

Réhabilitation de 15 barrages situés sur l'Île de Tahiti en Polynésie Française

Rehabilitation of 15 dams located in the island of Tahiti in French Polynesia

Géraldine Milési, TRACTEBEL ENGINEERING

Le Delage – 5 rue du 19 mars 1962 – 92622 Gennevilliers – FRANCE
geraldine.milesi@gdfsuez.com

Stéphane Causse, TRACTEBEL ENGINEERING

Le Delage – 5 rue du 19 mars 1962 - 92622 Gennevilliers – FRANCE
stephane.causse@gdfsuez.com

MOTS CLÉS

Barrage, diagnostic, réhabilitation, réglementation, Polynésie française, hydrologie, évacuateur de crues, crue de projet, crue de danger, revanche, stabilité, confortement, étanchéité, géomembrane.

RÉSUMÉ

Marama Nui - Electricité de Tahiti (GDF Suez) est le Maître d'Ouvrage de 15 barrages hydroélectriques situés sur l'île de Tahiti en Polynésie Française. Ces ouvrages, bien que relativement récents, montraient quelques défaillances dans leur conception, leur réalisation ou de par leur vieillissement. Le Maître d'Ouvrage a donc engagé en 2007 un programme visant à mettre ces ouvrages en conformité avec les évolutions réglementaires applicables en France métropolitaine et faisant défaut en Polynésie Française. L'ensemble des travaux préconisés reposent ainsi sur les principes de dimensionnement applicables en France métropolitaine qui ont pu être adaptés en fonction des enjeux spécifiques à chaque ouvrage et du contexte insulaire. En particulier, la révision des études hydrologiques et l'application des pratiques de France métropolitaine concernant le dimensionnement des évacuateurs de crues ont conduit à augmenter la capacité d'évacuation et/ou à rehausser la crête de 9 des 10 ouvrages principaux.

ABSTRACT

Marama Nui - Electricité de Tahiti (GDF Suez) owns 15 hydroelectric dams located in Tahiti island in French Polynesia. While these dams are not very old, they showed some deficiencies due to their original design, their construction or by their aging. So the owner started in 2007 a program to put these dams in compliance with regulatory developments applicable in France and lacking in French Polynesia. All the recommended works are based on French design principles that could be adapted to the specific issues of each dam and to the insular context. In particular, the revision of hydrological studies and the application of French practices on the design of spillways led to increase their discharge capacity and / or enhance the dam crest of 9 of the 10 main dams.

1. INTRODUCTION

Marama Nui - Electricité de Tahiti (GDF Suez) est le Maître d'Ouvrage de 15 barrages hydroélectriques situés sur l'île de Tahiti en Polynésie Française. Ces ouvrages bien que relativement récents, montraient quelques défaillances dans leur conception, leur réalisation ou de par leur vieillissement. Le Maître d'Ouvrage a donc engagé en 2007 un programme visant à mettre ces ouvrages en conformité avec les évolutions réglementaires applicables en France métropolitaine et faisant défaut en Polynésie Française.

Dans le cadre de ce programme, Tractebel Engineering – Coyne et Bellier était en charge de :

- L'établissement des dossiers des barrages ;
- L'inspection des ouvrages en eau et/ou à retenue vide ;
- Le diagnostic des ouvrages ;

- La définition des travaux de réhabilitation ;
- L'établissement des Dossiers de Consultation des Entreprises pour la réalisation de ces travaux ;
- L'assistance technique au Maître d'Ouvrage pour la réalisation des travaux qui ont débuté en 2008 et devraient s'achever vers 2018-2020.

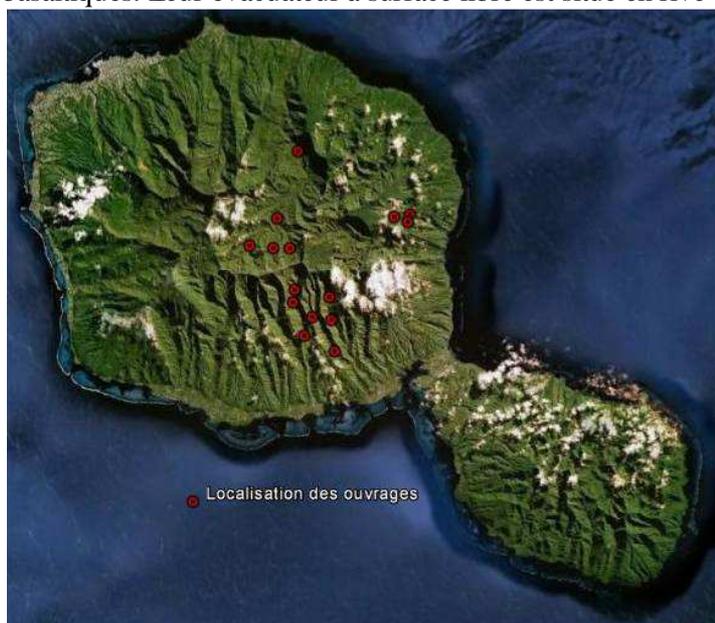
L'ensemble des travaux préconisés reposent sur les principes de dimensionnement applicables en France métropolitaine qui ont pu, au besoin, être adaptés.

La mise en conformité des ouvrages pour ce qui concerne leur capacité d'évacuation des crues est détaillée ci-après. Seul un descriptif succinct des autres travaux de réhabilitation est présenté.

2. PRÉSENTATION DES AMÉNAGEMENTS

Les ouvrages, situés dans les bassins-versants « au vent » de l'île de Tahiti (graphique 1), ont été mis en service entre 1981 et 1996. Avec 47 MW de puissance installée, leur production hydroélectrique (environ 160 GWh/an) constitue de l'ordre de 30 % de la production d'électricité de l'île.

Selon la classification française des barrages définie dans le décret de 2007 [1], ce parc hydroélectrique est constitué de 4 barrages de classe A, 2 de classe B, 5 de classe C et 4 de classe D. Ces barrages sont principalement en remblai homogène grossier avec masque amont en géomembrane. Leur parement aval présente une forme en marche d'escalier dont le nez est maintenu par de gros blocs basaltiques. Leur évacuateur à surface libre est situé en rive (graphique 2).



Graphique 1 : Localisation des 15 ouvrages



Graphique 2 : Barrage type (Vaité 2)

3. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE POLYNÉSIE

La Polynésie française est un Pays d'Outre-mer de la République française et n'est pas administrée de la même manière que les départements français.

En particulier la réglementation française relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques [1] et aux règles parasismiques [2] [3] ne s'y applique pas.

Aucune réglementation polynésienne ne venant combler ce manque, il a été fait le choix par le Maître d'Ouvrage d'appliquer la réglementation française métropolitaine et de l'adapter si besoin en fonction des spécificités de chaque ouvrage (risque de surverse, type d'évacuateur, risque en cas de rupture) et du contexte insulaire (savoir-faire des entreprises locales, coûts unitaires élevés de par l'éloignement, disponibilité des matériaux, et équipements spécifiques, etc.).

L'aléa sismique de la Polynésie française est a priori négligeable et n'a donc pas été pris en compte dans la conception des aménagements.

4. DIAGNOSTIC DES OUVRAGES

Pour l'ensemble des aménagements, il a été mis en évidence :

- Une efficacité insuffisante du système d'étanchéité amont (fuites importantes et/ou risque de renards et/ou piézométrie élevée), ceci en raison du vieillissement des géomembranes et de leur système de fixation ainsi que de la qualité médiocre des fondations ;
- Un dispositif d'auscultation globalement inopérant et insuffisant.

Par ailleurs, plusieurs aménagements présentent :

- Une insuffisance de capacité de leur évacuateur de crues pour 9 des 10 aménagements principaux (risque de surverse en crête des barrages et au niveau des bajoyers des coursiers) ;
- Un risque d'instabilité de leur parement aval pour un tiers d'entre eux (coefficients de sécurité insuffisants) ;
- Des conduites de vidange de fond et de prise d'eau fortement dégradées (déformation, corrosion).

5. DÉFINITION DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION

5.1 Présentation générale des travaux

Les travaux de réhabilitation préconisés ont consisté selon les ouvrages en :

- Une amélioration du système d'étanchéité amont (remplacement des géomembranes et de leurs systèmes de fixation, réfection des ancrages périphériques, mise en place d'un système d'étanchéité en pied amont, prolongement des étanchéités sur les talus de rives et si besoin en fond de retenue) [4] ;
- La mise en place d'un dispositif d'auscultation plus complet (piézomètres, repères topographiques, mesures des fuites) ;
- Une augmentation de la capacité des évacuateurs de crues présentée plus en détail en section 5.2 ;
- Une rehausse de la crête des barrages ;
- Une recharge en matériaux des parements aval associée à la mise en place d'un drain de pied ;
- Un rechemisage des conduites de fond.

Par ailleurs, ces travaux de réhabilitation ont été l'occasion d'apporter certaines améliorations dans l'exploitation des ouvrages :

- Un système de captage amont en fond de retenue de Vaité 2 a été mis en place afin de maintenir le turbinage des apports de la rivière lors des curages réguliers du réservoir (gain en productible) ;
- Un aménagement spécifique a été réalisé dans le bassin-versant de la rivière Faatautia afin de dévier une partie des crues vers le bassin-versant voisin et limiter les apports dans les retenues des barrages de la Faatautia qui ne pouvaient supporter ces crues extrêmes ;
- Des travaux facilitant l'accès aux sites ont été entrepris (réfection des gués, des ponts, système de récolte des eaux pluviales, des cascades, etc.).

5.2 Modernisation des évacuateurs de crues

5.2.1 Type d'évacuateurs de crues

La pluviométrie est importante sur Tahiti. Les cumuls annuels atteignent en effet 8 500 mm dans les zones au vent. Les coefficients de ruissellement étant très élevés et les aires des bassins-versants de faibles superficies (inférieures à 10 km² pour les barrages de classe A), les débits spécifiques qui y sont observés comptent parmi les records mondiaux (proches de 70 m³/s/km²). Les crues sont ainsi soudaines et peuvent remplir les retenues de faibles capacités en quelques heures.

La capacité de laminage de ces retenues est négligeable (sauf pour Vaihiria 3), le volume des réservoirs représente en effet à peine 10% du volume des crues de projet. L'assurance d'un fonctionnement adéquat des évacuateurs de crues est donc primordiale d'un point de vue de la sécurité. Le choix de déversoirs à seuil libre rectiligne (sans organe mobile) s'est ainsi imposé aux concepteurs et a été conservé dans le cadre des études de réhabilitation. Ceci d'autant plus qu'en cas de crues importantes ou d'alertes cycloniques aucune intervention humaine n'est envisageable, l'accès aux barrages étant alors impossible.

5.2.2 Choix de la période de retour de la crue de projet

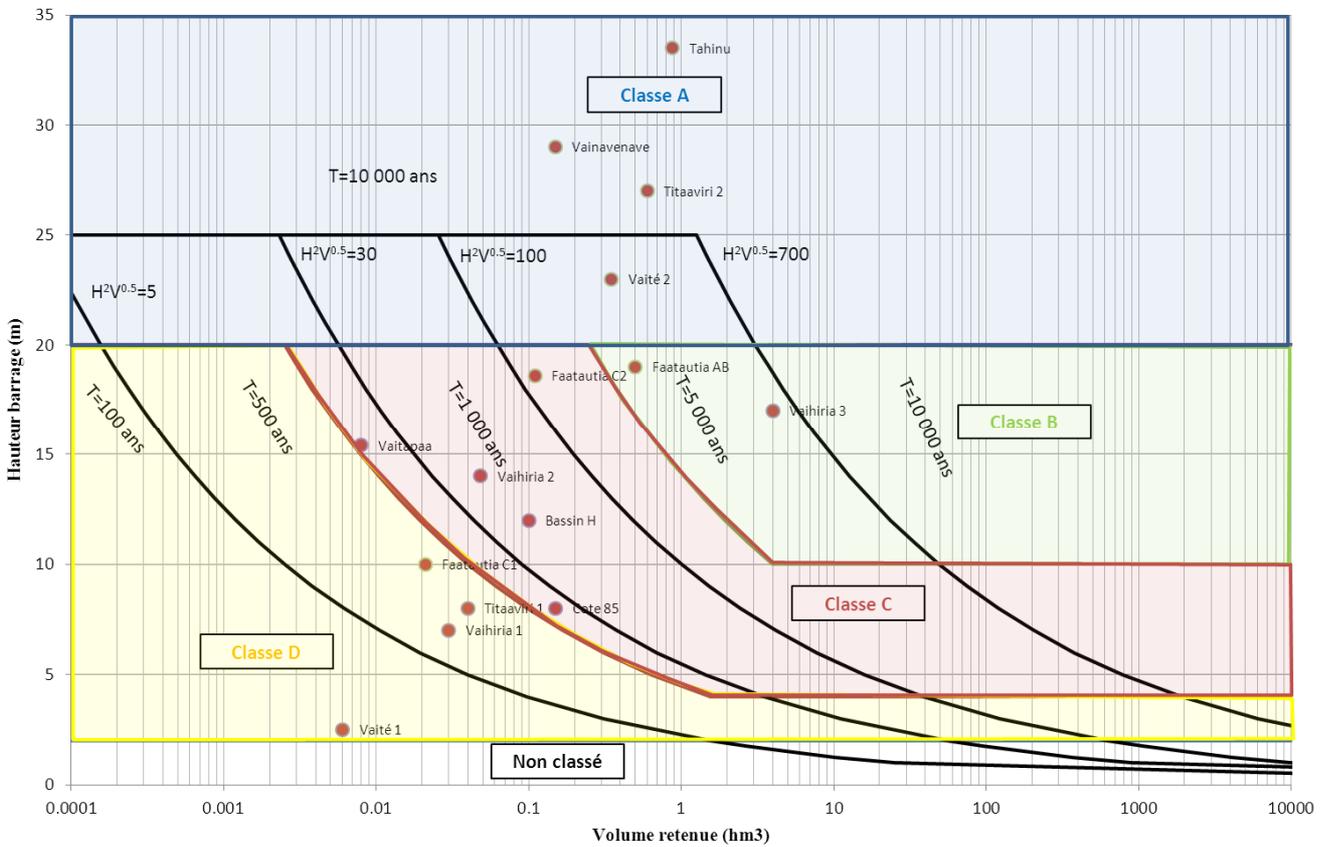
La pratique française était d'adopter pour les petits barrages ($H < 25$ m) une période de retour de la crue de projet fonction du risque intrinsèque à chaque ouvrage, conformément aux recommandations du CFGB de 1997 [5]. Alors que pour les grands barrages en remblai, il était usuel de considérer une période de retour de 10 000 ans. Depuis juin 2013, de nouvelles recommandations sont entrées en vigueur [9]. Bien que non considérées dans les présentes études, antérieures à leur parution, leur impact est discuté en section 6.

Le risque intrinsèque est représenté par le paramètre $H^2V^{0.5}$ où H (en m) est la hauteur du barrage au-dessus du terrain naturel et V (en millions de m^3) le volume de la retenue à la cote de retenue normale.

$H^2V^{0.5}$	<5	5 à 30	30 à 100	100 à 700	>700
T (années)	100	500	1 000	5 000	10 000

Tableau 1 : Période de retour de la crue de projet (T) en fonction du paramètre $H^2V^{0.5}$

Le graphique 3 présente les périodes de retour des crues de projet recommandées en fonction de H et V (voir tableau 1) ainsi que les différentes classes de barrage selon les critères définis dans le décret de 2007 [1] (voir tableau 2). On remarquera qu'un barrage de classe A, de hauteur comprise entre 20 et 25 m, peut ainsi avoir pour recommandation une crue de projet de période de retour plus faible que 10 000 ans.



Graphique 3 : Recommandations pour le choix des périodes de retour des crues de projet [5]

Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques
A	$H \geq 20$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H^2V^{0.5} \geq 200$ et $H \geq 10$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H^2V^{0.5} \geq 20$ et $H \geq 5$
D	Ouvrage non classé en A, B ou C et pour lequel $H \geq 2$

Tableau 2 : Classement des barrages [1]

Le tableau 3 synthétise, pour les 15 barrages étudiés, les périodes de retour (T) et les débits de pointe (Qp) des crues de projet adoptées lors de la conception, recommandées dans la pratique française et finalement retenues pour la vérification de la capacité des évacuateurs de crues et pour leur éventuel redimensionnement. À noter que les études de conception et la construction des barrages sont antérieures à la parution des recommandations du CFGB pour les petits ouvrages de 1997.

Barrage	Classement			Crue conception		Crue recommandée		Crue adoptée	
	Classe	H (m)	V (hm ³)	T (années)	Qp (m ³ /s)	T (années)	Qp (m ³ /s)	T (années)	Qp (m ³ /s)
Tahinu	A	33	0,87	1 000	500	10 000	644	10 000	644
Vainavenave	A	29	0,15	1 000	150	10 000	183	5 000	166
Titaaviri 2	A	27	0,60	>300	277	10 000	238	5 000	215
Vaité 2	A	23	0,35	100	240	5 000	266	5 000	266
Faatautia AB	B	19	0,46	1 000	100	5 000	171	5 000	171
Vaihiria 3	B	17	3,98	1 000	196	5 000	236	5 000	236
Faatautia C2	C	19	0,11	1 000	20	1 000	38	1 000	38
Vaitapaa	C	15	0,01	?	?	500	93	500	93
Vaihiria 2	C	14	0,05	1 000	200	1 000	247	1 000	247
Bassin H	C	12	0,10	?	35	1 000	45	1 000	45
Cote 85	C	8	0,15	3 000	2 000	500	1 522	500	1 522
Faatautia C1	D	10	0,02	1 000	16	500	22	1 000	26
Titaaviri 1	D	8	0,04	> 300	433	500	214	500	214
Vaihiria 1	D	7	0,03	?	230	500	337	500	337
Vaité 1	D	3	0,01	submersible	-	100	-	100	-

Tableau 3 : Comparaison des crues de projet de conception, recommandées et adoptées pour les 15 barrages

La moitié des ouvrages a été dimensionnée lors de la conception pour des périodes de retour des crues de projet faibles par rapport aux pratiques actuelles. Par ailleurs, les revanches adoptées à l'époque étaient très faibles (quelques dizaines de centimètres) voire nulles. Heureusement les études hydrologiques menées en 2009-2010 ont conclu à une révision globalement à la baisse des crues extrêmes. Ainsi les débits de pointe des crues de projet recommandées sont globalement nettement supérieurs à ceux de la conception (+40 % en moyenne) mais dans des proportions toutefois moindres que ce qu'il avait pu être craint. Seuls 3 aménagements (indiqués en vert dans le Tableau 3) voient le débit de pointe de leur crue de projet revue à la baisse (Titaaviri 2, Cote 85 et Titaaviri 1).

Il a été fait le choix, bien qu'ils ne soient plus considérés comme des petits barrages, d'adopter pour les barrages de Vainavenave et Titaaviri 2 (indiqués en bleu dans le Tableau 3) les critères de recommandations basés sur le risque intrinsèque (T=5 000 ans) et non pas les critères usuels pour les grands barrages en remblai (T=10 000 ans). En effet :

- Ces ouvrages sont très proches de la hauteur choisie comme frontière entre petits et grands barrages (25 m) ;
- Les volumes des réservoirs sont faibles par rapport aux volumes des crues de projets (environ 10%). Le volume d'eau supplémentaire qui pourrait être relâché en cas de rupture de l'ouvrage n'apporterait pas de risque supplémentaire majeur par rapport à la crue naturelle ;
- Le type des évacuateurs permet de s'affranchir du risque lié à une éventuelle défaillance hydromécanique. Il permet par ailleurs d'avoir plus de marge de sécurité par rapport à une éventuelle sous-estimation de l'hydrologie que ne le permettent d'autres types d'évacuateurs (par exemple labyrinthe ou en tulipe) ;
- La gravité des conséquences d'une rupture est jugée « modérée » selon les critères définis dans le guide de lecture des Etudes de dangers des barrages [6], le nombre de personnes exposées en cas de crues extrêmes étant a priori inférieur à 10 ;
- Les revanches adoptées permettent de se prémunir contre des crues notablement supérieures à la crue de projet (voir section 5.2.3).

Pour le barrage de Faatautia C1 (indiqué en bleu dans le Tableau 3), bien qu'une période de retour de seulement 500 ans soit recommandée, il a été fait le choix d'adopter une période de retour de 1 000 ans car cet aménagement présente un enjeu particulièrement important en termes de production hydroélectrique.

5.2.3 Choix de la revanche

Le choix de la revanche à adopter s'est basé sur les recommandations du CFGB pour les petits barrages [5]. Ces recommandations consistent à adopter la revanche maximale calculée selon 2 formules :

- Formule liée au risque intrinsèque des ouvrages ;
- Formule de Bretschneider et Gaillard applicable pour les retenues de petites superficies (<100 ha).

De même que pour le choix de la crue de projet, ces recommandations ont également été appliquées pour les barrages de Vainavenave (H=29 m) et Titaaviri 2 (H=27 m), bien qu'ils ne soient pas considérés comme des petits barrages, la superficie de leur retenue respectant bien les critères d'applicabilité de la formule de Bretschneider et Gaillard. Par contre les recommandations de l'USBR [7] ont également été vérifiées pour l'ouvrage de Tahinu de plus grande hauteur (33 m).

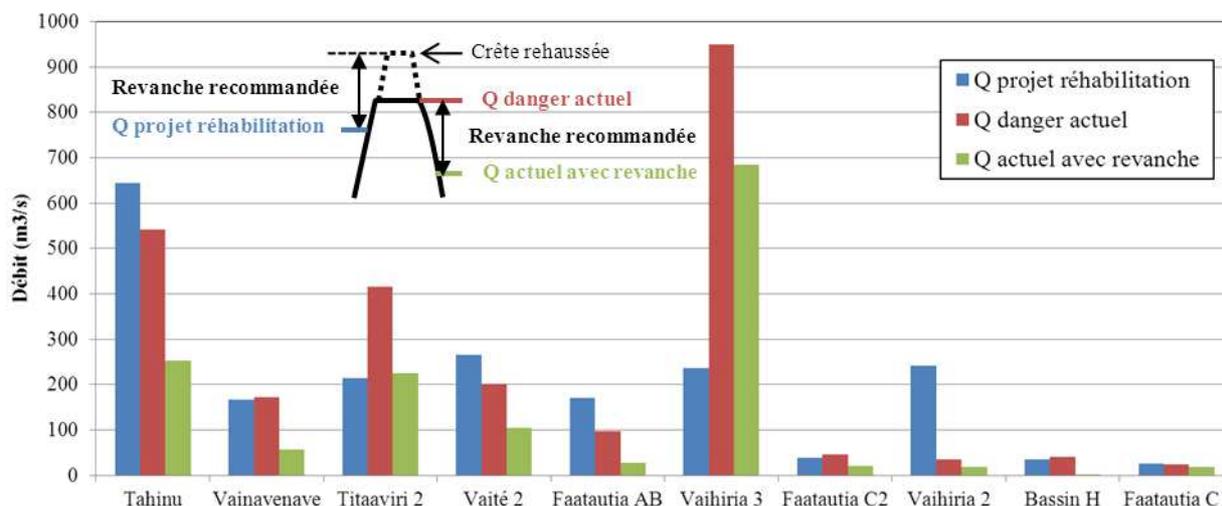
Pour l'ensemble des ouvrages, la formule liée au risque intrinsèque est dimensionnante et a donc été adoptée pour la vérification du dimensionnement des ouvrages et leur éventuelle restructuration.

5.2.4 Vérification de la capacité des évacuateurs de crues actuels

La vérification de la capacité des évacuateurs de crues actuels (avant réhabilitation) a été réalisée par modélisation numérique 1D, 2D ou 3D selon les spécificités des aménagements [8]. Il a été vérifié que pour la crue de projet adoptée pour les études de réhabilitation :

- Les débits pouvaient être évacués tout en respectant les critères de revanche fixés ;
- Une revanche de 50 cm minimum était respectée dans le coursier d'évacuation ;
- La structure des ouvrages était bien adaptée (géométrie, dimensions, ferrailage, etc.).

Le graphique 4 compare entre eux les débits de pointe de la crue de projet adoptée pour les études de réhabilitation, ceux de la crue de danger actuelle considérée classiquement comme celle engendrant un déversement en crête et ceux de la crue actuelle permettant de respecter la revanche adoptée.



Graphique 4 : Vérification de la capacité des évacuateurs de crues des 10 barrages principaux

Sur les 10 barrages principaux, 8 présentent un évacuateur de crues qui ne permet pas d'évacuer la crue de projet adoptée en respectant les critères de revanche recommandés.

Parmi ces 8 ouvrages, 6 ont également des bajoyers de hauteurs trop faibles engendrant un déversement par-dessus leur crête et donc un risque d'érosion du remblai du parement aval auquel ils sont accolés.

Pour 6 des ouvrages, la crue de projet provoquerait un déversement en crête du barrage. Les débits actuels pouvant être évacués en respectant les critères de revanche sont ainsi bien deçà des recommandations.

Seuls les évacuateurs de crues de Titaaviri 2 et de Vaihiria 3 permettent de respecter les critères de revanche. Malheureusement l'évacuateur de crues de Titaaviri 2 présente d'autres problématiques (risque de déversement par-dessus les bajoyers et risque d'embâcles du coursier) qui ont mené à devoir réaliser un évacuateur de crues de secours (voir section 5.3).

Ainsi au final, 9 des 10 barrages principaux ont dû faire l'objet de travaux visant à permettre l'évacuation de leur crue de projet en toute sécurité.

5.2.5 Dimensionnement de la crête des barrages et des parapets de crête

Le calcul des PHE (cote de la retenue atteinte pour la crue de projet considérée dans des études de réhabilitation) et des revanches ont permis de fixer la cote de crête minimale à respecter. Lorsque les ouvrages ne respectaient pas ce critère, il a été fait le choix de rehausser la crête des ouvrages et/ou d'augmenter la capacité des évacuateurs de crues.

La rehausse de la crête des ouvrages s'est faite par recharge en remblai associée à un parapet amont. Lorsque la rehausse était minime seul un parapet amont a été mis en place. Les hauteurs des rehausses s'étendent de quelques dizaines de centimètres jusqu'à 2,7 m.

Contrairement aux pratiques courantes pour des ouvrages neufs, la revanche inclut ici les parapets. La cote de crête des parapets peut ainsi être considérée comme la cote de danger des ouvrages. A cette fin, une attention particulière a été portée au dimensionnement de ces parapets afin d'assurer leur continuité rive à rive, leur stabilité à la poussée hydrostatique et leur étanchéité. Par ailleurs, pour l'ensemble des ouvrages, le parapet ne sert que de revanche, les PHE restent ainsi inférieures ou égales à la cote de crête du barrage en remblai.

5.2.6 Augmentation de la capacité des évacuateurs

Afin d'augmenter la capacité des évacuateurs plusieurs options ont été adoptées en fonction des spécificités de chaque aménagement (contraintes topographiques, contraintes d'exploitation) :

- Reconstruction totale de l'évacuateur afin d'augmenter sa largeur déversante ainsi que les dimensions du coursier (largeur du coursier, hauteurs des bajoyers). Ceci nécessite d'avoir une emprise suffisante autour de l'évacuateur existant, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas.
- Reconstruction partielle de l'évacuateur de crues (reprofilage du seuil, élargissement de l'entonnement, abaissement du seuil, rehausse des bajoyers).

5.3 Cas spécifique du barrage de Titaaviri 2

L'évacuateur de crues de Titaaviri 2, constitué d'un seuil latéral en RG, permet d'évacuer la crue de projet en respectant les critères de revanche en crête de l'ouvrage. Quelques déversements ponctuels sont toutefois susceptibles de se produire au niveau des bajoyers. Mais surtout, l'évacuateur est placé à l'aplomb d'une falaise instable dont des blocs se détachent régulièrement (graphique 5). Il existe ainsi un risque qu'un éboulement majeur survienne, de volume suffisant pour obstruer entièrement l'évacuateur. En témoigne l'occurrence d'un éboulement récent 250 m à l'aval du barrage ayant mobilisé 165 000 m³ de matériaux.



Graphique 5 : Barrage de Titaaviri 2 (Vue amont évacuateur principal – Projet d'évacuateur de secours – Travaux)

Il a ainsi été décidé de réaliser un évacuateur de crues de secours dimensionné de façon à ce que sur la période de remise en état de l'évacuateur principal suite à un éboulement (1 an), la probabilité d'occurrence de la crue de dimensionnement de l'évacuateur de secours soit du même ordre que celle de la crue de projet sur la période d'exploitation de l'ouvrage (50 ans). La période de retour de la crue de dimensionnement de l'évacuateur de secours est ainsi de 100 ans. La revanche considérée pour cette crue a également été moins

conservative que pour l'évacuateur principal et a consisté à se prémunir uniquement contre la hauteur des vagues.

L'évacuateur de secours a été réalisé sur le remblai aval du barrage. Il est constitué de 10 marches bétonnées indépendantes de 3 m de haut et 25 m de long. Il est déporté de la rive gauche afin de l'éloigner des risques de chute de blocs. Une zone tampon gunitée a été réalisée entre l'évacuateur de secours et celui existant afin de récupérer les éventuels déversements de l'évacuateur principal pouvant survenir lors de la crue de projet.

6. ÉVOLUTION DES RECOMMANDATIONS

De nouvelles recommandations concernant le dimensionnement des évacuateurs de crues en France métropolitaine ont été éditées par le CFBR en juin 2013 [9]. Ces nouvelles recommandations pour le choix des périodes de retour des crues en situations exceptionnelles pour les barrages meubles sont :

- 10 000 ans pour les ouvrages de classe A ;
- 3 000 ans pour les ouvrages de classe B ;
- 1 000 ans pour les ouvrages de classe C ;
- 300 ans pour les ouvrages de classe D avec un volume de retenue supérieur à 50 000 m³ ;
- Aucune recommandation pour les autres ouvrages.

Ces nouvelles recommandations, si elles étaient appliquées aux ouvrages tahitiens étudiés, mèneraient à modifier, à la hausse ou à la baisse, le choix de la période de retour à adopter pour le calcul des PHE de 8 des 15 barrages (Tableau 4) :

Barrage	T (années) Recommandations considérées CFGB 1997	T (années) Recommandations CFBR juin 2013
Vaité 2	5 000	10 000
Faatautia AB	5 000	3 000
Vaihiria 3	5 000	3 000
Vaitapaa	500	1 000
Cote 85	500	1 000
Faatautia C1	500	-
Titaaviri 1	500	-
Vaihiria 1	500	-

Tableau 4 : Comparaison recommandations CFGB 1997 et CFBR juin 2013

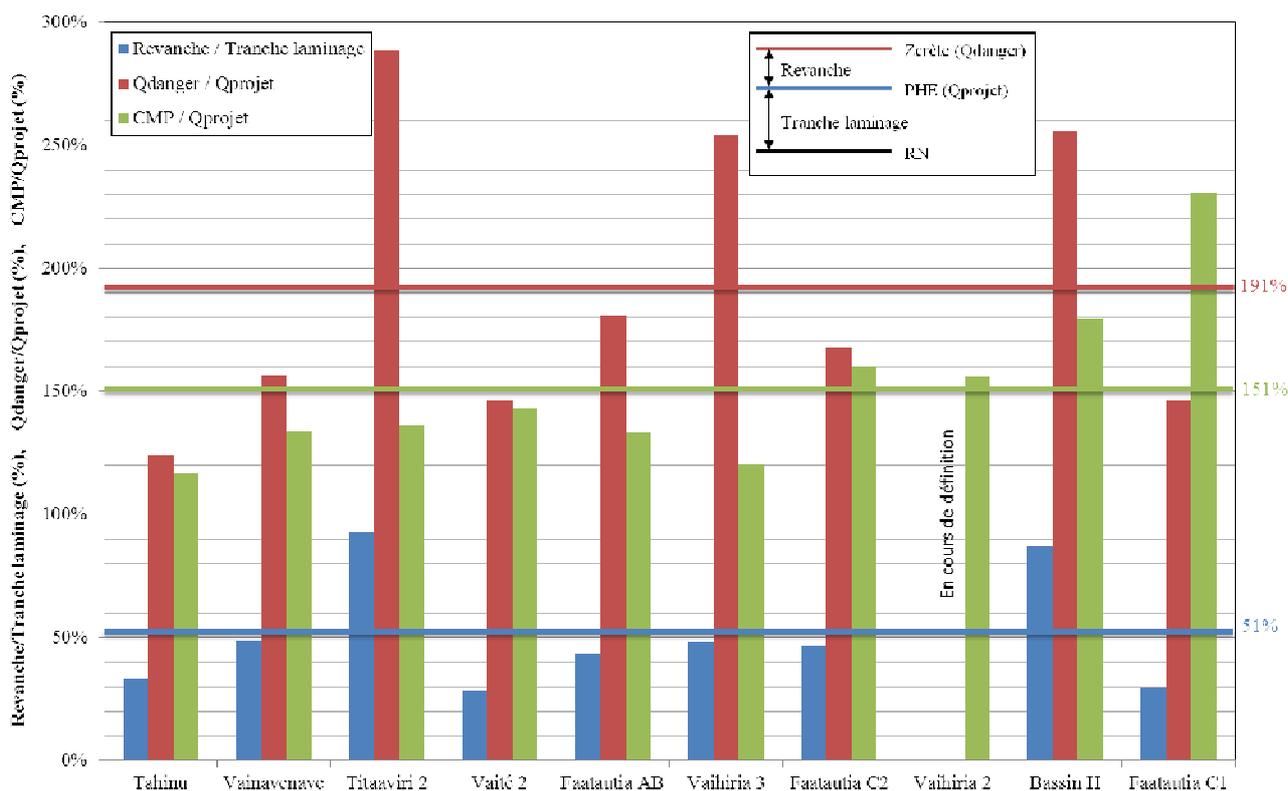
L'impact de l'application de ces nouvelles recommandations serait toutefois assez faible. Seule la revanche adoptée dans le programme actuel de réhabilitation pourrait être dans certains cas considérée trop faible. Mais les rehausses supplémentaires nécessaires seraient relativement négligeables, la variation de PHE due au changement de la période de retour de la crue de projet étant faible par rapport à la revanche.

Par ailleurs, de nouvelles recommandations ont également été préconisées cette année pour les situations extrêmes où la cote de danger ne doit pas être dépassée. Les critères en termes de probabilité annuelle à ne pas dépasser sont :

- 10⁻⁵ pour les ouvrages de classe A ;
- 3.10⁻⁵ pour les ouvrages de classe B ;
- 1.10⁻⁴ pour les ouvrages de classe C ;
- 1.10⁻³ pour les ouvrages de classe D avec un volume de retenue supérieur à 50 000 m³ ;
- Aucune recommandation pour les autres ouvrages.

Cette dernière recommandation n'aurait pas d'impact sur les aménagements étudiés en effet les revanches adoptées (de l'ordre de 50% de la tranche de laminage) permettent d'augmenter considérablement les marges de sécurité.

Comme présenté sur le graphique 6, pour 9 des 10 barrages principaux, la retenue n'atteindrait pas la cote de danger même lors de l'occurrence de la Crue Maximale Probable (histogramme rouge > histogramme vert ; Qdanger / CMP = 1,26). Il en est de même pour les niveaux d'eau dans les coursiers.



Graphique 6 : Comparaison des paramètres adimensionnels [Revanche / Tranche de laminage], [Qdanger / Q projet], [CMP / Crue de projet] des 10 ouvrages principaux après réhabilitation

7. CONCLUSION

La prise en compte de l'évolution des situations de projet à considérer (crue, séisme,...) est nécessaire pour assurer la sécurité et la pérennité des aménagements. Cependant il ne faut pas oublier que le dimensionnement des ouvrages s'appuie souvent sur des recommandations, et non des réglementations, qui ne doivent pas être appliquées sans réflexion et doivent pouvoir être adaptées au contexte du projet de façon pertinente. En particulier dans le cas d'ouvrages existants où l'application de ces évolutions peut représenter un impact financier très lourd pour le Maître d'Ouvrage.

8. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Marama Nui - Electricité de Tahiti (GDF Suez) qui leur ont permis de publier ce papier ainsi que l'ensemble de leurs collègues qui ont été amenés à travailler sur ce projet.

9. RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- [1] MEEDDAT. Décret 2007-1735 du 11/12/2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement. Journal Officiel de la République Française.
- [2] Décret n°2010-1254 du 22/10/10 relatif à la prévention du risque sismique. J. O. République Française.
- [3] Décret n°2010-1255 du 22/10/10 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français. Journal Officiel de la République Française.
- [4] A.M. Scuero & G.L. Vaschetti. *Innovative geomembrane system at Vaité embankment dam*. Congrès ICOLD de Tokyo au Japon 05/06/2012.

- [5] CFGB. Petits barrages – recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi. Tableau 1, p 25. Editions Cemagref 2002 (édition initiale 1997).
- [6] MEEDDAT. *Guide de lecture des études de dangers des barrages*. Annexe à la circulaire du 31/10/2008 relatives aux études de dangers des barrages. p18. J. O. de la République Française.
- [7] U.S.B.R (United States Bureau of Reclamation). *Freeboard criteria and guidelines for computing freeboard allowances for storage dams*. Acer technical memorandum n°2. Revised 1992.
- [8] G. Milési & S. Causse. *3D numerical Modeling of a side channel spillway*. Congrès SimHydro 2012.
- [9] CFBR Groupe de travail « Dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages ». *Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages*. Juin 2013.