

Rehaussement du barrage de Göschenalp - Etude des vagues dues au vent

Robin Amacher et Théodora Cohen
Mandant : Kraftwerk Göschenen AG

Le projet de rehaussement du barrage de Göschenalp (Figure 1) prévoit une surélévation de 8 m. Dans ce contexte et sur la base de critères empiriques, il a été constaté qu'une réduction de 50 cm de la revanche existante devait être possible sans porter atteinte aux critères de sécurité. Cette réduction permettrait une économie substantielle sur la construction de l'ouvrage. Des études complémentaires sont néanmoins nécessaires pour justifier cette hypothèse, notamment au sujet du risque lié aux vagues générées par le vent.



Figure 1 : Situation du Göschenalpsee

Pour les vagues générées par le vent, trois scénarios ont été étudiés :

- Vent de période de retour de T=10 ans associé au niveau de crue décennal (T=10'000 ans ; 1801.31 ms.m.)
- Vent de période de retour T=100 ans associé au niveau de crue de dimensionnement (T=1'000 ans ; 1800.99 ms.m.)

Tableau 1: Hauteurs maximales de vagues et cotes atteintes pour les différents cas examinés. Comparaison analytique-numérique. La cote maximale atteinte correspond au niveau moyen additionné de la demi-hauteur maximale de vague

	Niveau du lac [msm]	Analytique		Numérique	
		H _{max} [m]	Cote max [msm]	H _{max} [m]	Cote max [msm]
vent T=10 ans, niveau T=10'000 ans	1801.31	0.289	1801.455	0.272	1801.446
vent T=100 ans, niveau T=1'000 ans	1800.99	0.324	1801.152	0.319	1801.150
vent T=300 ans, niveau max d'exploitation	1800	0.341	1800.171	0.339	1800.170

Le comportement des vagues au droit du barrage a été calculé selon trois méthodes différentes :

- Miche : $d = \frac{H}{\sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}}$ $R = d \cdot \sin \alpha$
- Kâlal : $R = 3.2 \cdot H \cdot k \cdot \tan \alpha$
- USBR : $R = \frac{H}{0.4 + \sqrt{H/L} \cdot \cot \alpha}$

où d est le chemin parcouru sur la paroi de part et d'autre de la position de repos, H la hauteur de vague, α

Tableau 2: Déferlement des vagues et cote maximale atteinte sur la digue

	Niveau du lac [msm]	H _{max} vagues [m]	L [m]	Miche		Kâlal	USBR	Cote maximale [msm]
				d [m]	R [m]	R [m]	R [m]	
vent T=10 ans, niveau T=10'000 ans	1801.31	0.289	5.3	0.876	0.477	0.432	0.382	1801.79
vent T=100 ans, niveau T=1'000 ans	1800.99	0.324	5.8	0.982	0.535	0.485	0.426	1801.53
vent T=300 ans, niveau max d'exploitation	1800	0.341	6.1	1.034	0.563	0.510	0.448	1800.56

- Vent de période de retour T=300 ans associé au niveau maximal d'exploitation (1800 ms.m.)

Aucune donnée de vent n'est disponible sur le site. Par conséquent, les stations météorologiques ANETZ situées à proximité ou présentant des conditions géographiques similaires ont été analysées de manière à choisir les données les plus pertinentes pour la suite de l'étude. La station d'Hinterrhein a été choisie puisque ses vents sont orientés W-E et dépassent assez couramment 5.9 m/s dans les deux directions.

Deux méthodes ont été employées pour estimer la hauteur maximale des vagues: le calcul des vagues en grandes profondeurs selon la méthode de Jonswap et la modélisation numérique avec le logiciel Mike 21 (Figure 2). Pour les simulations numériques, un modèle 3D du lac a été construit avec un maillage triangulaire flexible à partir des données topographiques existantes en tenant compte du projet de rehaussement du barrage.

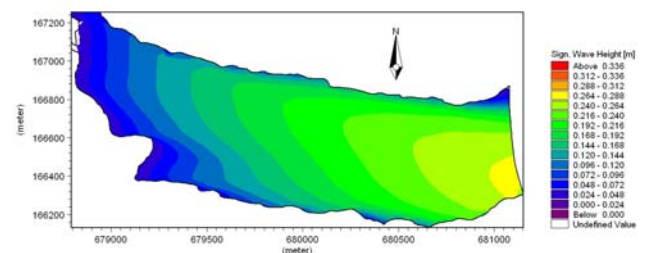


Figure 2 : Hauteur des vagues pour un vent à 280° (vent T=10 ans, niveau de crue décennal)

Les hauteurs maximales de vagues obtenues ainsi que les cotes maximales atteintes pour les différents cas sont reportées dans le Tableau 1. Les différences entre le calcul analytique et la simulation numérique sont inférieures à 6%, soit 17 mm au maximum, confirmant la bonne correspondance des deux approches. Selon les calculs, la cote maximale atteinte par les vagues au droit du barrage est inférieure à 1801.5 ms.m.

l'inclinaison de la paroi en radians, R la distance verticale parcourue de part et d'autre du niveau moyen, k un coefficient de rugosité et L la longueur d'onde.

Dans le cas de la digue rehaussée, α est de 33° environ (0.58 radians) et les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 2. Les trois méthodes donnent des résultats très proches. Les plus conservateurs sont obtenus par la méthode de Miche. La cote la plus haute, atteinte pour la crue décennal associée à un vent de période de retour T=10 ans, reste en tous les cas inférieure à 1801.8 ms.m. alors que le couronnement projeté culmine à 1805 ms.m. (1804.5 ms.m. en cas d'une réduction de 50 cm).