



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**  
Aufsicht Talsperren

**Rapport du 12 janvier 2022**

---

# Critères pour l'applicabilité des méthodes d'estimation du débit maximal des brèches progressives pour l'assujettissement des ouvrages d'accumulation

---



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**  
Aufsicht Talsperren

**Date:** 12 janvier 2022

Bundesamt für Energie BFE  
Sektion Aufsicht Talsperren  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auteur:**  
Philipp Oberender



### Critères pour l'applicabilité des méthodes d'estimation du débit maximal des brèches progressives pour l'assujettissement des ouvrages d'accumulation:

Seulement dans des cas exceptionnels, le risque potentiel d'un ouvrage d'accumulation comme critère de son assujettissement à la législation sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (cf. la Directive relative à la sécurité des ouvrages d'accumulation, partie B, OFEN 2014), peut être déterminé **exclusivement** basé sur une brèche progressive. Ceci est le cas si la possibilité d'une rupture soudaine peut être exclue avec une grande probabilité pour tous les cas de charge (crue, séisme, charriage, tempête etc.).

De plus, les conditions initiales et aux limites sur lesquelles se base le modèle choisi pour la brèche progressive, doivent pouvoir être respectées avec une grande probabilité pour tous les cas de charge.

Quelques méthodes d'estimation, comme la méthode «BREACH\_MACCHIONE» (VAW, 2011), partent du principe que la brèche initiale est formée par un dégât petit et local du barrage; ainsi, **il doit être assuré qu'une brèche majeure initiale ne puisse pas se former**. Une telle brèche pourrait se former par exemple suite à une rupture d'un des talus du barrage. C'est-à-dire que la stabilité du barrage doit être vérifiée avec une sécurité suffisante et pour tous les cas de charge afin de pouvoir exclure avec une grande probabilité la possibilité d'une rupture qui provoquerait une brèche initiale majeure.

D'autres méthodes d'estimation (p. ex. Peter et al. 2018; Peter 2017) permettent de choisir plus librement les conditions initiales, comme une géométrie définie de la brèche initiale. Cependant, l'estimation de l'ampleur et de la forme de la brèche initiale n'est pas simple et pleine d'incertitudes. Ces incertitudes ne peuvent être réduites qu'avec des investigations géotechniques sur des éprouvettes du barrage.

Pour les raisons ci-dessus, **l'OFEN limite l'applicabilité des méthodes pour l'estimation des brèches progressives pour l'assujettissement des ouvrages d'accumulation aux géométries admissibles listés ci-dessous (voir figure 1):**

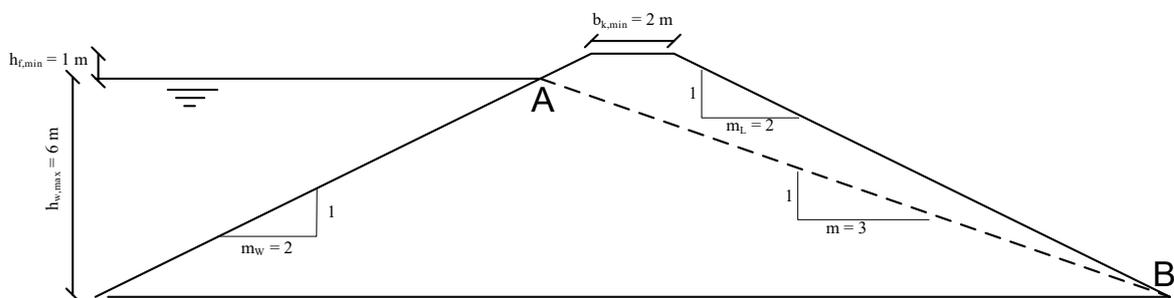


Figure 1: Définition des paramètres géométriques pour l'applicabilité du modèle Breach-Macchione

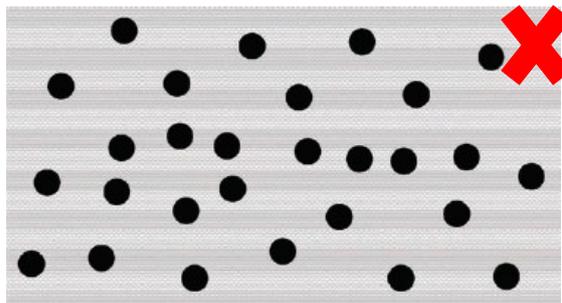
Géométrie du barrage		
Talus aval (1:m <sub>L</sub> )	minimum	m <sub>L</sub> = 2
Talus amont (1:m <sub>w</sub> )	minimum	m <sub>w</sub> = 2
Pente de la ligne de liaison A – B (rupture critique) (1:m <sub>crit</sub> )	minimum	m <sub>crit</sub> = 3
Hauteur de retenue	maximum	6 m
Revanche	minimum	1 m
Largeur du couronnement	minimum	2 m
Volume de retenue	maximum	200'000 m <sup>3</sup>
Type de construction		
Barrage en remblai homogène de matériaux morainiques (matériaux fins non prédominants)		
Région		
Applicable seulement dans les régions d'aléa sismique 1a und 1b selon la SIA 261 (2020)		

De plus, les limitations selon VAW (2019) s'appliquent.

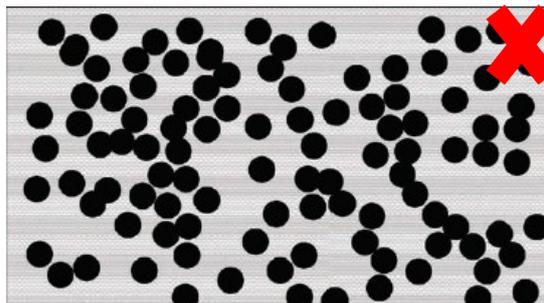


**Autres conditions (à contrôler de façon qualitative):**

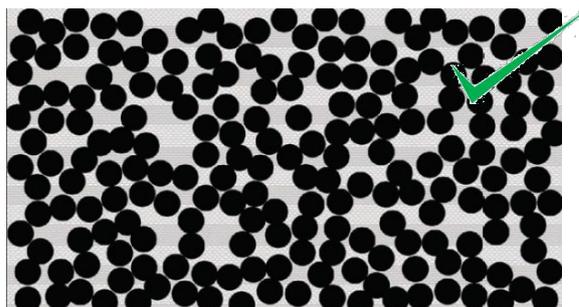
1. Pour les barrages avec masque amont, les mêmes conditions que pour les barrages homogènes s'appliquent (voir ci-dessus).
2. En général, les matériaux fins dans le remblai et dans la fondation ne doivent pas être prédominants (p. ex. argile, limon, matériel avec une partie significative organique etc.), voir figure 2.



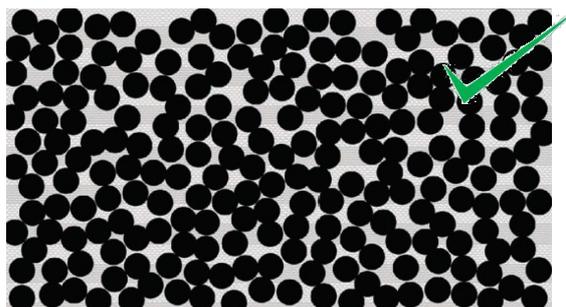
Matériau avec partie fine prédominante



Matériau avec partie fine prédominante



Matériau avec partie grossière prédominante



Matériau avec partie grossière prédominante

Figure 2: Illustration schématique de remblais mixtes (Al-Moadhen et al., 2017)

3. Le barrage ne doit pas présenter des zones qui consistent en grande partie en matériaux avec des faibles propriétés mécaniques (p. ex. argile, limon, matériel avec une partie significative organique etc.), qui favoriseraient une rupture ou une défaillance locale, voir aussi figure 3.



4. La fondation du barrage ne doit pas présenter de matériaux avec des faibles propriétés mécaniques (p. ex. argile, limon, matériel avec une partie significative organique etc.), qui favoriseraient une rupture à travers la fondation, voir aussi la figure 3. La fondation doit pouvoir être classée dans une des classes R, A ou B selon la Directive relative à la sécurité des ouvrages d'accumulation, partie C3, OFEN 2021.

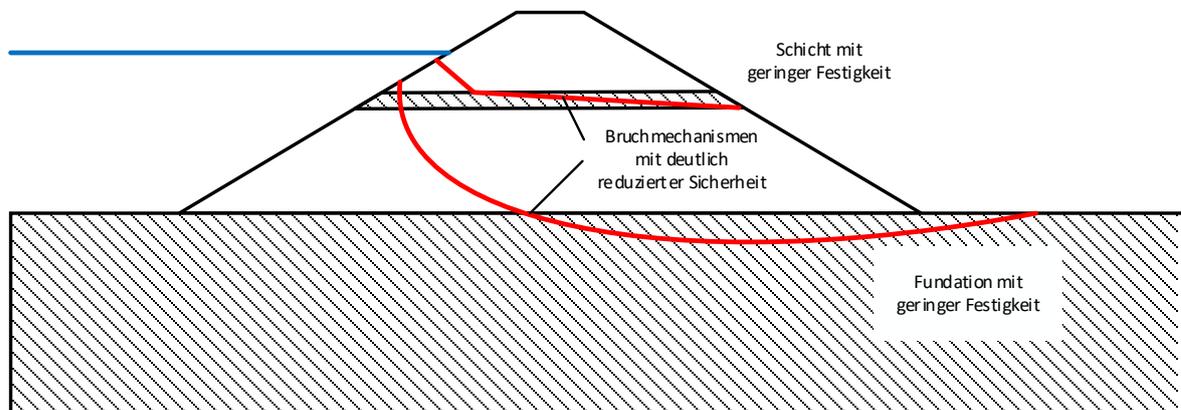


Figure 3: Illustration schématique de mécanismes de rupture à travers une zone avec faibles propriétés mécaniques dans le barrage ou dans la fondation (couche avec résistance réduite, mécanisme de rupture avec sécurité significativement réduite, fondation avec résistance réduite)

5. Le sable ne doit pas être un matériau prédominant dans le remblai ou dans la fondation (risque de liquéfaction)
6. Il n'y a pas d'indication d'une ligne de saturation proche du parement aval (zones humides, sorties d'eaux etc.), voir la figure 4.

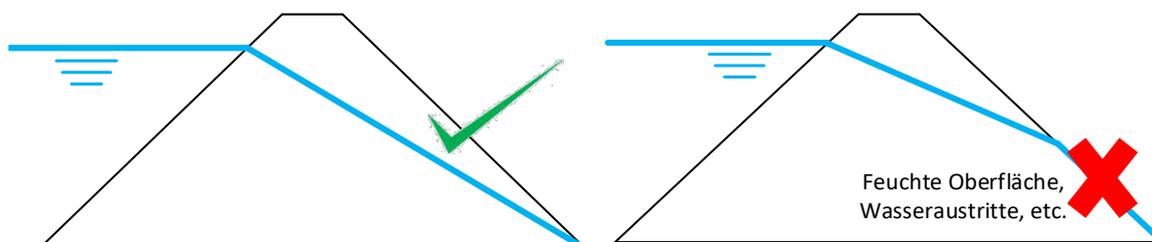


Figure 4: Conditions admissibles de la ligne de saturation

7. Le talus aval du remblai de doit pas dépasser une pente de 20%, voir figure 5.

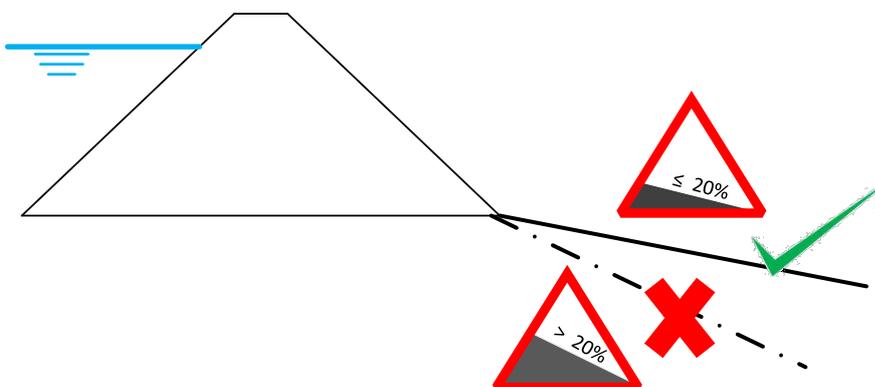


Figure 5: Pente admissible du talus aval



8. Il n'y a pas d'indications de dégâts existants ou de zones affaiblies du remblai (tassements excessives, dégâts dans les talus, sorties d'eaux, signes d'érosion, fissures etc.), dans les zones à l'aval des talus (signes d'érosion etc.) ou aux appuis (sorties d'eaux etc.), voir la figure 6.

Exemples:



Fissures longitudinales qui indiquent des tassements du remblai (photo: FEMA, 2016).



Fissures longitudinales qui indiquent des tassements ou instabilités du remblai (photo: FEMA, 2016).



Érosion superficielle (photo: FEMA, 2016)



Érosion suite à l'utilisation agricole (photo: FEMA, 2016)



Tassements du couronnement qui indiquent un matériau faible ou une érosion possible dans le remblai ou dans la fondation (photo: inspection OFEN)



Infiltrations le long des appuis du barrage (photo: FEMA, 2016)



Sortie de matériaux fins à l'aval du remblai (sandboils)



Sortie de matériaux fins dans un canal pour eaux d'infiltration à l'aval du remblai (photo: inspection OFEN)

Figure 6: Exemples de dégâts pour des barrages en remblai

- Il n'y a pas de végétation comme des arbres ou arbustes sur le remblai, lesquelles pourraient créer des voies d'infiltration préférentielles ou, lors d'une tempête, créer des brèches dans le remblai.

#### **Applicabilité du modèle de brèche progressive:**

En règle générale pour l'estimation du débit causé par une brèche progressive, des conditions similaires à celles développées pour le modèle doivent être choisies, qui se traduisent par un débit maximal pour ces cas.

Pour le cas du débordement, cela signifie qu'il faut supposer la retenue pleine au début de la formation de la brèche.



### **Littérature:**

Al-Moadhen M, Clarke BG and Chen X. (2017): Hydraulic conductivity of composite soils. In Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Symposium on Coupled Phenomena in Environmental Geotechnics (CPEG2), 6 September, University of Leeds, Leeds, UK.

Bundesamt für Energie, BFE (2014). Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen. Teil B: Besonderes Gefährdungspotenzial als Unterstellungskriterium. Richtlinie, Bundesamt für Energie

Bundesamt für Energie, BFE (2021). Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen. Teil C3: Erdbebensicherheit. Richtlinie, Bundesamt für Energie

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2016): Pocket Safety Guide for Dams and Impoundments (FEMA-P-911)

Peter, S. J. (2017). Dam break analysis under uncertainty. *VAW-Mitteilung* 241 (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie (VAW), ETH Zürich.

Peter, S. J., Siviglia, A., Nagel, J., Marelli, S., Boes, R. M., Vetsch, D. and Sudret, B. (2018). Development of probabilistic dam breach model using Bayesian inference. *Water Resources Research*. doi: 10.1029/2017WR021176.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA (2020). Einwirkung auf Tragwerke, Norm SIA 261.

VAW (2011). Breschenbildung an Dämmen kleiner Stauanlagen im Kanton Zürich – Numerische Simulation zur Beurteilung des Breschenabflusses bei progressiven Dammbürchen. VAW-Bericht Nr. 4289, Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie (VAW), ETH Zürich.

VAW (2019). BRIEFBERICHT: Anwendungsbereiche von Parametermodellen zur Modellierung progressiver Dammbürche, Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie, ETH Zürich.