

RAPPORT D'ÉTUDE

29 / 02 / 2012

N° DRA-12-117382-02742A

**DRA-91 - Maîtrise des Risques Accidentels sur
les ouvrages hydrauliques : Opération B**

**Dispositif technique de sécurité : évacuateur à
seuil libre**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

DRA91 - Maîtrise des Risques Accidentels sur les ouvrages hydrauliques

Opération B : Dispositif technique de sécurité : Evacuateur à seuil libre

Direction des Risques Accidentels

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Anabel LAHOZ

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Relecture	Vérification		Approbation
NOM	Anabel LAHOZ	Thibault BALOUIN	Frédéric MERLIER	Guillaume CHANTELAUVE	Sylvain CHAUMETTE
Qualité	Ingénieure à l'unité Démarche Intégrée d'Analyse et de Gestion des Risques Direction des Risques Accidentels	Responsable du programme DRA 91 Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'unité Démarche Intégrée d'Analyse et de Gestion des Risques Direction des Risques Accidentels	Délégué Appui à l'administration Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle Analyse et Gestion Intégrées des Risques Direction des Risques Accidentels
Visa					

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	5
1.1 Objet du présent rapport	5
1.2 Structure du rapport	5
2. DESCRIPTION	7
2.1 Fonction	7
2.2 Généralités	7
2.3 Exemples d'évacuateurs à seuil libre	8
2.4 Défaillances possibles du dispositif	10
3. CRITERES D'EVALUATION DES PERFORMANCES	13
3.1 Evacuateur à seuil libre, un dispositif passif	13
3.2 Rappel du principe d'évaluation des dispositifs passifs	13
3.3 Eléments d'évaluation des performances	13
3.4 Maintien dans le temps des performances de la barrière	15
3.5 Synthèse	16
4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	17

1. INTRODUCTION

1.1 OBJET DU PRESENT RAPPORT

Le présent rapport s'inscrit dans le programme DRA91-2011 : Maîtrise des Risques Accidentels sur les ouvrages hydrauliques.

Dans le cadre de l'opération B de ce programme, l'INERIS étudie les dispositifs de sécurité susceptibles d'être rencontrés sur les barrages. Un premier rapport d'état des lieux des dispositifs de sécurité les plus rencontrés sur les ouvrages français a été remis en 2011. Ce document est une fiche synthétique décrivant et évaluant les performances des évacuateurs à seuil libre.

1.2 STRUCTURE DU RAPPORT

Le rapport s'articule en 2 parties principales. Ainsi, le chapitre 2 présente des éléments de description des évacuateurs à seuil libre pouvant être rencontrés. Le chapitre 3, quant à lui, expose les critères d'évaluation des performances d'un tel dispositif, pour aboutir à une cotation en terme de Niveau de Confiance directement valorisable dans le calcul d'une probabilité d'occurrence d'un événement redouté.

2. DESCRIPTION

2.1 FONCTION

Les évacuateurs à seuil libre ont fonction d'évacuateurs de crue. Ce sont des évacuateurs de surface, non vannés, où l'eau excédentaire est évacuée selon un écoulement à surface libre.

Les évacuateurs de crue de fond ou demi-fond, de même que les évacuateurs de surface vannés ou avec écoulement en charge ne rentrent pas dans le champ de ce rapport.

2.2 GENERALITES

Les évacuateurs de crue permettent le passage d'une crue sur un ouvrage hydraulique de façon à ne pas mettre en péril son intégrité.

Les évacuateurs à seuils libres, comme tous les évacuateurs de surface, prélèvent le débit excédentaire de la retenue à une cote très voisine de la cote de retenue normale. Ils conduisent à des écoulements à surface libre, avec accélération continue depuis le seuil de contrôle.

Ils comportent en général 3 parties :

- un seuil déversant libre, sur lequel s'établit l'écoulement,
- un ouvrage d'accompagnement (chenal, coursier...) qui entretient ou accélère l'écoulement,
- un ouvrage de restitution au flot naturel, aménagé ou non : bassin à ressaut, fosse d'amortissement naturelle...

Les ouvrages d'accompagnement et de restitution sont parfois inexistants ou très partiels.

Le seuil libre coïncide en général avec le niveau du réservoir à la cote de retenue normale. On peut également rencontrer le cas d'un déversoir de sécurité, calé à une cote plus haute que l'évacuateur principal, prévu pour ne fonctionner qu'en cas de crue plus importante que la crue évacuable par l'évacuateur principal.

L'évacuateur à seuil libre est très fréquemment rencontré sur les barrages français : environ 60% des barrages de plus de 20 mètres de hauteur en sont équipés, en unique évacuateur ou bien associé à d'autres types d'évacuateurs de crue ([1] et [2]).

2.3 EXEMPLES D'EVACUATEURS A SEUIL LIBRE

Les évacuateurs à seuil libre peuvent être des évacuateurs de rive, ou bien situés directement sur le barrage.

2.3.1 SEUIL DEVERSANT FRONTAL

Le choix d'un seuil frontal, situé directement sur le barrage, permet de restituer le flot déversant directement dans le lit principal, en suivant l'axe de la vallée.

Si le seuil frontal est plus facile à aménager sur les ouvrages en béton, où on peut envisager par exemple qu'un ou plusieurs plots de l'ouvrage soient déversants, on peut être amené à en trouver sur des ouvrages remblais, où la configuration des lieux ou des raisons économiques ont poussé à un tel choix.



Figure 1 : Seuil déversant frontal en béton, situé sur le barrage en remblais de la Vingeanne (source : [3])

Des contre-indications existent cependant à la mise en place d'un déversoir frontal, notamment si le débit à évacuer est trop important pour la largeur du barrage, ou si la dissipation de l'énergie au pied du barrage ne peut s'effectuer sans risque.

2.3.2 EVACUATEUR LATERAL

Le choix d'un évacuateur de rive se fait notamment dans le cas des ouvrages en remblais, où la restitution de l'eau excédentaire en aval direct du barrage peut plus facilement mettre en péril l'intégrité du barrage, par érosion. Par ailleurs, les matériaux provenant de l'excavation d'un évacuateur de rive peuvent être utilisés dans les remblais du barrage, ce qui constitue ainsi un argument économique à ce choix.

Cependant, les évacuateurs de rive nécessitent la construction d'un chenal réacheminant l'eau excédentaire dans l'axe de la vallée, ce qui n'est pas toujours envisageable au vu de la configuration des sites et peut par ailleurs fragiliser la rive porteuse si l'excavation est relativement importante.



Figure 2 : Barrage de Petite-Rhue (vidangé) et son seuil latéral (source : [4])

2.3.3 SEUIL PKW : TYPOLOGIE PARTICULIERE DE SEUIL DEVERSANT

Dans le but d'augmenter la longueur du seuil déversant, certains barrages présentent des seuils PKW (Piano Key Weir) dits en touches de piano. Ces seuils permettent de multiplier par 4 le débit évacuable par rapport à un seuil classique de largeur de pertuis équivalente [5].



Figure 3 : Construction du seuil PKW sur le barrage de Saint-Marc (source : [5])

2.4 DEFAILLANCES POSSIBLES DU DISPOSITIF

Le dispositif est considéré comme défaillant lorsqu'il ne peut plus assurer sa fonction de sécurité, c'est-à-dire l'évacuation en aval d'un débit d'eau excédentaire (dans les limites de sa crue de dimensionnement).

Les événements susceptibles d'empêcher le dispositif d'évacuation des crues d'assurer sa fonction de sécurité sont tous du même ordre : il s'agit d'obstructions, partielles ou totales, du passage où s'évacue l'eau excédentaire. Il peut ainsi s'agir d'une obstruction du seuil lui-même par des embâcles dérivant sur la retenue, ou encore de l'obstruction du chenal d'évacuation par des blocs de roche provenant des versants le surplombant.

En effet, des débris et embâcles peuvent se trouver entraînés dans la retenue du barrage à la suite de vents violents ou de précipitations importantes. Ils seraient alors retenus par le barrage et pourraient former une accumulation conduisant à une réduction de la capacité d'évacuation.

Les fréquences d'occurrence de ces défaillances doivent être envisagées au cas par cas, en fonction des versants de la retenue, d'éventuelles études de stabilité des rives, et de la typologie du seuil et du chenal étudié. La détermination de ces fréquences doit également s'appuyer sur le retour d'expérience de l'ouvrage.

Les autres défaillances structurelles possibles du seuil déversant (fissures dans le béton, gonflement dû au gel, érosion...) menant à une brèche ou une rupture totale de ce seuil ne peuvent être prises en compte comme des défaillances de la mesure de sécurité : il s'agit d'événements menant au phénomène dangereux de perte de confinement du réservoir et sont donc à l'origine de séquences accidentelles propres.

3. CRITERES D'EVALUATION DES PERFORMANCES

3.1 EVACUATEUR A SEUIL LIBRE, UN DISPOSITIF PASSIF

Le rapport INERIS relatif à l'évaluation des barrières techniques de sécurité (Oméga 10 [6]) définit un dispositif passif comme un dispositif ne mettant en jeu aucun système mécanique pour remplir sa fonction et ne nécessitant ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir sa fonction.

Un évacuateur à seuil libre est donc un dispositif passif. En effet, il assure de manière indépendante la fonction de sécurité.

Il peut cependant être associé à d'autres mesures dans le dispositif d'évacuation des crues (clapet, vannes...) dont le fonctionnement sera à étudier pour évaluer la réponse à la fonction d'évacuation des crues.

3.2 RAPPEL DU PRINCIPE D'EVALUATION DES DISPOSITIFS PASSIFS

L'évaluation des dispositifs passifs repose globalement sur les mêmes principes que les autres dispositifs. Le principe d'évaluation est précisé dans le rapport Oméga 10 [6]. En résumé, les différentes étapes de l'évaluation sont les suivantes :

- vérification que le dispositif est conçu pour une utilisation en sécurité et que son fonctionnement n'est pas affecté par la phase accidentelle (indépendance) ;
- évaluation de l'efficacité dans un contexte d'utilisation et pour une durée de fonctionnement donnée ;
- évaluation du temps de réponse (critère généralement non pertinent pour un dispositif passif) ;
- évaluation du Niveau de Confiance (NC) du dispositif. Ce paramètre est évalué de manière spécifique pour un dispositif passif.

L'évaluation de ces différents critères est précisée au chapitre suivant.

3.3 ELEMENTS D'EVALUATION DES PERFORMANCES

3.3.1 INDEPENDANCE

Avant d'étudier en détail les performances de la barrière de sécurité, il faut en premier lieu s'assurer du respect du critère d'indépendance : les performances du dispositif passif ne doivent pas être altérées par l'occurrence de l'événement initiateur.

3.3.2 EFFICACITE

L'efficacité d'un évacuateur à seuil libre doit être évaluée dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement.

L'efficacité de l'évacuateur doit être appréciée en fonction des éléments suivants :

- sa capacité d'évacuation (tous les maillons du dispositif étant considérés) doit être compatible avec le scénario d'accident ou le phénomène dangereux envisagé,
- son dimensionnement doit être calculé réglementairement en fonction des débits de crues de référence,
- le dimensionnement et le tracé du chenal d'évacuation, s'il existe, doivent être adaptés au passage d'une crue excédentaire via le déversoir,
- sa capacité au maintien de son intégrité, en réponse dynamique (arrivée d'une vague soudaine par avalanche ou mouvement de terrain) ou statique (choc). Le seuil doit être dans la mesure du possible protégé des agressions externes,
- le matériau utilisé pour la construction du seuil, du chenal et de l'organe de restitution.

Si d'autres critères interviennent selon le scénario considéré, ils doivent être étudiés au cas par cas.

Lorsque la fonction de sécurité dépend de mesures associées à l'évacuateur à seuil libre, il faut également évaluer l'efficacité de ces mesures associées. Par exemple, en cas de présence de plusieurs évacuateurs de typologie différente, le dimensionnement de tous les ouvrages doit être considéré.

3.3.3 TEMPS DE REPONSE

Le temps de réponse d'un évacuateur à seuil libre est instantané.

3.3.4 NIVEAU DE CONFIANCE

3.3.4.1 EVALUATION PAR DEFAUT A NC2 POUR LE DISPOSITIF

Pour prendre en considération le fait que le dispositif passif est relativement fiable, l'INERIS propose de retenir par défaut un NC2 sur l'évacuateur à seuil libre.

Cette valeur permet d'intégrer les hypothétiques défaillances dans le cycle de vie de la barrière (conception, fabrication, installation sur site, défaillance intrinsèque, maintenance...). Le NC2 suppose la mise en œuvre d'inspections visuelles régulières (fréquences adaptées notamment en période de gel ou de fortes précipitations) pour vérifier l'état de l'évacuateur complétées par des opérations de remise en état en cas de dégradations avérées. Ces dégradations peuvent être liées par exemple à des phénomènes d'érosion, être consécutives à des déplacements du sous-sol ou à l'obstruction du chenal par des blocs de roche.

3.3.4.2 EVALUATION AU CAS PAR CAS A NC3

Cependant, des mesures complémentaires peuvent être mises en place qui permettent de mieux détecter d'éventuelles défaillances ou de réduire les possibilités de défaillance de la barrière au moment où elle sera sollicitée. **Dans le cas de l'existence de ces mesures, nous proposons d'augmenter au cas par cas le NC à 3.** Ces mesures peuvent inclure :

- longueur particulièrement importante du déversoir, rendant impossible son obstruction par des embâcles,
- existence d'inspections spécifiques de chacun des éléments de l'évacuateur, coursier et amortissement compris,...

L'augmentation du niveau de confiance d'une barrière passive doit cependant être justifiée.

3.3.4.3 REDUCTION DU NC A NC<2

Au contraire, le NC de la barrière peut être réduit. Il est en effet nécessaire d'analyser pour chaque barrière les défaillances possibles; une probabilité d'occurrence élevée sur une cause de défaillance pourra conduire à réduire le NC à moins de 2. Par exemple, le NC devra être réduit dans les cas suivants :

- si la présence d'embâcles dans la retenue est avérée et le seuil peut être potentiellement obstrué par ces embâcles et en réduire la capacité d'évacuation,
- si la chute de blocs est possible sur le seuil déversant ou dans le coursier (nécessité d'études complémentaires et de suivi régulier de ces dispositifs),
- si la capacité d'évacuation est limitée par la présence de passages fermés en aval direct de l'ouvrage (ponts, routes...),

Par ailleurs, le risque sismique doit être envisagé sur l'évacuateur dans sa globalité. En effet, en fonction des caractéristiques sismiques régionales, l'ouvrage est prévu pour rester intègre lors d'une sollicitation. Toutefois, si l'évacuateur n'est pas accolé ou intégré à l'ouvrage, la tenue au séisme de l'ensemble des éléments devra également être vérifiée. Sans indications sur cette résistance face au séisme, une décote devra être effectuée, notamment pour prévenir l'endommagement du coursier ou du chenal.

3.4 MAINTIEN DANS LE TEMPS DES PERFORMANCES DE LA BARRIERE

Une barrière de sécurité doit faire l'objet de d'entretien et de points de vigilance pour garantir dans le temps le maintien de ses performances.

A titre d'exemple, pour les évacuateurs à seuil libre, les points de vigilance suivants sont à considérer :

- non-obstruction par des embâcles ou des blocs de roche de tout le dispositif (cela passe en général par une analyse de l'état des berges de la retenue),

- mise en place de dispositions prévenant l'approche des déversoirs par des embarcations ou d'autres agresseurs potentiels liés par exemple à une activité touristique,
- vérifications périodiques des données hydrologiques (valeurs des crues extrêmes et des crues de dimensionnement) afin de vérifier le bon dimensionnement de l'évacuateur,
- intégration dans les consignes de gestion des crues de visites préalables de vérification de l'état de tous les éléments constitutifs de l'évacuateur de crue.

3.5 SYNTHÈSE

Pour l'évacuateur à seuil libre, **par défaut, l'INERIS propose de retenir un niveau de confiance de NC2.**

Exceptionnellement, et sur justification argumentée, ce niveau peut être relevé à NC3.

Une décote à NC1 voire NC0 peut s'avérer nécessaire en fonction de l'environnement.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : Loïc COTTIN – Les évacuateurs de crues des barrages hydroélectriques concédés français : vue synthétique du parc – BETCGB – 2009
- [2] : Paul ROYET et al. – Les évacuateurs de crues des barrages français relevant de la loi sur l'eau : vue synthétique du parc – Cémagref – 2009
- [3] : Luc DEROO et al. – Evacuateurs sur remblais – ISL Ingénierie – 2009
- [4] : Sébastien ERPICUM et al. – Etude sur modèle physique des capacités hydrauliques de l'évacuateur des crues du barrage de Petite-Rhue – Université de Liège – 2009
- [5] : Frédéric LAUGIER et al. – Solutions mises en œuvre à EDF pour améliorer le passage des crues sur des barrages existants présentant une débitance insuffisante – EDF – 2009
- [6] : Rapport Oméga 10 – Evaluation des performances des barrières techniques de sécurité – INERIS – 2008
- [7] : Evacuateurs de crues de barrages – Bulletin 58 – CIGB-ICOLD – 1987



INERIS

*maîtriser le risque
pour un développement durable*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet :** <http://www.ineris.fr>