

# International Workshop on overflowing erosion of dams and dikes

*Aussois – 11-14 décembre 2017*



Supported by



# Les deux thèmes de ce workshop

**L'érosion par surverse des barrages en remblai et des digues**



**L'érosion par surverse des barrages en béton et des évacuateurs**



# Les objectifs du workshop

- Partir des Maîtres d'Ouvrage : leurs problèmes, questions et besoins
  - *Est-ce que l'érosion par surverse est pour eux une problématique importante ?*
  - *Quels types de problèmes associés à l'érosion par surverse nécessitent d'être résolus ?*
  - *Est-ce que la boîte à outil de l'ingénieur actuellement disponible est jugée satisfaisante ?*



**Répondre à la 1<sup>ère</sup> question : quelles sont les lacunes qu'il reste à combler ?**

# Les objectifs du workshop

- Poursuivre avec les chercheurs et les experts : présentation de l'état de l'art
  - *Quels sont les sujets qui sont correctement traités à un niveau d'ingénierie opérationnelle ? Quels outils et méthodes sont disponibles pour les ingénieurs ?*
  - *Quels sont les sujets de recherche en cours ?*
  - *Quelles sont les voies de recherche pour répondre à terme aux questions posées par les Maîtres d'Ouvrage ?*

**Compléter la réponse à la 1<sup>ère</sup> question : quelles sont les lacunes qu'il reste à combler ?**

**Répondre à la question n°2 : quelles sont les principales orientations de projets de recherche internationaux ayant pour objectif de combler ces lacunes ?**

# Les objectifs du workshop

- Conclusion par une session de synthèse pour chacun des deux thèmes
  - *Présenter l'état de l'art à la profession des barrages et des digues. Un livre sera édité, présentant un recueil des communications du workshop.*
  - *Comment avancer vers le lancement de projets de recherche internationaux visant à combler les lacunes de l'état de l'art actuel ?*



*Quels Maîtres d'Ouvrage seraient prêts à financer ces efforts de recherche ?*



*Quelles équipes de recherche pourraient être impliquées dans ces projets ?*

# Les participants au workshop

60 participants, 15 nations. Europe de l'Ouest, Amérique du Nord, Asie.

## Maîtres d'Ouvrage

USACE  
USBR  
Hydro Québec  
MOA anglais (via BDS)  
EA  
MOA norvégiens (via NTNU)  
UNIPER  
Alpiq  
EDP  
Verbund  
LFU  
Rijkswaterstaat  
CNR  
SYMADREM  
EDF

## Universités – Organismes de recherche publics ou privés

ARS-HERU  
USACE  
USBR  
UQAC  
UNSW  
UP Madrid  
UP Carthagène  
CIMNE  
NTNU  
DELTARES  
WL Flandres  
EPFL  
UNIFI  
IRSTEA  
geophyConsult

## Experts – BE - Administration

### 5 Key notes :

*J. France (AECOM)*

*G. Annandale*

*S. Pells*

*M. George (BGC)*

*A. Schleiss*

M. Morris

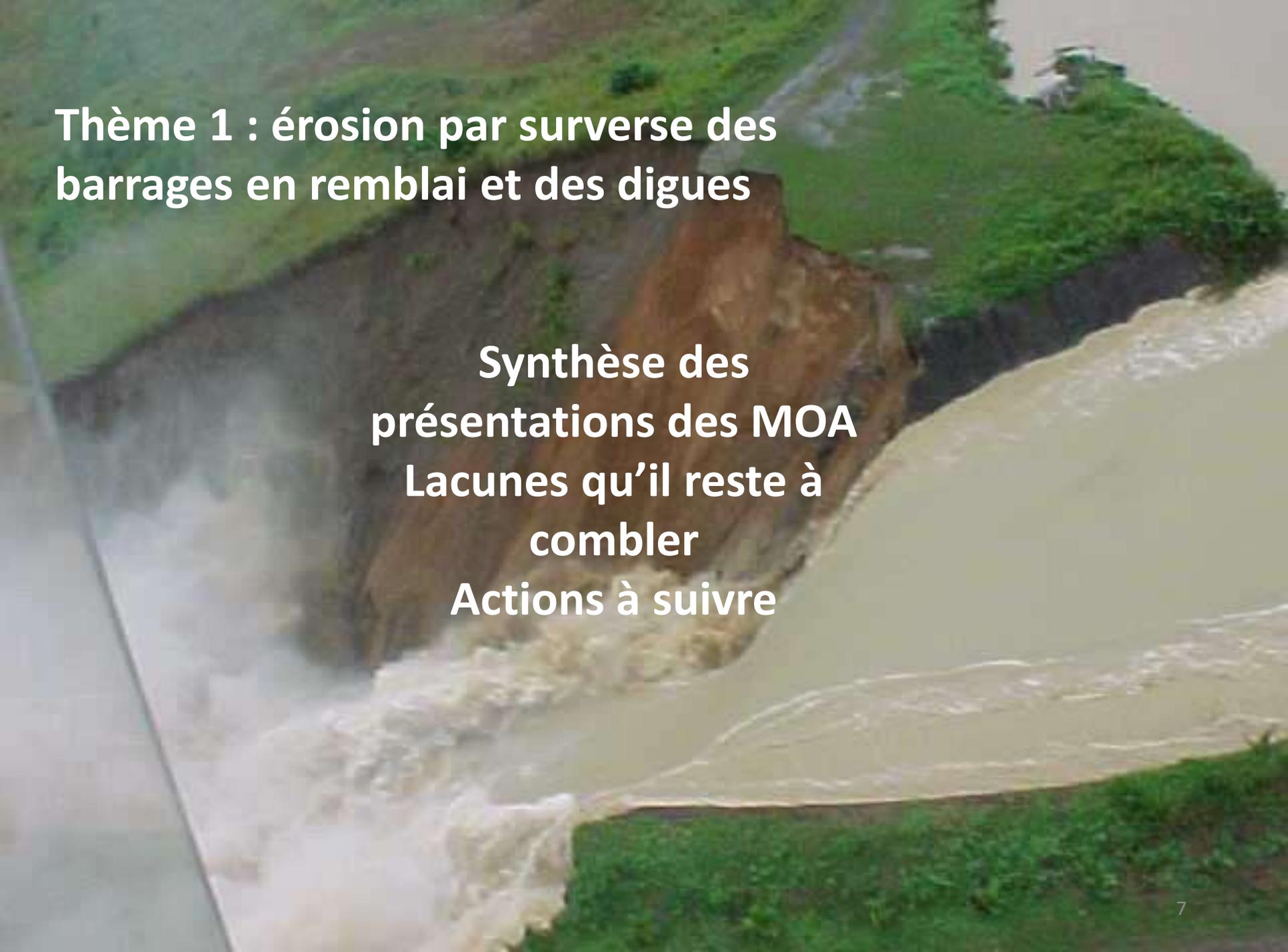
M. Ho Ta Khanh

ARTELIA

ISL

BETCGB

CTPBOH



**Thème 1 : érosion par surverse des  
barrages en remblai et des digues**

**Synthèse des  
présentations des MOA  
Lacunes qu'il reste à  
comblar  
Actions à suivre**

# Synthèse des présentations des MOA

MOA	Principales problématiques
HQ	Érosion par « surverse » du noyau des barrages zonés
UK EA	Modélisation de la rupture par surverse des digues. Partage d'une base de données.
MOA Anglais	Modélisation de l'érosion par surverse. Outils basés sur l'analyse de risque.
CNR	Modélisation de l'érosion par surverse (tout type de matériaux) : durée du processus de surverse avant formation d'une brèche.
USACE	Érosion par surverse / matériaux grossiers. Érosion due à la surverse par les vagues. Impact de la couverture herbeuse sur les digues.
LFU (Bavière)	Pas de problématique de surverse.
Flandres	Modélisation de l'érosion par surverse. Estimation de la résistance à l'érosion des matériaux.

# Synthèse des présentations des MOA

MOA	Principales problématiques
EDF	Modélisation de la surverse des ouvrages zonés et des ouvrages en matériaux grossiers.
SYMADREM	Prédiction de l'élargissement des brèches (principalement dues à l'érosion interne). Meilleure connaissance des paramètres de résistance à l'érosion pour différents types de matériaux.
Rijkswaterstaat	Modélisation de la surverse des digues (avec ou sans vagues), incluant la couverture végétale. Erosion du remblai en arrière de la couverture herbeuse pour des matériaux très variables.

# Synthèse des lacunes qu'il reste à combler

Type d'ouvrage	Sujets de recherche
<b>Barrages zonés</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Modélisation de l'érosion due à un écoulement interne par-dessus le noyau</b></li><li>• <b>Modélisation de l'érosion par surverse du barrage</b><ul style="list-style-type: none"><li>▪ Rupture mécanique du noyau</li><li>▪ Rupture par érosion du noyau</li><li>▪ Processus d'érosion/glisement d'une recharge aval constituée d'enrochements</li></ul></li></ul>
<b>Barrages ou digues homogènes – matériaux à granulométrie étalée</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Modélisation de l'érosion par surverse</b> (y compris résistance à l'érosion des matériaux, prédiction de l'élargissement de brèche,...).</li></ul>
<b>Barrages ou digues homogènes – matériaux fins cohésifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Windam C / HR Breach disponibles et validés pour des géométries simples =&gt; nécessité d'étendre leurs fonctionnalités pour des géométries plus complexes et pour écoulements spécifiques aux digues.</b></li></ul>

## Thème 2 : érosion par surverse des barrages en béton

Synthèse des  
présentations des MOA  
Lacunes qu'il reste à  
combler  
Actions à suivre

# Synthèse des présentations des MOA

MOA	Principale problématique(s)
<b>Verbund</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Barrages a priori <b>peu menacés</b> par la problématique de surverse</li><li>• Mais qqs exemples de travaux de <b>confortement</b> aval</li><li>• Erodabilité des <b>rives</b>, <b>durée</b> de déversement</li></ul>
<b>Alpiq</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erodabilité à l'aval des voûtes</li><li>• <b>Durée</b> de déversement et évaluation géomécanique de résistance à l'érosion</li></ul>
<b>EDF</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Quelques cas d'érosion aval connus à l'aval des barrages dans les 60's, ainsi que des cas de surverse sans dommage</li><li>• Besoin de disposer d'une méthode permettant de prendre en compte le facteur <b>temps</b> / énergie, lors des <b>surverses extrêmes</b> pour les voûtes et poids</li></ul>
<b>EDP</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bcp de voûtes avec fosse de réception</li><li>• Quelques cas d'érosion aval dont certains importants</li><li>• Des fosses sont instrumentées en pression dynamique</li></ul>
<b>UNIPER (Suède)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peu de déversement et <b>bon rocher</b>. Mais aval de certains barrages <b>cloués</b></li><li>• Estimation du risque et des <b>marges restantes</b>, design des mesures de réduction de risque</li></ul>
<b>NTNU (Norvège)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aucune rupture de barrage par érosion aval, ni de dommages sérieux</li><li>• Travaux de recherche 90's sur les phénomènes hydrauliques de <b>pulsation</b></li><li>• Capacité réelle de résistance du massif rocheux pour la crue de projet, la plupart des ouvrages n'ayant connu que des crues mineures</li></ul>

# Synthèse des présentations des MOA

MOA	Principale problématique(s)
<b>British Dam Society</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Pas d'accidents graves</b> suite à l'érosion aval (souvent des coursiers en maçonnerie). Cependant, de <b>nombreux incidents</b> ont été répertoriés.</li><li>• Intérêt sur le développement de méthodes d'analyses de risque : Rupture fragile ou ductile ? Estimation des dommages, quantification du risque ?</li><li>• Cinétique d'évolution et de développement de l'érosion – prise en compte du temps</li></ul>
<b>Vietnam</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Pas d'accidents graves</b> suite à l'érosion aval des barrages en béton, mais parc récent</li></ul>
<b>HQ</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nombreux coursiers excavés à même le rocher et ne disposant <b>pas de protection</b> en béton.</li><li>• <b>Effet des tirs</b> explosifs sur l'érodabilité du massif rocheux</li></ul>
<b>USBR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• De nombreux barrages ont subis des <b>dégâts importants</b></li><li>• Présentation de 4 exemples de barrages voûtes qui ont fait l'objet d'études d'érodabilité aval (méthode Annandale) avec démonstration de <b>l'acceptabilité du déversement intégral</b> sur toute la crête, y compris les culées et les appuis</li><li>• Connaissances précises de la géologie à l'aval des barrages et l'établissement de bases de données de levés topo en aval des barrages</li><li>• <b>Cinétique</b> de l'érodabilité aval</li></ul>

# Synthèse des lacunes qu'il reste à combler

Sujets de recherche	
<b>Capacité érosive de l'eau « Stream Power »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'énergie hydraulique</li> <li>• Déversement par-dessus les barrages poids</li> <li>• Energie d'impact direct sur le rocher sans matelas d'eau</li> </ul>
<b>Taux d'érodabilité et cinétique d'évolution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Energie</b> cumulée / Puissance instantanée</li> <li>• Détermination des modes de rupture (fatigue..)</li> <li>• Développement de formules analytiques pour quantifier la <b>cinétique</b> d'érosion</li> <li>• Distribution spatiale de l'énergie hydraulique dans la fosse de réception</li> </ul>
<b>Modélisation numérique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de modèle disponible, représentation des turbulences..</li> </ul>
<b>Modèle géologique et indice d'érodabilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quel <b>indice d'érodabilité</b> (Kirsten , Pells..)</li> <li>• Identification et quantification du rôle des failles et des propriétés géomécaniques</li> <li>• Evolution de ces propriétés avec la progression de l'érosion</li> </ul>
<b>Base de données REX déversement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de <b>données de terrain</b> pour calibrer les modèles</li> <li>• <b>Technologies</b> haute définition de recueil de données terrain</li> </ul>
<b>Mesures de mitigation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de guide / recommandation pour la conception des mesures de mitigation</li> <li>• Méthodes d'analyse de risque / Aide à la décision</li> </ul>

## **Les actions à suivre**

- ❑ Collecte des contributions écrites d'ici fin mars, puis préparation de l'édition du livre sur l'état de l'art.**
- ❑ Retour d'ici fin janvier des expressions d'intérêts des participants sur les sujets de recherche listés en session de synthèse.**
- ❑ Lancement dès à présent de discussions avec les partenaires intéressés pour lancer des programmes de R&D.**