

# Sécurisation de l'évacuation des crues au barrage de Kariba et gestion de la retenue

## *Securing the spilling of floods at Kariba dam and reservoir operation*

Odile CLAVE

Le Delage, 5 rue du 19 mars 1962, 92622 Gennevilliers cedex  
odile.clave@gdfsuez.com

Christine NORET

Le Delage, 5 rue du 19 mars 1962, 92622 Gennevilliers cedex  
christine.noret@gdfsuez.com

Nathalie ROSIN-CORRE

Tour Part-Dieu, 129 rue servient, 69326 Lyon, cedex 3  
nathalie.rosin-corre@gdfsuez.com

### MOTS-CLES

Barrage, hydrologie, évacuateur de crue, fosse d'érosion, confortement, gestion, réservoir.

### RESUME

*Le barrage de Kariba, situé sur le Zambèze, est un barrage voûte de 128 m de hauteur construit entre 1956 et 1959. Il crée un des plus grands lacs artificiels du monde (181 km<sup>3</sup>). L'évacuateur comprend six passes vannées en charge, offrant une capacité totale de 9000 m<sup>3</sup>/s. Le réservoir est géré de manière à assurer un creux de 23,2 km<sup>3</sup> avant la période des crues pour permettre le passage de la crue décennale. Le réservoir alimente deux usines hydroélectriques, d'une capacité cumulée de 1470 MW, et situées sur chacune des rives, en Zambie et au Zimbabwe. Le Maître d'Ouvrage (Zambezi River Authority) a engagé en 2011 un programme d'études pour sécuriser l'évacuation des crues. Celui-ci répond à un double souci : la maîtrise de l'évolution de la fosse d'érosion, et la modernisation du dispositif de mise à sec des passes pour faire face aux besoins grandissants de maintenance des vannes. Les travaux de confortement de la fosse d'érosion et de réhabilitation de l'évacuateur de crues sont exposés dans une première partie. Les contraintes liées à l'hydrologie et à la production hydroélectrique pendant les travaux sont ensuite détaillées. L'impossibilité d'abaisser la retenue pour travailler à sec sur l'évacuateur est une contrainte majeure de même que l'impossibilité de travailler dans la fosse d'érosion lors des déversements annuels. On présente enfin l'étude menée pour évaluer la possibilité de faire ces travaux en toute sécurité, et optimiser la durée globale des travaux par rapport au risque hydrologique et à la production d'énergie.*

### ABSTRACT

*Kariba dam, located on Zambeze River, is a 128 m high arch dam built in the fifties. The reservoir is one of the largest artificial lakes in the world (181 km<sup>3</sup>). The spillway is made of six sluices 33 m below the crest and has a total capacity of 9000 m<sup>3</sup>/s. A reservoir rule curve is imposed to create a buffer volume of 23.2 km<sup>3</sup> in order to safely pass the 10000 years return period flood. Two hydropower stations (1470 MW in total) are using Kariba lake water and are set on each bank, one in Zambia the other in Zimbabwe. Studies were launched in 2011 by the Owner (Zambeze River Authority) to secure the flood management system with two main goals in mind: control the plunge pool scouring evolution, and upgrade the sluice hydro mechanical equipment to face the increasing need of maintenance. In a first part, the works planned for the spillway and the plunge pool are presented. Hydrological and electricity production constrains are then emphasized. Finally, the study made to assess the possibility of safely performing the necessary works and to optimize the works schedule with respect to the hydrological risk and the electricity production is presented.*

## 1. CONTEXTE

Zambezi River Authority (ZRA) est le Maître d'Ouvrage du barrage de Kariba sur le Zambèze. Ce barrage voûte de 128 m de hauteur construit en 1956 et 1959 crée un des plus grands lacs artificiels du monde ( 181 km<sup>3</sup>). Les crues sont évacuées par les six passes vannées en charge de l'évacuateur, de 9000 m<sup>3</sup>/s de capacité totale. Le plan d'eau est géré de manière à assurer un creux de 23,2 km<sup>3</sup> avant la période des crues pour permettre le passage de la crue décennale. Le réservoir alimente deux usines hydroélectriques, d'une capacité cumulée de 1470 MW, situées sur chacune des rives, respectivement en Zambie et au Zimbabwe.

Le Maître d'Ouvrage a engagé en 2011 un programme d'études pour sécuriser l'évacuation des crues. Celui-ci répond à un double souci. D'une part, à la faveur de déversements soutenus lors des vingt premières années d'exploitation, une fosse d'érosion de 80 m de profondeur s'est créée à l'aval du barrage dont l'évolution doit être stoppée. Aujourd'hui, il est conseillé de ne se servir que de 3 passes non adjacentes au maximum pour évacuer les crues afin de limiter l'impact des jets sur la fosse. D'autre part, il est nécessaire de moderniser le dispositif de mise à sec des passes pour faire face à des besoins grandissants de maintenance des vannes après 50 ans d'exploitation du barrage et des risques de défaillance accrus par les déformations de l'évacuateur sous l'effet du gonflement du béton.

Les études de confortement de la fosse d'érosion et de réhabilitation de l'évacuateur ont été menées au stade de faisabilité puis d'avant-projet détaillé en 2011 et 2012.

## 2. TRAVAUX DE CONFORTEMENT ENVISAGES

### 2.1 Fosse d'érosion

Le remodelage de la fosse d'érosion a pour but d'augmenter le volume disponible pour la dissipation d'énergie, de faciliter l'évacuation des remous vers l'aval et d'éviter la concentration des turbulences dans une zone confinée. Les travaux consistent donc en un élargissement de la fosse par excavation comme indiqué sur la figure 1.

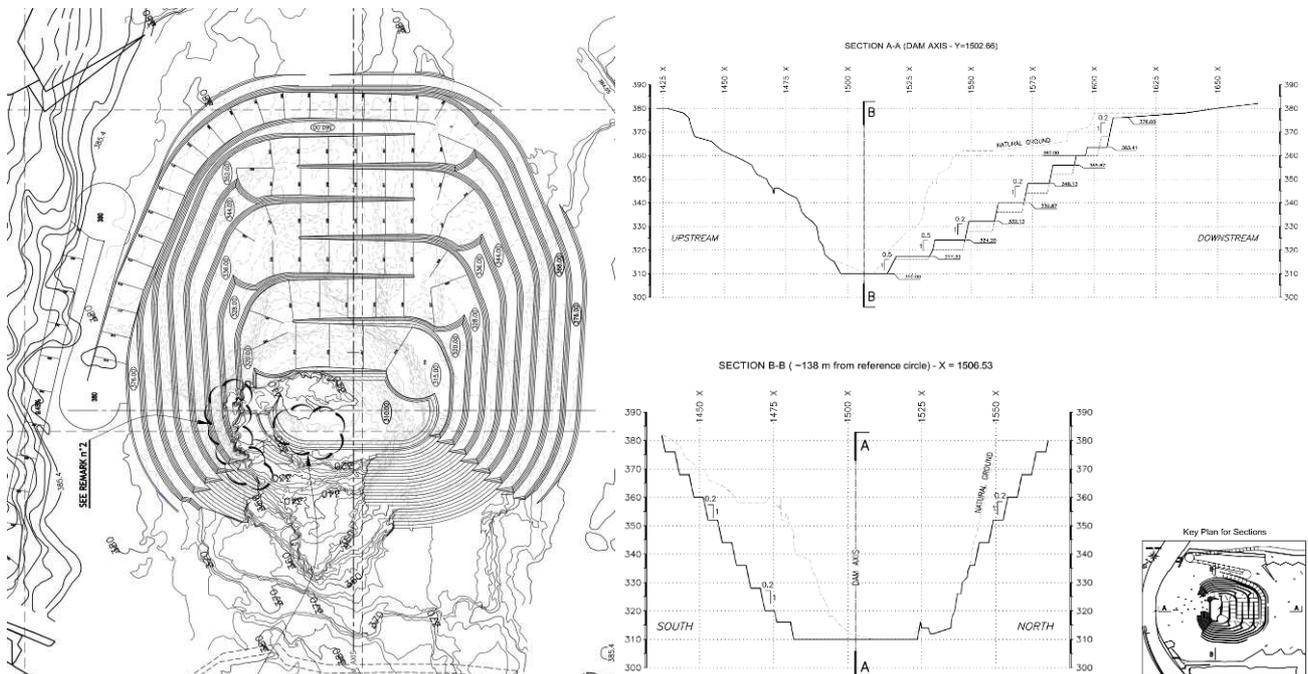


Figure 1 : Vue en plan et coupe de l'élargissement de la fosse d'érosion de Kariba

### 2.2 Evacuateur

Les travaux de modernisation de l'évacuateur de crues comprennent les éléments suivants : la fourniture d'une vanne d'urgence à l'amont, la rénovation des rainures des batardeaux amont et leur adaptation à la future vanne d'urgence, la fourniture et l'installation du portique de manœuvre de la vanne d'urgence et des batardeaux, la fourniture d'un jeu de batardeaux neufs (voir figure 2).

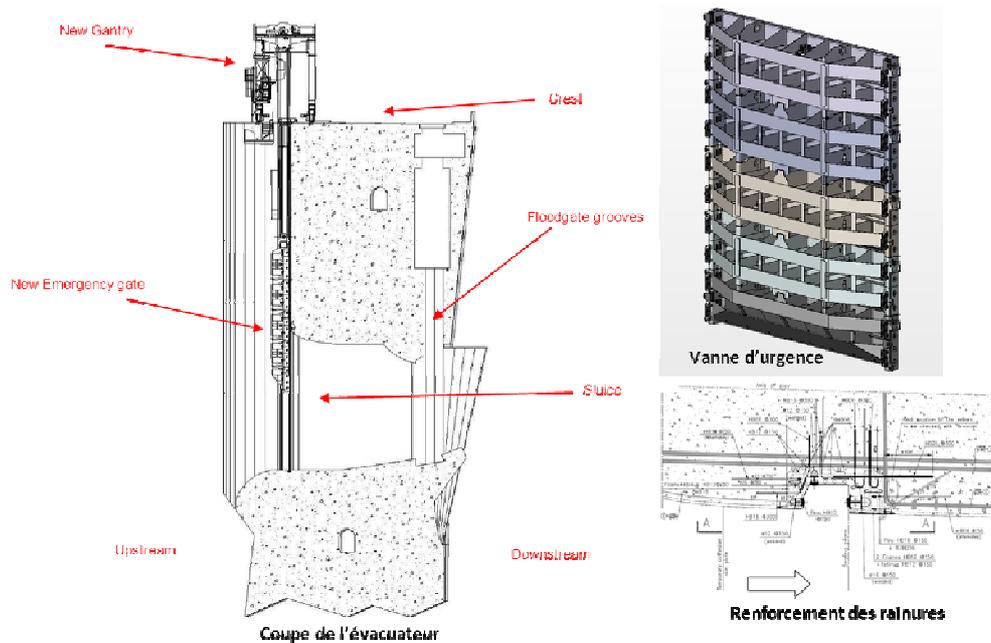


Figure 2 : Travaux prévus pour l'évacuateur

### 3. GESTION DES CRUES ET PRODUCTION D'ÉNERGIE PENDANT LES TRAVAUX

#### 3.1 Problématique

Les travaux de la fosse d'érosion sont situés à l'aval de l'évacuateur ; il est donc important de s'assurer qu'aucun déversement n'aura lieu pendant la période de travaux. La durée totale des travaux est estimée à 16 mois, tandis que la période de déversement peut s'étendre de janvier à août (8 mois). Par conséquent, une gestion particulière de la retenue pendant les travaux doit être prévue et étudiée.

En ce qui concerne les travaux sur l'évacuateur, le volume du réservoir ne permet pas d'abaisser le plan d'eau jusqu'au seuil des pertuis. Les travaux de rénovation des rainures amont, à réaliser à sec, doivent donc se faire à l'abri d'un batardeau provisoire, spécialement construit pour les besoins des travaux et permettant de garder le réservoir à son niveau normal. Le batardeau imaginé à ce stade des études est une structure métallique en appui sur le génie civil de l'évacuateur qui ménage un espace suffisant pour les travaux. La mise en place et l'utilisation de ce batardeau génère les contraintes suivantes :

- Pendant les travaux, le pertuis en travaux ainsi que les pertuis adjacents ne peuvent pas être utilisés pour l'évacuation des crues ;
- Le niveau du réservoir doit être compris dans une plage prédéfinie afin d'assurer la stabilité et l'étanchéité du batardeau.

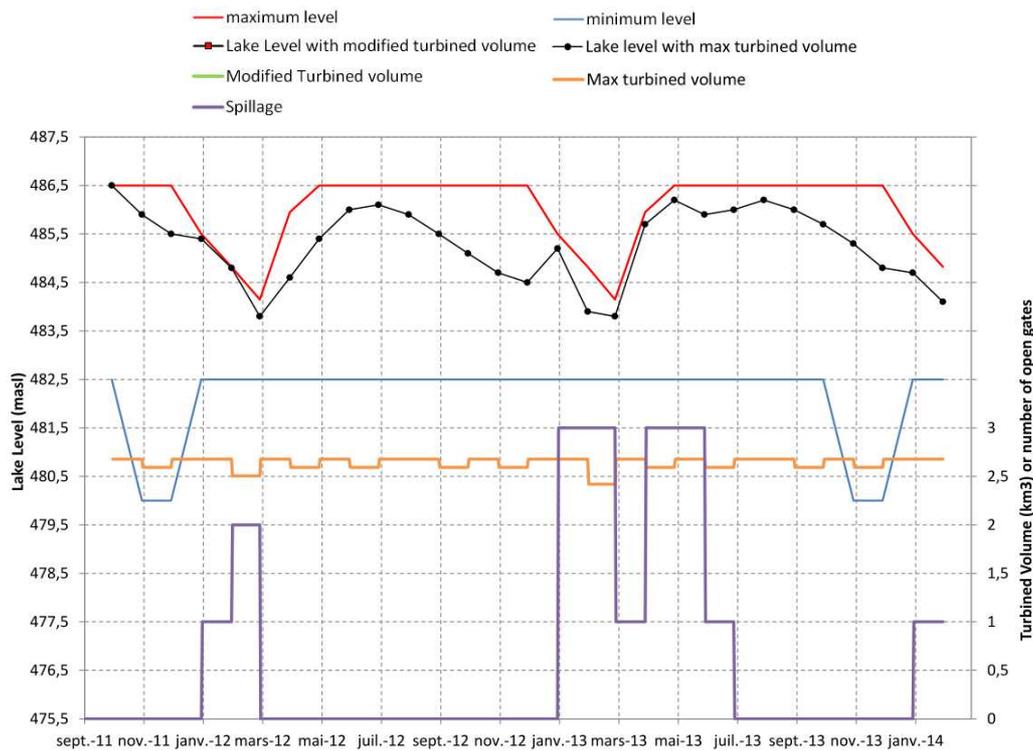
#### 3.2 Simulations

Un outil de simulation a été développé afin de vérifier la possibilité de faire ces travaux de manière sécuritaire et d'optimiser le phasage des travaux pour limiter les impacts sur la production d'énergie.

Pour les travaux de la fosse d'érosion, il est possible, comme il est fait annuellement, de ménager un creux préventif dans le réservoir pour stocker les crues de chantier et retarder les épisodes d'évacuation. Les simulations ont permis d'évaluer la taille du creux nécessaire, la période de protection ainsi assurée et l'impact de ce creux sur la production d'énergie pendant les travaux et les années suivantes. En effet, plus la période de protection nécessaire est longue plus le creux à prévoir est important. La baisse artificielle du réservoir a un impact majeur sur la production d'énergie, puisque la réserve d'eau pour les saisons sèches des années suivantes est perdue par déversement.

Pour les travaux de l'évacuateur, les simulations ont permis de vérifier si la plage de niveaux de réservoir requise par le batardeau de chantier pouvait être respectée quel que soit le scénario hydrologique

(succession d'années sèches ou humides) et d'évaluer les possibles pertes de production d'énergie liées à cette contrainte. Le graphique 1 présente un exemple de simulation pour les travaux de l'évacuateur.



*Graphique 1 : Exemple de résultats de simulation pour les travaux de l'évacuateur*

### 3.3 Résultats et Solutions

Cette étude a permis de conclure que le meilleur compromis, au regard des risques de perte de production d'hydroélectricité, était de remodeler la fosse d'érosion lors de campagnes de 7 mois interrompues par des périodes de 5 mois pour l'évacuation des crues. Ces travaux s'étaleraient donc sur 3 ans. Les simulations ont également permis de vérifier qu'il était possible à la fois de gérer les crues de chantier de l'évacuateur avec un nombre réduit de pertuis disponibles pendant les travaux et de conserver un niveau de réservoir dans la gamme visée pour l'installation et l'exploitation du batardeau temporaire tout en limitant l'impact négatif sur la production des usines. Pour cela, il est toutefois nécessaire de déverser par des passes adjacentes. Ceci conduit à programmer le remodelage de la fosse d'érosion avant les travaux de l'évacuateur afin de pouvoir s'affranchir de la limitation actuelle sur l'utilisation de pertuis adjacents.

## 4. CONCLUSIONS

La modernisation et la sécurisation du système d'évacuation des crues du barrage de Kariba nécessitent des travaux importants sur l'évacuateur et dans la fosse d'érosion. Assurer la sécurité de l'ouvrage et du chantier pendant les travaux face au risque hydrologique est une problématique particulière et importante de l'étude d'avant-projet. Dans le cas de Kariba, elle a pu être résolue grâce à une gestion particulière du réservoir et un phasage optimisé des travaux.

## 5. REFERENCES

- [1] C.Noret, J.C. Girard, C.Munodawafa, D. Z. Mazvidza. Kariba dam on Zambezi river : stabilizing the natural plunge pool . 6th International Conference on Scour and Erosion (ICSE 6). Paris, France, August 27-31, 2012 and La Houille Blanche, n°1, 2013, p.34-41.
- [2] C.Munodawafa, D. Z. Mazvidza, N. Rosin-Corre, L. Cloitre. Safety enhancement of Kariba dam's spillway : projected implementation of an emergency gate. International Conference on Water storage and hydropower development for Africa (Africa 2013). Addis Ababa, Ethiopia, April 16-18, 2013.