

Design et Construction du Barrage de Bwanje au Malawi

Un barrage pour l'irrigation

Etude et construction d'un
évacuateur de crue non revêtu pour
un barrage en remblai de 40m



GOVERNMENT OF MALAWI
Ministry of Finance, Economic Planning and Development
NAO Support Unit



EUROPEAN UNION

The Consultants
and Designer



Ruo Consultants
Multi-disciplinary Consulting Civil Engineers

The Contractor



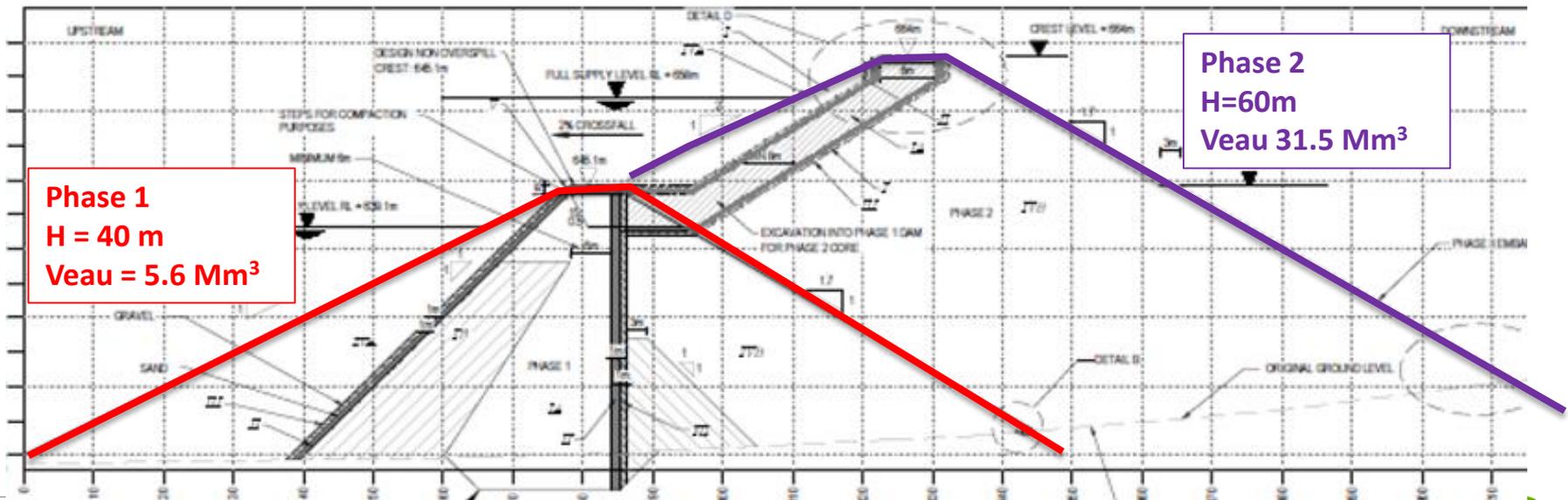
PLEM CONSTRUCTION LIMITED

Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Description du projet

- Barrage pour l'irrigation rehaussable
- Phase 1 : 150m crête et 40m haut
- Phase 2 : 250m crête et 60m haut



Phase 1
H = 40 m
Veau = 5.6 Mm³

Phase 2
H=60m
Veau 31.5 Mm³



Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Description du projet

- Mission de supervision des travaux pour la phase 1
- Revue de la conception des ouvrages sur la base des études précédentes
- Critères de projet :
 - Zone sismique (MCE, PGA=0,3g)
 - Crue de projet : 385 m³/s (200ans) (Norme Sud Africaine)
 - Crue de sureté : 1220 m³/s (PMF)

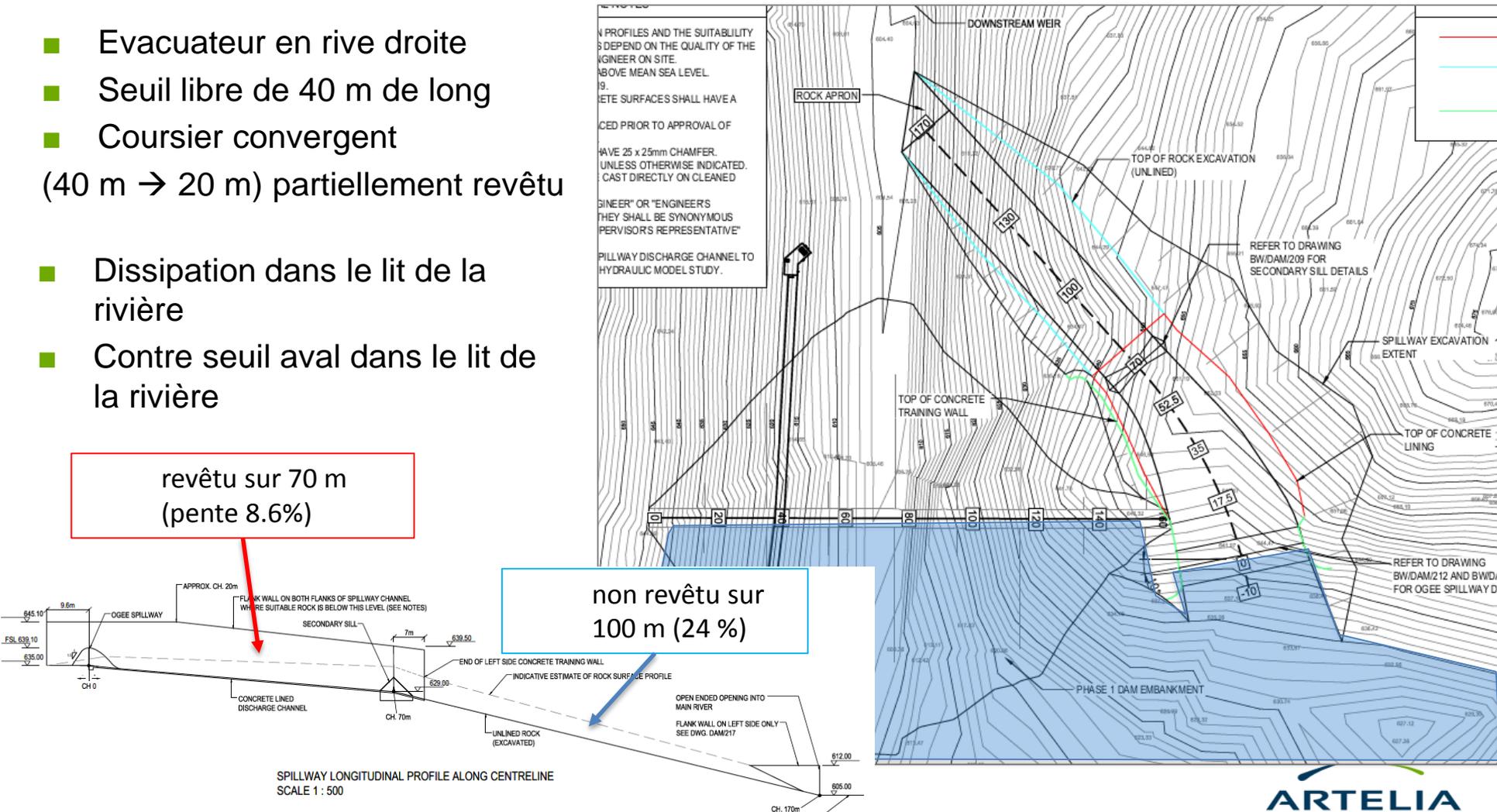


Conception initiale de l'évacuateur en phase APD

- Evacuateur en rive droite
- Seuil libre de 40 m de long
- Coursier convergent (40 m → 20 m) partiellement revêtu
- Dissipation dans le lit de la rivière
- Contre seuil aval dans le lit de la rivière

revêtu sur 70 m
(pente 8.6%)

non revêtu sur
100 m (24%)



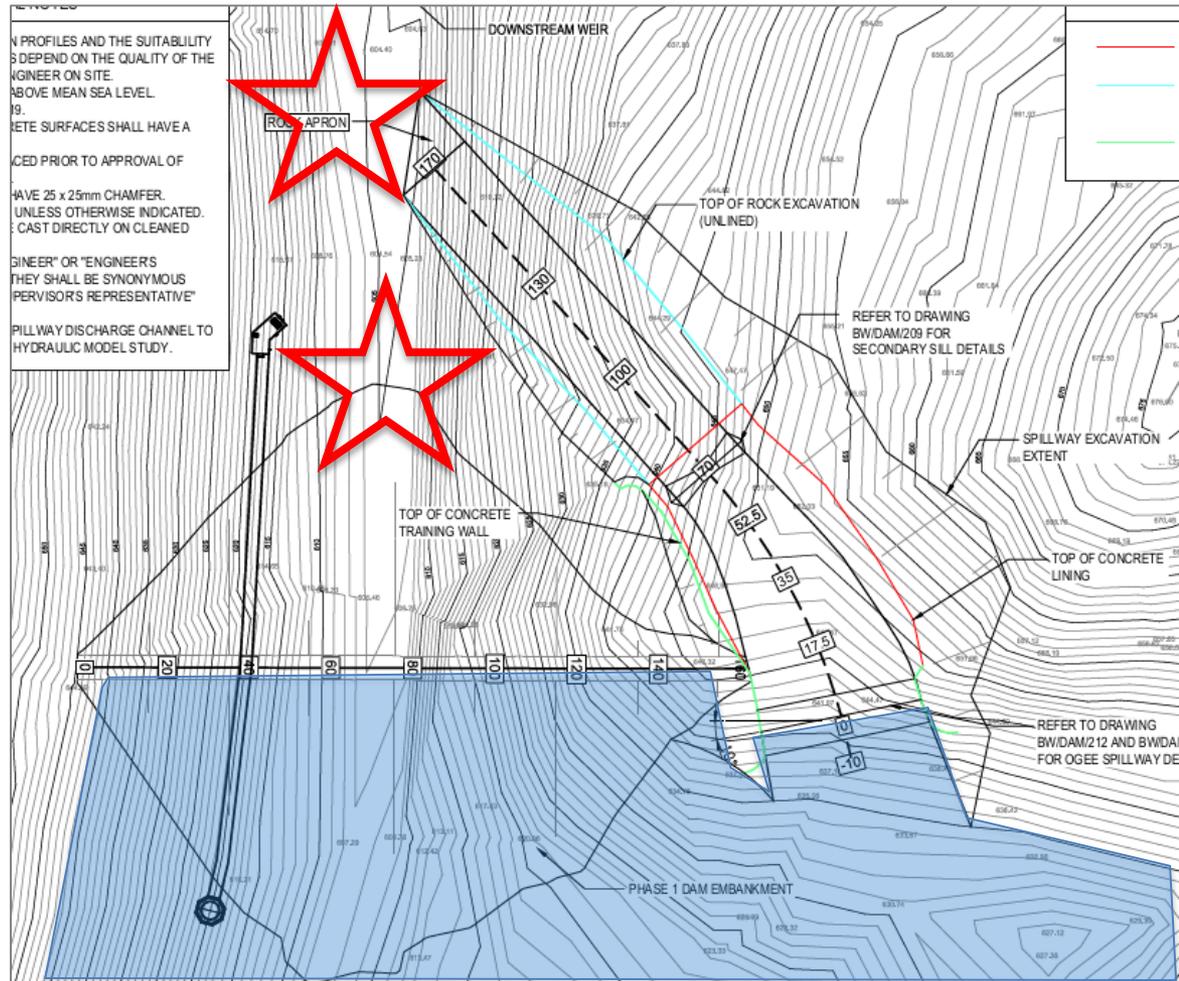
Conception initiale des phases APD

Faiblesses identifiées

- Restitution des eaux à 50 m du barrage
- Totalité de l'énergie dissipée dans le lit de la rivière
- Risque de courant de retour au pied du barrage
- Risque de déstabilisation de la rive gauche en rivière à la sortie de l'évacuateur

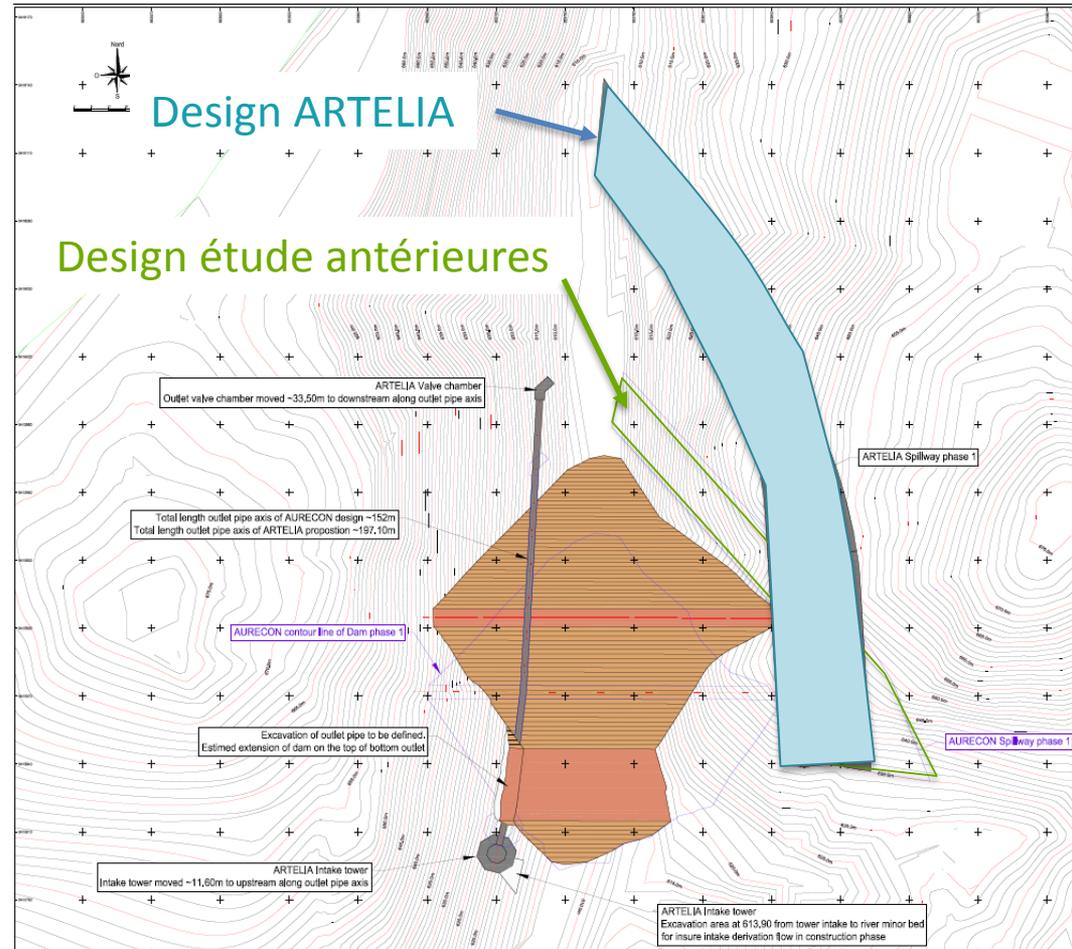
➔ Remise en question de la pérennité de l'ouvrage

➔ Revu de la conception de l'évacuateur de crue



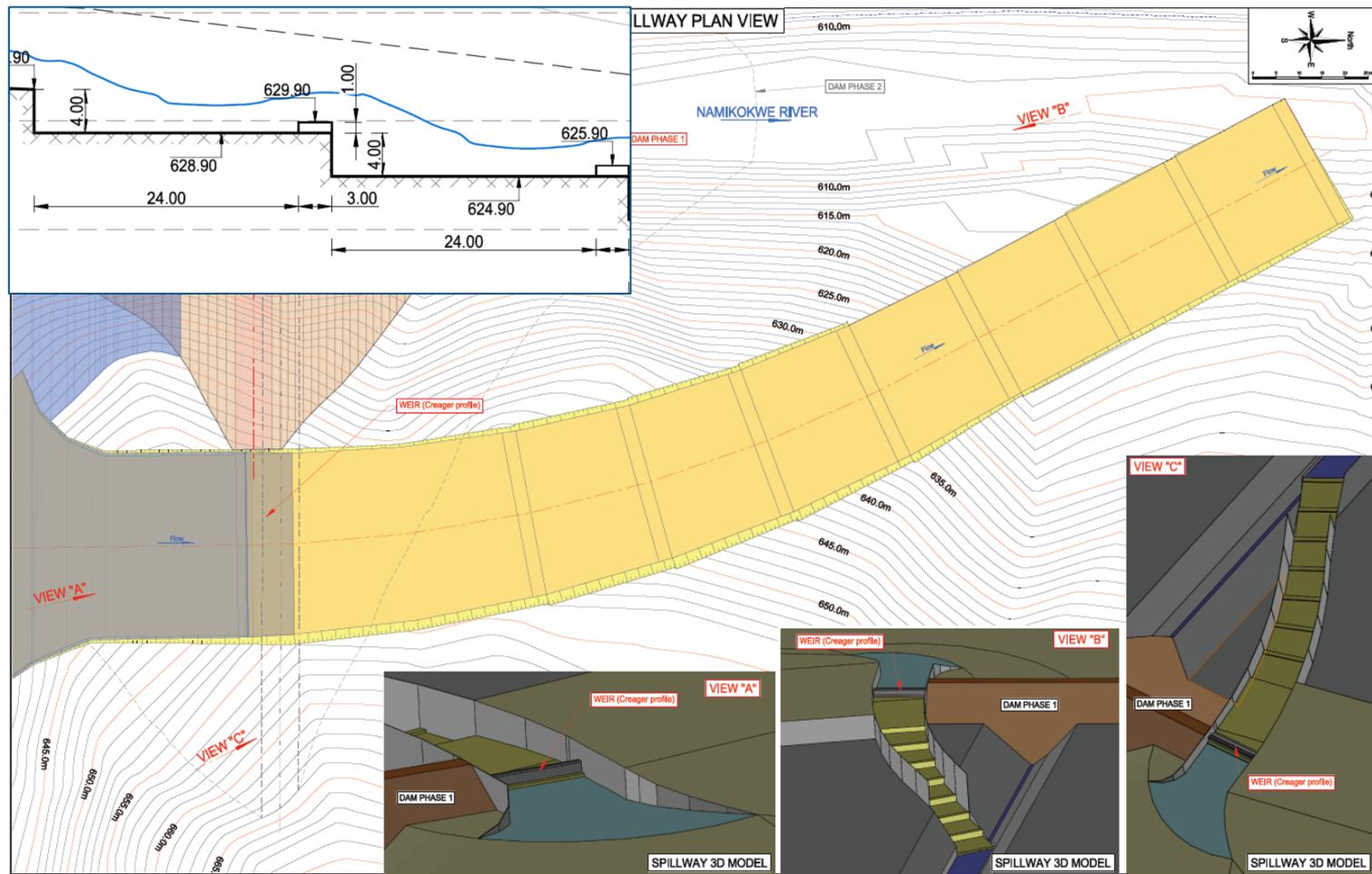
Conception initiale d'Artelia

- Evacuateur en rive droite
 - Seuil Creager de 40 m de long
- Révision du tracé
- Restitution des eaux à 100 m du barrage
 - Anticipation la réalisation de la phase 2 des travaux
 - Elargissement de l'aval du coursier de restitution de 20m à 30m
 - Linéaire total de l'évacuateur: 300ml



Conception initiale d'Artelia

- Evacuateur en marche d'escalier non revêtu (Gneiss Granitique Class I)
- 7 Marches de 4m de haut et 24 m de long

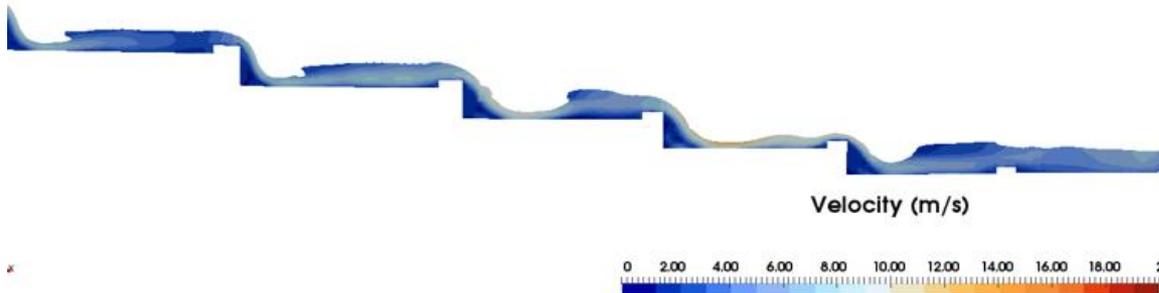
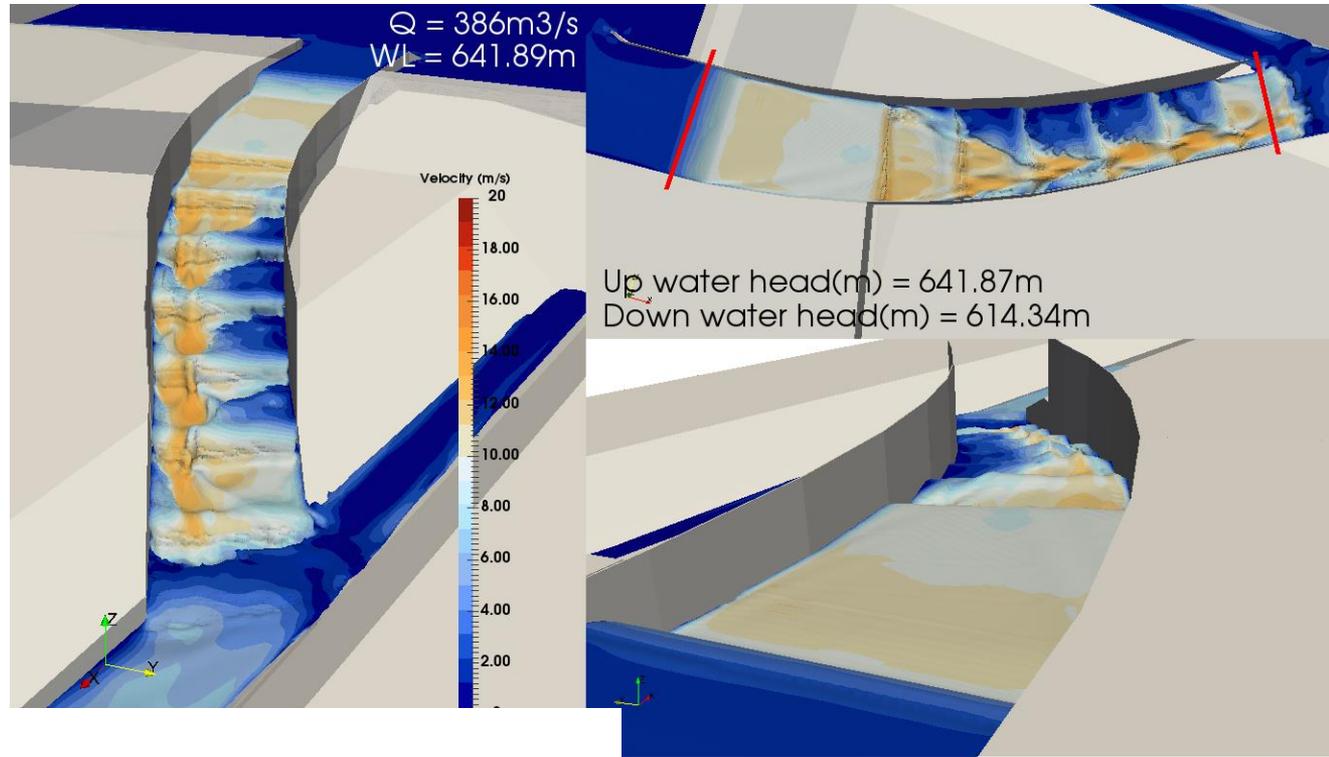


Conception ARTELIA de 2016

Modélisation hydraulique 3D
des écoulements avec
OpenFoam

Q200

- Vitesses max de 14 m/s
- 100 % de l'énergie dissipée sur les marches



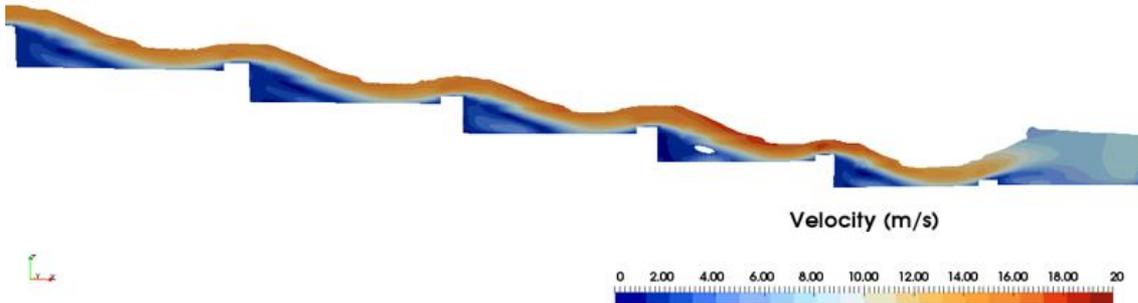
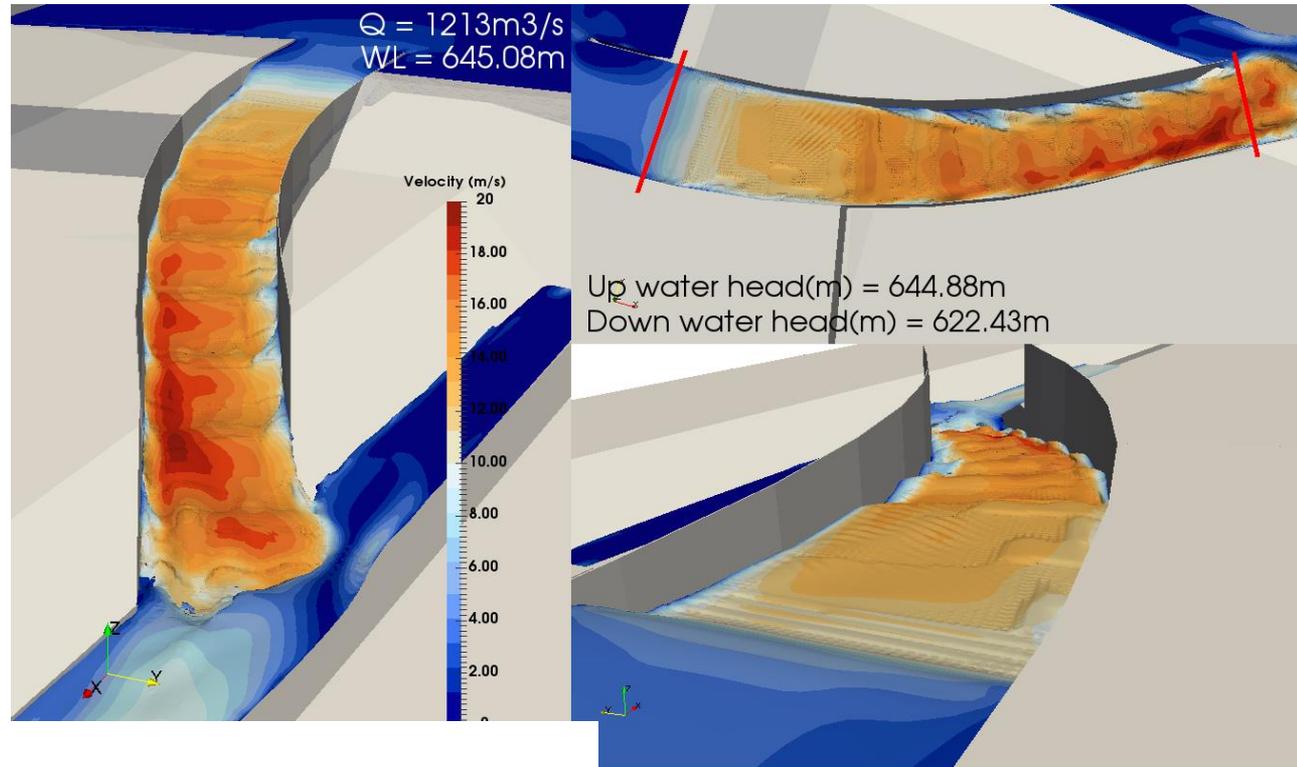
Écoulement en nappe : série
de petites chutes
consécutives

Conception ARTELIA de 2016

Modélisation hydraulique 3D
des écoulements avec
OpenFoam

PMF

- Vitesses max de 20 m/s
- 50 % de l'énergie dissipée sur les marches
- Pas de courant de retour



Ecoulement transitoire :
accélération de l'écoulement

Conception ARTELIA de 2016

Analyse du risque d'érosion



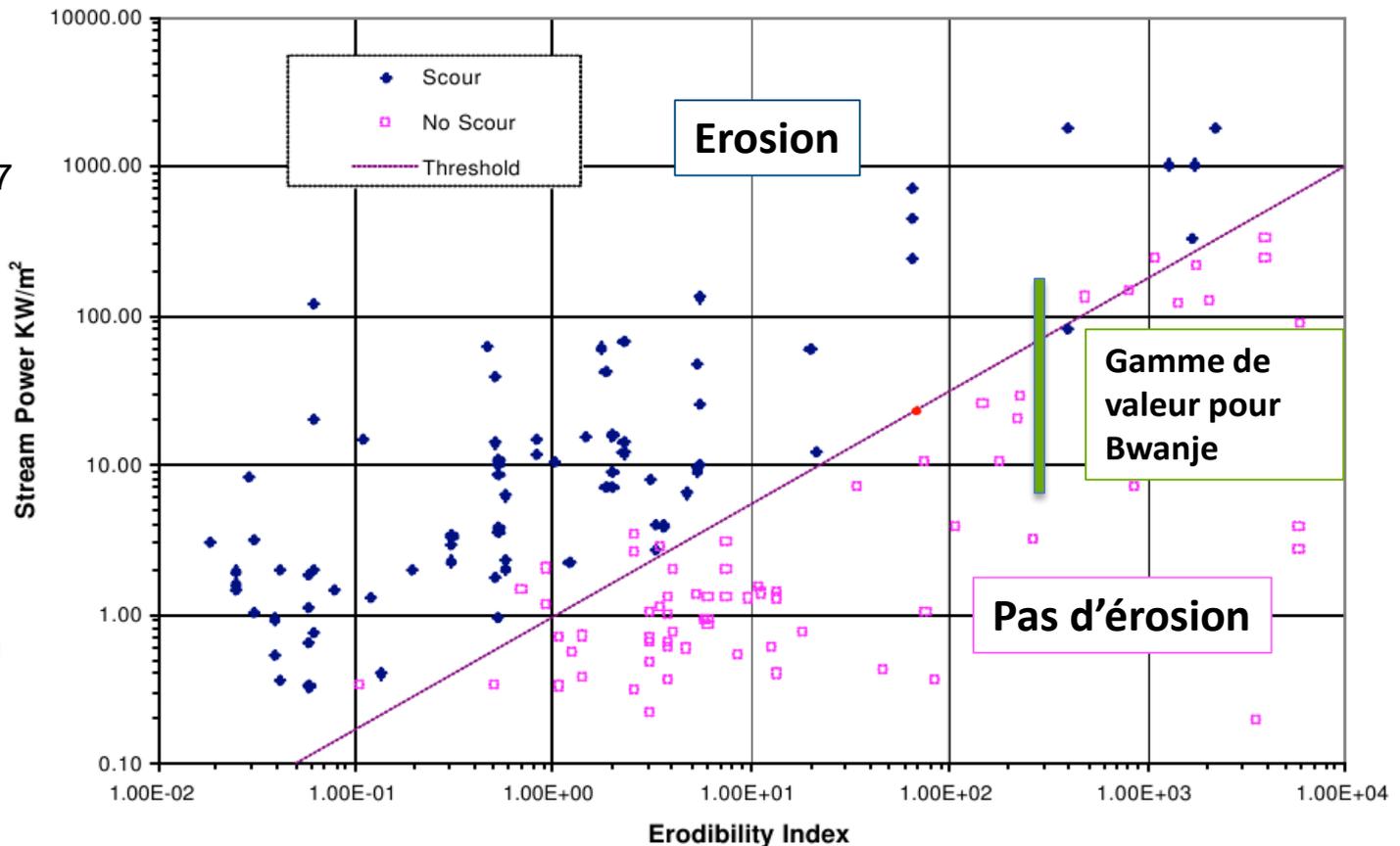
Application de la méthode d'Annandale

Index d'érodabilité : 217

Puissance hydraulique
entre 4 et 107 kw/m²



Risque
d'érosion
modéré pour la
PMF



Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Suivi de la construction

- Excavations à l'explosif puis BRH
- Toit du rocher (Gneiss Class I) très variable et trouvé plus profond qu'estimé

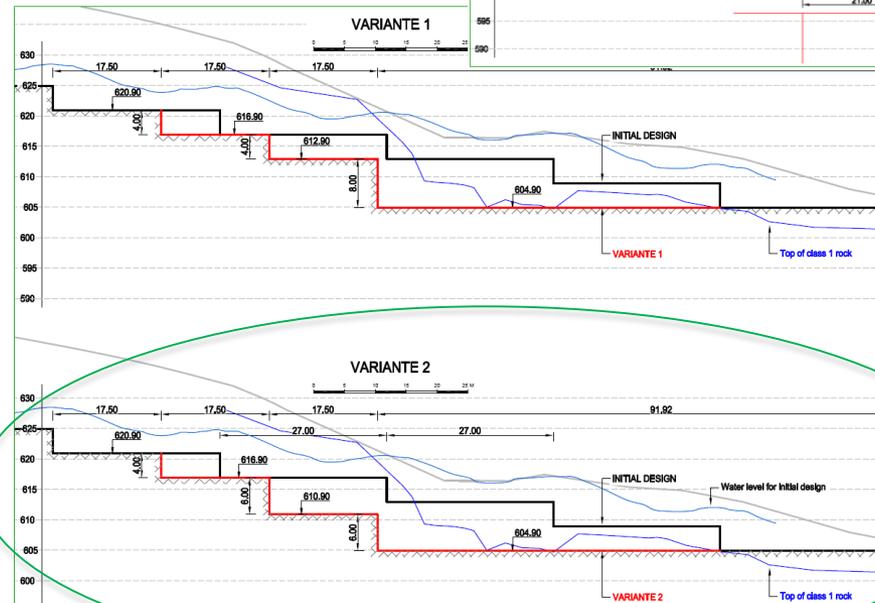
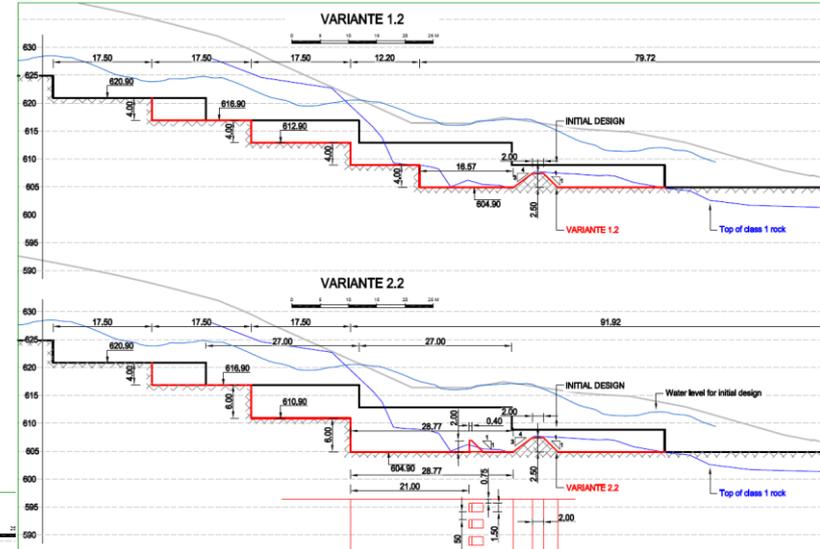


Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Suivi de la construction

- adaptation du profil en long du coursier
- pour minimiser le volume des excavations et conserver des écoulements hydrauliques acceptables

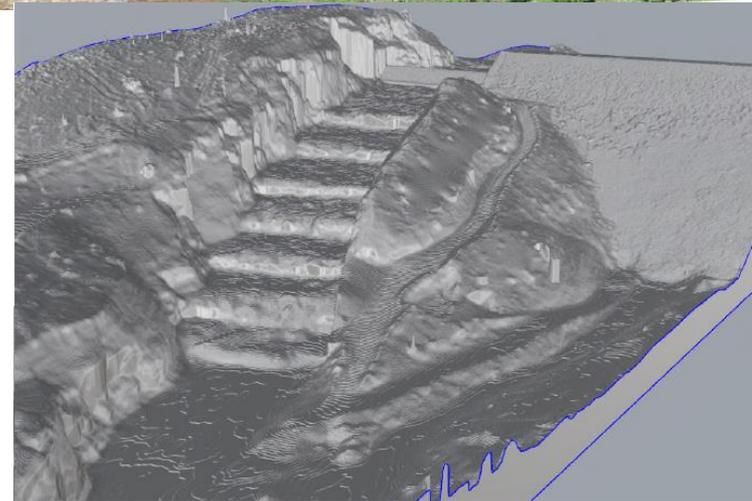
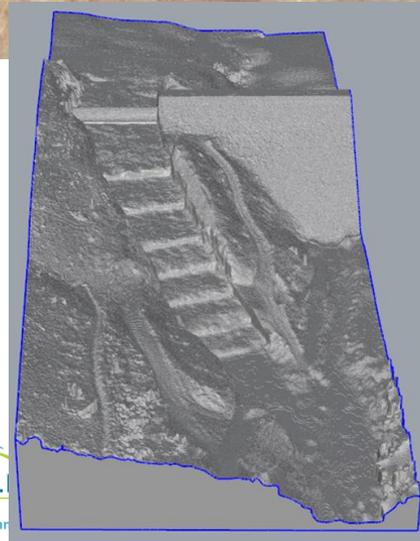


Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Suivi de la construction

- Relevé numérique par survol de drone
- Compilation des données pour construction d'un MNT (modèle numérique de Terrain)

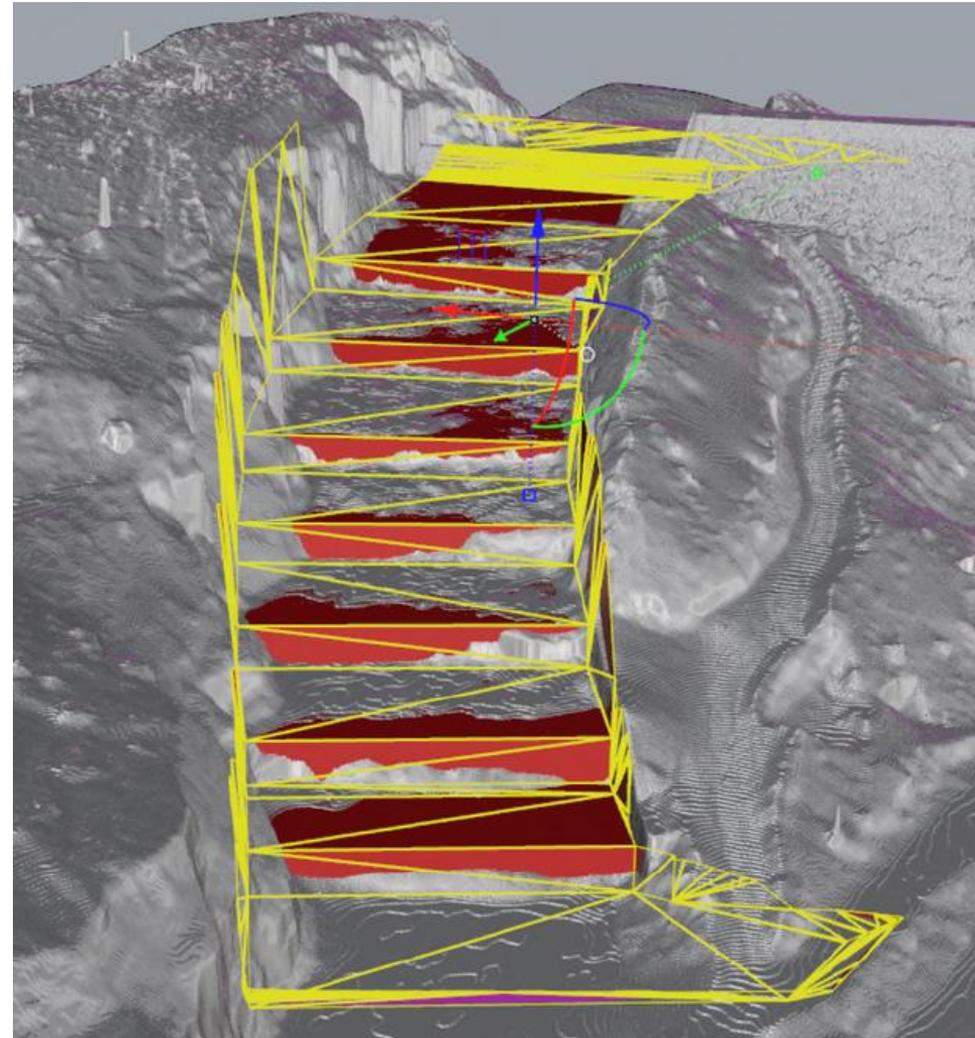


Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Suivi de la construction

- Etudes et comparaison entre Design/Travaux
- Précision du MNT +/- 2cm (X, Y et Z)



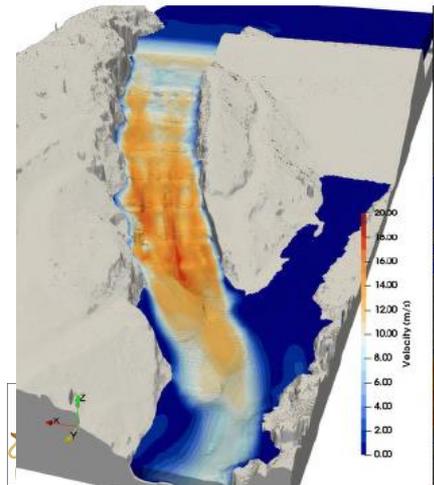
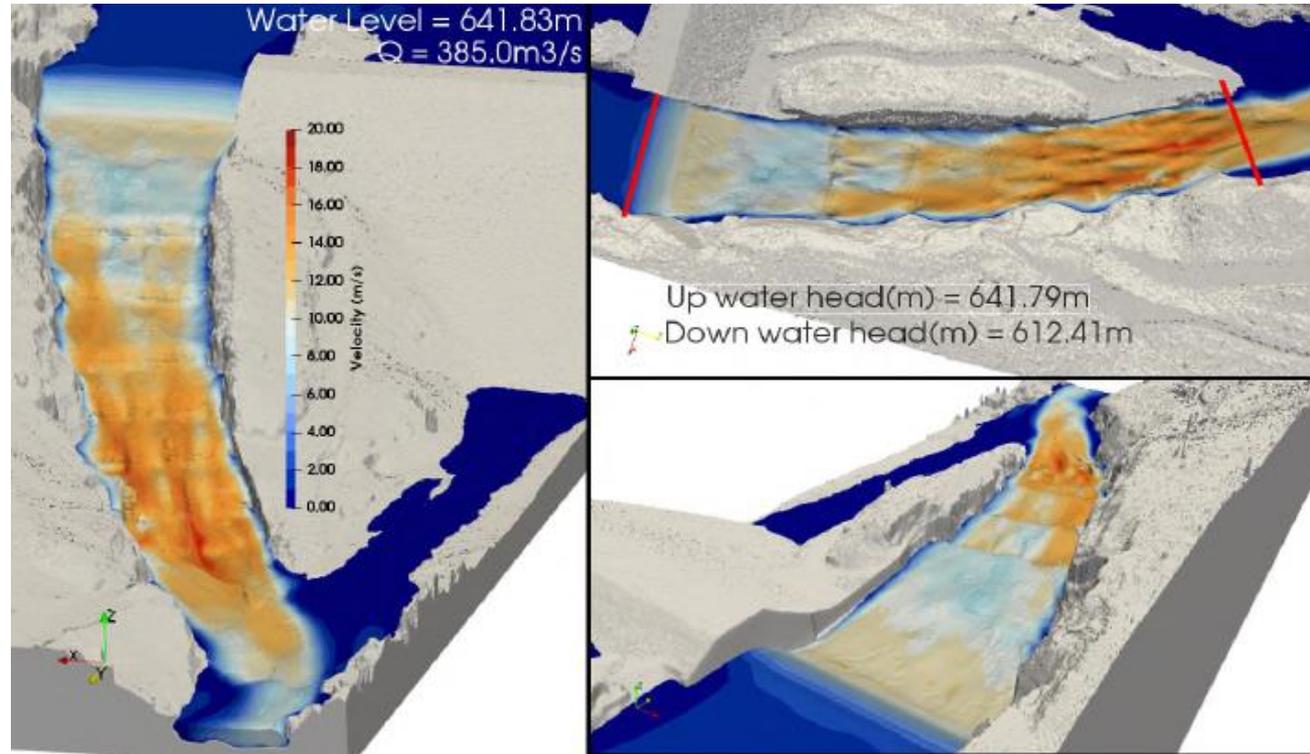
Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Nouvelle simulation numérique

- Débit crue design et PMF
- Vérification des revanches
- Vérifications des vitesses d'écoulement

Q200= 385m³/s



Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

E
pre



Barrage de Bwanje

Hydraulique_Evacuateur de Crues

Conclusion

- Conception d'un évacuateur non revêtu, au moyen d'un couplage d'un modèle numérique hydraulique et d'une approche théorique de « type Annandale »
- Suivi de la construction et adaptation du profil en long
- Recommandation à l'exploitant d'un suivi annuel et relevés topographiques pour surveiller les évolutions d'érosion éventuelles

