SECURITE VIS-A-VIS DES CRUES EN PERIODE DE TRAVAUX : ÉLEMENTS DE DISCUSSION SUR LES RECOMMANDATIONS DU CFBR

FLOOD SAFETY DURING WORK : DISCUSSION POINTS ON FrenchCOLD RECOMMENDATIONS

Tarik OUSSALAH et Guirec PREVOT,
PoNSOH, 17 av. Joseph Vallier, 38000 Grenoble
tarik.oussalah@developpement-durable.gouv.fr ; guirec.prevot@developpement-durable.gouv.fr

Céline TONIOLO et Alexandre WEGIEL
DREAL Occitanie et Auvergne-Rhône-Alpes
celine.toniolo@developpement-durable.gouv.fr ; alexandre.wegiel@developpement-durable.gouv.fr

Antoine WAUTIER
INRAE, 3275 Route Cézanne, 13 100 Aix-en-Provence
antoine.wautier@inrae.fr

PROVISOIRE

MOTS-CLEFS

Barrages, sécurité, crues, travaux, analyse de risque

KEY WORDS

Dams, security, floods, works, risk analysis

RÉSUMÉ

Lors de travaux sur un barrage qu'il s'agisse de travaux d'entretien, d'amélioration de la sécurité ou de mise aux normes réglementaires, la sécurité de celui-ci pour une crue survenant sur la période peut être significativement diminuée.

Le guide du CFBR sur le dimensionnement des évacuateurs de crue [1] donne quelques recommandations, mais qui peuvent être soumises à interprétation.

Dans cet article, des éléments de discussions sur une méthodologie pour la sécurité des ouvrages en phase de chantier, en s'appuyant sur ces mêmes recommandations, sont proposés.

Il y est proposé une méthode permettant d'évaluer les « gains escomptés », cités dans les recommandations en comparant la probabilité de l'événement redouté (rupture, défaillance, dépassement d'une cote, etc.) dans le cas où les travaux, tels que proposés seraient réalisés ou non.

Le choix méthodologique sera discuté, notamment concernant la durée d'évaluation du risque, et plusieurs ouvertures sur le sujet seront proposées. En particulier, l'intégration de la notion des enjeux à l'évaluation, ou la distinction entre les barrages de classe A et B directement soumis à l'arrêté technique barrage (ATB) et les barrages C dont les exigences réglementaires détaillées sont limitées à ceux réhabilités ou neufs.

La méthodologie est testée sur un exemple de barrage où des travaux sont projetés et des solutions alternatives sont également proposées lorsque techniquement la sécurité en crue n'est pas suffisante lors de certaines phases du chantier.

ABSTRACT

During works on a dam, whether for maintenance, safety improvements, or regulatory compliance, the structure's safety during potential flood events can be significantly compromised.

The FrenchCOLD guide on the design of flood spillways [1] provides recommendations, but these are open to interpretation. This article offers discussion points on a methodology for ensuring the safety of structures during the construction phase, built on these recommendations.

A method is presented to assess the "expected gains" mentioned in the guide by comparing the likelihood of adverse events (such as failure, malfunction, or exceeding limits) under two scenarios: with or without the proposed works being carried out.

The article will explore the methodological approach, particularly in relation to the timeframe for risk assessment, and propose several considerations. Specifically, it will address the integration of stakes into the evaluation and the distinction between Class A and B dams—directly subject to thechnical regulations—and Class C dams, where regulatory requirements only apply to rehabilitated or new structures..

The methodology will be tested using a case study of a dam undergoing planned works, and alternative solutions will be proposed for situations where flood safety during certain project phases is inadequate.

1. INTRODUCTION

La sécurité des ouvrages hydrauliques repose en premier lieu sur leur bonne conception, sur la compétence de leurs responsables (propriétaires, exploitants et concessionnaires) et sur les moyens qu'ils mettent en œuvre pour s'assurer de leur bon comportement. La réglementation française définit, à la charge de ces responsables, des objectifs pour la sécurité des barrages « en toutes circonstances » [2]. Cela inclut implicitement les situations temporaires liées aux travaux. En l'absence de mesures de réduction des risques spécifiques, il peut s'avérer que le niveau de sûreté d'un barrage soit notablement amoindri durant ces situations.

Les travaux notables ou substantiels[1] doivent être portés à la connaissance de l'administration préalablement à leur mise en œuvre. Celle-ci peut exiger l'actualisation préalable de l'étude de dangers (EDD) [3]. C'est notamment le cas lors de travaux importants et a fortiori s'il est considéré que les travaux projetés sont de nature à diminuer temporairement le niveau de sûreté du barrage [1].

L'analyse de risques de l'EDD doit dans ce cadre tout particulièrement étudier la situation du barrage pendant les phases de travaux. Elle doit permettre de mettre en évidence les phases critiques du chantier, évaluer les probabilités de défaillance lors de ces phases, les conséquences associées, et définir le cas échéant les mesures nécessaires pour garantir la préservation constante de la sûreté de l'ouvrage. Il n'existe pas de critères quantitatifs précis dans la réglementation pour évaluer la pertinence et la suffisance des mesures ainsi proposées.

Le guide CFBR sur le dimensionnement des évacuateurs de crues [1] fournit des recommandations sur une méthodologie de justification de la sécurité des barrages en crue, basé sur la notion de « gains escomptés ». Ces « règles de l'art » peuvent permettre d'alimenter utilement les analyses de risques des EDD pour les phases de travaux.

Le présent article propose une méthodologie qui permet :

- de prendre en compte les recommandations établies par le CFBR [1] ;
- pour les responsables d'ouvrages et leurs ingénieries, de justifier soigneusement la préservation du niveau de sûreté en cas de crue en phase de travaux de leurs barrages ;

[1]Une définition réglementaire de ces termes est établie à l'article R.181-46 du Code de l'environnement

– pour l'administration, de disposer de critères quantitatifs pour juger de l'autorisation des travaux proposés, grâce à la démonstration que la sûreté de l'ouvrage et la sécurité des biens et des personnes à l'aval a été pensée de manière globale (« gains escomptés »).

Dans certains cas, il est impossible de trouver des solutions techniques raisonnables et de justifier « les gains escomptés » de sécurité. Sur la base de deux exemples, le présent article illustre des moyens pour réduire la gravité d'une défaillance du barrage lors des phases chantier et donc de faire accepter les travaux sur le barrage à la société civile.

2. EXPOSE DE LA PROBLEMATIQUE

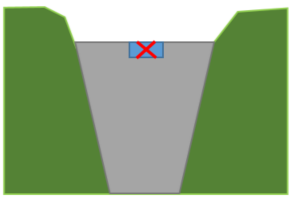
Que ce soit pour des travaux d'entretien ou de maintenance (batardage d'une ou plusieurs passes d'un évacuateur de crues par exemple) ou pour des interventions lourdes sur la structure même de l'ouvrage (suppression / remplacement de tirants par exemple), le niveau de sûreté d'un barrage ne doit en principe pas être notablement diminué pendant les phases de travaux. Les crues de référence restent notamment celles de l'ouvrage en exploitation courante. Aucune dérogation aux exigences essentielles de sécurité des barrages [5] n'est prévue par la réglementation.

Le maintien du niveau de sûreté est usuellement garanti par une adaptation des méthodes et du phasage des travaux, un éventuel abaissement temporaire de la cote de retenue pour bénéficier d'un possible laminage des crues par la retenue, et par le choix d'une saison d'intervention à moindre risque hydrologique. La démonstration de la pertinence des mesures projetées est apportée à l'administration préalablement au démarrage des travaux, notamment au travers d'une étude spécifique des différentes phases du chantier dans l'analyse de risques de l'EDD.

Il arrive toutefois que certains travaux ne permettent pas de démontrer la préservation de la sûreté d'un ouvrage par de telles mesures. Par exemple, prenons le cas d'un barrage en béton de classe A, sous-dimensionné hydrauliquement avec une crue de projet[2] équivalente à une crue centennale (Q_{100}). Le responsable de l'ouvrage a proposé d'effectuer des travaux qui permettront d'augmenter la crue de projet à un niveau équivalent à une crue millénale (Q_{1000}). Ces travaux d'une durée estimée à 2 ans conduisent toutefois à une diminution temporaire de la crue de projet à l'équivalence d'une crue vicennale (Q_{20}).

Si un tel ouvrage ne satisfait pas à la réglementation et nécessite donc des travaux, les modalités proposées pour leur exécution (crues pouvant engendrer des conséquences pour la sécurité du barrage, durée des travaux, etc.) ne sont pas définies. Cette proposition est-elle acceptable ? Quels critères d'analyse employer pour justifier d'une telle démarche ?

Barrage avant les travaux, passant la Q_{100}



Barrage pendant les travaux, passant la Q_{20}

Barrage après les travaux, passant la Q_{1000}

NB : Il faut faire la différence entre la « crue de chantier » qui réside d'un choix du maître d'œuvre, de l'entreprise et du maître d'ouvrage pour la protection des installations chantier et les crues qui peuvent engendrer des conséquences sur la sécurité du barrage et sur les enjeux à l'aval. C'est cette dernière qui nous intéresse dans cet article.

[2] On appellera ici la crue de projet, la crue visée à l'item 11 de l'annexe 1 de l'ATB, qui permet de faire passer les crues sur le barrage en conservant des marges de sécurité.

3. LES RECOMMANDATIONS DU CFBR

Afin d'apporter des solutions face à de telles difficultés de démonstration, et pour ne pas aboutir au blocage de travaux pertinents en matière de sécurité des ouvrages hydrauliques, le CFBR [3] a proposé une méthodologie de démonstration.

> *« L'approche privilégiée consiste à considérer que la sécurité en crue de l'aménagement ne doit pas être significativement diminuée pendant les travaux : les crues de référence restent celles de l'ouvrage en service. La sécurité du barrage est alors acquise par une adaptation des méthodes d'intervention (batardage), un éventuel abaissement de la cote de retenue pendant les travaux, et par le choix d'une saison d'intervention à moindre risque hydrologique.*
>
> *Cette approche n'est pas toujours raisonnablement envisageable. Dans certains cas, il faut nécessairement admettre une sécurité moins forte pendant la période de travaux. La démarche consiste alors à évaluer quels sont les critères de sécurité « raisonnablement envisageables » pour la période des travaux. Il faut pour cela démontrer que :*
>
> *1. les critères de sécurité retenus sont bien calés au mieux de ce qui est raisonnablement envisageable ;*
>
> *2. les gains escomptés de l'opération justifient bien les risques accrus pendant les travaux, ce qui peut par exemple être apprécié en comparant la probabilité de rupture en service normal et la probabilité de rupture pendant les travaux ;*
>
> *3. des mesures appropriées sont prises pour gérer les situations de crise pendant les travaux ;*
>
> *4. sauf cas de barrages de classe D[3] et sauf cas très particulier, la sécurité pendant les travaux est acquise pour la crue centennale.*
>
> *Nota : ces réserves sur les critères hydrologiques en conditions de maintenance ne s'appliquent pas au choix des critères hydrologiques pour la construction de nouveaux barrages. »*

L'interprétation de ce texte est aisée, exception faite du 2e item qui a donné lieu à un certain nombre de débats au sein de la profession et avec l'administration. En effet, dans la phrase : « *les gains escomptés de l'opération justifient bien les risques accrus pendant les travaux, ce qui peut par exemple être apprécié en comparant la probabilité de rupture en service normal et la probabilité de rupture pendant les travaux* », plusieurs points peuvent être sujets à débat :

1. comment évaluer les « gains escomptés » ?
2. doivent-ils être strictement supérieurs à 0, ou bien doivent-ils être significatifs ?
3. que signifie « en service normal » ?

[3] Les barrages D n'existe plus dans la réglementation Française. Pour autant, la seconde partie du point reste valable.

PROVISOIRE

4. METHODOLOGIE

4.1.Évaluation des gains

Le point de départ consiste à comparer, pour l'évaluation des gains, la situation sans réalisation des travaux et celle après réalisation des travaux, en tenant compte de ce qui se passe pendant la phase de travaux.

L'évaluation de ce gain ne peut se faire objectivement qu'en évaluant une probabilité de risque de rupture (ou de défaillance) sur une durée donnée, et non pas sur une probabilité annuelle. En effet, pour une même crue de projet et en l'absence de prise en compte de la durée de la phase travaux, l'évaluation serait la même que les travaux durent quelques semaines ou 10 ans.

Ce point étant fixé, il devient nécessaire de s'interroger sur la durée d'évaluation du risque après les travaux pour effectuer une comparaison objective. Une hypothèse de travail d'une durée de vie centennale de l'ouvrage peut être retenue de manière générale en première approche. Cette hypothèse est rediscutée ultérieurement dans le présent article.

L'évaluation des gains du cas simplifié théorique exposé au chapitre 2 du présent article selon les hypothèses susmentionnées est la suivante :

- sans réalisation des travaux, la probabilité de subir la crue de projet (Q_{100}) sur 100 ans de durée vie de l'ouvrage est :

$$P_1 = 1 - \left(1 - \frac{1}{100}\right)^{100} = 63\%$$

- avec réalisation des travaux, la probabilité de subir la crue de projet (Q_{1000}) sur 100 ans de durée de vie de l'ouvrage, sachant que durant 2 ans est inclue une phase de travaux durant laquelle la crue de projet est réduite à Q20, est :

$$P_2 = 1 - \left[\left(1 - \frac{1}{1000}\right)^{98} * \left(1 - \frac{1}{20}\right)^{2}\right] = 18{,}2\%$$

Ainsi, le calcul permet d'avoir une évaluation des gains apportés par les travaux. La question est de savoir si la simple supériorité de P_1 par rapport à P_2 suffit en termes de démonstration, ou s'il est attendu une diminution significative de la probabilité de rupture pour juger le gain des travaux suffisant. Quelques calculs d'ordre de grandeur démontrent qu'il est parfois extrêmement difficile d'avoir une diminution significative de la probabilité d'atteinte de la crue de projet, en particulier lorsque la période d'évaluation des gains post-travaux est plus courte qu'une centaine d'années (cf. tableau 1).

4.2.Remarques supplémentaires

Dans un certain nombre de cas, les travaux d'entretien peuvent diminuer temporairement le niveau de sûreté d'un ouvrage sans permettre de gain quantifiable (remise en état d'une vanne par exemple). La réponse proposée est de considérer que sans entretien, l'élément concerné doit être considéré comme défaillant. L'évaluation des gains de sécurité peut alors se calculer en prenant l'hypothèse d'une défaillance de l'élément en l'absence de réalisation des travaux.

Au-delà du sujet de la probabilité de rupture sur une durée longue, une probabilité annuelle de rupture trop élevée, même sur une courte période, peut toutefois en pratique générer des difficultés d'acceptation sociétale. L'item 4 des recommandations précitées du CFBR [1] couvre ce cas de figure en imposant a minima une crue de projet équivalant à une crue centennale (Q_{100}).

Par ailleurs et comme souligné précédemment, l'hypothèse de travail générale d'une durée de vie centennale pour un ouvrage peut être soumise à débat dans certains contextes particuliers. L'estimation objective d'une durée de vie pour un ouvrage spécifique est un exercice parfois difficile. La question du gain sur un horizon de 10 ou 15 ans, correspondant à la temporalité dans laquelle les travaux sont envisagés, peut ainsi parfois s'avérer plus adaptée. Il peut en outre être relevé que cette temporalité réduite est celle dans laquelle s'inscrivent les

PROVISOIRE

périodicités d'actualisation minimales des EDD des barrages, lors desquelles les besoins de travaux sont justement questionnés [4].

Enfin, il n'est jusqu'à présent étudié que la probabilité de rupture pour l'évaluation du gain, or une évaluation des enjeux exposés dans les différents scénarios peut compléter utilement l'analyse.

Hypothèses						
Q avant travaux (an)	100	100	100	100	100	100
Q pendant travaux (an)	20	20	2,7	2,7	100	100
Q après travaux (an)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Durée travaux (an)	2	2	2	2	2	2
Horizon temporel - Durée de calcul (an)	100	10	100	10	100	10
Probabilité dépassement avec travaux	18,20 %	10,50 %	63,40 %	60,00 %	11,10 %	2,80 %
Probabilité sans travaux	63,40 %	9,60 %	63,40 %	9,60 %	63,40 %	9,60 %
Gains escomptés	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui
Décision	Travaux proposés possibles	Refus des travaux proposés	Refus des travaux proposés	Refus des travaux proposés	Travaux proposés possibles	Travaux proposés possibles

Tableau 1 : calcul de sensibilité sur différentes hypothèses

5. EXEMPLE SUR UN CAS CONCRET

L'ouvrage est un barrage en remblai pseudo-zoné de classe B, construit en 1990 pour un volume de retenue de 2,1 Mm³. Il dispose d'un évacuateur central en béton établi pour une crue de projet millénale. La reprise de l'étude hydrologique et hydraulique en 2021 conduit à établir que la crue de projet initiale est proche d'une crue quincentennale (Q_{500}), ce qui ne permet pas le respect des critères de l'ATB [5] (crue exceptionnelle de temps de retour 3 000 ans). À noter que ce barrage dispose d'une capacité de laminage des crues assez limitée.

Afin de se conformer aux exigences réglementaires de l'ATB, des travaux sont programmés en septembre-octobre, après la période d'irrigation, sur une période réputée favorable hydrauliquement dans le secteur géographique du barrage.

En s'appuyant sur les recommandations CFBR [1], il a été étudié la possibilité d'évacuer en phase travaux une crue de référence correspondant au niveau de sûreté de l'ouvrage avant travaux (Q_{500}). Cette possibilité nécessite l'abaissement du niveau de la retenue en maintenant un volume résiduel de 68 000 m³, ce qui n'est pas compatible avec les enjeux écologiques de préservation de la ressource en eau (après une saison 2022 extrêmement sèche) et de sauvegarde de la faune de la retenue. De plus, pour stocker les apports d'une crue Q_{500} sans générer de surverse sur la zone de travaux de l'évacuateur de crues (EVC), un batardeau doit être réalisé. Cela allonge la durée du chantier vers la période automnale, moins favorable en termes de crues, tout

PROVISOIRE

en augmentant les coûts du projet. La recherche d'une crue de référence adaptée est donc apparue nécessaire pour ce projet, ainsi que des mesures appropriées pour gérer les situations de crise.

Une solution alternative a été recherchée pour définir la crue de projet pour la période de travaux en prenant pour référence la probabilité de survenue de la crue projet pour un barrage neuf en remblai de classe B respectant l'ATB (crue exceptionnelle de temps de retour 3 000 ans) sur toute sa vie. En prenant en compte une durée de vie de l'ouvrage de 100 ans, la probabilité de rupture acceptable au sens de l'ATB est donc d'environ 3.10^{-3}. Pendant la phase de travaux, d'une durée de 18 semaines en période d'étiage (soit 18/52 an), on retrouve une probabilité de rupture similaire (3.10^{-3}) en considérant une crue de période de retour 100 ans. Ceci est par ailleurs en adéquation avec le 4e item des recommandations du CFBR.

Ainsi, en appliquant la méthode décrite au 4.1 et en considérant une durée de vie de 100 ans, l'ouvrage avant travaux présente une probabilité de subir la crue de projet Q_{500} de 18 %, alors qu'avec les travaux de mise en conformité avec l'ATB (crue de référence Q_{3000}), intégrant une phase de travaux de 18 semaines avec une crue de protection de niveau centennal, cette probabilité tombe à 3,6 %. Le gain escompté après réalisation des travaux est donc significatif et a justifié cette prise de risque pendant le chantier.

La faisabilité de ce niveau de protection par simple abaissement (sans batardeau protégeant la zone de travaux) a été vérifiée sur la base des levés bathymétriques réalisés préalablement à la phase chantier. La capacité de stockage de la retenue en dessous du niveau de fond de fouille des travaux est estimée à 1 460 000 m³, à comparer au volume de la crue de période de retour 100 ans de 1 005 000 m³. Sur le plan écologique, la cote d'étiage observée en 2022, laissant un volume résiduel de 216 500 m³, soit 10 % du volume total de la retenue à côte normale, a été considérée comme un niveau acceptable pour la vie aquatique de la retenue.

Des mesures appropriées ont été prises pour gérer les situations de crise pendant les travaux avec des consignes de gestion spécifiques et l'adaptation des niveaux de vigilance aux cotes nécessaires à la sécurité du chantier.

Ainsi, il a été retenu de valider une cote de chantier au niveau de la cote d'étiage de 2022 qui permet de stocker, avec une marge confortable, la crue centennale sans atteindre le fond de fouille des travaux sur l'évacuateur de crues, tout en maintenant un niveau d'eau acceptable pour la vie aquatique de la retenue.

6. GESTION DES SITUATIONS DE CRISE PENDANT LES TRAVAUX

Les recommandations du CFBR [1] indiquent, en cas de difficulté à trouver des solutions techniques pour garantir la préservation du niveau de sûreté pendant les phases de travaux, que « des mesures appropriées sont prises pour gérer les situations de crise pendant les travaux ». Cela comprend une mise en sécurité des personnes à l'aval du barrage lors de ces situations. Deux cas concrets sont présentés ci-dessous.

6.1.Mise en place d'un plan d'urgence

Le barrage est un ouvrage en béton de 30 m de hauteur construit au début des années 1950. Situé en Occitanie, il relève de la classe A et a fait l'objet de travaux de confortement en 2014 / 2015. L'ouvrage comprend une voûte large appuyée sur deux culées latérales qui doivent être renforcées par des tirants d'ancrage.

Du fait de l'exiguïté des culées, la mise en place des tirants nécessitait un sciage préalable des têtes des tirants historiques. Cette phase a conduit le CTPBOH[4] à recommander d'approfondir techniquement la procédure de mise en œuvre des tirants, ainsi que le suivi du comportement de l'ouvrage pendant le relâchement des tirants existants et la mise en tension des nouveaux tirants.

Initialement prévue en période d'étiage estival, cette opération prévoyait l'étêtage de l'ensemble des tirants d'ancrage de la culée située en rive droite de la voûte afin de disposer de l'espace nécessaire à la réalisation des nouveaux tirants d'ancrage. Les retards pris durant les phases préalables ont conduit à reporter cette opération pendant la saison hivernale, au cours de laquelle le risque de crue est le plus important.

[4]Comité technique permanent des barrages et ouvrages hydrauliques

PROVISOIRE

Les modalités de réalisation des travaux ont donc été révisées pour tenir compte de l'accroissement du risque de crue. Sur le plan technique, il a été conclu qu'une solution visant au maintien de l'un des deux tirants historiques apporterait un meilleur niveau de sûreté lors des travaux que la solution visant à étêter les deux tirants en limitant l'envergure de la phase de fragilisation de l'ouvrage (entre suppression tirant historique et mise en tension des nouveaux tirants). Le projet a été modifié pour intégrer cette mesure, ainsi qu'un abaissement supplémentaire de 4 m du plan d'eau (passant ainsi de 8,8 à 5,3 hm^3 pour cette phase).

En complément, sur le plan organisationnel, les consignes de gestion de la retenue et de surveillance de l'ouvrage ont été adaptées. Il fut notamment prévu de conditionner le démarrage de la phase sensible des travaux à la présence de conditions météorologiques favorables, à une surveillance permanente de l'ouvrage pendant cette phase et les jours suivants. Des critères d'arrêt des travaux et de mise en sécurité en cas de comportement anormal du barrage ont aussi été définis. De même, la phase de mise en tension des nouveaux tirants a elle aussi été très suivie.

Pour autant, toutes les incertitudes n'étaient pas entièrement levées avant l'intervention quant à la réaction de l'ouvrage lors de la suppression du tirant ou de la mise en tension des nouveaux tirants. Il a donc été réalisé en parallèle une information des services chargés de la sécurité civile, ce qui s'est avéré pertinent. Cela a conduit concrètement à la mise en place d'un système d'alerte des communes concernées, semblable à ce qui peut être établi dans le cadre d'un PPI[5].

Les collectivités locales ont très largement répondu à l'invitation de la préfecture et la DREAL à une réunion de présentation du dossier. Cette réunion a permis aux maires de connaître plus précisément le risque pour chacune de leurs communes et d'adapter (ou initier le cas échéant) leur plan communal de sauvegarde (PCS).

De son côté, le service de contrôle de la DREAL a mis en place une fiche réflexe à destination des cadres d'astreinte pour l'ensemble de la période sensible, et ajouté une astreinte technique « barrage » pour les phases d'étêtage et de mise en tension, ainsi que lors des périodes pluvieuses.

Aucune alerte météorologique ou liée à un comportement inattendu de l'ouvrage n'a été émise pendant la phase sensible du chantier.

6.2.Gestion du barrage et PCS[6] coordonnés

Le barrage est un barrage poids en maçonnerie de 23 m de hauteur construit en 1883 pour subvenir aux besoins en eau de l'industrie locale, et sert désormais à l'alimentation en eau potable communale. Situé en Occitanie, dans une zone fréquemment soumise aux crues, il a fait l'objet de travaux de confortement en 2019 / 2020.

Suite à la première EDD de l'ouvrage et à ses études complémentaires, il a été établi que sa cote de danger pouvait être atteinte pour une crue de période de retour 60 ans, et que 300 à 350 personnes seraient exposées à une onde de rupture de plusieurs mètres de hauteur (dans un délai inférieur à une minute pour les premières habitations). Le service de contrôle a prescrit des mesures conservatoires visant à établir un système d'alerte et d'évacuation des populations situées à l'aval, associé à une contrainte de cote pour toute la période préalable à la réalisation de travaux de confortement de l'ouvrage.

Depuis lors, les consignes de gestion en crue ont été établies en lien direct avec le PCS, avec notamment un même état d'alerte enclenchant la cellule de crise communale. Celle-ci disposait alors d'une heure (pour une crue de période de retour 100 ans) pour alerter la population et organiser l'évacuation avant l'atteinte de la cote de danger (279,5 m_{NGF}).

En parallèle, la commune a étudié des solutions de sécurisation, et retenu celle visant à la mise en œuvre de nouveaux tirants d'ancrage. Les travaux se sont déroulés entre septembre 2019 et octobre 2020.

Le dispositif du PCS a été testé à deux reprises en 2018.

[5]Plan Particulier d'Intervention
[6]Plan Communal de Sauvegarde

PROVISOIRE

- En juin lors d'un exercice organisé par la préfecture. L'exercice a permis de démontrer que le dispositif laissait en pratique moins d'une heure entre l'alerte et l'évacuation, et que cette dernière devait elle-même être réalisée en moins d'une heure avant la rupture potentielle du barrage. Les cotes d'alerte et d'évacuation ont donc été abaissées pour laisser deux heures pour chaque phase.

- Le 15 octobre 2018 lors d'une crue, l'alerte des populations a été réalisée sans nécessité d'évacuation. En effet, l'ouvrage, situé en dehors de la zone de plus grand impact météorologique, n'a pas été endommagé par la crue.

Durant la phase de travaux, les cotes d'alerte et de crue ont été revues spécifiquement à la baisse. La période a été marquée par deux évènements de crue.

- Le 22 octobre 2019, jour programmé pour la désactivation des tirants existants et alors que la retenue était vidangée, le département de l'Aude a été placé en vigilance orange « crues » par Météo-France. Par précaution, cette opération a été reportée et réalisée la semaine suivante. L'exploitant s'est rendu deux fois par jour sur le barrage pour surveiller la cote de la retenue. L'état d'alerte n'a pas été atteint.

- Le 11 mai 2020, jour de la reprise des travaux avec un rythme « normal » (post-confinement COVID-19), alors que les tirants définitifs n'étaient pas encore en tension (et la longrine n'était pas encore bétonnée), une crue a entraîné le dépassement des cotes d'alerte et d'évacuation des consignes appliquées en phase travaux. La cote d'alerte de 263 m_{NGF} a été dépassée à 9 h00, entraînant une télé-alerte de la population à l'aval. La cote d'évacuation de 269 m_{NGF} a été atteinte à 12h15, entraînant l'alerte des autorités et l'évacuation de 135 personnes. Pendant cette crue, la retenue est montée jusqu'au seuil de l'évacuateur de crues, sans toutefois atteindre la cote de danger. La pluie a cessé en début de soirée, il a fallu attendre le lendemain matin pour constater un abaissement de la retenue jusque sous la cote d'évacuation et permettre le retour des personnes évacuées. Pour le barrage, les débits conséquents en sortie des galeries de vidange de fond ont entraîné un descellement de la rangée de pierres aval en sortie de ces galeries, ainsi que des dégradations du radier aval. Ces dégradations ont été réparées lors des travaux. Le descellement des pierres aval s'explique par l'état dégradé des joints. Il était prévu de reprendre ces joints une fois les tirants mis en tension, la crue a toutefois devancé cette étape de travaux.

7. CONCLUSION

La dégradation temporaire du niveau de sûreté d'un barrage pendant un chantier n'est pas spécifiquement évoqué dans la réglementation française : les exigences s'appliquant en toutes circonstances. Dans le même temps, la nécessaire prise en compte des réalités techniques, au-delà de ce grand principe, est bien admise, et examinée par exemple au travers des analyses de risques des actualisations des études de dangers dans le cadre des travaux.

Les règles de l'art, notamment établies par le CFBR, proposent une méthodologie de démonstration de l'acceptabilité d'une baisse provisoire du niveau de sûreté d'un ouvrage pendant des travaux. La notion de « gains escomptés » développée dans cette méthodologie reste toutefois subjective.

Le présent article propose une méthodologie quantitative afin d'objectiver la notion de « gains escomptés », en vue de permettre aux responsables d'ouvrages et à l'administration de disposer d'un cadre d'évaluation partagé lors des évaluations relatives à la pertinence de travaux induisant une baisse temporaire du niveau de sûreté d'un barrage. Plusieurs exemples concrets sont présentés, afin d'illustrer sa pertinence dans la pratique.

Les cas pratiques sont toutefois à ce stade insuffisamment nombreux pour disposer d'un retour d'expérience apte à valider son usage de façon consolidée. La discussion reste notamment ouverte concernant l'objectif cible en matière de « gains escomptés » (allant de la simple égalité à la diminution « notable »). En outre, l'horizon temporel ou la durée de calcul (durée de vie, temporalité d'une EDD) est une valeur essentielle à la démonstration, et l'objectivité de cette dernière est ainsi directement liée à la robustesse de ce paramètre. L'attribution d'une telle valeur peut pourtant s'avérer très subjective, et mériterait sûrement elle-même une réflexion visant à sa quantification.

PROVISOIRE

REMERCIEMENTS

Remerciements à Patrick LE DELLIOU et Stéphan AIGOUY, président et secrétaire du groupe de travail pour le guide de recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crue [1] pour leurs éclairages et avis.

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

[1] CFBR, Guide de recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crue, 2013.

[2] Code de l'environnement et Code de l'énergie, dans leurs dispositions issues du décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007, du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 et du décret n° 2016-530 du 27 avril 2016

[3] Item III de l'article R.214-117 du Code de l'environnement

[4] Item II de l'article R.214-117 du Code de l'environnement

[5] Arrêté du 6 août 2018 fixant des prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages

PROVISOIRE