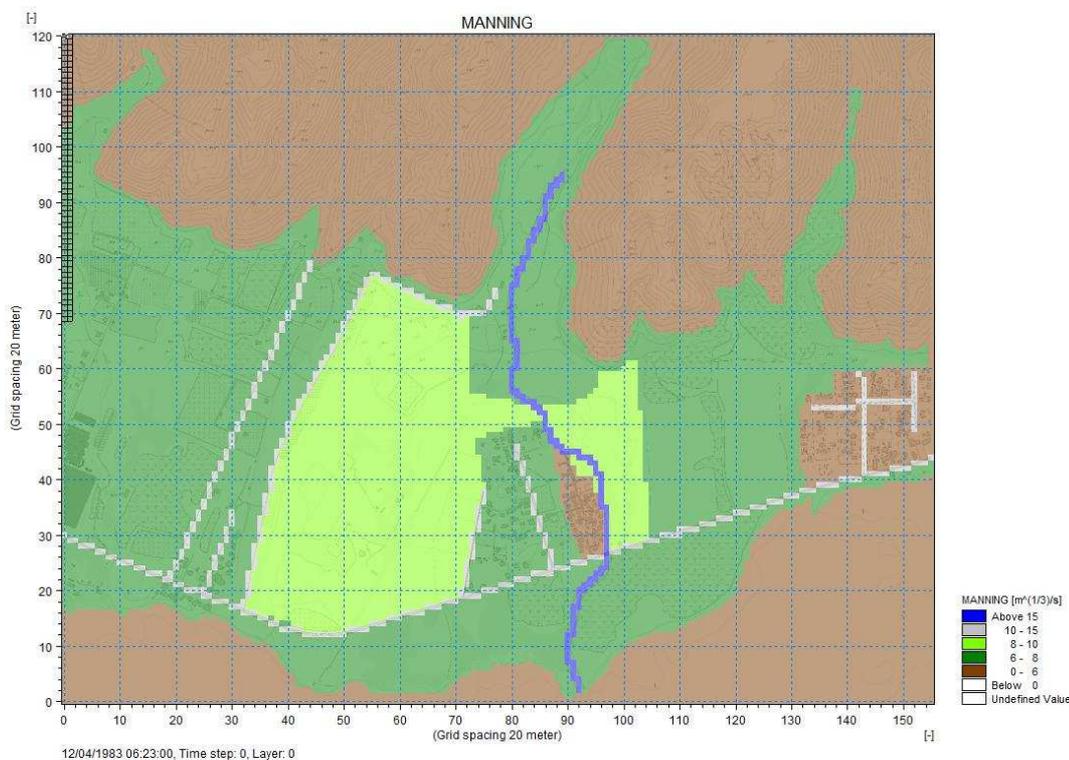


Figure 6 : Coefficient de Manning Strickler en lit majeur

Les valeurs retenues sont comprises entre 6 et 15 :

- 6 : lit majeur très encombré (forte urbanisation)
- 8 : terrains relativement dégagés mais avec présence d'obstacles éparses (arbres, habitations)
- 10 : terrains très dégagés (ex. le golf)
- 15 : axes préférentiels d'écoulement : routes, servitudes

3.5.3. Conditions limites :

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

- **A l'est et à l'ouest** : l'analyse topographique ne montre aucune limite physique entre le bassin versant de la MOAROA et ses bassins versants voisins. Le positionnement de cette limite sera donc vérifié au cours de la modélisation.
- **au nord** : les montagnes empêchent l'eau de s'écouler dans cette direction. Il n'y a donc pas d'échange avec l'extérieur du modèle au nord, cette limite est dite fermée.
- **au sud** : le lagon constitue une zone d'échange avec le modèle. Une cote fixée à +0 ou +1 m NGPF lui est attribuée en fonction des scénarii.

Les hypothèses prises pour les limites est et ouest seront vérifiées en cours de modélisation.

3.6. 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 utilisé 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.

4. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

4.1. CALAGE DU MODELE

L'absence de mesures de débit sur ce bassin versant rend difficile le calage du modèle

Vérification des hypothèses prises pour les limites du lit majeur :

Les hypothèses prises pour les limites est et ouest du modèle 2 D doivent être vérifiées dans le cas de la simulation la plus défavorable, la simulation 3 :

Limite fermée EST et OUEST : le champ d'inondation s'arrête avant les limites fermées. A l'est la lame d'eau débordée rejoint directement le lagon en franchissant la route de ceinture. A l'ouest, une partie des débordements est drainé par le fossé situé de le long de la servitude menant à l'usine de noni.

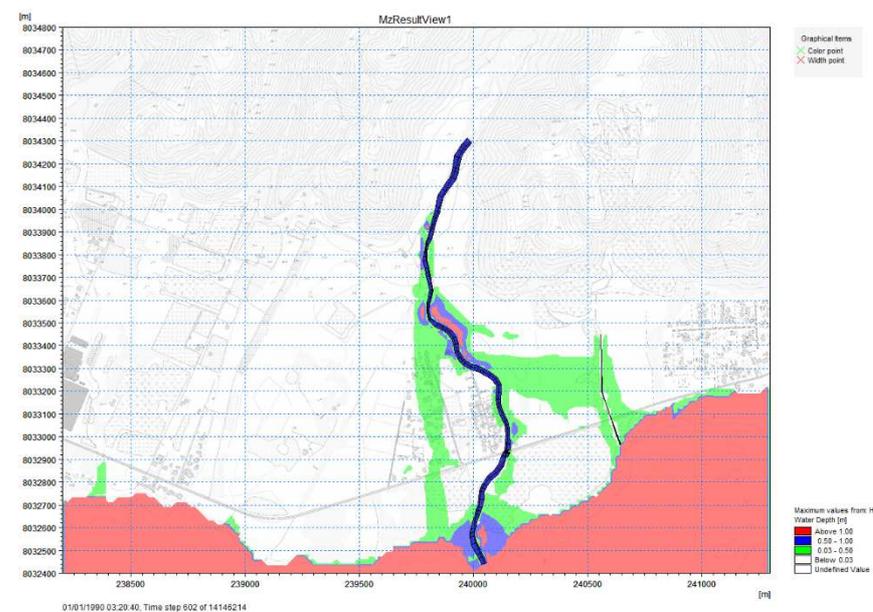


Figure 7 : Hauteur d'eau en Q100 avec embâcles

4.2. COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS DE MODELISATION

4.2.1. Choix des simulations

Les simulations effectuées sont les suivantes :

- Simulation 1 : Q10 – Hlagon = 0 m
- Simulation 2 : Q100 / H lagon = 1 m
- Simulation 3 : Q100 avec obstruction des 3 ouvrages par les embâcles/ H lagon = 1 m NGT.

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

4.2.2. Constat en lit mineur de la MOAROA

4.2.2.1. Analyse des débordements en simulation 1 : Q10 + Hlagon 0mNGT

Le premier débordement a lieu au droit du profil P2 (Pk 99.6) en aval de la route de ceinture, pour un débit de 55 m³/s environ (Q1). Sur ce tronçon la rivière est peu encaissée et l'altitude des terrains est faible, ce qui se traduit par un débordement fréquent du cours d'eau.

Pour la crue biennale (Q2 = 70m³/s) un débordement se produit au profil P11 (PK813) en rive droite mais ce débordement reste cantonné sur la risberme en bordure du lit mineur puisque la côte du terrain remonte ensuite.

Enfin, pour la crue quinquennale (Q5 = 105m³/s), la passerelle en bois du golf (P18-PM 1324) se met en charge provoquant de légers débordements.

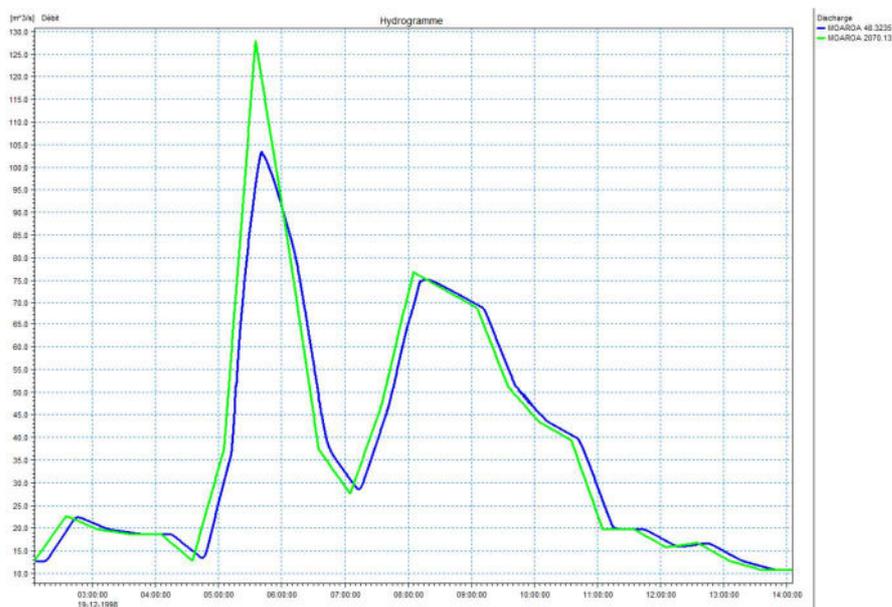


Figure 8 : Hydrogramme MOAROA Q10 (à l'amont en bleu et en vert à l'aval)

L'écrêtement du débit de pointe est d'environ 25 m³/s entre l'amont et l'exutoire. En amont du la RDC, l'écrêtement est quasi-nul ; il se fait principalement sur la zone aval.

Les vitesses constatées dans le lit mineur de la MOAROA sont de 4.5m/s en moyenne sur le tronçon amont à la RDC, ce qui est relativement élevé pour les berges non protégées par des enrochements.

En aval, les vitesses sont plus faibles avec une moyenne de 3.5m/s.

4.2.2.2. Analyse des débordements en simulation 2 : Q100 + Hlagon =1mNGT

Avec une côte du lagon à +1mNGT, les terrains situés à proximité de l'embouchure, en aval du PK 100 (P2), seront inondés par la mer.

Ajouté aux débordements observés en Q10, de nouveaux débordements se produisent en amont, en rive droite au niveau PK 1740 (P25).

Comme le montre l'hydrogramme ci-dessous, le débit de pointe est écrêté pour la crue centennale de :

- 20 m³/s entre l'amont et l'aval, soit un volume débordé du lit mineur et non réintroduit de 2450 m³,
- 80 m³/s entre le pont de la RDC et l'embouchure, soit un volume débordé du lit mineur et non réintroduit de 490 000 m³ environ.

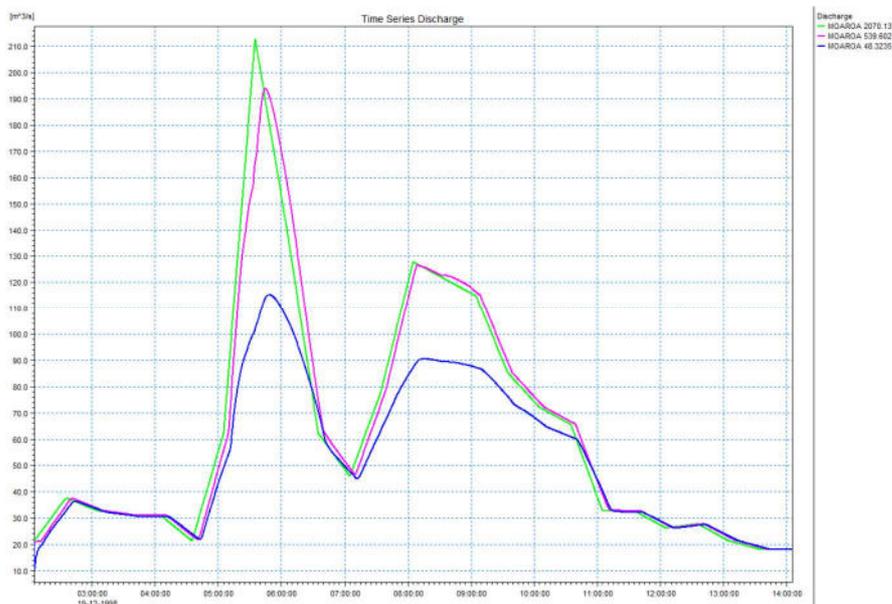


Figure 9 : Hydrogramme de la TEHAUPARU pour le débit Q100

Une partie de ce volume débordé rejoint directement le lagon et une autre partie (env. 2700m³) transite par le fossé de la servitude de l'usine de noni comme le montre l'hydrogramme suivant.

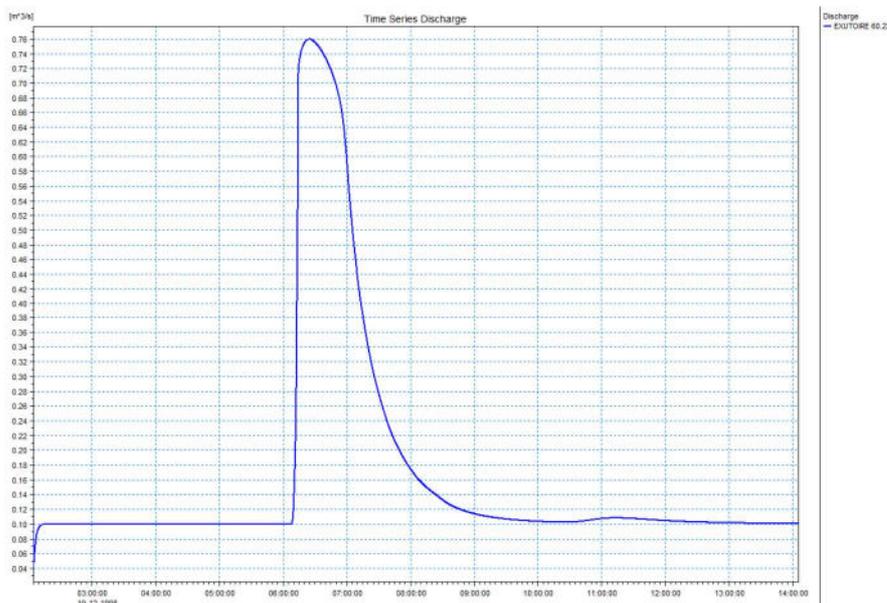


Figure 10 : Hydrogramme du fossé voisin – Q100

Les vitesses moyennes dans le lit mineur sont de 5m/s en amont du pont de la RDC, avec des pointes à 6 et 7.5m/s au droit des ouvrages de traversées confirmant les forts risques d'érosion.

En aval de la RDC, les vitesses sont réduites à 3.5m/s.

4.2.2.3. Analyse des débordements en simulation 3 : Q100 avec embâcles

Comme pour la simulation précédente, la zone en aval du pont de la RDC dont la côte est inférieure à +1mNGT est inondée par la mer.

Ensuite, très rapidement, la passerelle bois du golf (P18- PM 1324) qui est obstrué à 50% dans ce scénario se met en charge pour un débit de 30m³/s (soit environ la crue trimestrielle) et les débordements du lit mineur se produisent pour un débit de 70m³/s (Q2 env.).

Ensuite c'est le pont de la RDC qui se met en charge pour un débit de 72m³/s (env. Q2). La ligne d'eau atteint le haut des berges pour un débit de 170m³/s environ, soit la crue vicennale (Q20).

La passerelle amont (P23 – PM1594) se met en charge pour un débit de 92m³/s (env. Q5), ce qui provoque une remontée de la ligne d'eau et des débordements en amont pour un débit de 150m³/s environ (Q10 à Q20).

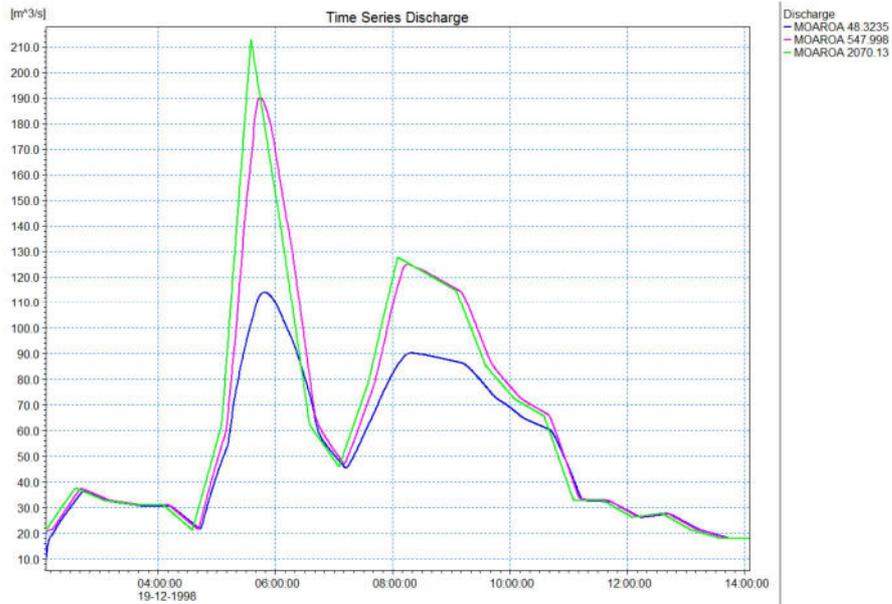


Figure 11 : Hydrogramme MOAROA Q100 avec embâcles

Comme le montre l'hydrogramme ci-dessus, le débit de pointe est écrêté pour la crue centennale de :

- 22 m³/s entre l'amont et l'aval, soit un volume débordé du lit mineur et non réintroduit de 15 500 m³,
- 80 m³/s entre le pont de la RDC et l'embouchure, soit un volume débordé du lit mineur et non réintroduit de 480 000 m³ environ.

Une partie de ce volume débordé rejoint directement le lagon et une autre partie (env. 7300m³) transite par le fossé de la servitude de l'usine de noni comme le montre l'hydrogramme suivant, soit 4600 m³ de plus que la simulation précédente.

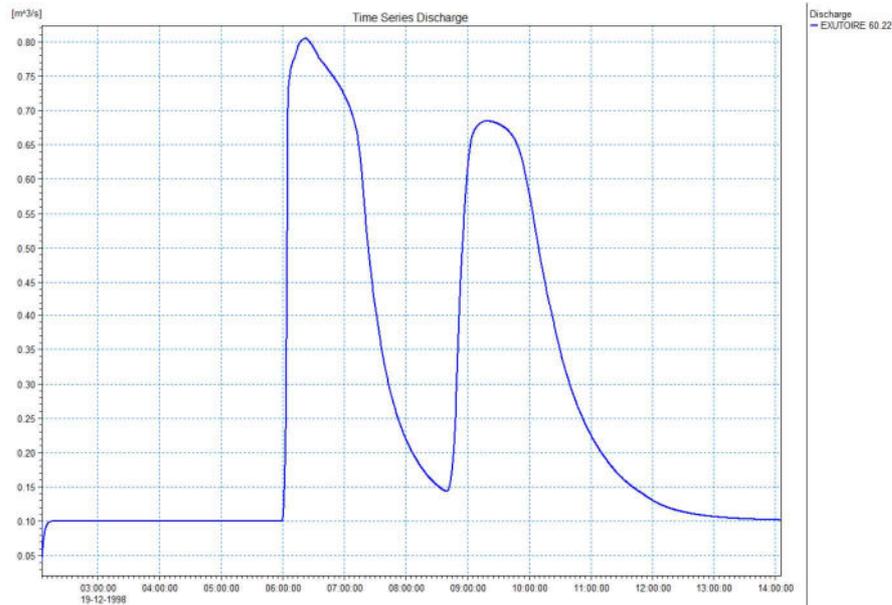


Figure 12 : Hydrogramme C36-37 pour le débit Q100 avec embâcles

Les vitesses moyennes en lit mineur sont sensiblement les mêmes que pour la simulation précédente avec toutefois des pointes plus importantes au droit des ouvrages car les sections sont plus réduites du fait de la présence d'embâcles qui obstruent la section.

Les vitesses sont respectivement de 6.5m/s, 10m/s et 7m/s pour l'ouvrage amont, la passerelle du golf et le pont de la RDC.

4.2.3. Constat en lit majeur

4.2.3.1. Analyse des écoulements en lit majeur en simulation 1 : Q10

Pour cette simulation la majeure partie des débordements est localisée en aval de la route de ceinture sur les terrains proches du lagon et dont l'altitude est faible. A la suite de la crue, le champ d'inondation se résorbe lentement en retournant dans la rivière. Quelques zones de « cuvette » restent en eau.

En amont de la RDC, quelques inondations mineures sont observées à proximité de la zone agricole. Les inondations restent cantonnées à proximité du lit mineur.

Les vitesses moyennes en lit majeur sont faibles : <0.5m/s.

4.2.3.2. Analyse des écoulements en lit majeur en simulation 2 : Q100

Du fait de la faible altitude des terrains, la zone avale se retrouve inondée en partie par le lagon et en partie par la rivière.

Au moment de la pointe de crue, des débordements du lit mineur se produisent en amont du lotissement OPH, au niveau de la zone agricole. Le champ d'inondation se propage d'une part au sud vers la route de ceinture avant de rejoindre le lagon et d'autre part, à l'est vers le fossé noni. Une partie est drainée par le fossé, mais sa capacité de transit étant limitée, la servitude voisine est inondée et sert d'axe d'écoulement.

A noter que le champ d'inondation suit les axes d'écoulement secondaires identifiés sur la figure 3, au chapitre 3.3.

En bordure du lit mineur, en rive gauche au niveau de la zone agricole, les vitesses sont élevées de 0.5 à 1m/s. Ces vitesses élevées traduisent la mise en eau rapide des terrains situées à l'arrière des digues après leur submersion.

4.2.3.3. Analyse des écoulements en lit majeur en simulation 3

Par rapport à la simulation 2, on observe une légère augmentation de la zone inondée. Une partie du volume débordée réintègre le cours d'eau en rive gauche et une autre partie traverse la route de ceinture.

Les vitesses sont sensiblement les mêmes que pour la simulation précédente.

4.2.4. Cartographie

Le logiciel MIKE 21 fournit les hauteurs d'eau et vitesses maximales pour chaque maille du modèle, qui sont ainsi directement cartographiés.

La carte des hauteurs d'eau maximales est couplée 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
$H \leq 0,5$ m	Faible	Moyen
$0,5 < H \leq 1$ m	Moyen	Fort
$H > 1$ m	Fort	Très fort

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

Malgré la présence d'enrochements, les crues précédente ont montré que leur stabilité n'étaient pas garantie (fruit trop raide et absence de sabot). Par conséquent, une **zone érodable de 5 mètres** est rajoutée en **aléa fort** de part et d'autres des berges du lit mineur de la MOAROA.

- La simulation 1 (Q10/Hlagon = 0 m) est cartographiée sur le plan PPR 023,
- la simulation 2 (Q100/Hlagon = 1 m) correspondant au plan PPR 024,
- la simulation 3 (Q100 avec embâcles /Hlagon = 1 m) au plan PPR 025.

5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

5.1. ENJEUX

La majeure partie des zones d'aléa fort d'inondation concernent des terrains agricoles situées en amont du lotissement OPH en rive gauche. Une habitation est également touchée.

De plus compte tenu des risques d'érosion constatés au droit de la zone habitée il est préconisé une réfection des protections de berges sur tout le tronçon amont à la RDC entre les PK 1838 et 533 soit sur 1300m environ.

La berge habitée (rive droite) devra être protégée en priorité.

La passerelle du golf sous-dimensionnée devra être recalibrée.

Concernant le pont amont et le pont de la RDC, le scénario avec une obstruction simultanée à 50% est jugé pessimiste. En effet, une modélisation du lit mineur seule pour la crue centennale montre que ces deux ouvrages présentent un tirant d'air de 1m pour le pont amont et de 1.5m pour le pont de la RDC. Par conséquent leur recalibrage à court terme n'est pas indispensable. Eventuellement pour compenser le risque d'obstruction par des embâcles, un piège à embâcles pourrait être réalisé sur la zone amont.

5.2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

Le tableau suivant présente les objectifs souhaités et les aménagements proposés pour les atteindre :

Objectifs	Aménagements proposés
Réduire le risque de débordement	Recalibrage de la passerelle du GOLF
Limiter le risque d'érosion	Protéger les berges non revêtues par des enrochements libres (posés avec un fruit de 3H/2V) ou par des enrochements percolés de béton, en amont du pont de la RDC.
Limiter le risque de blocage des embâcles	Piège à embâcles en amont de la zone habitée.

L'opération de protection des berges sera couplée d'un recalibrage pour supprimer les éventuels points bas dans les berges du lit mineur.

L'enveloppe des travaux est estimée entre 350 et 400 MFCP. Cette enveloppe devra être affinée par une étude de faisabilité.

PLANS

- PPR 021 Cartographie hydrogéomorphologique
- PPR 022 Carte des enquêtes de terrain
- PPR 023 Cartographie de l'aléa inondation Q10 / H lagon = 0 m
- PPR 024 Cartographie de l'aléa inondation Q100 / H lagon = 1 m
- PPR 025 Cartographie de l'aléa inondation Q100 avec embâcles / H lagon = 1 m

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. Etude des crues de la LOPT, DEQ-GEGDP, 2001
6. Guide technique de l'assainissement – Le Moniteur – Régis Bourrier

Hydrogéomorphologie :

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

Hydraulique :

9. Hydraulique générale, A. LENCASTRE, édition 1995

ANNEXES :

Annexe 1 : profils en long du lit mineur

Annexe 2 : Tableau des hauteurs et vitesses en lit mineur

Annexe 3 : Bathymétrie de la modélisation (fichier informatique)

Annexe 4 : Tableau des hauteurs en lit majeur (fichier informatique)

Annexe 5 : Tableau des vitesses en lit majeur (fichier informatique)