

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

COURS D'EAU : TIPAERUI

Commune : **PAPEETE**
Ile : **TAHITI**

Décembre 2005

V2 - Rédigé par :



TABLE DES MATIERES

1. ZONE MODELISEE	2
1.1. Localisation et type de modélisation	2
1.2. Topographie :	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	6
2.3. Conditions limites	7
2.3.1. Plus fort événement vécu	7
2.3.2. Débit de projet	7
3. CALAGE DU MODELE	9
3.1. Enquête de terrain	9
3.2. Données de calage retenues	10
3.3. Remarques	10
4. SIMULATION DES CRUES DE PROJET	12

1. ZONE MODELISEE

1.1. LOCALISATION ET TYPE DE MODELISATION

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

Le linéaire de modélisation s'étend sur 2.6 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 1 D à casier, développé par - DHI Software.

1.2. TOPOGRAPHIE :

Les levés topographiques sont fournis en annexe 1.

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 et le lit majeur sur un linéaire de 300 m maximum en aval de la RDC soit un linéaire de 0.7 km environ, effectués par le cabinet TOPOPACIFIQUE en août 2004
- Profils en travers tous les 80 m dans le lit mineur sur un linéaire de 0.7 km effectués par le cabinet TOPOPACIFIQUE en août 2004
- Profils en travers tous les 80 m dans le lit mineur sur un linéaire de 1.3 km effectués par le cabinet DOERFLER en septembre 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.

En revanche, les levés effectués par le cabinet TOPOPACIFIQUE comportent des erreurs, notamment :

- sur l'ouvrage de la RDC : l'I.P.E. (poutre métallique) situé sous le tablier de l'ouvrage n'a pas été levé ; des incohérences apparaissent dans les reports de cote ; la largeur n'a pas été prise perpendiculairement à l'écoulement.
- sur l'ensemble des profils : l'échelle verticale est au 1/100^{ème} et non au 1/200^{ème}.

Ces levés ont été réalisés hors du cadre des PPRI et ne sont donc pas rectifiables par leurs auteurs.

Le principal problème concerne l'ouvrage de la RDC, dont l'ouverture totale (L x H) est en réalité inférieure à celle indiquée sur les levés.

Une visite de terrain a permis d'estimer la section du pont à 17 m (L) x 2.3 m (H) avec une mise en charge possible de 1.5 m correspondant à l'épaisseur du tablier.

La solution retenue a donc été de répartir du fil d'eau indiqué sur les levés soit 1.34 m et de construire le dalot suivant les cotes indiquées ci-dessus, sans tenir compte du levé du géomètre.

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.

2. CONSTRUCTION DU MODELE

2.1. CONSTRUCTION DU LIT

2.1.1. Ouvrages hydrauliques :

2.1.1.1. Recensement

Hormis les ouvrages de franchissement listés en annexe 2, 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 Tipaerui 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 440 en amont à P 3000 à l'embouchure de la Tipaerui.

Ensuite, l'ensemble des ouvrages existants sur la Tipaerui a été analysé selon 2 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

Cette analyse a montré sur la TIPAERUI :

- pour le critère 1 : l'ensemble des ouvrages possède des sections égales ou supérieures aux sections avales et amonts
- pour le critère 2 : seule la cote de tablier de l'ouvrage de la RDC est inférieure aux lignes d'eau atteintes en Q 100 (cf. annexe 2). Il s'agit donc de l'unique ouvrage à modéliser.

L'ouvrage de la RDC est donc limitant par sa très faible hauteur (2.3 m), qui favorise en outre le blocage des embâcles en amont.

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 « links channel » ou par des « drainage area » suivant le type d'échanges. Le lit majeur sera décrit comme un lit classique grâce à des profils en travers et sera appelé « Casier ». Quatre casiers ont ainsi été créés :

Casier 1 (stade Bambridge) Lit Majeur	P 2752 à P 2870	Rive gauche	Point bas au profil 2752 à 2783
Casier 2 (derrière Immeuble Paofai) Lit Majeur RD	P 2752 à P 2783	Rive droite	Point bas au profil 2783
Casier 3 (lycée P. Gauguin) – Lit majeur RD 2	P 2499 à P 2649	Rive droite	Point bas au profil 2549 à 2600
Casier 4 (en amont de la RDC) – Lit Majeur RG	P 2600 à P 2649	Rive gauche	Point bas au profil P 2600 et P 2649

Le synoptique de la modélisation est présenté en page suivante.

Synoptique des modèles



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 30.

Ensuite, certaines sections particulières ont été identifiées et ont fait l'objet d'un calcul spécifique, dont les résultats sont présentés ci-dessous.

PK	Coefficient de rugosité	Types de lit
856	23	Rive gauche et droite : cailloux
1217	32	Rive gauche : blocs Rive droite : enrochement
1511	26	Rive gauche : falaise Rive droite : enrochement et blocs
1604	37	Rive gauche : enrochements maçonnés Rive droite : parpaings
1755	26	Rive gauche : terre Rive droite : enrochements maçonnés
1806	37	Rive gauche et droite : enrochement
1954	36	Rive gauche et droite : béton – radier en terre
1994 à 2499	55	Canal béton
2783	26	Rive gauche : enrochements Rive droite : végétalisée - terre
2870	28	Rive gauche et droite bétonnées sur une faible hauteur. Radier en terre très large.
2936	27	Rive gauche et droite bétonnées sur une faible hauteur. Radier en terre très large.

Concernant les lits majeurs, les coefficients de rugosité pris sont précisés ci-dessous

Casier	Coefficient de rugosité	Types de lit majeur
Lit majeur	15	Espace dégagé Stade et parking,
Lit Majeur RG	12	Espace encombré : habitations.
Lit majeur RD	12	Espace encombré : habitations, muret
Lit majeur RD2	13	Espace peu encombré : cour du Lycée Gauguin - Préfabriqués

2.3. CONDITIONS LIMITES

2.3.1. Plus fort événement vécu

La crue de 1998 étant récente et ayant marqué les esprits, les témoignages des riverains font régulièrement état de cet événement, aussi est-il nécessaire d'en caractériser la période de retour.

L'épisode de 1998 est considéré comme exceptionnel pour les cours d'eau de dimension importante et non pour les cours d'eau présentant des bassins versants de taille réduite.

Pour ce qui concerne la rivière FAUTAUA¹ la période de retour de cet événement a été estimée comme étant comprise entre 50 et 70 ans et pour la Hamuta² comme étant d'environ 15 ans.

Or la Fautaua présente un bassin versant de 23,4 km², la Hamuta de 7,4 km² et la Tipaerui de 13,8 km².

En conséquence, l'événement de 1998 peut être considéré sur la TIPAERUI comme ayant une période de retour comprise entre 20 et 50 ans. Il est proposé de retenir le Q 50 (155 m³/s) comme débit de pointe pour les événements de 1998.

2.3.2. Débit de projet

Conformément à la note méthodologique, les débits de projet retenus pour la Tipaerui sont :

Débit max. déc.1998 estimé (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Bassin de référence (crue la plus forte observée)
155 (Q 50)	95	170	Fautaua (VEENA)

Les hydrogrammes Q10, Q 100 et Dec. 98 sont issus d'un transfert de l'hydrogramme de la FAUTAUA relevé en 1983 au passage du cyclone VEENA (cf. annexe 3).

Vérification du domaine d'utilisation de l'hydrogramme :

D'un bassin à l'autre, la forme d'un hydrogramme peut changer en fonction de l'allongement du bassin. Cet allongement se traduit par un coefficient M :

M = Plus long chemin hydraulique du BV / RACINE (Superficie du BV)

Les coefficients d'allongement M des deux bassins sont les suivants :

	Fautaua	Tipaerui
M	2,76	2,62

¹ Note sur "Précipitations et crues des 19 et 20 décembre 1998 dans l'île de Tahiti" – J. DANLOUX et cellule hydrologie du GEGDP

² Etude hydrologique et hydraulique de la basse vallée de la HAMUTA – SPEED/Direction de l'Equipement – Avril 2001

Pour une superficie identique, le bassin ayant un coefficient d'allongement M plus élevé aura un débit plus faible.

Dans le cas présent et par analogie avec la méthode superficielle, la variation du coefficient d'allongement entraînerait une variation du débit de moins de 1%, ce qui est très faible.

Il n'y a donc pas lieu d'effectuer de correction lors du transfert de l'hydrogramme.

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

La consultation des archives du quotidien local « La Dépêche » n'a pas fourni d'articles de presse ou de photographies relatant des événements de crue sur la Tupaerui (recherche effectuée à partir de la base de données ARAI mise à disposition par le BRGM).

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 et des services administratifs concernés (STT : Subdivision Territoriale de Tahiti de la Direction de l'Équipement) et a permis de mettre en évidence les points suivants :

Profils	Témoignage	Origine
Pont du Front de Mer	Pas de débordement en décembre 1998. La ligne d'eau est arrivée à ras du tablier, situation sûrement due à la formation d'embâcles au niveau du pilier central.	STT
Entre les profils 2841 et 2717 (parking du stade Bambridge.),	Des débordements ont été constatés en rive gauche en décembre 1998 sans que la hauteur puisse être précisée.	riverains
Au profil 2700 (à l'amont du pont de la RDC)	Des débordements ont été constatés en 98 en rive gauche et droite. Des quantités importantes d'embâcles se forment à l'amont du pont et empêchent l'écoulement de la rivière. Ces dépôts ont été extraits pendant plusieurs heures (24 à 48h) au moyen d'une pelle sur chenille et stocké sur le stade BAMBRIDGE. Ces embâcles étaient constitués d'arbres de dimensions plurimétriques mélangés à de la boue.	Riverains STT
Au profil 2600	Des inondations ont été constatées en décembre 1998 du fait de l'existence d'un point bas au niveau de la berge, correspondant à une rampe d'accès pour le curage	Riverains
Entre P2499 et P1951 (canal bétonné)	En décembre 1998, en fonction des témoignages, la ligne d'eau sous le haut des berges fluctue entre 0.30 m et 0.60 m	Riverains, STT
Au profil 1789	Le pont LEVY (situé à l'entrée de la zone industrielle) n'a pas gêné l'écoulement de l'eau. Toutefois le niveau de l'eau semble être monté jusqu'à 20 à 30 cm par rapport à la rive gauche en décembre 1998	Riverains

Hors zone d'étude :

En amont des lotissements sociaux situés dans le fond de la vallée, une passerelle supportant une canalisation d'adduction d'eau de diamètre 400 mm a été endommagée lors de la crue de 1998. Des embâcles se sont formés au niveau de cet ouvrage et la rivière est sortie de son lit mineur et a inondé les réservoirs d'eau.

3.2. DONNEES DE CALAGE RETENUES

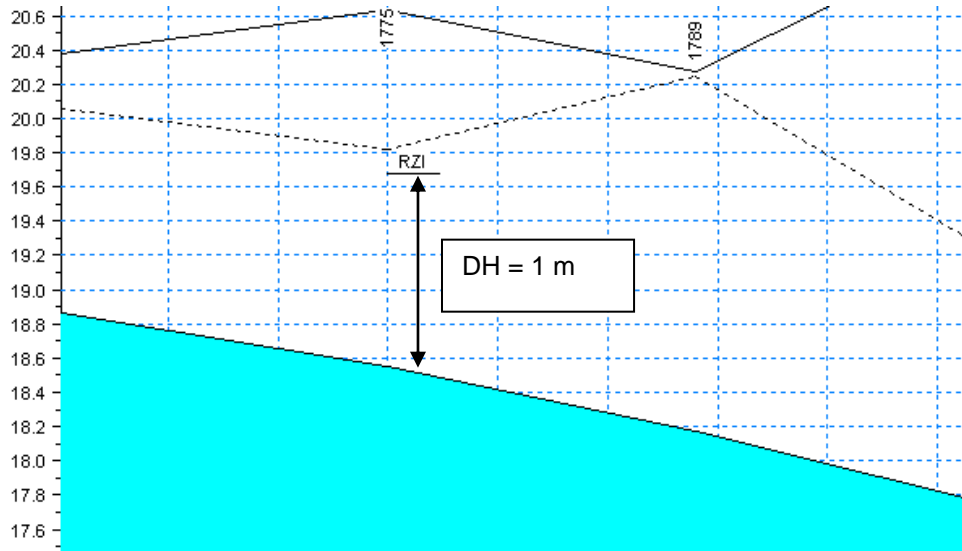
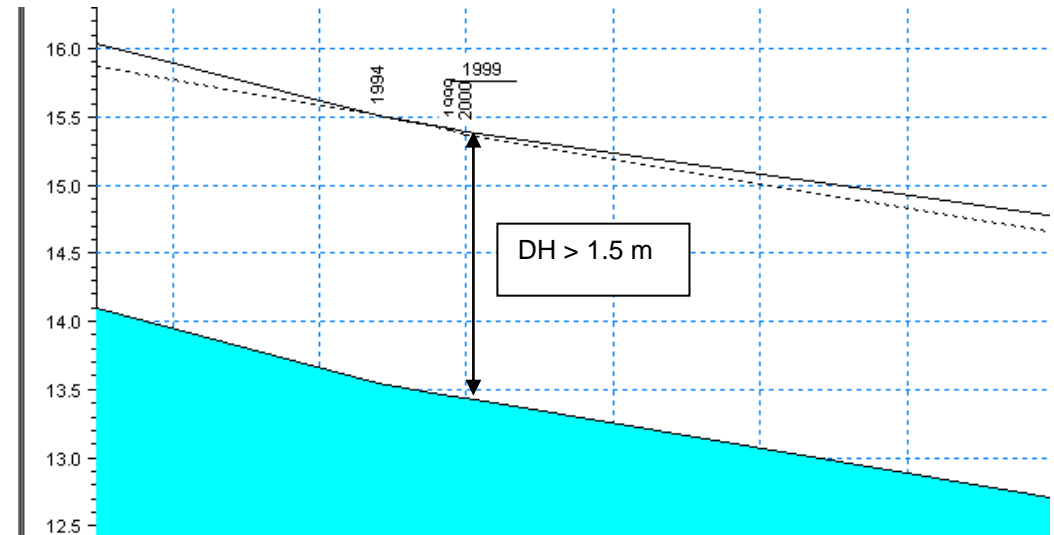
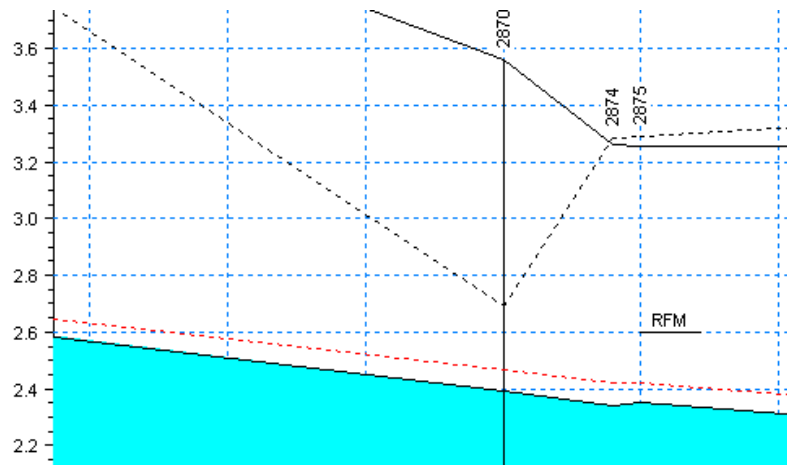
Les données suivantes ont été retenues pour le calage du modèle :

- Crue testée : décembre 1998
- Pont Levy : - 0.3 m par rapport au haut de rive gauche
- Section bétonnée :-0.5 m par rapport au haut des berges (données soumises à caution au vu de la variation dans les témoignages)
- pas de débordement au droit du pont du Front de Mer mais ligne d'eau arrivant presque à ras du tablier inférieur.

La hauteur des débordements n'est pas connue. Néanmoins, leur brièveté (les services publics intervenus en urgence sur le pont du front de mer ne témoignent d'aucune trace de débordement) ainsi que l'absence de laisses de crue dans les habitations font supposer que ces hauteurs étaient faibles.

3.3. REMARQUES

Le calage du modèle a été effectué sur la crue de 98 suivant les données du § 3.2. Certaines incohérences en sont ressorties :

Pont Levy- Canal béton :

Ouvrage du Front de Mer : La modélisation du débit de projet de décembre 98 :

- est cohérente avec les données de calage au droit du pont du Front de Mer avec une ligne d'eau arrivant à 0.25 m sous la cote du tablier (imprécision de 11 % par rapport à la hauteur d'eau)
- ne suit pas les données de calage en amont, au droit du pont Levy et du canal béton, avec une différence de ligne d'eau de 1 m à plus d'1.5 m. L'imprécision entre le modèle et les éléments de calage varie de 50 % au pont Levy à 130 % dans le canal béton.

Il ne s'agit donc pas d'une sous-estimation du débit puisque la hauteur d'eau est bien retransmise au droit du Front de Mer.

La différence de hauteur d'eau, très importante est probablement due :

- à la très forte incertitude sur les observations
- à un transport solide très important en amont de la RDC, qui aurait ensuite été bloqué par les piles de ponts de la RDC et du Front. Le volume transporté aurait conduit en partie haute à un exhaussement de la ligne d'eau. En conclusion, le modèle paraît relativement bien calé en aval de la RDC alors que la partie amont semble être plus incertaine, en raison notamment d'un fort débit solide non quantifiable

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 5 présente les profils en long pour chaque simulation. L'annexe 6 présente les résultats à chaque profil pour chaque simulation.

Les débordements se produisent essentiellement en aval de la route de ceinture, soit 300 m avant l'exutoire. Ils sont très limités. De ce fait, leur impact sur l'écrêtement du débit de pointe est quasiment nul.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque casier la valeur limite de débit au-delà de laquelle il est inondé

	Inondation du casier au-delà de :
Casier 1 (Lit majeur RD)	113 m ³ /s (Q20 < < Q 50)
Casier 2 (lit majeur)	133 m ³ /s (Q 20 < < Q 50)
Casier 3 (lit majeur RD 2)	145 m ³ /s (proche du Q 50)
Casier 4 (lit majeur RG)	135 m ³ /s (Q20 < < Q 50)

Le débordement des casiers 3 et 4 est essentiellement dû à la mise en charge par l'aval provenant du dalot de la RDC qui influence la ligne d'eau sur plusieurs centaines de mètres en amont. En cas d'embâcles sous ce pont, la fréquence de débordement des deux casiers augmentera notablement.

Résultat :

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 ≤ H < 1 m	Moyen - 2	Fort - 3
H > 1 m	Fort - 3	Très fort - 4

N.B. : au P 2841 dans le casier 1, l'existence d'un aléa « moyen » en Q100/H0 alors que le Q100/H1 ne présente qu'un aléa « faible » se justifie par des vitesses plus fortes dans le scénario Q100/H0, dues à des hauteurs d'eau plus faibles dans le lit mineur.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Levés topographiques – voir dossier ci-joint

ANNEXE 2

Cote inférieure des tabliers des ouvrages

Identification	pk ouvrage	cote de mise en charge	Cote atteinte en Q 100 *
Ouvrage Zone industrielle	1775	19,68	18,7
Passerelle	1899	17,06	16,2
Passerelle	1939	16,48	15,2
Passerelle	1951	16,39	14,9
Passerelle	1999	15,76	13,6
Passerelle	2050	14,41	12,6
Passerelle	2089	13,87	12
Passerelle	2131	12,98	11,2
Passerelle	2178	12,4	10,4
Passerelle	2258	11,12	9
<i>Ouvrage RDC</i>	<i>2700</i>	<i>3,84</i>	<i>5,3</i>
Ouvrage Front de Mer	2875	2,6	2,4

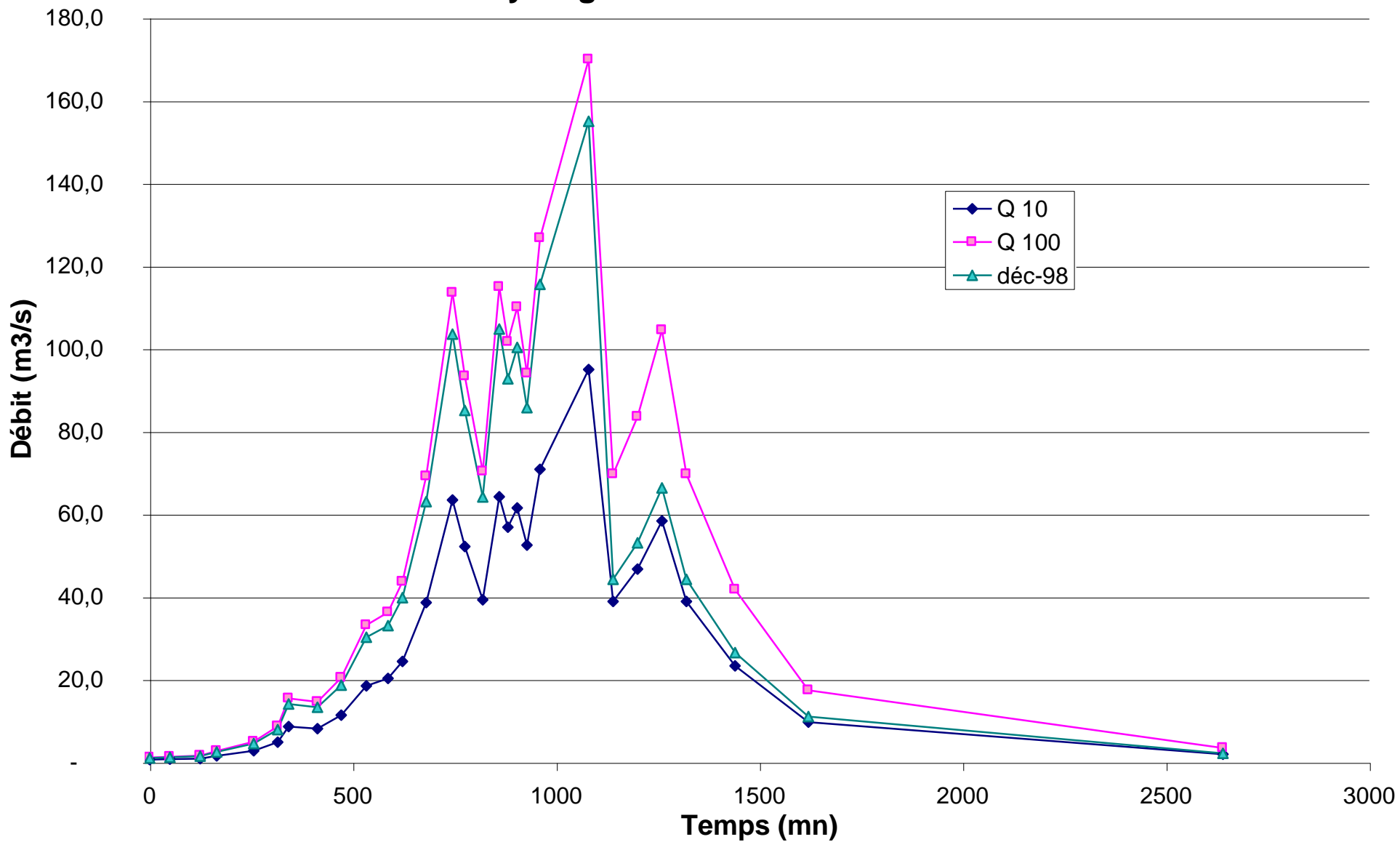
* : Cote du lagon = + 1 m

ANNEXE 3

Hydrogrammes de crue utilisés sur TIPAERUI

Temps	débits crue Q 10	débits crue Q 100	Dec 98
mn	m3/s	m3/s	m3/s
0	0,7	1,2	1
50	0,8	1,4	1
124	0,9	1,6	1
165	1,6	2,8	3
256	2,8	5,0	5
315	4,9	8,7	8
342	8,6	15,5	14
413	8,2	14,6	13
471	11,4	20,5	19
533	18,5	33,2	30
586	20,3	36,3	33
622	24,4	43,7	40
680	38,7	69,2	63
745	63,5	113,6	104
775	52,2	93,4	85
819	39,3	70,4	64
860	64,2	115,0	105
881	56,8	101,7	93
904	61,5	110,1	100
928	52,6	94,1	86
960	70,9	126,8	116
1080	95	170	155
1140	38,9	69,7	44
1200	46,7	83,6	53
1260	58,4	104,5	66
1320	38,9	69,7	44
1440	23,4	41,8	27
1620	9,7	17,4	11
2640	1,9	3,5	2
9590	0,8	1,4	1

Hydrogramme de crue TIPAERUI



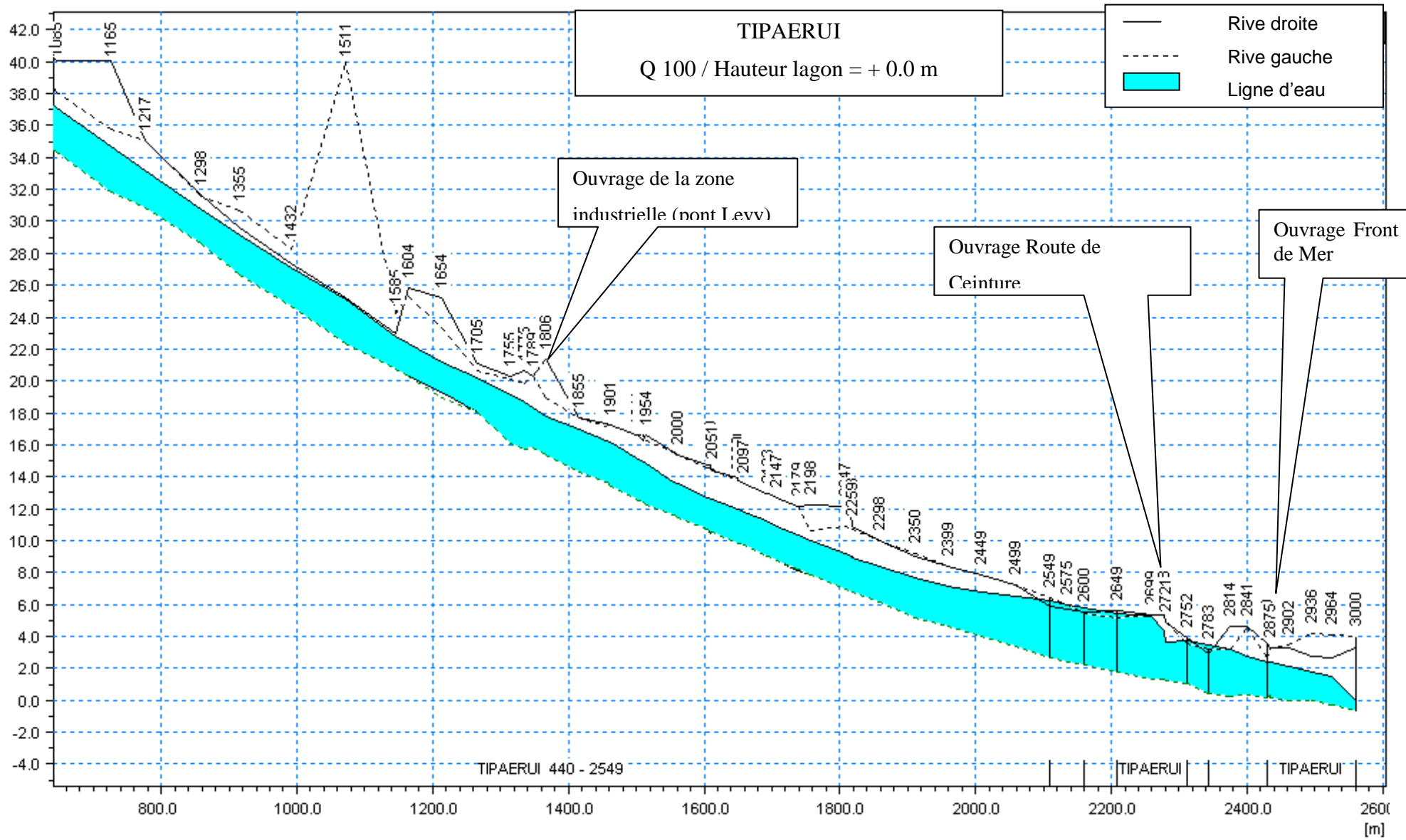
ANNEXE 4

Photographie et coupures de presse

RAS

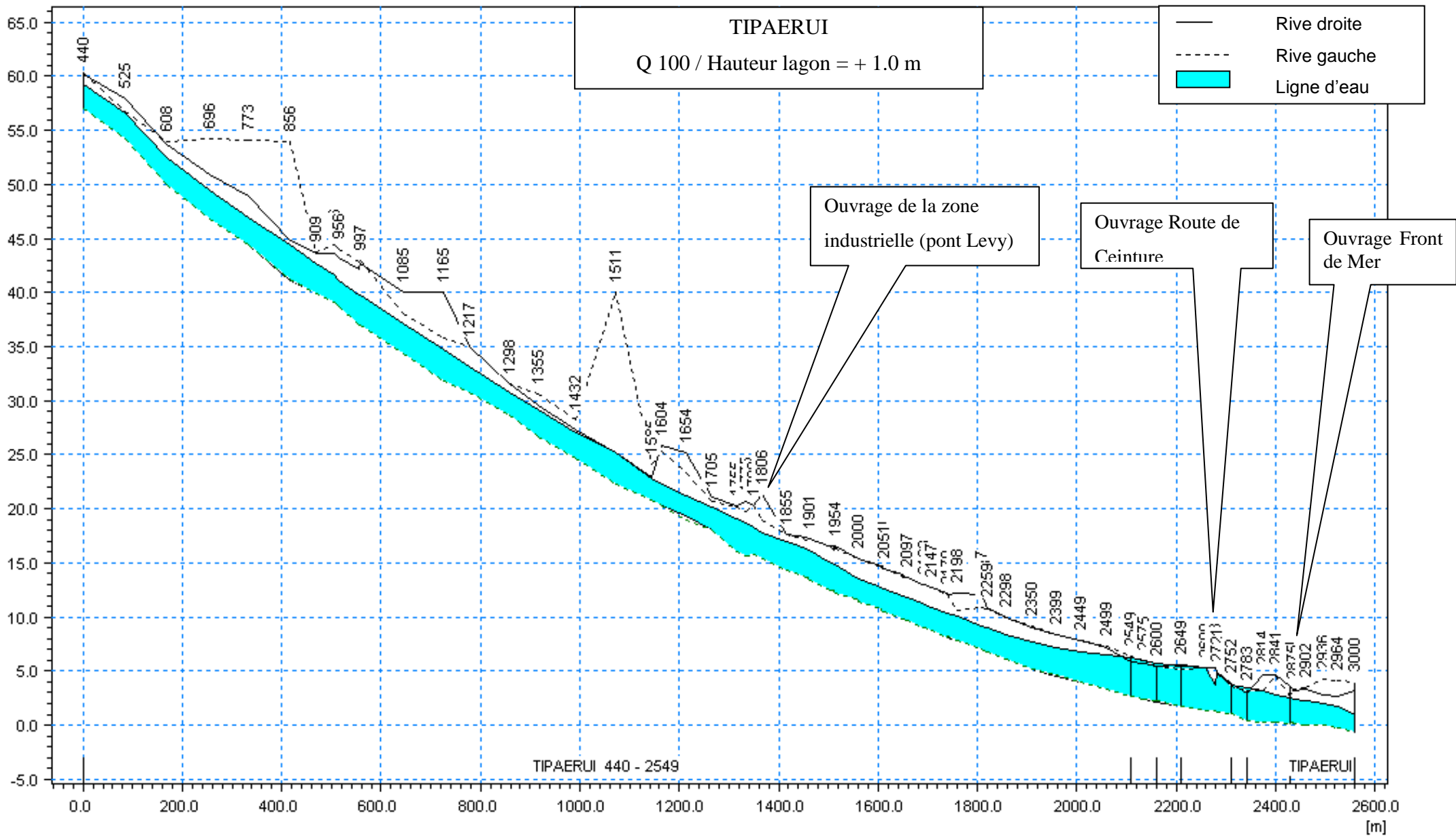
ANNEXE 5 :

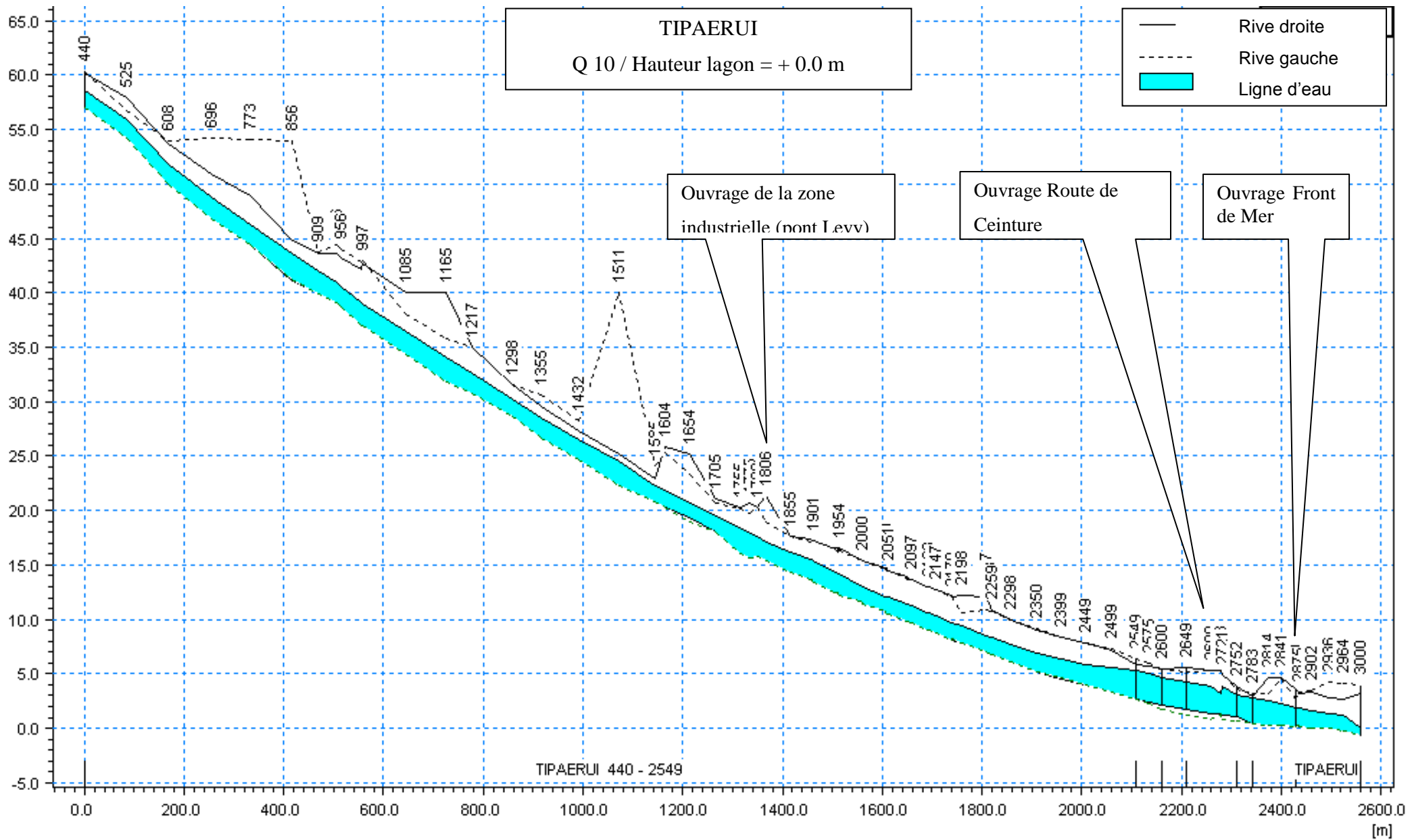
Profils en Long et ligne d'eau

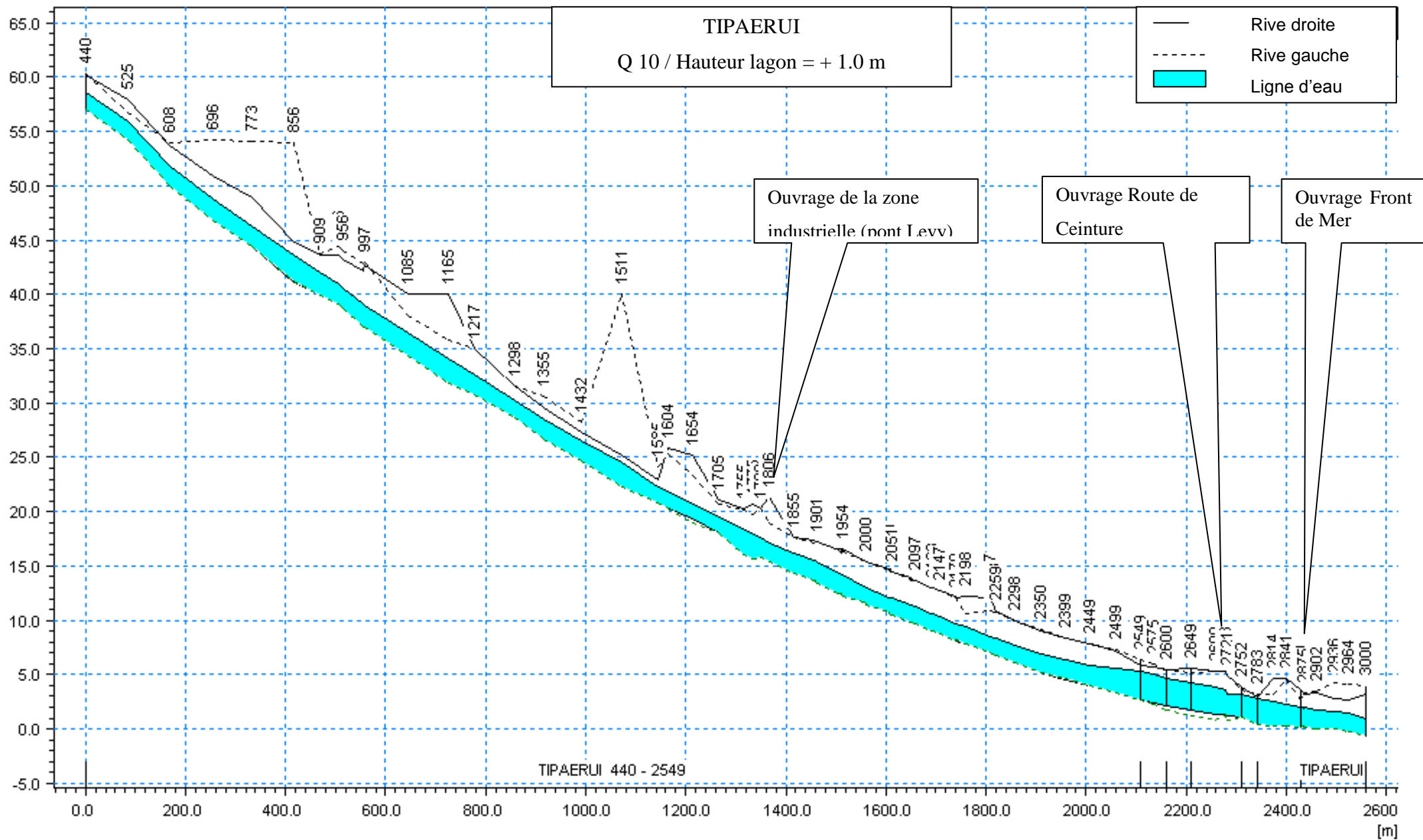


V2 - Rédigé par :









V2 - Rédigé par :



ANNEXE 6

Tableaux des résultats