

Ministère de l'Aménagement
et des Relations avec les
Communes

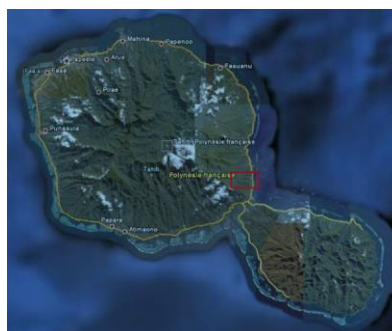
Service de l'Urbanisme

Section Etudes et Plans

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

Programme ARAI

Cours d'eau : MAPUAURA



Rapport

GRI / N° 04635D

Septembre 2010

TABLE DES MATIERES

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE	2
2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES	4
2.1. Enquête de terrain	4
2.2. Recueil de données	7
3. ANALYSE HYDROLOGIQUE	8
3.1. Généralités	8
3.2. Evaluation des débits de projet	9
3.2.1. Etude BCEOM de 1999	9
3.2.2. Etude LTPP de 2003 (J.Danloux)	10
3.2.3. Approche de P. STOLLSTEINER	10
3.3. Débits de projet retenus	12
3.4. Débit de la plus forte crue connue	12
4. MODELISATION HYDRAULIQUE	14
4.1. Le modèle mis en oeuvre	14
4.1.1. Conditions aux limites	15
4.2. Calage du modèle	15
4.3. profil en long du lit mineur	16
4.4. Simulation des crues de projet	18
4.4.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale	18
4.4.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale	19
4.4.3. Prise en compte du risque d'embâcles	19
4.5. Cartographie de l'aléa	22
4.5.1. Classification de l'aléa	22
5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS	23
5.1. la protection des zones habitées	23
5.1.1. Protection de la zone habitée aval	23
5.1.2. Reconstruction du pont de la RT	24
5.1.3. Assainissement pluvial du secteur protégé	24
5.2. La mise en place d'un système d'alerte	24
5.3. Les travaux d'entretien de la végétation	24
5.4. Chiffrage estimatif	27

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.

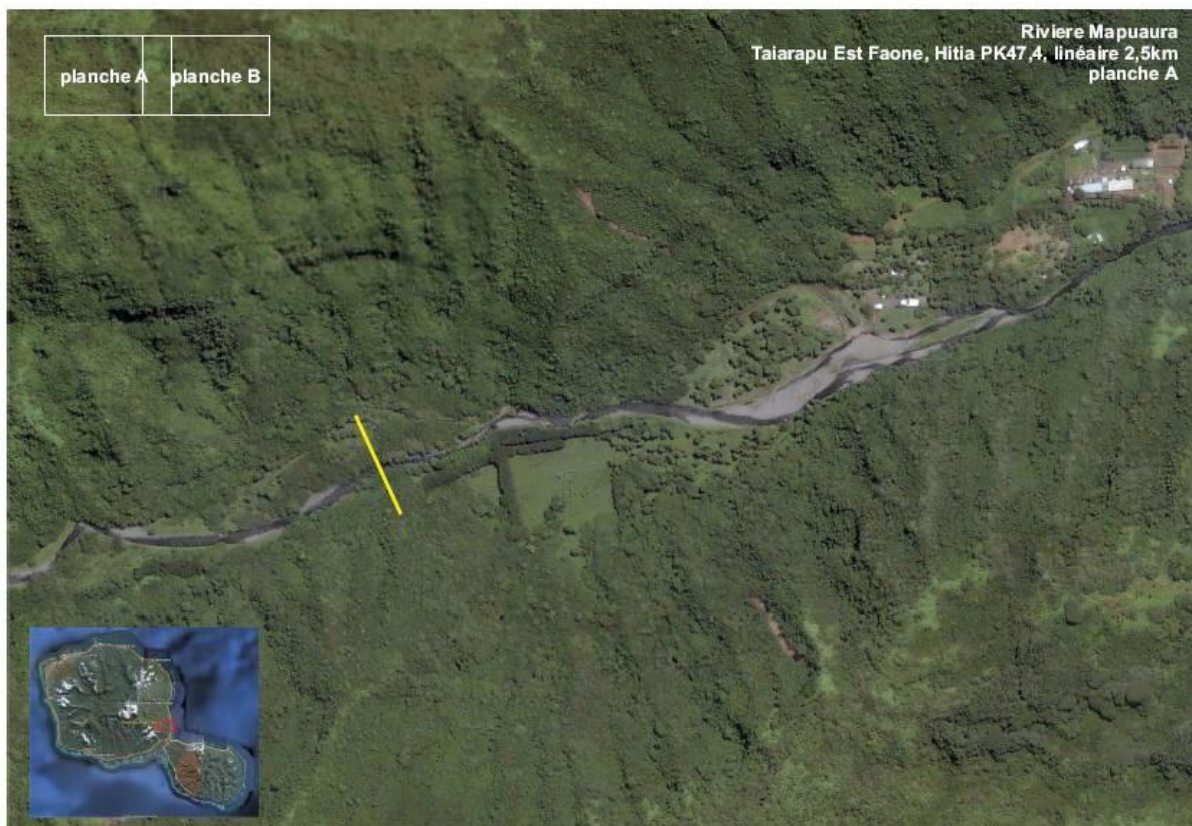
Les modélisations des écoulements à surface libre demandées ont principalement pour objectif de :

- 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 **MAPUAURA**, situé sur la commune de **TAIARAPU Est, FAONE**, au **PK 47.4**.

La cartographie du risque inondation est réalisée sur un linéaire de 2,5 km à partir de l'embouchure du cours d'eau.



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 relever les éventuels repères de crue existants
- 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**.*



Photo1 : Franchissement de la RT : vue amont



Photo 2 : Vue aval

Le franchissement de la route territoriale est assuré par un pont à trois travées d'ouverture totale 49m. En amont du franchissement le lit du cours d'eau est large et encombré par une végétation dense sur ses rives. Les berges sont peu élevées par rapport au fond du lit, la rive droite est plus basse que la rive gauche. Au droit de l'ouvrage les berges sont enrochées en rive droite et en rive gauche.

Un extracteur est situé en amont rive droite du franchissement. D'importants stocks de granulats sont situés sur cette rive.

L'évènement récent le plus important relaté par les riverains est relatif aux intempéries de 2007 : la pile principale du pont a retenu des troncs d'arbre et l'ouvrage a été en partie bouché, entraînant de fortes inondations en amont et en aval de la RT. Le cyclone Veena a provoqué de fortes inondations sur ce secteur.



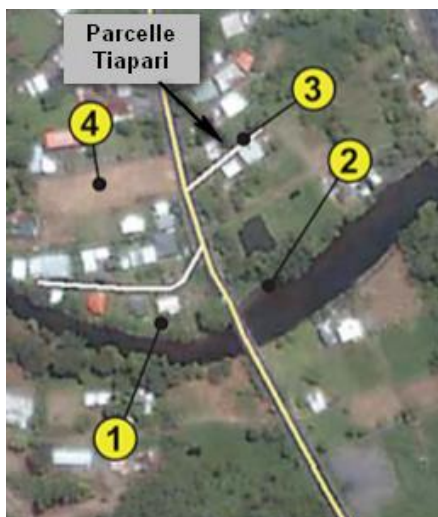
Photo 3 : PHE aval RT_ Maison Tiapari



Photo 4 : Habitations amont RT

Les habitations situées en aval rive gauche de la RT ont été inondées trois fois durant l'année 2007 (cf niveau d'inondation de 0.70m au droit de l'habitation de Robert Tiapari). Selon les riverains les écoulements provenaient de l'amont de la RT et généraient de fortes vitesses d'écoulement. Deux nouvelles habitations ont été construites sur le même secteur depuis 2007.

Le dernier cyclone, OLI, n'a pas provoqué de débordements de la Mapuaura



Parcelle Tiapari



Photo 5 : Salle Omnisport

En 2007 les inondations se sont étendues sur toute la rive gauche de la Mapuaura, jusqu'à la salle Omnisport qui a été inondée avec des hauteurs de submersion de l'ordre d'une dizaine de cm. Ces inondations en provenance de la Mapuaura sont bloquées par le remblai de la RT : de nouveaux ouvrages de franchissements (dalots) permettraient de diminuer les temps de submersion après la crue, en accélérant la vidange de cette zone. En 2007 la RT a été inondée sous des hauteurs de 0.30 à 0.40m.



Photo 6 : Piste d'accès extraction



Photo 7 : Coude en partie protégé

Le premier coude de la Mapuaura en amont de la RT (photo 7) constitue un point clé pour la rive gauche : si des débordements se produisent sur ce secteur ils envahissent toute la rive gauche jusqu'à la salle Omnisport. En l'état actuel ce coude n'est protégé que sur sa partie aval: ce point sera à conforter en priorité sur une longueur de 50 à 70m. A noter la présence d'un affluent ayant pour exutoire la rivière sur ce secteur et qui sera à insérer dans l'ouvrage de protection.



Photo 8 : Protection berge



Photo 9 : vue amont protection berge

Les photos 8 et 9 présentent le second coude important de la rivière Mapuaura, ces protections ont été plusieurs fois détruites du fait de la violence des écoulements sur ce secteur. La maison protégée (photo 8) s'est retrouvée avec ses fondations mises à nue en 2007. Les écoulements se produisant sur ce secteur inondent toute la rive gauche.

Cet ouvrage de protection devrait être conforté :

- par une prolongation de la protection de berge sur 80m en amont, la protection existante ne reprenant qu'en partie le développé du coude,

- par la mise en place d'un tapis para fouille permettant de limiter les risques de ruine de l'ouvrage de protection par les affouillements.



Photo 10: Zone d'extraction



Photo 11 : protections de berge site extraction

En amont de la porcherie se situe une zone d'extraction en lit mineur de la rivière. Les matériaux ont été triés sur place, seuls les matériaux de granulométrie moyenne de 0.20 à 0.30m ont été laissés sur place, en protection de berge. Cette protection n'est pas suffisante pour résister aux fortes vitesses d'écoulement en crue sur ce secteur.

En amont de la zone d'extraction une large vallée s'étend en rive droite. Cette vallée est inondable, et difficilement accessible. Une demande des riverains existe pour desservir ce secteur à partir de la création d'une piste d'accès en rive droite de la Mapuaura permettant d'établir une jonction avec la RT.

2.2. RECUEIL DE DONNEES

Les informations topographiques utilisées dans le cadre de la modélisation hydraulique sont les levés des profils en travers du lit mineur réalisé en Juillet 2010 par le cabinet de géomètre Wild.

Ce levé est constitué de :

- 16 profils en travers du lit mineur,
- 15 profils en travers du lit majeur,
- Du levé spécifique du pont de la RT.

3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

3.1. GENERALITES

Le bassin versant de la Mapuaura se situe sur l'un des secteurs les plus arrosés 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.

Le bassin versant de la Mapuaura a une superficie de 13.9 km².

Les reliefs de ce bassin versant sont caractérisés par des versants de pentes très importantes.

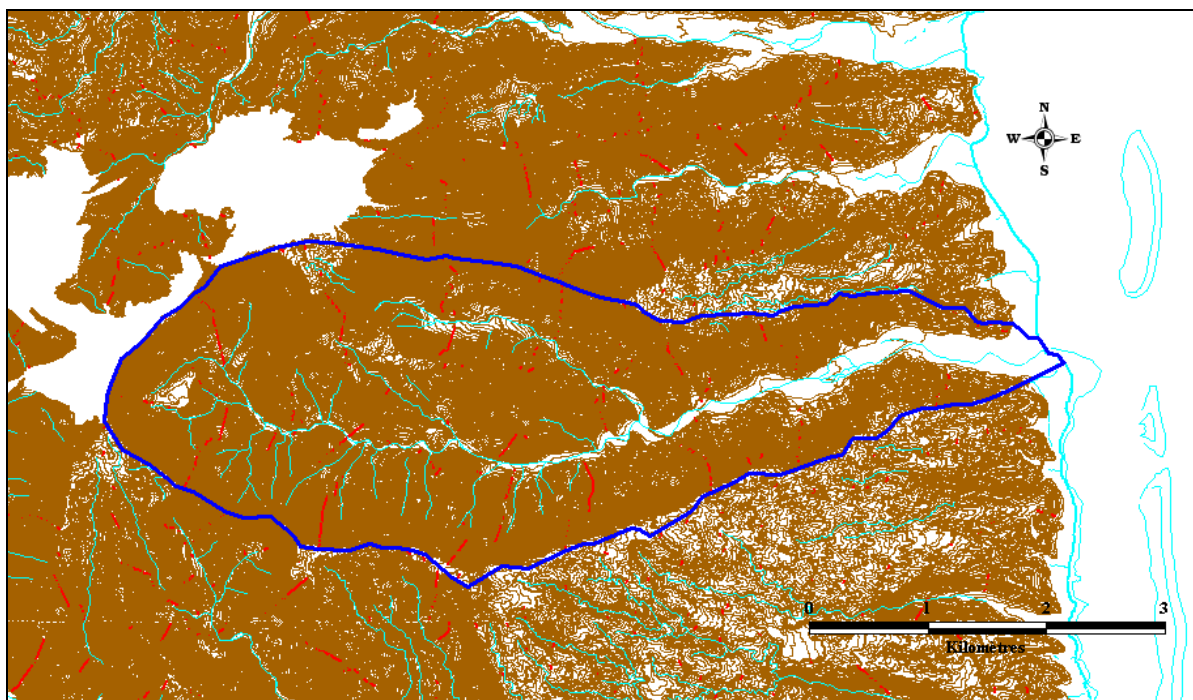
Le bassin versant est essentiellement constitué de forêts. Seule la plaine littorale est urbanisée.

La station de mesure de la pluviométrie la plus proche se situe à Hitiaa, sur laquelle est enregistrée une pluviométrie moyenne annuelle de 3550mm

Les principales caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

- Surface : 13.9 km²
- Plus long cheminement hydraulique : 8.9 km,
- Longueur du rectangle équivalent : 7.1 km,
- Gradex de la pluie centennale sur 30mn : 40mm (source : G.Wotling « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti »).
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 920m,
- Indice de pente : 138m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 0.85 h,

Figure n°1 : Bassin versant de la Mapuaura



3.2. EVALUATION DES DEBITS DE PROJET

Différentes méthodes ont été utilisées pour calculer les débits de projet de la Mapuaura. 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 Mapuaura)
- S est la superficie drainée en km²
 - Po 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 28mm,

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 Mapuaura.
- 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 :

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

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

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 débimétriques disponibles. L'intensité retenue est celle survenant sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant étudié.

A défaut d'ajustements débimétriques, 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 Mapuaura, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de 0.55. 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 projet de la Mapuaura obtenus 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	294	507
Etude LTPP de 2003 J.Danloux)	Formule de Craeger + analyse statistique	295	545
P STOLLSTEINER	Méthode rationnelle et gradex	252	405

Tableau 1 : Comparaison des débits de projet obtenus

Les trois méthodes d'évaluation des débits convergent vers des valeurs proches. 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 Papeiha.

Ces évaluations conduisent à de forts débits spécifiques (de l'ordre de 39m³/s/km²) pour le débit centennal, dont l'origine est liée aux très forts débits spécifiques de la Papeiha obtenus par ajustements statistiques.

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

Crue	Crue décennale	Crue centennale
Débit en m ³ /s	295	545

Tableau 2 : Débits de projet de la Mapuaura

3.4. DEBIT DE LA PLUS FORTE CRUE CONNUE

Les enquêtes de terrain ont permis de montrer que les événements marquants sur le site d'étude sont le cyclone Veenä en avril 1983 et les pluies conséquentes aux cyclones Arthur et Zita en Janvier et Février 2007.

Les éléments recueillis lors des épisodes de 2007 sont les suivants :

- Le pont de la RT a fait obstacle à l'écoulement de la crue : des troncs d'arbres ont en partie obstrué l'ouverture du pont provoquant de forts débordements en rive droite et en rive gauche.

- La RT a été inondée en rive gauche jusqu'à la salle Omnisport avec des hauteurs de submersion de 0.30 à 0.40m,
- De forts débordements se sont produits sur la rive gauche. Des lits secondaires se sont formés sur ce secteur.
- De fortes érosions de berge ont été observées dans les méandres de la rivière, particulièrement au droit des coudes présentés sur les photos 7 et 9.

Il est difficile de préciser les débits générés par les cyclones Arthur et Zita : il n'existe pas de station hydrométrique sur la Mapuaura. Les niveaux de plus hautes eaux (PHE) sont liés au phénomène de l'obstruction du pont de la RT par des embâcles, ce qui rend difficile une quantification à partir de modélisations.

Une représentation sommaire de l'emprise des crues de 2007 est présentée sur la figure 2.



4. MODELISATION HYDRAULIQUE

4.1. LE MODELE MIS EN OEUVRE

L'outil de modélisation utilisé est le logiciel INFOWORKS RS qui permet la modélisation en régime transitoire et prend en compte des écoulements unidirectionnels pouvant être ramifiés ou maillés.

Le modèle INFOWORKS RS est basé sur la résolution des équations de St Venant :

$$\partial S / \partial t + \partial Q / \partial x = q$$

Equation de continuité exprimant la conservation des volumes.

$$\partial Q / \partial t + \frac{\partial (Q^2 / S)}{\partial x} = -gS \left(\frac{\partial Z}{\partial x} + J \right)$$

*Equation dynamique exprimant la conservation
de la quantité de mouvement.*

La résolution de ces équations repose sur la connaissance de lois empiriques de pertes de charge établies expérimentalement pour des écoulements filaires (ex : formules de Manning Strickler, ou de Chézy, lois de seuils,...).

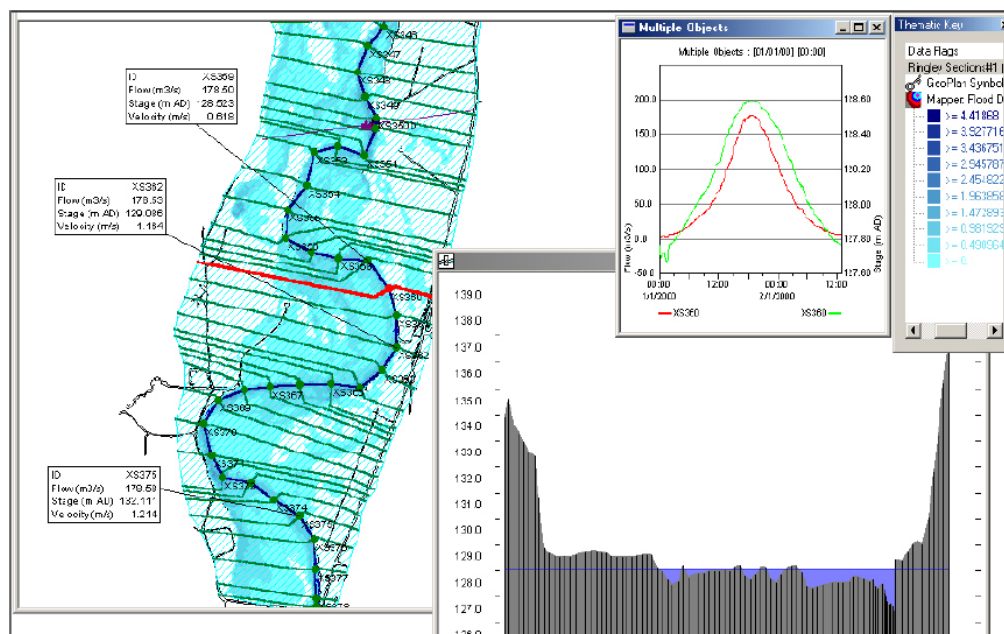
Z	cote de la surface libre
Q	débit
a	apport ou perte au m2
x	abscisse
S	section mouillée
J	gradient de charge hydraulique

Le logiciel INFOWORKS utilise le schéma numérique de PREISSMANN pour la résolution des équations de St-Venant.

La schématisation du site d'étude est décrite dans une base de données au moyen d'une série de profils en travers et d'ouvrages tels que ponts, gués...

Il permet notamment d'établir des cartes de zones inondables, d'optimiser les débouchés des ouvrages hydrauliques, les protections qui leur sont associés, et d'analyser le fonctionnement des systèmes hydrauliques complexes, de type unidirectionnels.

Modèle Infoworks



Résultats : zones inondables, profil, graphes

4.1.1. 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	295 m ³ /s	0 m NGT
Crue centennale	545 m ³ /s	1 m NGT

Tableau 3 : Conditions aux limites du modèle

4.2. 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 :

- 15 à 20 en lit mineur

- 10 en lit majeur

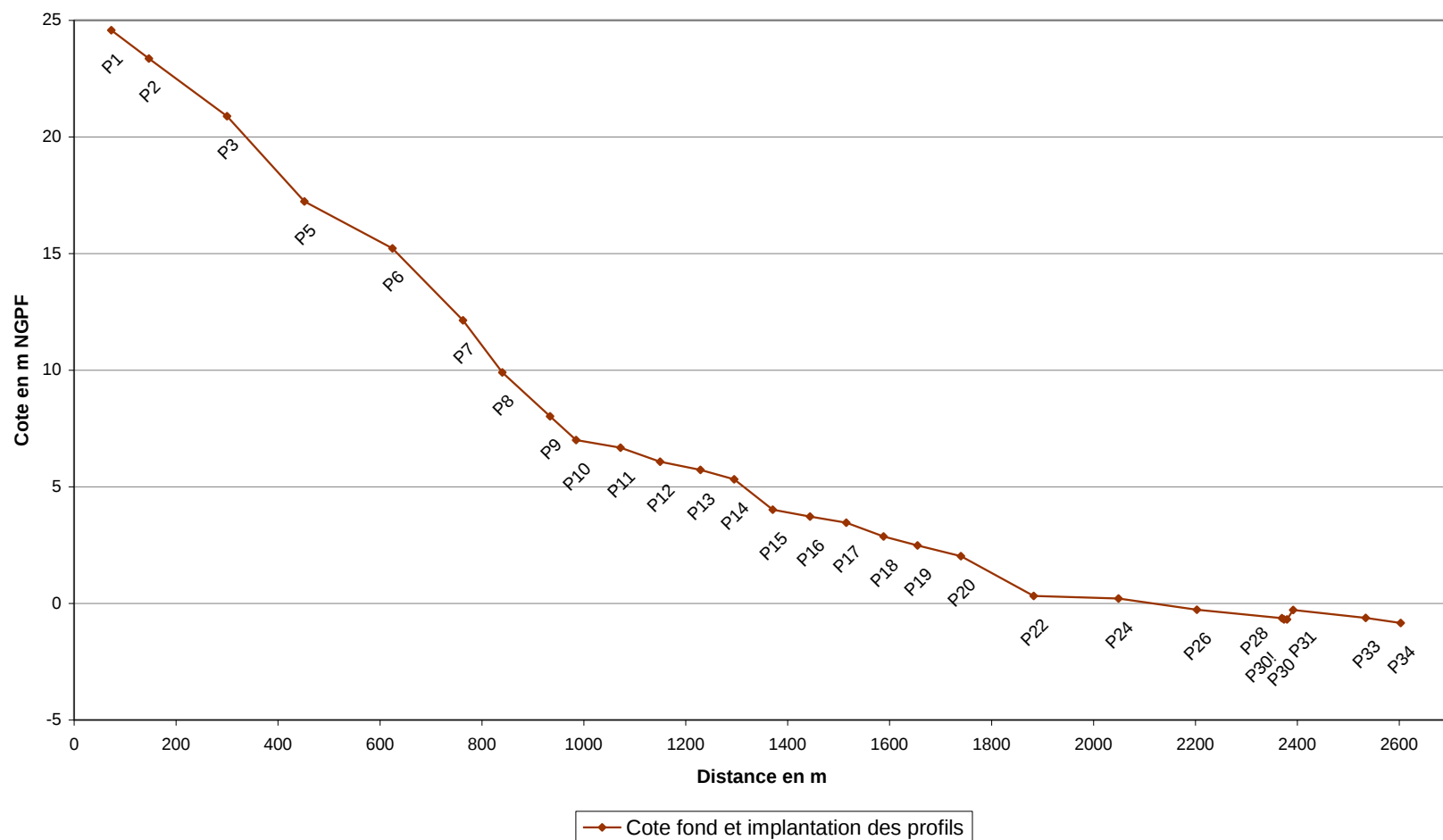
4.3. PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR

Le profil en long du lit mineur est présenté sur la figure n°3. Il possède une pente très forte, de l'ordre de 1.8% jusqu'au profil P10. Il est observé une très forte tendance au dépôt sur le secteur compris entre les profils P8 et P11, qui correspond à une rupture de pente importante du lit mineur de la rivière. C'est sur ce secteur qu'est positionnée la zone d'extraction. Ce secteur est soumis à un risque fort de divagation du lit, avec la formation en crue de bras vifs sur la rive gauche (bras visible entre les profils P5 et P8).

Plus à l'aval, du profil P10 au profil P20, la pente du lit tombe à une valeur de 0.66%, il s'agit d'une zone de transition qui reste propice au dépôt du fort transport solide généré par la rivière en crue. A noter la progression du méandre situé au droit du profil P16 : il existe un fort risque de destruction des habitations existantes situées à proximité du lit, en rive gauche.

Du profil P22 au profil P34, la pente de la rivière s'établit à 0.16%, les altitudes du fond sont inférieures au 0 NGT.

Figure n°3: Profils en long du lit mineur



4.4. 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.

Les résultats de la modélisation sont donnés en **annexe 2**. Ils intègrent, pour les trois 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.

4.4.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale

Vallée amont (profils P1 à P14)

De forts débordements sont observés entre les profils P1 et P8, tant en rive droite qu'en rive gauche. Ces débordements sont caractérisés par des fortes vitesses d'écoulement sur les zones submergées ($>0.5\text{m/s}$). A noter le risque de réactivation d'anciens bras de crue, en rive droite, entre les profils P1 et P6, et en rive gauche entre les profils P5 et P8. Il s'agit d'un secteur où les crues de la Mapuaura peuvent générer de très fortes divagations du lit mineur en crue.

Le lit majeur de la rivière, sur ce secteur, a été classé en aléa fort et moyen pour tenir compte du risque de submersion associé au développement de bras actifs en crue.

Entre les profils P8 et P14, la zone inondée reste circonscrite aux abords du lit mineur. Ceci est dû à l'augmentation des capacités hydraulique du lit, du fait de l'activité des extracteurs. La rive gauche reste soumise à un risque de submersion en cas de non contrôle des dépôts sur ce secteur.

A noter le développement d'un bras actif en rive gauche qui est le réceptacle des eaux de ruissellement des versants, et qui peut être activé à partir de débordements de la Mapuaura se produisant au droit du profil P7. Ce bras qui conflue au droit de la porcherie avec la rivière principale, isole en crue en grande partie la rive gauche, dont les installations de l'extraction.

La zone de la porcherie est hors d'eau.

Secteur médian (profils P14 à P24)

Entre les profils P14 à P24, la rive gauche de la rivière, encore faiblement urbanisée, est dans sa quasi-totalité soumise au risque inondation. Il a été délimité en rive gauche, une zone d'aléa fort sur une largeur de 60m en moyenne, correspondant à des hauteurs de submersion supérieures à 0.50m et des vitesses fortes ($>0.5\text{m/s}$). Cette zone correspond à un secteur de divagation du lit mineur en crue (présence de traces

d'anciens lits de crue). Au delà de cette limite, la zone inondable a été classée en zone d'aléa moyen (hauteur <0.50m, Vitesse >0.5m/s).

Le principal risque d'aggravation du phénomène de crue consiste en la rupture des protections existantes entre les profils P14 et P16, qui conduiraient à la formation d'un bras de crue important en augmentant le risque d'inondation sur ce secteur. Ce méandre sera donc à conforter en priorité.

Secteur aval (profils P24 à P34)

Ce secteur est sous l'emprise de deux phénomènes qui concourent la présence d'un aléa fort au droit de la zone la plus urbanisée du bassin versant de la Mapuaura.

- **Les risques de débordement vers la rive gauche au droit du méandre situé profil P24** : à partir de ce profil les eaux envahissent largement la rive gauche. En cas de crue majeure la formation d'un bras secondaire est possible. Ce secteur est donc à conforter en priorité.
- **La mise en charge du pont de la route territoriale** : cet ouvrage est insuffisamment dimensionné et se met en charge pour des crues de l'ordre de la crue décennale. La route territoriale fait alors obstacle à l'écoulement des eaux vers l'aval, et provoque de fortes hauteurs de submersion entre les profils P24 et P28.

En amont de la RT, la zone inondable est classée en zone d'aléa très fort : hauteurs de submersion supérieures à 1m, et vitesses d'écoulement fortes.

En aval de la RT, le quartier habité est soumis à un risque d'inondation direct de la Mapuaura, aux débordements amont de la rivière traversant la RT et au risque submersion marine. Ces trois éléments conduisent à définir un aléa fort à très fort sur ce secteur.

4.4.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale

Vallée amont et secteur médian (profils P1 à P22)

En crue décennale les débordements restent circonscrits sur une emprise de 40 à 60m à proximité du lit mineur, à l'exception de la zone amont (profils P1 à P6) où la zone inondable s'étale largement en rive droite. Étant donné les fortes vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 3m/s) des érosions de berge sont à prévoir sur tout le linéaire.

Secteur aval (profils P22 à P34)

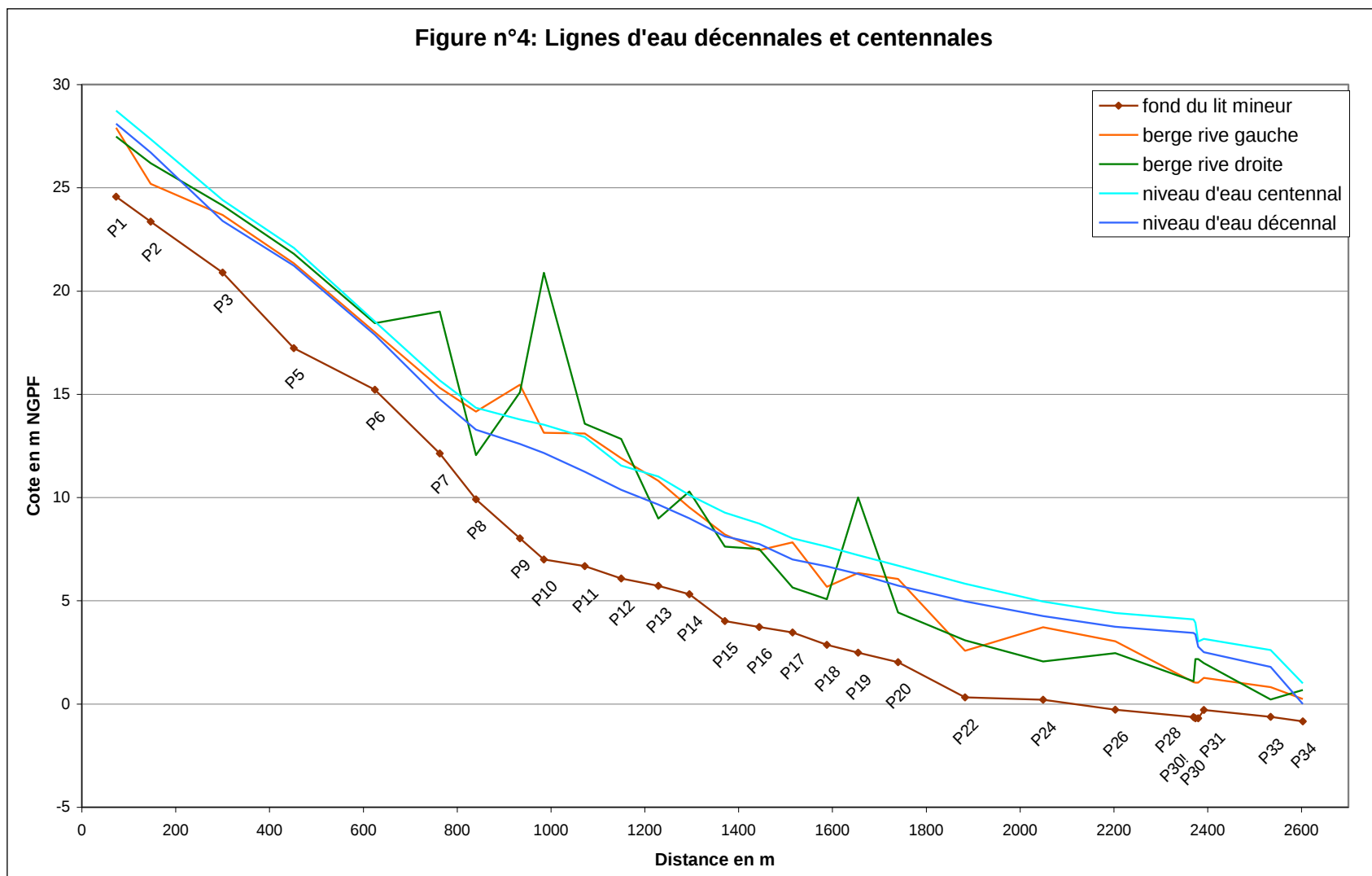
Le pont de la route territoriale est en charge pour la crue décennale, et les débordements bloqués par les altitudes du profil en long de la RT s'étalent largement sur toute la rive gauche. Ce secteur est situé en zone d'aléa très fort : hauteurs de submersion supérieures à 1m et vitesses fortes.

4.4.3. 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 route territoriale qui sont évalués à 340m³/s, contre 190m³/s sans obstruction.

En amont immédiat du pont les niveaux de crue ne sont augmentés que de + 0.21m au droit du profil P28 et de +0.14m au droit du profil P26. Le principal impact d'une obstruction du pont de la RT est donc l'augmentation en rive gauche des déversements qui se produisent par-dessus la chaussée de la RT.



4.5. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

4.5.1. 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

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, en particulier sur la rive gauche de la rivière ou il serait nécessaire de préciser les altitudes exactes au droit des parcelles habitées, certaines de ces parcelles ayant été remblayées.

4.5.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennal

Dans le cadre de l'aléa centennal, le phénomène d'érosion de berges a été pris en compte dans la cartographie de l'aléa. Une bande d'aléa très fort de 10 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. Protection de la zone habitée aval

5.1.1.1. A l'amont de la RT

Il est proposé :

La mise en place d'une digue de protection éloignée du lit mineur entre les profils P14 et P24.

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).

- Linéaire : 700m
- 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,

Cette digue permet de préserver une bande pour le libre écoulement de largeur moyenne 60 à 80m entre le lit mineur et le pied de la future digue.

La mise en place d'une digue de protection rapprochée entre les profils P24 et P28.

- Linéaire 320m
- Hauteur moyenne 2m,
- Protection coté rivière par enrochements libres posés en deux couches sur filtre géotextile,
- Pente du talus 2/1,
- Largeur en crête : 3m,

Cette digue pourra être remplacée par un mur de soutènement sur les secteurs où l'emprise foncière n'est pas disponible.

La préservation de la zone inondable en rive droite entre les profils P22 et P28, ou il n'existe pas d'habitations (les habitations en amont de la RT sont détruites). Cette zone permettra de préserver le libre écoulement des eaux et toute construction pérenne devra être interdite.

5.1.1.2. A l'aval de la RT

A l'aval de la RT les ouvrages de protection devront être poursuivis jusqu'en limite des zones habitées, soit :

- 200m en rive droite,
- 100 m en rive gauche

Ce secteur demeurera cependant sujet au risque de submersion marine.

5.1.2. Reconstruction du pont de la RT

Le pont de la route territoriale est un obstacle à l'écoulement des crues. Il est très fortement sous-dimensionné par rapport au débit centennal. Un fort risque d'obstruction par les flottants existe.

Il est proposé la reconstruction de cet ouvrage en maximisant la longueur des travées pour éviter le risque d'embâcle. L'ouvrage devra disposer d'une section minimale d'écoulement de 220m², soit une ouverture minimum de 80m.

5.1.3. Assainissement pluvial du secteur protégé

La mise en place de digues de protection posera le problème de l'assainissement pluvial de la zone protégée. Une canalisation des eaux pluviales devra être mise en place reprenant à l'amont l'axe des anciens lits de crue de la rivière. Cet ouvrage devra être positionné après identification des points bas présents sur la rive gauche. Un nouvel ouvrage de franchissement de la RT devra être créé de section minimale 10m².

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 devra 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 contrôler la végétation présente dans le 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.

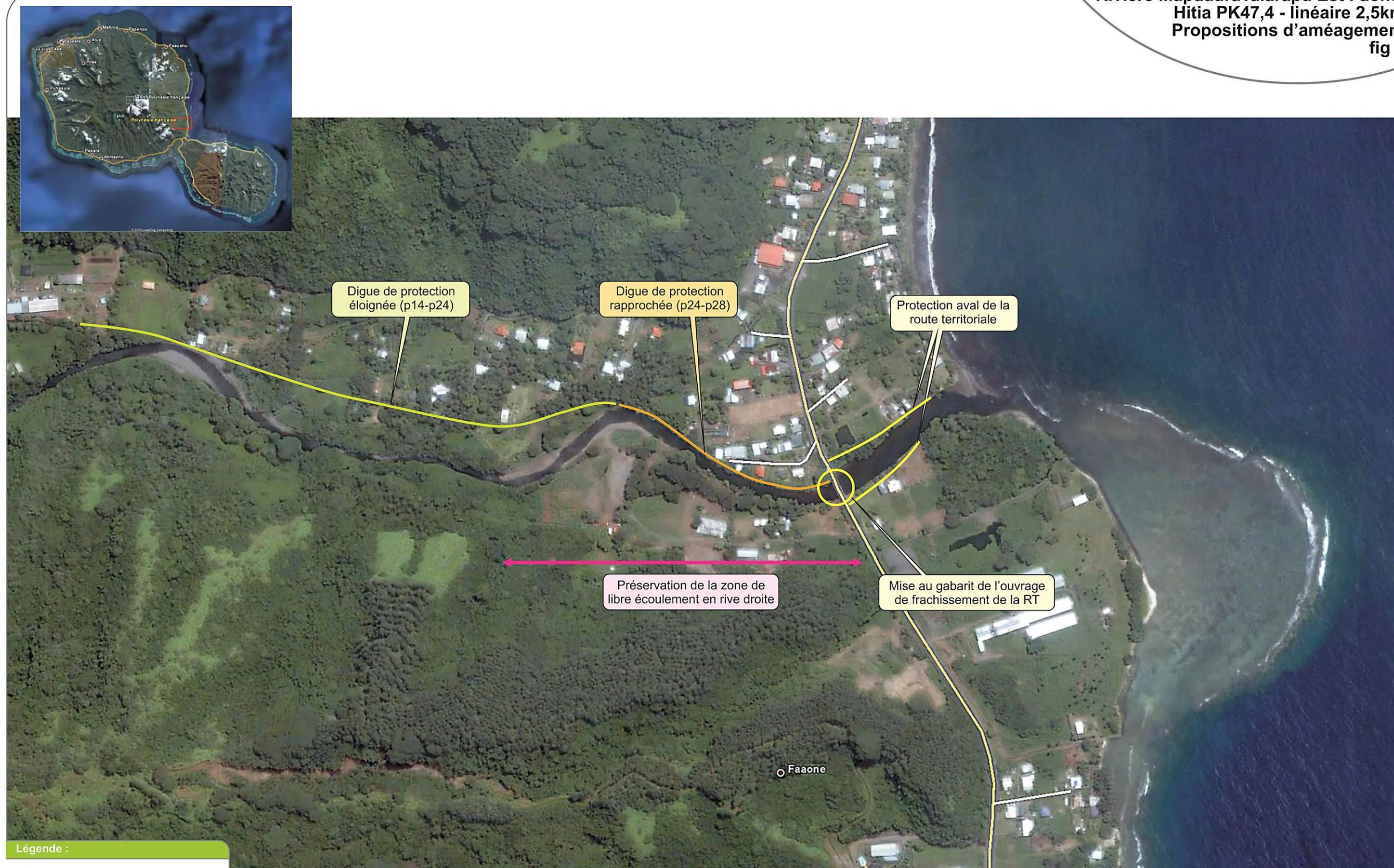
De la même manière le risque d'embâcle constitue un enjeu majeur sur la zone d'étude : des arbres arrachés peuvent venir obturer l'ouvrage de franchissement de la route territoriale.

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 ...

Rivière Mapuaura Taïarapu Est Faone,
Hitia PK47,4 - linéaire 2,5km
Propositions d'aménagement
fig 5

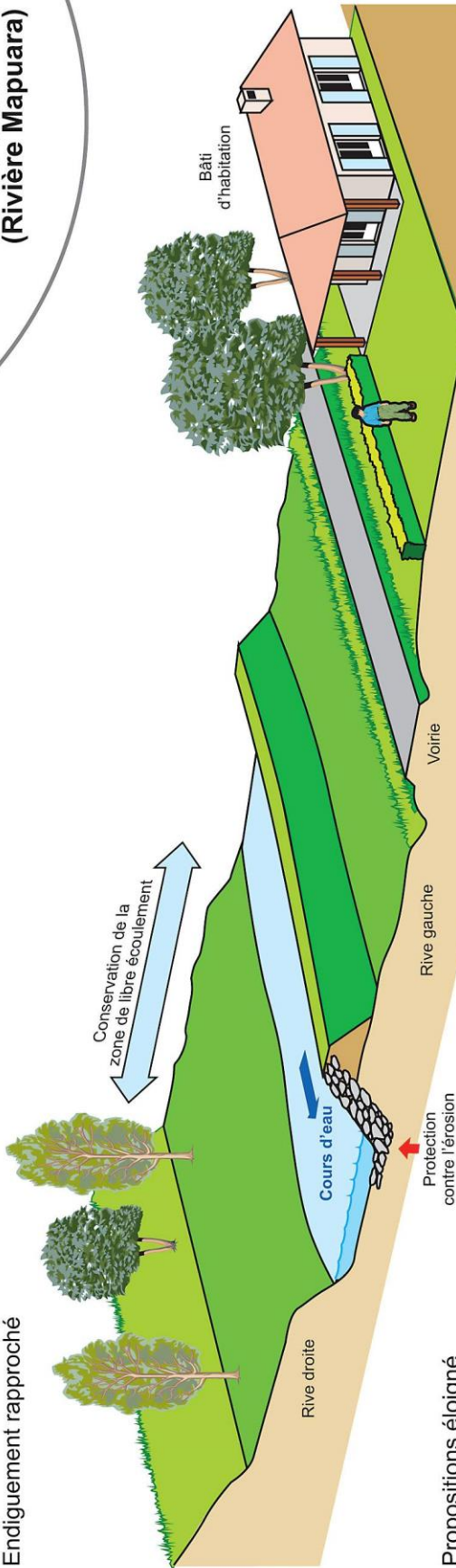


Légende :

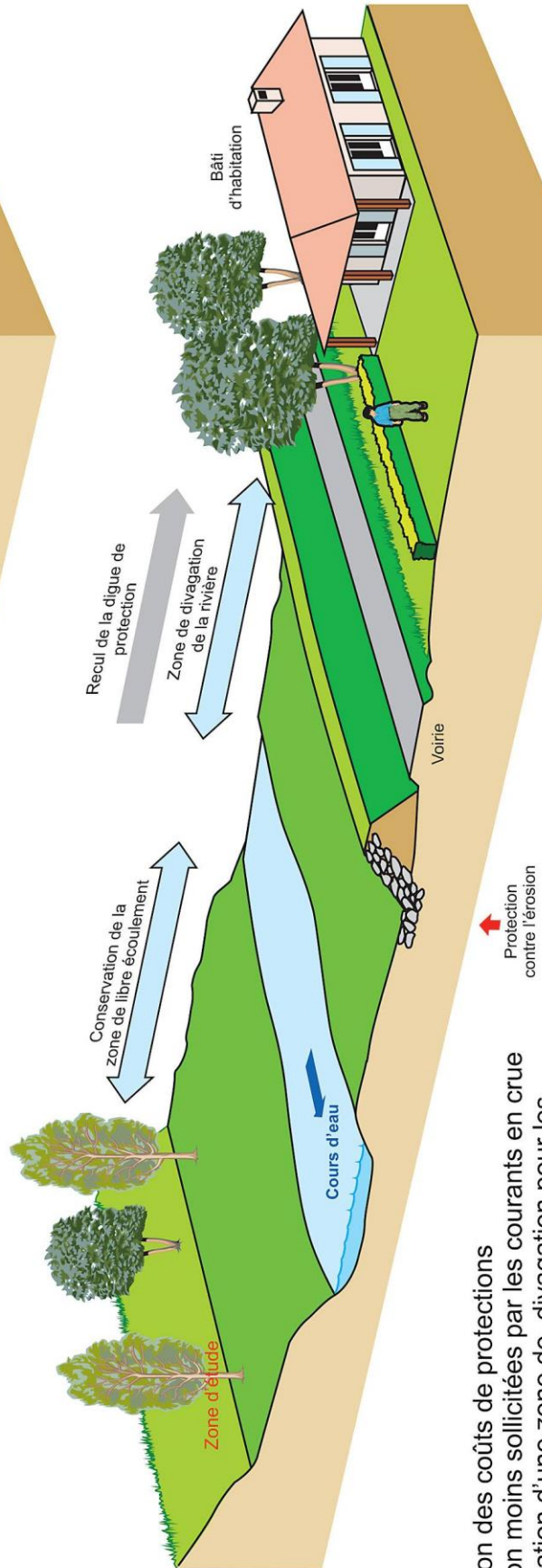
- 10 Localisation des prises de vues
- Limite de la zone d'étude

Techniques d'endiguement à Tahiti (Rivière Mapuara)

Endiguement rapproché



Propositions éloignées



- Diminution des coûts de protections
- Protection moins sollicitées par les courants en crue
- Conservation d'une zone de divagation pour les crues de la rivière

5.4. CHIFFRAGE ESTIMATIF

Les aménagements proposés précédemment sont définis au stade de la faisabilité. En particulier les ouvrages d'endiguement 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
Digue de protection éloignée (profils P14 à P24)				
Remblais en matériaux argileux y compris clef d'ancrage, grillage anti fouisseur et nappage terre végétale	m ³	17500	3000	52500000
Enrochements liés (secteurs au contact du lit mineur)	m ³	1125	12 000	13500000
Enrochements libres	m ³	4125	6 000	24750000
Géotextile	m ²	5250	1 500	7875000
Déblais (y compris évacuation)	m ³	7700	1500	11550000
Sous Total				110175000
Digue de protection rapprochée (profils P24 à P28)				
Remblais en matériaux argileux y compris déblais pour clef d'ancrage, grillage anti fouisseur et nappage terre végétale	m ³	8000	3000	24000000
Enrochements liés (secteurs au contact du lit mineur)	m ³	3600	12 000	43200000
Enrochements libres	m ³	150	6 000	900000
Géotextile	m ²	2400	1 500	3600000
Déblais (y compris évacuation)	m ³	3520	1500	5280000
Sous Total				76980000
Protection aval RT (profils P18 à P26)				
Remblais en matériaux argileux y compris déblais pour clef d'ancrage, grillage anti fouisseur et nappage terre végétale	m ³	7500	3000	22500000
Enrochements liés (secteurs au contact du lit mineur)	m ³	375	12 000	4500000
Enrochements libres	m ³	1875	6 000	11250000

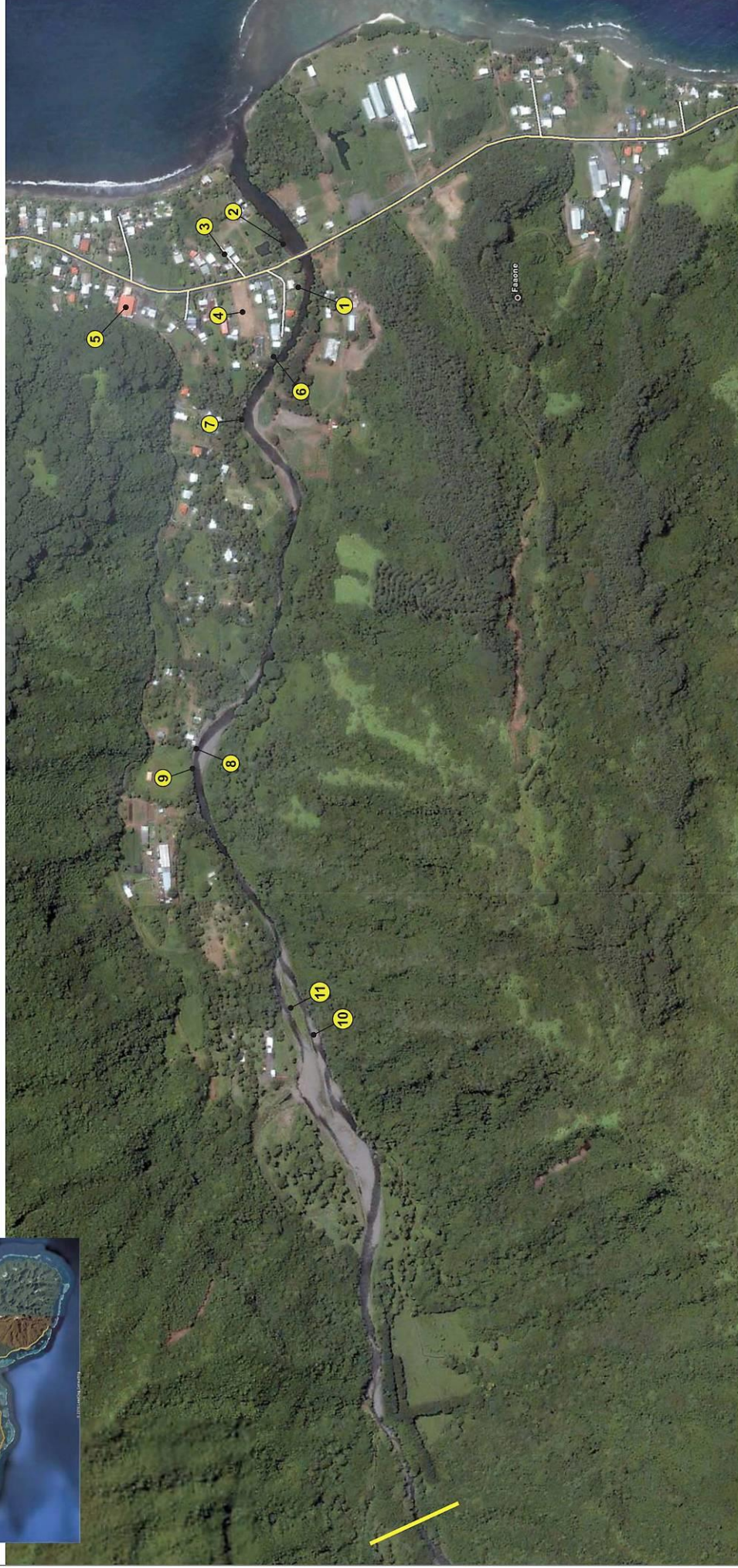
Géotextile	m ²	2250	1 500	3375000
Déblais (y compris évacuation)	m ³	3300	1500	4950000
Sous Total				46575000
Total général				233730000
Divers et aléa 20%				46746000
TOTAL arrondi				280476000

Tableau 5: Chiffrage estimatif

Ces prix ne tiennent pas compte des acquisitions foncières.

ANNEXES

Annexe 1
Localisation des photos



Légende :

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

Annexe 2
Résultats de la modélisation Infoworks

0 100 200 300
Mètres

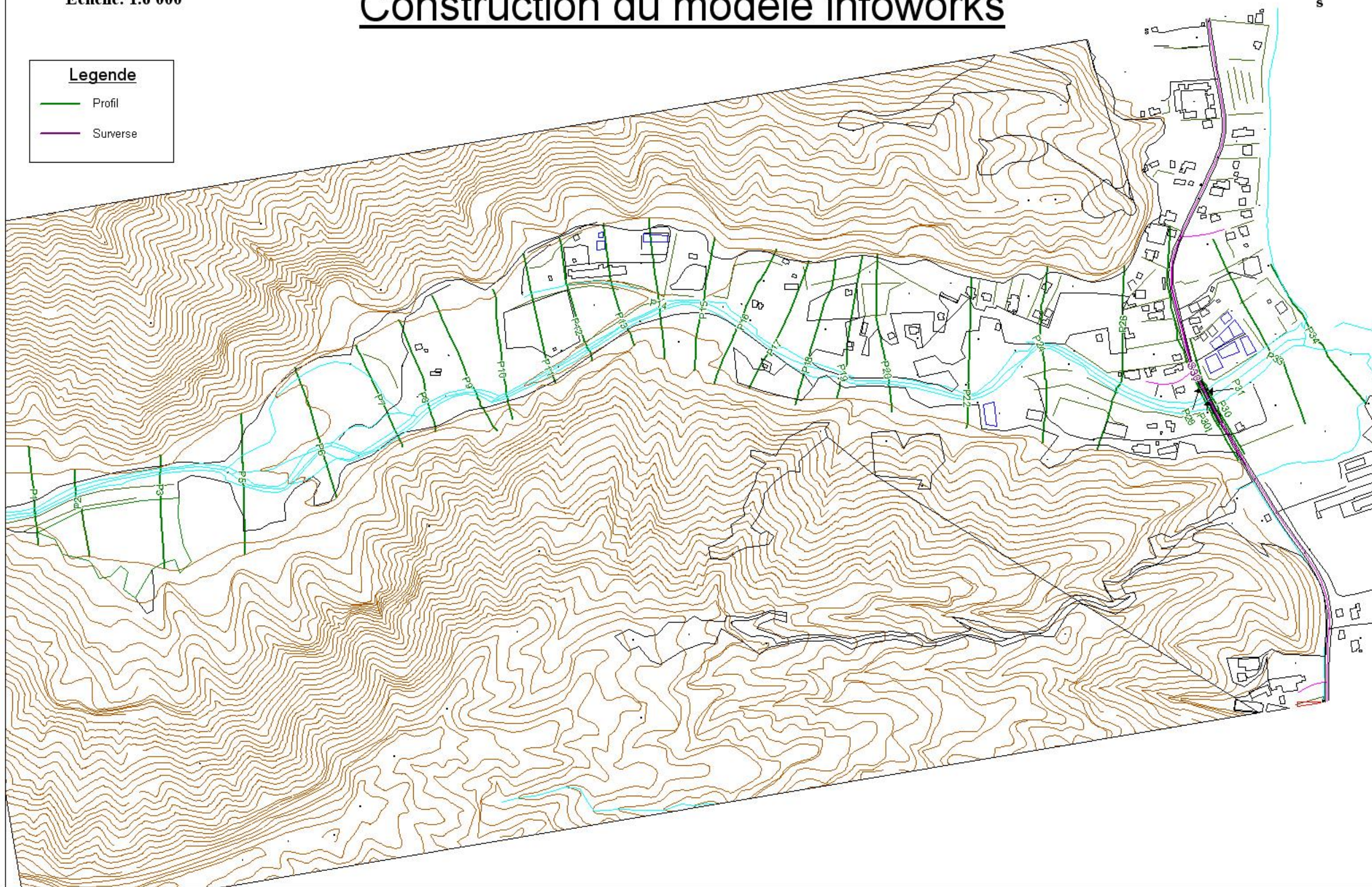
Échelle: 1:6 000

Legende

- Profil
- Surverse

Mapuaura

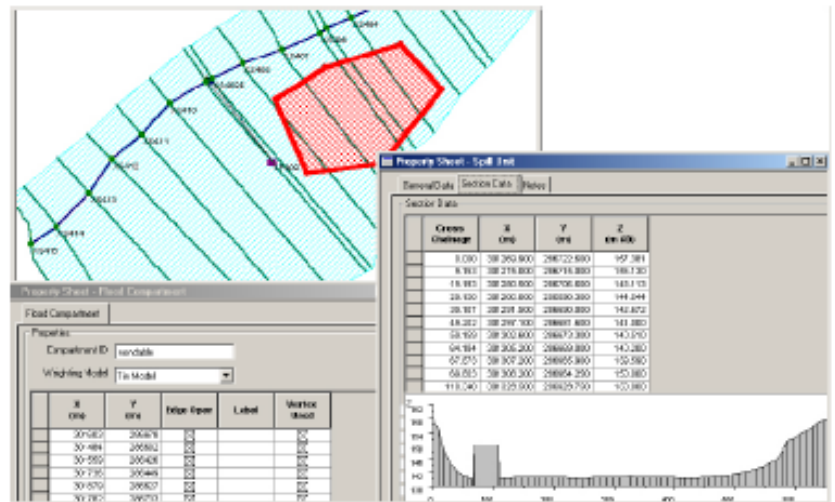
Construction du modèle infoworks



Profil	Z_Fe en mNGPF	Crue décennale				Crue centennale				Crue centennale pont obstrué 50%			
		Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m³/s)	Vitesse lit mineur (m³/s)	Vitesse rive droite (m³/s)	Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m³/s)	Vitesse lit mineur (m³/s)	Vitesse rive droite (m³/s)	Cote (mNGT)	Vitesse rive gauche (m³/s)	Vitesse lit mineur (m³/s)	Vitesse rive droite (m³/s)
P1	24.57	28.10	0.99	3.04	0.59	28.73	1.45	3.62	1.16	28.73	1.45	3.62	1.16
P2	23.36	26.71	1.49	4.33	0.83	27.35	1.93	4.66	1.48	27.35	1.93	4.66	1.48
P3	20.89	23.39	0	3.55	0.46	24.41	0.94	4.19	0.81	24.41	0.94	4.19	0.81
P5	17.24	21.23	0.21	2.76	0.23	22.09	0.71	3.39	0.72	22.09	0.71	3.39	0.72
P6	15.22	17.87	1.60	3.47	0.83	18.52	2.22	4.04	1.36	18.52	2.22	4.04	1.36
P7	12.13	14.76	0.96	2.98	0	15.67	1.07	3.28	0	15.67	1.07	3.28	0
P8	9.91	13.28	0.34	3.42	1.25	14.34	1.07	3.92	1.82	14.34	1.07	3.92	1.82
P9	8.03	12.60	0	2.16	0	13.78	0	2.69	0	13.78	0	2.69	0
P10	7.00	12.16	0	2.70	0	13.52	0.65	2.96	0	13.52	0.65	2.96	0
P11	6.68	11.25	0	2.91	0	12.93	0.63	3.18	0	12.93	0.63	3.18	0
P12	6.07	10.37	0.86	3.38	0	11.55	1.25	4.39	0	11.55	1.25	4.39	0
P13	5.72	9.65	0	2.94	0.76	11.01	0.63	3.46	1.29	11.01	0.63	3.46	1.29
P14	5.32	8.99	0	2.90	0	10.12	0.54	3.71	0.77	10.12	0.54	3.71	0.77
P15	4.02	8.11	0	3.34	1.00	9.27	0.60	4.07	1.52	9.27	0.60	4.07	1.52
P16	3.72	7.75	0.29	2.45	0.98	8.74	0.62	2.74	1.15	8.74	0.62	2.74	1.15
P17	3.46	6.99	0	2.70	1.09	8.02	0.55	3.26	1.17	8.02	0.55	3.26	1.17
P18	2.87	6.67	1.02	2.25	0.88	7.61	0.65	2.84	1.28	7.61	0.65	2.84	1.28
P19	2.49	6.29	0	1.87	0	7.21	0.47	2.34	0	7.21	0.47	2.34	0
P20	2.02	5.73	0.36	2.68	0.93	6.70	0.70	3.00	1.24	6.71	0.70	3.00	1.23
P22	0.32	4.97	0.91	2.34	0.87	5.82	0.97	3.07	1.18	5.83	0.96	3.05	1.18
P24	0.21	4.25	0.45	2.24	0.65	4.95	0.73	2.64	0.92	5.02	0.72	2.55	0.90
P26	-0.28	3.73	0.53	1.65	0.29	4.41	0.75	1.89	0.56	4.55	0.71	1.73	0.55
P28	-0.64	3.44	0.36	1.06	0.42	4.10	0.48	1.29	0.53	4.31	0.44	1.14	0.48
P30!	-0.69	3.37	0.81	1.64	0.54	3.94	1.24	2.36	0.87	4.18	1.16	2.18	0.81
P30	-0.69	2.78	1.01	2.22	0.51	3.02	1.64	3.42	0.99	3.02	1.64	3.42	0.99
P31	-0.29	2.51	0.84	2.38	0.31	3.16	1.11	2.56	0.75	3.16	1.11	2.56	0.75
P33	-0.63	1.80	0.57	1.32	0.55	2.61	0.70	1.55	0.75	2.61	0.70	1.55	0.75
P34	-0.85	0	0.46	1.59	0.21	1	1.11	3.83	0.50	1.00	1.11	3.83	0.50

Annexe 3
Logiciel Infoworks

- Outils d'édition et de modification pour les profils, unité de déversement, casiers.
- Construction de zones (pour générer les cartes d'inondation sur le MNT importé).



Édition de seuils, zones de stockage

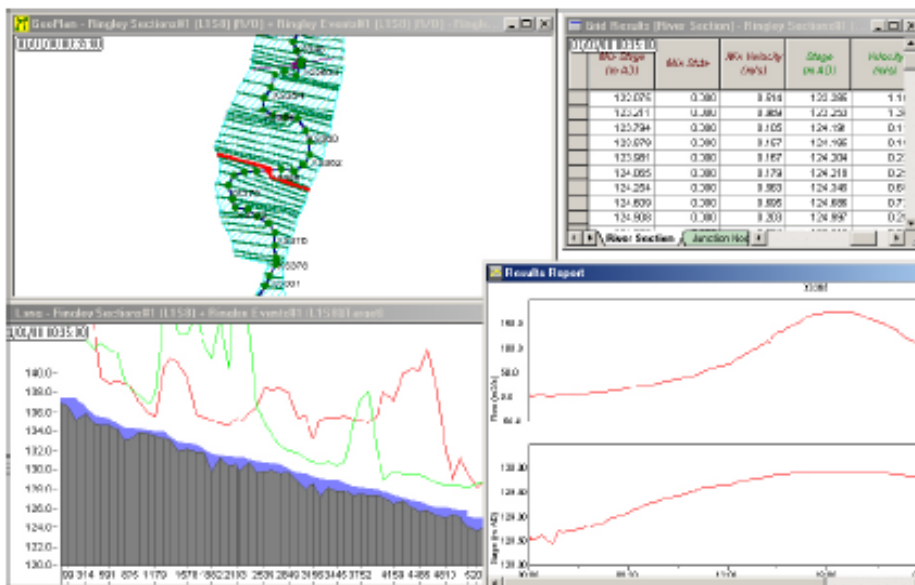
Moteur de calcul

- Utilise le moteur de calcul ISIS réputé pour sa gamme de structures hydrauliques et sa flexibilité.
- Inclus le modèle conceptuel pluie débit PDM (option) et les modèles de ruissellement (SCS, FSR, FEH).
- Régime permanent et transitoire.
- Utilisé dans plus de 30 pays dans le monde.

Interprétation des résultats

Visualisation simultanée des données, des résultats, avec animation en vue en plan et sous forme tabulaire.

- Représentation thématique des données et résultats sur fond de plan.
- Visualisation des données et résultats sous forme de table.
- Profil en long du canal avec ses hauteurs d'eau.
- Profil en travers avec ses hauteurs d'eau.
- Graphes débit, hauteur, vitesse, ... disponible à chaque point de calcul.



Résultats : grille, profil, graphes

Une solution intégrée

Transfert de données en import / export :

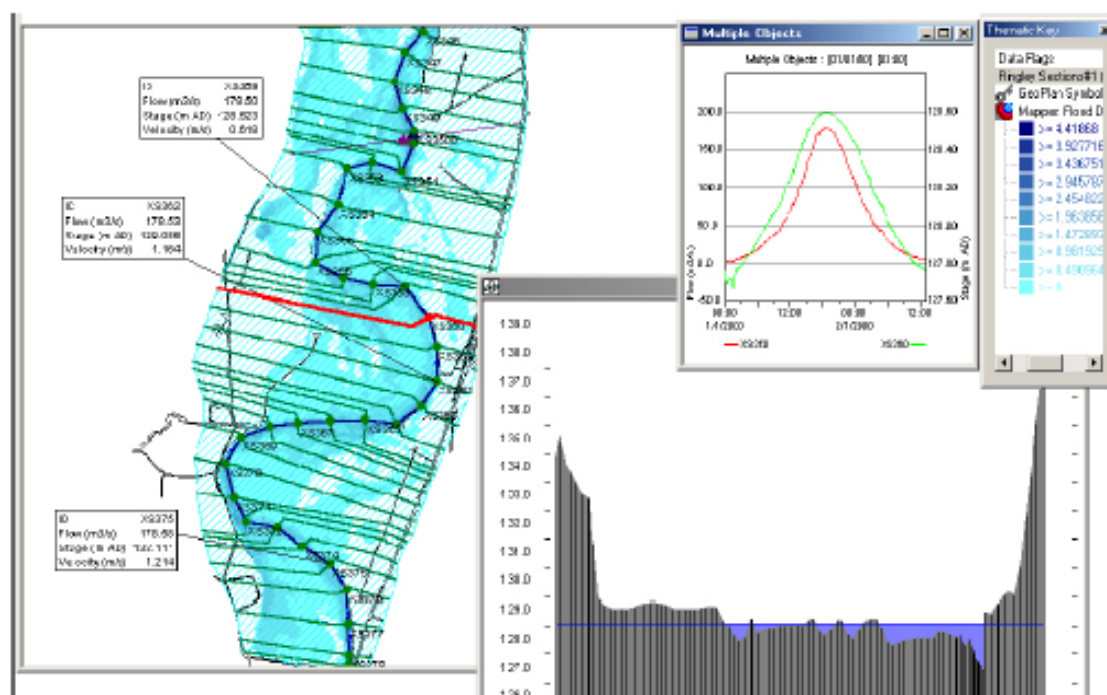
- Importation des modèles existants sous ISIS 2.0®.
- Importation au format CSV.
- Importation de bassins et polygones de stockage de MapInfo® et ArcView®.
- Exportation des données et résultats de simulation vers MapInfo® et ArcView®.
- Exporte les modèles vers ISIS 2.0®.

Visualisation dynamique des zones inondables

Ce modèle d'interpolation est bâti autour d'un Modèle Numérique de Terrain sous forme de TIN.

Il permet :

- La représentation instantanée des zones inondables de n'importe quel événement, comprenant l'animation complète.
- Le contour des hauteurs d'inondation.
- Les graphes des hauteurs d'eau en chaque point de la zone inondée.
- L'extraction et la localisation des hauteurs et durées d'inondation.



Résultats : zones inondables, profil, graphes

