



JORNADA SOBRE LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS Y EMBALSES EN ESPAÑA Y EN EL MUNDO

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA SEGURIDAD DE PRESAS EN FRANCIA

Emilio Tena

Director de la Oficina Sud-Ouest ISL Ingénierie

Ingeniero de Caminos (UPM 2002) – E-MBA

Miembro SPANCOLD y CFBR



INDICE

- 01 Introducción
- 02 Reglamentación técnica
- 03 Principios de la metodología
- 04 Conclusión

01 INTRODUCCIÓN (CONTEXTO)



Desde 2007 los “EDD” (Etudes de danger) son obligatorios (presas clase A + actualizar 10 años y presas clase B + actualizar 14 años) (+600 estudios)^A



La práctica se extiende también a los diques fluviales o marítimos!! Conducciones forzadas, etc...



La base de los “EDD” son el boletín ICOLD 130 (2005) + La norma gestion riesgo ISO/CEI 31010:2009



Los “EDD” se enmarcan en lo que se denomina “SaRRA” = “Safety Review + Risk Assessments”
“Revisión de Seguridad + Evaluación Riesgo”



La componente “SaR”: evaluación del diseño, construcción, explotación, mantenimiento, auscultación e inspecciones técnicas (“input” para el análisis de riesgo)

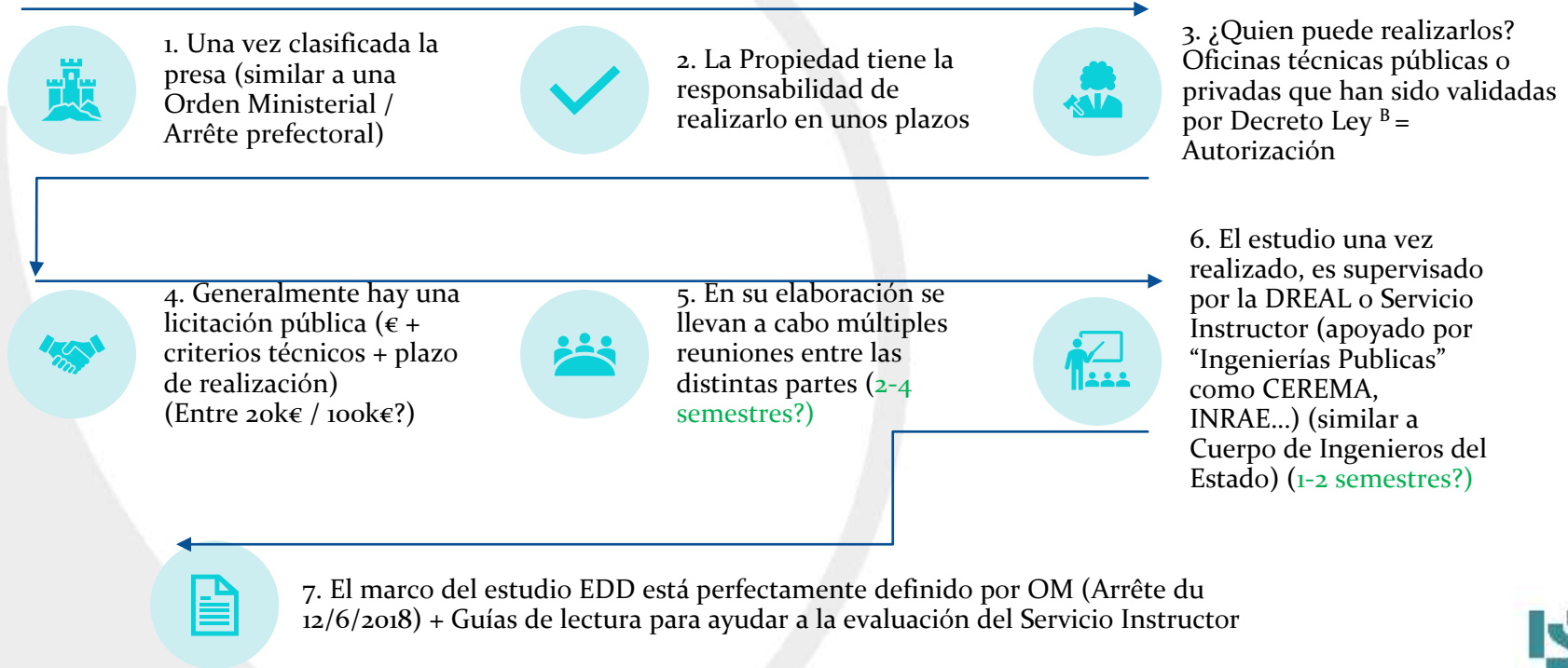


La componente “RA”:

Determinar probabilidad de fallos/accidentes + consecuencias (intensidad, cinética y gravedad)

Definición de medidas de reducción de probabilidad y/o de las consecuencias

01 INTRODUCCIÓN (PQ, COMO, CUANDO, QUIEN?, CUANTO)





02 REGLAMENTACIÓN TÉCNICA 1/2 (EN 20 SEGUNDOS...)

Arrêté 12/6/2018 (O.M. presas)

Arrêté 30/9/2019 (O.M. diques u sistemas de diques)

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Arrêté du 3 septembre 2018 modifiant l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu

NOR : TREP1800558A

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur, et le ministre d'Etat, ministre de la transition écologique et solidaire,

Vu le code de l'énergie, notamment le chapitre I^{er} du titre II du livre V ;

Vu le code de l'environnement, notamment le titre VIII du livre I^{er} et le chapitre IV du titre I^{er} du livre II ;

Vu le code de la sécurité intérieure, notamment son article R. 741-34 ;

Vu l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu ;

Vu l'avis de la mission interministérielle de l'eau en date du 10 novembre 2017 ;

Vu l'avis du comité national de l'eau en date du 15 décembre 2017 ;

Vu l'avis du comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques en date du 19 décembre 2017 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de l'énergie en date du 13 février 2018 ;

Vu l'avis du Conseil national d'évaluation des normes en date du 5 juillet 2018,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. – L'arrêté du 12 juin 2008 susvisé est modifié conformément au présent article.

1^o Dans le titre, les mots : « et des digues » sont supprimés ;

2^o A l'article 1^{er}, les mots : « et des digues » sont supprimés ;

3^o A l'article 2, le deuxième alinéa est remplacé par les dispositions suivantes :

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Arrêté du 30 septembre 2019 modifiant l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des diques organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions

NOR : TREP1917582A

Le ministre de la transition écologique et solidaire et le ministre de l'intérieur,

Vu le code de l'environnement, notamment les articles R. 181-12, R. 214-115, R. 214-116, R. 214-119-1, R. 562-13 et R. 562-18 ;

Vu l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des diques organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions ;

Vu l'avis du comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques en date du 26 juin 2019 ;

Vu l'avis de la mission interministérielle de l'eau en date du 10 juillet 2019 ;

Vu l'avis du Conseil national d'évaluation des normes en date du 11 juillet 2019,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. – L'arrêté du 7 avril 2017 susvisé est modifié conformément aux articles 2 à 9 du présent arrêté.

Art. 2. – Dans le titre, les mots : « des diques organisées en systèmes d'endiguement » sont remplacés par les mots : « des systèmes d'endiguement ».

Art. 3. – Le chapitre I^{er} est modifié ainsi qu'il suit :

1^o A l'article premier, les deuxième et troisième alinéas sont remplacés par deux alinéas rédigés comme suit :

« 1^o d'un système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 du code de l'environnement ;

« 2^o d'un aménagement hydraulique de stockage provisoire des écoulements au sens de l'article R. 562-18 du code de l'environnement, étant entendu que l'étude de dangers pour l'aménagement hydraulique se rajoute à celle des barrages de classe A et B qui est prévue par les dispositions du a) de l'article R. 214-115 dans les cas où l'aménagement hydraulique comprend de tels barrages. » ;

2^o Les deuxième et troisième sous-sections de la section I sont remplacées par deux sous-sections rédigées comme suit :





02 REGLAMENTACIÓN TÉCNICA 2/2 (EN 20 SEGUNDOS...)

Guía de lectura (Verificar conformidad)

Guía CFBR – Análisis de Riesgo – 2021^C

Table of Content

ADMINISTRATIVE AND REGULATORY REMINDERS (IN FRENCH)	4
PREAMBLE	8
RISK ASSESSMENT CONTENT GUIDELINES	10
0. - RISK ASSESSMENT NON-TECHNICAL SUMMARY	10
1. - ADMINISTRATIVE DATA	10
2. - OBJECT OF STUDY	11
3. - FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE DAM AND ITS SURROUNDINGS	11
3.1. - Description of the dam	11
3.2. - Description of the dam environment	13
4. - PRESENTATION OF THE MAJOR ACCIDENT PREVENTION POLICY AND OF THE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM (SMS)	14
5. - IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF HAZARD POTENTIAL	15
6. - NATURAL HAZARDS CHARACTERIZATION	16
7. - INCIDENT CASE HISTORY AND BACK ANALYSIS	18
8. - RISK IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION IN TERMS OF PROBABILITY, INTENSITY, KINETIC OF EFFECTS AND CONSEQUENCES SEVERITY	19
I. - Description and principles of the method	19
II. - Determination of failure scenarios	20
II. -a) Background	20
II. -b) Examples of failure modes or circumstances which can be taken into account for the risk situation identification	21
II. -c) Level of detail expected for the scenarios on intrinsic hazards on the dam	22
II. -d) Extreme flood scenario	22
II. -e) Works Stages and new Dams scenarios	23
III. - Accidental scenarios assessment	23
III. -a) Probability of occurrence	23
III. -b) Intensity	24
III. -c) Kinetic	24
III. -d) Severity	25
III. -e) Dam-break flood wave propagation analysis	26
III. -f) Assessment of the safety barriers (risk-mitigation measures)	27
III. -g) Criticality	27
9. - RISK MITIGATION ANALYSIS	28
Risk level acceptability	28
10. - MAPPING	30

1 RISK ANALYSIS APPROACH FOR DAMS IN FRANCE	113
1.1 THE ORIGINS OF THE PRACTICE OF RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL IN FRANCE	113
1.2 GENERAL FRAMEWORK OF THE RISK MANAGEMENT PROCESS FOR DAMS	114
1.3 THE FRAMEWORK OF SAFETY REVIEW RISK ASSESSMENTS FOR DAMS IN FRANCE	115
1.4 THE PROCEDURE AND THE STEPS OF DAM RISK ASSESSMENT IN FRANCE	117
1.5 POSITIONING FRENCH SAFETY REVIEW RISK ASSESSMENT PRACTICES RELATIVE TO INTERNATIONAL PRACTICES OF DAM RISK ANALYSIS	118
2 THE INPUT DATA FOR RISK ANALYSIS	120
2.1 INTRODUCTION	120
2.2 COLLECTING INPUT DATA	120
2.2.1 Descriptive reference data for the structures and equipment	120
2.2.2 Operational, monitoring and maintenance data	121
2.2.3 Organizational documents and operational procedures	122
2.2.4 Summary of the collection of existing data	123
2.3 IDENTIFYING AND CHARACTERIZING NATURAL HAZARDS	124
2.4 EXAMINATIONS AND DIAGNOSIS FOR ASSESSING SAFETY	124
2.4.1 The specific inspections	125
2.4.2 Diagnosis of the status, design and behavior of the civil engineering structures	128
2.4.3 Diagnosis of the condition and operation of the hydromechanical equipment	129
2.4.4 Diagnosis of the status and operation of the safety element control systems	130
3 FUNCTIONAL ANALYSIS	131
3.1 INTRODUCTION	131
3.2 DEFINITION OF THE SYSTEM STUDIED AND ITS ENVIRONMENT	132
3.2.1 The analysis area	132
3.2.2 The analysis perimeter	133
3.3 EXTERNAL FUNCTIONAL ANALYSIS	134
3.4 INTERNAL FUNCTIONAL ANALYSIS	136
3.4.1 Principles of the internal functional analysis	136
3.4.2 Illustrations of practices for the internal functional analysis	137
4 ANALYZING FAILURE MODES AND IDENTIFYING FEARED EVENTS	140

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASES

1. Análisis funcional
2. Análisis de modos de fallo o ruptura
3. Modelización de los escenarios de ruptura
4. Valoración del Riesgo
5. Reducción del Riesgo

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 1/5. análisis funcional

Input data



Identificar y caracterizar eventos naturales: hidrología, seísmo, movimiento laderas, hielo, flotantes, viento, etc...

Inspección de detalle y Diagnostico: inspecciones subacuáticas (paramentos y aliviaderos de fondo), juntas, fisuras, compuertas, etc... (programa de inspección a validar por la Administración)

Funciones principales (seguridad): Control del nivel embalse + Control de caudal aguas abajo



Figure 3.3 : Illustration de synthèses d'analyse fonctionnelle externe dans les études de dangers

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 1/5. Ejemplo de análisis funcional

Fonction de rang 0	Fonctions de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Fonctions principales stockage d'eaux pour : Alimentation en eau potable Irrigation Alimentation du canal du Midi	F1 - Retenir l'eau	Barrage	F1.1 - Assurer la stabilité d'ensemble	Voûte en béton Culée rive droite Culée rive gauche Fondation rocheuse
			F1.2 - Assurer l'étanchéité et limiter les débits de percolation	Voûte en béton joints entre plots voile d'injection de la fondation culées en rives
			F1.3 - Assurer le drainage à l'aval	Galerie de drainage RD Drains du barrage
Fonctions secondaires Ecrêtement des crues Production hydroélectrique	F2 - Maîtriser la cote de la retenue à l'amont de l'ouvrage	Evacuateur de crue	F2.1 - Evacuer les crues en sécurité	Evacuateur de crue Bassin de dissipation Contre-barrage
			F2.2 - Maîtriser l'action des vagues	Parapet
			F2.3 - Assurer le laminage des petites crues	Petit déversoir
	F3 - Permettre une vidange de sécurité en cas de danger et maîtriser le débit relâché à l'aval	Vidange de fond	F3.1 - Abaisser le plan d'eau en cas d'alerte	Prise d'eau dans la retenue grille 2 conduites Ø1000
			F3.2 - Assurer la mise hors d'eau du barrage	2 vannes papillons de garde 2 vannes papillon de rélage centrale hydraulique de manoeuvre des vannes alimentation électrique principale alimentation électrique de secours (groupe électrogène) automate de contrôle commande tour de prise conduites de prise vannes papillon de garde vannes de rélage centrale hydraulique de manoeuvre des vannes alimentation électrique
	F4 - Délivrer les débits demandés	Prises d'eau	F4.1 - Restituer des débits demandés pour l'AEP et l'irrigation	
			F4.2 - Restituer des débits demandés pour la navigation	
		Microcentrales	F4.3 - Valoriser énergétiquement les débits relâchés	microcentrales hydroélectriques

Descripcion del sistema y entorno

análisis funcional interno

análisis funcional externo (contexto aguas arriba/abajo, deslizamientos ladera,...)

SU FUNCION (1as y 2as...)

Un buen conocimiento de la presa, sus componentes, su contexto nos sitúa en el comienzo de los métodos de ruptura:

Figure 18 : Analyse fonctionnelle de l'ouvrage.

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 2/5. Análisis de modos de fallo o ruptura

2 métodos principales:

- PRA (Preliminary Risk Analysis – **Análisis preliminar de riesgos**) (Analyse Modes de Défaillance et leurs effets =AMDE)
- FMEA (Failure Modes and Effects Analysis – **Análisis de modos de fallos, causas y efectos**) (Analyse Modes de Défaillance, leurs effets et leurs causes = AMDEC)

- **Visión de un Experto**
- Inventario de TODOS los modos de fallo de presa y equipamiento (para cualquier tipo de situación)
- No es un « método standard »
- Este ejercicio es previo a la construcción de escenarios de ruptura
- Se realiza una evaluación de la gravedad de los modos de fallo (consecuencias)
- **Permite jerarquizar los principales modos de ruptura**

- Visión de un Experto
- Método DETALLADO de análisis del modo de fallo
- Análisis de todos los componentes y subcomponentes para llevar a cabo su función (base la Fase 1 - análisis funcional)
- **Determinar los fallos para no cumplir con la función + las causas + los efectos o consecuencias**

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 2/5. Análisis de modos de fallo o ruptura – Ejemplo FMEA*

Componentes	Sub-componentes	Funciones	Situación de peligro	Causas posibles de la deficiencia	Efecto posible de la deficiencia	Síntoma de la deficiencia	Medio de detección	Tipología de evento desencadenante
Barrage	Voûte en béton	F1.1 - Assurer la stabilité d'ensemble	Altération des caractéristiques mécaniques du béton (baisse de la résistance, augmentation du module de déformation)	Pathologie du béton - alcali-réaction	Déplacements inévitables, augmentation des contraintes, fissuration, rupture	Déplacements inévitables Fissuration	Ascultation : suivi des déplacements, suivi des fissures, contrôle des joints, piézomètres et débit de drainage	Vieillessement
			Surcharge hydrostatique	Crise extrême Embâche de l'évacuateur		Déplacements anormaux Augmentation de la piézométrie ou des fuites	Système d'auscultation	Crise
			Caricature ou froid extrême	Evénement extrême Modification du climat	Déplacements inévitables, augmentation des contraintes, fissuration, rupture			Evénement climatique extrême
			Séisme fort (intensité supérieure à VIII)					Séisme
		F1.2 - Assurer l'étanchéité et limiter les débits de percolation	Fuites aux joints Fuites en fondation	Déclivage de la voûte Altération du voile d'étanchéité Fissuration de la fondation (fissure amont)	Déplacements inévitables, augmentation des contraintes, fissuration, rupture	Fuites Augmentation de débit des drains		Vieillessement Evénement climatique extrême
	Cuîlle rive droite	F1.1 - Assurer la stabilité d'ensemble	Augmentation progressive des sous-pressions	Vieillessement du voile d'étanchéité Colmatage du drainage	Instabilité de la cuîlle entraînant la rupture de la voûte	Augmentation des fuites et/ou de la piézométrie Déplacements inévitables Fissuration	Ascultation : pertes, drains, piézomètres	Vieillessement
			Surcharge hydrostatique	Crise extrême Embâche de l'évacuateur	Déplacements inévitables, augmentation des contraintes, fissuration, rupture	Déplacements anormaux Augmentation de la piézométrie ou des fuites		Crise
			Caricature ou froid extrême	Evénement extrême Modification du climat				Evénement climatique extrême
			Séisme fort (intensité supérieure à VIII)	Glisement de la cuîlle sur sa fondation	Instabilité de la cuîlle entraînant la rupture de la voûte			Séisme
			Surverse et érosion du remblai de stabilisation de la cuîlle	Crise extrême Embâche de l'évacuateur	Instabilité de la cuîlle entraînant la rupture de la voûte	Année d'une crise extrême		Crise
	F1.2 - Assurer l'étanchéité et limiter les débits de percolation	Fuites aux joints Fuites en fondation	Déclivage de la voûte Altération du voile d'étanchéité Fissuration de la fondation (fissure amont)	Déplacements inévitables, augmentation des contraintes, fissuration, rupture	Fuites Augmentation de débit des drains		Vieillessement Solutions thermiques ou hydrostatiques extrêmes	

*Esta matriz se va completando con las fases siguientes (nuevas columnas sobre la gravedad, danos, medidas de reducción del riesgo etc...)

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 3/5. Modelización de los escenarios de ruptura

3 Métodos principales para modelizar el escenario y conectarlo a modos de fallo:

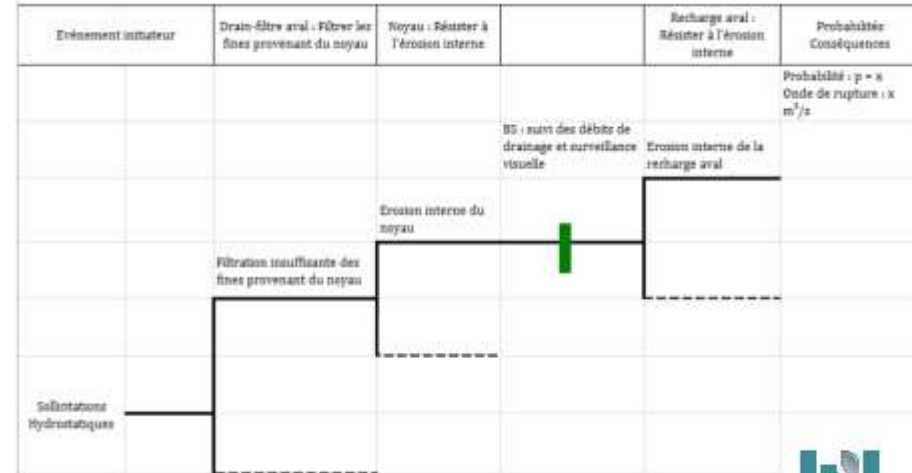
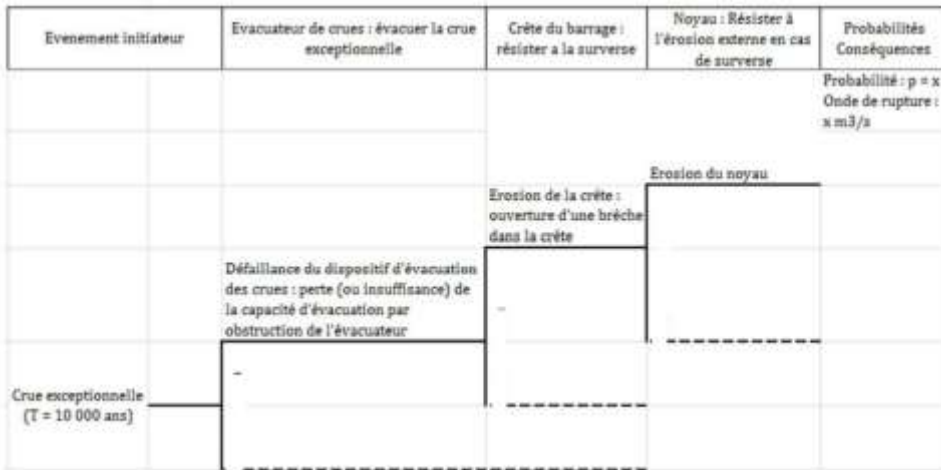
- ETA: Event Tree Analysis / Arbres d'événements / « **Arboles eventos** »
- FTA: Fault Tree Analysis / Arbres de défaillances / « **Arboles de fallos** »
- BTA: Bow Tie Analysis / Nœud Papillon = **Suma de ETA + FTA**

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 3/5. Modelización de los escenarios de ruptura

A partir de un evento inicial, describir una secuencia/combinación de fallos de componentes hasta la ocurrencia del accidente potencial

Event Tree Analysis /
Arbres d'évenements
« Árboles de eventos »



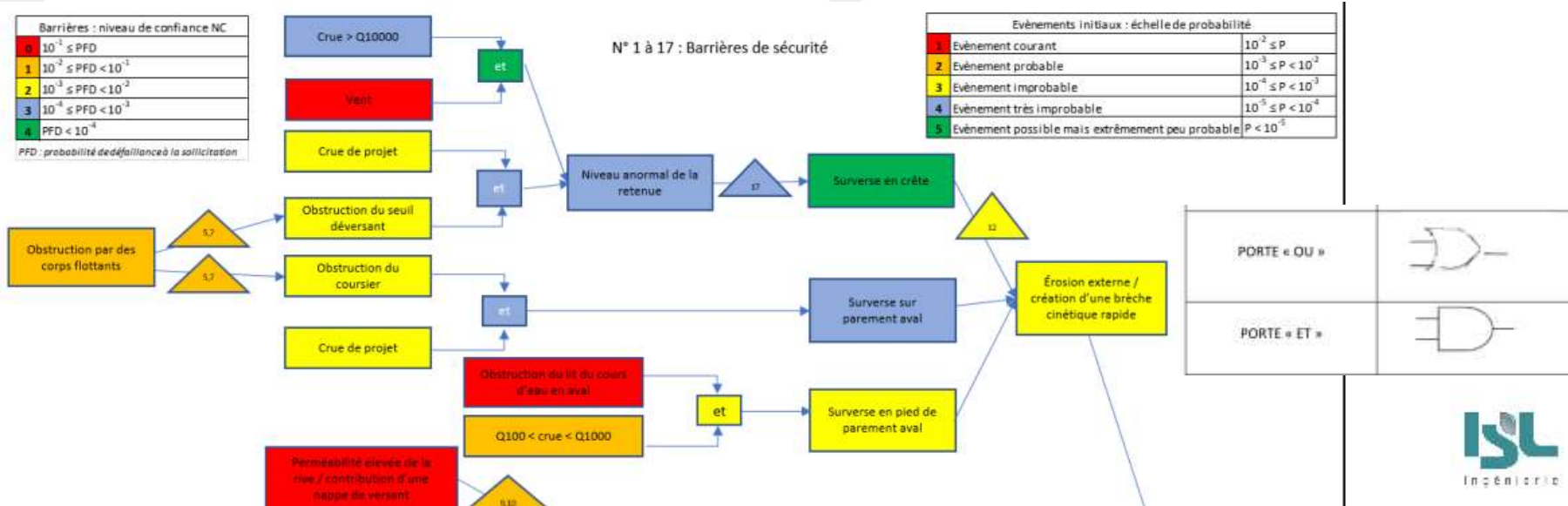
Fuente: French practices of dam Safety - Risk Assessment - CFBR – Juin 2020

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 3/5. Modelización de los escenarios de ruptura

Representar gráficamente la combinación de eventos que conducen a un « acontecimiento temido »
 ERC (evenement Redouté central) / Central Feared event (CFE) / « **Evento central temido** »

Fault Tree Analysis /
 Arbres de défaillances
 « Arboles de Fallos »

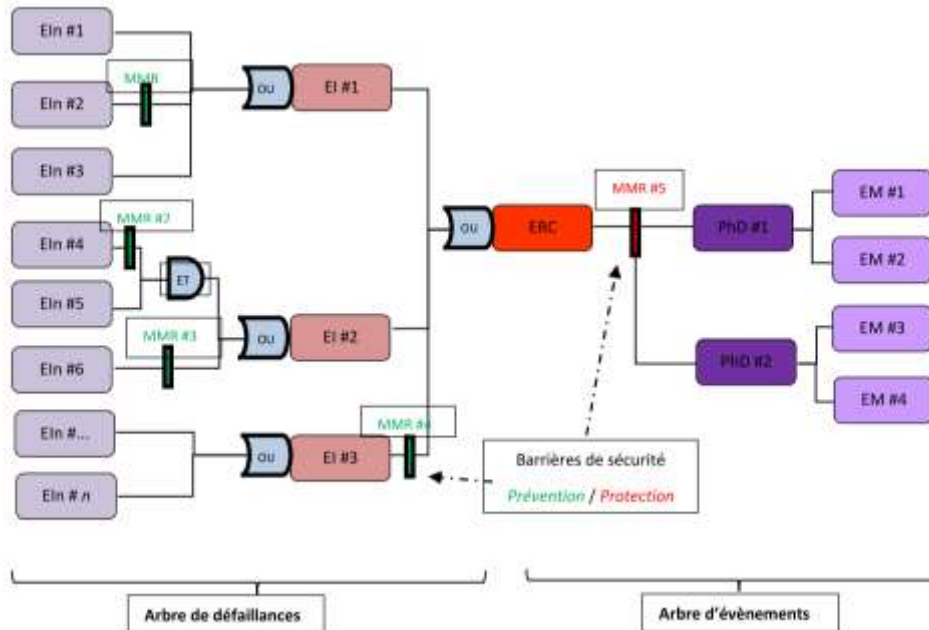


03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 3/5. Modelización de los escenarios de ruptura

Bow Tie Analysis / Nœud papillon

Combinación de ambos métodos ETA (arbres d'évenements – arboles eventos) / FTA (arbres de défaillances – arboles de fallos)



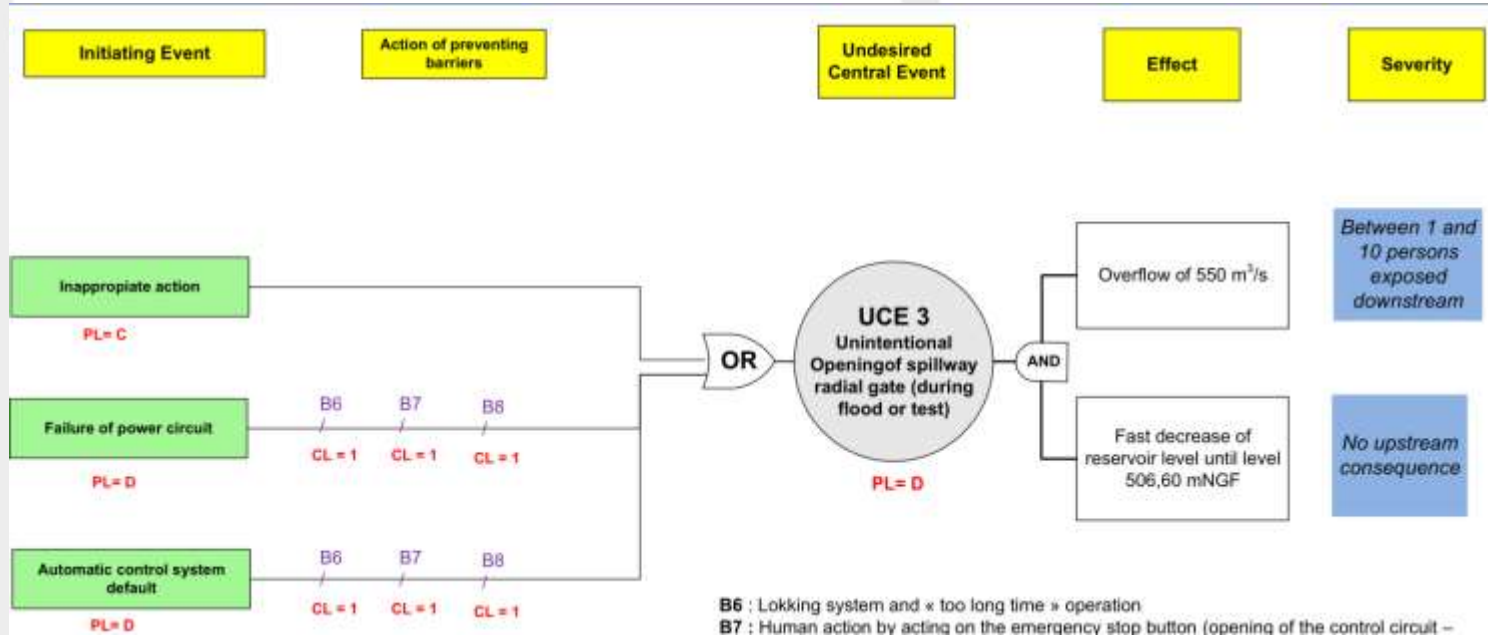
Désignation	Signification	Designation	Meaning
EI	Évènement initiateur	IE	Initiating event
EIn	Évènement intermédiaire	IEn	Intermediate event
ERC	Évènement Redouté Central	CFE	Central Feared Event
PhD	Phénomène dangereux	DPh	Dangerous Phenomenon
EM	Effets Majeurs	ME	Major Effects
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques	RCM	Risk Control Measures

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 3/5. Modelización de los escenarios de ruptura

Bow Tie Analysis / Nœud papillon

Combinación de ambos métodos ETA (arbres d'évenements – arboles eventos) / FTA (arbres de défaillances – arboles de fallos)



03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 4/5. Valoración del Riesgo

3 métodos para evaluar PROBABILIDADES de MODO de FALLO:

- Evaluación probabilística:
Eventos naturales (avenidas, seísmos,...) / Periodo de retorno
- Evaluación de frecuencia
Apto para comp. electromec, fallo humano,...) / ratio (num. fallos/num. utilización)
- Evaluación de Experto^D
Grupo de trabajo que pueden caracterizar eventos puntuales (Tabla de Vick)

03 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGIA

FASE 4/5. Valoración del Riesgo

/ FASE 5/5 Reducción del Riesgo

Probability Scale	E	D	C	B	A
Qualitative (if number of installations and feedback are sufficient)	"Possible event, but extremely improbable : is not impossible considering current knowledge, but not experienced worldwide during a large number of installation.years	"very improbables event": <i>already occured in the industry sector, but corrective actions were taken which significantly reduced the probability of occurrence</i>	"improbables event": <i>similar event already occured in the industry sector or in this type or organization worldwide, but no corrective actions were taken which significantly reduced the probability of occurrence</i>	"probables event": <i>already occured or can occur during life duration of the installation</i>	"current event": <i>already occured or can occur several times during life duration of the installation, in spite of risk reduction measures</i>
Semi-quantitative	This scale is intermediate between qualitative and quantitative scales, and enables to take into account risk reduction measures				
Quantitative (by unit and by year)	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	

Proponer acciones para modificar la probabilidad de ruptura (Ej. aumentar capacidad aliviadero, trabajos de refuerzo, auscultación, gestión aguas arriba/abajo, etc...)

Muy importante justificar que la medida reduce eficazmente la clase de riesgo

04 MI CONCLUSIÓN (...A TÍTULO PERSONAL)

« **Un Antes y un Después....** »: Los Estudios de Riesgo, « EDD Etudes de danger », en Francia han permitido:

- Un salto hacia adelante en la gestión de presas = ir mas alla del necesario « calculo de estabilidad de presas »
- Una mejora considerable en la gestión de la seguridad del parque de presas Francesas y también del conocimiento interno de infraestructuras estratégicas
- Incitar una interacción entre los diferentes « stakeholders » relacionados con la infraestructura (Propiedad, Servicios de control del Estado, Ingenierías, Poblaciones, etc...)
- Una actividad importante de las Ingenierías, a nivel económico SI, pero tam a nivel de desarrollo y apropiación de« know-how » técnico

GRACIAS
THANK YOU
MERCİ

20/6/2023 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA SEGURIDAD DE PRESAS EN FRANCIA

- Emilio Tena
- Director de la Oficina Sud-Ouest ISL Ingénierie
- Ingeniero de Caminos (UPM 2002) – E-MBA
- Miembro SPANCOLD y CFBR



A



Clase de la presa	Características geométricas (H: altura de la presa en m; V: volumen embalsado en hm ³ al nivel normal de explotación)
A	$H \geq 20$ y $H^2 \times \sqrt{V} \geq 1.500$
B	Presa no clasificada en A $H \geq 10$ y $H^2 \times \sqrt{V} \geq 200$
C	Presa no clasificada en A o B, $H \geq 5$ y $H^2 \times \sqrt{V} \geq 20$ O $H \geq 5$ y $V > 0,05$ (50.000m ³) y existen a menos de 400m una o más edificaciones aguas abajo de la presa

Obligaciones legales de los propietarios de presas

Categoría de la obra hidráulica	A	B	C
Documentos de la infraestructura	Si	Si	Si
Consignas escritas	Si	Si	Si
Visitas Técnicas Detalladas	1 año o si hay un problema	1 cada 3 años o si hay un problema	1 cada 5 años o si hay un problema
Registro de la infraestructura	Si	Si	Si
Informe de vigilancia o seguimiento	1 año	1 cada 3 años	1 cada 5 años
Informe de la instrumentación o auscultación	1 cada 2 años	1 cada 5 años	1 cada 5 años
Examen Técnico Completo y Análisis de la seguridad	1 cada 10 años	No	No
Estudio de peligros o riesgos	1 cada 10 años	1 cada 15 años	No
Inspección de los Servicios de Control	1 año	1 cada 5 años	1 cada 10 años

Clasificación de Diques de protección contra las inundaciones

Categoría del dique	Características del dique (P: población protegida)
A	$P > 30.000$
B	Dique no clasificado en A, $3.000 < P < 30.000$
C	Dique no clasificado en A y B y $30 \leq P < 3.000$

Obligaciones legales de los propietarios de diques de protección contra las inundaciones

Categoría de la obra hidráulica	A	B	C
Documentos de la infraestructura	Si	Si	Si
Consignas escritas	Si	Si	Si
Visitas Técnicas Detalladas	1 cada 3 años o si hay un problema	1 cada 5 años o si hay un problema	1 cada 6 años o si hay un problema
Registro de la infraestructura	Si	Si	Si
Informe de vigilancia o seguimiento	1 cada 3 años o si hay un problema	1 cada 5 años o si hay un problema	1 cada 6 años o si hay un problema
Informe de la instrumentación o auscultación	No	No	No
Examen Técnico Completo y Análisis de la seguridad	1 cada 10 años	No	No
Estudio de peligros o riesgos	1 cada 10 años	1 cada 15 años	1 cada 20 años
Inspección de los Servicios de Control	1 año	1 cada 5 años	1 cada 10 años

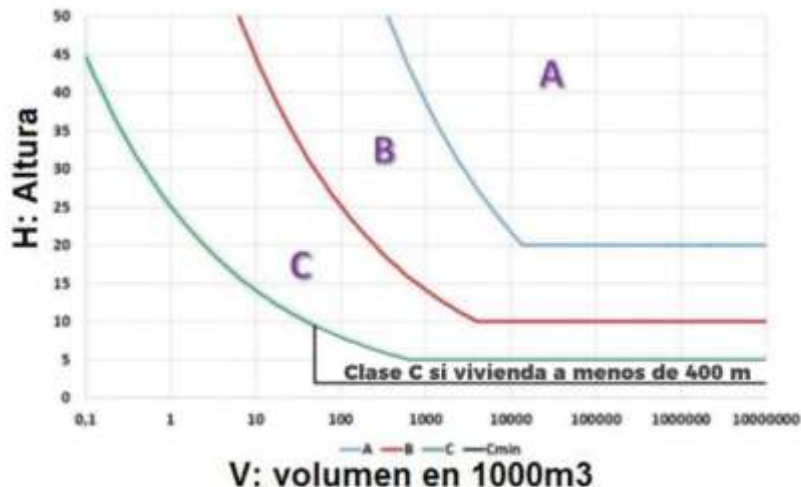


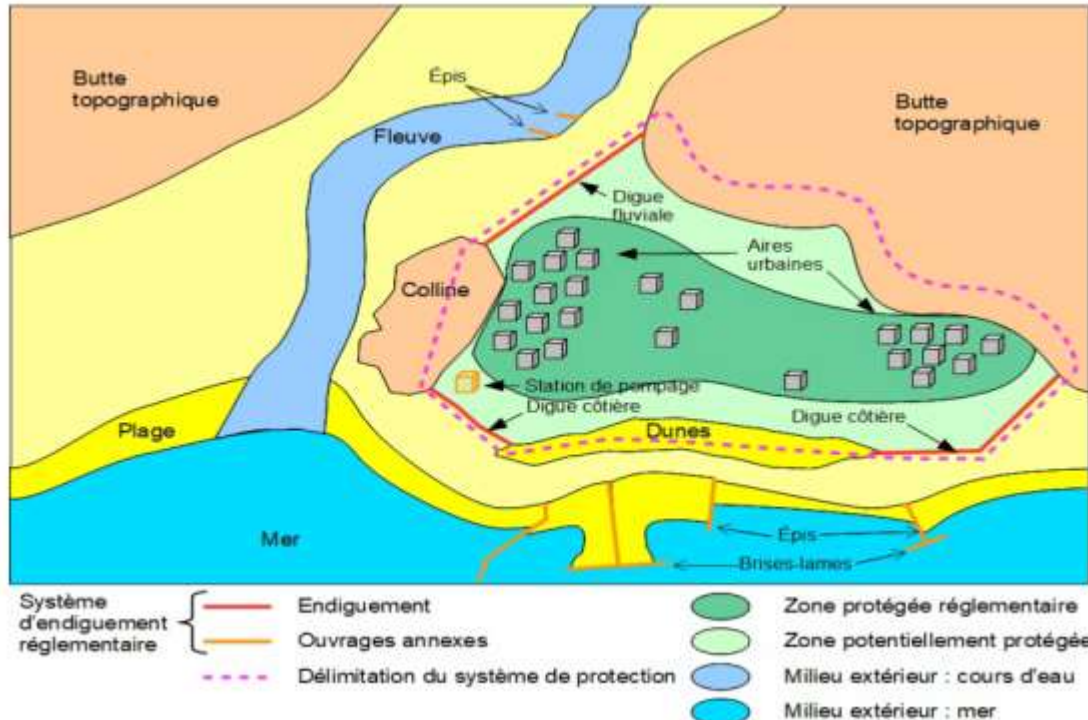
Figura 1: Gráfico traducido de las clases de presas en Francia según el decreto del 12/5/2015 (fuente traducida del CFBR)



B

02 REGLAMENTACIÓN TÉCNICA

Noción de « **Système d'endiguement** » / « Sistemas de diques » + GEMAPI



Definir y analizar las consecuencias previstas del impacto del entorno circundante en la zona potencialmente protegida

El sistema de protección compuesto de diques y todos los elementos que contribuyen a la protección contra las inundaciones (bombeo, dunas, topografía u obras anexas)

Espacio « acuático »: al origen de las solicitaciones hidráulicas sobre el sistema de protección

Espacio « potencialmente protegido »: el lugar de recepción si fallo del sistema de protección; La zona protegida jurídicamente es una elección de la Propiedad

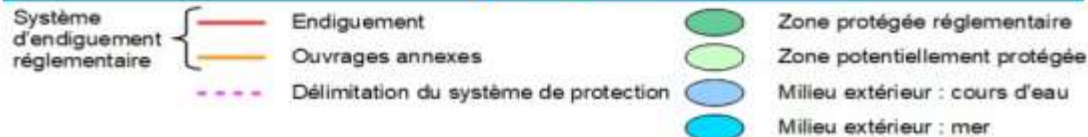
B

02 REGLAMENTACIÓN TÉCNICA

Noción de « **Système d'endiguement** » / « Sistema de diques » + GEMAPI

1. Debe presentar y justificar el funcionamiento y el rendimiento previsto del sistema de diques en todas las circunstancias, basándose en un enfoque de análisis de riesgos basado en la recopilación, organización basado en la recopilación, organización, estudio y comparación de toda la información y datos pertinentes para este objetivo.

2. La finalidad de un sistema de diques es proteger un área de terreno, denominada "zona protegida", contra las inundaciones procedentes de un río con diques o del mar, hasta un determinado nivel de evento, conocido como "nivel de protección".



protegida jurídicamente es una elección de Propiedad



C

Table des matières

1 DEMARCHE D'ANALYSE DE RISQUES DES BARRAGES EN FRANCE.....	107
1.1 GENÈSE DE LA PRATIQUE DE L'ÉVALUATION ET DE MAÎTRISE DES RISQUES EN FRANCE	7
1.2 RAPPEL DU CADRE GÉNÉRAL DU PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES DES BARRAGES	8
1.3 LE CADRE DES ÉTUDES DE DANGERS DE BARRAGES EN FRANCE	9
1.4 LA DEMARCHE ET LES ÉTAPES DE L'ANALYSE DE RISQUES DES BARRAGES EN FRANCE	10
1.5 POSITIONNEMENT DES PRATIQUES FRANÇAISES DES ÉTUDES DE DANGERS VIS-À-VIS DES PRATIQUES INTERNATIONALES DE L'ANALYSE DE RISQUES DES BARRAGES	12
2 LES DONNÉES D'ENTRÉE DE L'ANALYSE DE RISQUES.....	14
2.1 INTRODUCTION	14
2.2 COLLECTE DES DONNÉES D'ENTRÉE	14
2.2.1 Données de référence descriptives des ouvrages et matériels	14
2.2.2 Données d'exploitation, de surveillance et de maintenance	15
2.2.3 Documents d'organisation et procédures d'exploitation	16
2.2.4 Synthèse de la collecte des données existantes	17
2.3 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES ALÉAS NATURELS	18
2.4 EXAMENS ET DIAGNOSTICS POUR L'ÉVALUATION DE SÛRETÉ	18
2.4.1 Les inspections spécifiques	19
2.4.2 Diagnostic de l'état, de la conception et du comportement des ouvrages de génie civil	22
2.4.3 Diagnostic de l'état et du fonctionnement des matériels hydromécaniques	23
2.4.4 Diagnostic de l'état et du fonctionnement des systèmes de contrôle-commande des organes de sécurité	24
3 ANALYSE FONCTIONNELLE 25	25
3.1 INTRODUCTION	25
3.2 DÉFINITION DU SYSTÈME ÉTUDE ET DE SON ENVIRONNEMENT	26
3.2.1 La zone d'étude	26
3.2.2 Le périmètre d'étude	27
3.3 ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE	28
3.4 ANALYSE FONCTIONNELLE INTERNE	30
3.4.1 Principes de l'analyse fonctionnelle interne	30
3.4.2 Illustration des pratiques de l'analyse fonctionnelle interne	31
4 ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET IDENTIFICATION DES ÉVÉNEMENTS REDOUTÉS	34
4.1 ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES (APR)	34
4.1.1 Contexte - Usage	34
4.1.2 Principes de l'APR	34
4.1.3 L'utilisation de l'APR dans les EDD - Exemples	35
4.2 ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS (AMDE) ET ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ (AMDEC)	40
4.2.1 Contexte - Normes - Usages	40
4.2.2 Principes de l'AMDE / AMDEC	40
4.2.3 L'utilisation de l'AMDE dans les EDD - Exemples	41
4.3 SYNTHÈSE DES MÉTHODES D'ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET D'IDENTIFICATION DES ÉVÉNEMENTS REDOUTÉS	46
5 REPRÉSENTATION DES SÉQUENCES ACCIDENTELLES PAR L'EMPLOI DE MÉTHODES ARBORESCENTES 47	47
5.1 INTRODUCTION	47
5.2 ANALYSE PAR LA MÉTHODE DES ARBRES D'ÉVÉNEMENTS	48
5.3 ANALYSE PAR LA MÉTHODE DES ARBRES DE DÉFAILLANCES	50
5.4 ANALYSE COMBINÉE PAR LA MÉTHODE DU NŒUD PAPILLON	52
5.5 SYNTHÈSE DE LA REPRÉSENTATION DES SÉQUENCES ACCIDENTELLES PAR L'EMPLOI DE MÉTHODES ARBORESCENTES	58

6 ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ	59
6.1 INTRODUCTION	59
6.2 LE TRAVAIL EN PANEL D'EXPERTS	59
6.3 BARRIÈRES DE SÛRETÉ	60
6.3.1 Les principes	60
6.3.2 Prix en compte des barrières de prévention	61
6.3.3 Exemple - Barrière de prévention - Valang de Fond	63
6.4 PRISE EN COMPTE DU FACTEUR HUMAIN	65
6.4.1 Le geste inapproprié	65
6.4.2 La défaillance humaine	65
6.5 APPROCHE SEMI-QUANTITATIVE D'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ	66
6.5.1 Évaluation des occurrences des événements initiateurs (EI) ou intermédiaires	66
6.5.2 Principes d'agrégation dans les méthodes du Nœud Papillon ou de l'Arbre de Défaillances pour la détermination de l'occurrence des événements redoutés	67
6.6 APPROCHE QUANTITATIVE D'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ	69
6.6.1 Principe de l'évaluation quantitative de la sûreté à partir de la méthode de l'arbre d'événements	69
6.6.2 Les différentes démarches d'évaluation des probabilités	69
6.6.3 Exemple d'évaluation quantitative de la sûreté par la méthode de l'arbre d'événements	70
6.7 SYNTHÈSE DES APPROCHES D'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ	71
7 ÉVALUATION DE LA GRAVITÉ DES SCÉNARIOS	72
7.1 LES PHÉNOMÈNES HYDRAULIQUES : MODÉLISATION ET CARTOGRAPHIE	72
7.1.1 Modification de l'onde de rupture	72
7.1.2 Cartographie de l'onde de submerison	74
7.2 LES ENJEUX : IDENTIFICATION, INDICATEURS ET IMPACTS	75
7.2.1 Les enjeux recherchés	75
7.2.2 Les principales sources de données utilisées	75
7.2.3 Les hypothèses sur les personnes exposées	76
7.2.4 Cartographie des enjeux soumis aux scénarios de défaillance	76
7.2.5 Évaluation des impacts	79
7.3 ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS	81
8 ÉVALUATION DE LA CRITICITÉ DES SCÉNARIOS, AFFICHAGE DES RISQUES ET MESURES DES RÉDUCTIONS DES RISQUES 82	82
8.1 ÉVALUATION DE LA CRITICITÉ DES SCÉNARIOS ET L'AFFICHAGE DES RISQUES	82
8.2 MESURES DE RÉDUCTION ET DE MAÎTRISE DES RISQUES	84
8.2.1 Terminologie	84
8.2.2 Mesure de maîtrise des risques	84
8.2.3 Mesures de réduction des risques	85
8.2.4 Exemple	85
9 SYNTHÈSE : L'APPORT DE L'ANALYSE DE RISQUES POUR LA SÛRETÉ DES BARRAGES EN FRANCE,88	88
9.1 LES APports DE L'ANALYSE DE RISQUES POUR LA SÛRETÉ DES BARRAGES EN FRANCE	88
9.1.1 Une nouvelle approche fonctionnelle multi-métier	88
9.1.2 Des ouvrages mieux connus	88
9.1.3 Identification et interlacement des risques	89
9.1.4 Mesures de réduction et de maîtrise des risques et posture préventive	90
9.2 COMMUNICATION AUTOUR DES EDD	91
9.3 APPROPRIATION DES EDD PAR LES DIFFÉRENTS ACTEURS ÉVOLUANT SUR LE BARRAGE	92
9.3.1 Pendant son élaboration	92
9.3.2 Après son élaboration	92
9.4 INTÉRÊT POUR LE CONTRÔLE DE LA SÛRETÉ DES BARRAGES	92
10 RÉFÉRENCES	94
11 TERMINOLOGIE - GLOSSAIRE	108

Pratiques françaises de l'analyse de risques et de l'évaluation de la sûreté des barrages

French practices of dam Safety Review and Risk Assessment



Jun 2020



caminos





D

Verbal Description	Probability Equivalent	Low	High
virtually impossible	0.01	0.00	0.05
very unlikely	0.10	0.02	0.15
unlikely	0.15	0.04	0.45
fairly unlikely, rather unlikely	0.25	0.02	0.75
fair chance, toss-up	0.50	0.25	0.85
usually, good chance, probable, likely	0.75	0.25	0.95
quite likely	0.80	0.30	0.99
very likely, very probably	0.90	0.75	0.99
virtually certain	0.99	0.90	1.00

[Vick 1997]

Appréciation experte de la probabilité d'occurrence	Traitement quantitatif des dires d'experts
<i>« très probable »</i>	0,60
<i>« probable »</i>	0,40
<i>« moyennement probable »</i>	0,20
<i>« peu probable »</i>	0,10
<i>« très peu probable »</i>	0,01
<i>« extrêmement peu probable »</i>	0,001

[INRAE 2010]

