



Groupement d'Intérêt Scientifique

HYDRAULIQUE pour l'ENVIRONNEMENT et DEVELOPPEMENT DURABLE

Proposition de mini-projet 2019 GIS HED²

Méthodologie d'analyse de la vulnérabilité future des digues et barrages à la surverse en France à l'horizon 2050-2070

Patrick ARNAUD^(a), Stéphane BONELLI^(a), Frédéric LAUGIER^(b)

(a) Inrae et Aix-Marseille Université, 3275 route de Cézanne - 13182 Aix-en-Provence

patrick.arnaud@inrae.fr, stephane.bonelli@inrae.fr

(b) EDF – CIH- Savoie Technolac -73373 LE BOURGET-DU-LAC

frederic.laugier@edf.fr

Motivations

Ce travail porte sur la relation entre changement climatique et débordement par surverse des barrages et des digues. L'analyse des statistiques mondiales récentes [1] montrent que la surverse est la première cause de rupture des barrages en remblai, des digues fluviales de protection et des digues de canaux (Figures 1 et 2).

L'importance de cette question est illustrée par l'actualité : i) Workshop international « Overflow erosion of embankment and concrete dams » organisé par EDF-CIH à Aussois en 2017, ii) lancement à la 87^{ème} réunion annuelle de la CIGB (Ottawa 2019) d'un groupe de travail international « Overflowing and Overtopping Erosion » animé par EDF-CIH, iii) rédaction en cours d'un guide de « Recommandations pour la justification de la tenue à l'érosion des barrages et des digues fluviales en remblai », par un groupe de travail du Cfbr animé par ISL-Ingénierie, Inrae et EDF-CIH ; iv) Question « Barrages et changements climatiques » au 27^{ème} Congrès CIGB (Marseille, 2021).



Figure 1 : Surverse du barrage de la Rouvière (Gard) lors de la crue de 2002.

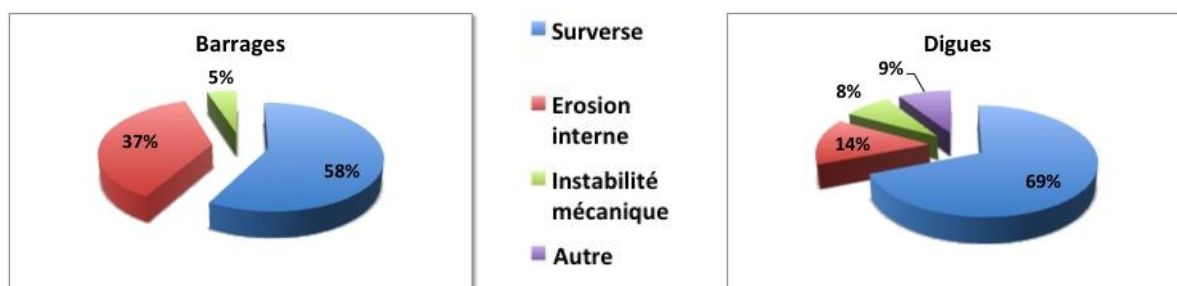


Figure 2 : Statistiques de rupture des barrages et des digues par mécanismes majeur [1]

En octobre 2018, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié un nouveau rapport sur les impacts d'un réchauffement de +1,5°C (et au-delà). L'enchaînement de modèles qui permet le passage d'une hypothèse d'émission de gaz à effet de serre aux débits des cours d'eau est complexe : 1) choix de scénario d'émission de GES, 2) modélisation climatique (GCM, modèle de circulation générale), 3) descente d'échelle, 4) modélisation hydrologique et hydraulique. Cet enchaînement comporte des hypothèses et des erreurs à chaque étape et multiplie les incertitudes. La littérature contient des travaux concluant au fait que le changement climatique entraînera très probablement des débits de pointe plus élevés et des inondations plus fréquentes que celles observées aujourd'hui [2]. Ces conclusions ne sont pas consensuelles [3]. Il faut demeurer très prudent sur la quantification des évolutions hydrologiques futures lorsque l'on s'intéresse aux

valeurs extrêmes dans ces conditions non stationnaires [4,5]. Des effets antagonistes peuvent masquer les changements combinés. Par exemple, une tendance à la diminution de l'humidité du sol peut expliquer une réduction du nombre de crues annuelles malgré une hausse des précipitations.

Sujet de mini-projet

Le sujet du mini-projet porte sur la méthodologie élaborée à Inrae [6] permettant d'analyser la vulnérabilité future des ouvrages hydrauliques (digues et barrages) en France vis-à-vis de la surverse. La période cible est l'horizon 2050-2070. Ce mini-projet vise à réaliser un stage ingénieur, encadré par Inrae et EDF-CIH. Le travail proposé est le suivant :

- 1) Prendre connaissance des modèles de circulation générale et des modèles de descente d'échelle ; il s'agit simplement d'avoir une culture générale sur ce sujet, et de recueillir des ordres de grandeurs des biais et des incertitudes auprès d'experts ;
- 2) Prendre connaissance du modèle SHYPRE d'Inrae couplant une génération stochastique de pluies (T=100 000 ans), un modèle pluie-débit et un modèle hydraulique permettant d'estimer le niveau d'eau d'un ouvrage hydraulique ; les paramètres du modèle pluie sont ici projetés par un modèle de projection climatique ;
- 3) Choisir avec les experts d'EDF-CIH et d'Inrae les études de cas du stage (barrages et digues) ; elles auront un caractère illustratif, montrant par exemple une hausse ou une baisse du niveau d'eau suivant la région ; la pertinence d'un focus sur la région méditerranéenne sera analysée ;
- 4) Réaliser sur ces études de cas des simulations numériques du modèle SHYPRE à partir de projections climatiques régionalisées du projet CORDEX (<http://www.cordex.org/>) ;
- 5) Proposer des éléments de réflexion sur i) les questions ouvertes et les marges de progrès de la méthode, ii) les résultats (pertinence) pour la profession.

Retombées pour le GIS HED²

Ce mini-projet est porté par 2 structures (Inrae et EDF-CIH) qui travaillent déjà sur ce sujet, qui nécessite la maîtrise et la mise en œuvre d'un ensemble logiciel et méthodologique complexe (notamment le calage des paramètres de la projection climatique). La question abordée ici sous l'angle de la sûreté des ouvrages, mais qui peut également l'être sous l'angle de la ressource en eau, intéresse de nombreux acteurs du domaine. Cette action permettra de sensibiliser plus encore les membres du GIS à la question du changement climatique et sa prise en compte rigoureuse sur l'hydrologie et l'hydraulique. Elle sera valorisée au niveau national et international au sein du Cfbr et de l'Icold (via les GT mentionnés dans les motivations), et sera poursuivie par une recherche de financement afin de permettre une mise à disposition de cette méthodologie pour des applications opérationnelles.

Demande de soutien pour un stage ingénieur de 6 mois : 3000€.

Références

- [1] Zhang L., Pend M., Chang D., Xu Y., Dam Failure Mechanisms and Risk Assessment, Wiley, 499 p., 2016.
- [2] Fluixá-Sanmartín J., Altarejos-García L., Morales-Torres A., Escuder-Bueno I. (2018), Review article: climate change impacts on dam safety, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18, 2471–2488.
- [3] Blöschl, G. et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature, 573, 108–111(2019).
- [4] CEH, A Review of Applied Methods in Europe for Flood-Frequency Analysis in a Changing Environment, WG4 : Flood frequency estimation methods and environmental change, FLOODFREQ COST Action ES0901, European Procedures for Flood Frequency Estimation, 180 p., 2013.
- [5] Carroget A., Perrin C., Sauquet E., Vidal J.-P., Chazot S., Chauveau M., Rouchy N., Explore 2070 : quelle utilisation d'un exercice prospectif sur les impacts des changements climatiques à l'échelle nationale pour définir des stratégies d'adaptation ?, Sciences Eaux & Territoires n°22, 2017.
- [6] Cantet P., Arnaud P., Is hydraulic safety of dams challenged by the climate change ?, 3rd European Conference on Flood Risk Management (FLOODrisk 2016), Session Climate Change, oct 2016.