

Ministère de l'Aménagement
et des Relations avec les
Communes

Service de l'Urbanisme
Section Etudes et Plans

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

Programme ARAI
Cours d'eau : TEMARUA



Rapport

GRI / N° 04635D

Décembre 2010

TABLE DES MATIERES

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE	3
2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES	5
2.1. Enquête de terrain	5
2.2. Recueil de données	8
3. ANALYSE HYDROLOGIQUE	9
3.1. Généralités	9
3.2. Evaluation des débits de projet	10
3.2.1. Etude BCEOM de 1999	10
3.2.2. Etude LTPP de 2003 (J.Danloux)	11
3.2.3. Approche de P. STOLLSTEINER	11
3.3. Débits de projet retenus	13
3.4. Débit de la plus forte crue connue	13
3.5. hydrogrammes des crues de projet	14
4. MODELISATION HYDRAULIQUE	15
4.1. Le modèle hydraulique	15
4.2. Conditions aux limites	18
4.3. Calage du modèle	18
4.4. profil en long du lit mineur	19
4.5. Simulation des crues de projet	21
4.5.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale	21
4.5.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale	22
4.5.3. Prise en compte du risque d'embâcles	22
4.5.4. Débits de Premier Débordement	23
4.6. Cartographie de l'aléa	25
4.6.1. Classification de l'aléa	25
4.6.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennial	25
5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS	26
5.1. la protection des zones habitées	26
5.1.1. Les travaux de première urgence	26
5.1.2. Protection du secteur amont	26
5.1.3. Protection du secteur aval	27
5.2. La mise en place d'un système d'alerte	29

5.3. Les travaux d'entretien de la végétation	29
5.4. Chiffrage estimatif	30

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

Le SAU conduit depuis 2005 un programme qui a pour objectif principal la réalisation de Plans de Préventions des Risques (PPR) avec la réalisation de cartes d'aléa inondation.

Une première partie de ce programme (ARAI 1, puis ARAI 2) a déjà été réalisé.

La présente consultation concerne la suite de ce programme et la réalisation de cartographies de zones inondables sur différents cours d'eau de Polynésie française à partir de modélisations hydrauliques.

Les modélisations des écoulements à surface libre demandées ont principalement pour objectif de :

- Simuler les débordements observés lors des dernières crues remarquables,
- Définir la capacité d'évacuation maximale du lit mineur,
- Définir en état actuel l'extension, les hauteurs et vitesses maximales d'écoulement des crues de référence en lit majeur,
- Envisager les phénomènes d'embâcles et évaluer leurs conséquences sur l'extension des inondations,
- Diagnostiquer les ouvrages hydrauliques existants de manière succincte,
- Proposer des aménagements permettant de réduire les aléas inondations sur les zones soumises à un aléa fort.

Les modélisations demandées concernent essentiellement les rivières dont la partie aval comporte une plaine littorale fortement urbanisée ou pouvant être dans un proche avenir fortement urbanisée.

Le cours d'eau étudié dans le cadre de ce programme est la **TEMARUA**, situé sur la commune de **PAPARA**, au **PK 36**.

La cartographie du risque inondation est réalisée sur un linéaire de 2.3 km à partir de l'embouchure du cours d'eau.

Plan de situation



2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES

2.1. ENQUETE DE TERRAIN

Cette phase d'étude a permis :

- d'analyser le processus d'inondation et d'identifier les axes structurant les écoulements,
- d'identifier les données générales nécessaires à la mise en œuvre du modèle de simulation,
- de recueillir les observations sur les crues passées,
- d'identifier l'état d'occupation des sols.

Les principales observations relevées sur le terrain sont les suivantes :

*Remarque : la localisation des photographies ci-dessous est donnée en **annexe 1**.*



Photo 1 : Franchissement de la RT



Photo 2 : Vue amont ouvrage

Le franchissement de la route territoriale est assuré par un pont à une travée d'ouverture totale 18m, pour une section hydraulique totale de 53m². Les piles de l'ouvrage ont été consolidées par des palplanches. En amont du franchissement le lit du cours d'eau est protégé en rive droite le long de la Mairie. Une canalisation en fonte traverse le lit du cours d'eau en amont immédiat du pont, matérialisant un seuil de hauteur de 0.50m.

Les principaux ERP de la commune se trouvent sur ce secteur : Mairie et salle des fêtes en amont rive droite, Eglise, poste, collège de Papara et Ecole primaire en aval rive droite du pont. La poste se trouve entre 1 et 2m en contrebas de la route. Les riverains n'ont pas la mémoire d'importantes inondations sur ce secteur. Le mur de clôture de l'école primaire a été détruit par la houle en 2005.



Photo 3 : Coude au droit du lotissement Mahitihihi



Photo 4 : attaque de berge rive droite

Il est observé de fortes érosions de berge sur le premier coude prononcé de la Temarua, au droit du lotissement Mahitihihi. Une plage d'atterrissement en rive gauche dirige les écoulements sur la rive droite et accentue les risques d'érosion. Ce secteur constitue une zone de dépôt en période de crue. Les riverains signalent la présence de carcasses de voiture emportées depuis la casse automobile située en amont de la zone d'étude.



Photo 5 : Lotissement Mahitihihi : vue aval



Photo 6 : Lotissement Mahitihihi : vue amont

De très fortes érosions de berge sont notées au droit de la traversée du lotissement Mahitihihi. Sur ce secteur l'ensemble de la berge est sapée par le pied et présente des traces d'effondrement sur plusieurs secteurs. Les habitants mentionnent qu'ils ont déjà vu la rivière arriver en limite de débordement sur ce secteur sans pouvoir donner une date exacte à cet événement. Il n'a pas été observé de problème lors du cyclone Oli. Etant donné les enjeux présents (premières habitations du lotissement situées à proximité immédiate de la berge), ce coude sera à protéger en priorité.



Photo 7 : Attaque de berge en rive gauche



Photo 8 : Attaque de berge en rive droite

En amont du lotissement Mahitihi de nombreuses érosions de berge sont observées. Deux maisons individuelles (photo 7) sont menacées en rive gauche (érosions générées par une crue en 2009). Le bâtiment industriel (SOFAP) situé en rive droite est protégé par des enrochements libres. Il est observé dans le lit des arbres dessouchés en embâcle augmentant le risque inondation. Il est prévu sur ce secteur un nouvel ouvrage de franchissement de la Temarua (route de liaison inter-quartiers).



Photo 9 : Casse automobile

A noter la présence d'une casse automobile, stockant des carcasses de voitures à proximité directe du lit de la Temarua. Les riverains du lotissement Mahitihi ont signalé le transport et le dépôt de ces carcasses jusqu'au lotissement, ce qui accentue les risques d'érosion de berge et d'embâcle sur ce secteur.



Photo 10: Vue du coude amont

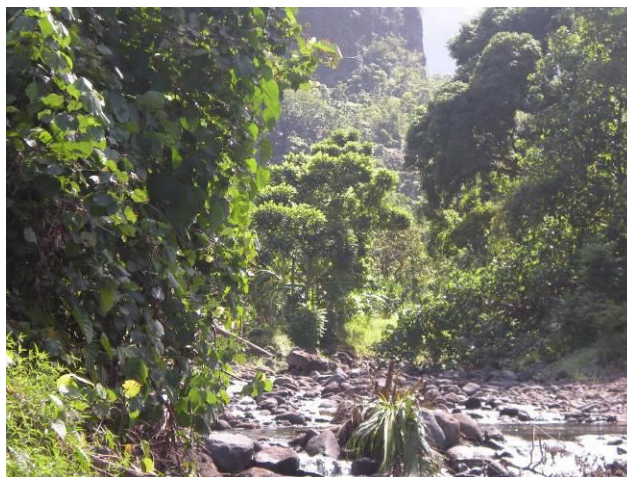


Photo 11 : secteur amont

A l'amont de la dernière zone urbanisée, la vallée de la Temarua se resserre et se rapproche du rempart de rive droite. Les habitations restent éloignées du lit vif de la rivière. En limite de secteur d'étude, un radier permet l'accès à des parcelles agricoles.

2.2. RECUEIL DE DONNEES

Les informations topographiques utilisées dans le cadre de la modélisation hydraulique sont les suivantes :

- Restitution photogrammétrique au 1/5000 du lit majeur de la Temarua (commune de Papara) réalisée à partir de photos aériennes (fournie par le Service de l'Urbanisme) – précision altimétrique de 50 cm.
- Secteur Aval lotissement Mahatihiti : profils en travers et en long du lit mineur levés en janvier 2006 par le cabinet de géomètre Doërflyer y compris levé de l'ouvrage de franchissement de la Route Territoriale.
- Secteur amont : profils en travers du lit mineur et du lit majeur réalisé en Septembre 2010 par le cabinet de géomètre Wild (13 profils).

3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

3.1. GENERALITES

Le bassin versant de la Temarua se situe sur le secteur sous le vent de l'île de Tahiti.

Le climat est de type tropical océanique humide avec une saison des pluies (été austral) de novembre à avril et une saison sèche (hiver austral) de mai à octobre.

Il n'existe pas de station pluviométrique sur ce bassin versant. Le poste pluviographique le plus proche de la zone étudiée est le poste d'Orofero, situé à une altitude de 170m

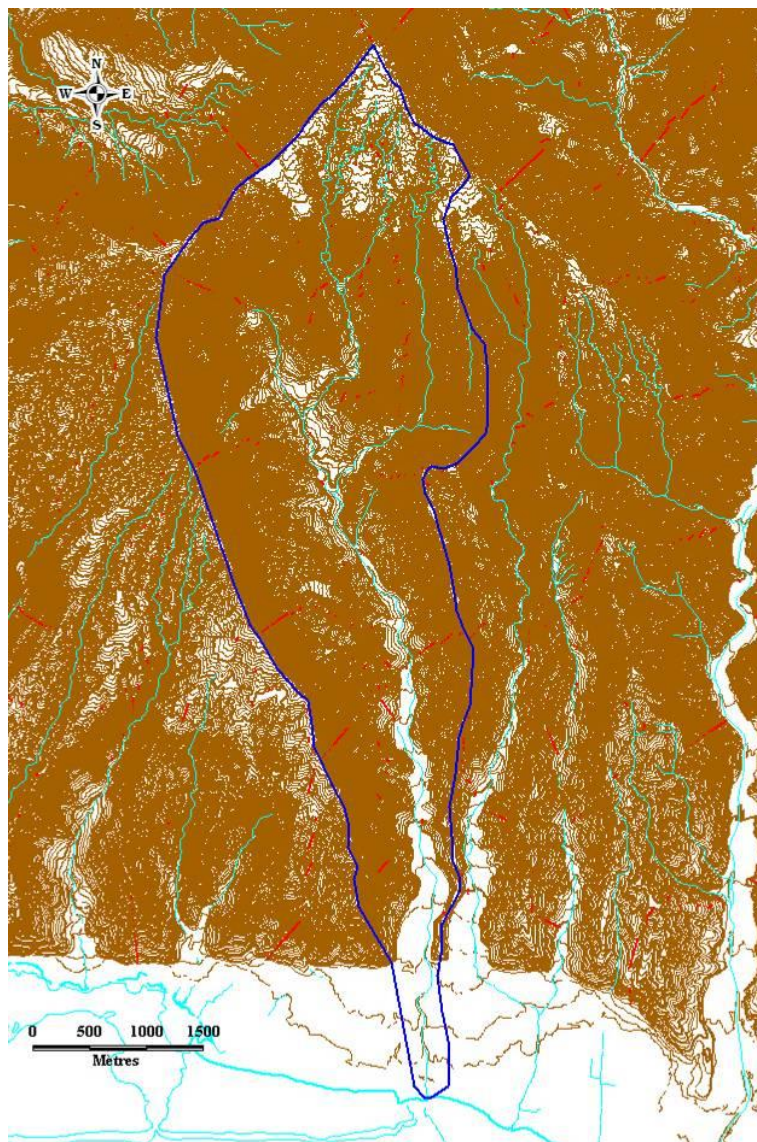
Le bassin versant de la Temarua a une superficie de 14 km².

La partie amont du bassin versant est essentiellement constitué de forêts. Seule la plaine littorale est urbanisée.

Les principales caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

- Surface : 14 km²
- Altitude moyenne du bassin versant : 665m
- Plus long cheminement hydraulique : 10500 m,
- Périmètre du bassin : 20,6 km
- Longueur du rectangle équivalent : 8.97 km,
- Gradex de la pluie centennale / 15mn : 40mm,
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 1630 m,
- Indice de pente : 170m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 0.8 h,

Figure n°1 : Bassin versant de la Temarua



3.2. EVALUATION DES DEBITS DE PROJET

Différentes méthodes ont été utilisées pour calculer les débits de projet de la Temarua. Elles sont rappelées et détaillées ci-dessous.

3.2.1. Etude BCEOM de 1999

Dans le cadre de l'étude "Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti", en absence de données hydrologiques disponibles, BCEOM a proposé, afin d'obtenir un ordre de grandeur du débit de pointe décennal, une formulation du type :

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

Avec :

- K est un coefficient régional (K=4 pour la Temarua)
- S est la superficie drainée en km²
 - P₀ est la moyenne sur le bassin versant de la hauteur de précipitations de période de retour 1 an en dixième de mm sur 15mn, soit 21mm,

Cette formulation s'applique à des bassins versant de plus de 1km². Elle est déconseillée dans le cas où des phénomènes hypodermiques sont connus ou pressentis et est à relativiser en cas de phénomènes d'écoulement superficiel particuliers tels des débits solides ou des écrètements non négligeables.

Le débit de pointe centennal est calculé par application de la méthode du gradex avec les caractéristiques suivantes :

- Point pivot à la période de retour 10 ans
- Gradex des pluies sur 15 minutes pour les bassins versants de superficie inférieures à 20 km² et sur 30 minutes pour les autres, **soit Gd=40mm** pour la Temarua.
- un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5

3.2.2. Etude LTTP de 2003 (J.Danloux)

L'étude du LTTP de 2003 a portée sur l'évaluation des maximums de crues sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale à partir des données acquises sur les réseaux hydrologiques pendant la période 1969-2003 (J.Danloux).

Cette étude comporte :

- le recensement, la critique et l'analyse des données hydrométriques en possession du GEGDP.
- L'évaluation sur les stations hydrométriques des rapports entre débit maximal connu et les débits caractéristiques de crue.
- L'évaluation des coefficients de Craeger correspondants pour la transposition de ces résultats aux autres rivières non suivies.

Ce travail couvre la cote Est et la presqu'île de Tahiti et complète ainsi l'étude de 2001 de Wotling.

La formule de Craeger s'exprime de la manière suivante :

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

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

A : superficie du bassin versant en km².

C : coefficient de Craeger

3.2.3. Approche de P. STOLLSTEINER

P. STOLLSTEINER, dans le cadre d'une mission d'assistance technique pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa inondation en Polynésie française propose

l'utilisation de la méthode Rationnelle pour la définition des débits de pointe décennaux et de la méthode du gradex pour l'évaluation des débits de pointe centennaux.

Cette méthode est préconisée pour des bassins versants pour lesquels on ne dispose pas de données observées.

Le coefficient de ruissellement décennal est régionalisé sur la base des ajustements débitométriques disponibles. L'intensité retenue est celle survenant sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant étudié.

A défaut d'ajustements débitométriques, P. STOLLSTEINER recommande « de choisir le coefficient de ruissellement décennal parmi ceux de l'île la plus proche et la plus semblable en considérant le contexte géologique, l'altitude maximale du bassin versant et son orientation ». Pour la Temarua, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de 0.45. Ce coefficient se rapporte à la pluie journalière mesurée et non à la pluviométrie journalière réellement reçue par le bassin versant.

A défaut d'ajustements pluviométriques sur des courtes durées, P. STOLLSTEINER propose « d'estimer les valeurs fréquentielles des pluies de durée égale au temps de concentration à partir d'informations disponibles sur les pluies journalières » (rapport des pluies sur sites de durée T_c et journalière égal à ce même rapport à la station pluviographique la plus proche ou jugée comparable).

3.3. DEBITS DE PROJET RETENUS

Les débits de crue de la Temarua obtenus par les trois méthodes présentées ci-dessus sont les suivants :

Etude	Méthode de calcul	Q10 en m ³ /s	Q100 en m ³ /s
Etude BCEOM de 1999	Formule empirique et gradex	166	380
Etude LTPP de 2003 J.Danloux)	Formule de Craeger + analyse statistique	194	402
P STOLLSTEINER	Méthode rationnelle et gradex	165	269

Tableau 1 : Comparaison des débits de projet obtenus

Il est proposé de retenir les valeurs obtenues dans l'étude LTPP de J.Danloux, basées sur la méthode de Craeger calée sur les évaluations de la rivière Vairaharaha.

Ces évaluations conduisent à de forts débits spécifiques (de l'ordre de 29m³/s/km²) pour le débit centennal, dont l'origine est liée aux forts débits spécifiques de la Vairaharaha obtenus par ajustements statistiques.

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

Crue	Crue décennale	Crue centennale
Débit en m ³ /s	194	402

Tableau 2 : Débits de projet de la Temarua

3.4. DEBIT DE LA PLUS FORTE CRUE CONNUE

Les deux crues les plus importantes survenues ces dernières années sont celles du 12 avril 1983 (cyclone Veena) et du 20 décembre 1998.

Nous ne disposons d'aucune donnée hydrométrique concernant ces deux cours d'eau.

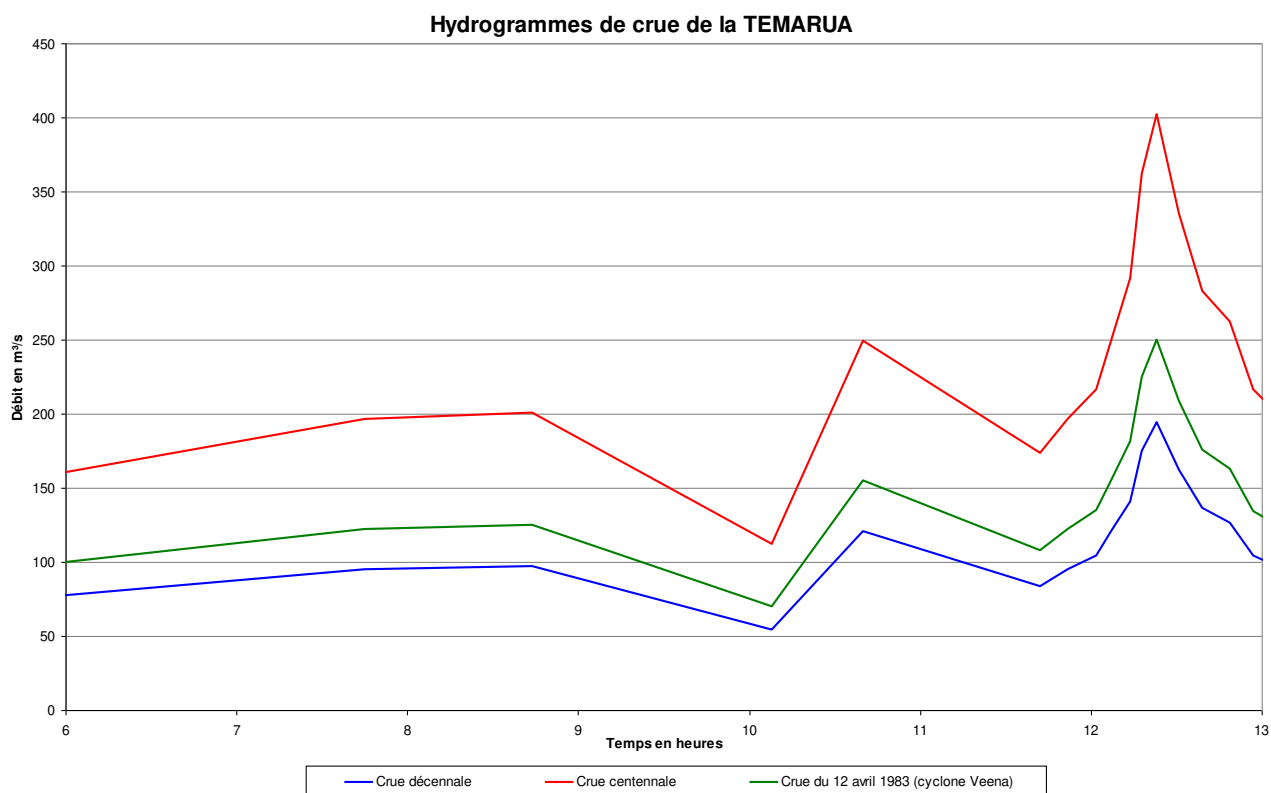
Seule la Taharuu, rivière jaugée située à proximité, peut fournir des informations sur ces crues importantes (400 m³/s pour la crue d'avril 1983 et 160 m³/s pour la crue de décembre 1998).

L'évaluation du débit relatif au cyclone Veena est présentée par J. Danloux dans l'étude « Evaluation des maximums de crue sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale et à partir des données acquises sur les réseaux hydrologiques pendant la période 1969-2003 » en juillet 2003. La valeur retenue est de 250m³/s.

3.5. HYDROGRAMMES DES CRUES DE PROJET

Les hydrogrammes des crues décennale et centennale sont déduits de l'hydrogramme enregistré sur la Taharuu lors de la crue du 12 avril 1983 au passage du cyclone Veena.

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



4. MODELISATION HYDRAULIQUE

4.1. LE MODELE HYDRAULIQUE

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

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

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

Une notice de présentation détaillée du logiciel est fournie en **annexe 2**.

Construction du modèle

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

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

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

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

Compte tenu de la précision souhaitée, la longueur moyenne des casiers du lit mineur est de 100m. Cette précision permet de représenter correctement les écoulements dans le cas de fortes pentes.

L'ensemble des endiguements et des remblais identifiés lors de la reconnaissance de terrain est pris en compte.

La totalité du modèle comprend environ 90 casiers.

Les données nécessaires à la construction du modèle sont :

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

Données topologiques

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

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

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

Données topographiques

On distingue :

- les profils en travers aux interfaces,
- les lois de remplissage des casiers,
- les ouvrages et singularités hydrauliques.

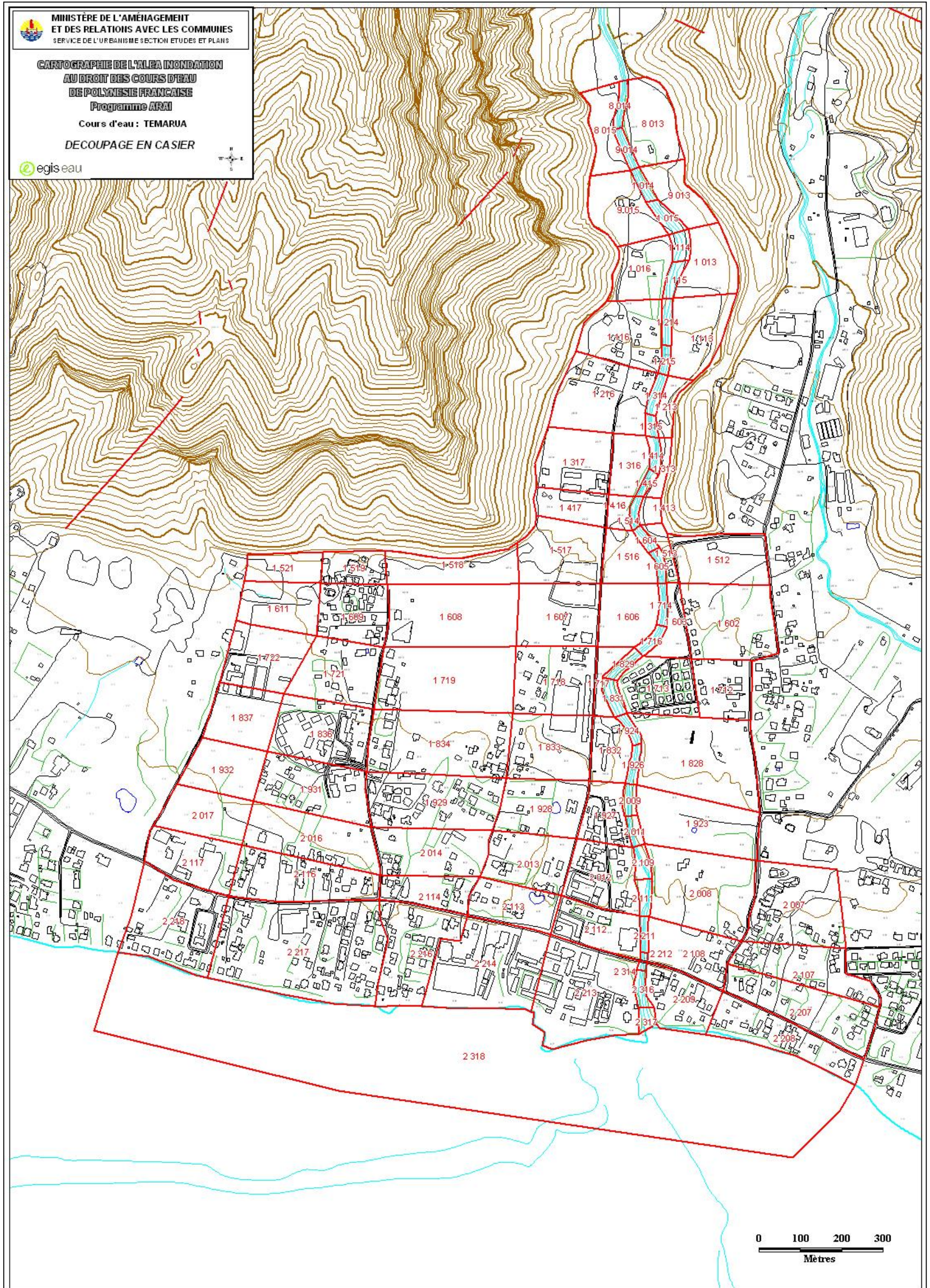
- **LES PROFILS EN TRAVERS**
 - Dans le lit mineur, il s'agit des profils en travers bathymétriques.
 - Dans le lit majeur, les profils ont été construits à partir du plan photogrammétrique.
 - A chaque profil, il est associé une distance amont et une distance aval par rapport, aux casiers adjacents et un coefficient de rugosité (affiné au calage).

- **LES LOIS DE REMPLISSAGE**

Elles sont calculées à partir des données topographiques issues de la restitution photogrammétrique.

- **LES OUVRAGES ET SINGULARITES**

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



4.2. CONDITIONS AUX LIMITES

Les conditions limite aval prise en compte dans le modèle sont les suivantes :

	Débit de pointe	Niveau aval du lagon
Crue décennale	194 m ³ /s	0 m NGT
Crue centennale	402 m ³ /s	1 m NGT
Cyclone Veena	250 m ³ /s	0.30 m NGT

Tableau 3 : Conditions aux limites du modèle

Dans le cas de ce modèle, le niveau de la mer est imposé en condition limite aval. Une surcote marine de 30 cm a été enregistrée lors du passage du cyclone Veena à Papeete. Par manque d'information plus précise sur les niveaux marins à Papara lors de cet événement, un niveau de 0.30 m NGT est imposé en aval du modèle hydraulique pour le cyclone Veena.

4.3. CALAGE DU MODELE

Le calage du modèle a été réalisé essentiellement à partir des enquêtes de terrain, en estimant les coefficients de Strickler caractérisant le frottement en fonction de la nature du lit.

Les coefficients de Strickler utilisés sont les suivants :

- 20 à 25 en lit mineur
- 7 à 10 en lit majeur

Les coefficients de Strickler en lit mineur ont été établis à partir de la méthode du Soil Conservation Service, soit:

$$n = (n0 + n1 + n2 + n3 + n4) \times m5$$

Avec :

n0 : Dépend du type de matériaux qui constitue le lit de la rivière (de 0.02 pour l'argile nue, à 0.028 pour les gros graviers).

n1 : Degré d'érosion de la surface du canal (de 0.00 pour surface lisse, à 0.02 pour un canal très érodé).

n2 : Variation des sections du canal (de 0.00 quand les variations de la dimension et de la forme de la section de la rivière se produisent graduellement, à 0.015 quand ces variations se produisent brusquement).

n3 : Degré d'obstruction à l'écoulement, dû au dépôt de débris et de roches (de 0.00 quand l'obstruction est négligeable, à 0.06 quand elle occupe un espace relativement important par rapport à la surface de la section).

n4 : Présence de végétation (de 0.005 pour des herbes souples dont la hauteur ne dépasse pas le tiers de la hauteur de l'écoulement, à 0.1 pour une hauteur moyenne de l'écoulement moins que la hauteur de la végétation et une densité importante d'arbustes).

m5 : Coefficient qui dépend du ratio entre les longueurs curviligne et droite du lit de l'oued (de 1.00 si ce ratio est entre 1 et 1.2, à 1.15 si ce ratio est entre 1.2 et 1.5 à 1.3 si ce ratio dépasse 1.5).

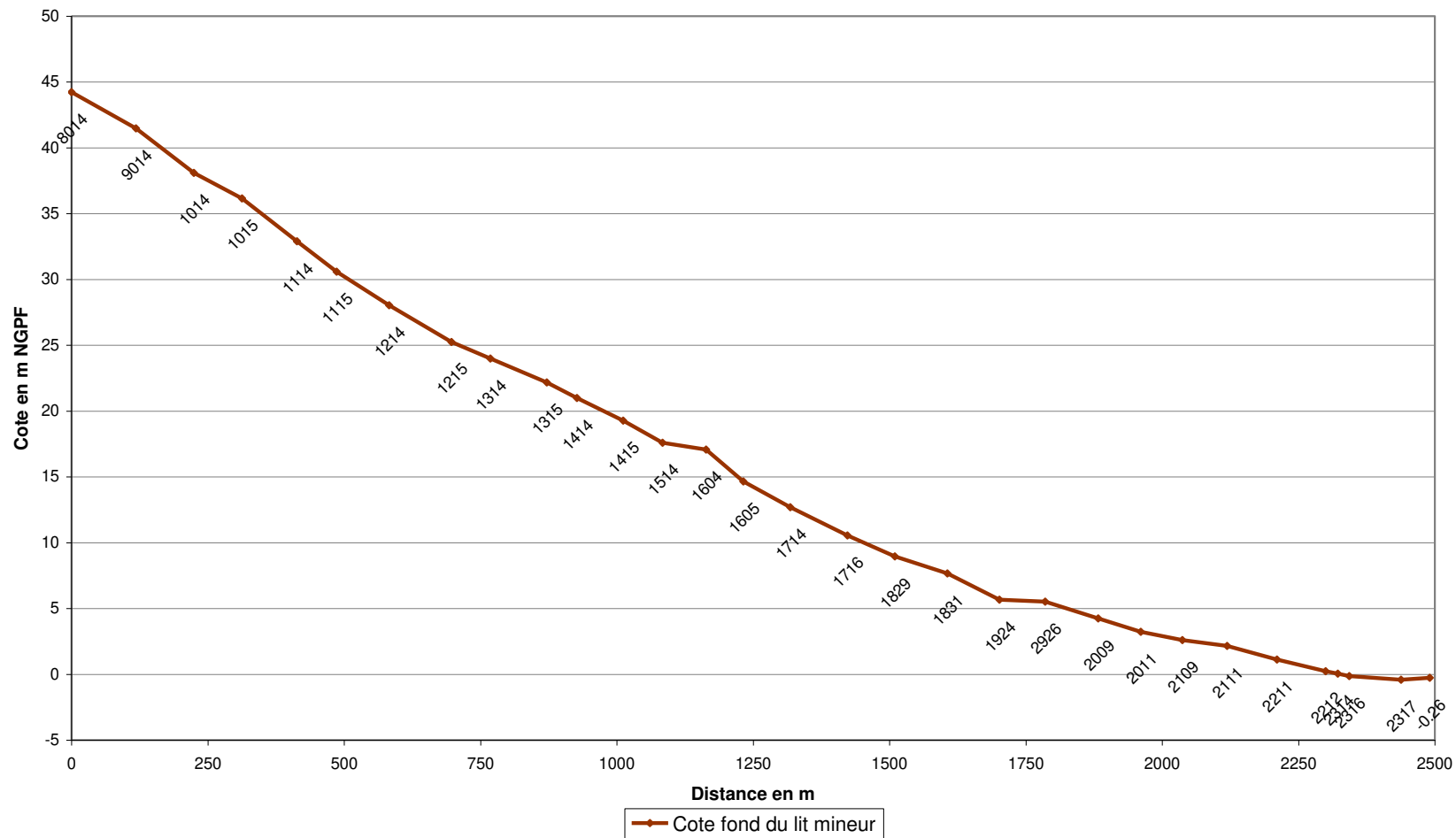
Secteurs	n0	n1	n2	n3	n4	m5	n	K
Amont (casiers 8014 à 1604)	0.024	0.005	0.005	0.005	0.01	1	0.050	20
Aval	0.024	0.005	0.005	0	0.005	1	0.039	25

4.4. PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR

Le profil en long du lit mineur est présenté sur la figure n°3. Il possède la particularité de présenter une pente très forte, de l'ordre de 2.3% sur la majorité de son cours.

Cette pente est ramenée à 1%, 500m en amont de la route de ceinture. La rivière conserve donc son pouvoir érosif sur la totalité de son linéaire.

Figure n°3: Profils en long du lit mineur



4.5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

Le modèle hydraulique a été utilisé pour simuler plusieurs crues de différentes périodes de retour :

- La crue décennale
- La crue centennale
- La crue centennale en prenant en compte une obstruction de 50% de l'ouverture du pont de la RT.
- Le cyclone Veena

Les résultats de la modélisation sont donnés en **annexe 4**. Ils intègrent, pour les quatre crues modélisées :

- La cote de crue maximale en m NGT
- Les vitesses en lit mineur, en rive gauche et en rive droite.

Les lignes d'eau sont données en figure 4.

4.5.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale

Vallée amont (casiers 8014 à 1604)

En crue centennale, les débordements s'étalent largement en rive droite et en rive gauche.

En rive gauche, les débordements sont importants (de l'ordre de 100 à 120 m³/s), et génèrent de fortes hauteurs de submersion associées à de fortes vitesses d'écoulement. La plus grande partie de cette rive est classée en zone d'aléa fort à très fort.

En rive droite les hauteurs de submersion sont moins importantes (débit de débordement compris de l'amont vers l'aval entre 30 et 20 m³/s). Cette rive est classée en zone d'aléa moyen ou faible. Sur ce secteur, la zone artisanale située en amont du cimetière, est située en zone inondable.

Il est à signaler qu'étant donné les fortes vitesses observées en lit mineur (comprises entre 4 et 6m/s), les berges peuvent être soumises à des érosions importantes.

Du lotissement Mahitihiti (casier 1604) à l'embouchure.

Les vitesses d'écoulement dans le lit mineur, comprises entre 4 et 6 m/s, sont extrêmement fortes du fait de la pente importante du cours d'eau. Ces vitesses peuvent engendrer de fortes érosions de berge.

Au droit du lotissement Mahitihiti, entre les casiers 1604 et 1624, ces vitesses sont évaluées à 6m/s. Ce secteur présente à l'heure actuelle de fortes érosions en rive gauche et est donc extrêmement sensible au risque érosion. Un aléa très fort lié à la problématique érosion de berge existe pour les habitations situées à proximité immédiate du cours d'eau.

Il est observé des débordements importants :

- en rive gauche en aval du lotissement, au total un débit de près de 110m³/s déborde sur cette rive (27% du débit centennal). Les vitesses d'écoulement sont localement fortes et diminuent avec l'étalement de la zone inondée. La route fait obstacle à l'écoulement : le passage des eaux de crue se fait au niveau de l'ouvrage et au droit d'un point bas de la route situé 200m à l'est de l'ouvrage.
- En rive droite, les débordements sont moins importants, de l'ordre de 15 m³/s, et restent cantonnés à proximité immédiate du lit mineur.

Au droit du pont de la route de ceinture :

Pont de la route de ceinture	Cote en m NGT
Cote sous poutre	3.60
Cote de surverse sur l'ouvrage	5.32
Cote d'eau en crue décennale	2.80
Cote d'eau pour la crue de type avril 1983- VEENA	3.10
Cote d'eau en crue centennale	3.41
Mise en charge	Non : déversement par points bas de la route

En crue centennale, le tirant d'air du pont de la RT est de 0.20m. Le pont n'est donc pas en charge. Cependant du fait de la section insuffisante du pont, les eaux débordées coupent les points bas de la RT.

4.5.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale

En crue décennale, la rivière ne déborde pas en rive droite.

En rive gauche, des débordements se produisent :

- Sur le secteur amont, avec des hauteurs de submersion faibles, mais des vitesses d'écoulement importantes en lit mineur.
- En aval du lotissement Mahitihiti. Les débits débordés sont importants ponctuellement et les vitesses d'écoulement dépassent 0.5 m/s. Les eaux débordées s'évalent par la suite et les vitesses d'écoulement diminuent. En aval, les eaux sont bloquées par la route de ceinture : elles passent au niveau de l'ouvrage ainsi qu'au niveau du point bas de la route territoriale plus à l'Est.

4.5.3. Prise en compte du risque d'embâcles

Une simulation a été réalisée en crue centennale en prenant en compte une obstruction de moitié de la section d'écoulement de l'ouvrage de franchissement de la RT.

Cette obstruction accentue les débordements sur la rive gauche qui passent à 135m³/s (110 m³/s sans embâcle).

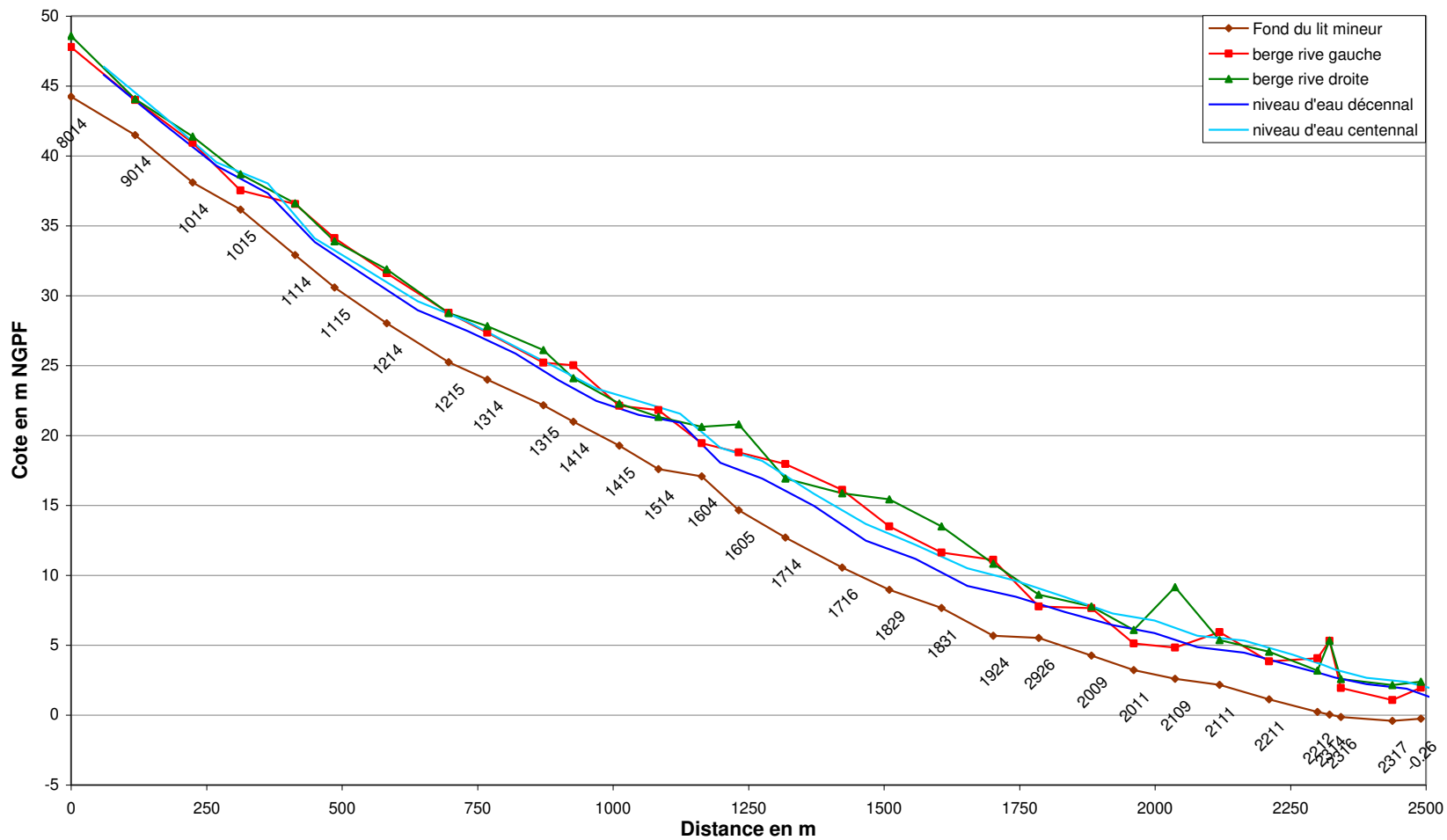
En amont immédiat du pont les niveaux de crue sont augmentés de 0.25m.

4.5.4. Débits de Premier Débordement

Ces débits sont les suivants :

Casier	Débit de premier débordement (m ³ /s)	
	Rive gauche	Rive droite
8014	213	370
9014	220	344
1014	193	
1015	256	243
1114		
1115	327	
1214		
1215	261	390
1314	386	
1315	270	
1414		386
1415	213	386
1514	178	215
1604		
1605	223	370
1714		
1716		362
1829		
1831		
1924	402	
1926	250	327
2009	185	378
2011	138	402
2109	386	
2111	285	402
2211	285	402
2212		273
2314	111	202
2316	110	
2317	111	

Figure n°4: Lignes d'eau décennales et centennales



4.6. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

4.6.1. Classification de l'aléa

La cartographie fournie comprend :

- CARTE 1 : cartographie de l'aléa inondation de la crue décennale
- CARTE 2 : cartographie de l'aléa inondation de la crue centennale
- CARTE 3 : cartographie de l'enveloppe d'inondation de la crue centennale en tenant compte du risque d'embâcles
- CARTE 4 : cartographie de l'enveloppe d'inondation du cyclone Veena

Les cartographies d'aléa ont été établies sur la base des règles suivantes :

Vitesse Hauteur	Vitesse < 0.5m/s	Vitesse > 0.5m/s
Hauteur < 0.5m	Faible	Moyen
0.5m < Hauteur < 1m	Moyen	Fort
Hauteur > 1m	Fort	Très fort

Tableau 4 : Définition des classes d'aléa

La précision des cartographies reste liée à la densité et à la précision de la topographie existante en lit majeur.

4.6.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennial

Dans le cadre de l'aléa centennial, le phénomène d'érosion de berges a été pris en compte dans la cartographie de l'aléa. Une bande d'aléa très fort de 15 m de large en bordure de lit mineur a été ajoutée à la cartographie finale.

Cette bande permet de préserver un espace non constructible en bordure de lit pour prendre en compte le risque de destruction de berges lié à la dynamique érosive de la rivière.

5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

5.1. LA PROTECTION DES ZONES HABITEES

5.1.1. Les travaux de première urgence

Les travaux de première urgence sont les suivants :

Protection contre le risque d'érosion du lotissement Mahitihiti.

Ces travaux sont difficiles à réaliser étant donné l'encaissement de la rivière sur ce secteur (hauteur moyenne 4.5m) rendant difficile la mise en place de protections de berge inclinées à 3/2 ou 2/1 sans diminuer la section d'écoulement existante. Il est proposé la mise en place d'une protection de berge par enrochements liés au béton en raison des très fortes vitesses d'écoulement sur ce site. Les caractéristiques de cet ouvrage sont les suivantes:

- Linéaire : 550m
- Hauteur moyenne : 4 à 5m
- Protection par enrochements liés au béton posés en deux couches sur filtre géotextile, épaisseur 1m.
- Talus de pose à 3/2
- Protection para fouille en pied d'ouvrage,

Casse automobile

Evacuation des épaves automobiles hors du champ d'inondation de la rivière pour diminuer le risque de barrage d'embâcle en cours de crue.

5.1.2. Protection du secteur amont

Cette protection permet la protection de la zone habitée amont et de la zone industrielle située entre les casiers 1214 et 1514.

Il est proposé la mise en place d'une digue de protection éloignée du lit mineur.

Cet ouvrage permettra de préserver une emprise pour le libre écoulement des eaux nécessaire à la dispersion de l'énergie cinétique de la rivière. Le positionnement d'un endiguement éloigné du lit mineur permettra de plus de diminuer la vulnérabilité de l'ouvrage (vitesses d'écoulement plus faibles en pied d'ouvrage) en préservant la qualité du milieu naturel.

- Linéaire : 550m
- Hauteur moyenne : 1.5 à 2m
- Protection coté rivière par enrochements libres posés en deux couches sur filtre géotextile,
- Pente de talus 2/1,
- Largeur en crête : 3m,

- Protection parafouille en pied de digue

5.1.3. Protection du secteur aval

Cette protection permet la protection des zones habitées situées en aval du lotissement Mahitihiti jusqu'au pont de la route territoriale.

En rive gauche :

Il est proposé la mise en place d'une digue de protection éloignée du lit mineur de caractéristiques suivantes :

- Linéaire : 600m
- Hauteur moyenne : 2m
- Protection coté rivière par enrochements libres posés en deux couches sur filtre géotextile,
- Pente de talus 2/1,
- Largeur en crête : 3m,

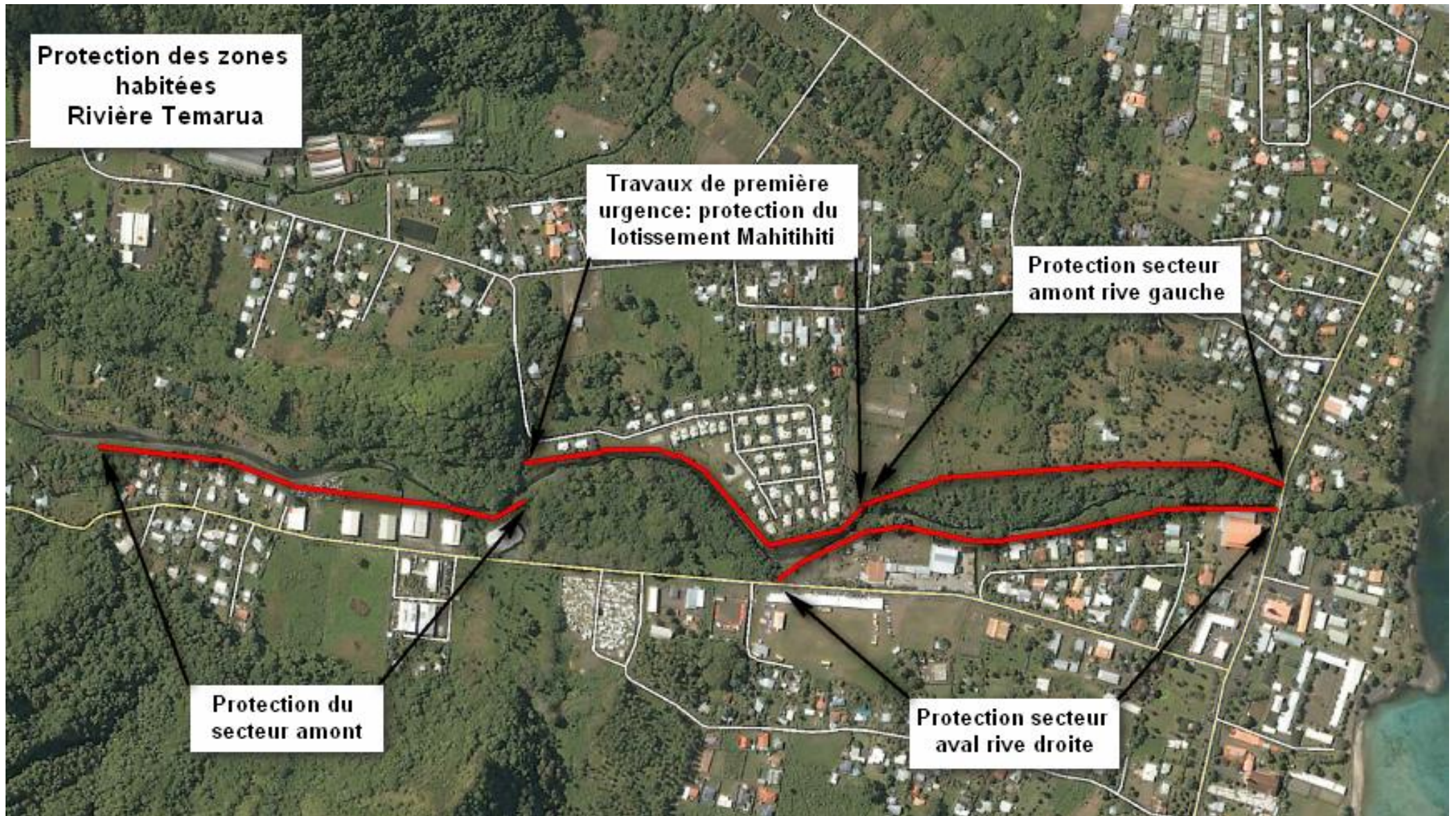
En rive droite

Les emprises disponibles ne sont pas suffisantes pour la mise en place d'un endiguement éloigné. Il est proposé une digue de protection rapprochée jusqu'au pont de la RT.

- Linéaire : 650m,
- Hauteur moyenne 1.5 à 2m,
- Protection coté rivière par enrochements libres posés en deux couches sur filtre géotextile,
- Pente du talus 2/1,
- Largeur en crête : 3m,

Le redimensionnement du pont de la RT :

Le dimensionnement du nouvel ouvrage de franchissement devra faire l'objet d'une étude spécifique. La section minimale de passage au droit du franchissement devrait être portée à 100m² pour le passage de la crue centennale, la section actuelle étant de 53m².



5.2. LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME D'ALERTE

Les enjeux présents en zone inondable justifient la mise en place d'un système d'alerte aux inondations destiné à prévenir et évacuer la population présente sur les secteurs les plus exposés, en particulier pour la zone habitée aval.

Etant donné les faibles temps de réponse du bassin versant, ce système d'alerte pourrait être basé sur la pluviométrie (pluviographes, radar pluviométrique...).

5.3. LES TRAVAUX D'ENTRETIEN DE LA VEGETATION

Les reconnaissances menées dans le cadre de cette étude ont mis en évidence la nécessité de maîtriser la végétation présente en bordure du lit de la rivière. Sur de nombreux secteurs la végétation, en colonisant les bancs de gravier et de galets déposés par le transport solide important du cours d'eau, réduit les sections d'écoulement et risque d'augmenter la fréquence d'exposition au risque inondation des zones vulnérables.

De la même manière le risque d'embâcle constitue un enjeu majeur sur la zone d'étude : des arbres arrachés peuvent venir obturer l'ouvrage de franchissement de la route territoriale.

Un entretien périodique devra être favorisé par la création d'accès au lit de la rivière.

La fréquence d'entretien proposée est la suivante :

- Un entretien complet tous les 3 ans : élagage et tronçonnage des arbres pouvant former embâcle,
- Un passage avant chaque saison cyclonique : gestion de la végétation, évacuation des encombrants, identification des affouillements au droit des ouvrages de protection de berges ...

5.4. CHIFFRAGE ESTIMATIF

Les aménagements proposés précédemment sont définis au stade faisabilité. En particulier les ancrages des ouvrages de protection devront être dimensionnés à partir d'essais géotechniques.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût financier des ces travaux, hors nouvel ouvrage de franchissement de la RT :

Désignation	Unité	Quantitatif	Prix unitaire HT en FCFP	Prix HT en FCFP
Travaux d'urgence: protection du lotissement Mahitihi				
Enrochements liés	m ³	7150	12 000	85800000
Enrochements libres (parafouille)	m ³	3300	6 000	19800000
Géotextile	m ²	7150	1 500	10725000
Déblais (y compris évacuation)	m ³	9900	1500	14850000
Sous Total				131175000
Protection secteur amont				
Remblais en matériaux argileux y compris clef d'ancrage, grillage anti fousseur et nappage terre végétale	m ³	13750	3000	41250000
Enrochements libres	m ³	6050	6 000	36300000
Géotextile	m ²	4125	1 500	6187500
Déblais (y compris évacuation)	m ³	6050	1500	9075000
Sous Total				92812500
Protection secteur aval rive gauche				
Remblais en matériaux argileux y compris clef d'ancrage, grillage anti fousseur et nappage terre végétale	m ³	15100	3000	45300000
Enrochements libres	m ³	6700	6 000	40200000
Géotextile	m ²	4500	1 500	6750000
Déblais (y compris évacuation)	m ³	6600	1500	9900000

Sous Total				102150000
Protection secteur aval rive droite				
Remblais en matériaux argileux y compris clef d'ancrage, grillage anti fouisseur et nappage terre végétale	m ³	16250	3000	48750000
Enrochements libres	m ³	17550	6 000	105300000
Géotextile	m ²	11700	1 500	17550000
Déblais (y compris évacuation)	m ³	23000	1500	34500000
Sous Total				206100000
Total général				532237500
Divers et aléa 20%				106447500
TOTAL arrondi				638685000

Tableau 5: Chiffrage estimatif

Ces prix ne tiennent pas compte des acquisitions foncières.

ANNEXES

Annexe 1
Localisation des photos

Riviere Temarua
Papara, PK432,6, linéaire 2,3km
localisation des prises de vues



Légende :

- 10 Localisation des prises de vues
- Limite de la zone d'étude

Annexe 2
Logiciel STREAM PRO

STREAM

Simulation en **TR**ansitoire
des **E**coulements
A surface libre **M**ultidirectionnels



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

**AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES DE
PROTECTION CONTRE LES CRUES**

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



STREAM

Simulation en TRansitoire
des **E**coulements
A surface libre
Multidirectionnels

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

**AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES DE
PROTECTION CONTRE LES CRUES**

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

LOGICIEL STREAM

Concepteur : BCEOM

Objet

*Simulation en TRansitoire des Ecoulements A surface libre Multidirectionnels .
Plans d'eau, chaînes d'étangs soumis à des conditions aux limites multiples : niveaux ou débits imposés, relations cote-débit ...*

Domaines d'application

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

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

Principes

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

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

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

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

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

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

Données

- **Structure et géométrie du système**

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

- **Type des conditions aux limites**

Débit, cote ou loi débit-cote imposée.

- **Les conditions initiales du système**

- **Paramètres de simulation**

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

Sorties

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

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

Equations

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

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

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

soit :

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

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

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

soit, en projections sur les axes x et y :

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

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

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

Annexe 3
Coefficients de strickler

Numéro de liaison intercasier	Coefficient de strickler	Numéro de liaison intercasier	Coefficient de strickler	Numéro de liaison intercasier	Coefficient de strickler
80139013	7	80139014	20	80138014	10
80149014	20	80148015	10	80159014	10
80159015	7	90131013	7	90131014	10
90131015	10	90141014	20	90151014	10
90151015	10	90151016	7	10131113	7
10131114	10	10131115	10	10141015	20
10151114	20	10161114	10	10161115	10
10161116	7	11131213	7	11131214	10
11131215	10	11141115	20	11151214	20
11161214	10	11161215	10	11161216	7
12131313	7	12131314	10	12131315	10
12141215	20	12151314	20	12161314	10
12161315	10	12161316	7	12161317	7
13131413	7	13131414	10	13131415	10
13141315	20	13151414	20	13161414	10
13161415	10	13161416	7	13161317	7
13171417	7	14131513	7	14131514	10
14141415	20	14151514	20	14161514	10
14161516	7	14161417	7	14171517	7
15121602	7	15121513	7	15131603	7
15131604	10	15131605	10	15141604	20
15161604	10	15161605	10	15161606	7
15161517	7	15171607	7	15171518	7
15181608	7	15181519	7	15191609	7
15191521	7	15211611	7	16021712	7
16021603	7	16031713	7	16031714	10
16031716	10	16041605	20	16051714	20
16061714	10	16061716	10	16061717	7
16061607	7	16071718	7	16071608	7
16081719	7	16081609	7	16091721	7
16091611	7	16111722	7	17121828	7
17121713	7	17131828	7	17131829	10

Numéro de liaison intercasier	Coefficient de strickler	Numéro de liaison intercasier	Coefficient de strickler	Numéro de liaison intercasier	Coefficient de strickler
17131831	10	17141716	25	17161829	25
17171829	10	17171831	10	17171832	7
17171718	7	17181833	7	17181719	7
17191834	7	17191721	7	17211836	7
17211722	7	17221837	7	18281923	7
18281924	10	18281926	10	18291831	25
18311924	25	18321924	10	18321926	10
18321927	7	18321833	7	18331928	7
18331834	7	18341929	7	18341836	7
18361931	7	18361837	7	18371932	7
19232008	7	19232009	10	19232011	10
19241926	25	19262009	25	19272009	10
19272011	10	19272012	7	19271928	7
19282013	7	19281929	7	19292014	7
19291931	7	19312016	7	19311932	7
19322017	7	20072107	7	20072008	7
20082108	7	20082109	10	20082111	10
20092011	25	20112109	25	20122109	10
20122111	10	20122112	7	20122013	7
20132113	7	20132014	7	20142114	7
20142016	7	20162116	7	20162017	7
20172117	7	21072207	7	21072108	7
21082207	7	21082211	10	21082212	10
21092111	25	21112211	25	21122211	10
21122212	10	21122113	7	21132114	7
21142116	7	21162117	7	22082311	7
22082209	7	22092314	10	22092316	10
22092317	10	22112212	25	22122314	25
22132314	10	22132316	10	22132317	10
22132214	7	22142216	7	22162217	7
22172218	7	23122400	10	23122405	10
23122410	10	23142316	25	23162317	25
23172318	25	2318INTRN	50		

Annexe 4
Résultat STREAM PRO

Numéro de casier	Q10 Hlagon=0mNGT	Q100 Hlagon=1mNGT	Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT	Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)
	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT
8013	39.88	41.62	41.62	40.66
8014	45.82	46.41	46.41	46.04
8015	40.37	41.18	41.18	40.37
9013	36.87	38.12	38.12	37.49
9014	42.28	42.81	42.81	42.58
9015	35.26	36.34	36.34	35.44
1013	31.94	33.11	33.11	32.68
1014	39.29	39.53	39.53	39.41
1015	37.32	38.03	38.03	37.70
1016	31.89	32.85	32.85	31.98
1113	26.88	28.69	28.69	28.10
1114	33.84	34.10	34.10	33.90
1115	31.64	32.11	32.11	31.74
1116	27.82	28.62	28.62	27.83
1213	22.97	25.93	25.93	25.54
1214	28.97	29.60	29.60	29.10
1215	27.45	28.12	28.12	27.58
1216	24.10	24.99	24.99	24.10
1313	21.14	22.66	22.66	22.30
1314	25.86	26.36	26.36	25.97
1315	23.96	24.78	24.78	24.17
1316	21.33	22.49	22.49	21.33
1317	21.30	21.48	21.48	21.30
1413	20.60	21.42	21.42	20.90
1414	22.48	23.36	23.36	22.72
1415	21.47	22.46	22.46	21.78
1416	20.63	21.43	21.43	20.93
1417	20.20	20.37	20.37	20.20
1512	19.15	19.88	19.88	19.62
1513	18.50	18.97	18.97	18.65
1514	20.91	21.55	21.55	21.12

Numéro de casier	Q10 Hlagon=0mNGT	Q100 Hlagon=1mNGT	Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT	Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)
	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT
1516	16.92	18.14	18.14	17.25
1517	17.20	17.55	17.55	17.20
1518	11.97	12.44	12.44	11.97
1519	10.75	10.93	10.93	10.75
1521	9.19	9.25	9.25	9.19
1602	15.95	16.38	16.38	16.18
1603	14.05	14.54	14.54	14.20
1604	18.05	19.11	19.11	18.34
1605	16.91	18.19	18.19	17.34
1606	15.40	15.95	15.95	15.56
1607	14.90	15.08	15.08	14.90
1608	11.93	11.98	11.98	11.93
1609	10.42	10.46	10.46	10.42
1611	8.05	8.16	8.16	8.05
1712	13.05	13.29	13.29	13.15
1713	11.41	11.60	11.60	11.45
1714	14.96	15.84	15.84	15.24
1716	12.47	13.67	13.67	12.84
1717	10.80	11.85	11.85	11.12
1718	11.60	11.71	11.71	11.60
1719	9.90	9.91	9.91	9.90
1721	8.05	8.05	8.05	8.05
1722	6.26	6.29	6.29	6.26
1828	7.78	8.45	8.45	7.85
1829	11.19	12.19	12.19	11.49
1831	9.25	10.50	10.50	9.64
1832	7.81	8.62	8.62	8.11
1833	7.30	7.37	7.37	7.30
1834	7.70	7.70	7.70	7.70
1836	6.50	6.50	6.50	6.50
1837	5.82	5.82	5.82	5.82

Numéro de casier	Q10 Hlagon=0mNGT	Q100 Hlagon=1mNGT	Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT	Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)
	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT
1923	5.53	6.66	6.67	6.13
1924	8.45	9.61	9.61	8.82
1926	7.38	8.45	8.45	7.71
1927	5.05	6.82	6.83	5.26
1928	5.00	5.00	5.00	5.00
1929	6.10	6.10	6.10	6.10
1931	5.20	5.20	5.20	5.20
1932	4.80	4.80	4.80	4.80
2007	3.75	4.62	4.55	3.90
2008	4.26	5.53	5.49	4.64
2009	6.44	7.27	7.28	6.73
2011	5.87	6.76	6.78	6.22
2012	4.35	5.29	5.42	4.40
2013	4.50	4.50	4.50	4.50
2014	5.22	5.22	5.22	5.22
2016	4.23	4.23	4.23	4.23
2017	3.35	3.35	3.35	3.35
2107	3.17	3.47	3.44	3.38
2108	3.38	3.88	4.01	3.41
2109	4.86	5.68	5.72	5.19
2111	4.46	5.34	5.42	4.83
2112	3.05	4.41	4.57	3.10
2113	4.49	4.49	4.49	4.49
2114	4.84	4.84	4.84	4.84
2116	3.19	3.19	3.19	3.19
2117	2.59	2.59	2.59	2.59
2207	2.73	2.84	2.84	2.79
2208	1.15	1.24	1.24	1.20
2209	1.41	1.89	1.92	1.53
2211	3.49	4.32	4.57	3.88
2212	2.92	3.59	4.26	3.20

Numéro de casier	Q10 Hlagon=0mNGT	Q100 Hlagon=1mNGT	Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT	Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)
	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT	Cote d'eau en mNGT
2213	1.04	1.28	1.24	1.12
2214	1.35	1.35	1.35	1.35
2216	1.42	1.42	1.42	1.42
2217	0.70	1.00	1.00	0.70
2218	1.07	1.07	1.07	1.07
2314	2.69	3.26	3.18	2.93
2316	2.21	2.67	2.62	2.37
2317	1.89	2.36	2.32	2.04
2318	0.00	1.00	1.00	0.30

Numéro de liaison intercasier	Q10 Hlagon=0mNGT		Q100 Hlagon=1mNGT		Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT		Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)	
	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s
80138014	0.00	0.00	-87.81	0.00	-87.81	0.00	-10.63	0.00
80139013	0.00	0.00	126.02	0.00	126.02	0.00	16.98	0.00
80139014	0.00	0.00	-39.31	0.00	-39.31	0.00	-7.18	0.00
8014UPSTR	193.99	0.00	401.97	0.00	401.97	0.00	249.90	0.00
80148015	0.00	0.00	5.30	0.00	5.30	0.00	0.00	0.00
80149014	193.59	5.00	308.49	6.00	308.49	6.00	238.96	5.36
80159014	0.00	0.00	-2.50	0.00	-2.50	0.00	0.00	0.00
80159015	0.00	0.00	5.21	0.00	5.21	0.00	0.00	0.00
90131013	6.77	0.00	110.04	0.00	110.04	0.00	45.74	0.00
90131014	-1.14	0.00	-16.69	0.00	-16.69	0.00	-8.20	0.00
90131015	-8.23	0.00	31.97	-0.40	31.97	-0.39	-22.32	-0.40
90141014	193.22	5.02	266.58	5.71	266.58	5.71	231.64	5.40
90151014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90151015	0.00	0.00	-25.93	0.00	-25.93	0.00	-1.07	0.00
90151016	0.00	0.00	29.03	0.00	29.03	0.00	0.12	0.00
10131113	5.09	0.00	99.36	0.00	99.36	0.00	42.44	0.00
10131114	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10131115	0.00	0.00	9.80	0.00	9.80	0.00	0.00	0.00
10141015	192.16	3.97	249.84	4.03	249.84	4.02	223.42	4.06
10151114	183.10	5.28	255.79	5.28	255.79	5.27	199.62	5.28
10161114	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10161115	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10161116	0.00	0.00	27.91	0.00	27.91	0.00	0.00	0.00
11131213	3.86	0.00	89.12	0.00	89.12	0.00	38.75	0.00
11131214	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11131215	0.00	0.00	15.81	0.00	15.81	0.00	0.12	0.00
11141115	183.10	3.76	255.78	4.12	255.78	4.12	199.62	3.86
11151214	183.08	4.56	265.43	5.03	265.43	5.02	199.61	4.66
11161214	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11161215	0.00	0.00	7.52	0.00	7.52	0.00	0.00	0.00
11161216	0.00	0.00	19.90	0.00	19.90	0.00	0.00	0.00

Numéro de liaison intercasier	Q10 Hlagon=0mNGT		Q100 Hlagon=1mNGT		Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT		Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)	
	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s
15131605	5.23	0.00	49.06	0.00	49.06	0.00	18.12	0.00
15141604	175.57	5.59	300.00	6.51	300.00	6.50	211.98	5.95
15161517	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15161604	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15161605	0.00	0.00	-5.68	-0.17	-5.68	-0.16	0.00	0.00
15161606	0.00	0.00	28.39	0.00	28.39	0.00	0.76	0.00
15171518	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
15171607	0.00	0.00	0.79	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00
15181519	0.00	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
15181608	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15191521	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
15191609	0.00	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00
15211611	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16021603	0.00	0.00	1.04	0.00	1.04	0.00	0.15	0.00
16021712	0.00	0.00	2.27	0.00	2.27	0.00	0.50	0.00
16031713	1.94	0.00	11.30	0.00	11.30	0.00	3.84	0.00
16031714	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16031716	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16041605	175.54	3.70	299.81	3.95	299.81	3.95	211.77	3.82
16051714	180.71	4.68	343.11	5.99	343.11	5.98	229.43	5.16
16061607	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16061714	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16061716	0.00	0.00	17.61	0.00	17.61	0.00	0.00	0.00
16061717	0.00	0.00	10.64	0.00	10.64	0.00	0.47	0.00
16071608	0.00	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
16071718	0.00	0.00	0.35	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00
16081609	0.00	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
16081719	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16091611	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
16091721	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16111722	0.00	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00

Numéro de liaison intercasier	Q10 Hlagon=0mNGT		Q100 Hlagon=1mNGT		Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT		Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)	
	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s
20132113	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20142016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20142114	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20162017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20162116	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20172117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21072108	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21072207	6.81	0.00	20.30	0.28	18.91	0.27	14.17	0.24
21082207	3.07	0.00	5.44	0.26	7.17	0.29	2.79	0.00
21082209	19.58	0.00	81.75	0.00	104.96	0.00	22.31	0.00
21082211	0.00	0.00	-15.93	0.00	-33.32	-0.55	-0.14	0.00
21082212	0.00	0.00	0.01	0.00	-1.69	-0.24	0.00	0.00
21092111	152.10	2.31	267.37	2.67	266.32	2.62	195.01	2.45
21112211	152.03	3.92	270.20	4.90	271.50	4.64	194.91	4.24
21122113	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21122211	0.00	0.00	6.57	0.20	-8.43	-0.17	0.00	0.00
21122212	0.00	0.00	4.80	0.50	11.03	0.51	-0.12	0.00
21122213	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21132114	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21132214	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21142116	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21142216	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21162117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21162217	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21172218	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22072208	10.79	0.00	28.29	0.82	28.67	0.82	19.74	0.59
22082209	-0.25	0.00	-1.64	-0.17	-1.84	-0.17	-0.37	0.00
22082311	-0.01	0.00	-0.03	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.00
22082318	10.63	0.74	28.97	1.04	29.62	1.05	19.58	0.91
22092314	-10.08	0.00	-26.72	0.00	-23.08	0.00	-16.86	0.00
22092316	-32.73	0.00	-73.05	-0.86	-64.02	-0.78	-49.98	0.00

Numéro de liaison intercasier	Q10 Hlagon=0mNGT		Q100 Hlagon=1mNGT		Q100 pt 50% Hlagon=1mNGT		Crue de type avril 1983 (cyclone Veena)	
	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s	Débit en m3/s	Vitesse en m/s
22092317	-1.26	0.00	-10.84	-0.46	-8.78	-0.41	-3.96	0.00
22092318	61.24	1.73	187.82	2.48	196.92	2.52	89.50	1.95
22112212	152.01	3.93	260.38	5.02	232.76	3.65	194.72	4.40
22122314	151.99	3.96	265.16	5.34	242.05	8.83	194.57	4.51
22132214	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22132314	-0.12	0.00	-8.85	0.00	-6.99	0.00	-2.46	0.00
22132316	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22132317	0.00	0.00	-1.09	0.00	-0.43	0.00	0.00	0.00
22132318	0.05	0.00	9.54	0.00	7.19	0.00	2.17	0.00
22142216	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22142318	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22162217	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22162318	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22172218	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22172318	0.00	0.00	-39.42	0.00	-39.42	0.00	0.00	0.00
22182318	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23122400	4.61	0.09	5.11	0.07	4.99	0.07	4.92	0.09
23122405	4.39	0.18	6.24	0.18	6.20	0.18	5.66	0.19
23122410	3.87	0.28	5.01	0.26	4.98	0.25	4.61	0.28
23142316	141.76	3.49	229.60	4.30	211.98	4.09	175.22	3.81
23162317	109.01	2.26	156.55	2.49	147.95	2.40	125.22	2.37
23172318	107.42	2.15	145.32	2.17	138.87	2.11	120.68	2.18
2318INTRN	-33.05	0.00	2055.21	0.00	2055.21	0.00	757.10	0.00