

Études de dangers de systèmes d'endiguement : une mise en lumière des questions posées à l'appui technique au contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques

Hazard studies for flood defence systems: highlighting some issues from technical support's point of view

A. Brune¹, P. Ledoux¹

¹ Cerema Méditerranée, Aix-en-Provence, France, anne.brune@cerema.fr

Résumé

L'arrêté ministériel du 7 avril 2017, modifié le 30 septembre 2019, précise le contenu attendu des études de dangers (EDD) des systèmes d'endiguement. Celles-ci doivent notamment apporter une démonstration du niveau de protection assuré par les ouvrages composant ce système, et la garantie dans le temps du maintien de leur performance.

Les systèmes d'endiguements sont soumis à une autorisation délivrée par l'administration. Les services de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques (SCSOH) vérifient la complétude et la conformité des études de dangers et assurent une vérification de la pertinence des éléments contenus dans l'EDD qui constitue une pièce maîtresse du dossier de demande d'autorisation. Il s'agit en premier lieu de s'assurer de l'absence d'erreur manifeste ou de lacunes graves, qui rendraient la démonstration du niveau de performance incohérente au regard des enjeux présentés par le système d'endiguement. Le SCSOH bénéficie d'un appui technique assuré par le Cerema pour les systèmes d'endiguement.

Cet article présente une analyse rétrospective des questions remontées par les services de l'Etat à l'appui technique du Cerema Méditerranée concernant les EDD de systèmes d'endiguement sur les dernières années.

L'analyse apporte notamment une mise en lumière des thématiques nécessitant le plus souvent des compléments ou demandes d'éclaircissement pour la bonne compréhension de la démonstration apportée. Cette analyse ne préjuge pas de l'avis rendu *in fine* par les SCSOH qui intègre d'autres éléments d'appréciation et de proportionnalité du contrôle aux enjeux.

On constate que certains sujets génèrent systématiquement des interrogations notamment :

- la définition des systèmes d'endiguement dès lors que ceux-ci intègrent des ouvrages de natures, fonctions, ou de propriétés variées ;
- la complétude du diagnostic approfondi dans un contexte de modification des ouvrages ou de reprises d'ouvrages anciens ; et la cohérence avec l'analyse des probabilités de défaillance ;

- la pertinence du lieu de référence choisi pour la définition du niveau de protection.

Cette synthèse vise à éclairer les rédacteurs, relecteurs d'études de dangers, ainsi que les services de contrôle, sur les points qui selon l'appui technique, méritent une attention particulière.

Mots-clés

systèmes d'endiguement, études de dangers, diagnostic, analyse de risques, contrôle de sécurité

Abstract

In 2017 and 2019, French ministry in charge of natural hazards prevention, implemented new regulation on hazard studies for flood levee systems. These documents have to comply with new standards, codifying their content and especially the demonstration of the mechanical resistance of hydraulic structures protecting against floods or submersions.

Levee systems are then subjected to national regulation. In this context, they need to get an authorization from the local government authority. The hazard study is one of the main piece that will allow the manager of the levee system to get an official authorization. To give this authorization, local government department has to check whether hazard studies comply with actual standards and provide consistent arguments about the resistance of levee systems. The first issue is to avoid important mistakes that could fault the demonstration of the mechanical resistance and the ability of the levee system to protect efficiently. To carry on this verification, local government departments in charge of hazard studies instruction, can count on the Cerema (Centre for Studies and Expertise on Risks, the Environment, Mobility and Urban Planning), a French public agency who provides support on technical issues.

This paper aims at giving an analysis of most frequently asked questions to technical support concerning the way to undergo hazard studies of levee systems. It particularly highlights subjects that need to be better described for the consistence of the demonstration. It does not prejudge on the final validation of the study, yet it gives some minimal points to pay attention to.

We can observe that some subjects invariably raise questions :

- the delimitation and composition of levee systems, when they are made up of various types of structures;
- the completeness of the structural diagnosis when it is led on ancient structures, or when consolidation works are undergone; the data coherence with failure probability analysis;
- the choice of reference location, to measure the level of protection of the levee system.

This synthesis can warn people in charge of hazard studies elaboration, or those who are in charge of their verification, about subjects that need to be specifically well justified.

Key Words

flood defence systems, hazard studies, diagnosis, safety check, level of protection

Introduction

L'arrêté du 7 avril 2017 modifié en 2019, définit le plan et contenu des nouvelles études de dangers de systèmes d'endiguement. Les systèmes d'endiguement de protection contre les inondations sont définis dans le Code de l'Environnement. Ce sont les structures en charge de la GEMAPI qui doivent les identifier et décider de les employer ou non à des fins de protection contre les inondations. Si un système d'endiguement est mis en œuvre, une étude de dangers doit venir préciser son mode de fonctionnement en cas de crue, et notamment justifier que celui-ci présente un risque de défaillance faible pour le niveau de protection choisi. Elle doit également décrire la gestion du système en toutes circonstances. Ces études constituent une base technique essentielle de connaissance des systèmes et de leurs limites. Elles sont soumises à une instruction par les services de l'État. Au cours de cette instruction, les services de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques (SCSOH) sont amenés à vérifier la consistance des études, et à formuler des demandes de complément au maître d'ouvrage si besoin. Lorsque les éléments techniques nécessitent un éclairage particulier, les SCSOH peuvent consulter leur service d'appui technique, au Cerema.

Les études de dangers de systèmes d'endiguement sont maintenant réalisées selon leur nouvelle formule depuis presque quatre ans. Il est apparu utile de proposer un premier travail de capitalisation des avis rendus par l'appui technique sur les questions posées par les SCSOH. Cela fait ressortir les thématiques le plus souvent analysées et les points qui méritent une attention particulière sur les justifications à apporter.

Le retour d'expérience qui suit est organisé autour de cinq grandes thématiques, constituant une part importante des questions posées à l'appui technique ces dernières années à savoir :

- 1. La description du système d'endiguement et de son fonctionnement
- 2. L'analyse des performances du système, s'appuyant sur :
 - o une caractérisation de l'aléa hydrologique ;
 - o une caractérisation des sollicitations hydrauliques ;
 - o un diagnostic géotechnique ;
 - o une analyse des probabilités de rupture par mode de défaillance.
- 3. La représentation des scénarios d'inondation
- 4. La justification du choix du niveau de protection et de la zone protégée
- 5. L'analyse de l'organisation de la surveillance mise en place par le maître d'ouvrage

Certains thèmes n'apparaissent pas (exemple : l'analyse du retour d'expérience) en raison de l'absence de saisine de l'appui technique sur ces sujets. Ils n'en demeurent pas moins des points essentiels d'analyse par les bureaux d'études et de vérification par les SCSOH.

Cette synthèse s'appuie sur une sélection de sujets qui ressortent des demandes des SCSOH. Elle ne fera pas d'analyse exhaustive des points de vérification d'une EDD. Pour ce faire, il convient de se référer aux attendus réglementaires [1]. Pour aller plus loin sur les tenants et aboutissants d'une étude de dangers de système d'endiguement, des publications existent déjà [2], [3]. Enfin, il existe également des guides qui font référence en matière de justifications techniques auxquels il est utile de se référer (comme les publications du Cfbr).

Compte tenu du panel de cas étudiés (quarante-quatre au total pour cette synthèse), l'analyse se concentre par défaut sur des situations rencontrées en contexte fluvial ; quelques spécificités liées au contexte maritime ou torrentiel peuvent cependant être abordées.

La rédaction indique au fil du texte les chapitres de l'étude de dangers qui peuvent être concernés par les points d'attention évoqués.

Description du système d'endiguement et de son fonctionnement

La notion de système d'endiguement a été introduite par le décret n° 2015-526 du 12 mai 2015, et codifiée à l'article R562-13 du Code de l'Environnement.

« Ce système comprend une ou plusieurs digues ainsi que tout ouvrage nécessaire à son efficacité et à son bon fonctionnement, notamment :

- des ouvrages, autres que des barrages, qui, eu égard à leur localisation et à leurs caractéristiques, complètent la prévention ;*
- des dispositifs de régulation des écoulements hydrauliques tels que vannes et stations de pompage.*

Ne sont toutefois pas inclus dans le système d'endiguement les éléments naturels situés entre des tronçons de digues ou à l'extrémité d'une digue ou d'un ouvrage composant le système et qui en forment l'appui. »

La description des ouvrages qui composent le système d'endiguement nécessite d'être la plus claire possible avant même de débiter la rédaction de l'étude de dangers car cela a des conséquences sur toute la suite de l'étude notamment : l'étendue du diagnostic et de l'analyse des défaillances, du modèle hydraulique.... Par ailleurs cela détermine le périmètre d'intervention du gestionnaire, la surveillance à mettre en place, les éventuelles conventions à prévoir.

Il apparaît parfois que la composition des systèmes ne soit pas cohérente tout au long de l'étude de dangers. Des ouvrages sont décrits dans le diagnostic comme ayant un rôle hydraulique important sans qu'ils soient intégrés au système. Inversement, il arrive que des composants clés du système ne fassent l'objet d'aucune justification technique au niveau du diagnostic. Le gestionnaire a la liberté de choisir les ouvrages qui composent le système d'endiguement, ce choix doit être suffisamment étayé dans l'étude de dangers.

Il convient d'attacher une attention particulière à :

- l'identification d'éventuelles discontinuités dans la ligne de protection, qui peuvent être représentées par des ouvrages de franchissement (ponts), ou encore des tronçons inaccessibles (propriétés privées) ;
- la description des limites amont/aval du système, la transition entre tronçons d'ouvrages ;
- l'identification des ouvrages venant compléter la protection (éléments naturels, dispositifs de régulation des écoulements, épis, seuils...) ;
- la cohérence entre la description du système (chapitres 3 et 5 de l'étude de dangers) et les justifications techniques apportées dans les chapitres suivants (notamment le diagnostic au chapitre 7).

L'intégration d'ouvrages contributifs (remblais routiers, écluses) non conçus initialement dans un objectif de protection, enrichit la composition des systèmes et complique en même temps les justifications techniques à apporter.

On comprend aisément que les premières études de dangers « nouvelle formule » aient été démarrées pour répondre aux échéances réglementaires, alors même que des décisions importantes étaient en cours de réflexion au sein des structures nouvellement en charge de la GEMAPI. La stabilisation du rôle des gestionnaires d'ouvrages, les premiers retours d'expérience et le partage d'expérience fourni par les réseaux existants devraient permettre de réduire à l'avenir le flou portant sur la composition de certains systèmes d'endiguement.

Analyse des performances du système

Caractérisation de l'aléa hydrologique

L'analyse hydrologique réalisée ou utilisée dans le cadre d'une étude de dangers apporte plusieurs informations nécessaires à la réalisation de l'analyse hydraulique, ainsi qu'à la formalisation de l'organisation du gestionnaire pour le suivi des crues (voir plus bas). Les informations minimales à faire ressortir concernent notamment :

- l'analyse du comportement du bassin versant en réponse à des événements météorologiques caractéristiques ;
- la fourniture des débits de pointe et des hydrogrammes de crue :
 - o en s'appuyant sur des études existantes ;
 - o ou sur une nouvelle analyse de la transformation pluie-débit sur le bassin versant ;
 - o en indiquant systématiquement un intervalle d'incertitude associé.
- L'étude de dangers doit aussi présenter les outils disponibles pour : l'anticipation des phénomènes hydrologiques, le suivi de la ligne d'eau en crue (et le suivi de l'atteinte du niveau de protection).

L'hydrogramme utilisé comme donnée d'entrée de la modélisation hydraulique revêt une importance particulière, par exemple :

- la vitesse de montée de la crue donne une indication du temps de réaction possible pour que le gestionnaire mette en place les actions prévues (alerte, fermeture d'un batardeau...).
- La durée et l'importance de la crue sont des critères déterminants pour l'analyse de la résistance de l'ouvrage à l'érosion externe, l'érosion interne.
- C'est une donnée d'entrée de la modélisation hydraulique qui aura donc une influence, avec d'autres paramètres, sur le calcul des lignes d'eau, sur l'étendue de la zone inondée, sur les hypothèses géotechniques prises en compte...

Il convient d'apporter une attention particulière :

- à l'utilisation de données de pluie et de débits sans analyse critique (données anciennes, absence de comparaison avec d'autres sources, absence de critique des résultats obtenus) ;

- à l'utilisation de formules empiriques de calcul de débits de pointe en dehors de leur domaine de validité ;
- à l'absence d'indication de l'intervalle d'incertitude encadrant les résultats annoncés ;
- à la fourniture de débits de pointe sans hydrogrammes associés ;
- à la méthode de qualification de la période de retour des crues (par méthode statistique ou par hypothèse de conservation de la période de retour de la pluie de projet utilisée, ce qui peut amener à des valeurs très différentes).

Caractérisations du fonctionnement hydraulique

L'analyse hydraulique menée ou utilisée dans le cadre d'une EDD de système d'endiguement a plusieurs finalités. Elle apporte notamment des informations sur :

- la caractérisation des sollicitations du cours d'eau au droit des ouvrages : information tirée des lignes d'eau de crue (profils en long), des vitesses du courant...
- elle permet d'explicitier la relation hauteur/débit au droit du système, et en lien avec le lieu de référence choisi pour le suivi des événements de crues ;
- elle constitue, le cas échéant, une donnée d'entrée pour l'analyse hydro(géo)morphologique ainsi que l'étude de transport solide quand celle-ci est requise (contexte torrentiel notamment) ;
- elle permet d'établir la cartographie des venues d'eau dans la zone protégée.

Les sources d'incertitudes d'une modélisation peuvent être liées, entre autres :

- au choix du paramètre caractérisant la rugosité du lit mineur et du lit majeur (coefficient de Strickler) ;
- au choix des conditions limites amont/aval du modèle ;
- au gradient de crue ;
- à l'éloignement du point de référence de mesure des niveaux (et d'entrée des données).
→ *Une analyse de sensibilité des paramètres hydrauliques sur la ligne d'eau est indispensable et bien souvent absente des études transmises à l'appui technique. De manière plus générale, il manque souvent les éléments sur le calage et la validation des modèles.*

À cela s'ajoutent :

- le risque d'embâcles ;
- les incertitudes sur la topo/bathymétrie initiale et son évolution au cours de la crue.
→ *Une analyse des évolutions morphologiques du cours d'eau est indispensable et bien souvent absente ou non prise en compte dans les études transmises à l'appui technique.*

Pour appréhender une valeur de revanche disponible, on prendra également en compte :

- la hauteur de charge de la modélisation hydraulique ;
- les incertitudes sur la topographie de la crête des ouvrages liées aux conditions de levés mais également aux irrégularités inhérentes à l'ouvrage.

Enfin il est rappelé que les modèles hydrauliques classiques à fond fixe ne sont pas adaptés pour décrire les phénomènes rencontrés en contexte de fort transport solide (contexte « torrentiel »).

Caractérisation géotechnique

Cette rubrique attire particulièrement l'attention des SCSOH et génère de nombreuses demandes à l'appui technique. Il ne serait pas possible ici de dresser un catalogue exhaustif des situations rencontrées et des analyses apportées.

L'unicité des systèmes, de leur composition, de leurs caractéristiques géotechniques nécessiteront toujours une analyse experte au cas par cas.

On peut néanmoins relever quelques points d'attention. En premier lieu, il est nécessaire que le système d'endiguement fasse l'objet d'un découpage suffisamment fin en tronçons homogènes, sans quoi le diagnostic approfondi risquerait d'être incomplet.

Ensuite, la démarche de diagnostic doit assurer une parfaite cohérence entre la description des ouvrages et des sollicitations hydrauliques, et les hypothèses géotechniques prises en compte (chapitres 3,5,7). Parfois des tronçons ont été « oubliés » dans le diagnostic ! La cohérence doit également être assurée entre les résultats du diagnostic, et leur traduction dans l'analyse de risques. Un tronçon présentant un profil type de géométrie « favorable » mais d'importantes anomalies visuelles (affaissement, terriers, traces d'érosion) ne peut pas être jugé à risque « très faible » de défaillance.

Enfin, les incertitudes liées à une faible connaissance géotechnique doivent être prises en compte. Une analyse de sensibilité des paramètres géotechniques est parfois aussi instructive.

Analyse des probabilités de ruptures par modes de défaillances

L'analyse des probabilités de rupture par modes de défaillances est conduite selon différentes approches (qualitative, par arbres de défaillances, approche multi scénarios...) dont nous ne critiquerons pas l'utilisation. Quelle que soit la méthodologie employée pour attribuer in fine des probabilités de rupture par tronçons et par modes de défaillance, le raisonnement doit reposer sur des éléments tangibles à chaque étape. En ce sens il manque souvent l'information du référentiel qui justifie les calculs (Eurocodes, recommandations du Cfbr...).

Plus gênant, l'analyse peut se révéler incomplète par l'absence de caractérisation d'un mode de défaillance identifié au niveau du diagnostic, ou au chapitre 6 (retour d'expérience), ou par la non prise en compte des anomalies détectées par les visites techniques ou de routine (irrégularités topographiques, terriers, fragilités...).

Une autre source d'insuffisance consiste à se limiter au choix d'un seul profil « défavorable » par tronçon homogène, au regard du risque de rupture par surverse (point bas). Or ce profil ne sera pas forcément le plus défavorable au regard des autres mécanismes de rupture.

Enfin, l'analyse doit être cohérente avec les résultats de l'étude hydraulique, et notamment les paramètres caractérisant les sollicitations des ouvrages par le cours d'eau : hauteur de la ligne d'eau, durée de mise en charge/submersion, vitesses (et direction) du courant au droit des ouvrages.

Il est utile de rappeler ici qu'il s'agit bien de définir des probabilités conditionnelles de défaillance pour un niveau d'eau correspondant à une crue donnée. Ces probabilités n'intègrent donc pas l'occurrence de la crue.

Représentation des scénarios d'inondation

Choix des scénarios

Le choix des scénarios découle des résultats apportés par les différentes rubriques de l'EDD. Cette rubrique suscite moins d'interrogations que les autres, cela s'explique sans doute par le cadre déjà explicite demandé par l'arrêté du 7 avril 2017 modifié.

On peut toutefois noter que les modélisations de scénarios avec ruptures de digues souffrent souvent d'un manque de justifications de l'emplacement et de la taille des brèches.

D'autre part, la particularité des systèmes « en casiers », délimités par des ouvrages de second rang, nécessite une étude des effets dominos d'un casier à l'autre.

Il peut être utile également d'indiquer que la modélisation du fonctionnement « nominal » du système peut amener à envisager différentes situations possibles, résultant du fonctionnement ou du dysfonctionnement d'ouvrages environnants non intégrés au système, mais pouvant avoir un effet indirect (exemple : prises d'eau).

Cartographie des venues d'eau

La cartographie des venues d'eau dangereuses repose la plupart du temps sur des modélisations hydrauliques. C'est donc sur la méthodologie de modélisation que portent le plus souvent les questions suscitées par la lecture des résultats des chapitres 8 et 10.

Les points de vigilance portent sur l'emprise géographique des modèles utilisés, la présence et l'analyse critique de la qualité des données historiques utilisées (laisses de crues), la méthode de calage. Là encore des analyses de sensibilité des paramètres hydrauliques sur les résultats de la modélisation (a fortiori 2D) sont attendues.

Notons toutefois que les modélisations hydrauliques classiques ne sont généralement pas adaptées en contexte torrentiel (forte pente, transport solide et fond mobile). Dans ce type de cas, une analyse « à partir de photographies aériennes combinée à une expertise de terrain (topographie) peut répondre à l'objectif de description des venues d'eau dans la zone protégée » [2].

Définition du niveau de protection, de la zone protégée

Niveau de protection choisi

Le niveau de protection est choisi par le gestionnaire, qui le justifie à l'aide des analyses apportées par l'étude de dangers. Le diagnostic (chapitre 7) et l'analyse de risques doivent permettre de confirmer les performances du système du point de vue de sa résistance mécanique ; tandis que la modélisation des scénarios du chapitre 8 vérifie l'absence de venues d'eau – éventuellement par contournement – dans la zone protégée jusqu'au niveau de protection.

Le choix du niveau de protection se fait également au regard de la capacité du gestionnaire à anticiper les événements hydrologiques conduisant à l'atteinte ou au possible dépassement du niveau de protection, et à mettre en œuvre les actions de surveillance et/ou d'alerte adéquates. Le chapitre 9 est là pour apporter cette démonstration.

Lieu de référence

Les questions sur le lieu choisi comme référence pour le suivi de l'évolution des crues et de l'atteinte du niveau de protection sont fréquentes. Ainsi on s'interroge souvent sur l'éloignement de celui-ci par rapport au système d'endiguement, ou au contraire sa trop grande proximité. En effet si ce point de référence – souvent une échelle limnimétrique - est placé à une distance trop importante (jusqu'à plusieurs kilomètres) en amont, cela implique une incertitude d'autant plus grande sur le niveau atteint au droit des ouvrages de protection, incertitude liée aux conditions de propagation de la ligne d'eau entre la mesure du niveau et le système d'endiguement (notamment si des débordements ont lieu entre-temps). A contrario, un point de référence situé au droit des ouvrages, réduira fortement le délai d'anticipation possible pour le gestionnaire. En tout état de cause, une redondance de l'information reste l'option la plus sécuritaire, quand cela est possible.

D'autres situations desservent la qualité de l'information fournie au niveau du point de référence. Notamment quand celui-ci s'avère être situé sur un ouvrage dont la tenue n'est pas garantie pour les plus forts événements. Ou lorsque l'information risque d'être soumise à de fortes perturbations en crue (ponts, déversoirs).

Lorsque le système est situé proche d'une embouchure, un suivi du niveau marin devrait être mis en place de manière complémentaire. En effet celui-ci conditionne l'écoulement et donc la ligne d'eau prise en compte dans la définition du niveau de protection.

Délimitation de la zone protégée

La délimitation de la zone protégée, qui relève d'un choix du maître d'ouvrage, correspond généralement à la définition hydraulique de la zone mise hors d'eau par le système d'endiguement. Les questions à ce sujet portent généralement sur la délimitation de l'enveloppe maximale (hydraulique) contenant la zone protégée choisie. Dans quelques cas, le maître d'ouvrage fait le choix de délimiter une zone plus restreinte. Ou encore, le choix peut être fait de délimiter une « sous-zone » protégée avec un niveau de protection moindre. Toutes sortes de configurations de zones protégées peuvent être rencontrées, quelques cas particuliers sont soulignés ici :

- lorsque les zones protégées sont trop morcelées, cela peut entraîner des situations qui viennent complexifier la gestion de crise.
- lorsqu'un système protège contre les débordements de deux cours d'eau au niveau d'une confluence, il convient de considérer plusieurs couples de crues pour l'estimation de la zone mise hors d'eau. *Ce cas n'est pas le plus couramment rencontré en zone de confluence, où il est généralement admis qu'un système puisse être prévu pour protéger contre les débordements d'un seul cours d'eau, la zone protégée restant par ailleurs inondable du fait d'autres aléas.*
- cas d'un niveau de protection proche du niveau du terrain naturel : ce cas est fréquemment rencontré en contexte torrentiel où la protection consiste souvent à empêcher les divagations du cours d'eau. Une approche proposée consiste à considérer dans la zone protégée l'ensemble des secteurs qui pourraient être atteints par les divagations en l'absence d'endiguements chenalissant le cours d'eau.

On remarquera que le comptage de la population dans la zone protégée, exigible pour déterminer la classe du système d'endiguement, ne relève pas de l'EDD en tant que telle. Le

gestionnaire détermine cette donnée en croisant les informations contenues dans l'EDD (enveloppe de la zone protégée) avec d'autres données de recensement (Insee, PCS...).

Analyse de l'organisation mise en place

Cette rubrique suscite moins de demandes de la part des SCSOH. L'appui technique constate néanmoins que cette partie est souvent insuffisamment traitée. Plus qu'une simple description suivie de recommandations, cette analyse doit apporter des garanties suffisantes sur les moyens mis en œuvre pour assurer le maintien du niveau de protection dans le temps. Cela comprend notamment une identification précise des zones de fragilité (en lien avec le diagnostic), et des modalités de surveillance et d'interventions éventuelles à mettre en place.

L'organisation mise en place doit également décrire les services et les outils employés pour la prévision et le suivi en temps réel des crues, en allant au-delà de la simple indication d'un abonnement à un service dédié (le cas échéant).

Conclusion

La restructuration récente de la gouvernance des systèmes d'endiguement, conséquence de la mise en œuvre de la Gemapi, s'est accompagnée d'une refonte du cadre réglementaire définissant le contenu des études de dangers. Ceci a demandé une adaptation rapide des nouveaux gestionnaires et de leurs bureaux d'études, ainsi que des services en charge du contrôle. L'analyse des avis rendus sur les premières études de dangers « nouvelle formule » permet de faire ressortir des points de vigilance, qui reflètent des justifications souvent manquantes dans les démonstrations proposées.

Ce travail de synthèse vise à attirer l'attention des rédacteurs de futures études de dangers, ainsi que des gestionnaires et des services de contrôle, sur les points qui pourraient être améliorés. Ce type de partage d'expérience pourrait être mené à intervalles réguliers de manière à anticiper les situations nécessitant une attention particulière.

Remerciements

Merci à Bastien Bridoux du Cerema Normandie Centre pour les remarques qu'il a apportées à la relecture de cet article.

Références

- [1] Arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions.
- [2] Ledoux P., Deniaud Y., *et al.* (2018). *Étude de dangers des systèmes d'endiguement – Concepts et principes de réalisation des études.*
- [3] Tourment R., Beullac B. (2018). *Inondations - Analyse de risque des systèmes de protection - Application aux études de danger*, Éditions Lavoisier.
- [4] Cerema (2019). Guide international sur les digues, *The International Levee Handbook*, CIRIA (2013).
- [5] Cerema (2021). Caractérisation de systèmes d'endiguement à l'heure de la GEMAPI - Outils et retours d'expérience. Collection : Expériences pratiques ISBN : 978-2-37180-513-2.