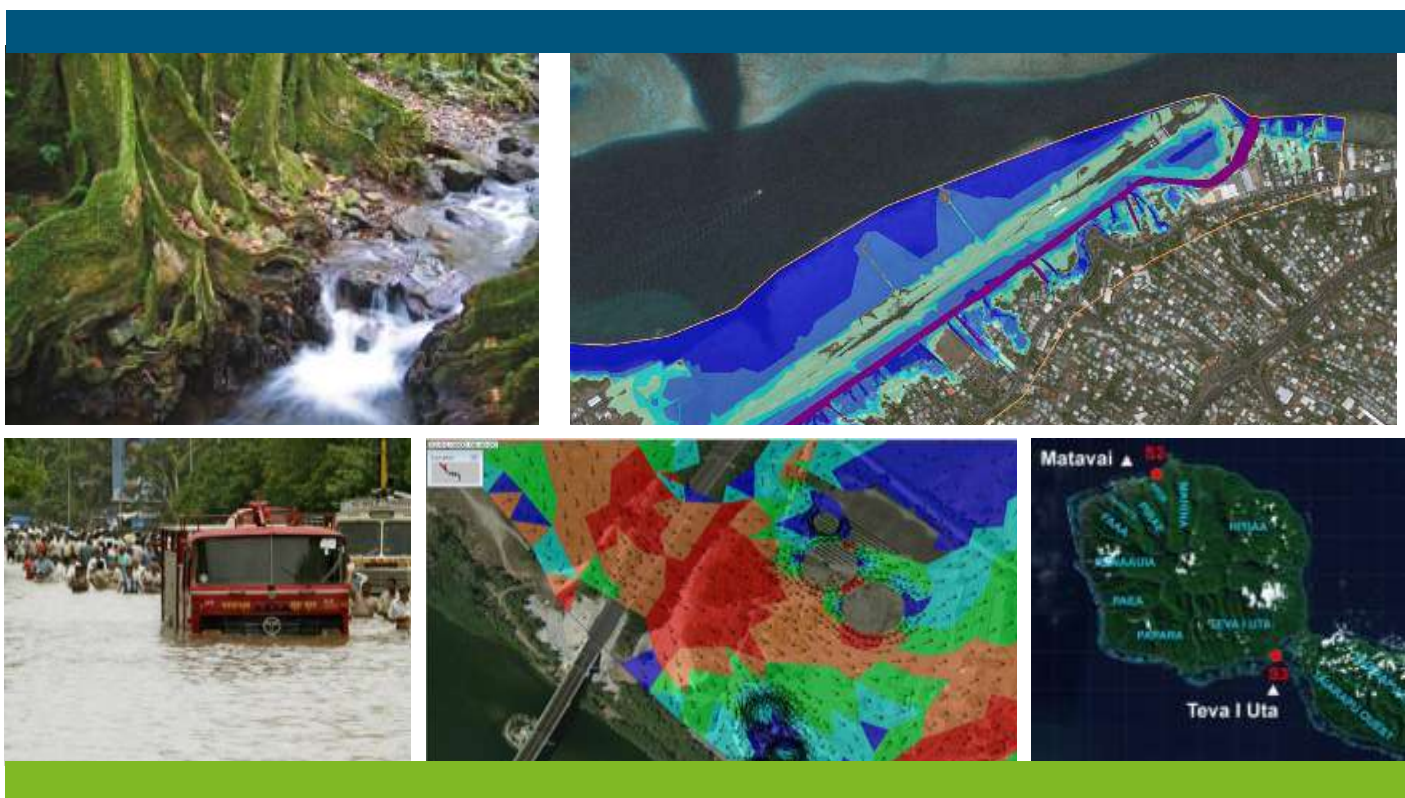




Cartographie de l'aléa inondation et programme technique de protection contre les crues Rivière VAIHIRIA

Phase 1 : analyses hydrologiques et cartographie de l'aléa
inondation

V1



RIV 50674L

Février 2016

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V1	Février 2016	CL	SL

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Direction Equipement		15/02/2016

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Table des matières

1.	Cadre et objet de l'étude	1
2.	Reconnaissance de terrain et recueil de données	2
2.1	Enquête de terrain.....	2
2.2	Historique des crues et mécanismes d'écoulements	9
2.3	Recueil de données.....	9
2.3.1	Bibliographie	9
2.3.2	Données topographiques	10
2.4	Analyse hydrogéomorphologique.....	11
2.4.1	Evolution du tracé en plan	11
2.4.2	Evolution du fond du lit mineur.....	13
3.	Analyse hydrologique	15
3.1	Caractéristiques du bassin versant	15
3.2	Les données pluviométriques	16
3.3	Les données hydrométrique.....	17
3.4	Evaluation des débits de projet.....	17
3.4.1	Etude BCEOM de 1999	17
3.4.2	Etude LTPP de 2001.....	18
3.4.3	Débits de projet retenus.....	19
4.	Modélisation hydraulique	21
4.1	Le modèle mis en œuvre	21
4.2	Conditions aux limites	21
4.3	Calage du modèle.....	22
4.4	Interactions avec les réseaux d'eaux pluviales.....	23
5.	Simulation des crues de projet en état actuel	24
5.1	Mécanismes d'écoulement en crue centennale	24
5.2	Mécanismes d'écoulement en crue décennale	26
5.3	Débits de premiers débordements.....	26
5.4	Prise en compte du risque d'embâcles.....	27
5.5	Cartographie.....	29
5.5.1	Classification de l'aléa	29

5.6 Particularités de la cartographie de l'aléa centennal.....29

Liste des annexes

Annexe 1 : Notice du modèle INFOWORKS

Liste des figures

Figure 1 : Evolution du fond du lit mineur 1998-2009.....	14
Figure 2 : Bassins versants de la Vaihiria (Source IRD)	16
Figure 3 : Hydrogrammes de crue de la VAIHIRIA	20
Figure 4 : Lignes d'eau en état actuel	Erreur ! Signet non défini.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Hauteur précipitée en mm au poste pluviométrique de VAIHIRIA P2 en fonction de la durée et de la période de retour.....	17
Tableau 2 : Comparaison des débits de projet obtenus	19
Tableau 3 : Débits de projet de la VAIHIRIA	19
Tableau 4 : Conditions aux limites du modèle	22
Tableau 5 : Définition des classes d'aléa	29

1. Cadre et objet de l'étude

Le cours d'eau étudié est la Vaihiria, situé sur la commune de TEVA I UTA. L'étude porte sur un linéaire de 2 km à partir de l'embouchure.

La mission consiste à :

- Garantir la pertinence des levés topographiques des zones étudiées ;
- Mettre à jour les analyses hydrologiques ;
- Etablir une cartographie de l'aléa inondation;
- Réaliser un diagnostic et une étude préliminaire incluant les propositions d'aménagement et leur évaluation financière, dans un objectif de réduction de l'aléa,

Les études comportent deux phases:

- **Phase 1** : analyses hydrologiques et cartographie de l'aléa inondation
- **Phase 2** : diagnostic et étude préliminaire

2. Reconnaissance de terrain et recueil de données

2.1 Enquête de terrain

Cette phase d'étude a permis :

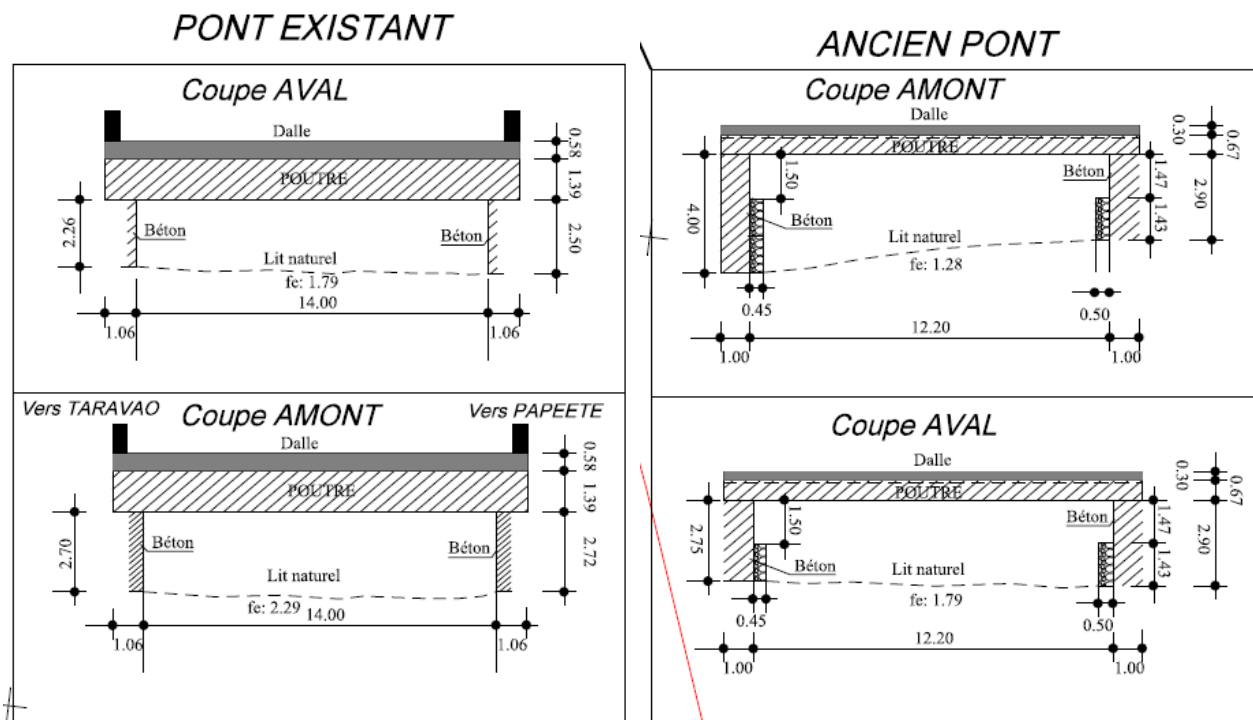
- d'analyser le processus d'inondation et d'identifier les axes structurant les écoulements (voiries, murs, digues de protection...)
- d'identifier toutes les données générales nécessaires à la mise à jour du modèle de simulation
- de relever les éventuels repères de crue existants
- d'identifier l'état d'occupation des sols.

Les principales observations relevées sur le terrain sont présentées ci-après.

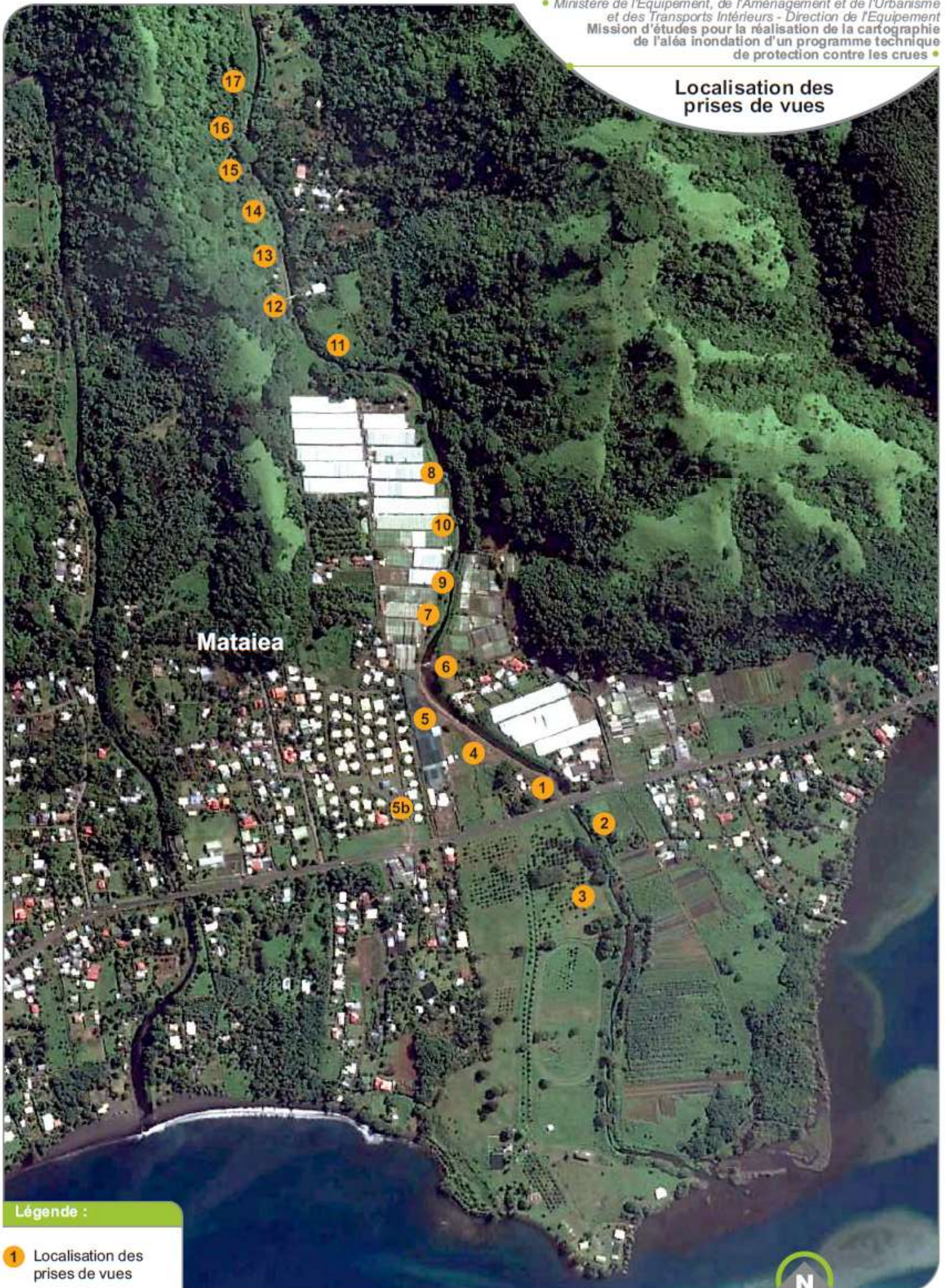
Le franchissement de la route territoriale

Le pont de la route territoriale est constitué d'une travée de 14 mètres de large pour une hauteur de 2.5 à 3 mètres, soit une section d'écoulement de l'ordre de 38m². La section d'écoulements amont est réduite en raison du maintien de l'ancien ouvrage.

Une chute de hauteur 0.80m est située à l'aval immédiat de l'ouvrage de franchissement. Deux canalisations AEP DN200 et DN300 sont situées de part et d'autre de l'ouvrage.



Localisation des prises de vues



Légende :

- 1 Localisation des prises de vues

Le pont de la route de ceinture constitue un goulet d'étranglement pour le passage des eaux. Elle est surélevée par rapport au terrain naturel et constitue donc un obstacle au libre écoulement des eaux vers l'aval.



Photo 1 : Pont de la RT vue amont



Photo 2 : Pont de la RT vue aval

Immédiatement à l'aval de la route territoriale la largeur du lit est de l'ordre de 20 à 25m pour des hauteurs de berges de plus de 3m. Le lit moyen est une zone humide où il est fréquent de retrouver quelques dizaines de centimètres d'eau en raison du faible ressuyage des terrains de ce secteur.

Le lit mineur est endigué en rive droite et gauche (de 0.60 à 1m en aval immédiat du pont de la RT, de 2 à 2.50m sur le secteur de l'embouchure).

La pente de fil d'eau de la Vaihiria descend à 0.3% sur ce tronçon.

Le débouché au Lagon a tendance à s'engraisser, et on observe de nombreuses traces d'anciens débouchés.



Photo 3 : Vue de l'aval de la RT

En amont de la route territoriale la largeur du lit est comprise entre 25 et 35m avec des hauteurs de berges en général de plus de 2.50m mais qui localement sont plus basses créant ainsi des points de débordements préférentiels. La rive droite du cours d'eau est protégée par des enrochements.



Photo 4 et 5: Vue amont pont RT

La principale zone à enjeux de la zone d'étude est le lotissement Vaihiria, situé entre la RT et le premier coude prononcé de la rivière. La photo 5b présente le mur de protection existant qui a limité l'inondation du lotissement lors de la crue de 1998.



Photo 5b : Lotissement Vaihiria et Mur de protection du lotissement

Le premier méandre prononcé de la rivière est le siège d'importants phénomènes d'érosion et d'engrèvement. Ce méandre vient d'être protégé par des travaux d'enrochements récents. Les enrochements ont été posés sur un filtre géotextile, il n'a pu être vérifié la présence d'une protection anti affouillement à la base de l'ouvrage.



Photo 6 : Protection du 1^o méandre amont RT



Photo 7 : Vue de détail de la protection

Plus en amont la rivière longe une vaste zone de serres. Les serres existantes en rive droite sont protégées par une levée de terre probablement créée au fil des curages du cours d'eau ou lors des terrassements de nivellement de l'exploitation agricole. Cet ouvrage existait déjà lors de la crue de 1998. Cette levée de terre est interrompue en plusieurs endroits de manière à permettre le rejet à la rivière du réseau de fossés drainant l'exploitation. Ces interruptions laissent passer les eaux en période de crue. Le profil en long de cette digue est très irrégulier pour une hauteur moyenne comprise entre 2 et 3m.

Le parement coté rivière de la levée est très pentu et non protégé par enrochements. En cas de fortes crues de fortes érosions sont à craindre.



Photo 7 et 8 : Levée de terre rive droite en bordure des serres

L'exploitation agricole s'étend également en rive gauche, sur ce secteur le lit a été récemment entretenu. Lors des inondations de 1998, cette rive a été inondée à partir de débordements localisés juste à l'aval de la photo 10 qui correspond à la fin du rempart de rive gauche.

La berge droite a subi également de graves érosions lors de cet évènement. La levée de terre existante en rive droite peut aggraver les inondations de la rive gauche.



Photo 9 et 10 : Vue de la rive gauche

A l'amont de la zone des serres le tracé de la rivière se rapproche de la route traversière. Lors des inondations de 1998, d'importants débordements ont eu lieu sur ce secteur en rive droite où les écoulements à partir de ce point ont submergé les serres et les habitations à l'aval.

Ce secteur commandant toute l'inondation de la rive droite sera à surveiller et traiter en priorité.



Photo 11: Méandre de la Vaihiria en amont des serres

Le long de la route traversière la berge rive droite est constituée d'enrochements pour protéger la route menant au lac. Cette route a été emportée lors des crues de février et avril 1998.

La berge rive gauche est également protégée par enrochements. La forte pente des talus des enrochements leur confère une stabilité toute relative et les rend vulnérables aux attaques érosives. Ces enrochements sont très largement colonisés par la végétation.

La largeur du lit mineur ainsi calibré varie de 11m à 25m avec des hauteurs de berges de 2.30m à 3.40m.

Sur ce secteur la pente de fil d'eau de la rivière est de plus de 1.5 %.



Photo 12 : Vue amont première passerelle



Photo 13 : Lit recalibré



Photo 14: *Vue aval deuxième passerelle*



Photo 15 : *Section protégée en amont de la passerelle*



Photo 16 : *Encoche d'érosion*



Photo 17 : *Passage à Gué*

2.2 Historique des crues et mécanismes d'écoulements

La dernière crue ayant marquée la mémoire collective sur la Vaihiria est celle de février 1998 (de débit de pointe estimé à 210 m³/s) qui a occasionné d'importants dégâts notamment dans les serres en bordure du lit mineur et sur la route menant au lac.

Les témoignages collectés auprès des riverains lors des reconnaissances de terrain ont permis d'identifier les principaux mécanismes d'écoulements lors de cette crue.

- Les habitations en rive gauche en amont de la 1^o passerelle ont été submergées sous plus de 1 mètre d'eau et pour des crues fréquentes elles sont déjà inondées par 0.5 m d'eau.
- Au droit du méandre situé en aval de la première passerelle, d'importants débordements ont eu lieu en rive droite où les écoulements ont filé tout droit submergeant les serres et les habitations à l'aval. La berge au droit de ce méandre a été fortement érodée, une partie des serres et du mur séparant les deux propriétés, perpendiculaire au sens d'écoulements, ont été emportée.
- En face la rive gauche a également été submergée et la berge fortement érodée.
- Le mur le long de la route d'accès aux lotissements et aux propriétés agricoles a protégé le lotissement des débordements directs du lit mineur survenant entre les serres et le pont de la route territoriale.
- La route territoriale qui est en remblai a fait obstacle aux écoulements en lit majeur et créé une zone d'accumulation d'eau en son amont.
- En amont du secteur d'étude les berges du lit mineur ont été attaquées sur certains secteurs, avec pour conséquence l'arrachage d'arbres et végétaux dont certains ont transité vers l'aval et aggravé localement les conditions d'écoulements.
- Lors de l'épisode de 1998, le niveau du lac Vaihiria est monté soudainement en menaçant de déborder. Les habitants de la basse vallée ont été évacués en urgence.

2.3 Recueil de données

Un recueil de données approfondi a été effectué en identifiant toutes les sources d'informations existantes.

Cette phase importante dans le déroulement de l'étude a pour objectif de recueillir :

- Les études hydrauliques existantes sur la Vaihiria
- les données topographiques sur le cours d'eau et son lit majeur permettant de mettre à jour le modèle hydraulique
- les éventuelles données hydrométriques sur la Vaihiria ou des données pluviométriques sur les derniers épisodes pluvieux significatifs relevés sur le secteur

2.3.1 Bibliographie

Des études ont été réalisées sur la Vaihiria par BCEOM pour le compte du Ministère de l'Équipement de la Polynésie Française :

- « Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti », février 1999
- « Etude de protection contre les crues de la rivière Vaihiria sur l'île de Tahiti » réalisée par BCEOM en 1999 – un modèle hydraulique a été réalisé dans le cadre de cette étude et sera repris.
- Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours d'eau de Polynésie Française, EGIS Eau 2009.

2.3.2 Données topographiques

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

- Restitution photogrammétrique au 1/2000 réalisée en 1998 (vue aérienne datant du 23 août 1998) : lit mineur + lit majeur,
- Plan topographique au 1/500 des parcelles implantées en rive droite en aval du méandre réalisé par le Cabinet de Géomètre TopoPacifique en septembre 2006
- Plan de recollement de la route Traversière au 1/125 réalisé en octobre 2006 par le Cabinet de Géomètre Huin Topo (levé très localisé)
- Levé des profils en travers du lit mineur et des ouvrages hydrauliques réalisé en mai 2009 par le cabinet de géomètre Xavier Doerfler,
- Profils en travers du lit mineur réalisé en Novembre 2010 par le cabinet Wild pour la Direction de l'Équipement

Le modèle intègre au final : la restitution photogrammétrique de 1998 pour le lit majeur de la Vaihiria, les plans topographiques au 1.500° de la rive droite (pour le lit majeur), le plan de recollement de la route traversière et les profils en travers de Novembre 2010 du cabinet Wild qui sont les plus denses et récents.

2.4 Analyse hydrogéomorphologique

2.4.1 Evolution du tracé en plan

Il est réalisé dans ce paragraphe la comparaison entre une photo aérienne prise le 1^{er} Mars 1984, un an après le cyclone Veena, et la photo aérienne de 2015.

Au Sud de la route Territoriale, il est noté un tracé qui reste stable sans évolution notable en plan. Sur la photo de 1984, on observe une forte tendance à l'engravement du lit mineur. La photo de 2015 présente par contre un lit mineur plus marqué, endigué, probablement entretenu par des curages successifs.

Le premier coude accentué du cours d'eau a été fixé par des protections en enrochements, empêchant la migration du lit vers la zone habitée.

La zone d'embouchure présente de nombreuses traces de lits successifs avant rejet au lagon.



Photo 1984 : vue aval



Photo 2015 : vue aval.

Au Nord de la route territoriale, la rivière présente de nombreux méandres actifs :

- En amont de la zone des serres, il est observé sur la photo de 1984 une forte divagation du lit vif de la Vaihiria, avec de nombreux bras venant éroder la berge rive droite. Ce secteur se situe sur une zone de rupture de pente qui entraîne d'importants dépôts de matériaux. Ce secteur sera à surveiller car des débordements se produisant à ce niveau peuvent inonder fortement la rive droite.
- Le second coude situé à l'aval de la zone de serres, présente aussi de forts dépôts et des traces de divagation importantes. Ce secteur a été recalibré et enroché sur la photo de 2015.

De manière plus globale, sur l'ensemble de ce secteur, les travaux de l'Équipement ont permis de fixer le lit mineur de la rivière qui du fait du transport solide possède une très forte tendance à la divagation.

Les autres modifications notables entre 1984 et 2015 sont relatives à l'urbanisation du lit majeur de la Vaihiria tant en rive droite qu'en rive gauche dans la plaine alluviale inondable.



Photo 1984 : vue amont



Photo 2015 : vue amont.

2.4.2 Evolution du fond du lit mineur

Les profils en travers levés pour les besoins de l'étude en 2009/2010 ont été comparés à ceux levés en 1998 lors de la construction du premier modèle hydraulique.

Les profils en long du fond de la rivière à ces deux époques sont présentés sur la figure suivante.

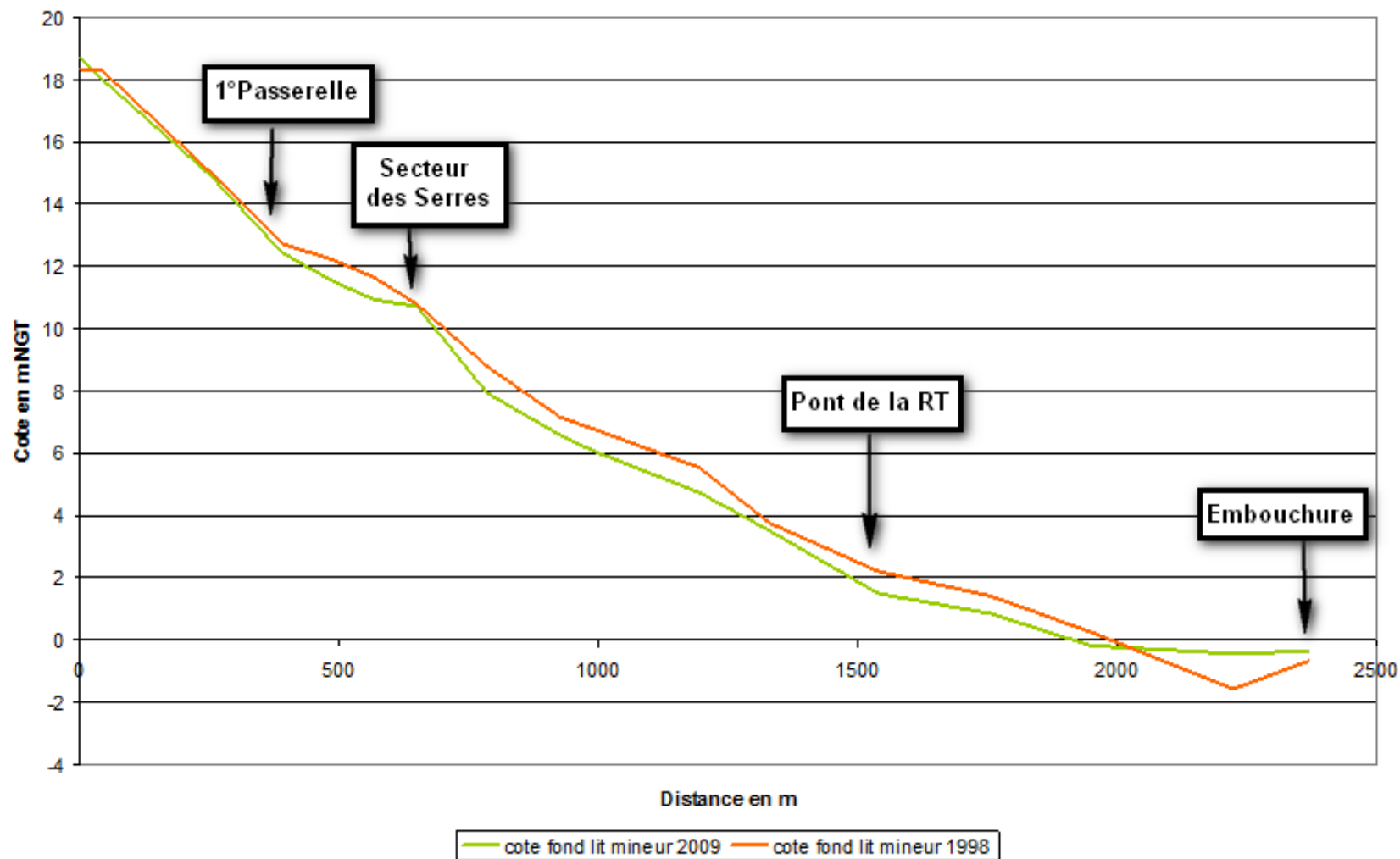
On observe un approfondissement généralisé du fond du lit avec un dépôt de sédiments en partie aval.

Cet approfondissement est probablement dû à un curage récent du fond du lit. Les matériaux extraits du fond du lit sont déposés sur les berges, ce qui explique l'augmentation de la capacité du lit en amont par rapport à 1998.

Après chaque crue notable, qui provoque le charroi d'une quantité importante de sédiments, les services de l'Equipement chargés du curage du lit, évacuent une grande partie de ces sédiments.

Nous n'avons pas observé d'extractions massives de matériaux en amont de la rivière qui aurait pu expliquer un approfondissement généralisé du lit lié à un déficit en sédiments venant de l'amont.

Figure 1 : Evolution du fond du lit mineur 1998-2009



3. Analyse hydrologique

3.1 Caractéristiques du bassin versant

Le bassin versant de la Vaihiria se situe sur l'un des secteurs les plus arrosés de l'île de Tahiti après les secteurs au vent. En effet la pluviométrie moyenne interannuelle est de 2500 à 5000 mm sur les premiers kilomètres en remontant les vallées pour passer à plus de 7500 mm dans les reliefs.

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.

La Vaihiria prend sa source au pied du mont Urufa situé entre les monts Tetufera et Punui et dont le versant nord alimente également la Papenoo.

Le bassin versant de la Vaihiria a une superficie de 14.6 km², un plus long chemin hydraulique de 12.8 km et culmine à 1493 m d'altitude. Les reliefs de ce bassin versant sont caractérisés par des versants de pentes très importantes. La pente du lit mineur varie entre 7% en amont et moins de 0.6% à l'aval de la route territoriale.

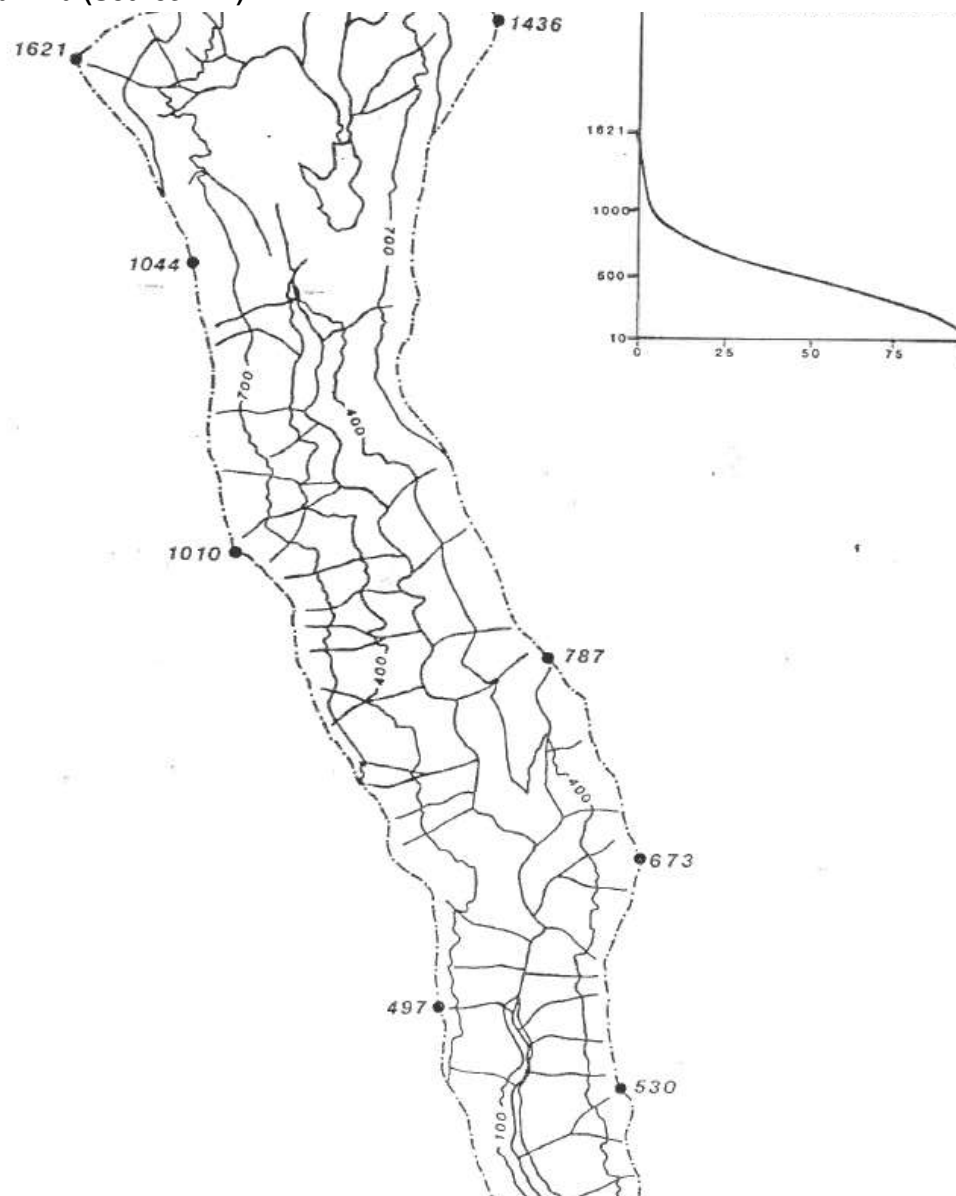
Le bassin versant est essentiellement constitué de forêts. Seule la plaine littorale est urbanisée.

En tête de bassin, le **lac Vaihiria** draine un sous bassin versant de 3.3 km². Ce lac s'est formé à la suite de l'effondrement d'une masse importante de terrain provenant des versants, notamment du versant Est. Les blocs résultants de cet écroulement se sont amoncelés, formant le chaos que l'on appelle Teraiputo.

Le lac d'une superficie d'environ 12 hectares pour une profondeur maximale de 28 mètres est contenu par un barrage naturel d'une hauteur d'environ 200 mètres sur son parement aval pour une largeur de crête d'environ 500 mètres.

Les principales caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

- Surface : 14.6 km²
- Périmètre : 21 km
- Plus long cheminement hydraulique : 12.8 km
- Coefficient de compacité Kc : 1.5
- Altitude moyenne : 500m,
- Gradex de la pluie centennale / 15mn : 4.3 mm (source : G.Wotling « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti »)
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 1493 m,
- Indice de pente : 74 m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 1h

Figure 2 : Bassins versants de la Vaihiria (Source IRD)


3.2 Les données pluviométriques

Il existe un seul pluviographe sur le bassin versant de la Vaihiria.

Il a été installé à 460m d'altitude et il est géré par la cellule hydrologie du GEGDP (Groupement d'Etudes et de Gestion du Domaine Public) de la Direction de l'Equipement.

On dispose d'enregistrements à cette station de 1987 à 1994 mais d'après J.DANLOUX, ces enregistrements présentent des lacunes d'observations importantes.

En 2000 dans le cadre de l'étude de « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti », G.WOTLING de l'ORSTOM a effectué, une analyse statistique des enregistrements les plus fiables pour des durées de pluies de 5 min, 15 min, 30 min, 60 mn, 2 heures et 24 heures.

Les ajustements des données avec la loi de Gumbel ont conduit aux résultats suivants :

durée période de retour	15 minutes	30 minutes	60 minutes
2 ans	29.4 mm	45.9 mm	67.1 mm
10 ans	37.9 mm	59.3 mm	87.0 mm

100 ans	48.4 mm	75.9 mm	111.9 mm
---------	---------	---------	----------

Tableau 1 : Hauteur précipitée en mm au poste pluviométrique de VAIHIRIA P2 en fonction de la durée et de la période de retour

Ces analyses statistiques ont été réalisées sur 8 années d'observations et ne comportent pas les plus fortes dépressions enregistrées sur le site d'étude (les années 1982, 1983 et 1998). En raison de ce faible nombre d'années d'observations ces résultats sont probablement sous évalués.

Lors de l'épisode pluvieux de Décembre 1998, il a été observé sur le pluviographe Vaihiria 2: 491.8 mm le 19 Décembre, 238.7 mm le 20 Décembre, soit une pluviométrie totale de près de 830mm en deux jours. Les intensités les plus remarquables lors de cet épisode sont les suivantes :

- 56.3 mm en 30 mn,
- 95 mm en 1h,
- 153.6 mm en 2h.

3.3 Les données hydrométrique

Une station hydrométrique, installée vers la cote 25, a mesuré les débits de la VAIHIRIA de 1982 à 1985.

J.DANLOUX estime que les apports du sous bassin drainé par le lac VAIHIRIA sont de l'ordre de 2 à 8 m³/s.

La station a donc jaugé un bassin versant de 9.1km² recevant des apports de 2 à 8 m³/s.

Elle n'a malheureusement pas toujours correctement fonctionné mais a permis d'évaluer certains maxima:

- 177 m³/s le 12/12/1982 (dépression LISA)
- 116 m³/s le 12/03/1983 (cyclone REVA)
- 122 m³/s le 12/04/1983 (cyclone VEENA)
- 210 m³/s le 05/02/1998 (date incertaine)
- 82 m³/s le 20/12/1998

Ces informations sont issues du rapport de « Mission d'assistance technique » réalisé en 1999 par J.DANLOUX.

Dans la mémoire des riverains c'est l'épisode de Février 1998 qui est cité en tant qu'évènement le plus fort observé.

3.4 Evaluation des débits de projet

Différentes méthodes ont été utilisées pour calculer les débits de projet de la Vaihiria.

Elles sont rappelées et détaillées ci-dessous.

3.4.1 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, coefficient régional (K=4 pour la VAIHIRIA)
- S, superficie drainée en km²

- P_0 est la moyenne sur le bassin versant de la hauteur de précipitations de période de retour 1 an en dixième de mm sur 15mn ($P_0=25\text{mm}$ pour la Vaihiria)

Cette formulation s'applique à des bassins versant de plus de 1km^2 . 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 écrêtements 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 20km^2 et sur 30 minutes pour les autres
- un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5

3.4.2 Etude LTPP de 2001

En 2001, dans le cadre de l'étude « Modélisation hydrologique des cours d'eau de la liaison Tamanu-Taravao », G. WOTLING a mis en œuvre des modélisations successives de la relation pluie-débit sur les cours d'eau situés entre Tamanu et Taravao.

- Pour des superficies drainées inférieures à 2km^2 , un modèle global a été mis en œuvre permettant d'obtenir des résultats concluants. Ces résultats sont également cohérents pour des superficies comprises entre 2 et 5km^2 .
- Pour des superficies drainées supérieures à 5km^2 , deux méthodes ont été utilisées pour la détermination des débits de projet : pour la Maripehe, la Vaite et la Titaaviri, des modèles spatialisés, basés sur un modèle numérique de terrain, ont été construits, pour les autres cours d'eau, la formule empirique de Craeger (préconisée par G. DANLOUX) a été utilisée :

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

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

- A : superficie du bassin versant en km^2 .
- C : coefficient de Craeger

3.4.3 Débits de projet retenus

Les débits de crue du cours d'eau étudié, obtenus par les trois méthodes présentées ci-dessus, sont les suivants :

Tableau 2 : Comparaison des débits de projet obtenus

Etude	Méthode de calcul	Q10 en m ³ /s	Q50 en m ³ /s	Q100 en m ³ /s
Etude BCEOM de 1999	Formule empirique et gradex	235	330	360
Etude LTPP de 2001	Modèle global	121	192	225
Etude LTPP de 2001	Formule de Craeger	170	270	330

Le bassin versant de la Vaihiria ayant une superficie de 14.6 km², un modèle spatialisé aurait été plus pertinent pour l'évaluation des débits de projet qu'un modèle global.

Les débits de projet du modèle global sont écartés.

Les études du LTPP de 2001 et de BCEOM convergent vers les mêmes ordres de grandeur.

Dans le cadre de l'étude LTPP de 2001, les résultats obtenus par l'étude BCEOM ont été retenus. Ils sont sécuritaires par rapport à ceux obtenus par la formule de Craeger.

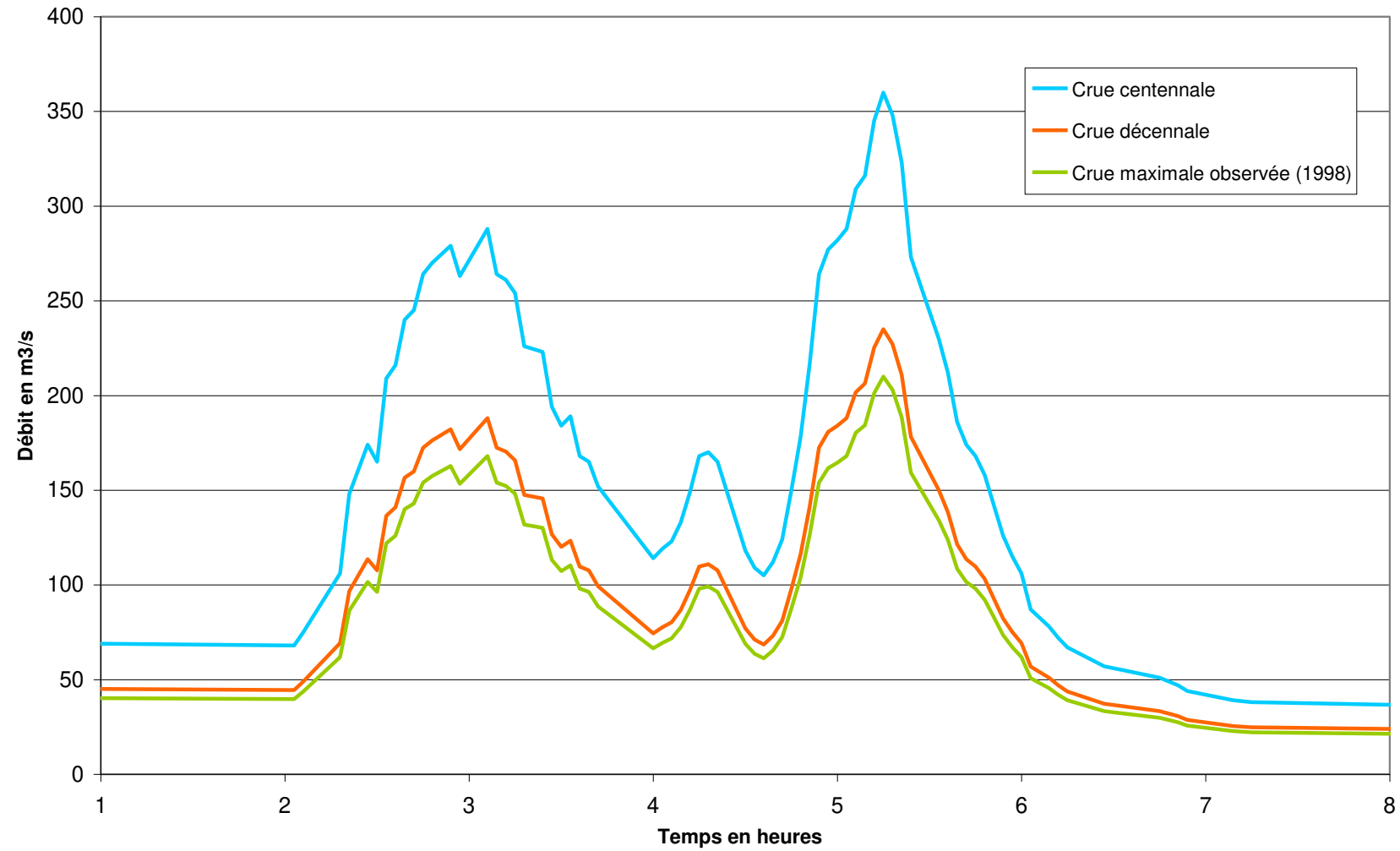
Les débits de projet retenus pour la Vaihiria sont donc ceux de l'étude BCEOM :

Tableau 3 : Débits de projet de la VAIHIRIA

Crue	Crue maximale observée (1998)	Crue décennale	Crue 50 ans	Crue centennale
Débit en m ³ /s	210	235	330	360
Volume de crue en m ³	1930000	2160000	3000000	3 300000

L'hydrogramme de référence est déduit de l'hydrogramme de crue mesuré le 5 février 1998 sur la TITAAVIRI. Le bassin versant de ce cours d'eau est voisin de celui de la Vaihiria et cette crue mesurée en février 1998 à un débit suffisamment important pour pouvoir servir de référence pour la forme de l'hydrogramme de crue.

Les hydrogrammes des crues décennale, cinquantennale et centennale sont construits par homothétie en appliquant un coefficient multiplicateur égal au rapport des débits de pointe.

Figure 3 : Hydrogrammes de crue de la VAIHIRIA


4. Modélisation hydraulique

4.1 Le modèle mis en œuvre

La modélisation a été réalisée à l'aide du logiciel d'écoulements **bidimensionnels INFOWORKS-2D**. Ce type de **logiciel 2D** réalise un calcul des écoulements à **surface libre bidimensionnels** en résolvant les équations complètes de Barré de Saint Venant sur un maillage triangulaire.

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

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 m ²
x	abscisse
S	section mouillée
J	gradient de charge hydraulique

La modélisation 2D se justifie pour représenter finement les écoulements bidimensionnels à surface libre et de calculer précisément le fonctionnement sur les secteurs particuliers. Il permet en particulier de représenter les écoulements se produisant de manière distincte en rive droite et en rive gauche. Le module 2D utilise le principe de discrétisation de la zone inondable sous forme de mailles triangulaires et résout les équations de St Venant pour la hauteur et la vitesse en deux dimensions. La solution utilise la méthode des volumes finis, basée sur le programme de Goudonov et le solveur de Riemann. Le modèle de résolution est semi-implicite.

4.2 Conditions aux limites

Les conditions aux limites du modèle sont constituées par l'hydrogramme de la crue simulée en limite amont du modèle.

La constitution de cet hydrogramme (forme et valeurs des débits de projet) a été exposé au paragraphe précédent.

La condition limite aval est constituée du niveau marin estimé dans le lagon.

	Débit de crue	Niveau aval du lagon
Crue maximale observée	210 m ³ /s	1 m NGT
Crue décennale	235 m ³ /s	0 m NGT
Crue cinquantennale	330 m ³ /s	1 m NGT
Crue centennale	360 m ³ /s	1 m NGT

Tableau 4 : Conditions aux limites du modèle

4.3 Calage du modèle

La base du calage a été établie à partir des témoignages recueillis sur le terrain sur la crue observée en février 1998 d'un débit de pointe de 210 m³/s.

Un calage précis a été rendu difficile du fait des phénomènes importants d'érosion et d'engraissement qui ont modifié la capacité de transit du lit mineur, ainsi que du fait des travaux d'entretien réalisés post crue de 1998.

Le calage définitif a surtout permis de reproduire les mécanismes d'écoulements observés par les riverains.

Les coefficients de Strickler caractérisant le frottement en fonction de la nature du lit sont les suivants :

- 23 à 30 en lit mineur.
- 7 à 10 en lit majeur.

Ces coefficients ont été établis à partir de la méthode du Soil Conservation Service, soit:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m^5$$

Avec :

n₀ : Dépend du type de matériaux qui constitue le lit du cours d'eau (de 0.02 pour l'argile nue, à 0.028 pour les gros graviers). **n₀**=0.023 pour du béton avec traces d'usure.

n₁ : Degré d'érosion de la surface de la rivière (de 0 pour une surface lisse, à 0.02 pour une rivière très érodée).

n₂ : Variation des sections de la rivière (de 0 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 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 proche de 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 la rivière (de 1 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).

	n0	n1	n2	n3	n4	m5	n	K
Amont Serres	0.024	0.005	0.005	0	0.01	1	0.044	23
Amont RT/début des serres	0.024	0.005	0	0	0.005	1	0.034	30
Aval Pont de la RT	0.024	0.005	0	0	0.01	1	0.039	26

Tableau n°5 : Coefficients de Strickler retenus

4.4 Interactions avec les réseaux d'eaux pluviales

Sur le secteur d'étude, il n'existe pas de réseau pluvial organisé drainant des zones urbaines et ayant pour exutoire la Vaihiria :

- La principale zone urbanisée, le lotissement Vaihiria, n'a pas d'exutoire direct dans la rivière ; les ruissellements issus de cette zone cheminent parallèlement au cours d'eau en direction de la route territoriale,
- Les fossés en bordure de la RT ne drainent qu'un impluvium réduit en direction de la Vaihiria.

Le secteur des serres en rive droite de la rivière est drainé par un réseau de fossés perpendiculaire à l'axe d'écoulement de la Vaihiria, permettant le ressuyage de la zone. Ces fossés ont pour exutoire le cours d'eau par des percées de la digue existante.

5. Simulation des crues de projet en état actuel

Le modèle est ensuite utilisé pour simuler plusieurs crues de différentes périodes de retour :

- La crue la plus importante observée (Février 1998)
- La crue décennale
- La crue cinquantennale
- La crue centennale

5.1 Mécanismes d'écoulement en crue centennale

Secteur amont, le long de la route traversière, jusqu'au premier méandre de la Vaihiria.

En lit mineur les vitesses d'écoulement sont comprises entre 4 m/s et 6 m/s.

En lit majeur, des débordements importants se produisent en rive gauche et droite.

Les débordements restent limités par le relief en rive droite. Un débit de 10 m³/s en moyenne transite en rive droite avec des vitesses d'écoulement de l'ordre de 1 m/s. Une partie de ce débit inonde la route traversière.

En rive gauche, les débits débordés sont plus importants puisque le champ d'inondation est beaucoup plus large qu'en rive droite. Les hauteurs de submersion dépassent 1m sur une bande de 10 m à 30 m le long du lit mineur. La plupart des habitations sont inondées sous des hauteurs d'eau variant de 0.5 à plus de 1m.

Des débits compris de l'ordre de 80 m³/s cheminent dans cette plaine avant de rejoindre le lit mineur en amont du méandre. Les vitesses moyennes d'écoulement sont de l'ordre de 0.7 m/s.

Les deux passerelles existantes sur ce secteur sont submergées.

En aval du premier méandre:

En lit mineur : les vitesses moyennes d'écoulements demeurent importantes, elles varient de 2.3 m/s à 5.4 m/s.

En rive droite : des débordements (55 m³/s) inondent la plaine sur 250 m de large.

Les serres sont submergées sous des hauteurs d'eau comprises entre 0.1 et 1m sauf le long du lit mineur où elles dépassent 1m.

Les vitesses moyennes d'écoulements sont d'environ 0.5 m/s.

En rive gauche : de faibles débordements se produisent le long du lit mineur. Plus en aval la plaine s'élargit et de nouveaux débordements surviennent (30 m³/s). La zone inondable vient longer le talus du chemin rive gauche.

Les hauteurs de submersion sont inférieures à 0.5m sauf en bordure du lit mineur où elles atteignent parfois 1m. Les vitesses moyennes d'écoulement sont de 0.5 m/s. Essentiellement des zones agricoles sont touchées par les inondations sur ce secteur.

En amont de la route territoriale :

La route territoriale qui coupe la plaine fait obstacles aux écoulements des crues de la Vaihiria.

L'ouvrage de franchissement sur le lit mineur est très insuffisant pour permettre le passage du débit de pointe de la crue centennale, son débit maximum avant débordement est évalué à 143 m³/s.

La plaine en amont de la route joue le rôle de zone d'expansion de crue: la zone inondable atteint sur ce secteur 700m de large.

En lit mineur : Les vitesses moyennes d'écoulements descendent en dessous de 3 m/s.

En rive droite : une partie des écoulements amont transite à travers le lotissement Vaihria sous de faibles hauteurs d'eau (inférieures à 0.5m).

Les vitesses d'écoulements peuvent être localement supérieures à 0.5m/s au niveau des voiries (zones d'écoulements préférentiels).

Ces écoulements (68 m³/s) franchissent la route territoriale (hauteur d'eau inférieure à 0.5m et vitesses supérieures à 1m/s) puis cheminent vers l'aval.

A l'aval immédiat du deuxième méandre les forts débordements rive droite sont stoppés par le chemin d'accès aux serres et le mur qui le longe.

Ils s'écoulent vers l'aval en submergeant la route territoriale. Sur ce secteur les hauteurs de submersion dépassent localement 1m.

En rive gauche : la plaine en amont de la route territoriale est submergée avec des hauteurs d'eau importantes dépassant localement 1m.

La route est coupée par les flots (99 m³/s). La plupart des habitations sont situées en zone inondable avec des hauteurs de submersion variant de 0.5 à 1m.

Les vitesses d'écoulement dans ce secteur sont voisines de 0.5 m/s sauf au niveau de la surverse sur la route où elles dépassent 1 m/s.

En aval de la route territoriale :

La zone inondable très large s'étend sur 850 m avec par endroit des hauteurs d'eau importantes.

En lit mineur : Les vitesses moyennes d'écoulements deviennent faibles et varient entre 1.4 m/s et 4 m/s.

En rive droite : les 68 m³/s franchissant la route territoriale s'écoulent à travers le lit majeur jusqu'au lagon avec des vitesses moyennes inférieures à 0.5 m/s.

Les habitations sont touchées par les inondations avec des hauteurs de submersion atteignant 0.5m.

En rive gauche : des débordements (50 m³/s) viennent s'ajouter aux débits provenant de l'amont. Les vitesses d'écoulement sont en moyenne de 0.5 m/s.

Les hauteurs de submersion augmentent au fur et à mesure que l'on s'approche du lagon pour dépasser 1m en amont immédiat du cordon littoral.

Des habitations se trouvent en zone inondable avec des hauteurs de submersion comprises entre 0.3 et 0.7m.

5.2 Mécanismes d'écoulement en crue cinquantennale

Du fait de la faible différence de débit avec la crue centennale, il existe peu d'écart avec la cartographie des zones inondables pour la crue centennale. Les mécanismes d'écoulement restent les mêmes.

5.3 Mécanismes d'écoulement en crue décennale

Le débit de pointe décennal de 235 m³/s est déjà très supérieur aux capacités de transit du lit mineur. Les débordements et mécanismes d'écoulements de la crue décennale sont similaires à ceux de la crue centennale avec des débits débordés bien moindres et des hauteurs d'eau plus faibles.

Le débit de la crue maximale observée étant proche de celui de la crue décennale, les mécanismes d'inondation et les enveloppes de zones inondables sont très proches.

5.4 Débits de premiers débordements

Le tableau ci-dessous indique les débits à partir desquels des débordements se produisent au droit des principaux profils en travers levés.

Profil	Débit de premier débordement (m ³ /s)	
	Rive gauche	Rive droite
PT01	134	120
PT02	102	
PT03	170	287
PT04	109	
PT05	152	162
PT06	141	192
PT07	138	
PT08		150
PT09		192
PT10		
PT11		157
PT12	302	
PT13	232	208
PT14	109	94
PT15	151	134
PT16	110	138
PT17	108	79
PT18	56	87
PT19	110	141
PT20 OH	143	143
PT21		
PT22	147	78
PT23	38	
PT24	94	73
PT25		
PT26		
PT27	49	67

Débits de premiers débordements-

5.5 Prise en compte du risque d'embâcles

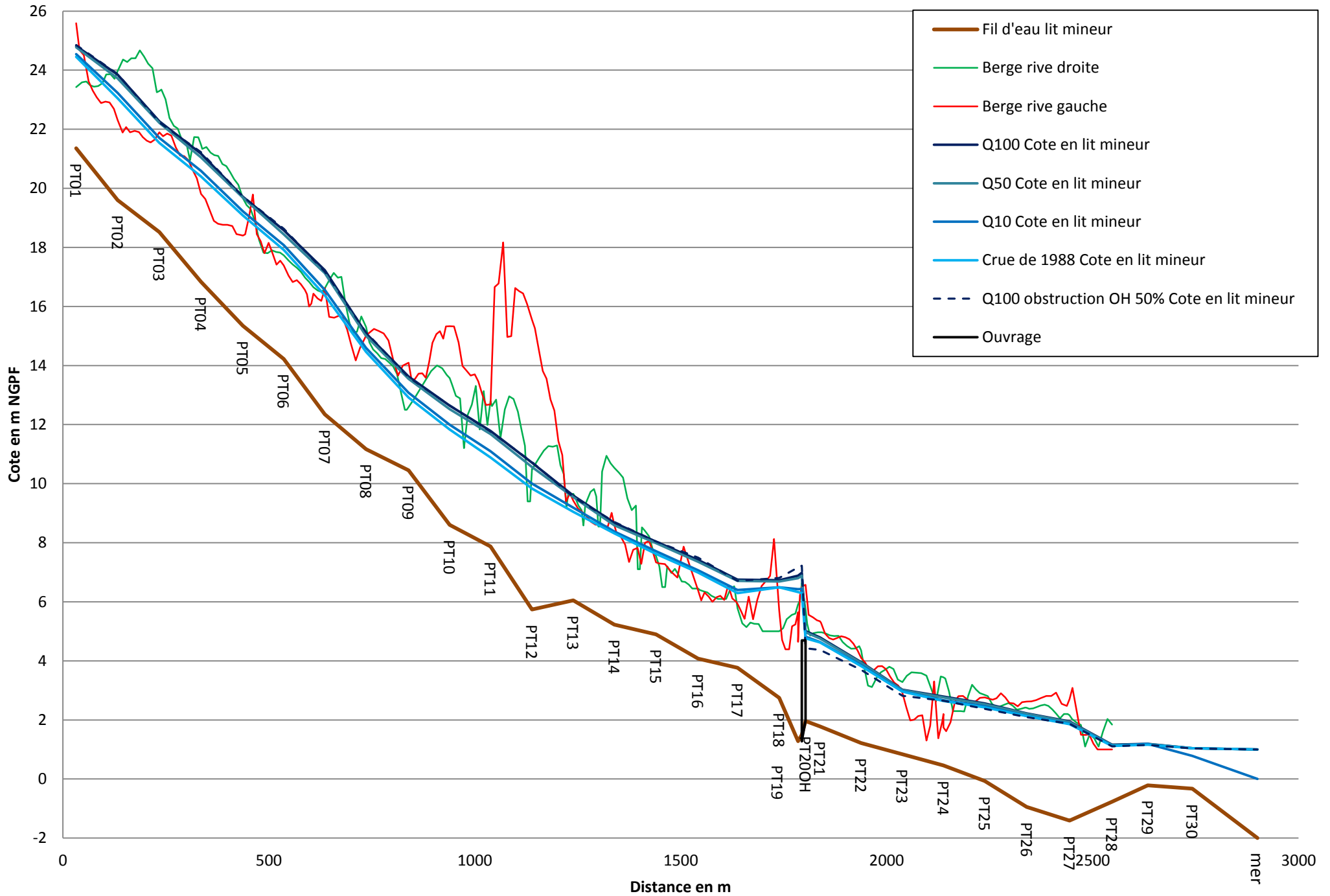
Une simulation a été réalisée en crue centennale en prenant en compte une obstruction de moitié de la section d'écoulement du pont de la route de ceinture dont la section est limitante et qui constitue le seul point d'évacuation avant submersion de la route en remblai

La simulation d'embâcles au niveau du pont de la route de ceinture induit une rehausse de 25 cm du niveau d'eau en lit mineur au droit du pont. L'impact de cette obstruction remonte jusqu'à 300m en amont en lit mineur.

En lit majeur, les niveaux d'eau augmentent de :

- 8 à 12 cm en rive droite
- 2 à 11 cm en rive gauche

Figure 4: lignes d'eau en état actuel



5.6 Cartographie

5.6.1 Classification de l'aléa

La cartographie fournie comprend :

- **carte 1** : cartographie de l'enveloppe d'inondation de la crue maximale observée
- **carte 2** : cartographie de l'aléa inondation de la crue décennale
- **carte 3** : cartographie de l'aléa inondation de la crue cinquantennale
- **carte 4** : cartographie de l'aléa inondation de la crue centennale
- **carte 5** : 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 5 : 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. Les limites précises de l'enveloppe des zones inondables restent donc entachées d'une certaine imprécision.

5.7 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 5 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 suite à une érosion trop importante.

Actuellement, des protections en enrochements ont été mises en place en différents points de la Vaihiria.

Le manque d'informations sur leur mise en œuvre ne permet pas de dire s'ils résisteront à une crue importante. Une bande inconstructible en bordure de lit est donc nécessaire vis à vis de ce risque particulier.

5.8 Comparaison avec la cartographie centennale du programme ARAI

De manière globale il existe peu de différences entre la cartographie produite dans les études ARAI et la cartographie mise à jour dans le cadre de la présente étude.

L'emprise des zones inondables est identique. La mise en œuvre d'un modèle bidimensionnel (plus précis que le modèle à casiers de 2009) et la prise en compte d'une topographie plus détaillée du lit mineur de la rivière et du lit majeur rive droite, permet de préciser l'aléa sur un certain nombre de points :

- En amont de la route territoriale, en rive droite, la modélisation de 2016 prend en compte le mur de protection existant le long du chemin d'accès aux serres, qui borde le lotissement Vaihiria. Ce mur protège en partie le lotissement, mais augmente l'aléa en bordure du lit mineur de la rivière.
- Sur le secteur situé à l'aval de la route territoriale, et jusqu'au lagon, la précision des nouveaux levés topographiques du lit mineur permet une meilleure représentation de l'aléa inondation.

ANNEXES

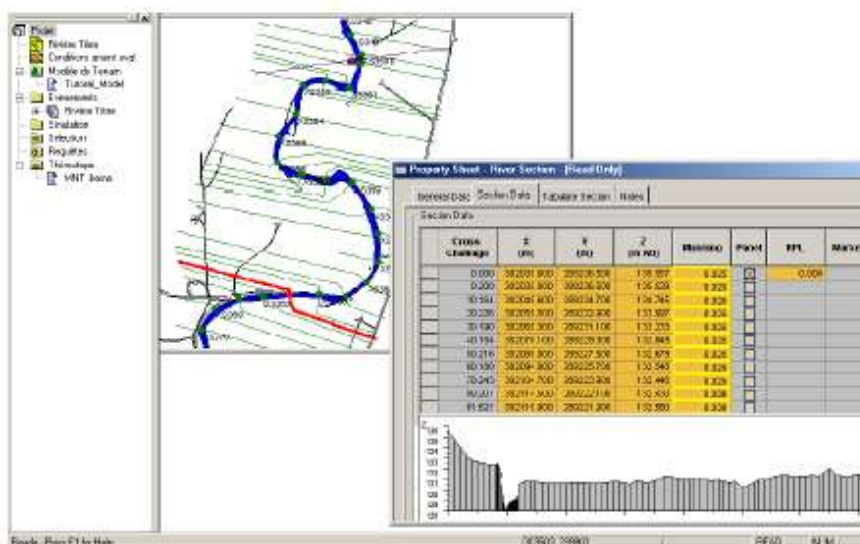
Annexe 1 : Notice du modèle INFOWORKS



La solution de modélisation des rivières

Gestion des modèles

- Gère plusieurs utilisateurs sur de multiples projets.
- Contrôle et suivi des versions.
- Consolide les données de source hétérogène sous la même interface.
- Indicateurs relatifs aux sources de données et leur degré de fiabilité.
- Gestion local du système et contrôle d'accès utilisateurs.
- Comparaison entre réseaux.



Gamme Modélisation

Outils d'édition

- Construction géographique sur le fond de plan.
- Importation des bassins et polygones de stockage (réservoirs).
- Importation et visualisation de Modèles Numériques de Terrain (TIN).
- Extraction de données du TIN, telles que la construction directe des profils, ou réservoirs.

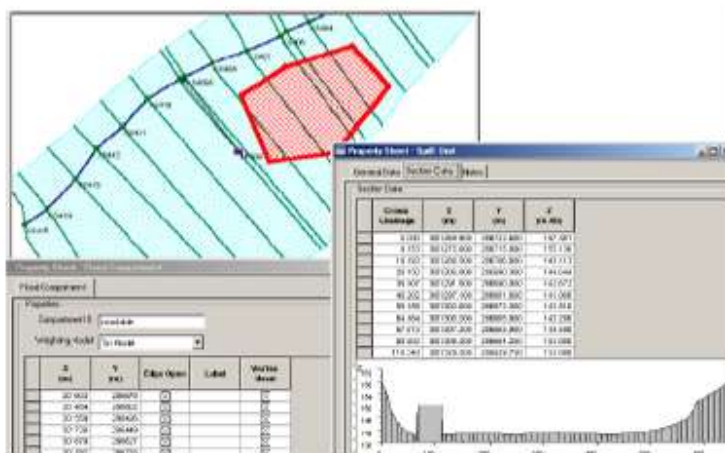


Le Galaxie, 89 rue de la Villette 69003 LYON

Tel : 04.37.56.10.99 - Ligne directe : 04.78.22.28.69 - Fax : 04.37.56.10.98 - www.geomod.fr - info@geomod.fr

InfoWorks RS®

- 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).



Edition de seuils, zones de stockage

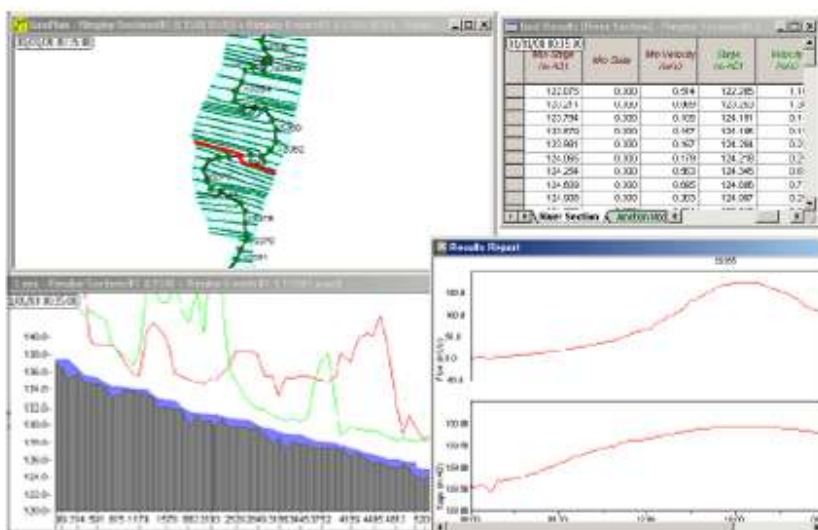
Moteur de calcul

- 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 :

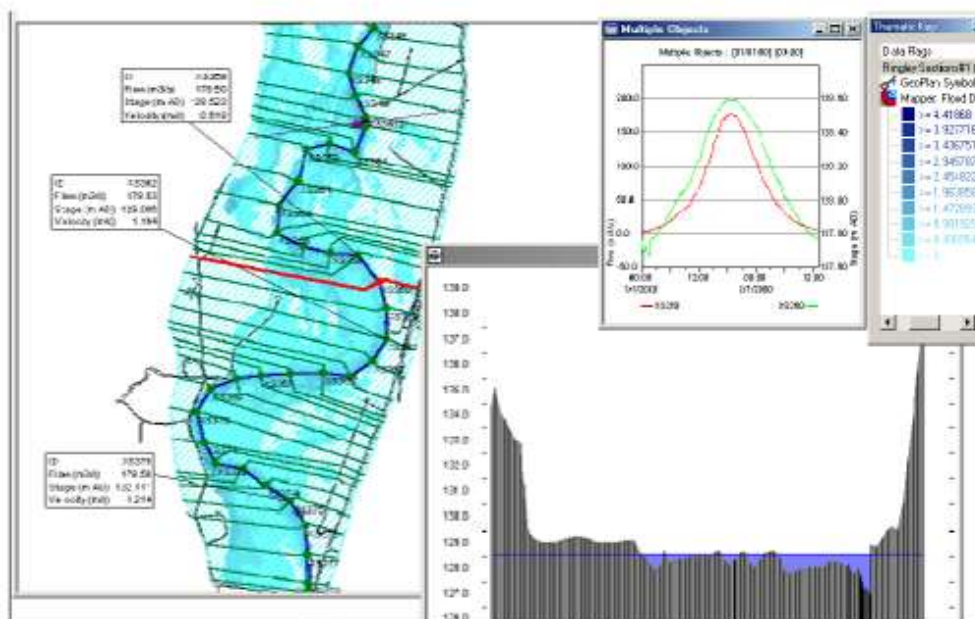
- Importation des modèles existants sous ISIS 2.0®.
- Importation au format CSV.
- Importation de bassins et polygones de stockage de MapInfo® et ArcView®.
- Exportation des données et résultats de simulation vers MapInfo® et ArcView®.
- Exporte les modèles vers ISIS 2.0®.

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

InfoWorks RS® est un logiciel développé par Wallingford Software.



Annexe 2 : Résultats du modèle

		Q100					Q50					Q10					Crue de 1988					Q100 obstruction OH 50%				
Mode	Chainage	Profil	Fil d'eau lit mineur	Manning	Q100			Q50			Q10			Crue de 1988			Q100 obstruction OH 50%									
					Débit lit mineur	Froude	Cote en lit mineur	Vitesse moyenn e en lit mineur	Débit lit mineur	Froude	Cote en lit mineur	Vitesse moyenn e en lit mineur	Débit lit mineur	Froude	Cote en lit mineur	Vitesse moyenn e en lit mineur	Débit lit mineur	Froude	Cote en lit mineur	Vitesse moyenn e en lit mineur	Débit lit mineur	Froude	Cote en lit mineur	Vitesse moyenn e en lit mineur		
PT01	32	PT01	21.36	0.045	360.0	1.47	24.82	7.21	330.0	1.39	24.78	6.73	235.0	1.03	24.54	5.26	210.0	0.97	24.45	4.87	360.0	1.45	24.85	7.13		
PT02	133	PT02	19.60	0.045	306.0	1.14	23.85	6.75	283.2	1.12	23.72	6.47	212.7	1.07	23.23	5.68	192.9	1.08	23.05	5.48	308.0	1.14	23.87	6.75		
PT03	234	PT03	18.52	0.045	302.3	0.89	22.27	3.90	283.7	0.89	22.22	3.74	217.9	0.89	21.71	3.48	199.0	0.89	21.54	3.38	305.1	0.89	22.24	3.98		
PT04	335	PT04	16.84	0.045	299.3	0.83	21.18	4.85	281.0	0.82	21.05	4.71	214.7	0.77	20.59	4.14	196.5	0.77	20.40	4.05	296.0	0.81	21.23	4.73		
PT05	437	PT05	15.35	0.045	287.3	1.17	19.72	6.62	270.2	1.14	19.69	6.34	209.6	1.07	19.22	5.66	190.9	1.03	19.08	5.36	286.6	1.17	19.72	6.64		
PT06	536	PT06	14.23	0.045	264.4	0.86	18.58	4.31	254.5	0.85	18.44	4.34	194.7	0.86	18.08	3.88	179.9	0.85	17.92	3.80	264.4	0.85	18.63	4.23		
PT07	636	PT07	12.35	0.045	256.4	1.09	17.23	5.73	242.7	1.07	17.13	5.53	194.1	1.04	16.56	5.43	180.0	1.01	16.38	5.29	258.7	1.10	17.18	5.67		
PT08	736	PT08	11.17	0.045	265.4	1.00	15.08	5.16	252.3	1.02	15.00	5.06	196.3	1.00	14.59	4.63	181.3	0.99	14.46	4.52	264.1	0.99	15.12	5.06		
PT09	839	PT09	10.45	0.045	271.3	0.98	13.63	4.07	258.9	0.99	13.55	3.95	202.5	0.95	13.08	3.94	184.9	0.97	12.91	3.88	272.7	0.91	13.61	4.07		
PT10	939	PT10	8.60	0.045	282.9	0.73	12.65	3.84	271.2	0.74	12.52	3.84	207.5	0.74	11.99	3.57	187.6	0.75	11.84	3.44	283.3	0.72	12.65	3.84		
PT11	1038	PT11	7.87	0.045	298.1	0.89	11.79	3.85	281.8	0.88	11.68	3.69	209.4	0.86	11.10	3.75	188.3	0.86	10.89	3.68	297.5	0.83	11.76	3.77		
PT12	1139	PT12	5.74	0.035	306.7	0.87	10.71	4.79	291.7	0.87	10.57	4.76	215.6	0.84	10.01	4.28	191.8	0.83	9.84	4.06	305.0	0.86	10.73	4.74		
PT13	1239	PT13	6.05	0.035	315.2	1.11	9.60	5.40	296.4	1.07	9.55	5.20	215.7	0.95	9.19	4.41	191.8	0.94	9.05	4.18	315.6	1.14	9.55	5.51		
PT14	1339	PT14	5.23	0.035	306.0	1.02	8.68	5.19	290.8	1.01	8.59	5.12	215.5	0.83	8.38	4.07	192.0	0.77	8.32	3.73	302.6	0.98	8.71	5.08		
PT15	1440	PT15	4.90	0.035	276.1	1.24	8.04	5.40	260.4	1.24	7.99	5.22	197.5	1.23	7.71	4.58	178.7	1.23	7.62	4.39	275.5	1.24	8.04	5.38		
PT16	1542	PT16	4.08	0.035	252.1	0.51	7.42	2.32	235.2	0.51	7.36	2.22	184.1	0.51	7.06	1.96	167.8	0.51	6.99	1.86	250.3	0.47	7.50	2.25		
PT17	1638	PT17	3.77	0.035	223.7	0.90	6.75	3.73	212.5	0.90	6.71	3.74	174.7	0.90	6.40	3.60	164.0	0.90	6.30	3.45	231.4	0.89	6.71	3.90		
PT18	1739	PT18	2.75	0.035	261.3	0.94	6.73	2.32	247.8	0.94	6.69	2.23	192.7	0.94	6.49	1.87	166.5	0.94	6.49	1.65	249.3	0.83	6.81	2.17		
PT19	1785	PT19	1.28	0.035	166.4	0.36	6.89	2.48	159.0	0.37	6.80	2.41	136.6	0.36	6.43	2.35	131.1	0.36	6.33	2.33	189.9	0.23	7.16	1.68		
1794	T200H_a		1.50	0.035	147.4	0.52	6.98	2.81	143.7	0.52	6.89	2.82	129.8	0.52	6.43	2.83	129.7	0.52	6.29	2.83	95.7	0.33	7.22	1.51		
1794	J_OHam		1.50				6.98				6.89				6.43				6.29				7.22			
1803	J_OHav		1.96				5.01				4.97				4.82				4.77				4.42			
PT200H	1803	T200H_a	1.96	0.035	147.4	0.89	5.01	4.33	143.7	0.88	4.97	4.29	129.8	0.88	4.82	4.13	129.7	0.89	4.77	4.19	95.7	0.81	4.42	3.64		
PT21	1838	PT21	1.78	0.038	147.7	0.71	4.79	3.24	143.5	0.71	4.76	3.21	130.0	0.69	4.64	3.08	127.0	0.69	4.62	3.04	97.3	0.62	4.37	2.64		
PT22	1938	PT22	1.22	0.038	147.2	0.93	3.96	3.86	143.5	0.92	3.93	3.81	129.5	0.88	3.86	3.59	126.2	0.89	3.82	3.59	95.9	0.74	3.70	2.94		
PT23	2038	PT23	0.84	0.038	135.2	1.03	3.02	4.17	131.7	1.01	3.01	4.10	120.9	0.95	2.97	3.86	118.3	0.94	2.96	3.79	96.9	0.86	2.82	3.39		
PT24	2138	PT24	0.46	0.038	95.8	0.46	2.79	1.97	95.0	0.45	2.77	1.95	92.2	0.45	2.66	1.92	91.5	0.46	2.65	1.96	69.6	0.40	2.65	1.60		
PT25	2238	PT25	-0.07	0.038	90.2	0.46	2.56	2.02	88.4	0.45	2.53	2.02	84.7	0.49	2.46	1.98	84.2	0.46	2.43	2.03	77.1	0.44	2.38	1.87		
PT26	2340	PT26	-0.94	0.038	89.7	0.49	2.23	2.26	88.4	0.49	2.21	2.25	83.5	0.48	2.13	2.21	83.4	0.49	2.13	2.27	75.9	0.45	2.09	2.04		
PT27	2444	PT27	-1.41	0.038	90.0	0.48	1.95	2.25	88.3	0.47	1.93	2.23	85.1	0.47	1.87	2.21	85.2	0.48	1.86	2.23	77.1	0.43	1.87	1.99		
PT28	2547	PT28	-0.77	0.038	92.4	0.85	1.16	3.10	90.7	0.84	1.15	3.07	83.8	0.81	1.13	2.91	84.6	0.82	1.12	2.95	80.2	0.79	1.10	2.81		
PT29	2634	PT29	-0.21	0.038	50.4	0.40	1.19	1.30	50.3	0.40	1.18	1.31	47.5	0.37	1.19	1.21	49.3	0.40	1.16	1.29	44.1	0.36	1.15	1.17		
PT30	2742	PT30	-0.33	0.038	40.0	0.33	1.04	1.11	39.4	0.56	1.04	1.17	45.0	0.55	0.78	1.61	39.3	0.56	1.04	1.17	34.4	0.29	1.03	0.97		
mer	2900	L_aval_m	-2.00		92.4	0.00	1.00	0.00	90.7	0.00	1.00	0.00	83.9	0.00	0.00	0.00	84.8	0.00	1.00	0.00	80.2	0.00	1.00	0.00		