

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 ARAI2

Cours d'eau : TAHARUU

Rapport

GRI / N° 95400V

DECEMBRE 2009

## TABLE DES MATIERES

---

<b>1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>1</b>
<b>2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES</b>	<b>2</b>
2.1. Enquête de terrain	2
2.2. Recueil de données	5
2.2.1. Bibliographie	5
2.2.2. Données topographiques	5
<b>3. ANALYSE HYDROLOGIQUE</b>	<b>6</b>
3.1. Généralités	6
3.2. Analyse pluviométrique	6
3.3. Analyse hydrométrique	7
3.4. Détermination des débits de projet	7
3.4.1. Etude BCEOM de 1999	7
3.4.2. Etude LTPP de 2001	8
3.4.3. Approche de P. STOLLSTEINER	8
3.5. Débits de projet retenus	9
<b>4. MODELISATION HYDRAULIQUE</b>	<b>12</b>
4.1. Présentation du modèle STREAM	12
4.2. Construction du modèle	12
4.2.1. Données topologiques	14
4.2.2. Données topographiques	14
4.2.3. Conditions aux limites	15
4.3. Calage du modèle	15
4.4. Evolution du fond du lit mineur	16
<b>5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET EN ETAT ACTUEL</b>	<b>18</b>
5.1. Mécanismes d'écoulement en crue centennale	18
5.2. Mécanismes d'écoulement en crue décennale	19
5.3. Prise en compte du risque d'embacles	19
5.4. Cartographie de l'aléa	21
5.4.1. Classification de l'aléa	21
5.4.2. Particularités de la cartographie de l'aléa centennial	21
<b>6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS</b>	<b>22</b>
6.1. Identification des enjeux et des zones vulnérables	22

6.2. Protection des zones à enjeux	22
6.3. Aménagements proposés	22
6.4. Impact sur une crue centennale	23
6.5. Chiffrage estimatif	25
6.6. Conclusion	27

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Hydrogrammes de la TAHARUU	11
Figure 2 : Plan du modèle à casier global	13
Figure 3 : Evolution du fond du lit mineur	17
Figure 4 : Lignes d'eau en état actuel	20
Figure 5 : Impact des aménagements en crue centennale	24
Figure 6 : Coupe-type de digue avec protection en enrochements côté lit mineur	25
Figure 7 : Coupe-type de déversoir de sécurité	26

## 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 .....	6
Tableau 2 : Comparaison des débits de projet obtenus .....	9
Tableau 3 : Débits de projet de la TAHARUU.....	10
Tableau 4 : Conditions aux limites du modèle .....	15
Tableau 5 : Définition des classes d'aléa.....	21
Tableau 6 : Chiffrage estimatif .....	27

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Localisation des photographies
Annexe 2 Méthodologie BCEOM pour le calcul des débits caractéristiques des crues des rivières sur l'île de Tahiti
Annexe 3 Notice du logiciel STREAM
Annexe 4 Résultats en état actuel

## 1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

---

Le cours d'eau étudié est la TAHARUU. Il est situé sur la commune de PAPARA.

Le linéaire à modéliser est de 2.5 km à partir de l'embouchure.

Le cours d'eau a donné lieu à différentes études dont une incluant un modèle multidirectionnel dit « à casiers ». Le logiciel utilisé dans le cadre de cette modélisation est le logiciel STREAM développé par Egis Eau.

Dans le cadre de cette étude, il s'agit de mettre à jour ce modèle et de le réutiliser afin de cartographier l'aléa hydraulique de la TAHARUU pour différentes crues de projet.

## 2. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES

---

### 2.1. ENQUETE DE TERRAIN

Cette phase importante d'étude a permis :

- d'analyser le processus d'inondation et d'identifier les axes structurant les écoulements (voiries, murs)
- 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 les suivantes :

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

- Recalibrage de l'amont du lit de la TAHARUU. Le lit mineur amont a été totalement remodelé et une protection en enrochements a été mise en place au niveau des berges pour éviter les risques d'érosion.



**Photographie n°1 : Recalibrage de l'amont du lit mineur de la TAHARUU (source EGIS Eau)**

- Sur une bonne partie du linéaire de berges, des enrochements ont été mis en place. Ces enrochements sont pour certains envahis par la végétation. Le manque d'informations sur leur mise en place ne permet pas de déterminer si ceux-ci seraient emportés lors d'une crue importante ou pas.



**Photographie n°2 : Exemple de protection de berges de la TAHARUU (source EGIS Eau)**

- En amont immédiat du pont de la route de ceinture, les protections de berges sont discontinues et le niveau de protection n'est pas homogène.



**Photographie n°3 : Lit mineur en aval de la TAHARUU (source EGIS Eau)**

- Le pont de la route de ceinture a été refait quelques années auparavant. L'ancien pont avait des problèmes d'embâcles au niveau de la pile rive gauche. Les piles de pont ont été remplacées par une pile centrale moins large et le tablier a été relevé. La route de ceinture étant en remblai par rapport au terrain naturel amont, la capacité de ce pont constitue un point important pour l'évacuation des eaux amont.



**Photographie n°4 : Pont de la route de ceinture (source EGIS Eau)**

- Au niveau de l'embouchure, on observe un cordon littoral.



**Photographie n°5 : Cordon littoral à l'embouchure (source EGIS Eau)**



## 2.2. RECUEIL DE DONNEES

Au préalable, un recueil de données approfondi a été effectué en identifiant toutes les sources d'informations existantes.

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

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

### 2.2.1. Bibliographie

Des études ont été réalisées sur la TAHARUU par BCEOM pour le compte du Ministère de l'Equipement de la Polynésie française :

- "Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti", février 1999
- "Cartographie de la crue centennale de la TAHARUU ", octobre 2000
- "Etude d'implantation et de gestion de sites d'exploitation de matériaux sur la TAHARUU", mars 2001
- "Protection de la pile et des culées du pont projeté sur la TAHARUU", juillet 2001
- "Préconisations d'aménagements de la TAHARUU en amont du pont de la RDC", janvier 2002
- "Suivi des aménagements de la TAHARUU en amont du pont de la RDC de 2001 à 2002", novembre 2002

### 2.2.2. Données topographiques

Les informations topographiques recueillies et utilisées dans le cadre de la mise à jour de ce modèle sont les suivantes :

- Restitution photogrammétrique au 1/2000 réalisée en août 1999 (vue aérienne datant du 22 juin 1999)
- Le levé des profils en travers du lit mineur et des ouvrages hydrauliques réalisé en juin 2009 par le cabinet de géomètre Xavier Doerfler

Le modèle STREAM existant a été réalisé à partir d'une photorestitution et de profils en travers levés en 1999.

Les profils en travers lit mineur, les ouvrages hydrauliques ainsi que le pont de la route de ceinture ont été mis à jour à partir de données topographiques réalisés dans le cadre de la présente étude.

### 3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

---

#### 3.1. GENERALITES

Le bassin versant de la TAHARUU 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.

Le bassin versant de la TAHARUU a une superficie de 33.8 km<sup>2</sup>.

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.

#### 3.2. ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

Aucun pluviographe n'est installé sur le bassin versant de la TAHARUU. Le pluviographe le plus proche est situé 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 :

<b>durée période de retour</b>	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.

En raison de ce faible nombre d'années d'observations et des lacunes de certaines d'entre elles, ces résultats sont susceptibles d'être affinés ou réajustés au fil d'acquisition de nouvelles mesures.

### 3.3. ANALYSE HYDROMETRIQUE

Une station hydrométrique est installée à la cote 100 et exploitée par le GEGDP depuis 1984.

Les deux crues les plus importantes survenues ces trente dernières années sont celles du 12 avril 1983 (cyclone Veena) de période de retour évaluée à 50 ans (400 m<sup>3</sup>/s à la cote 100) et du 7 novembre 1994 de période de retour de l'ordre de 20 ans (323 m<sup>3</sup>/s à la cote 100).

La crue du 20 décembre 1998 a eu un débit de pointe de 160 m<sup>3</sup>/s sous le pont de la route territoriale et les importants débordements survenus en rives gauche et droite immédiatement en amont de l'ancien pont de la route de ceinture étaient principalement dus à la réduction de la section de l'ouvrage provoquée par l'accumulation d'embâcles en amont de sa pile rive gauche.

L'hydrogramme de crue de l'épisode Veena à la cote 100 a été reconstitué à partir du limnigramme de crue et de l'étalonnage de la station transmis par le GEGDP.

### 3.4. DETERMINATION DES DEBITS DE PROJET

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

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 est un coefficient régional (K=3 pour la TAHARUU)
- S est la superficie drainée en km<sup>2</sup>
  - 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 (P0=25mm pour la TAHARUU)

Cette formulation s'applique à des bassins versant de plus de 1km<sup>2</sup>. 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 20 km<sup>2</sup> 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 2 km<sup>2</sup>, 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 5 km<sup>2</sup>.
- Pour des superficies drainées supérieures à 5 km<sup>2</sup>, 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 :

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

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

A : superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

C : coefficient de Craeger

Nous ne disposons pas du détail de calcul pour la TAHARUU (coefficients retenus ...).

### 3.4.3. 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 TAHARUU, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de 0.45.

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).

### 3.5. DEBITS DE PROJET RETENUS

Les débits de projet de la TAHARUU obtenus sont les suivants :

Etude	Méthode de calcul	Q10 en m <sup>3</sup> /s	Q100 en m <sup>3</sup> /s
Etude BCEOM de 1999	Formule empirique et gradex	375	575
Etude LTPP de 2001	Modèle global	462	870
Etude LTPP de 2001	Formule de Craeger	320	540
P STOLLSTEINER	Méthode rationnelle et gradex	295	495

**Tableau 2 : Comparaison des débits de projet obtenus**

Le bassin versant de la TAHARUU ayant une superficie de 33.8 km<sup>2</sup>, 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 donc écartés.

Dans le cadre de l'étude LTPP de 2001, les résultats obtenus par la formule de Craeger sont privilégiés. De plus, ils se rapprochent des résultats obtenus par P. STOLLSTEINER.

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

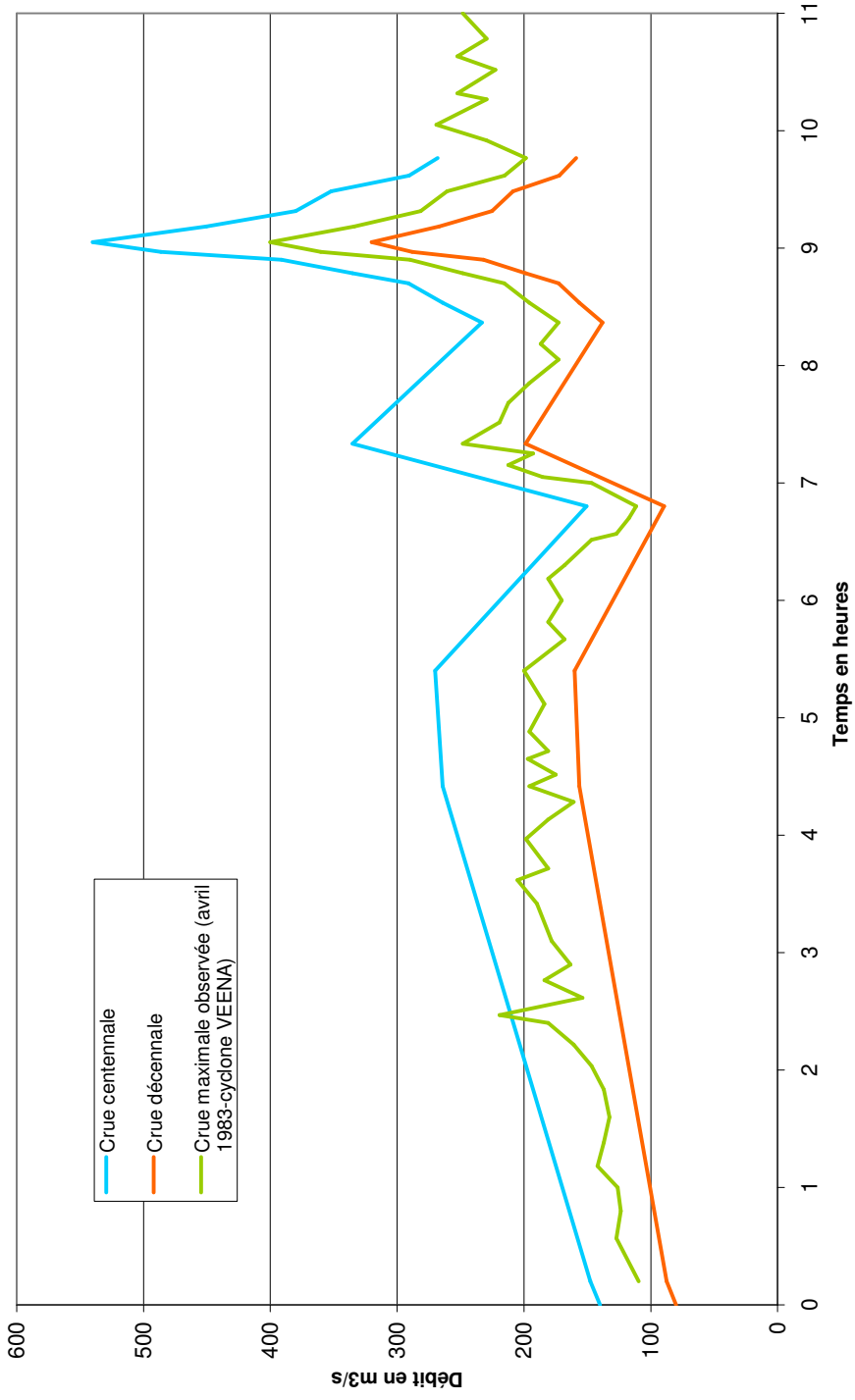
<b>Crue</b>	<b>Crue maximale observée (12 avril 1983 - cyclone Veena)</b>	<b>Crue décennale</b>	<b>Crue centennale</b>
Débit en m <sup>3</sup> /s	400	320	540
Volume de crue en m <sup>3</sup>		8 541 000	5 060 000

**Tableau 3 : Débits de projet de la TAHARUU**

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

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

Figure 1 : Hydrogrammes de la TAHARUU



## 4. MODELISATION HYDRAULIQUE

---

Le modèle hydraulique construit dans le cadre de l'étude BCEOM de 1999 a été repris et réactualisé à partir des données recueillies

### 4.1. PRESENTATION DU MODELE STREAM

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.

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 structurant 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.

Ce modèle est donc particulièrement bien adapté à la modélisation des phénomènes hydrauliques complexes dans des zones de frange littorale.

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

### 4.2. CONSTRUCTION DU MODELE

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.

Le modèle est plus large que la zone d'étude pour compenser les imprécisions des conditions aux limites.

**Le plan de la topologie du modèle (découpage en casiers) est donné sur la Figure 2.**

Compte tenu de la précision souhaitée, la longueur moyenne des casiers du lit mineur varie entre 75 m et 150 m.

L'ensemble des endiguements et des remblais identifiés lors de la reconnaissance de terrain est pris en compte. La totalité du modèle comprend 250 casiers répartis en 40 étages.

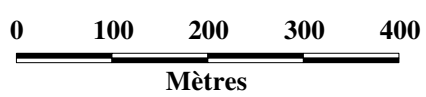
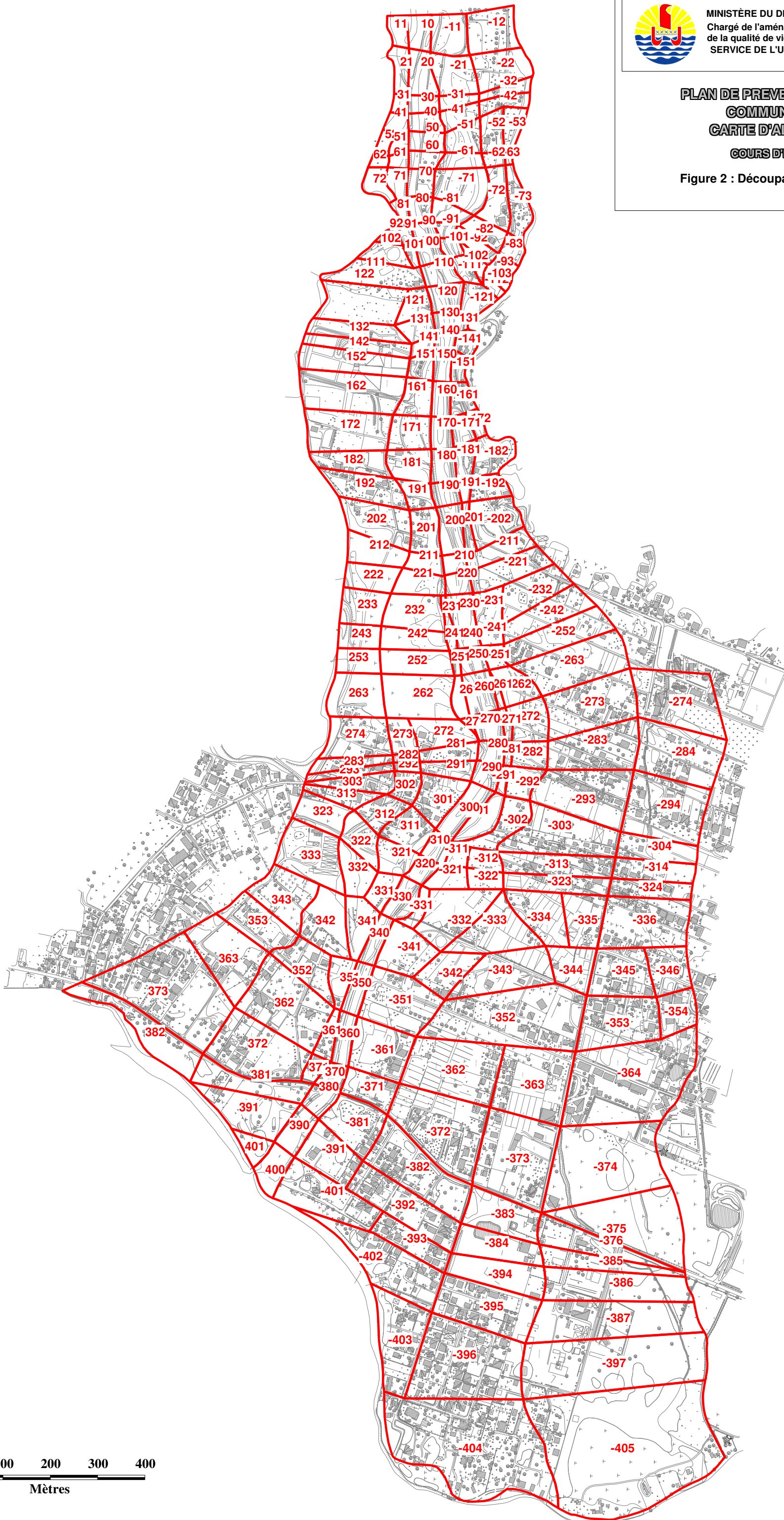




**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE PAPARA  
CARTE D'ALEA INONDATION**

**COURS D'EAU : TAHARUU**

**Figure 2 : Découpage du modèle à casiers**



Les données nécessaires au modèle sont :

- ♦ **les données topologiques** qui définissent la structure du modèle (repérage et disposition 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).

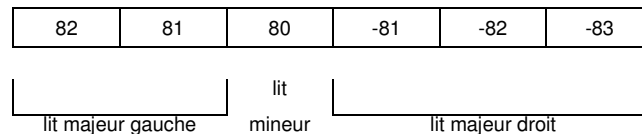
#### 4.2.1. Données topologiques

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).

La numérotation s'effectue à partir du lit mineur de la TAHARUU qui est numéroté en dizaine ; la rive droite est composée des unités négatives, et la rive gauche des unités positives :

par exemple :



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

#### 4.2.2. 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 levés en juin 2009 pour les besoins de l'étude.
  - Dans le lit majeur, les profils ont été relevés à partir du plan au 1/2000 établi par restitution photogrammétrique en 1999.
  - A chaque profil sont associés 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 par interpolation entre les profils amont et aval du casier.
- **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 (affiné lors du calage).

#### 4.2.3. 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 amont (forme et valeurs des débits de projet) a été exposé au paragraphe 3.

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

	Q pointe	Niveau aval du lagon
<b>Crue maximale observée</b>	400 m <sup>3</sup> /s	0.3 m NGT
<b>Crue décennale</b>	320 m <sup>3</sup> /s	0 m NGT
<b>Crue centennale</b>	540 m <sup>3</sup> /s	1 m NGT

**Tableau 4 : Conditions aux limites du modèle**

Remarque : 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.

#### 4.3. CALAGE DU MODELE

Le modèle avait été calé lors de l'étude précédente grâce à des informations recueillies auprès des riverains, des services de l'état et des observations de terrain.

Les informations recueillies faisaient état de débordements en rives gauche et droite immédiatement en amont de l'ancien pont de la route de ceinture lors de l'épisode de crue de décembre 1998.

Ils étaient essentiellement dus à la réduction de la section de l'ouvrage provoquée par des embâcles en amont de sa pile rive gauche.

Depuis la réfection du pont, aucune crue importante n'a été observée. Nous ne disposons donc pas de données de calage plus récentes.

Les enquêtes de terrain ne nous ont pas permis de recueillir des informations sur la crue d'avril 1983 qui constitue la plus importante crue observée. De plus, la bathymétrie du lit mineur a beaucoup changée depuis 1983 du fait du transport solide : un calage sur cette crue ne serait pas possible.

Le calage du modèle a donc 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 varient :

- Entre 17 et 20 en lit mineur
- Entre 9 et 12 au niveau des berges
- Entre 5 et 8 en lit majeur

#### **4.4. EVOLUTION DU FOND DU LIT MINEUR**

Les profils en travers levés pour les besoins de l'étude en 2009 ont été comparés à ceux levés en 1999 lors de la construction du modèle hydraulique.

Les profils en long du fond de la rivière sont donnés en Figure 3.

On observe un approfondissement généralisé du fond du lit avec quelques zones de dépôt de sédiments ponctuellement.

Entre 1999 et 2009, le lit mineur de la TAHARUU a beaucoup évolué particulièrement en amont où celui-ci a été totalement recalibré.

Les différences de fond en amont viennent probablement de ce recalibrage.

La partie aval de la TAHARUU est curée régulièrement par l'Equipement.

Cet approfondissement aval peut être dû à un curage récent du fond du lit.

Figure 3 : Evolution du fond du lit mineur



## 5. SIMULATION DES CRUES DE PROJET EN ETAT ACTUEL

---

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

- La crue la plus importante observée
- La crue décennale
- La crue centennale

Les résultats de la modélisation se présentent sous la forme de cotes d'eau maximales au centre des casiers et de débits aux interfaces entre casiers. Ils sont donnés en **annexe 3**.

Les lignes d'eau sont données en Figure 4.

### 5.1. MECANISMES D'ÉCOULEMENT EN CRUE CENTENNALE

En amont de la TAHARUU, le lit est de capacité suffisante pour évacuer une crue centennale. Seuls quelques débordements très ponctuels sont observés mais ils restent confinés et ne transitent pas en aval.

Les premiers débordements significatifs se produisent en rive gauche 400m en amont du pont de la route de ceinture. Quelques habitations sont touchées en général avec moins de 1 m d'eau.

En rive droite, les premiers débordements significatifs interviennent en amont immédiat du pont de la route de ceinture. Le gabarit du lit mineur ne permet de faire transiter une crue centennale sans débordements sur ce secteur.

La route de ceinture, en remblai, faisant obstacle aux écoulements débordés en amont, les hauteurs d'eau peuvent atteindre plus de 1 m au niveau des habitations en bordure de lit mineur.

Le pont de la TAHARUU est de capacité suffisante pour faire transiter une crue centennale mais les débordements amont ne pouvant tous revenir au lit mineur, ils s'évalent de part et d'autre, bloqués par la route de ceinture en remblai.

Celle-ci est submergée par endroit au niveau des points bas.

En aval du pont, le parking rive droite en bordure de lit mineur est largement inondé sous des hauteurs pouvant dépasser 1m et avec des vitesses dépassant 0.5m/s près du lit mineur.

Quelques habitations en rive gauche à proximité du lit mineur sont touchées avec des hauteurs d'eau supérieures à 1 m et des vitesses dépassant 0.5 m/s.

Les débordements lit mineur en aval restent confinés à proximité du lit.

Le lit majeur éloigné est inondé sous des hauteurs d'eau faibles du fait des surverses par-dessus la route de ceinture. Les vitesses d'écoulement restent inférieures à 0.5m/s excepté au droit de la route qui provoque une mise en vitesse ponctuelle, très vite atténuée en aval par l'étalement du champ d'inondation.

## 5.2. MECANISMES D'ÉCOULEMENT EN CRUE DÉCENNALE

L'amont de la TAHARU laisse transiter une crue décennale sans débordement.

Les premières insuffisances interviennent en rive gauche environ 300 m en amont du pont de la route de ceinture.

Les hauteurs d'eau restent inférieures à 1 m exceptées aux abords du pont de la route de ceinture.

Les habitations touchées sont inondées sous moins de 1 m d'eau.

La route n'est pas submergée. Les débordements restent confinés en amont en s'étalant de part et d'autre du lit mineur.

En aval du pont de la route de ceinture, le lit mineur étant de capacité inférieure à 10 ans, des débordements sont observés.

Le parking rive droite est inondé ainsi que les quelques habitations en rive gauche. Les hauteurs d'eau ne dépassent pas 1 m.

## 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 des ouvrages hydrauliques.

La simulation d'embâcles au niveau du pont de la route de ceinture induit une rehausse de 50 cm du niveau d'eau en lit mineur au droit du pont. L'impact de cette obstruction remonte jusqu'à 450 m en amont en lit mineur.

En lit majeur rive droite, les niveaux d'eau augmentent jusqu'à 50 cm. En rive gauche, les hauteurs d'eau augmentent en moyenne de 30 cm.

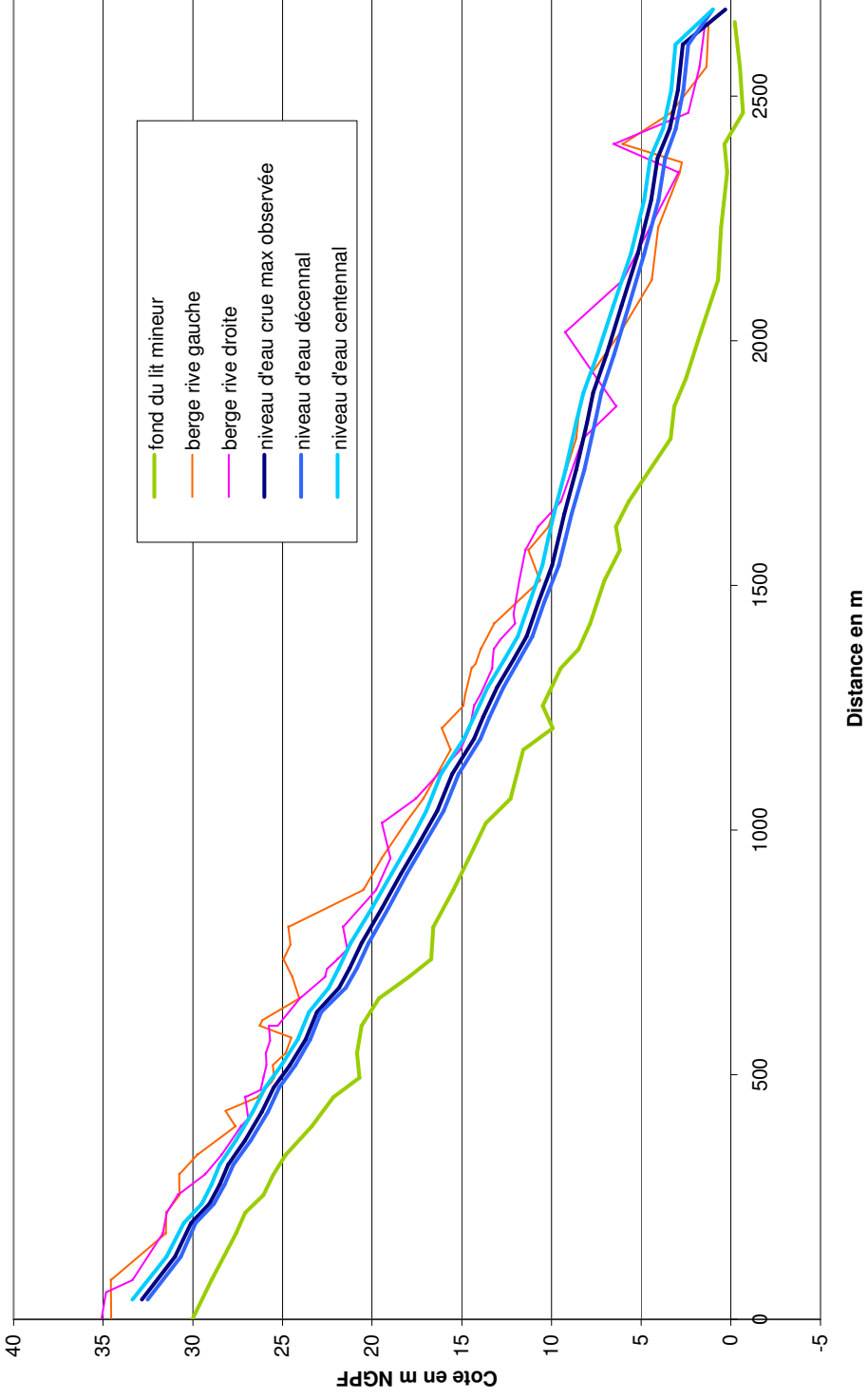
En aval de la route de ceinture, la diminution du niveau d'eau varie de 16 cm en aval immédiat du pont à 9 cm au niveau de l'embouchure.

En lit majeur, les niveaux d'eau augmentent en aval immédiat de la route de ceinture du fait de l'augmentation des débits surversés sur la route.

A proximité de l'embouchure, la diminution du niveau d'eau en lit mineur entraîne une diminution de quelques centimètres des hauteurs d'eau dans les casiers lit majeur à proximité.

L'enveloppe de la zone inondable avec prise en compte des embâcles est cartographiée avec l'aléa centennial.

Figure 4 : Lignes d'eau en état actuel





## 5.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

### 5.4.1. 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 centennale

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.

### 5.4.2. 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 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 enrochements verticaux ont été mis en place en amont du lit mineur de la TAHARUU. 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 sécuritaire vis à vis de ce risque particulier.

## 6. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

---

### 6.1. IDENTIFICATION DES ENJEUX ET DES ZONES VULNERABLES

Les enjeux principaux sont les zones habitées selon un ordre de priorité :

- Urbanisation dense
- Urbanisation diffuse
- Habitation isolée

Ces enjeux sont particulièrement vulnérables s'ils sont classés en aléa fort ou très fort.

Dans le cas de la TAHARUU, deux secteurs particulièrement vulnérables ont été identifiés :

- Quelques habitations situées en rive gauche en amont immédiat du pont de la route de ceinture classées en aléa fort. Les hauteurs d'eau dépassent 1m au droit de ces constructions implantées en bord de lit mineur.
- Quelques habitations en rive gauche en aval de la route classées en aléa très fort (hauteur supérieure à 1m et vitesse supérieure à 0.5m/s)

### 6.2. PROTECTION DES ZONES A ENJEUX

L'objectif est de protéger ces zones vulnérables en réduisant leur classe d'aléa tout en aggravant le moins possible la situation ailleurs.

Un recalibrage du lit mineur sur la zone ne peut être envisagé. En aval de la route de ceinture, les terrains sont topographiquement bas. Seul un endiguement permettrait d'augmenter la capacité du lit et de réduire les inondations.

Une protection par la mise en place d'une digue est donc envisagée.

### 6.3. AMENAGEMENTS PROPOSES

Les aménagements sont les suivants :

- **MISE EN PLACE D'UNE DIGUE PERMETTANT DE CONTENIR UNE CRUE CENTENNALE EN AMONT DU PONT DE LA ROUTE DE CEINTURE**

On observe en état actuel un débordement en amont au droit des casiers 340 et 350. Ces débordements inondent sous des hauteurs d'eau importantes une zone de culture décaissée par rapport aux habitations implantées en arrière.

Une fois cette zone inondée, le débit transite en aval et reste bloqué par le remblai de la route de ceinture induisant des hauteurs d'eau de plus de 1m au droit de deux habitations.

Une digue de protection calée à la cote centennale avec une revanche de 50cm permettrait de protéger ces habitations. Elle doit être équipée d'un déversoir de sécurité qui ne doit pas être implanté en face d'habitations.

Aucun chenal de délestage n'a été prévu pour l'instant pour l'évacuation des débordements jusqu'à la mer. En cas de crue supérieure à la crue centennale, la zone protégée risque d'être inondée par l'amont avec des débordements qui contourneront la digue. Il sera alors difficile de canaliser les eaux. Cet aspect nécessitera une étude plus poussée et devra être approfondi dans le cadre de la mise en place éventuelle de la digue.

Une zone de dissipation en pied de déversoir a été prévue et chiffrée.

▪ **ENDIGUEMENT DE LA RIVE GAUCHE DE LA TAHARUU EN AVAL DU PONT DE LA ROUTE DE CEINTURE POUR UNE PROTECTION CENTENNALE**

Deux habitations sont inondées sous des hauteurs d'eau de plus de 1 m du fait des débordements de la TAHARUU au droit du casier 390.

Une digue calée à la cote centennale avec une revanche de 50 cm peut protéger ces habitations. Un déversoir de sécurité calé à la cote centennale sera mis en place en amont des habitations (au droit du casier 380) de façon à éviter une rupture de digue en aval. Une zone de dissipation a été prévue en pied de digue.

La nécessité ou non d'implanter un chenal d'évacuation devra également être étudiée dans le détail en cas de mise en place de cette protection.

#### **6.4. IMPACT SUR UNE CRUE CENTENNALE**

L'impact de ces aménagements sur une crue centennale et leur implantation sont donnés en Figure 5.

La digue de protection est calée à la cote centennale avec une revanche de 50 cm.

L'impact sur une crue centennale est de :

- + 11cm maximum en rive droite en amont de la route de ceinture au niveau du casier 362 et de 9cm en bordure de lit mineur
- + 5cm en amont immédiat de la route de ceinture
- + 8cm en aval du remblai routier

La rehausse du niveau d'eau en amont de la route de ceinture est essentiellement due à la mise en place de la protection centennale amont et en aval à la digue de protection le long du lit mineur en aval de la route.

Sans la digue de protection aval, la rehausse passe de + 8cm à + 4cm en moyenne au niveau des casiers 381,391 et 401.

Il a été vérifié que les habitations en zone inondable centennale en état actuel ne sont pas inondées sous plus de 1m d'eau en état aménagé.

Seule une habitation, située le long de la route en limite d'aléa fort en état actuel, risque d'avoir des hauteurs d'eau de plus de 1m mais la précision de la topographie ne nous permet pas de l'affirmer compte tenu d'une augmentation du niveau d'eau de 5cm maximum.

Les vitesses d'écoulement sont peu modifiées. L'augmentation maximale de vitesse de + 0.1m/s est localisée au niveau de la route de ceinture. Le passage de cet obstacle provoque une mise en vitesse des écoulements, ce qui était déjà le cas en état actuel.

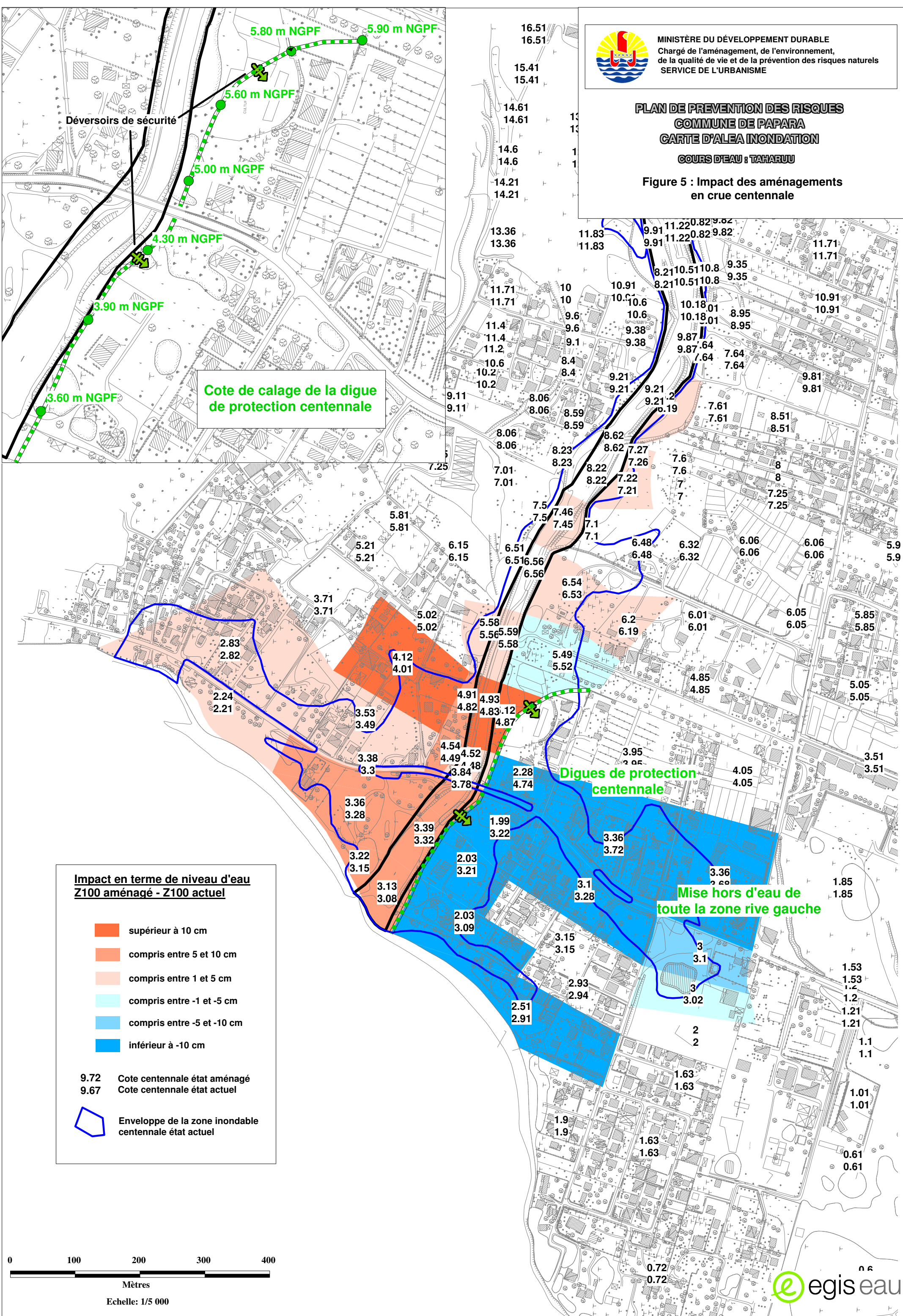
Les habitations en rive droite classées en aléa faible ou moyen ne passent pas en aléa fort du fait des aménagements mis en place.



**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE PAPARA  
CARTE D'ALEA INONDATION**

**COURS D'EAU : TAHARUU**

**Figure 5 : Impact des aménagements  
en crue centennale**



**Cote de calage de la digue  
de protection centennale**

**Digues de protection  
centennale**

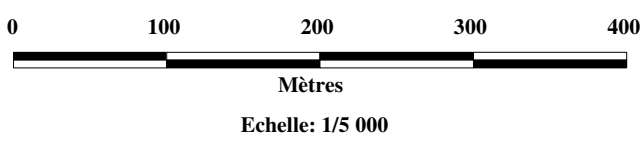
**Mise hors d'eau de  
toute la zone rive gauche**

**Impact en terme de niveau d'eau  
Z100 aménagé - Z100 actuel**

- supérieur à 10 cm
- compris entre 5 et 10 cm
- compris entre 1 et 5 cm
- compris entre -1 et -5 cm
- compris entre -5 et -10 cm
- inférieur à -10 cm

9.72 Cote centennale état aménagé  
9.67 Cote centennale état actuel

Enveloppe de la zone inondable  
centennale état actuel

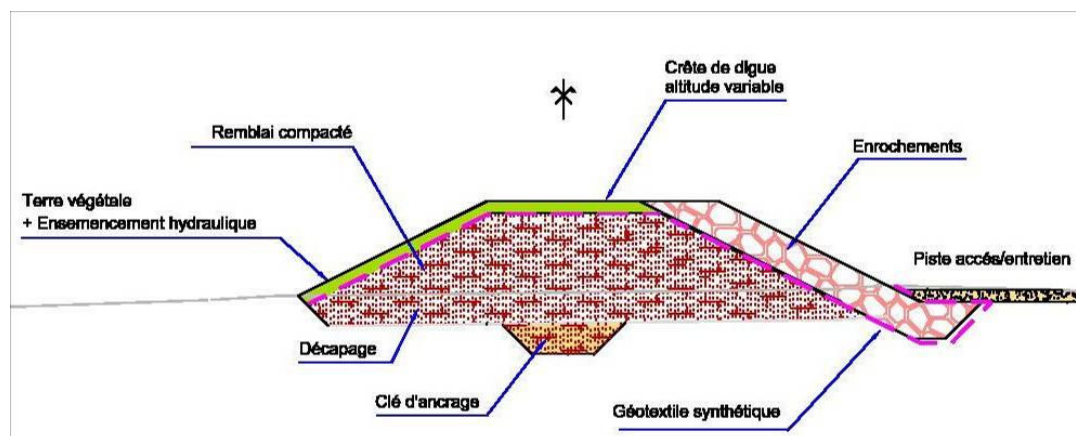


## 6.5. CHIFFRAGE ESTIMATIF

Les aménagements proposés précédemment sont définis au stade faisabilité.

Une digue en terre dont la coupe-type est donnée ci-dessous est prévue en amont de la route de ceinture et sur une partie du linéaire de berges en aval.

Figure 6 : Coupe-type de digue avec protection en enrochements côté lit mineur

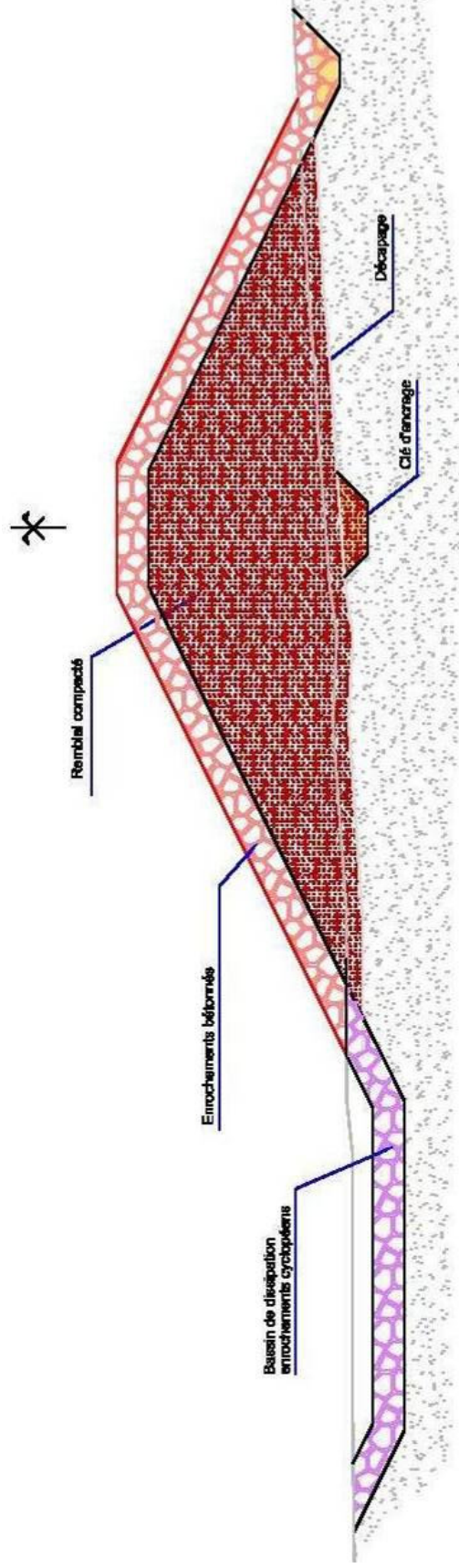


Au droit des habitations aval, un rideau de palplanches est préconisé par manque de place.

Des déversoirs de sécurité accompagnés de fosses de dissipation ont également été pris en compte dans le chiffrage.

Une coupe-type de déversoir de sécurité est donnée ci-dessous.

Figure 7 : Coupe-type de déversoir de sécurité



Une topographie plus précise de la zone serait nécessaire afin de préciser davantage le calage des cotes topographiques retenues.

Les dimensions retenues pour le chiffrage sont également soumis aux résultats d'une expertise géotechnique.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût financier des ces travaux :

Désignation	Unité	Quantitatif	Prix unitaire HT en FCFP	Prix HT en FCFP
Remblais	m <sup>3</sup>	6400	1 000	6 400 000
Enrochements libres (protection de digue côté lit mineur)	m <sup>3</sup>	3700	10 000	37 000 000
Enrochements liés (déversoirs+ fosses de dissipation)	m <sup>3</sup>	1550	20 000	31 000 000
Géotextile	m <sup>2</sup>	4400	1 000	4 400 000
Engazonnement	m <sup>2</sup>	2400	800	1 920 000
Rideau de palplanches	ml	100	410 000	41 000 000
Sous total				<b>121 720 000</b>
Divers et aléa 20%				<b>24 344 000</b>
<b>TOTAL arrondi</b>				<b>146 000 000</b>

**Tableau 6 : Chiffrage estimatif**

Ces prix ne tiennent pas compte d'éventuelles acquisitions foncières.

## 6.6. CONCLUSION

Le montant des investissements est élevé, alors que :

- **le nombre d'habitations protégées est faible** : en Q100, deux maisons sont en aléa fort et deux maisons sont en aléa très fort ; en Q10, aucune n'est en aléa fort ;
- **à l'aval en rive droite, la zone sur laquelle il y a impact est non négligeable** : du fait des aménagements envisagés, une trentaine de maisons subissent des impacts modérés, et une petite dizaine de maisons subissent plus de 10cm de hauteur d'aggravation ;
- le problème des déversoirs de sécurité est complexe car des maisons se trouvent à proximité à l'arrière.

La mise en œuvre de **la solution envisagée ne semble donc pas justifiée**.

ANNEXES



Annexe 1  
Localisation des photographies



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Chargé de l'aménagement, de l'environnement,  
de la qualité de vie et de la prévention des risques naturels  
SERVICE DE L'URBANISME

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE PAPARA  
CARTE D'ALEA INONDATION**

**COURS D'EAU : TAHARUU**

**ANNEXE 1 : Localisation des photographies**



0 100 200 300 400  
Mètres

Annexe 2  
Méthodologie BCEOM pour le calcul des débits caractéristiques des  
crues des rivières sur l'île de Tahiti

Suite à une approche croisée faisant intervenir:

- les résultats des ajustements statistiques des observations hydrométriques effectués par J.DANLOUX à partir des données de la cellule hydrologie du GEGDP.
- l'application des méthodes empiriques développées sur l'île de TAHITI jusqu'à présent, à l'ensemble des bassins versants étudiés dans le cadre de l'étude des priorités d'aménagement des cours d'eau de Tahiti
- les résultats et premiers enseignements des modélisations pluie-débit réalisées par G.WOTLING de l'ORSTOM
- la synthèse des témoignages collectés sur l'ensemble des bassins versants étudiés dans le cadre de l'étude précitée

Il apparaît qu'une **approche hydrologique sur l'île de TAHITI ne peut se faire sans tenir compte de la dispersion spatiale des pluies et des conditions hydrogéologiques et hydrauliques d'écoulements.**

La dispersion spatiale des pluies est relativement bien connue depuis les travaux de Geoffroy WOTLING, en revanche les conditions d'écoulements souterrains demeurent très peu connues.

Par ailleurs les natures de lit des cours d'eau et les laminages de crues liées aux conditions d'écoulements hydrauliques sont très hétérogènes d'un bassin versant à l'autre.

On devine cependant des fonctionnements hydrologiques généraux par secteur géographique même si à l'intérieur de chaque secteur on peut retrouver des cas de fonctionnement très différent du général.

Ce qui nous amène à **régionaliser le calcul des débits.**

#### ***CALCUL DU DEBIT DE POINTE DECENNAL :***

Nous proposons, dans un cadre général, une **formulation des débits de pointe décennaux** en considérant les paramètres suivants:

- **la superficie** du bassin versant
- **la pluviométrie** sur ce bassin versant sur une durée caractéristique
- **une correction géographique** fonction de conditions d'écoulements "présumentées"

La durée caractéristique retenue a été le quart d'heure même pour les bassins versants les plus importants dont le temps de concentration est supérieur à cette durée.

En effet cette durée caractéristique est un paramètre général médian pour rester dans le cadre d'une formulation générale. Elle ne doit pas être rattachée au cas du bassin versant étudié.

**Les coefficients de la formule ont été calés sur les données et informations recueillies sur près d'une quarantaine de bassins versants**

On obtient alors:

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

avec: K coefficient dépendant du secteur d'implantation du bassin versant.

S superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

P<sub>0</sub> moyenne sur le bassin versant de la hauteur de précipitations de période de retour 1 an en dixième de mm sur 15 minutes.

La valeur minimale de P<sub>0</sub> retenue est de 160 dixièmes de mm pour éviter une sous-estimation flagrante des débits pour les petits bassins versants côtiers.

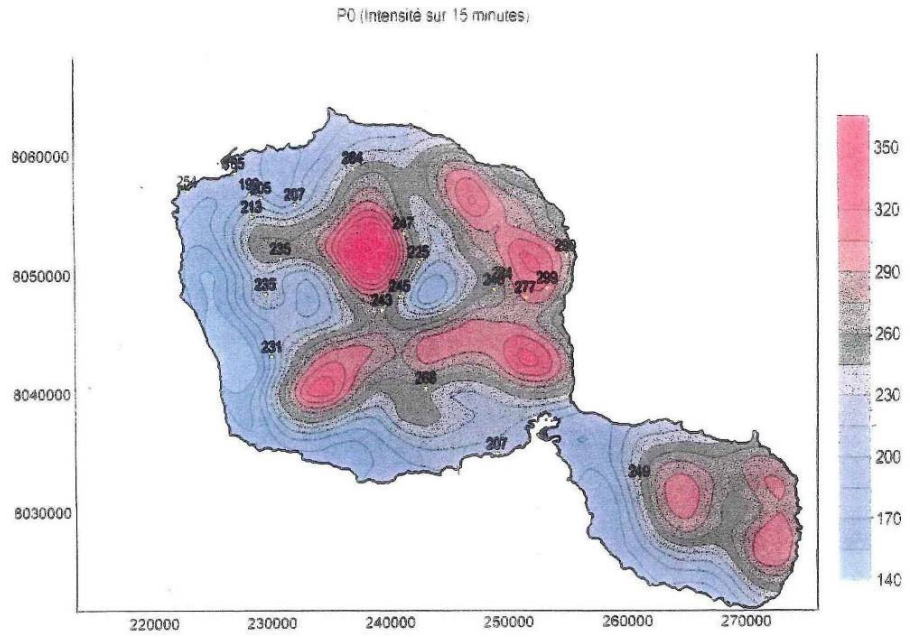
P<sub>0</sub> est directement lue sur les isohyètes issues des travaux de G.WOTLING.

#### ***DOMAINE DE VALIDITE DE LA FORMULE PROPOSEE***

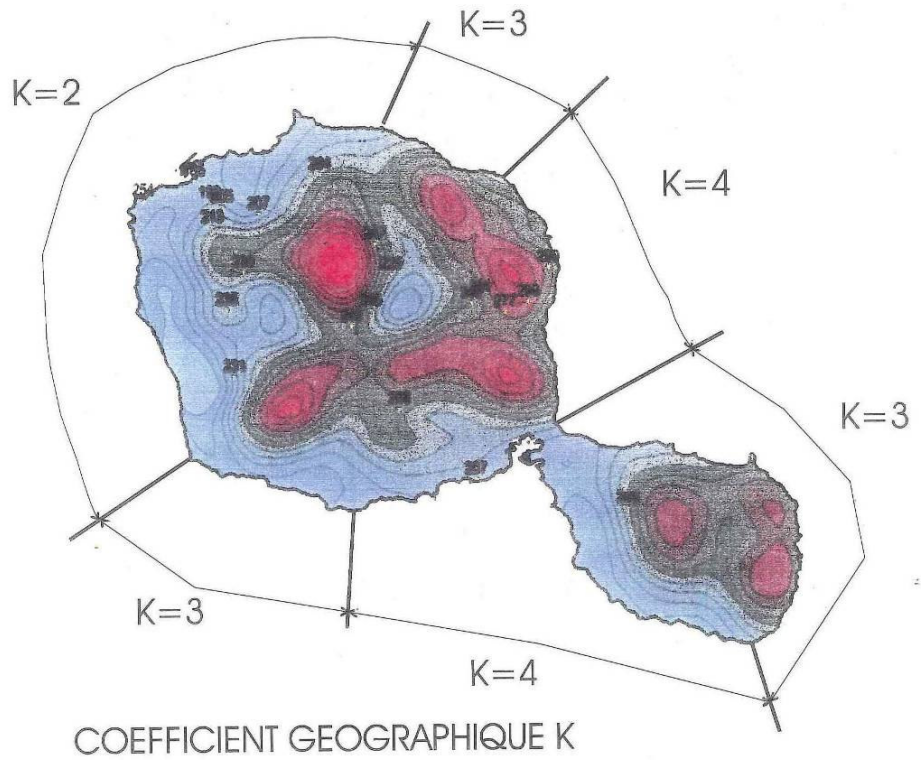
**Il est impératif de rappeler le cadre et les limites d'application de la formule énoncée ci-dessus:**

- elle s'applique à l'ensemble des bassins versants de TAHITI de plus de 1 km<sup>2</sup> dans le cadre d'une recherche d'un ordre de grandeur du débit de pointe décennal et dans le cas où des mesures de débits n'existent pas.
- son application dans le cas d'un bassin versant sur lequel il est connu ou pressenti des phénomènes hypodermiques particuliers est fortement déconseillée
- son application dans le cas d'un bassin versant sur lequel il est connu ou pressenti des phénomènes d'écoulements superficiels particuliers, tels que des débits solide ou des écrêtements non négligeables, est à relativiser avec précautions

**Par ailleurs la formule proposée pourra être réajustée par étapes successives au fil de l'acquisition de nouvelles données ou informations sur les débits.**



Evaluation de la variabilité spatiale des paramètres de Gumbel pour les intensités sur 15 mn.



## **EVALUATION DES DEBITS DE POINTE DE PERIODE DE RETOUR SUPERIEURE A 10 ANS**

Pour des périodes de retour supérieures à 10 ans nous proposons l'application de la **méthode du Gradex**, en effet cette méthode semble adaptée aux événements hydrologiques de TAHITI car au delà d'une certaine quantité de pluie le déficit d'écoulement ne semble plus augmenter pour de nombreux cas.

En faisant l'hypothèse par ailleurs qu'une précipitation d'une certaine durée alimente l'écoulement pendant la même durée il en résulte qu'à partir d'une certaine valeur de la précipitation (point pivot) **la relation pluie-volume de ruissellement devient linéaire** et la loi de probabilité des volumes de ruissellement devient parallèle à la loi de probabilité des pluies.

Une fois le volume de ruissellement déterminé, le débit de pointe instantané doit être estimé par l'application d'un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané.

Nous ne disposons malheureusement d'aucune donnée sur ce coefficient sur l'île de TAHITI.

En métropole, l'analyse statistique des principaux résultats de plus de 250 études de crues extrêmes sur des bassins versant de quelques km<sup>2</sup> à quelques milliers de km<sup>2</sup>, donne ce coefficient égal en moyenne à 1.6.

Nous proposons alors de **calculer les débits de pointe de période de retour 50 et 100 ans par l'application de la méthode du Gradex avec un point pivot à la période de retour 10 ans, un Gradex des pluies sur 15 minutes pour les bassins versants de superficie inférieures à 20 km<sup>2</sup> et sur 30 minutes pour les autres, et un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5.**

Dans l'état actuel des connaissances, **on gardera la valeur 2 comme coefficient plafond du rapport Q100/Q10.**

Annexe 3  
Notice du logiciel STREAM



# 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 comportement 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 maximas 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 :

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

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 :

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

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
  - $\mathbf{V}$  vecteur vitesse, de composantes  $V_x$  et  $V_y$
  - $\mathbf{J}$  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 4  
Résultats en état actuel

Casiers	Z_max en m NGPF	Z_10ans en m NGPF	Z_100ans en m NGPF	Z_100ans avec embâcles en m NGPF
-12	32.91	32.91	32.91	32.91
-11	31.5	31.5	31.5	31.5
10	32.846	32.507	33.37	33.37
11	32.05	32.05	32.05	32.05
-22	31.81	31.81	31.81	31.81
-21	30.82	30.82	30.82	30.82
20	30.992	30.676	31.469	31.469
21	30.75	30.75	30.75	30.75
-32	31.4	31.4	31.4	31.4
-31	29.6	29.6	29.6	29.6
30	30.105	29.853	30.5	30.5
31	31.5	31.5	31.5	31.5
-42	30.45	30.45	30.45	30.45
-41	28.81	28.81	28.81	28.81
40	29.086	28.828	29.503	29.503
41	30.33	30.33	30.33	30.33
-53	29.72	29.72	29.72	29.72
-52	27.95	27.95	27.95	27.95
-51	27.95	27.95	27.95	27.95
50	28.514	28.234	28.963	28.963
51	28.45	28.45	28.45	28.45
52	28.61	28.61	28.61	28.61
-63	29.45	29.45	29.45	29.45
-62	27.05	27.05	27.05	27.05
-61	27.01	27.01	27.01	27.01
60	28.03	27.734	28.503	28.503
61	28.05	28.05	28.05	28.05
62	28.2	28.2	28.2	28.2
-73	27.55	27.55	27.55	27.55
-72	26.05	26.05	26.05	26.05
-71	26.051	26.051	26.051	26.051
70	27.102	26.786	27.605	27.605
71	26	26	26	26
72	27.01	27.01	27.01	27.01
-83	27	27	27	27
-82	26.05	26.05	26.05	26.05
-81	25.51	25.51	25.51	25.51
80	26.14	25.808	26.657	26.657
81	25.33	25.33	25.33	25.33
-93	25.85	25.85	25.85	25.85
-92	26.05	26.05	26.05	26.05
-91	25.321	25.321	25.401	25.401
90	25.478	25.169	25.968	25.968
91	25.33	25.33	25.33	25.33

92	26.15	26.15	26.15	26.15
-103	24.95	24.95	24.95	24.95
-102	25.15	25.15	25.15	25.15
-101	24.12	24.12	24.17	24.17
100	24.587	24.284	25.065	25.065
101	25.33	25.33	25.33	25.33
102	25.05	25.05	25.05	25.05
-112	24.55	24.55	24.55	24.55
-111	24.12	24.12	24.169	24.169
110	23.719	23.455	24.145	24.145
111	25.05	25.05	25.05	25.05
-121	24.12	24.12	24.143	24.143
120	23.091	22.847	23.514	23.514
121	22.95	22.95	22.95	22.95
122	23.02	23.02	23.02	23.02
-131	24.12	24.12	24.143	24.143
130	21.842	21.477	22.416	22.416
131	21.7	21.7	21.7	21.7
132	22.2	22.2	22.2	22.2
-141	24.12	24.12	24.143	24.143
140	21.25	20.848	21.856	21.856
141	21	21	21	21
142	21.7	21.7	21.7	21.7
-151	24.31	24.31	24.31	24.31
150	20.591	20.193	21.197	21.197
151	19.31	19.31	19.31	19.31
152	21.2	21.2	21.2	21.2
-161	20.54	20.54	20.54	20.54
160	19.449	19.089	20.012	20.012
161	19.01	19.01	19.01	19.01
162	19.51	19.51	19.51	19.51
-172	21.5	21.5	21.5	21.5
-171	19.21	19.21	19.21	19.21
170	18.402	18.073	18.928	18.928
171	18	18	18	18
172	18.51	18.51	18.51	18.51
-182	20.05	20.05	20.05	20.05
-181	16.453	16.453	16.453	16.453
180	17.321	16.989	17.864	17.864
181	17.85	17.85	17.85	17.85
182	18	18	18	18
-192	18.15	18.15	18.15	18.15
-191	15.363	15.363	15.363	15.363
190	16.373	16.018	16.973	16.973
191	17.62	17.62	17.62	17.62
192	18	18	18	18
-202	16.65	16.65	16.65	16.65
-201	15.174	15.174	15.174	15.174

200	15.53	15.188	16.16	16.16
201	15.14	15.14	16.155	16.155
202	17.11	17.11	17.11	17.11
-211	15.174	15.174	15.174	15.174
210	14.327	13.966	14.904	14.904
211	14.6	14.6	14.925	14.925
212	16.51	16.51	16.51	16.51
-221	14.96	14.96	14.96	14.96
220	13.801	13.458	14.33	14.33
221	13.01	13.01	13.8	13.8
222	15.41	15.41	15.41	15.41
-232	15.31	15.31	15.31	15.31
-231	14.49	14.49	14.49	14.49
230	13.025	12.683	13.551	13.551
231	12.91	12.91	12.91	12.91
232	13	13	13.347	13.347
233	14.61	14.61	14.61	14.61
-242	14.61	14.61	14.61	14.61
-241	14	14	14	14
240	12.101	11.769	12.612	12.612
241	11.2	11.2	11.369	11.369
242	12.7	12.7	12.89	12.89
243	14.6	14.6	14.6	14.6
-252	13.61	13.61	13.61	13.61
-251	13.25	13.25	13.25	13.25
250	11.379	11.054	11.879	11.879
251	10.51	10.51	10.51	10.51
252	12	12	12.1	12.1
253	14.21	14.21	14.21	14.21
-263	12.51	12.51	12.51	12.51
-262	9.82	9.82	9.82	9.82
-261	9.51	9.51	10.815	10.815
260	10.725	10.398	11.223	11.223
261	9.51	9.51	9.909	9.909
262	11.7	11.7	11.834	11.834
263	13.36	13.36	13.36	13.36
-274	11.71	11.71	11.71	11.71
-273	11.71	11.71	11.71	11.71
-272	9.35	9.35	9.35	9.35
-271	8.52	8.52	10.8	10.8
270	9.954	9.592	10.511	10.512
271	8.21	8.21	8.21	8.21
272	10.91	10.91	10.91	10.91
273	10	10	10	10
274	11.71	11.71	11.71	11.71
-284	10.71	10.71	10.71	10.71
-283	10.91	10.91	10.91	10.91
-282	8.95	8.95	8.95	8.95

-281	8.01	8.01	8.01	8.01
280	9.608	9.229	10.182	10.183
281	10.6	10.6	10.6	10.6
282	9.6	9.6	9.6	9.6
283	11.4	11.4	11.4	11.4
-294	7.81	7.81	7.81	7.81
-293	9.81	9.81	9.81	9.81
-292	7.64	7.64	7.64	7.64
-291	7.64	7.64	7.64	7.64
290	9.281	8.881	9.871	9.872
291	9.38	9.38	9.38	9.38
292	9.1	9.1	9.1	9.1
293	11.2	11.2	11.2	11.2
-304	7.801	7.801	7.801	7.801
-303	8.51	8.51	8.51	8.51
-302	7.61	7.61	7.61	7.61
-301	5.5	5.5	6.194	6.227
300	8.614	8.165	9.213	9.215
301	8.25	8.25	9.208	9.21
302	8.4	8.4	8.4	8.4
303	10.6	10.6	10.6	10.6
-314	8	8	8	8
-313	8	8	8	8
-312	7.6	7.6	7.6	7.6
-311	6.76	6.76	7.262	7.326
310	8.022	7.58	8.62	8.625
311	7.986	7.405	8.594	8.598
312	8.06	8.06	8.06	8.06
313	10.2	10.2	10.2	10.2
-324	8	8	8	8
-323	7.25	7.25	7.25	7.25
-322	7	7	7	7
-321	6.22	6.22	7.213	7.288
320	7.669	7.216	8.215	8.22
321	7.688	7.24	8.225	8.23
322	8.06	8.06	8.06	8.06
323	9.11	9.11	9.11	9.11
-336	5.95	5.95	5.95	5.95
-335	6.06	6.06	6.06	6.06
-334	6.06	6.06	6.06	6.06
-333	6.21	6.21	6.315	6.341
-332	5.933	5.81	6.479	6.511
-331	6.356	5.15	7.097	7.1
330	6.944	6.513	7.454	7.465
331	6.489	5.94	7.499	7.501
332	7.01	7.01	7.01	7.01
333	7.25	7.25	7.25	7.25
-346	5.95	5.95	5.95	5.95



-345	5.85	5.85	5.85	5.85
-344	6.051	6.051	6.051	6.051
-343	6.01	6.01	6.01	6.01
-342	6.01	6.01	6.194	6.223
-341	6.074	5.554	6.533	6.557
340	6.103	5.704	6.56	6.589
341	5.877	5.85	6.505	6.53
342	6.15	6.15	6.15	6.15
343	5.81	5.81	5.81	5.81
-354	5.25	5.25	5.25	5.25
-353	5.05	5.05	5.05	5.05
-352	4.85	4.85	4.85	4.85
-351	5.036	4.566	5.517	5.658
350	5.194	4.828	5.582	5.72
351	5.077	4.25	5.563	5.718
352	5.02	5.02	5.02	5.02
353	5.21	5.21	5.21	5.21
-364	3.51	3.51	3.51	3.51
-363	4.05	4.05	4.05	4.05
-362	3.95	3.95	3.951	4.247
-361	4.485	4.05	4.866	5.175
360	4.437	4.032	4.834	5.169
361	4.433	4.018	4.821	5.154
362	3.533	3.533	4.015	4.667
363	3.71	3.71	3.71	3.71
-376	1.2	1.2	1.2	1.665
-375	1.53	1.53	1.53	1.53
-374	1.85	1.85	1.85	1.85
-373	3.372	3.36	3.683	3.802
-372	3.375	3.36	3.716	3.93
-371	4.376	3.951	4.735	5.058
370	4.077	3.669	4.48	4.985
371	4.103	3.763	4.492	4.942
372	3.334	3.127	3.492	3.651
373	2.49	2.12	2.821	2.865
-387	1.01	1.01	1.01	1.211
-386	1.1	1.1	1.1	1.589
-385	1.21	1.21	1.21	1.669
-384	3	3	3.018	3.385
-383	3	3	3.096	3.572
-382	3.1	3.1	3.275	3.926
-381	2.418	2.018	3.218	3.311
380	3.413	3.065	3.781	3.616
381	2.858	2.519	3.299	3.318
382	2	2	2.21	2.288
-397	0.61	0.61	0.61	0.627
-396	1.63	1.63	1.63	1.656
-395	1.63	1.63	1.63	2.327

-394	2	2	2	2.995
-393	2.93	2.93	2.942	3.009
-392	3.15	3.15	3.15	3.465
-391	2.732	2.4	3.212	3.162
390	2.941	2.628	3.319	3.222
391	2.855	2.517	3.279	3.219
-405	0.6	0.6	0.6	0.6
-404	0.72	0.72	0.72	0.72
-403	1.9	1.9	1.9	1.9
-402	2.584	2.51	2.912	2.842
-401	2.682	2.363	3.09	3.006
400	2.679	2.362	3.08	2.992
401	2.74	2.408	3.155	3.079



-5352	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-5363	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-5251	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-5262	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-5150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-5161	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5051	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5060	396.8	2.9	317.3	2.7	535.8	3.2	535.8	3.2
5152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5161	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5262	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-6362	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-6373	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-6261	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-6272	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-6160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-6171	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6061	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6070	396.5	3.8	317.2	3.6	535.5	4.2	535.5	4.2
6162	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6171	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6272	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-7372	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-7383	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-7271	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-7282	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-7170	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-7181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7071	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7080	396.2	3.7	316.9	3.5	535.0	4.1	535.0	4.1
7172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7281	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-8382	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



110111	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110120	395.2	2.6	316.1	2.3	533.0	2.9	533.0	2.9
111121	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111122	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-121120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-121131	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120121	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120130	395.1	3.9	316.0	3.7	532.7	4.1	532.7	4.1
121122	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121131	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
122132	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-131130	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-131141	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
130131	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
130140	394.8	3.7	315.8	3.5	532.4	4.1	532.4	4.1
131132	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
131141	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
132142	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-141140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-141151	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140141	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140150	394.6	3.7	315.7	3.5	532.2	4.1	532.2	4.1
141142	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
141151	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
142152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-151150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-151161	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150151	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150160	394.4	4.4	315.5	4.0	531.9	4.9	531.9	4.9
151152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
151161	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
152162	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-161160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-161172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

-161171	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160161	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160170	394.2	4.1	315.3	3.7	531.6	4.6	531.6	4.6
161162	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
161171	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
162172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-172171	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-172182	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-171170	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-171181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
170171	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
170180	394.0	4.0	315.2	3.7	531.4	4.5	531.4	4.5
171172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
171181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
172182	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-182181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-182192	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-181180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-181191	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180190	393.8	4.0	315.0	3.7	531.0	4.3	531.0	4.3
181182	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
181191	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
182192	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-192191	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-192202	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-191190	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-191201	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
190191	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
190200	393.6	3.5	314.8	3.3	530.7	3.9	530.7	3.9
191192	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
191201	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
192202	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-202201	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

-202211	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-201200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-201211	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200201	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.2	2.0	0.2
200210	393.3	3.7	314.6	3.4	528.6	4.0	528.6	4.0
201202	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
201211	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	1.7	0.0
202212	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-211210	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-211221	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
210211	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.0
210220	393.1	3.1	314.5	2.9	528.4	3.5	528.4	3.5
211212	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
211221	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
212222	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-221220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-221232	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-221231	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220221	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220230	392.9	3.3	314.3	3.1	528.2	3.7	528.2	3.7
221222	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
221231	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
221232	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2	0.8	0.2
222233	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-232231	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-232242	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-231230	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-231241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
230231	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
230240	392.7	3.6	314.1	3.4	527.8	4.1	527.8	4.1
231232	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
231241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
232233	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
232242	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0



233243	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-242241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-242252	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-241240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-241251	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240250	392.5	3.6	314.0	3.3	527.6	4.0	527.6	4.0
241242	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0
241251	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
242243	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
242252	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
243253	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-252251	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-252263	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-251250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-251262	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
250251	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
250260	392.3	2.9	313.8	2.7	527.2	3.3	527.2	3.3
251252	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
251261	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
252253	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
252262	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
253263	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-263262	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-263273	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-262261	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-262272	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-261260	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.0	-0.5	-3.0	-0.5
-261271	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.7	2.4	0.7
260261	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260270	391.6	3.1	313.4	2.9	524.5	3.3	524.5	3.3
261262	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.0
261271	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
262263	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

262272	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
262273	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
263274	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-274273	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-274284	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-273272	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-273283	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-272271	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-272282	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-271270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0
-271281	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
270271	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
270280	390.9	2.6	312.9	2.4	523.5	2.9	523.5	2.9
271272	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
272273	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
272281	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
273274	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
273282	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
274283	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-284283	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-284294	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-283282	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-283293	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-282281	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-282292	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-281280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-281291	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280281	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280290	390.4	2.7	312.5	2.5	522.7	3.0	522.7	3.0
281282	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
281291	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
282283	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
282292	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
283293	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



-312311	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-312322	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-311310	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.1	0.0	-2.2	0.0
-311321	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	1.0	0.2
310311	8.6	0.3	3.6	0.0	20.7	0.3	20.9	0.3
310320	378.9	2.7	306.8	2.6	493.3	3.0	492.9	3.0
311312	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
311321	8.0	0.4	1.9	0.2	21.8	0.5	21.9	0.5
312313	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
312322	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
313323	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-324323	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-324336	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-323322	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-323335	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-323334	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-322321	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-322332	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-321320	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.0
-321332	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-321331	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320321	-7.4	0.2	2.9	0.2	-16.9	-0.2	-17.2	-0.2
320330	385.1	3.3	307.8	3.1	504.6	3.7	504.3	3.7
321322	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
321331	1.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	9.4	0.0
322323	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
322332	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
323333	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-336335	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-336346	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-336345	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-335334	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-335344	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-334333	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

-334344	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-333332	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	0.0	-1.5	0.0
-333343	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-333342	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-332331	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-332341	-0.5	0.0	0.0	0.0	-4.4	-0.2	-4.7	-0.2
-331330	-6.0	-0.4	0.0	0.0	-17.7	0.0	-18.1	0.0
-331341	1.4	0.0	0.0	0.0	14.5	0.5	14.7	0.5
330331	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
330340	383.1	3.5	307.3	3.2	489.5	3.9	489.0	3.8
331332	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
331341	0.1	0.0	0.0	0.0	7.9	0.5	8.0	0.5
332333	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
332341	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
333342	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
333343	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-346345	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-346354	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-345344	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-345353	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-344343	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-344352	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-343342	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-343352	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-342341	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.5	-0.1	-2.6	-0.2
-342351	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.0
-341340	-22.8	-0.4	-19.8	-0.3	-38.2	-0.4	-41.4	-0.3
-341351	16.3	0.5	9.6	0.4	41.2	0.6	45.3	0.6
340341	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340350	365.1	3.3	289.4	3.0	455.4	3.6	450.3	3.5
341342	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
341351	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	3.4	0.0
342343	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
342351	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



-376385	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.7	-0.1
-376383	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
-375374	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-374373	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-373372	-0.1	0.0	0.0	0.0	-2.0	-0.1	-5.2	-0.1
-373383	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	5.2	1.0
-372371	-0.5	0.0	0.0	0.0	-8.1	0.0	-21.5	0.0
-372382	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	18.7	0.0
-371370	26.8	0.7	13.5	0.5	39.7	0.7	33.5	0.5
-371381	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	13.7	0.0
370371	-2.7	-0.3	-1.4	-0.3	-3.4	-0.3	11.5	0.3
370380	352.5	2.6	270.4	2.3	440.7	2.8	374.2	0.0
371372	7.8	0.0	2.2	0.0	16.1	0.5	38.8	0.7
371381	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
372373	3.3	0.0	0.9	0.0	5.3	0.0	9.1	0.0
372381	1.2	0.5	0.0	0.0	17.0	1.1	45.4	1.5
373382	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.7	9.0	0.9
-387386	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.6	0.0
-387397	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
-387395	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0
-386385	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	-0.1
-386394	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.6	0.0
-385384	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.7	0.0
-384383	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	-10.6	-0.2
-384394	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0
-384392	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-383382	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-5.8	-0.2
-382381	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-382392	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0
-381380	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	0.0	-0.1	0.0
-381391	-4.9	-0.1	-0.3	0.0	-4.6	-0.1	12.9	0.2
380381	2.6	0.4	0.9	0.3	5.7	0.5	3.3	0.4
380390	349.6	2.6	269.3	2.3	434.0	2.8	370.3	2.5
381382	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0

381391	3.8	-0.1	1.0	-0.1	22.2	0.2	47.9	0.3
3820	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	9.6	0.0
-397396	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-397405	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-396395	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	-0.1
-396404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-396403	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-395394	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.6	-0.2
-395402	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-394393	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-393392	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0
-393402	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
-393401	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0
-392391	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-392401	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0
-391390	-13.8	-0.3	-4.4	0.0	-26.1	-0.3	-17.4	-0.3
-391401	10.2	0.1	3.6	0.1	27.0	0.2	28.1	0.2
390391	30.3	0.4	15.9	0.3	40.9	0.4	20.2	0.3
390400	305.1	2.0	248.5	1.9	367.1	2.1	341.1	2.0
3910	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
391401	31.1	0.4	15.5	0.3	57.7	0.5	56.6	0.5
-405404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-4050	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-404403	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-4040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-403402	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-4030	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-402401	-0.1	0.0	0.0	0.0	-1.9	-0.1	-1.2	-0.1
-4020	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.9	0.0
-401400	19.7	0.3	19.7	0.3	28.4	0.3	29.0	0.3
400401	-31.2	-0.4	-15.5	-0.3	-57.7	-0.5	-56.5	-0.5
4000	341.8	0.0	265.8	0.0	447.0	0.0	423.2	0.0
4010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0






PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE PAPARA  
CARTE D'ALEA INONDATION

COURS D'EAU : TAHARUU

MODELISATION : Crue décennale

INDICE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	DESIGNATION

REDIGE PAR :					
					
ECHELLE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	N° DU PLAN	INDICE
1/3000	12/10/09		C.D	TAHARUU Q10	-

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE EGIS EAU IL NE PEUT ETRE REPRODUIT NI COMMUNIQUE SANS AUTORISATION



Ouvrages Hydrauliques		Niveau d'Aléa	
⌈	Pont	■	Très fort
□	Pont cadre	■	Fort
⌋	Pont à pile	■	Moyen
⌈	Passerelle	■	Faible
○	Buse	<b>Limites</b>	
	Seuil	—	Lit mineur


PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE PAPARA  
CARTE D'ALEA INONDATION

COURS D'EAU : TAHARUU

MODELISATION : Crue centennale

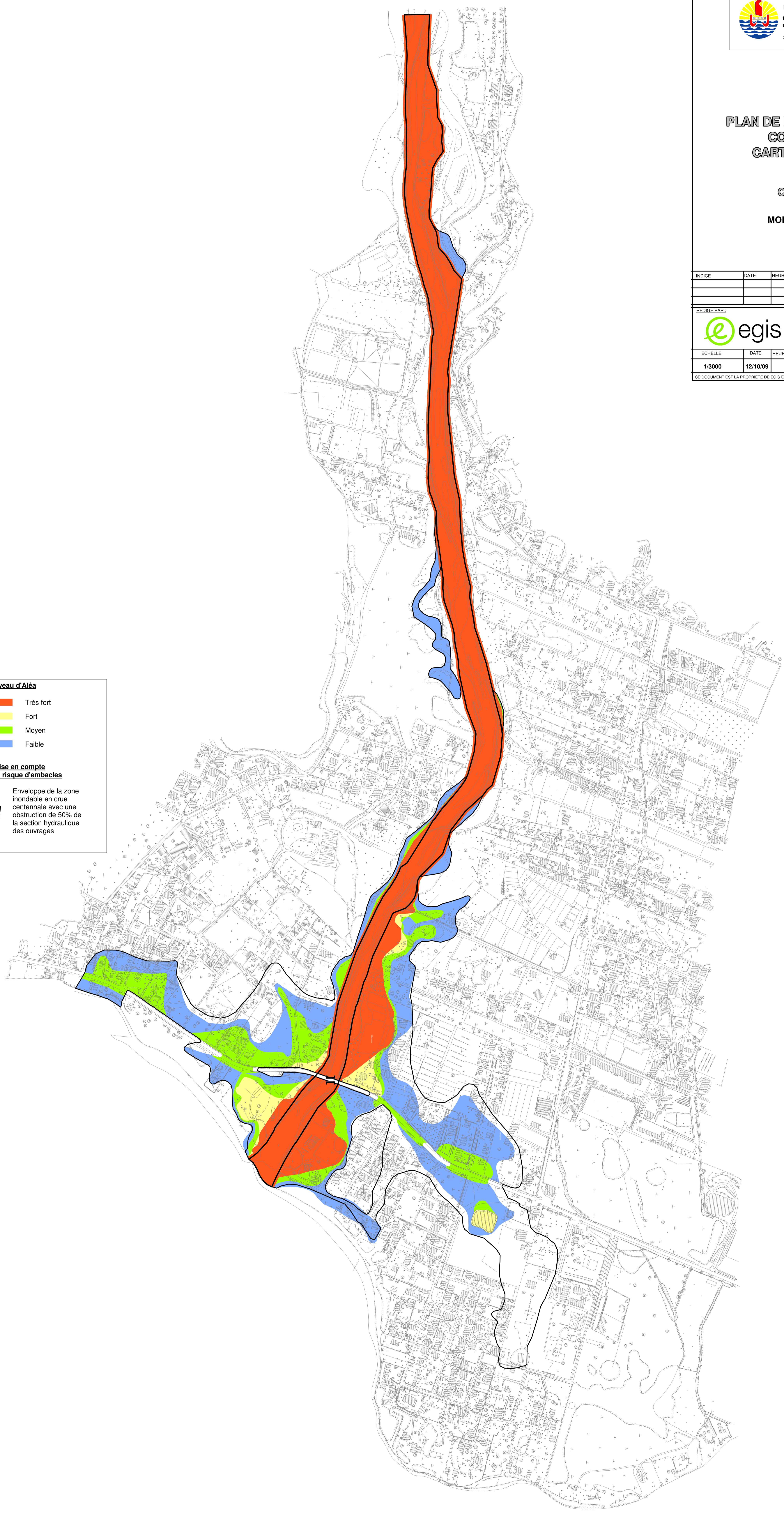
INDICE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	DESIGNATION

REDIGE PAR :



ECHELLE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	N° DU PLAN	INDICE
1/3000	12/10/09		C.D	TAHARUU Q100	-

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE EGIS EAU IL NE PEUT ETRE REPRODUIT NI COMMUNIQUE SANS AUTORISATION



**Ouvrages Hydrauliques**

- ▬ Pont
- ▭ Pont cadre
- ≡ Pont à pile
- Passerelle
- Buse
- ≡ Seuil

**Niveau d'Aléa**

- Très fort
- Fort
- Moyen
- Faible

**Prise en compte du risque d'embacles**

Enveloppe de la zone inondable en crue centennale avec une obstruction de 50% de la section hydraulique des ouvrages

**Limites**


- Lit mineur

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES  
COMMUNE DE PAPARA  
CARTE D'ALEA INONDATION

COURS D'EAU : TAHARUU



MODELISATION : Crue maximale observée

INDICE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	DESIGNATION

REDIGÉ PAR :					
					
ECHELLE	DATE	HEURE	DESSINE PAR	N° DU PLAN	INDICE
1/3000	12/10/09		C.D	TAHARUU Qmax	—

CE DOCUMENT EST LA PROPRIÉTÉ DE EGIS EAU IL NE PEUT ÊTRE REPRODUIT NI COMMUNIQUÉ SANS AUTORISATION



Ouvrages Hydrauliques		Zones inondables	
II	Pont		Enveloppe de la zone inondable de la crue maximale observée
□	Pont cadre		
H	Pont à pile		
I	Passerelle		
O	Buse		
	Seuil		
		Limites	
			Lit mineur