

# ESTIMATION DE SCENARIOS HYDROLOGIQUES A RISQUE POUR DES RETENUES COLLINAIRES ET CARTOGRAPHIE DE RUPTURE ASSOCIEE

Yan LACAZE<sup>(1)</sup>, Sanda GENIN<sup>(1)</sup>

Khaled BAOUNI<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Organisme Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement de Nouvelle-Aquitaine, 5 rue Jules Ferry, BP 55 - 33090 Bordeaux Cedex, France - e-mail: [yan.lacaze@developpement-durable.gouv.fr](mailto:yan.lacaze@developpement-durable.gouv.fr) ;

On recense quelque 300 retenues collinaires, barrages de classe C en Nouvelle-Aquitaine. Ces ouvrages à vocation essentiellement agricole ne sont pas soumis à l'obligation de réaliser une étude de danger. Les conséquences de leur rupture éventuelle ne sont donc pas connues et les scénarios hydrologiques pouvant conduire à celle-ci non plus. L'objectif de l'étude que nous présentons consiste à simuler une large gamme de scénarios hydrologiques permettant d'identifier les caractéristiques de ceux conduisant au dépassement des capacités des évacuateurs de crue et à la surverse en crête de ces barrages. Nous simulons pour ce faire un grand nombre de scénarios pluviométriques générés par un modèle stochastique développé par l'IRSTEA. Considérant que la surverse par la crête peut générer la rupture de ces ouvrages en grande majorité en terre, nous proposons une cartographie simplifiée de l'onde de rupture associée afin d'identifier les impacts et enjeux potentiellement touchés.

L'ensemble vise à constituer un outil de préparation à la crise pour les Référents Départementaux Inondation des Directions Départementales du Territoire qui ont la mission d'assister le préfet dans la gestion des crises d'inondation. L'outil, synthétique, permet, sur les bassins considérés, de disposer d'indicateurs hydrologiques (intensité et durée des événements à risque) et de cartes de zones à risque, permettant d'appeler l'attention des autorités en charge de la gestion de crise sur les ouvrages les plus sensibles, afin d'anticiper une montée en puissance du dispositif de surveillance et de s'assurer de la mobilisation du gestionnaire de l'ouvrage ; ces petites retenues n'étant généralement pas instrumentées ou suivies en continu.

**MOTS CLEFS :** préparation gestion de crise, scénarios hydrologiques, petits barrages, onde de rupture, cartographie zone inondable

## *Estimation of hydrological scenarios at risk for hilly reservoirs and associated failure mapping*

*There are some 300 hilly reservoirs, Class C dams in Nouvelle-Aquitaine. These small dams are not subject to the obligation to carry out a hazard study. The consequences of a possible disruption are therefore not known and the hydrological scenarios that could lead to the disruption are not known either. The objective of the study that we propose to present is to simulate a wide range of hydrological scenarios to identify the characteristics of those that lead to the overflow of the auxiliary spillway and overflow of the crest of these dams. Considering that the overflow can generate the rupture of these structures, mainly earthfill dams, we propose a simplified mapping of the associated rupture wave in order to identify the impacts and issues potentially affected. The overall aim is to constitute a tool for preparing the crisis management. The tool synthesizes hydrological indicators of risk events and maps of risk zones for the considered basins. It thus enables the authorities in charge of crisis management to draw the attention on the most sensitive dams and to ensure that the project manager is mobilised; these small reservoirs are generally not monitored.*

**KEY WORDS :** hydrological scenarios, small dams, flood mapping, crisis management

## 1 INTRODUCTION

On recense quelque 300 petits barrages en Nouvelle-Aquitaine. Ces ouvrages sont globalement des retenues collinaires en terre, à vocation essentiellement agricole, destinés à l'irrigation, et d'une hauteur comprise entre 5 et 20 mètres environ. On estime à environ 20 % le pourcentage de petits barrages dont l'état est considéré comme problématique au regard de la sécurité. Si les statistiques

peuvent varier selon le parc d'ouvrages étudiés et la méthode employée, l'avis selon lequel les petits barrages présentent davantage de signes d'inquiétude que les grands barrages, est partagé. Le taux de rupture des barrages en remblai est en effet environ deux fois plus élevé que celui des barrages en béton ou en maçonnerie. Et leur grand nombre en Nouvelle-Aquitaine en fait un sujet de préoccupation pour la préparation à la gestion de crise.

Pour ces ouvrages, les exigences réglementaires sont moindres et n'incluent notamment pas la réalisation d'une étude de dangers, obligatoire pour les barrages plus importants.

Une étude de dangers a pour objectif d'explicitier les niveaux des risques pris en compte, de détailler les mesures aptes à les réduire et d'en préciser les niveaux résiduels une fois mises en œuvre les mesures précitées. Elle prend notamment en considération les risques liés aux crues, aux séismes, aux glissements de terrain, aux chutes de blocs et aux avalanches ainsi que les conséquences d'une rupture de l'ouvrage. Elle prend également en compte des événements de gravité moindre mais de probabilité plus importante tels les accidents et incidents liés à l'exploitation courante de l'aménagement. Elle comprend un résumé non technique présentant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs.

Sans étude de danger, les sources de défaillance et les conséquences de la rupture éventuelle de ces barrages ne sont pas connues et les scénarios hydrologiques pouvant conduire à celle-ci non plus. Ces retenues sont en outre peu instrumentées tant pour le suivi de la stabilité du remblai que pour le suivi du plan d'eau. Et la mise en place et l'entretien de dispositifs de suivi ou d'auscultation ne sont financièrement pas raisonnables pour ce type d'ouvrages.

Si réglementairement la sécurité de ces barrages relève de la responsabilité des propriétaires ou des exploitants, force est donc de constater que l'anticipation d'une crise s'avère difficile sans éléments d'analyse des situations de crise possibles.

La principale cause de rupture des barrages en remblai (source BDD BETCGB 12/2017) est l'érosion externe, causée par la submersion. Elle est à l'origine de 27 % des cas. Viennent ensuite les défaillances par renard hydraulique dans 16 % des cas et par percolation dans 14 % des cas. A elles seules les actions érosives de l'eau, par insuffisance de capacité des évacuateurs ou défaut d'organes filtrants, sont à l'origine de près de 75 % des accidents.

C'est au risque de rupture par érosion en cas de surverse que nous nous intéressons. La crue en est le facteur générateur.

Or, dans un contexte hydro-météorologique à risque de crue important (niveau de vigilance orange) la gestion de crise sur un département s'organise autour du préfet. Celui-ci est appuyé par la mission de référent départemental (RDI) pour l'appui technique à la préparation et à la gestion des crises d'inondation présente dans les directions départementales des territoires.

En période de crise ces équipes ont pour mission d'apporter au préfet une interprétation des données hydro-météorologiques, ainsi que leur traduction en termes d'enjeux territoriaux et de conséquences attendues. Elles permettent de mieux gérer l'information transmise aux acteurs de la sécurité civile et aux décideurs locaux pour la prise de décision relatives à la gestion de crise face au risque d'inondation. Elle constitue donc une interface entre le réseau technique Météo-France / Vigicrues et les acteurs de la sécurité civile en charge de l'alerte et des mesures de sauvegarde des personnes et des biens.

Pour ce faire, leur travail hors période de crise vise à préparer tous les éléments de réponse, notamment en rassemblant et formalisant toutes les analyses, connaissances et données en lien avec l'inondation du département, en particulier sur la connaissance des enjeux locaux, et sur l'organisation de la surveillance et de la gestion de la sécurité des ouvrages hydrauliques - digues et barrages.

Sans système d'alerte local implanté sur chaque ouvrage à destination du gestionnaire, ou sans étude de dangers valorisable par la mission RDI, comment dès lors assurer la veille sur les

situations à risque et disposer de l'anticipation nécessaire d'une crise éventuelle pour chacun de ces ouvrages ?

La méthode que nous présentons ne vise pas à reproduire le niveau d'analyse d'une étude de dangers. Il s'agit d'une méthode simple généralisable à l'ensemble du parc d'ouvrages malgré sa grande variété, et dont l'objectif est de fournir un outil de préparation à la crise et d'aide à la décision vis-à-vis du risque de surverse. La première étape consiste à probabiliser le risque de rupture du barrage par surverse en fonction de scénarios hydro-météorologiques variés en s'appuyant sur un grand nombre de simulations d'hydrogrammes. Considérant que la surverse par la crête peut générer la rupture de ces ouvrages en grande majorité en terre, la seconde étape consiste à proposer une cartographie simplifiée de l'onde de rupture associée afin d'identifier les impacts et enjeux potentiellement touchés. L'ensemble, synthétisé, permet de disposer d'indicateurs hydrologiques (intensité et durée des événements à risque) et de cartes de zones à risque, permettant d'appeler l'attention des autorités en charge de la gestion de crise sur les ouvrages les plus sensibles, afin d'anticiper une montée en puissance du dispositif de surveillance et de s'assurer de la mobilisation du gestionnaire de l'ouvrage.

## 2 CARACTERISTIQUES ET CONTRAINTES GENERALES DES BARRAGES ETUDIES

### 2.1 Connaissance des ouvrages

Notre étude porte sur les barrages de classe C, au sens du *code de l'environnement*. Le décret du 12 mai 2015 répartit les barrages en trois classes (tableau 1), en fonction de deux paramètres géométriques que sont la hauteur H du barrage au-dessus du terrain naturel et le volume d'eau V dans le réservoir à la cote normale de retenue en exploitation courante hors crue (le volume V est exprimé en millions de mètres cube). Ces deux paramètres permettent notamment de calculer le paramètre K défini par :

$$K = H^2 \times \sqrt[3]{V} \quad (1)$$

Classe de barrage	
A	H ≥ 20 m et K ≥ 1500
B	H ≥ 10 m et K ≥ 200
C	H ≥ 5 m et K ≥ 20 ou H ≥ 2 m et V ≥ 0,05 millions de m³ et il existe au moins une habitation à moins de 400 m à l'aval du barrage

Tableau 1 : Classification des barrages

Les barrages de classe C sont moins contraints réglementairement que les barrages de hauteur ou de volume plus importants (classe A ou B). En particulier, ils ne sont pas soumis à l'obligation de réaliser une étude de dangers (tableau 2).

#### Obligations réglementaires selon les classes de barrages

	Article du code de l'environnement	Classe du barrage		
		A	B	C
Dossier de l'ouvrage	R214-122-I-1	Oui	Oui	Oui
Consignes écrites	R214-122-I-2	Oui	Oui	Oui
Registre de l'ouvrage	R214-122-I-3	Oui	Oui	Oui
Rapport de surveillance	R214-126	Tous les ans	Tous les 3 ans	Tous les 5 ans
Rapport d'auscultation (★)	R214-126	Tous les 2 ans	Tous les 3 ans	Tous les 5 ans
Étude de dangers (★)	R214-15	Tous les 10 ans	Tous les 15 ans	Non
Événements Importants pour la Sécurité Hydraulique	R214-125	Oui	Oui	Oui
Visites Techniques Approfondies	R214-123	Tous les ans	Tous les 3 ans	Tous les 5 ans

(★) réalisé par un BE agréé (R214-122-I-5)
--

Tableau 2 : Obligations réglementaires selon les classes de barrage

sources de défaillance spécifiques à chaque ouvrage nous sont inconnues. La littérature permet néanmoins de pointer les aspects critiques généraux de leur fonctionnement. Les déversoirs sommaires sont à ce titre indiscutablement un des points faibles des retenues collinaires [Lautrin, 1998]. La rehausse du seuil déversant en est un deuxième. Une étude de Lautrin [2003] sur les petits barrages du sud-ouest indique que 51 % des seuils déversants des évacuateurs de crue sont rehaussés de manière artisanale alors que le dispositif est interdit. Ces réhausses visent à augmenter la capacité de la retenue pour en augmenter l'exploitation.

Forts de ces constats nous focalisons notre étude sur la capacité de l'évacuateur de crue des ouvrages. Les données techniques de dimensionnement, dont la crue de projet, nous sont données par le dossier de l'ouvrage. Nous faisons en outre l'hypothèse défavorable que l'ouvrage est exploité à hauteur de sa cote normale et que la retenue ne permet pas conséquemment de laminage de crue.

Pour illustration de la démarche nous présentons par la suite les éléments relatifs au barrage de Mauriac en Gironde. Il s'agit d'un barrage de 10 mètres de haut, pour un volume de 250 000 m<sup>3</sup> et pour lequel on identifie des enjeux à l'aval (habitation à moins de 400 m). La superficie de son bassin versant est de 4,1 km<sup>2</sup>. La capacité de déversement de l'évacuateur de crue du barrage est donnée dans le dossier de l'ouvrage. Elle est contrôlée par la formule suivante de seuil dénoyé (2) :

$$Q = \mu \cdot L_d \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (2)$$

où  $\mu$  est le coefficient de débitance ;  $L_d$ , la largeur déversante (m) et  $h$  la hauteur du plan d'eau au-dessus de la crête du déversoir (m). Ici,  $Q=8,4$  m<sup>3</sup>/s.

## 2.2 Connaissance des bassins versants et hydrologie

### 2.2.1 Hydrologie reconstituée

Les barrages étudiés se trouvent essentiellement au fil de l'eau de petits affluents. Ces cours d'eau ne sont pour la plupart ni instrumentés pour un suivi continu, ni jaugés ponctuellement. Le débit n'y est pas mesuré. Pour identifier les situations à risque pour le barrage, notre objectif est d'estimer la relation entre la pluie et le débit. Il nous est donc nécessaire de travailler avec une hydrologie reconstituée. Compte tenu du grand nombre d'ouvrages concernés et par souci d'homogénéité et de reproductibilité de la méthode, nous utilisons l'hydrologie reconstituée par modélisation dans le cadre de la généralisation à l'échelle nationale de la méthode AIGA [Organde, 2014]. Cette hydrologie a été menée dans le cadre de la mise en place du service d'avertissement aux crues soudaines Vigicrues Flash du ministère de l'Ecologie [Javelle et al., 2016]. Elle repose sur une modélisation des cours d'eau non jaugés par régionalisation des paramètres de calage des bassins jaugés où ont pu être calés des modèles hydrologiques pluie-débit [Organde et Javelle, 2016]. Les simulations sont forcées par les pluies ANTILOPE, considérée comme étant la lame

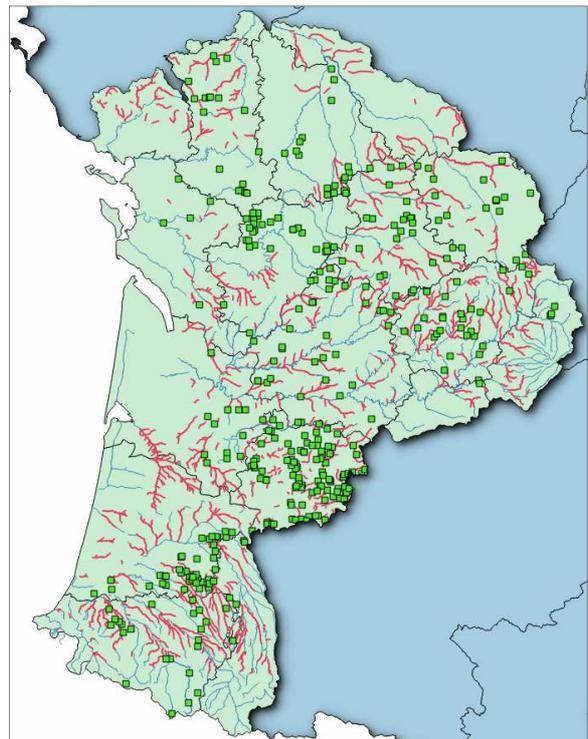


Figure 1 : tronçons de cours d'eau modélisés par la méthode AIGA (rose) et barrages de classe C recensés dans la base nationale SIOUH (vert), sur le périmètre d'étude.

d'eau de référence en terme de qualité. 13 000 tronçons de cours d'eau du territoire métropolitain soit plus de 30 000 km de cours d'eau ont ainsi été traités (ex : figure 1).

En s'appuyant sur ces travaux, nous pouvons disposer d'une chronique de débits simulés sur 8 ans (2008-2016) du cours d'eau non jaugé sur lequel se trouve le barrage étudié.

### 2.2.2 Hydrologie du bassin versant intercepté par le barrage

L'hydrogramme produit par la méthode AIGA est donné à l'exutoire d'un bassin de référence de la Base Nationale des Bassins Versants (BNBV). Or, sauf cas particulier, le bassin versant du barrage d'étude n'est pas identifié en tant que bassin issu de la BNBV. L'hydrogramme  $Q_{BNBV}$  du bassin de la BNBV amont ou englobant, est alors transféré au droit du barrage selon la formule de Myer de transfert de bassin.

$$Q_{BV} = Q_{BNBV} \times \left( \frac{S_{BV}}{S_{BNBV}} \right)^\alpha \quad (3)$$

- où :  $Q_{BNBV}$  est le débit du bassin BNBV sur le même cours d'eau que le barrage ( $m^3/s$ ) ;
- $Q_{BV}$  est le débit du bassin dont le barrage est l'exutoire ( $m^3/s$ ) ;
- $S_{BNBV}$  est la surface du bassin identifié sur la BNBV ( $km^2$ ) ;
- $S_{BV}$  est la surface du bassin versant intercepté par le barrage ( $km^2$ ) ;
- $\alpha$  est un paramètre régional compris entre 0,7 et 0,9.

Le paramètre  $\alpha$  est calé par analyse des débits simulés par la méthode AIGA aux exutoires de bassins imbriqués issus de la BNBV sur le même cours d'eau ou sur un bassin voisin. Ici  $\alpha = 0,8$ .

Pour s'assurer de la débiaiser la démarche ultérieure, l'hydrogramme obtenu et les débits de référence associés sont comparés à la crue de projet du barrage et sa période de retour annoncée. Même si les débits calculés ne sont pas parfaits, l'estimation de leur période de retour à partir de la simulation doit être cohérente avec la réalité du barrage.

## 3 SCÉNARIOS HYDROLOGIQUES À RISQUE

L'objectif de cette étape est de déterminer les événements pluviométriques susceptibles d'entraîner la surverse du barrage, c'est-à-dire susceptibles de dépasser le débit dimensionnant de l'évacuateur de crue.

Nous nous appuyons pour cela sur la suite de modélisation hydrologique GRP développée par IRSTEA [Tangara, 2005 ; Berthet, 2010] dans un but de prévision de débit à court terme dans le cadre de la prévision des crues. C'est un modèle hydrologique global, continu, fonctionnant au pas de temps horaire. Le modèle ne comporte que trois paramètres libres, calés selon une procédure automatique à partir des chroniques de débits à l'exutoire et des pluies de bassin (Antilope dans la présente étude). Ces paramètres sont la capacité du réservoir sol, un coefficient correctif sur les pluies ainsi que le temps de base de l'hydrogramme unitaire.

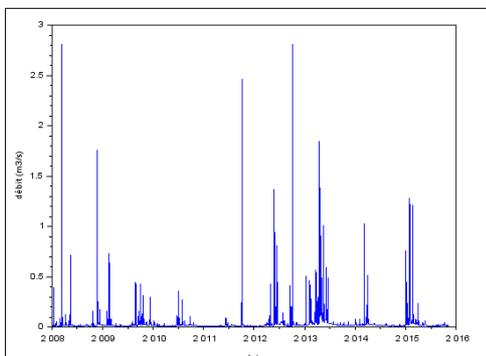


Figure 2 : hydrogramme au droit du barrage de Mauriac obtenu après transformation de l'hydrogramme de la simulation AIGA

GC021601Mauriac		GRP SMN_RNA	
Chronique disponible	2009-2016	$Q_{moy}$	0.0 $m^3/s$
Surface du bassin	4 $km^2$	$Q_{95}$	0.2 $m^3/s$
Horizon de prévision utilisé pour le calage	3 h	$Q_{moy}(Q > Q_{95})$	0.4 $m^3/s$
Calage effectué pour $Q >$ 0.05 $m^3/s$ , le contrôle étant réalisé sur tous les débits			
Eff ( $Q > Q_{vig}$ , ref=modèle de persistance) 0.697			
Période :	2009-2016	Rout :	473.43 mm
		CORR :	1.62
		TB :	0.50 h
<b>Tableau d'analyse de dépassement du seuil SPC de 0.2 <math>m^3/s</math> à 3 h</b>			
	Dépassement observé	Non-dépassement observé	$POD = \frac{a}{a+c} = 71.8$ %
Dépassement prévu	211 a	137 b	$FAR = \frac{b}{a+b} = 39.4$ %
Non-dépassement prévu	83 c	58082 d	$CSI = \frac{a}{a+b+c} = 49.0$ %

Figure 3 : fiche performance du calage du modèle GRP pour le barrage de Mauriac

Le modèle est calé sur l'hydrogramme continu reconstitué issu de la transposition de l'hydrologie AIGA au droit du barrage (figure 2 et 3). Il va être utilisé en simulation pour diverses conditions

initiales passées, forcé par une vaste gamme de scénarios pluviométriques. L'objectif est de déterminer, pour diverses conditions initiales, les types de scénarios conduisant au dépassement du seuil critique correspondant au débit de saturation de l'évacuateur de crue et de probabiliser l'atteinte de ce seuil grâce au grand nombre de scénarios testés. Les pluies utilisées pour ces tests visent à balayer la plus grande variété de scénarios crédibles de pluies futures possibles et donc de scénarios hydrologiques par passage dans le modèle GRP [Furusho, 2016]. La suite GRP inclut pour cela un générateur stochastique de pluies [Michel, 1989]. Le générateur de pluies a été développé de façon à simuler des chroniques de pluies ayant des propriétés statistiques équivalentes aux chroniques de pluies observées. Le processus stochastique sur lequel il repose permet de simuler des événements ayant de faibles probabilités d'apparition, potentiellement non observés sur la chronique de pluie disponible. Il est de type markovien du premier ordre dans le sens où l'état de pluie simulé au pas de temps courant est dépendant de celui simulé au pas de temps précédent. Afin d'être utilisé par le modèle hydrologique GRP, il génère une pluie moyenne de bassin. Les probabilités de transition d'un état pluvieux à un autre, ainsi que les paramètres des lois, sont estimés sur les séries observées. L'utilisation concrète du générateur requiert donc une étape préalable d'estimation des paramètres sur la série de pluie disponible.

Nous sélectionnons divers états initiaux à partir des chroniques de pluie et de débit (environ 30), dans le but de couvrir le plus grand nombre de situations rencontrées sur les 8 ans de données disponibles (antécédents pluviométriques variables avec ou sans réaction en débit). Pour ces différents instants de prévision, le modèle GRP est forcé par les scénarios de pluie stochastique (460 scénarios). Ainsi une grande gamme de scénarios hydrologiques est testée et un large panel d'hydrogrammes synthétiques est généré, couvrant les différents types d'événements (pas de crue, crues lentes à crues rapides). Les simulations obtenues permettent de probabiliser la réponse hydrologique et le risque de dépassement du seuil critique fixé. Ce seuil critique est le débit maximal de l'évacuateur de crue, sans laminage pour se placer en situation défavorable (cf. II.1).

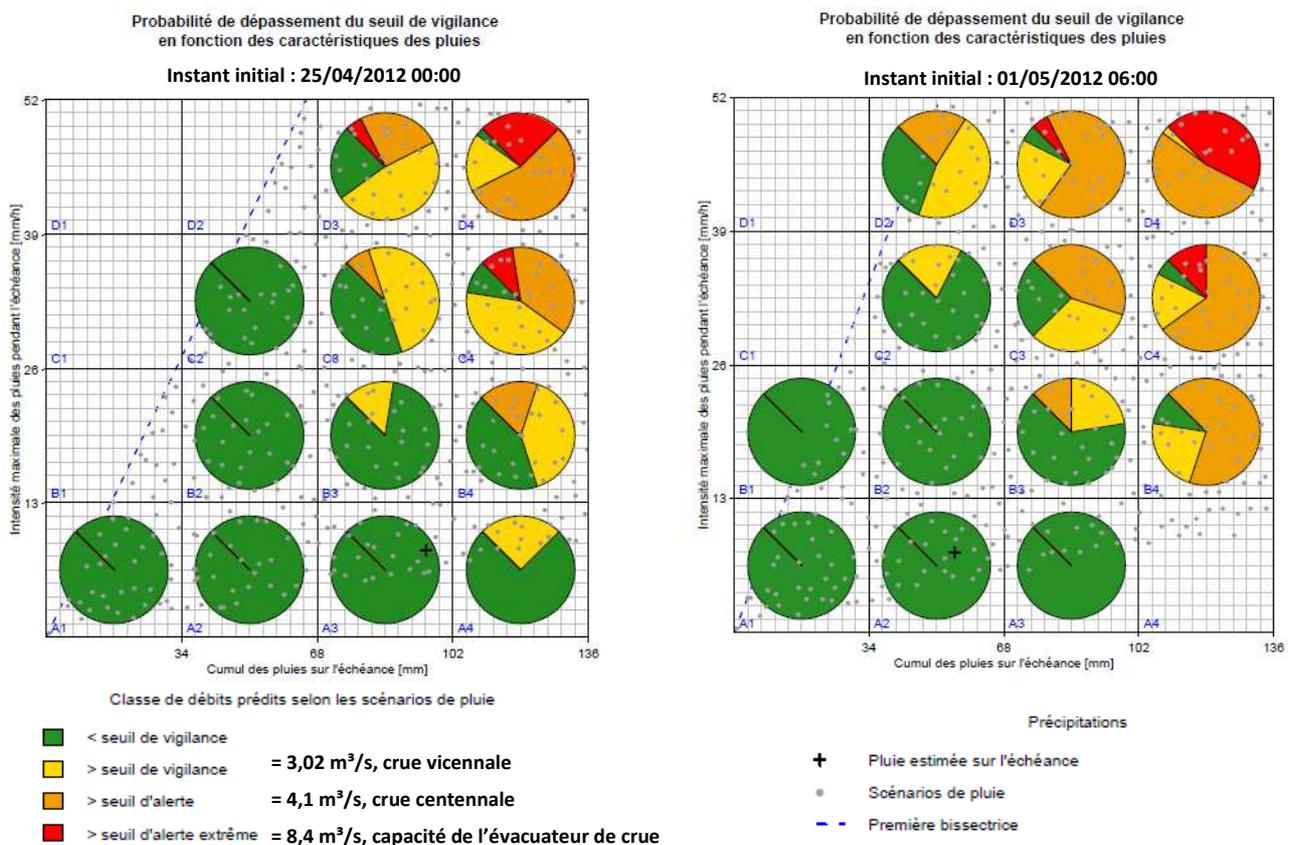


Figure 4 : Exemples d'abaques probabilistes de franchissement des seuils d'alerte en fonction du cumul et de l'intensité des précipitations pour deux états initiaux donnés. Barrage de Mauriac

## 4 ONDE DE RUPTURE ET CARTOGRAPHIE DE LA ZONE DE RISQUE ASSOCIEE

### 4.1 Calcul et propagation de l'onde de rupture

Considérant que la rupture par surverse est un scénario probable, la connaissance de la zone d'effet de l'onde de rupture est nécessaire pour la préparation à la gestion de crise. Cette étape est menée par modélisation hydraulique simple unidimensionnelle à l'aide du logiciel CastorDigue. Les calculs effectués par CastorDigue sont basés sur une méthode d'abaques. Ces abaques ont été élaborés par une généralisation de résultats obtenus par d'autres modèles hydrauliques résolvant les équations de Saint-Venant [Paquier et Robin, 1995].

Les étapes d'un calcul de propagation d'onde sont les suivantes :

- 1) calcul du débit de pointe  $Q_P$  au droit du barrage par des formules empiriques simples ;
- 2) détermination, grâce à un abaque numérisé du rapport entre le débit de pointe  $Q_P$  et le débit  $Q$  en une section quelconque ;
- 3) calcul de la hauteur d'eau maximale  $H$  à partir du débit par l'équation du régime uniforme :

$$Q = K \cdot S \cdot R^{3/2} \cdot \sqrt{I} \quad (4) ;$$

où  $K$  est le coefficient de Strickler ;  $S$  la surface de la section ( $m^2$ ) ;  $R$  le rayon hydraulique en (m),  $R = S/P$  avec  $P$  le périmètre mouillé ;  $I$  la pente (m/m).

- 4) calcul de la vitesse maximale à partir du débit et de la section mouillée correspondant à  $H$  ;
- 5) calcul du temps d'arrivée de l'onde en divisant la distance au barrage par la vitesse.

Le cours d'eau est décrit selon un seul axe d'écoulement. L'équation du régime uniforme est résolue au droit de chacun des profils en travers tracés pour définir la vallée (figure 5 et 6).

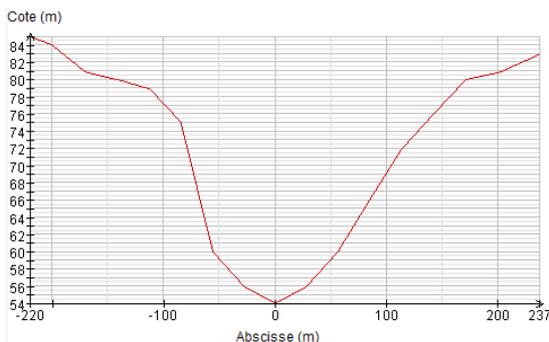


Figure 5 : exemple de profil en travers

CastorDigue calcule au droit de chaque profil le débit maximal ( $m^3/s$ ), la hauteur maximale correspondante (m), la cote en m NGF, la vitesse maximale (m/s), le temps d'arrivée de l'onde (s) et la charge hydraulique (m). CastorDigue calcule également l'évolution dans le temps de la largeur de brèche au niveau du barrage (figure 7).

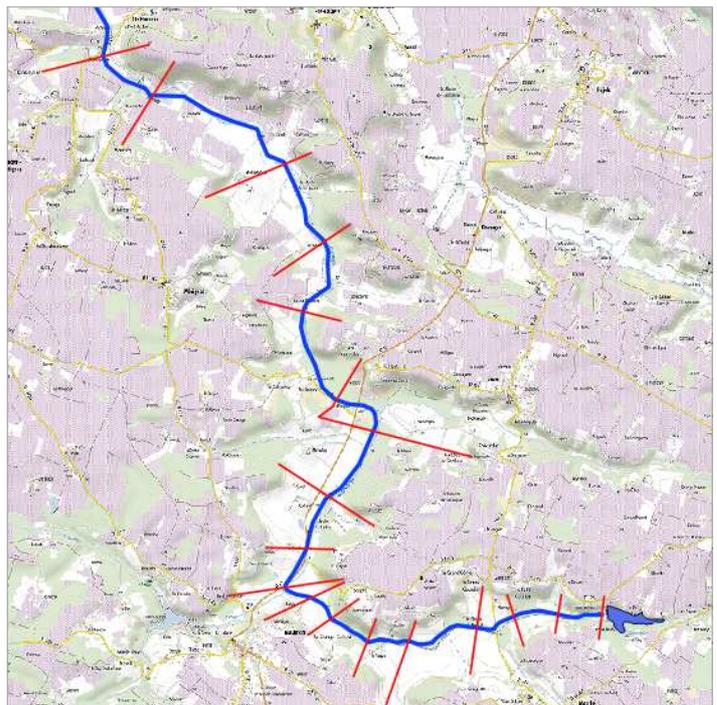


Figure 6 : emplacement des profils en travers utilisés pour la modélisation hydraulique 1D de propagation de l'onde de rupture

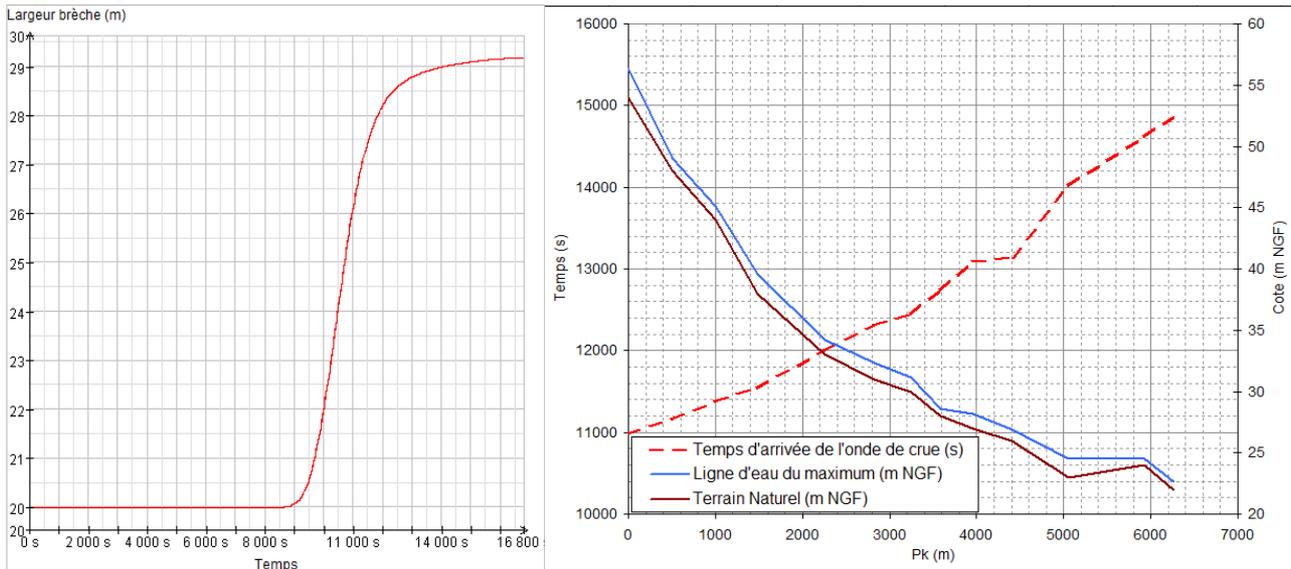


Figure 7 : exploitations des sorties du logiciel CastorDigue

## 4.2 Cartographie de l'emprise inondable

La hauteur maximale au droit de chaque profil permet de définir le profil en long de la ligne d'eau résultante (figure 7). C'est l'emprise maximale de cette ligne d'eau que nous cartographions. Nous utilisons pour cela le plugin CartoZI du logiciel QGIS pour le traitement numérique de la cartographie [Wikhydro]. La ligne d'eau ainsi définie par CastorDigue et les isocotes formées par les profils en travers constituent une ossature sur laquelle un plan d'eau est calculé par interpolation. Ce plan d'eau intersecte le modèle numérique de terrain et définit ainsi l'emprise inondée (figure 8).

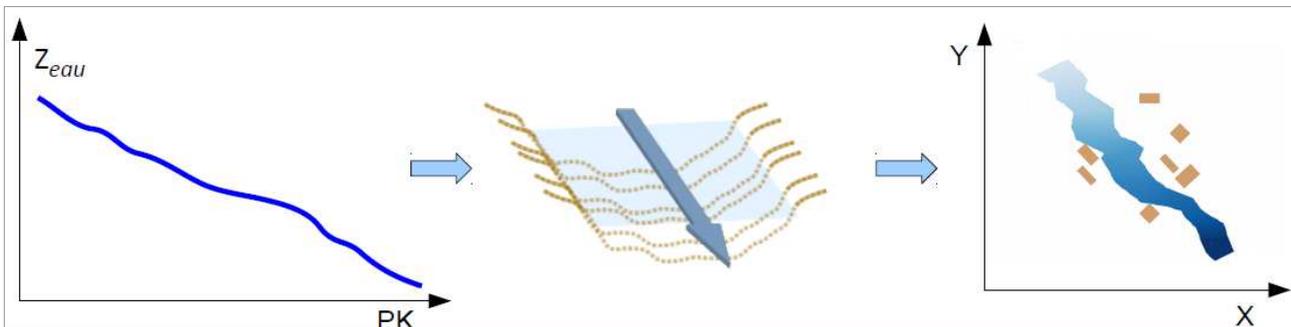


Figure 8 : schéma de principe de la méthode de cartographie de l'emprise inondable

## 5 FICHE RÉFLEXE DE SYNTHÈSE

L'ensemble des informations produites est synthétisé dans une fiche réflexe qui récapitule les scénarios pluviométriques pouvant conduire à la surverse (figure 4), le temps d'arrivée de l'onde de crue (figure 7) et la cartographie associée (figure 9). Ainsi en période à risque, l'utilisateur final (la mission RDI) peut se référer aux prévisions météorologiques des 72 heures à venir et évaluer si des ouvrages présents dans le département encourent un risque de surverse et par voie de conséquence un risque de rupture. Bien qu'entaché de nombreuses incertitudes ou d'hypothèses simplificatrices, cet outil simple permet une vue d'ensemble des scénarios à craindre et offre une anticipation suffisante pour mobiliser l'exploitant de

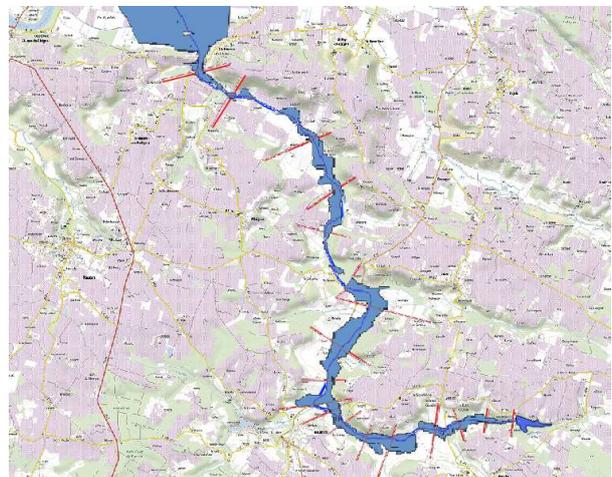


Figure 9 : cartographie de l'emprise à risque suite à la rupture de l'ouvrage de Mauriac

l'ouvrage et renforcer la surveillance de l'ouvrage.

## 6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté une démarche simple d'évaluation du risque de rupture par surverse des petits barrages destinée à la préparation de la gestion des crises d'inondation. Sans se substituer à une étude de dangers, la méthode, basée sur l'enchaînement d'outils relativement aisés à prendre main et la manipulation de données courantes, permet de manière économe de générer une base d'information sur des ouvrages peu ou mal suivis. Cette méthode présente donc l'avantage d'être simple, reproductible sur tout le territoire, économe en éléments d'étude et d'informations, tout en pouvant être enrichie au gré des observations faites au cours des visites techniques approfondies (par exemple par le choix d'un seuil critique plus bas en cas de signes de vieillissement de l'évacuateur de crue). Elle est cependant limitée au seul cas de la surverse dont on sait qu'elle ne représente qu'une partie des possibilités de défaillance des ouvrages. Les autres types de défaillance ne sont pas couverts par cette analyse.

Il semble nécessaire désormais d'automatiser plus encore la chaîne de traitement pour obtenir les abaques probabilistes et la cartographie de la zone inondable pour tous les ouvrages.

Une possibilité pourrait également consister en la mise en fonctionnement temps réel du modèle GRP et de la génération des abaques. Cette perspective se confronte cependant aux difficultés inhérentes au temps réel qui sont liées à la garantie de service de mise à disposition de l'information de manière robuste.

## 7 RÉFÉRENCES

- Berthet, L. (2010). *Prévision des crues au pas de temps horaire : pour une meilleure assimilation de l'information de débit dans un modèle hydrologique*. Thèse de Doctorat, Cemagref (Antony), AgroParisTech (Paris), Paris, 603 pp.
- Furusho C. (2016) - *Calage et application opérationnelle du modèle de prévision de crues GRP: Manuel d'utilisation Version 2016.r1460, Mars 2017* IRSTEA.
- Javelle, P., Organde, D., Demargne, J., Saint-Martin, C., De Saint-Aubin, C., Garandeau, L. et Janet, B. (2016) - *Setting up a French national flash flood warning system for ungauged catchments based on the AIGA method*, FLOODrisk 2016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160718010>
- Lautrin D. (1998) - *Le vieillissement des petits barrages en remblai*. Ingénieries - E A T, IRSTEA édition 1998, p. 55 - p. 67.
- Lautrin D. (2003) - *Vieillessement et réhabilitation des petits barrages en terre*, ISBN 2-85362-597-4
- Maire A. , Javelle P. (2013), *Extension nationale de la méthode AIGA : Comparaison à des avertissements basés sur des dépassements de seuil de pluie*, rapport d'étude Irstea : 44 p.
- Michel, C. (1989). *Hydrologie appliquée aux petits bassins ruraux*, Rapport technique Cemagref – Groupement d'Antony.
- Organde D. (2014) - *Extension nationale de l'approche AIGA, Amélioration de la réactivité du modèle*. Rapport d'étude Hydris hydrologie : 23 p.
- Organde D. , Javelle P. (2016) - *Mise à jour de la paramétrisation de la méthode AIGA*. Rapport d'étude : 19p.
- Paquier A. et Robin O., (1995) - *Une méthode simple pour le calcul des ondes de rupture de barrage*. La Houille Blanche N° 8-1995.
- Tangara, M. (2005). *Nouvelle méthode de prévision de crue utilisant un modèle pluie-débit global*. Thèse de Doctorat, Cemagref Antony, EPHE, Paris, 374 pp.
- Wikhydro - <http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/CartoZI>