

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

COURS D'EAU : TUAURU

Commune : MAHINA
Ile : TAHITI

Mars 2005

Rédigé par :



TABLE DES MATIERES

1. ZONE MODELISEE	2
1.1. Localisation et type de modélisation	2
1.2. Topographie :	2
1.2.1. Lit Mineur :	2
1.2.2. Lit Majeur :	2
2. CONSTRUCTION DU MODELE	4
2.1. Construction du lit	4
2.1.1. Ouvrages hydrauliques :	4
2.1.2. Lit Majeur	4
2.2. Calage des coefficients de Manning-Strickler	7
2.3. Conditions limites	7
2.3.1. Plus fort événement vécu	7
2.3.2. Débit de projet	8
3. CALAGE DU MODELE	9
3.1. Enquête de terrain	9
3.1.1. Articles de journaux « La Dépêche »	9
3.1.2. Riverains et services techniques	9
3.2. Données de calage retenues	11
3.3. Remarques	11
4. SIMULATION DES CRUES DE PROJET	13
4.1. Période de retour des débordements	13
4.2. Commentaires	13
4.3. Cartographie des résultats	14

1. ZONE MODELISEE

1.1. LOCALISATION ET TYPE DE MODELISATION

Le cours d'eau TUAURU se situe sur l'île de Tahiti dans la commune de MAHINA.

Le linéaire de modélisation s'étend sur 2.7 km à partir de l'embouchure.

La modélisation demandée par le Client est une modélisation 2D ou 1D à casiers. Le logiciel retenu par la SPEED pour cette modélisation est le logiciel MIKE 11 qui effectue des modélisations de type 1D à casier, développé par - DHI Software.

1.2. TOPOGRAPHIE :

Les levés topographiques de la TUAURU ont été remis au Client dès la fin de la prestation topographique.

1.2.1. Lit Mineur :

➤ Composition :

La modélisation s'est basée sur les données suivantes, d'aval en amont :

- Profils en travers dans le lit mineur effectués tous les 80 m sur un linéaire de 2.7 km effectués par le cabinet DOERFLER en octobre 2005, dans le cadre des PPRI.

➤ Analyse des levés :

Les levés effectués par le cabinet DOERFLER sont conformes au cahier des charges et ne comportent pas d'erreurs décelables.

La seule modification concerne le dernier profil P 42. En période calme, un cordon dunaire se forme à ce profil, qui a donc été levé par le géomètre. Ce cordon dunaire crée un rétrécissement de la section naturelle.

Or en période de crue, tous les témoignages concordent à dire que ce cordon dunaire disparaît très rapidement, emporté par la rivière. Ce profil a donc été modifié de façon à être dans le prolongement du profil en amont, sans restriction de section.

1.2.2. Lit Majeur :

➤ Composition :

L'ensemble de ces données a été complété dans le lit majeur par la restitution photogrammétrique au 1/2000^{ème} fournie par les services de l'Urbanisme et actualisée en mai 2005. Cette restitution permet d'établir un modèle numérique de terrain, d'où seront ensuite extraits les profils en travers servant à la construction du lit majeur.

A titre d'information, un 1/2000^{ème} est bâti avec une densité de points cotés de 1 point tous les 60 m environ. Cette densité peut être plus élevée sur certains secteurs dégagés ou au contraire plus faible dans d'autres zones.

➤ Analyse du Modèle Numérique de Terrain :

Le MNT généré à partir du 1/2000^{ème} semble peu fiable sur certains secteurs, en raison de la faible densité des points cotés et des incohérences relevées entre les enquêtes de terrain et les premiers résultats de la modélisation.

Un complément topographique a donc été réalisé par un géomètre dans le lit majeur dans ces secteurs. Les points complémentaires ont été levés dans le prolongement des profils du lit mineur, au

droit de singularités (point bas ou point haut) repérées au préalable par une enquête de terrain. Les profils concernés sont les suivants :

- Au profil 1939 : le géomètre a levé des points complémentaires entre la rive droite et la route de la vallée
- Entre les profils 2650 et 2993 : le géomètre a levé des points complémentaires entre la rive droite et le petit affluent
- Aux profils 2860 et 2922 : le géomètre a levé des points complémentaires entre la rive gauche et le mur d'enceinte extérieur de l'entreprise Pugibet.

Par ailleurs, les riverains du profil 2730 ayant indiqué les PHE atteintes lors des crues de décembre 98 (cf. annexe 5), ce point a également été levé par le géomètre.

2. CONSTRUCTION DU MODELE

2.1. CONSTRUCTION DU LIT

2.1.1. Ouvrages hydrauliques :

2.1.1.1. Recensement

Hormis l'ouvrage de franchissement de la RDC, aucun seuil ou autre ouvrage n'a été recensé sur le linéaire modélisé.

2.1.1.2. Modélisation :

Dans un premier temps, le lit mineur de la Tuauru a été modélisé directement à partir de la saisie des profils en travers, sans tenir compte des différents ouvrages.

Ces profils sont numérotés de P 1 en amont à P 42 à l'embouchure de la Tuauru.

Un seul ouvrage de franchissement a été repéré sur la Tuauru : il s'agit du pont de la RDC.

Les dimensions du pont sont les suivantes :

- en largeur, trois travées de 11.1 m, 29.8 m et 11 .1 m avec deux piles de 1.4 m de large
- la hauteur variant entre 2.9 m et 3.2 m.

L'influence du pont sur la ligne d'eau du cours d'eau a été jugée sur deux critères

- 1) Critère 1 : largeur de l'ouvrage inférieure à celles des sections immédiatement en aval et en amont
- 2) Critère 2 : cote inférieure du tablier par rapport à la ligne d'eau atteinte en Q 100

La section amont fait 24 m de largeur en tête, la section avale en fait 33 m ; la largeur du pont hors piles étant de 49.2 m, celui-ci ne constitue pas une constriction du cours d'eau.

Pour le critère 2 : la cote de tablier de l'ouvrage de la RDC (+ 9 m) est supérieure aux lignes d'eau atteintes en Q 100 / H = 1 m (+ 7.2 m).

L'ouvrage de la RDC est donc transparent hydrauliquement à l'écoulement du cours d'eau.

2.1.2. Lit Majeur

Les lits majeurs sont construits à l'issue d'une première analyse du profil en long du lit mineur. Les points bas des berges se trouvant sous la ligne d'eau sont répertoriés et vont constituer les points de débordement dans le lit majeur.

Ces échanges entre le lit majeur et le lit mineur sont représentés par des « drainage area » (inondation du lit majeur sans déversement) ou par des « spilling area » (inondation du lit majeur par déversement sur la berge) suivant le type d'échanges.

➤ Spilling area

Dans le cas des « link channel », le lit majeur sera décrit comme un lit classique grâce à des profils en travers et sera appelé « Casier ». Trois casiers ont ainsi été créés :

Casier 1 (entreprise Pugibet) Lit Majeur RG	P 2860	Rive gauche
Casier 2 – Lit Majeur RD 1	P 2650 à P 3126	Rive droite
Casier 3 – Lit majeur RD 11	P 2730 à P 2922	Rive droite

Les déversements entre lits se font par des lois de seuil. Le synoptique de ces déversements est présenté en page suivante

➤ **Drainage area**

Dans le cas des « drainage area », trois zones du lit majeur, susceptibles d'être sollicitées, ont été identifiées et modélisées comme des extensions du lit mineur :

Zone 1 - Lit Majeur RG	P 1378 à P 1634	Rive droite
Zone2 – Lit Majeur RG et RD	P 2242 à P 2574	Rive droite

Synoptique des modèles

Rédigé par :



2.2. CALAGE DES COEFFICIENTS DE MANNING-STRICKLER

Le coefficient de Manning-Strickler définit la rugosité du lit face à l'écoulement de l'eau.

Il est essentiellement fonction du type de lit de la rivière. Dans un premier temps, une analyse rapide du lit et des types de berges a montré que le coefficient pouvait être pris égal à 25.

Néanmoins, un calage du coefficient plus fin est nécessaire. Pour cela, une méthodologie a été mise en place :

- 1) mesure des hauteurs d'eau par le géomètre à chaque profil, lors de ses levés du lit mineur
- 2) mesure de couples (hauteur d'eau, vitesse) au pont de la RDC et au profil 1138, qui bénéficient de sections régulières.
- 3) Calcul du coefficient de rugosité K correspondant pour ces deux profils
- 4) Etablissement du débit moyen correspondant aux hauteurs mesurées par le géomètre à ces deux profils avec le coefficient K établi en 3).
- 5) Calage des coefficients K sur l'ensemble des profils en fonction des hauteurs levées par le géomètre et du débit établi en 4).

Le tableau ci-dessous récapitule les sections pour lesquelles les coefficients de rugosité ont été modifiés.

PK	K	PK	K
238	20	2053	40
321	25	2083	27
484	25	2175	28
1144	25	2242	30
1467	25	2324	20
1549	25	2407	35
1635	18	2495	35
1710	18	2574	20
1791	27	2650	25
1864	30	2730	35
2013	25	2794	35

Concernant les lits majeurs (« drainage area » et « spilling area »), le coefficient de rugosité retenu est de 12 (zone urbaine).

2.3. CONDITIONS LIMITES

2.3.1. Plus fort événement vécu

La Tuauru dispose d'une station de jaugeage située au droit du pont de la RDC. Cette station, exploitée par le GEGDP, a fait l'objet d'un calage pour des hauteurs variant entre 0 et 2.49 m.

L'hydrogramme de la crue des 19 et 20 décembre 1998 n'a pu être récupéré en totalité.

Il débute le 18/12/98 et se termine le 20/12/98 à 01h23 du matin, alors qu'un pic de crue venaient juste d'être enregistrés (pic à 239 m³/s à 00h20). Le GEGDP a indiqué qu'une laisse de crue avait été observée sur l'échelle limnimétrique indiquant la hauteur de 3.65 m, ce qui correspond à un débit de pointe de 480 m³/s en extrapolant la courbe de tarage soit un débit centennal.

La note méthodologique réalisée au démarrage de l'étude proposait donc d'associer l'événement de décembre 1998 à une crue de 480 m³/s.

Néanmoins, suite aux premières enquêtes de terrain effectuées sur cette rivière, un certain nombre de faits contredisent cette valeur de 480m³/s (soit un débit spécifique de 18.1 m³/s/km²) :

- sur des rivières ayant subi des pluviométries identiques et étant restées dans leur domaine de calage, les débits spécifiques observés varient de 8m³/s/km² (Nahoata) à 13.8 m³/s/km² (Papenoo). La Fautaua, qui demeure le cours d'eau le plus proche de la Tuauru en terme de superficie et d'exposition, a atteint une cote (+ 51.52) dépassant très légèrement son domaine de calage (+ 51.28). Le débit spécifique de la Fautaua est de 15.1 m³/s.
- la modélisation de cet événement n'est pas cohérente avec les observations des riverains. En effet, la modélisation d'un débit de pointe de 480 m³/s donne une inondation générale de la plaine littorale de la Tuauru avec des hauteurs d'eau de plus d'un mètre, ce qui ne correspond pas du tout aux dires des riverains (très peu de débordement, entre 0.1 et 0.2m, cantonnés en rive droite).
- la période de retour de l'épisode pluvieux de déc. 98 a été estimée à 80 ans sur la Fautaua (superficie : 20.5 km²).

Le débit de pointe à 480 m³/s semble donc exagéré au regard de ce qui s'est produit sur les bassins versants voisins. Deux raisons pourraient expliquer cela :

- La sortie du domaine de calage ne permet plus d'utiliser la courbe de tarage pour déduire les débits.
- la hauteur de crue observée à 3.65 pourrait être due à une remontée de la ligne d'eau en amont du pont, suite à une obstruction du pont par des embâcles.

Si l'on applique le débit spécifique observé sur la Fautaua pour le même événement pluvieux, soit 15.1 m³/s/km² à la superficie de la Tuauru, on obtient une valeur de débit de **400 m³/s**. Cette valeur, jugée plus représentative, a donc été retenue comme référence pour modéliser l'événement de décembre 1998.

2.3.2. Débit de projet

Il est donc proposé de retenir les débits de projet suivants pour le Q 10 et le Q 100 :

Débit max. déc.1998 estimé (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Bassin de référence (crue la plus forte observée)
400	250	480	TUAURU (déc. 98)

L'hydrogramme utilisé est l'hydrogramme tronqué de décembre 1998. Un simple transfert est effectué pour que la pointe de l'hydrogramme corresponde aux débits présentés ci-dessus (cf. annexe 1).

3. CALAGE DU MODELE

Le modèle a été calé à partir d'enquêtes de terrain et auprès des services publics.

3.1. ENQUETE DE TERRAIN

3.1.1. Articles de journaux « La Dépêche »

La recherche s'est effectuée à partir de la base de données ARAI mise à disposition par le BRGM

Les articles de journaux relatant les événements de décembre 1998 ne donnent pas d'indications précises sur la crue elle-même ou sur le niveau atteint (cf. annexe 2). Toutefois, ils permettent de corroborer un certain nombre de points abordés par les riverains :

- 1) le pic de la crue s'est produit le samedi 19/12 au soir. C'est à ce moment là que la route a été emportée dans la vallée et que les débordements se sont produits ;
- 2) les principaux débordements se sont faits dans ce que les riverains appellent le lit majeur, essentiellement en amont de la RDC.


3.1.2. Riverains et services techniques

L'enquête de terrain a porté essentiellement sur les événements du 19 et 20 décembre 1998 qui demeurent les plus marquants pour la population.

Elle a été réalisée auprès

- des riverains
- du service technique de la Mairie (M. Raymond TUIHO).

Les informations sont consignées dans le tableau ci-après.

Profils	Témoignage	Origine
P 2860 à P 3126 RG	<p>Pas de débordement en décembre 1998.</p> <p>Le mur d'enceinte de l'entreprise PUGIBET a été en partie emporté.</p> <p>Remontée de la ligne d'eau du caniveau débouchant dans la TUAURU au profil 2993 sur plusieurs dizaines de mètres.</p>  <p>Le cordon dunaire situé à l'embouchure saute complètement lors des grandes crues.</p>	Directeur p.i. de l'Entreprise PUGIBET.
P 2922 à P 3126 RD	<p>Des débordements ont été constatés en rive droite en décembre 1998. Les riverains décrivent un débordement avec une faible vitesse, l'eau s'étalant sur de grandes distances.</p> <p>Les débordements étant assez fréquents, les maisons sont pour la plupart sur pilotis.</p>	riverains
P 2794	Le niveau a atteint le haut de berges, sans déborder pour autant (cf. annexe 5).	Riverains
P 2730	Des débordements d'environ 10 cm en rive droite ont été constatés en décembre 98 (cf. annexe 5).	Riverains
P 2495	Des inondations ont été constatées en décembre 1998 en rive gauche, sur la risberme. L'eau est restée dans le jardin de la garderie	Riverains
Pont RDC	Pas de débordement. Mur en rive droite situé en amont du pont emporté en dec. 98.	Riverains.
P 1791	<p>Débordement en RD, avec fortes vitesses.</p> <p>L'eau est montée d'une dizaine de centimètre dans la cour ce qui a permis à un tronc de cocotier de venir percuter la maison. Depuis, les berges ont été rehaussées.</p>	Riverains
P 733 à P 815	La berge en rive droite a été emportée, sans qu'il y est de débordements pour autant.	Services techniques communaux
P 77 à P 401	La berge en rive droite a été emportée, sans qu'il s'y produise des débordements pour autant.	Services techniques communaux

3.2. DONNEES DE CALAGE RETENUES

Les données suivantes ont été retenues pour le calage du modèle :

- 1) Crue testée : hydrogramme de décembre 1998 remanié avec un débit de pointe 400 m³/s
- 2) P 2932 : pas de débordement en RG
- 3) P2730 : + 0.1 m / haut de berges RD
- 4) P 2794 : -0.05 m / haut de berges RD

Ces données concernant exclusivement la partie avale de la TUAURU, les travaux de remblais et d'élargissement effectués depuis ces événements dans la zone amont de la TUAURU ont modifié son gabarit ce qui ôte toute possibilité de calage dans cette zone.

Dans la partie amont de la vallée, les principaux problèmes sont venus de l'érosion des berges, avec des pans entiers de terrain qui ont disparu cette nuit-là. Cette érosion des berges est due aux fortes vitesses développées (entre 4.3 et 5.6 m/s) alors que les berges ne sont pas protégées. De plus, il existe en rive gauche des promontoires rocheux (en amont des profils 1, 3, 10, 15) créant des perturbations dans l'écoulement :

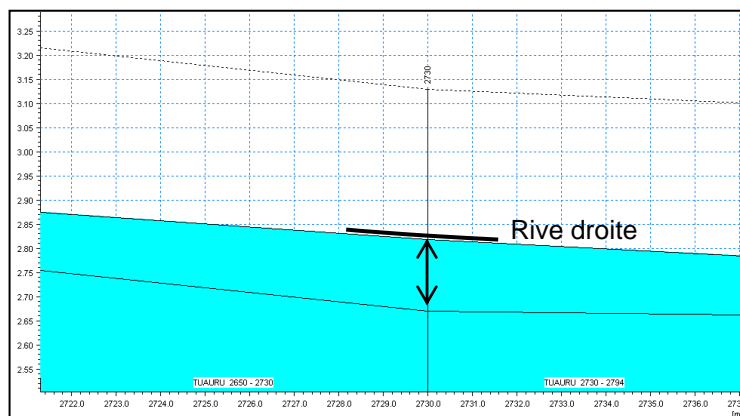
- accélération des vitesses de l'écoulement en aval immédiat
- orientation de l'écoulement vers la berge opposée.

Ces perturbations favorisent l'érosion de la rive droite immédiatement en aval de ces points.

3.3. REMARQUES

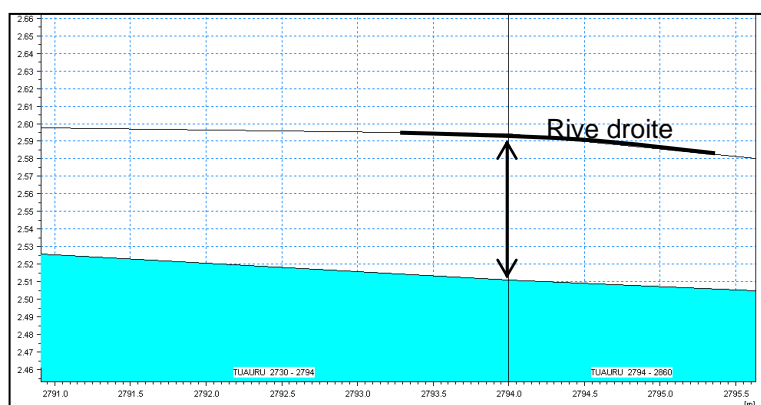
Le calage du modèle a été effectué sur la crue de 98 suivant les données du § 3.2.

Les points de calage cité au paragraphe 3.2 sont présentés ci-dessous tandis que la ligne globale de crue atteinte dans la nuit du 19 au 20 décembre 1998 est présentée en page suivante.



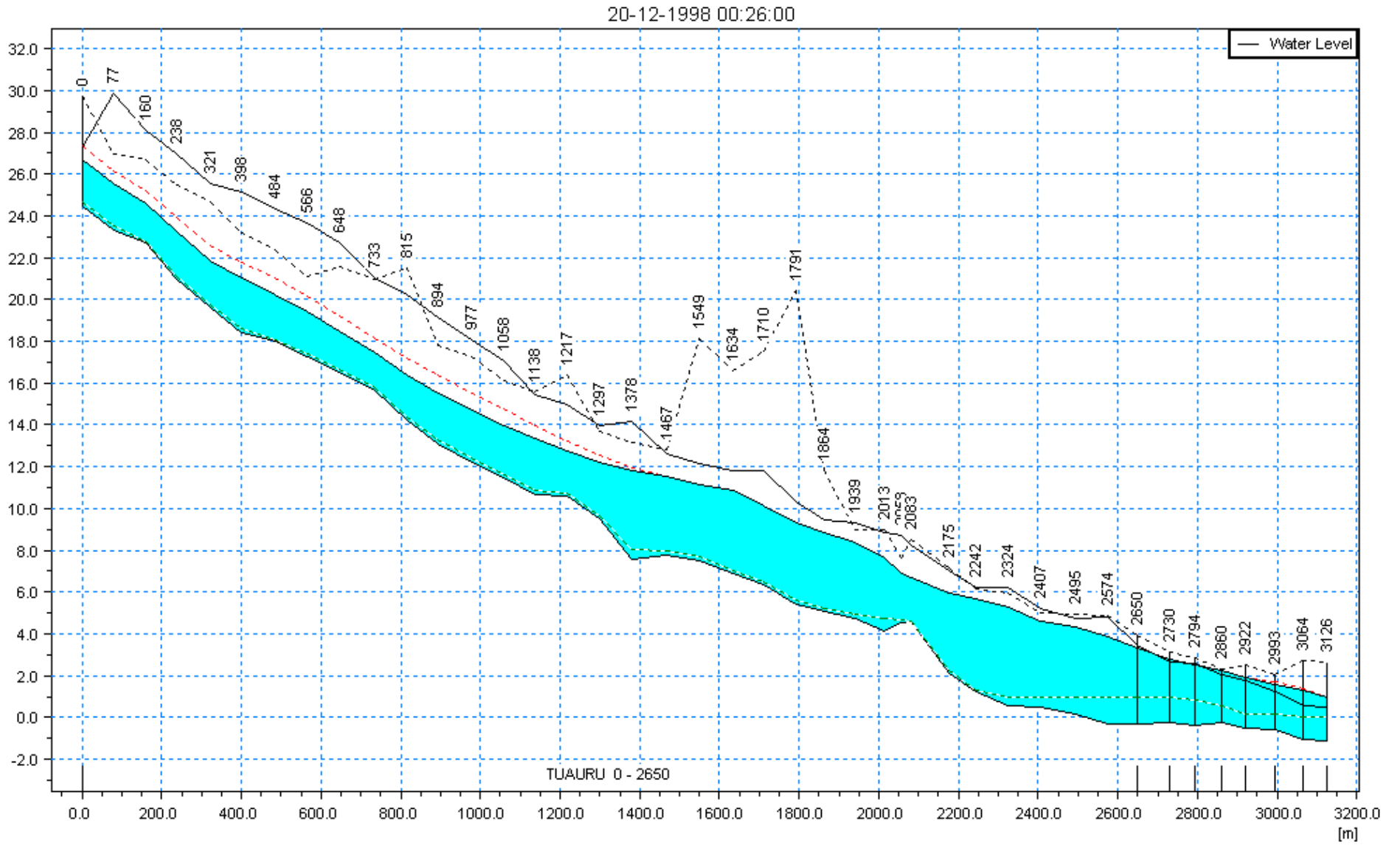
Profil 2730

Ligne d'eau à 0.14 cm au-dessus de la rive droite



Profil 2794 :

Ligne d'eau à 0.09 cm en dessous de la rive droite



Rédigé par :



4. SIMULATION DES CRUES DE PROJET

Les simulations effectuées sont les suivantes :

	Crue de projet	Hauteur du lagon
Simulation 1	Q 10	0 m
Simulation 2	Q 10	1 m
Simulation 3	Q 100	0 m
Simulation 4	Q 100	1 m

L'annexe 3 présente les profils en long pour chaque simulation. L'annexe 4 présente les résultats à chaque profil pour chaque simulation.

4.1. PERIODE DE RETOUR DES DEBORDEMENTS

Le tableau ci-après donne pour chaque casier la valeur limite de débit au-delà de laquelle il est inondé (pour une hauteur de lagon $H = 0$ m).

	Inondation du casier au-delà de :
Casier 1 (Lit majeur RG)	380 m ³ /s (Q20 à Q50)
Casier 2 (lit majeur RD1)	325 m ³ /s (Q20 à Q50)
Casier 3 (lit majeur RD11)	410 m ³ /s (Q50)

4.2. COMMENTAIRES

Pour les crues de fréquence décennale, la TUAURU présente des débordements uniquement à l'exutoire en rive droite. Ces débordements sont aggravés lorsque le niveau du lagon monte.

Pour les crues de fréquences centennales, les débordements se produisent :

- à l'amont de la RDC, avec des vitesses relativement importantes mais sur des superficies relativement réduites. Les principaux problèmes rencontrés dans cette configuration sont l'érosion des berges non protégées qui entraîne le départ de pans entiers de terrain dans la rivière.
- à l'aval de la RDC, avec des vitesses faibles, mais sur des surfaces plus vastes, notamment en rive droite où la configuration du terrain naturel est plus basse.

Il faut noter que le niveau bas du lagon ($H = 0$ m) crée une accélération des écoulements sur les derniers mètres et donc des vitesses plus fortes, qui se traduisent par des aléas plus importants.

N.B. : La modélisation est réalisée en tenant compte des obstacles à l'écoulement existant actuellement : mur en béton plein, rehaussement de berges ou au contraire point bas de berges.

Elle est donc le reflet d'une situation ponctuelle dans le temps, qui peut s'aggraver ou au contraire s'améliorer suivant les aménagements apportés.

4.3. CARTOGRAPHIE DES RESULTATS

Pour chaque profil en travers du lit mineur et des lits majeurs, le modèle va fournir, entre autres, un couple de valeurs maximales (vitesse, cote de la ligne d'eau).

La vitesse sera considérée comme identique au sein d'un même profil.

A partir de la ligne d'eau, les hauteurs d'eau vont être déduites à chaque point du profil en travers, de la rive gauche vers la rive droite.

On aura donc pour chaque point constituant le profil un couple (vitesse moyenne du profil, hauteur d'eau ponctuelle). Suivant ce couple, un aléa, noté de faible (1) à très fort (4) sera affecté au point :

Vitesse Hauteur	Faible à moyenne Vitesse < 0,5 m/s	Moyenne à forte Vitesse >= 0,5 m/s
$H < 0,5$ m	Faible - 1	Moyen - 2
$0,5 \leq H < 1$ m	Moyen - 2	Fort - 3
$H > 1$ m	Fort - 3	Très fort - 4

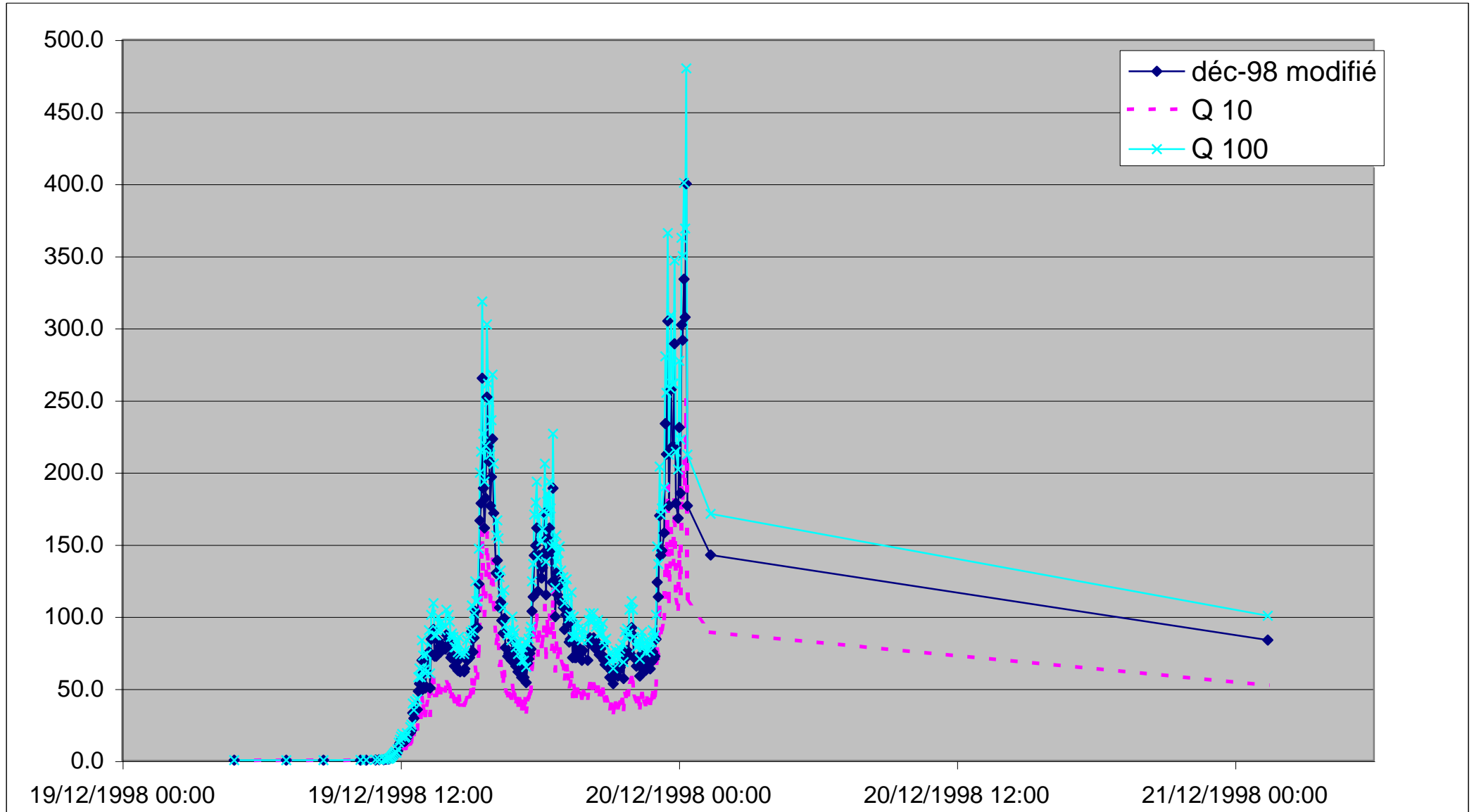
Les résultats de cette cartographie sont présentés dans les 4 plans suivants.

ANNEXES



ANNEXE 1 : Hydrogramme de crue utilisés sur TUAURU

Base : hydrogramme enregistré le 19 et 20 dec. 1998 (tronqué entre le 20/12 à 01:23 et le 21/12 à 1:25)



Rédigé par :



ANNEXE 2

Photographie et coupures de presse

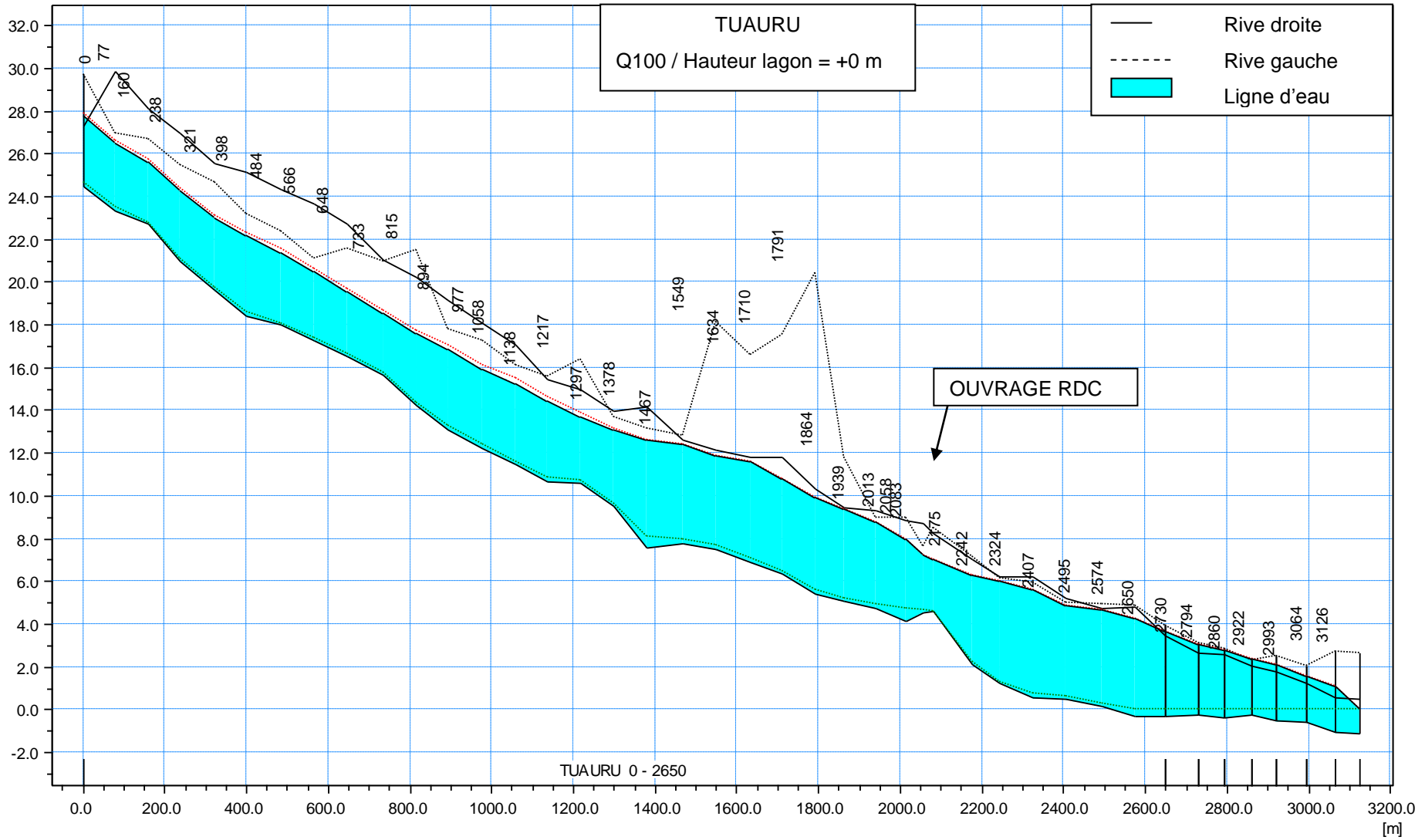
Rédigé par :



ANNEXE 3 :

Profils en Long et ligne d'eau

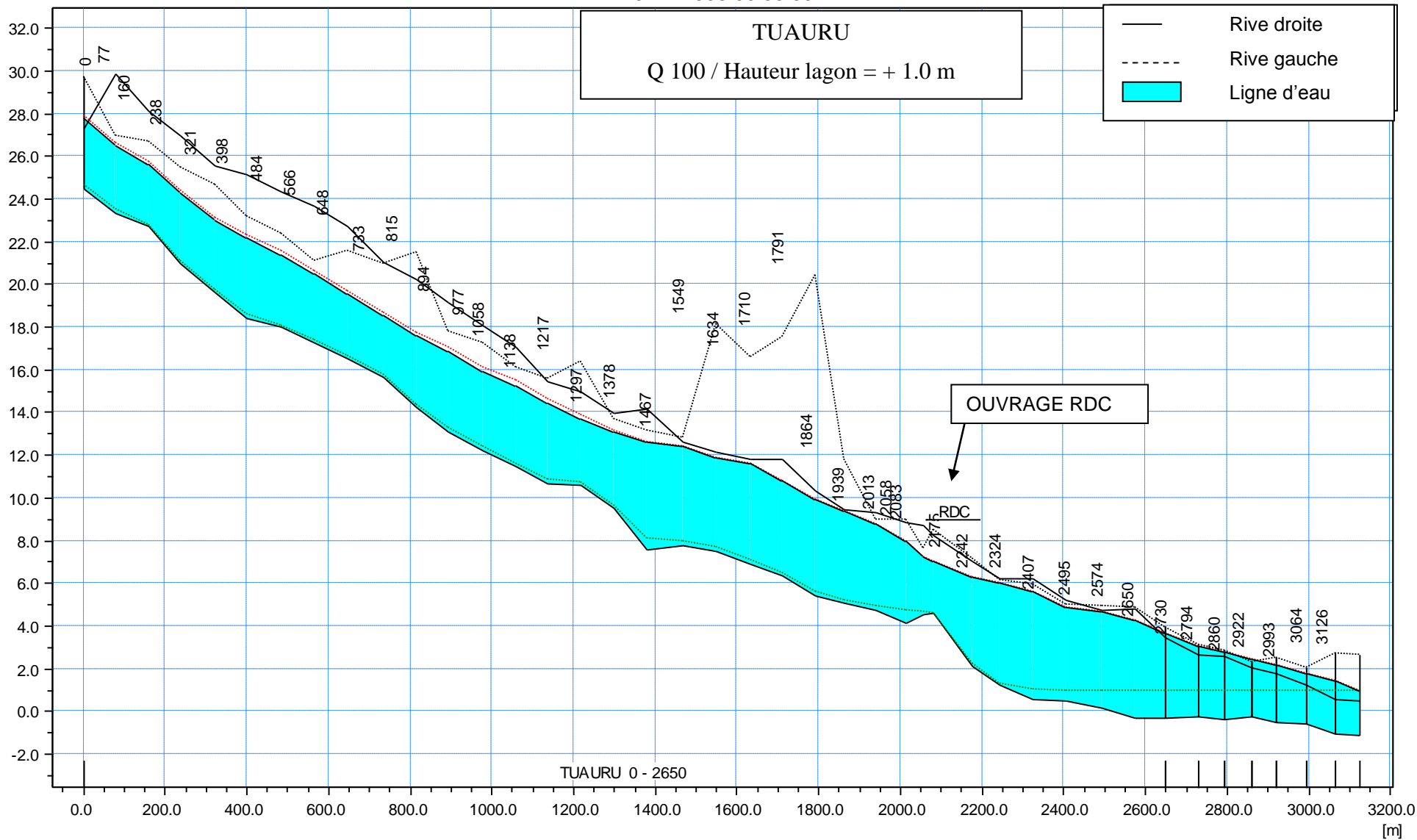
20-12-1998 00:35:59



Rédigé par :



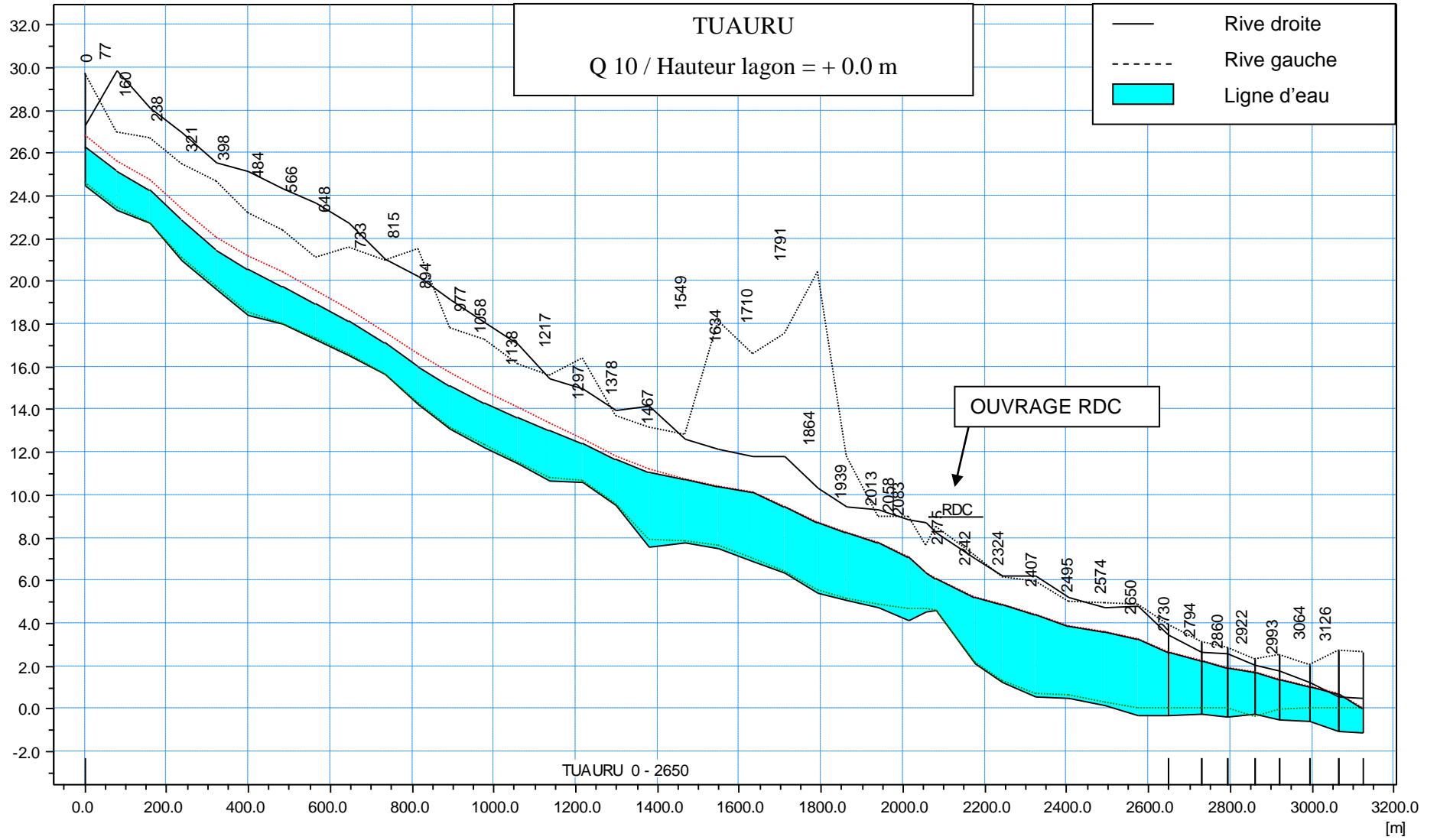
20-12-1998 00:35:59



Rédigé par :



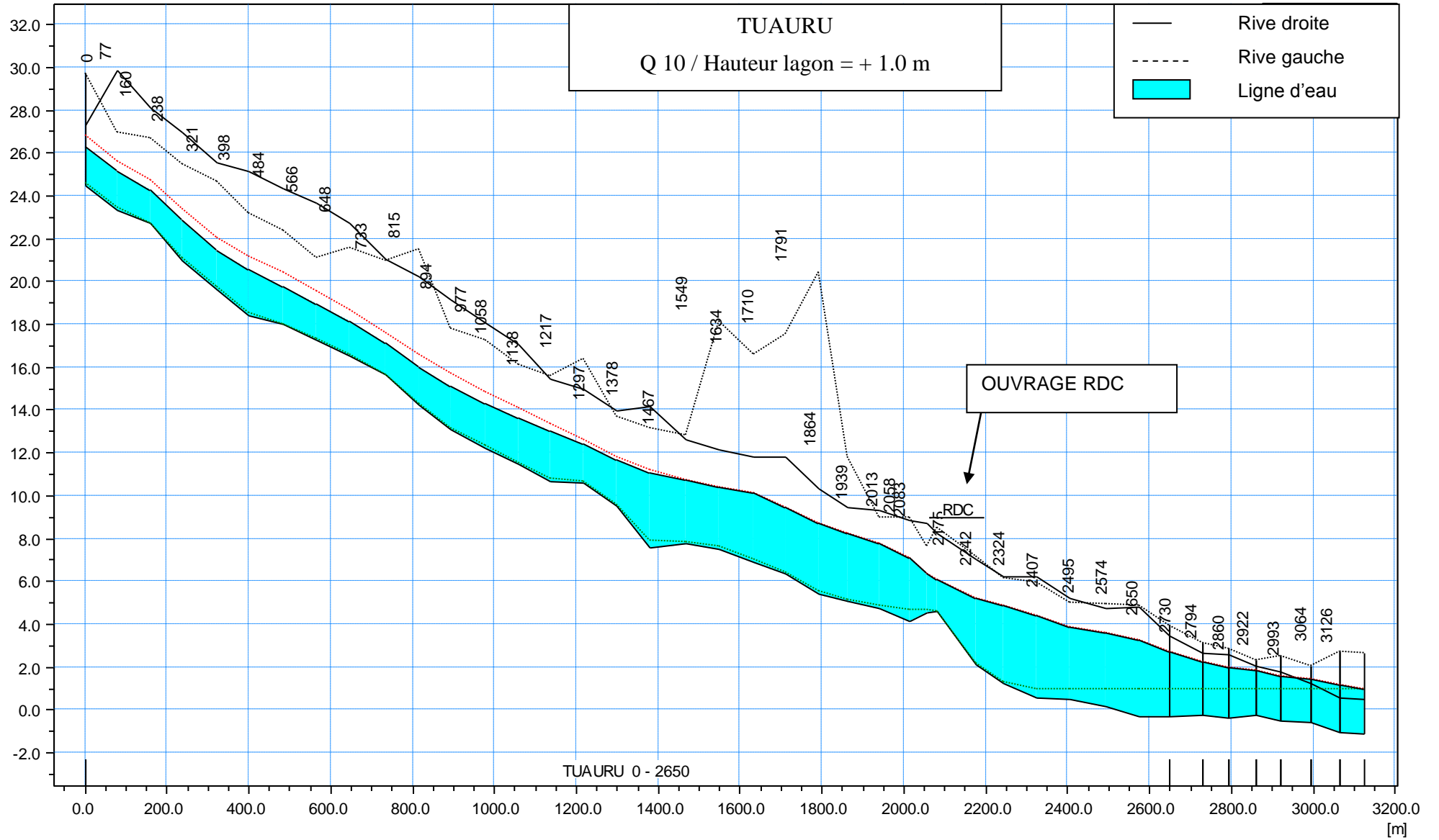
20-12-1998 00:26:00



Rédigé par :



20-12-1998 00:26:00



Rédigé par :



ANNEXE 4

Tableaux des résultats

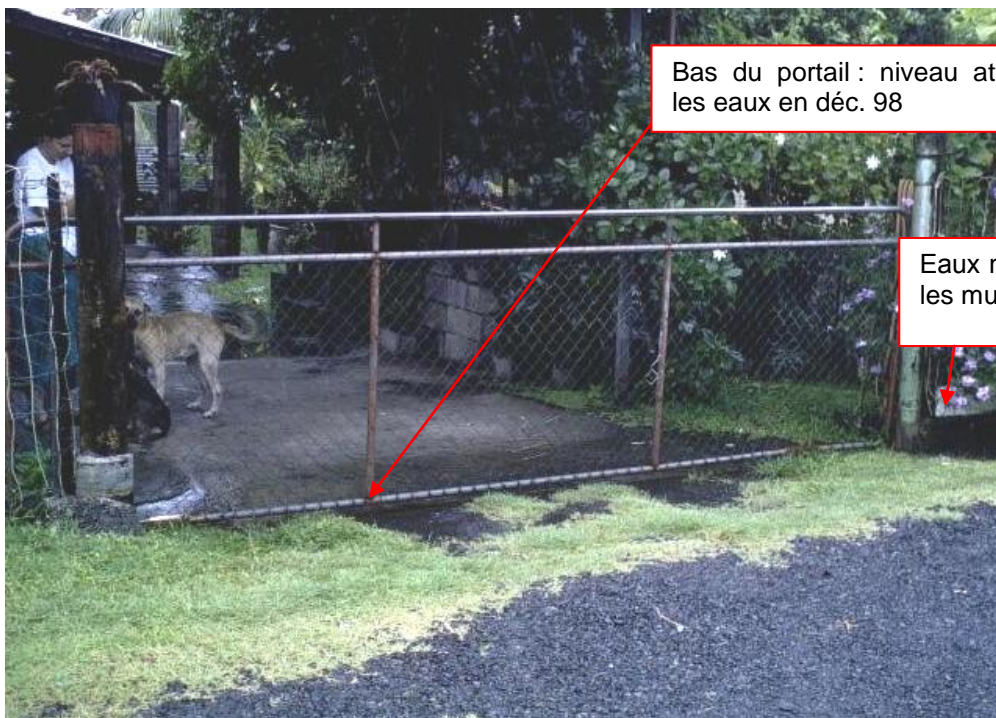
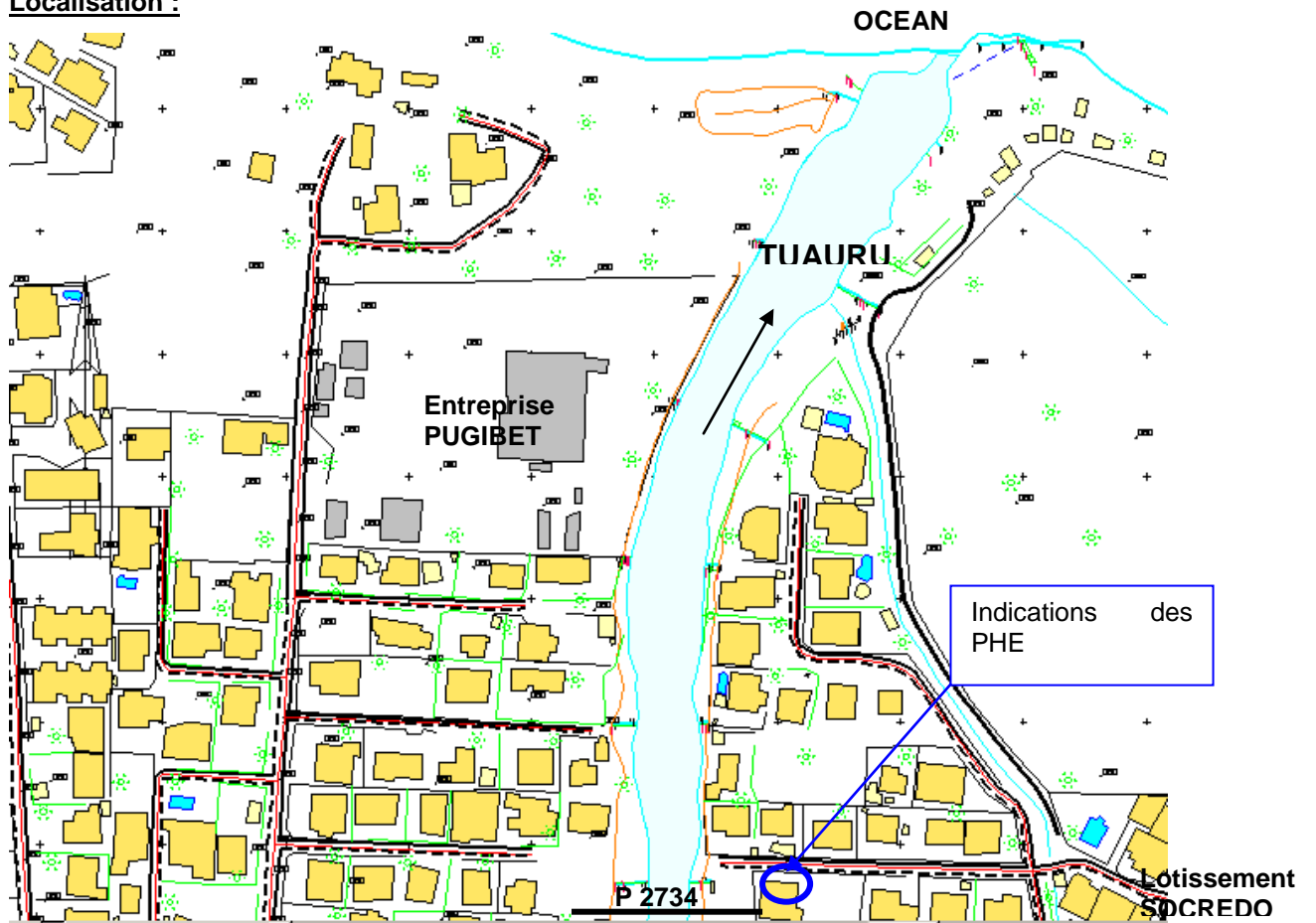
Rédigé par :



ANNEXE 5

Enquête de terrain : PHE

Localisation :

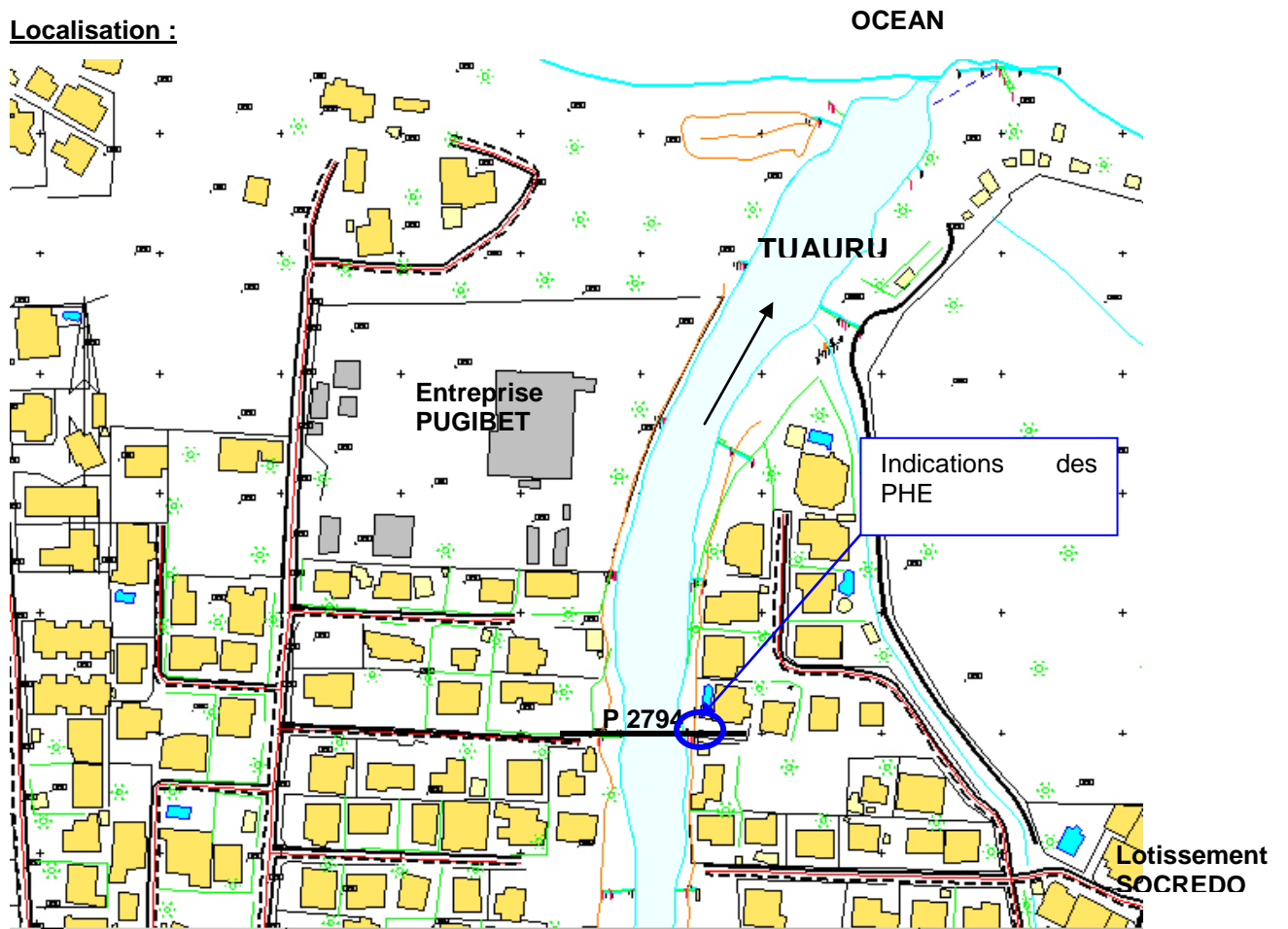


Source du témoignage : propriétaire.

Rédigé par :



Localisation :



Source du témoignage : propriétaire.