

Etude hydraulique d'une rupture de la digue naturelle

Azin Amini (LCH, EPFL), Davood Farshi (EnHydro), Jonathan Fauriel (ALPIQ)

1 Préambule

Ce projet vise à étudier la rupture d'une digue naturelle potentielle à l'amont du barrage de Gebidem. Il s'agit d'une digue naturelle qui pourrait se créer suite à un éboulement soudain sur le site de Silbersand, environ 2.5 km à l'amont de la retenue de Gebidem. L'apparition d'une digue naturelle soudaine a pour conséquence, de provoquer une accumulation d'eau, avec le risque d'une rupture de la digue et d'une débâcle en aval

Ainsi, l'objectif général de cette étude est de déterminer l'hydrogramme de sortie par rupture de digue et son influence sur le barrage de Gebidem. Il s'agit également de déterminer la hauteur de la vague qui arrive sur le barrage de Gebidem ainsi que l'hydrogramme de déversement.

2 Données et hypothèses de base

L'emplacement d'éboulement proposé par le géologue est présenté en Figure 1. Le volume de rocher potentiellement instable est estimé à quelque centaine de milliers de m³, dont 150'000 m³ viendraient s'accumuler devant le front du glacier et pourraient empêcher l'écoulement des eaux de fonte sous-glaciaires.

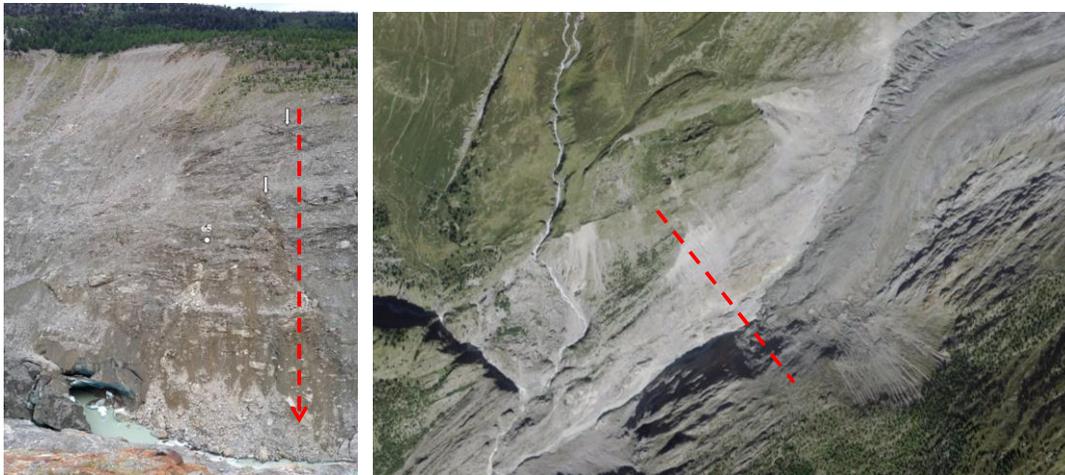


Figure 1. Positionnement de l'instabilité potentielle (fournie par le géologue)

Les données hydrologiques sont extraites de la station de Blatten bei Naters sur la Massa, 1.5 km à l'amont du barrage de Gebidem, sur les années 1931-2013. Trois différents débits sont considérés pour les calculs selon Tableau 1. L'objectif est d'examiner le comportement hydraulique du système dans les différentes conditions avec le débit minimum, moyen et maximum.

Tableau 1. Débits considérés (m^3/s) [BAFU]

Débit minimum	Q_{347}	Sur 83 ans de mesure	0.26
Débit moyen	Q_{moy}	Sur 83 ans de mesure	13.7
Débit maximum	$Q_{moy\ mens}$	Max de débit moyen mensuel (mois de juillet)	44.0

3 Démarche méthodologique

La méthodologie développée s'appuie sur les étapes suivantes :

- Définition des caractéristiques d'embâcle (la digue naturelle éventuelle et sa retenue) ;
- Etablissement de l'hydrogramme de la brèche ;
- Modélisation numérique de la propagation de vague de rupture jusqu'au barrage de Gebidem.

4 Caractéristiques d'embâcle

Pour un volume donné d'éboulement de $150'000\ m^3$, et en fixant la largeur de base de 156.5 m et les pentes de 1H :1V, une digue de 40 m de haut avec une largeur de crête de 76 m est obtenu. La courbe niveau-volume de la retenue potentielle est définie à l'aide des données bathymétriques du site. Ainsi, le volume max retenue derrière une telle digue est de $65'000\ m^3$.

5 Hydrogramme de la brèche

L'hydrogramme de la brèche est calculée en utilisant deux méthodes différentes, comme présenté ci-dessous.

CTGREF : La méthode CTGREF a été développée en 1978 par Colin E. et R. Pochat au Centre Technique du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (CTGREF). Il s'agit d'un modèle simplifié, basé sur les expériences et la solution simple des équations Saint-

Venant. La méthode CTGREF est une méthode bien établie et largement utilisée en Suisse [BFE 2014].

Le volume d'eau qui sort de la retenue est calculé pour un pas de temps de 0.5 seconde. A chaque pas de temps, le nouveau niveau d'eau du lac derrière la digue est calculé en se basant sur la courbe niveau-volume. Le débit de pointe monte à 9'000 m³/s.

Rupture instantanée : Le « worst case » pour l'hydrogramme est plutôt à rechercher dans l'élimination soudaine de la digue naturelle éventuelle. Ceci est calculé à l'aide du modèle numérique 2D (BASEMENT). Cette méthode donne un débit de pointe de 9'800 m³/s.

Les deux hydrogrammes sont très similaires en forme et en débit de pointe. Le débit de pointe est légèrement plus élevé dans le cas d'une rupture instantanée. Par conséquent, l'hydrogramme de la rupture instantanée est considérée dans le modèle 2D afin d'être du côté de sécurité.

6 Modélisation hydraulique 2D

La modélisation hydraulique est essentiellement réalisée à l'aide d'outil de simulation numérique 2D (Bidimensionnel). A cet effet, le logiciel BASEMENT 2.5, développé à la VAW - ETHZ est utilisé [BASEMENT].

Le modèle comprend la retenue du barrage de Gebidem et les zone en amont jusqu'au glacier d'Aletch. Le logiciel utilise comme base géométrique, des maillages triangulaires pour la vallée et le réservoir de Gebidem. Pour la rivière, les éléments sont rectangulaires et mesurent 5 m de large pour 7 m de long.

Les calculs préliminaires avec trois différents débits de la Massa présentés en Tableau 1, ont mis en évidence que les conditions sont plus critique avec un débit plus élevé dans la Massa. Le niveau d'eau dans la retenue de Gebidem est fixé au niveau max d'exploitation. Afin d'atteindre des conditions stationnaires dans le system, les simulations commencent 2 heures avant la rupture de la digue naturelle.

Le barrage de Gebidem possède 7 passes sur le couronnement qui fonctionnent en tant que déversoir. Les seuils de ces passes sont à trois niveaux différents.

Finalement, une rugosité de 25 m^{1/3}/s est considérée. Une simulation de test avec une rugosité de 30 m^{1/3}/s montre peu de sensibilité à ce paramètre.

7 Résultats

La rupture de la digue naturelle crée une vague d'une hauteur de 18 m qui arrive à la retenue de Gebidem après 6 minutes.

7.1 Hydrogrammes aux différentes sections de la Massa

Les hydrogrammes de la vague aux différentes sections de la Massa sont montrées sur la Figure 2. La vague descend dans la vallée et le front de la vague arrive dans la retenue de Gebidem après environ 6 minutes. Le débit de pointe à l'entrée de la retenue (section 6) est $250 \text{ m}^3/\text{s}$. En raison de la caractéristique topographique, l'énergie de la vague de rupture amorti de façon significative en descendant la vallée de la Massa. Ainsi le débit de pointe baisse de $9'800 \text{ m}^3/\text{s}$ au moment de rupture, à $250 \text{ m}^3/\text{s}$ en arrivant dans la retenue de Gebidem.

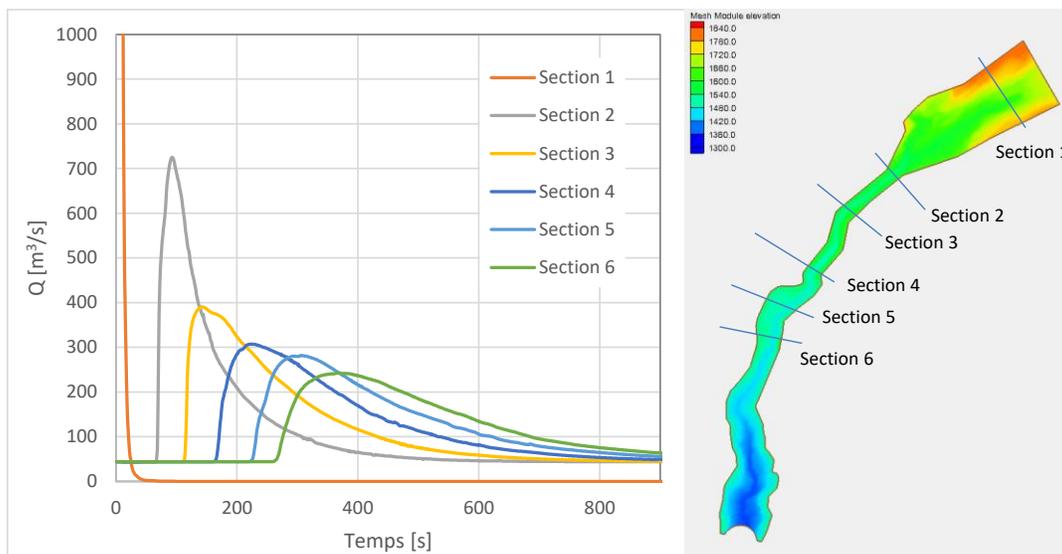


Figure 2. Hydrogrammes de la vague de brèche aux différentes sections de la Massa avant d'arriver dans la retenue de Gebidem, scénario probable de Silbersand

7.2 Variation de niveau d'eau et débit de déversement

Une fois arrivé à la retenue, la vague fait des oscillations dans le lac jusqu'à ce que son énergie amorti entièrement. Une surélévation de plan d'eau de maximum de 30 cm est obtenue.

En arrivant vers le barrage, la vague se déverse sur les passes. Avec un niveau d'eau de 1436.8 msm seul les trois passes centrales (niveau de seuil 1436.5 msm) se mettent au déversement. L'hydrogramme de déversement est présentée en Figure 3. Le débit déversé atteint un maximum de $8 \text{ m}^3/\text{s}$. L'oscillation de plan d'eau a un effet pareil sur le débit déversé.

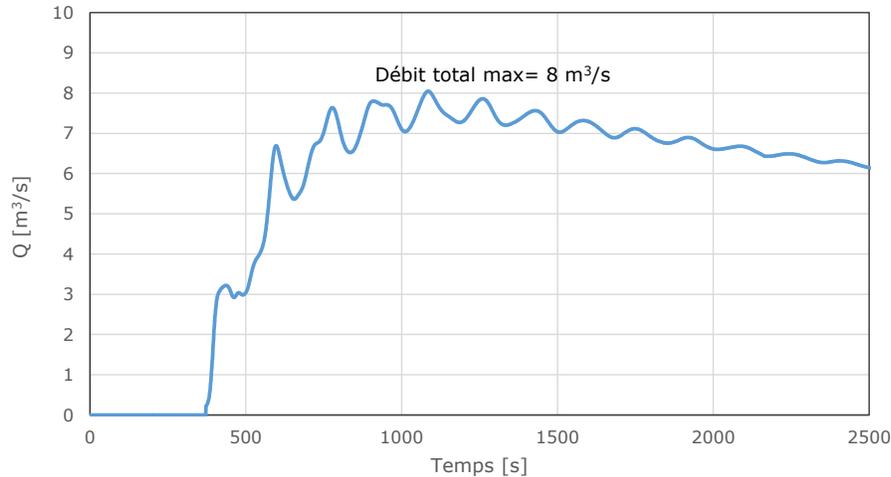


Figure 3. Hydrogramme de déversement, scénario probable de Silbersand

8 Conclusion

Un scénario probable d'éboulement à Silbersand (65'000 m³ de l'eau retenue) a été étudié. Pour ce scénario, la vague de brèche arrive rapidement à la retenue de Gebidem (après 6 minutes). Toutefois, la vague de brèche s'affaiblit de façon significative avant d'arriver à la retenue.

Il y aura une surélévation de 30 cm du plan d'eau et le déversement se limite aux 3 passes centrales (niveau 1436.5 msm) avec un débit total déversé de 8 m³/s.

Le barrage ne sera pas submergé dans le scénario modélisé (no dam overtopping). Il faut encore ajouter que le transport sédimentaire n'est pas pris en compte dans la modélisation. Toutefois, il peut modifier les résultats.

9 References

BAFU (2015), Station Massa - Blatten bei Naters,
www.hydrodaten.admin.ch/fr/2161.html

BASEMENT- Basic Simulation Environment for Computation of Enviromental Flow and Natural Hazard Simulation. Version 2.5 © ETH Zurich, VAW, Vetsch D., Siviglia A., Ehrbar D., Facchini M., Gerber M., Kammerer S., Peter S., Vonwiller L., Volz C., Farshi D., Mueller R., Rousselot P., Veprek R., Faeh R. 2006-2015,
<http://www.basement.ethz.ch/>

BFE (2014). Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung einer Flutwelle mit primär eindimensionaler Ausbreitung (Verfahren „CTGREF“), BFE Hilfsmittel