

DAM RISK ASSESSMENTGUIDELINE

English Version of the French guidelines
the French original document is attached at the end of this document

OWNER of this DOCUMENT: MEDDE/DGPR

(French Ministry of Ecology, Sustainable development and Energy /
General Direction on Risks Prevention)

*Last Update: August 2012
English translation: February 2015*

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.- <i>Description of the dam</i>	11
3.2.- <i>Description of the dam environnement</i>	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
GLOSSARY / DEFINITIONS.....	31
ANNEX 1: EXAMPLES OF PROBABILITY OF OCCURRENCE MATRICES.....	39
ANNEX 2 : PPAM AND SMS	41
ANNEX 3: EXAMPLES OF METHODS COMPLYING WITH THE STATE OF THE ART.....	43
ANNEX 4: TAKING THE UPSTREAM DAMS INTO ACCOUNT.....	44
ANNEX 5: RISK ASSESSMENT FOLLOW-UP FORM	45

RAPPELS LEGISLATIFS ET REGLEMENTAIRES	53
PREAMBULE.....	57
GUIDE DE LECTURE DU CONTENU DE L'ETUDE DE DANGERS.....	59
0.- RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS	59
1.- RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	59
2.- OBJET DE L'ETUDE	60
3.- <u>ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT</u>	60
3.1.- <i>Description de l'ouvrage</i>	61
3.2.- <i>Description de l'environnement de l'ouvrage</i>	63
4.- PRESENTATION DE LA POLITIQUE DE PREVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS ET DU SYSTEME DE GESTION DE LA SECURITE (SGS)	64
5.- IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS	65
6.- CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS.....	66
7.- ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE	68
8.- IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES RISQUES EN TERMES DE PROBABILITE D'OCCURRENCE, D'INTENSITE ET DE CINETIQUE DES EFFETS, ET DE GRAVITE DES CONSEQUENCES.....	69
I.- Description et principes de la méthodologie utilisée	70
II.- Détermination des scénarios de défaillance.....	71
II.-a) Généralités.....	71
II.-b) Exemples de modes de rupture ou de circonstances pouvant être pris en compte pour l'identification des situations à risques.....	72
II.-c) Précisions sur la détermination des scénarios relevant des risques intrinsèques à l'ouvrage	73
II.-d) Précisions sur les scénarios liés au passage d'une crue exceptionnelle ou extrême au travers d'un barrage..	74
II.-e) Précisions sur les scénarios liés aux phases de travaux ou aux ouvrages neufs	74
III.- Evaluation des scénarios d'accidents.....	74
III.-a) Probabilités d'occurrence	74
III.-b) Intensité	75
III.-c) Cinétique.....	76
III.-d) Gravité	76
III.-e) Précisions relatives à l'étude de propagation d'une onde de submersion.....	78
III.-f) Précisions relatives à l'évaluation des barrières de sécurité (mesures de maîtrise des risques)	79
III.-g) Criticité	79
9.- ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES	80
Précisions sur le niveau d'acceptabilité du risque	81
10.- CARTOGRAPHIE	82
GLOSSAIRE / DEFINITIONS.....	84
ANNEXE 1 : EXEMPLES DE GRILLES DE PROBABILITES D'OCCURRENCE	92
ANNEXE 2 : PPAM ET SGS.....	94
ANNEXE 3 : EXEMPLES DE METHODES CONFORMES AUX REGLES DE L'ART.....	96
ANNEXE 4 : PRISE EN COMPTE DES BARRAGES AMONT.....	97
ANNEXE 5 : FICHE DE SUIVI D'UNE ETUDE DE DANGERS	99

ADMINISTRATIVE AND REGULATORY REMINDERS (in French)

Code de l'environnement

Article L.211-3-III.- Un décret en Conseil d'État détermine :

(...)

3° Les conditions dans lesquelles l'autorité administrative peut demander au propriétaire ou à l'exploitant d'un ouvrage visé à l'article L. 214-2 du présent code ou soumis à la loi du 16 octobre 1919 précitée la présentation d'une étude de dangers qui expose les risques que présente l'ouvrage pour la sécurité publique, directement ou indirectement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'ouvrage. Cette étude prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents ;

Article R. 214-115. – I.- Le propriétaire ou l'exploitant ou, pour un ouvrage concédé, le concessionnaire d'un barrage de classe A ou B ou d'une digue de classe A, B ou C réalise une étude de dangers telle que mentionnée au 3° du III de l'article L. 211-3. Il en transmet au préfet toute mise à jour.

II. - Pour les ouvrages existant à la date du 1er janvier 2008, le préfet notifie aux personnes mentionnées au I l'obligation de réalisation d'une étude de dangers pour chacun des ouvrages concernés, et indique le cas échéant le délai dans lequel elle doit être réalisée. Ce délai ne peut dépasser le 31 décembre 2012, pour les ouvrages de classe A, et le 31 décembre 2014, pour les autres ouvrages mentionnés au I.

Article R. 214-116. – I.- L'étude de dangers est réalisée par un organisme agréé conformément aux dispositions des articles R. 214-148 à R. 214-151. Elle explicite les niveaux des risques pris en compte, détaille les mesures aptes à les réduire et en précise 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 des ouvrages. 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. Un arrêté des ministres chargés de l'énergie, de l'environnement et de la sécurité civile définit le plan de l'étude de dangers et en précise le contenu.

II.- L'étude de dangers des digues de classe A est soumise à l'avis du comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques. Celle des autres ouvrages peut être soumise à ce comité par décision du ministre intéressé.

Article R. 214-117.- L'étude de dangers est actualisée au moins tous les dix ans. A tout moment, le préfet peut, par une décision motivée, faire connaître la nécessité d'études complémentaires ou nouvelles, notamment lorsque des circonstances nouvelles remettent en cause de façon notable les hypothèses ayant prévalu lors de l'établissement de l'étude de dangers. Il indique le délai dans lequel ces éléments devront être fournis.

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

Art. 1^{er}.- En application des dispositions de l'article R. 214-116 du code de l'environnement, l'annexe du présent arrêté définit le plan et le contenu de l'étude de dangers des barrages et des digues.

Art. 2.- L'étude de dangers peut s'appuyer sur des documents dont les références sont explicitées. A tout moment, ceux-ci sont transmis au préfet sur sa demande.

Le contenu de l'étude de dangers est adapté à la complexité de l'ouvrage et à l'importance des enjeux pour la sécurité des personnes et des biens.

Arrêté du 18 février 2010 précisant les catégories et critères des agréments des organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques ainsi que l'organisation administrative de leur délivrance

Art. 1er. – Les différentes catégories des agréments pouvant être sollicités par les organismes mentionnés au 1o du III de l'article L. 211-3 susvisé sont précisées ci-après :

- agrément Dignes et barrages - études et diagnostics ; cet agrément autorise son titulaire à effectuer pour un ouvrage hydraulique (barrage ou digue), quelle que soit sa classe, l'étude de dangers, le projet de réalisation ou de modification substantielle, la revue de sûreté et les diagnostics de sûreté ;
- agrément Dignes et barrages - études, diagnostics et suivi des travaux ; cet agrément autorise son titulaire à effectuer pour un ouvrage hydraulique (barrage ou digue), quelle que soit sa classe, l'étude de dangers, le projet de réalisation ou de modification substantielle, la mission de maîtrise d'œuvre décrite à l'article R. 214-120, la revue de sûreté et les diagnostics de sûreté ;
- [...]

Arrêtés ministériels du 7 avril 2011, du 15 novembre 2011 et du 30 mai 2012 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Arrêté du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration

Art. 2.- Les événements ou évolutions à déclarer, concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens, sont les suivants :

a) Les événements importants pour la sûreté hydraulique (EISH) :

Le propriétaire ou l'exploitant de tout ouvrage hydraulique ou, pour un barrage concédé en application de la loi du 16 octobre 1919 susvisée, le concessionnaire, ci-après désigné « le responsable », déclare les événements à caractère hydraulique intéressant la sûreté hydraulique relatifs à une action d'exploitation, au comportement intrinsèque de l'ouvrage ou à une défaillance d'un de ses éléments, lorsque de tels événements ont au moins l'une des conséquences suivantes :

- atteinte à la sécurité des personnes (accident, mise en danger ou mise en difficulté) ;
- dégâts aux biens (y compris lit et berges de cours d'eau et retenues) ou aux ouvrages hydrauliques ;
- pour un barrage, une modification de son mode d'exploitation ou de ses caractéristiques hydrauliques (cote du plan d'eau...).

Dans le cas des barrages concédés, les EISH concernent l'ensemble du périmètre de la concession ; ce périmètre inclut notamment les galeries d'amenée et les conduites forcées.

b) Les événements ou évolutions précurseurs pour la sûreté hydraulique (PSH) :

Le responsable d'un barrage de classe A ou de classe B déclare les événements précurseurs ou évolutions pouvant avoir un impact en termes de sûreté hydraulique. Sont concernés les dysfonctionnements liés aux défaillances de « barrières de sécurité », identifiées dans une étude de dangers, pouvant entraîner la perte de fonctions de sécurité du type « retenir l'eau », « maîtriser la cote de la retenue à l'amont de l'ouvrage » ou « maîtriser le débit relâché à l'aval ».

Les PSH sont notamment destinés à alimenter une base de données et à faciliter la réalisation et la lecture critique de l'étude accidentologique requise dans les études de dangers des barrages.

Décret n° 92-997 du 15 septembre 1992 modifié relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains aménagements hydrauliques

Extrait de l'article 3 :

Antérieurement à l'établissement du plan particulier d'intervention et pour sa préparation prévue au décret mentionné à l'article 1er, le maître d'ouvrage établit à ses frais et remet au préfet :

- l'analyse des risques contenue dans l'étude de dangers mentionnée au 3° du III de l'article L. 211-3 du code de l'environnement qui prévoit les limites et les délais d'invasion du flot en cas de rupture du barrage ; elle fait apparaître tout risque majeur identifié concernant l'ouvrage ;
- un projet d'installation des dispositifs techniques de détection et de surveillance et des dispositifs d'alerte aux autorités et à la population tels que les moyens de transmission.

Le préfet soumet l'analyse des risques et le projet d'installation des dispositifs techniques de détection et de surveillance à l'avis conforme du comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques.

Extrait de l'arrêté du 22 février 2002 pris en application du décret n° 92-997 du 15 septembre 1992 relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains aménagements hydrauliques

Art. 2.- Les zones susceptibles d'être inondées en aval du barrage sont définies de la façon suivante :

Zone de proximité immédiate : zone qui connaît, suite à une rupture totale ou partielle de l'ouvrage, une submersion de nature à causer des dommages importants et dont l'étendue est justifiée par des temps d'arrivée du flot incompatibles avec les délais de diffusion de l'alerte auprès des populations voisines par les pouvoirs publics, en vue de leur mise en sécurité ;

Zone d'inondation spécifique : zone située en aval de la précédente et s'arrêtant en un point où l'élévation du niveau des eaux est de l'ordre de celui des plus fortes crues connues ;

Zone d'inondation : zone située en aval de la précédente, couverte par l'analyse des risques et où l'inondation est comparable à une inondation naturelle.

Le plan particulier d'intervention couvre les zones de proximité immédiate et d'inondation spécifique.

L'alerte et l'organisation des secours dans la zone d'inondation repose sur les dispositifs prévus pour ce type de risque d'inondation naturelle, éventuellement adaptés pour tenir compte des caractéristiques particulières de la crue telles qu'elles résultent de l'étude prévue à l'article 4 ci-dessous.

Art. 5. - L'analyse des risques comporte :

1° Une étude faisant apparaître :

- la sensibilité du barrage vis-à-vis du risque sismique ;
- le risque de survenance d'un effondrement de terrain dans la retenue, indépendamment des effets éventuels d'un séisme et les répercussions possibles sur la retenue et les ouvrages ;
- la sensibilité du barrage vis-à-vis des crues ;
- ainsi que, s'il y a lieu, la sensibilité du barrage vis-à-vis de tout autre risque majeur identifié sur le site ;

2° Un mémoire relatif à l'onde de submersion, comprenant :

- un plan de situation ;
- un rappel des caractéristiques principales de l'ouvrage ;
- l'emprise des zones submergées et les temps d'arrivée de l'onde de submersion reportés sur les cartes à l'échelle 1/25 000 ou toute autre échelle plus adaptée, ainsi que les caractéristiques hydrauliques principales, en particulier la hauteur (cote NGF) de l'onde et la vitesse de l'eau ;
- une note sur les données et les hypothèses retenues par l'étude, notamment sur la tenue des ouvrages de protection (endiguements, remblais de voies de communication, barrages,...) ;
- une note justificative relative à la méthode de calcul utilisée ou bien à l'essai sur modèle réalisé.

L'étude de l'onde de submersion est réalisée jusqu'à la limite à partir de laquelle celle-ci se présente comme une inondation à risque limité pour les personnes.

Remerciements (in French)

Que tous ceux qui ont participé à la rédaction du présent guide se trouvent ici remerciés :

- les membres du groupe de travail DGPR « études de dangers barrages » réuni de 2009 à 2011. La liste détaillée des participants à ce groupe de travail est disponible dans le rapport 2009-2011 de ce groupe de travail présidé par Philippe CRUCHON (président du CTPBOH) ; secrétariat technique assuré par le BETCGB (Éric BRANDON). Il comprend en particulier des représentants de :
 - dix DREAL chargées du contrôle des barrages (Alsace, Aquitaine, Bourgogne, Champagne Ardenne, Franche-Comté, Languedoc-Roussillon, Limousin, Midi-Pyrénées, PACA et Rhône-Alpes) ;
 - l'appui technique barrages (BETCGB et IRSTEA) et ponctuellement digues (CETE Méditerranée) ;
 - la DGPR (STEEGBH) ;
 - l'INERIS (dans le cadre du DRA91, programme d'appui à la DGPR dans le domaine de la maîtrise des risques sur les ouvrages hydrauliques).

Sans qu'il soit possible de tous les citer, il convient particulièrement de remercier les principaux contributeurs aux réunions du GT et aux livrables conduisant à la présente version du guide de lecture :

- DGPR : Eric BRANDON (STEEGBH / BETCGB), Philippe CRUCHON, Jean-Marc KAHAN (STEEGBH), Patrick LE DELLIOU (STEEGBH / BETCGB)
 - DREAL Franche-Comté : Olivier GIACOBBI
 - DREAL Limousin : Christelle ADAGAS, Philippe LAMARSAUDE
 - DREAL Midi-Pyrénées : Céline TONIOLO
 - DREAL PACA : Bruno PATOUILLET, Pierre ROUSSEL
 - DREAL Rhône-Alpes : Guillaume DINOCHEAU, Cécile SCHRIQUI
 - INERIS : Thibault BALOUIN
 - IRSTEA : Laurent PEYRAS, Daniel POULAIN, Paul ROYET
-
- les membres du groupe de travail « Stratégie d'Analyse d'Évaluation et de Maîtrise des Risques Technologiques » dont une saisine par le DGPR a été réalisée à l'automne 2011 : avis du 9 décembre 2011 ;
 - les principaux rédacteurs de la version initiale du guide de lecture relatif aux études de dangers de barrages du 31 octobre 2008 : Eric BRANDON (BETCGB), Philippe CRUCHON (président du CTPBOH), Gérard DEGOUTTE (CEMAGREF), Maxime DU BOIS (STEEGBH), Catherine GUENON (DSC), Jean-Marc KAHAN (STEEGBH), Patrick LE DELLIOU (BETCGB), Nicolas MONIE (STEEGBH), Gilles RAT (STEEGBH).

Preamble

This document is a guide for the use of the regulatory control bodies to verify the content of the risk assessment reports transmitted to the prefects by the hydraulic structures responsible according to the regulatory enforcements. However, it is limited to dams. The case of population protection dykes against river floods is the subject of a separate publication, given the specificity of this topic an update of this document will be issued in the future, in order to deal with both river floods and maritime dykes.

This document does not contain "requirements" that a dam responsible should respect to prevent any rejection of his risk assessment report. However, it contains information about the methods and technical reference documents which the dam responsible is likely to use in the preparation of his risk assessment, given the state of the art in this dam safety domain, set in particular by the Permanent Technical Committee on Dams and Hydraulic Structures (CTPBOH) and French Dams and Reservoirs Committee (CFBR).

The guide comes in the form of comments about the items gathered in the Annex to the Order of June 12th, 2008. It provides the risk assessment of dams and dikes plan and specifying the content; the content of this order is recalled in bold. However, for ease of reading, the parts of the annex to the Order of June 12th 2008 relating specifically to the dikes are omitted. The guide also includes a glossary recalling a number of important definitions and 5 appendices at the end of the document that are aimed to deepen some particular items.

It seems useful to draw the attention of the Regulatory body on the importance of item 8, "Identification and characterization of risk in terms of probability of occurrence, intensity and kinetic effects, and severity of the consequences" which is the core of risk assessment for the dam itself, taking into account the input data gathered in items 3 to 7, such as the geological and hydrological context of the dam, its design, its operating modes, the presence of downstream stakes etc. The regulatory body confidence in the level of safety announced for the dam in the context of the findings of section 9 will depend to a large part on the rigor with which this risk assessment has been conducted by the dam responsible. From this point of view, even if the shape defined by the order of June 12th 2008 highlights separate headings, these should not be considered in partition, both in the realization of the study and in its critical reading: for a given accident scenario, the understanding of the risk assessment involves the joint reading of the various sections that include input data to take into account in the analysis in section 8. Therefore, it is important that the level of detail between the various sections is homogeneous and that all the elements used in the risk assessment (components of the structure, risk control measures, issues etc.) are subject to prior presentation in sufficient detail in the sections that contain the input data. Moreover, for dams subject to this requirement, risk assessment has to establish the emergency plan (EPP) to be established in accordance with the provisions of Decree No. 92-997 of September 15th 1992 as amended relating the specific emergency plans for some water infrastructures. Finally, more generally, regulatory body must be able to ensure that participants in the realization of the risk assessment had a good knowledge of the structure and that all the documents used for the analysis are clearly referenced.

Concerning complementarities with the safety review for Class A dams, it is essential that the risk assessment can be finalized in time before the safety review that is produced every ten years (ideally two to three years before) in order to meet the requirement of Decree No. 2007-1735 of December 11th 2007 (Article R. 214-129 of the Environment code and Article 20-III of the standard specifications of the licensed water companies). In cases where this has not been done during the transitional phase of delivery of the initial risk assessment, it is important that the risk assessment updates plan can answer that logic. The description of the safety equipment, associated safety functions, risk levels and analysis of the validity of the basic data (design, stability assessment, seismic and hydrological hazards) are primarily the responsibility of the risk assessment; it provides a "snapshot" of the safety level of the dam at a time (at the time of the presentation of the study or shortly thereafter if some works are started or if they are fully defined and programmed in short term). Safety review stands for the evaluation of the condition and behavior of dams: it takes into account both existing studies, in particular with the analyzes and recommendations of the risk assessment, and furthermore a comprehensive inspection of the dam including its parts usually drowned or difficult to access and in-depth analysis of surveillance, monitoring and technical visits reports over the period. It leads to a program of actions that the responsible agrees to undertake during the next decade to maintain and improve the safety level of the dam: it details the actions envisaged in the risk assessment in the section 9 (risk reduction measures).

It should be recalled that a risk assessment report is a public document, provided that the report is completed. Anyone can access it by contacting the prefecture: the right of access to information primarily concerns the

elements used to accurately describe the hazards and the risks to which stakeholders may be exposed. Such as explained in the comments on the description of dams (Section 3), the details which would be likely to undermine public safety or possibly unveil an industrial and commercial secrecy may find their place in the appendices explicitly identified as confidential by the responsible of the risk assessment. From this point of view, the communicability of the risk assessment report should not be an obstacle to the submission of detailed evidence to the regulatory body to understand correctly description of the dam and its failure modes analysis.

Risk assessment content guidelines

0. - Risk assessment non-technical summary

The non-technical summary is presented in a didactical form and is illustrated with cartographical items, in order to improve the communication to non-specialists and to provide an acceptable assessment of the issues at stake.

The summary brings out the current state of the dam resulting from the risk assessment the consequences severity of potential accidents hereby studied in terms of damages to persons and properties. It also gives a probability evaluation of such accidents and presents the main risk-mitigating measures taken or which will be taken over the short or medium-term. Eventually, the summary specifies the planned calendar for their implementation and states which one are immediately taken as safeguard measures.

Comment:

The non-technical nature of its content has to be ensured. Technical terms have to be explained. For instance, the use of criticality matrices in this part of the document, either to describe the existing situation or to highlight the improvement axes has to be accompanied with explanatory material in order to make it understandable.

A good balance can be found between a sufficiently communicating redaction and the scope of information the summary may contain (for instance, information easily usable and distorted without the context).

It is important to check that the summary does not contain information which could not be found in other parts of the study.

The non-technical summary has to be considered as the first vehicle of external risk assessment communication. This imposes a style of redaction in order to state the main issues without being irrelevantly anxiety-generating. Ideally, the non-technical summary should not exceed some ten pages.

1.- Administrative Data

This heading contains the identity of the dam owner or the water license holder, and the operator. The identity of the authors of the risk assessment and the organisations which have been involved in it are equally indicated.

It also states the references of the license or the authorization of the dam, its characteristics (article R. 214-112 [...] of the “code de l’environnement” (environment code)) and the reference of the dam classification decision (R. 214-114).

Comment:

It is obviously desirable to have only one person responsible for the safety of the dam. However in practice various organizations can be met.

Additional amendments to the decrees or water license authorizing the dam are part of the administrative reference needed.

Regulatory body is asked to verify the consistence of the information contained in this heading with the recorded information of dams.

2. - Object of study

By reference to the articles R. 214-115 à R. 214-117 of the “code de l’environnement” (environment code), this heading specifies whether it is a risk assessment for a new dam, the first risk assessment asked for an existing dam (indicate the announced release date), the ten-year update of an existing dam, or a supplementary study asked by the « préfet » (representing the State, local administrator).

Moreover, this heading highlights the need for a link between the risk assessment and the other regulatory proceedings concerning the dam. In case of dams which are subject to the decrees of the September 15th 1992 and the September 13th 2005, this heading indicates the risk assessment items which can be the basis for the development of Emergency Preparedness Plan (EPP), the checking of their validity and any updating.

The dam perimeter, is clearly defined, and can be accompanied with a map. This perimeter contains at least the dam, the safety structure (spillway, bottom drain...), and the reservoir and the intake canals.

(...)

Comment:

1st §: no comment

2nd § : for concerned dams, the regulatory body may check that the risk assessment items already formalized for an Emergency Preparedness Plan are included and, if needed, updated for the risk assessment. Apart from the link between the risk assessment and the EPP, the operator may have to specify whether its dam is involved in a Natural Risk Prevention Plan or a Technological Risk Prevention Plan.

3rd §: It is important to stress on the incorporation of safety equipment (drain, spillway) and any by-pass plug in the system perimeter. It is legitimate to take into account the generation items (intake pipes, hydroelectric plants, penstocks, tunnels, water intake chambers ...) only if they can play a role as an issue or an external threat for the dams and the safety structures. A detailed presentation of such item ought to be in the heading 3.2 (to understand how they can be an issue or a danger for the dam) or directly in 3.1 (if the author has included them in the dam perimeter, they must be the subject of a risk assessment on their potential failures in the analysis development).

A same risk assessment can concern several dams; it is especially recommended if they are of class A or B and around the same reservoir. Their interaction (operating modes, flood management) has to be specified in the study 3rd heading. It can also concern lower dams around the same reservoir which therefore can be taken into account as secondary structures as indicated in the preceding paragraph.

3. - Functional Analysis of the Dam and its Surroundings

Comment:

Beyond the decomposition of the system in bodies, the functional analysis organizes the system around the functions played. It identifies systematically and in a comprehensive way the functional links inside and outside a system.

A function is defined as the actions of a product or of one of its component expressed in terms of aim (Standard NF X 50-150, guide pour l’élaboration d’un cahier des charges, 1984). According to the same standard, the functional analysis is defined as a process which maps out, orders, characterizes, hierarchizes, and valorizes the functions.

It is important to identify the safety and security functions ensured by the different components of the dams through the functional analysis.

3.1.- Description of the dam

The dam is described under the following points of view: civil engineering, foundation, hydro-mechanical equipment, general architecture of the control system and general power supply and telecom pattern. The functioning and the operating modes are also described.

The description level of details of the drawings and sketches must give the possibility to identify each component of the dam taken into account in the risk assessment and to state their functions. These components can be either potential default sources or barriers in the risk assessment.

For a dam, the reservoir is also described, especially in terms of volume, surface and water level.

Comment:

The part « description of the dam » covers the whole system studied in the risk assessment. It includes especially the reservoir, the safety equipment and the by-pass plugs according to the dam perimeter defined in the 2nd heading. It is important to check that no essential component and no operating mode are forgotten because it has an impact on the risk identification related to these items in the 8th heading. There is indeed a direct link between the level of detail and the risk assessment accuracy.

The dam functional analysis identifies the different components with their functions and relations to one another. This presentation (text and sketches) must allow the regulatory body:

- To identify and to locate on the dam the different component quoted in the study, especially in the history case analysis (heading 7), the risk assessment (heading 8) and risk mitigation analysis (heading 9).
- To understand the consequences of a functionality loss of one or several components (failures scenarios, heading 8).
- To understand the technological choices (especially concerning the complex mechanical equipment, automation and control system) or the principle of redundancy provided (for instance, water level measurement, electric cables lay out, alarm forwarding to operators, grouting and drainage curtain, lighting of the dam faces or other components of the dam).

From this point of view, the level of detail adopted gives the possibility to highlight the different power supply sources available (power grid, backup generator, battery, manually operated...), the main components of the kinematic chain used to actuate a gate (hydraulic plant, engine, cylinder, winch and chain...) or implied in a control system (sensors, data treatment units, means of transmission and actuators). Additionally, in the rest of the risk assessment, it provides an evaluation of the safety barriers highlighted as it may be done in the ICPE (French acronym for Classified Installations for Environment Protection) domain on the basis of the Oméga 10 and Oméga 20 (Annex 3).

In this context, a description of each component the failure of which is studied as an initiating event, “Undesirable Central Event” (UCE) or subject to a special back analysis must be done as well as for each safety barriers providing risk-management or risk mitigation in the analysis.

For confidentiality reasons that the responsible will have to justify, the descriptions may not indicate the accurate location or the exact composition of a system and be replaced by simplified items in the risk assessment. The detailed description must be given in an annex clearly identified as confidential.

The spillway capacity must be stated as well as its assessing (calculation, scale model) related to the data of the 6th heading and for the various water levels quoted in the document. It is important to highlight that flood evacuation system needs a special focus. They are more or less complex systems which can be a simple free weir as well as remotely operated gates whose kinematic chain, power supply and failure scenarios have to be studied in the 8th heading. A thorough analysis of the flood-routing is a key issue in a risk assessment study.

The description of the different gated equipment also states if the alert releases are defined according to the interministerial order of the July 13th 1999 on the public safety around dam areas. These releases are generally designed taking into account the presence of issues in the river or close to it (critical sites have to be stated in 3.2 heading). If such issues are present, the hydrogram of the alert release is included in the risk assessment. These items help to define the consequences of non-compliance to these releases, as failure-scenarios or uncontrolled opening.

The monitoring system and the readings periodicity have to be stated (related to the description of the surveillance requirements of the 4th heading). For Class A dams, global statement on the relevance of the monitoring system is to be found in the safety review (within the ten-year assessment of monitoring system relevance). If needed this must not avoid the risk assessment to state over any inadequacy of a safety barrier which would be partly based on monitoring in the 7th and 9th headings. Class B dams do not have safety reviews but have a similar logic: the critical analysis of the monitoring system must be done by the both “risk assessment / behavioral and monitoring reports “, the risk assessment focusing especially on the efficiency evaluation of an existing barrier.

This heading also must include a description of the dam foundations and of the reservoir slopes as they can have an influence on the dam stability or to be influenced by the dam or its operation (for instance the slopes stability due to the water level variation...). Geological and geotechnical data complement the description.

The inventory of existing design and stability reports is included in this section. The regulatory body can check if these studies are correctly referenced and cover as well the dam structure as the safety equipment. By contrast, the critical analysis of the situations dealt in these reports and the relevance of the methods used are part of the 8th heading of the risk assessment; the 8th heading must indeed identify failure scenarios and accidental situations which may lead to complement the existing analysis with loading cases which were not taken into account at that time.

In the case of long dams (more than 1 km long), the description needs to be decomposed into homogenous parts (height, dam cross section, materials, foundations) which leads in the 8th heading to a risk assessment for each part.

In the case of new dams or modifications of existing dams, the functional analysis and the dam description have to be done as well for the existing dam as for the future one. The intermediate states during the works have also to be described and analyzed. If the works and the final configuration of the dam are not clearly defined during the risk assessment redaction, their description and the risk assessment can be done later with the application for work approval.

For A Class dams, description features can be the same in the risk assessment and the safety review as they are a common basis for the two different analysis. The risk assessment studies the failure modes of the components and safety barriers described, whereas the safety review verifies the state and behavior of such components and barriers.

The description of the dam(s) is clearly an essential step in a risk assessment and is updated at least every ten years. For simplification and coherence of class A and B information, a description correctly carried out in the risk assessment can be the reference description for several regulatory documents (operating and surveillance manuals, technical visits reports, safety review...).

3.2.- Description of the dam environnement

The description level of detail must provide an understanding of the natural environment, the housings, the activities and the various infrastructures for the risk assessment as potential aggressors or issues. The operating equipment (plants, pipes ...) must be described in the safety review.

Comment:

As for heading 3.1, the regulatory body ought to be able to find a direct link between the level of detail of the risk assessment and the description of the dam surroundings. The description of the potential aggressors must be accurate enough to provide understanding of potential defaults and how implied dangerous phenomena can or cannot impact the dam.

The dam surroundings include:

- Areas over the dam and where landslides, rockslides or avalanches can occur and impact the reservoir or the dam.
- Any item aiming to limit landslides, rockslides or avalanches.
- Upstream catchment and its morphology (geology, superficies, slope, length, watercourses, vegetation).
- Other dams upstream which can be potential aggressors for the dams in case of breaking or downstream which are potential issues. Their main characteristics have to be reminded (types, height, reservoir volume). They will be used to estimate the failure-scenarios involving several dams.
- Access ways to the dam and the different safety equipment.
- Housings, activities and infrastructures upstream or downstream which can be impacted in a failure scenario or which can have an impact on the dam.

Housing, activities and infrastructures include:

- Industry, agriculture, fishery and tourism.

- Transport infrastructures (roads, bridges, railways, canals...).
- Building and housings (permanently or temporarily occupied).
- Critical sites identified on the basis of the watercourse visit (to be located on a map). Critical sites are a zone where the issues are sensible to an usual discharge coming from the dam or one of its safety equipment. (cf. interministerial circular of the July 13th 1999 dealing with Public Safety around Dams and Waterways).

It should also be noted by the regulatory body that the number and the nature of such issues can have an impact in a potential decision to upgrade a dam from class B to A or C to B.

The regulatory body will check that the downstream surroundings described in the risk assessment match at least the specific flooding zone (French legal term: “zone spécifique d’inondation”) defined in the order of the February 22nd 2002. In the upstream area the described zone must include all potential aggressors. From this point of view, the upstream description shall not be restrained to solely the dams which have an EPP as smaller dams could also be aggressors for the dam subject of the assessment (cf. Annex 4).

It is important to check that the methods used for description and the number of persons at risk are presented in the risk assessment.

For the regulatory body information and to help it to understand these methods if the dam responsible used them for the risk assessment, some simplified methods exist which split the space in homogenous parts noticeable on a map where length and surface can be measured (public buildings, inhabited areas, businesses, non built land and runways) and a best estimate assumption of the number of persons per hectares according to the zone type (“rural/not very dense”, “semi-rural”, “urban”, “urban dense”). For industrial zone, it is referred to the staff of the different activities on the zone with an indication of the activity nature (chemistry, nuclear plant, various activities...).

It should also be noted that the CORINE Land Cover data base might help a global presentation of the surroundings, particularly downstream. This data base provides a representation of the ground occupation with a standard form divided in 3 levels and 44 items according to 5 types of territory occupation. The items are such as: continuous urban pattern, non continuous urban pattern, industrial zones and activities, runways and railways with their dedicated areas, harbors, airports, extraction of materials, landfills. Data are free to download from the MEDDE’s (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy) website. Moreover the map layer CORINE Land Cover is accessible for Géoportail website.

Additionally some other methods can also be used and adapted to dam as for instance the note 1 “Elements pour la détermination de la gravité des accidents (Elements for the accident’s severity assessment) “from the MEEDDM of the May 10th 2010 which recapitulates the methodology which may be used in a risk assessment, in the assessment of the risk mitigation process and in the technological risks prevention plan for the classified structures by the July 30th 2003 law.

4. - Presentation of the major accident prevention policy and of the safety management system (SMS).

Referring to the regulatory description of the organization which operates and controls the dam safety, this heading presents the major accident prevention policy set up by the dam responsible named in the I of the article R.214-115 of the “environment code” as well as the safety management system based on it at the time of the risk assessment:

- **The organization of this responsible and of any other entity taking part in the safety process (including the contractual links between the owner and the operator in terms of safety management...) and describing the staff function at the different hierarchical levels.**
- **The definition of the main processes for the identification and the estimation of a major accident, the safety control under all conditions, the safety management system and the back analysis management.**
- **The measures taken by the responsible to ensure the observance of these procedures, to audit and to review its safety management system as part of a continuous improvement process.**

Comment:

It is through this heading that the responsible of the dam safety and his organization (internal services and/or subcontracted) are detailed. The match with the information of the first heading must be checked. Especially, the regulatory body must ensure the adequacy between the available resources and the dam complexity and safety issues.

Supplements on the concept of “Major accident prevention policy” and “Safety Management System “are presented in Annex 2

This heading is essential to fully understand the organization aspects which ensure the relevance and reliability of the safety barriers identified through the risk assessment. It should be noted that many safety barriers are related to technical-organizational systems. This heading completes the description of technical items done in the heading 3.1.

In many dams it is important to highlight that such systems already exist (training, organization, procedures, monitoring...) without being associated with the concept of « Safety Management System ». The requirements and the organization set up by the operator are specifically prescribed by the article R.214-222 of the « Environment Code ».

To assess the documents validity and the quoted organization compared to the risks studied in the following analysis (heading 8 and 9) it is essential not to be limited to generality: the specificities of the dam and equipment must be explained, especially with dates and versions of the referenced documents.

Current procedures are listed in the SMS: the regulatory body ought to be able to find in the heading 4 some items on specific action or organization which contribute to the good operating of the safety barriers identified in the risk assessment. Additionally, in the heading 8, the estimation of the efficiency of barriers relative to dam surveillance activities includes an assessment on the good adequacy of these measures with the dam control needs.

It is important to note that the SMS shall include a part on the staff training on the main safety-related domains (monitoring, flood routing...) identified in the following of the study as risk mitigation measures and which ask for a adapted skill level of the operators according to their hierarchical level, their intervention on the dam and their team.

In case of complex systems (for instance, dams in cascade on the same stream) the description of the organization can go beyond the studied dam in the risk assessment.

5. - Identification and characterization of hazard potential.

The risk assessment takes into account the totality of hazard potential of the different dam items, due to their presence or operation.

For dams, hazard potential are mainly due to the uncontrolled release of all or part of the reservoir water, due to:

- **A partial or total failure of the dam.**
- **A fast gravity-induced phenomenon impacting the reservoir (i.e. landslide, rockslide in the reservoir).**
- **A dysfunction of equipment.**
- **An operating maneuver (...)**

Beyond the energy corresponding to a water release stored by the dam, any other hazard potentials are identified and characterized.

Comment:

Hazard potentials are a fundamental data entry of the risk assessment and are especially useful for writing of the 8th heading (cf. comments à §8-II and §8-III); regulatory body will check that the risk assessment takes well into account the totality of the hazard potential of the dam.

Their identification and their characterization depend on the very dam studied. However, in a general way, they are linked to the volume of water and the potential energy the dam can release.

It is normal the content of this section to be brief but it shall a minima include the following information as stated hereafter. In summary requested data include, the estimation of the water volume (behind the dam, behind a given gate, etc...) of the section which they can be released through (brutal or gradual). In all cases, each described event in the risk assessment must indicate the volume of water released and the kinetic (size of the "hole", speed, discharge)

For each hazard potential identified in the study, the regulatory body will check that the water volume is consistent with the corresponding scenario identified in the 8th heading (cf. comment to §8-II). For instance:

- Reservoir volume
- Volume behind a gate.
- Volume which could be released following a landslide in the reservoir.

This volume is obviously variable in case of the hydraulic case (flood, drought...).

Beyond the releasable volume, the hazard potential is strongly dependant of the time that this volume will take to be released. This time depends on the size of the dam breach that will release the volume of water:

- Failure of the whole dam
- Partial failure of the dam (breach)
- Failure of an appurtenant retaining structure (for example on reservoir banks)
- Failure of several gates
- Failure of a gate

This time also depends on the failure mechanism kinetic:

- Sudden collapse of the dam or an equipment
- Slow failure of equipment.

These three parameters, releasable water volume, size of the breached section, kinetic of the opening have a fundamental role to estimate the peak flow and the flood hydrograph for which wave propagation is studied (Cf §III of 8th heading comments).

Additionally to the releasable water volume, it is important in some cases to identify and characterize any other hazard potentials.

6.- Natural Hazards Characterization.

This heading examines natural hazards such as flood, earthquakes, landslides and avalanche and, for levees, erosion of the slopes and of the river bed. The methods used to characterize these hazards should comply with the rules of the art and recent data. The presentation of these hazards includes a characterization of the importance of such phenomena and their potential impact in the dam.

The results of a hydrologic study and, if necessary, of other hazards with a hydraulic influence (such as waves and tides) shall be hereby presented. It may be a new study or an existing study the validity of which should be justified. It ought to be complemented by the estimation of the probability of flood or other natural phenomena which could endanger the dam.

The water level reached is established for the 10.000-year flood for embankment dams; for other dams, for the 5.000 and 1.000 year floods. However, for some types of dams, this period can be limited to the 1.000-year flood if, for a bigger flood, the dam does not create a supplementary significant risk.

Comment:

The regulatory body shall find in this heading all the potential hazards for the dam as well as the potential situation in which the operator cannot ensure the dam stability. It should be noted that the risk assessment may have to describe the risk levels associated with these events which the dam was not originally designed for. However, it is not the role of the risk assessment to impose a systematical redesign for such events.

The regulatory body shall ensure that each hazard quoted in the June 12th 2008 order has been studied, even if it should appear in fine that the dam is not concerned. The regulatory body shall have an assessment for unquoted hazards such as, lightning, frost, wind, snow...

The regulatory body shall also ensure that hazards are studied in compliance with the rules of the art if existing (examples in Annex 3).

About earthquakes, existing seismic hazards studies shall be quoted (dates and exact references) with reminding of the results, hypothesis and main data used. Some studies carried out on nearby area, or general hazard map (for instance French seismic zoning from the 2010-1255 order of the October 22nd 2010) can also be found. As long as a specific order is not issued, the risk assessment may estimate the seismic hazard according to the outcomes of the working group “risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques” (seismic hazard and dam safety). However, it would not be acceptable to limit this heading to the ranking made from the conclusions of ministerial working group “classification des barrages vis-à-vis des séismes” (dams classification according to seismic hazard) published in 2003; specific studies (site seismic hazard, landslide hazard) which have lead to this ranking shall be quoted.

About hydrology, like in seismic matters, it is important to check that exact dates and references of the latest hydrologic study (reminding the hypothesis and fundamental data) are provided, as these data will be the reference in the risk assessment. It means that streams which might not be going through the dam can be included. For instance, if they are impacted by a dangerous phenomenon from small upstream dams or if they are confluent to a main dam stream. It is important to ensure that the 6th heading states in an argumentative way on the hydrological analysis reliability quoted at the risk assessment date (hydrologist opinion). Additionally it would be useful to give out the different estimated flood flows in this heading, especially the ones which will be used as comparison in the following of the risk assessment. It is often the case for the instant flow of a ten-year or hundred-year flood. Likewise, if quoted in the 8th heading, extreme floods shall be described.

It is important to remind that an estimation of the reservoir water level from hydrological data is expected for the different flood flows listed in the ministerial order of the June 12th 2008 (completed by the technical order already quoted above) and listed in the rest of the document. It generally includes:

- An indication of the hydrographs considered.
- An explanation of the hypothesis.
- The results of a simulation of the operation requirements during a flood on the basis of this analysis with different degraded operating mode (especially taking into account any maintenance situation, with for instance presence of stoplogs on some parts of the dam or a partial availability of the gates).
- An indication of the inclusion or not of the spillway operation (non-opening of the gate of the biggest spillway).
- An indication of the inclusion or not of the peak-flow reservoir routing mitigation.

The indication “potentially endangering the dam” included in the 6th heading of the order annex may apply to natural phenomenon such as:

- A flood which causes the overflow on an embankment dam, above the core of a rockfill dam or on the crest on a concrete faced rockfill dam.
- A flood which can overcome the stability limit for a gravity dam or an arch-dam.
- An earthquake for which the dam stability is not demonstrated (for any type of dam).

Natural hazards unquoted by the ministerial order (frost, wind, lightning, snow) as well as the avalanches shall not be neglected. On the contrary of flood and earthquakes, their characterization does not necessarily goes through detailed analysis and numerical values. It may be accompanied with general hazard maps at the scale of France highlighting the different zones according to the number of frost days, maximum and mean wind speed, and importance of known avalanches (map layer accessible on the website Géoportail) from the Permanent Investigation on Avalanches (EPA) and of the Localization Map of Avalanches Phenomena (CLPA), etc.

However the information generally available is not sufficient to exclude these hazards at the 6th heading stage for the rest of the risk assessment: a more qualitative approach is therefore expected in the 8th heading where the sensitivity of the different components of the dam to these hazards shall be discussed. Frost and lightning can for instance impact electro-mechanical equipment (especially safety barriers), snow can cut power and telecommunication lines, wind can cause tree falls (cutting roads to the dam, possibility of log-jam) and wave-phenomena. An avalanche can cause waves or even overflow depending of its importance.

A synthesis of the failures yet caused for each hazard analyzed can be presented in the 7th heading and the corresponding data included in the risk assessment of the 8th heading.

7. - Incident case history and back analysis.

This heading describes the failures, accidents, incidents and slow evolutions which occurred on the dam. It also describes scenarios of the same nature which occurred on other dams as soon as the responsible (according to the I of the article R.214-115 of the “environment code”) has been informed of them.

For dams, the described events are the one related especially to the civil engineering, the spillways, the control system, the telecommunication or the power supply as well as the one related to the dam operation.

(...)

This heading also lists the particular events which occurred on the site such as floods of significant importance and earthquakes, even if they did not cause noticeable damages.

For each event, the analysis states the improvement measures taken.

Comment:

The regulatory body shall usefully compare this heading content about the important accidents and incidents which occurred on the dam with information from other sources and constantly updated especially the one done for the mandatory declaration of this kind of event (cf. interministerial order of the May 21st 2010 defining the scale of event severity or evolution concerning a dam or a levee and its operation and which endanger or could endanger the safety of assets and people and stating how they should be declared).

Particular events concerning natural hazards shall not be left out. They are significant floods and earthquakes sustained by the dam. The behavior of the dam during these events and the other problems which occurred (especially the difficulties to access to the dam) shall be listed. A part of these items could also be found in the 6th heading on natural hazards.

About the incident case analysis from other dams, it is difficult to set the exact limit of what should be used (and then quoted) by the operator. Nevertheless, the risk assessment must include incident case from similar dams and also evoke known accidents which occurred due to potentially generic flaws. Accessing such information may be particularly useful for dam responsible who owns a small number of dams and who will hardly be able to do a back analysis with their own dams. With their experiences, papers or specialized websites or with papers from the ICOLD (International Commission on Large Dams), agreed consultants specialized on risk assessment can select relevant incidents and accidents, analyze them and explain the back analysis on a technical and organizational point of view.

For information of the regulatory body and to help the identification of accidents or risk-mitigation measures following the 7th heading, the gradual integration since 2010 of events related to dams in the ARIA database should be highlighted. It is an incident case history data base of the MEDDE (Ministry in charge of dam safety), managed by the BARPI (department depending of MEDDE) since 1992 and whose use has been generalized to each type of ICPE (Classified Installations for Environment Protection) risk assessment. For dams, it now includes the EISH (important event for dam and public safety) and some PSH (same as EISH but for events which have not taken place) declared accordingly to the ministerial order of the May 21st 2010. The summaries of the events can be read via a web access.

The sole listing of incidents and accidents which occurred on the analyzed dam and other dams around the world is not sufficient. The regulatory body will ensure that these data are well used for the dam: it will check that the

risk assessment includes a detailed analysis of causes and circumstances for these events. The knowledge of these events is necessary for the identification of the failure scenarios and the risk mitigation measures which must be taken by the dam responsible. It may also help to estimate the severity of such dangerous phenomena.

Concerning the list and the use of these accident-related data, a link shall be clearly identified between the items in this heading and the way they are included in the risk assessment (heading 8 and 9). The accidents identified in the 7th heading must be present in the scenarios identified after the risk assessment. Technical and organizational items highlighted in this heading must be described respectively in headings 3.1 and 4. A good functional analysis and a good description of the dam, its equipment, operating modes and organizations must provide a logical link between the dam characteristics and the items analyzed in this heading.

On the contrary, it is not useful to evoke in the 7th heading world accidents statistics if they are not related to the dam (for instance, concrete dam failures whereas another type of dam is analyzed).

Through this heading, the regulatory body shall be able to estimate the quality of the back analysis done by the dam responsible. If this heading would seem not enough fulfilled, the theoretical case in which nothing occurred being excluded, it would lead to interrogations on the relevance and the efficiency of the organization set up by the dam responsible and described in the 4th heading of the risk assessment.

In the case of works on a dam or a new dam, this heading must include an analysis of the accidents and incidents which occurred during this critical period for the dams.

8. - Risk Identification and characterization in terms of probability, intensity, kinetic of effects and consequences severity.

The risk assessment is based on an analysis of the causes, events combinations and the potential scenarios which could, directly or through a domino effect, originate an important accident. The very ones intrinsic to the dam are estimated accordingly to its conception, design, condition and its behavior, especially under the inventoried hazards.

The risk identification and risk assessment, especially the expertise used, the representation modes, the parameters, criteria and scoring grids used to evaluate the different failure scenarios are thoroughly detailed.

This method is applied to each scenario listed.

Every potential accident is characterized in terms of probability, intensity, kinetic of effects and consequences severity for the impacted zone. An analysis of the dam-break flood wave shall be provided for any accident corresponding to a dam-break and, if necessary, for other accidents with a similar consequences severity.

For synthesis, the different failure scenarios are ranked according to their probability and severity and evaluated in terms of potential human victims and damages to property highlighting the most critical scenarios.

Comment:

To achieve a more complete view on the risks posed by the dam, the risk assessment must have reliable data input, especially a good functional analysis (3rd heading) and take into account the structural analysis (intrinsic risks), the systematic studies of the failure modes (PRA, FMEA, FMECA) and failure combinations as well as risk assessment related to usual operation of the equipment included in the risk assessment perimeter.

The headings from 3 to 7 are most of the input data used in the 8th heading. In this heading which is the core of the risk assessment, the method used for analysis shall be described (cf. §.1), the possible failure scenarios identified (cf. §.2) and the probabilities of occurrence and the consequences evaluated.

I. - Description and principles of the method

The regulatory body shall ensure that the chosen method to analyze potential failure is made clear. The choice is free but must be adapted to the nature and complexity of the installations and their risks.

This descriptive part of the methodology can be organized in this way:

- a) Theoretical description of the risk identification and risk assessment methodology.
 - b) Used type analysis, explicating the used type of Operating Safety method set up: Preliminary risk assessment (PRA), Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA: method which systematically evaluate the effects of each failure mode of the system components and the consequences of such failures on every system function), or any other method.
- Definition of representation modes used to synthesize the different identified scenarios (failure tree, event tree, flow chart of « bow tie » type, etc.).
- b) Explanation over the methodology implementation:
- Means used to apply the methodology: number and composition of the work groups in charge of the risk assessment, staff in charge of the synthesis of the collective working sessions.
 - Definition of the criteria used to characterize the different potential accidents impacting the analyzed dam, i.e. the kinetic and the intensity of the dangerous phenomenon related to an undesirable event and also its yearly probability and the severity of its consequences. These criteria are then defined in this part with classes, criticality matrices or reference values which will be used to evaluate the different scenarios of the risk assessment. Some criteria may also be evaluated via modeling (cf. § III-e). The methods, data and hypothesis should be presented in this heading. The regulatory body shall ensure that the probability combinations rules are clearly explicated, are not too optimistic (for instance, concerning the independence of considered events) and do not leave out common obvious failure modes.

On the basis of the previous risk assessment headings, the implemented methodology must demonstrate that it provides an identification of the potential causes, directly or through a domino effect, of a major accident and the corresponding failure scenarios. The risk assessment must justify that the combination of simple items have well been considered in the identification of major accident causes. Additionally, the level of quality expected in the 8th heading should be the same, whatever the quality of the incident cases history available for the 7th heading might be.

About the systematical methods of analysis of the unsafe situations or the failure scenarios, it is important to stress on the necessity to describe clearly the implemented method: choices, grids and scoring methods should be stated. The relations between the risk assessment tables, the identification of Undesirable Central Events and their consideration in the fault trees or the “bow tie” flow charts must also be described. The regulatory body can ensure the sufficient “completeness” of the analysis: for the equipment analyzed (3rd heading) and selection methods the Undesirable Central Event.

If several risk assessment are due for a site (for instance a reservoir with several dams or if a dam is at the upstream of a hazardous industry plant, or of another dam or flood protection levee), the regulatory body must ensure the risk assessment is coherent with the other ones. In this situation, a particular caution should be taken concerning possible domino effects. It is important to remind that such analyses are in the public domain.

II. - Determination of failure scenarios

II.-a) Background

A failure scenario is a chain of internal or external circumstances which may lead to a dangerous phenomenon. For a dam it may be the combination of a failure mode and a circumstance (for instance piping at the normal water level or during a flood, instability of a gravity-dam during a flood or an earthquake). The risk assessment must provide the identification of the potential scenarios which would lead directly or through a domino effect to an uncontrolled release of the reservoir or stream water (total or partial failure of the dam, failure of a gate, overtopping of large amount of water via a fast gravity-induced phenomenon as avalanche or rockslide, etc...).

The external risks (flood, earthquakes, landslide in the reservoir, stream morphological evolution, failure of upstream dam the risk of which should be analyzed in the corresponding risk assessment...) as well as the internal risks (instability, scouring, material ageing, under pressures, piping...). The failure location should also be considered, for instance in the case of a top-hill reservoir levee, which breaking might endanger another valley. Examples of dam failure are given at the end of this heading to complete the identification of the failure scenarios according to the dam type.

Additionally, taking into account the conclusions of the monitoring reports can also give indications on the failure risks in normal and exceptional situations.

At this stage, the totality of events and combination of physically plausible events, even of small or very small probability of occurrence are considered. However, it is justified not to take into account very exceptional events such as meteorite fall or aircraft crash.

About the inclusion of the risk of failure of an upstream dam, details will be provided in the 4th Annex.

Last but not least, it is important to be vigilant if a study selects only some of the Undesirable Central Events (UCE) identified: especially on fast and non argued statements about the non severity of Undesirable Central Events which are then left out. The risk assessment shall not analyze only one a priori worse UCE, but also convince the reader that more detailed events analysis are comprehensive of the totality of the dam risks, the ranking in a grid « probability/severity » should only be implemented next. At least, the risk assessment must analyze the dam failure and the failure or uncontrolled opening of a gate which could cause overflows downstream scenarios.

This part of the analysis generally ends with a table or a default tree. The regulatory body will ensure the compatibility of the risks with the functional analysis of the 3rd heading.

II.-b) Examples of failure modes or circumstances which can be taken into account for the risk situation identification.

Depending of the failure mode, the failure of the dam can be fast or slow. It may go from a few seconds for the failure of a concrete arch to several hours for an embankment dam.

In the case of the failure of the totality of the dam, it is generally considered that the breach occurs in the highest section, in the center of the valley. A breach in a top-hill levee might also be considered. For very long dams (for instance, levees along a canal, considered as a dam according to the article R.214-112 of the “environment code”), the breach may occur in several locations which must be located by the analysis of the failure modes.

Concrete and masonry dam

The failure of gravity dam occurs through overturning or sliding of one or several blocks. These mechanisms are almost instantaneous. For buttress dams, it is possible to imagine that one block collapses instantaneously. But it is reasonable to think that the other blocks will then collapse rapidly, like a house of cards. For arch-dams, the instantaneous collapse is the most plausible hypothesis.

Eventually, on a safety point of view, instantaneous collapse may be considered for every rigid dam: gravity, buttress or arch.

Embankment dams

The failure by overtopping may occur for a small water flow height over an embankment dam crest or over the core of a zoned dam. The progressive scouring process starts on the downstream face, and then attack the crest until a breach is formed. Scouring continues and enlarges the breach. The phenomenon can take from a few minutes to several hours depending on the material grain size, their cohesion, the crest covering, the height of the overflow, etc. The failure due to piping may be even faster once it has begun, the water pressure generally being bigger.

The failure of an embankment dam is partial; numerical models which may be implemented further (cf. § III) from various bed load transport equations can provide an estimation of the breach size, related to the reservoir volume or the stream flow.

Generally, whatever the scouring mode is, the failure of an embankment dam is slower than for a concrete one. It is a progressive failure opposed to an instantaneous one. However a breach may rapidly evolve even in an embankment dam and cause a peak-flood faster and bigger than any natural flood.

All kind of dam: failure of mobile equipment (gates)

Failure of mobile equipment may be considered instantaneous.

All kind of dam: failure of a bypass plug

The failure of a bypass plug can be considered instantaneous.

All kind of dams: overflow due to a fast gravity-induced phenomenon

Landslide, rockslide or avalanche can create a wave propagating through the reservoir to the dam and causing the fast overtopping of an important volume of water. The failure due to an overtopping can be feared for an embankment dam.

All kind of dams: spillway or safety equipment not available.

The non-availability of the spillways can cause an uncontrolled rise of the reservoir water level, which can be the origin of dam or mobile equipment failure. They can be due to technical, human or organizational as well as works or external events as log-jams. The regulatory body must ensure that such failures are clearly treated in the risk assessment.

The reservoir:

In the reservoir, the more or less fast change of the water level can, in some extreme cases, have consequences on the slope stability, which can be potential hazards (for the roads, constructions or reservoir).

The usual operation on the dam and its safety equipment:

Without being exactly failure scenarios, everyday operation can create risky situations, as shown by the Drac accident on the December 6th 1995 (6 children and the adult with them died drowned because of a water release from the gates of the Notre-Dame-de-Commiers dam while the class was crossing the bed of the Drac in a zone of forbidden access). Such situation are expected to be listed in a dam risk assessment, especially with description of the critical locations identified (which may be in the 3.2 heading) and the risk-mitigation measures and the criticality of such sites (emergency releases described in heading 3.1 and measures of the Safety Management System described in the 4th heading).

It is important to remind that the hazardous situations downstream a hydroelectric plant strictly related to its usual operating, is not included in the dam risk assessment perimeter.

II.-c) Level of detail expected for the scenarios on intrinsic hazards on the dam

The regulatory body should note that the analysis of the dam and its safety equipment stability are totally included in the risk assessment. The responsible must ensure the validity of the supporting documents and especially of the calculation assumptions. For an existing dam, the materials characteristics and the calculation parameters may be fitted to the observed dam behavior. If necessary, the analysis may be completed with a sensibility analysis of some parameters.

Accordingly, the 8th heading shall include in preamble of the rest of risk assessment, a complete reminder of the input data for the dam design calculation (analyses references, results, assumptions and fundamental data as the type of stress analyzed). This should be accompanied with a critical analysis of such calculations. This is a fundamental input data for the dam risk assessment.

The regulatory body shall ensure that no errors or a manifest oblivion in the demonstrations. If such errors are not found, the aim of regulatory body is not to call into question the validity of the justification or to ask for “redo the calculations”.

For old dams, the justifications (notes and calculation assumptions, materials characteristics, foundation, etc.) from the dam designers can be not available or be based on obsolete items.

It is the reason why the risk assessment can be provisionally and exceptionally limited to a summary rationale of the dam stability via a simplified approach which adequacy and procedure must be controlled by the regulatory body. The risk assessment has then to state the time-limit for corresponding complementary analysis. It is essential that the risk assessment points out the necessity for complete calculation to get a clear overview of the dam risks.

From this point of view, the use of very hypothetic safety barriers such as “good design and good achievement” without arguments is not acceptable.

Additionally, known dam pathologies (swelling, wide arches...) must be taken into account in the risk assessment. Even if such problems cannot be classically analyzed, their risk assessment must not be omitted and can at least be qualitative.

Eventually, it is important to note that a risk assessment focusing solely on a systematic analysis failure mode (such as PRA, FMECA) and omitting the intrinsic risk can be considered not sufficient.

II.-d) Extreme flood scenario

Dam failure due to an exceptional or extreme flood is one of the risk assessment essential scenarios. Its probability of occurrence must be assessable by the regulatory body via a comprehensive grid as normalized as

possible. As a minimum, the risk assessment must consider such flood in the case of a normal spillway operation.

For a given return-period flood, the risk assessment should at least assess the dam capacity to evacuate it without severe damages. The risk assessment should also assess the safety factor margins in such situation. In terms of exceptional flood, the 6th heading of the annex of the June 6th 2008 order sets the return period for such floods:

- 10.000 years for an embankment dam (even if a concrete or masonry part is included)
- 1.000 and 5.000 for other dams.

Of course other scenarios can be critical; such as the combination of a smaller flood with a total or partial failure of the safety barrier or the obstruction of the spillway. These requirements shall be completed by the measures related to floods already evoked in the 6th heading.

II.-e) Works Stages and new Dams scenarios

Accidental scenarios are the object of a particular analysis taking into account the limited duration of its different stages. It must be done as well for exceptional operations (new construction, important maintenance...) as for regular maintenance (for instance the implementation of a stop log in a gate sluice for maintenance reasons). This analysis especially focuses on the impoundment stages. As indicated in the 3rd heading, the specific analysis of such work can be postponed if they are not clearly defined during the risk assessment redaction.

III. - Accidental scenarios assessment

This step aims to characterize the hazards in term of consequences severity and probability of occurrence. The different parameters of the risk assessment having an impact on the risk assessment must be stated for each potential accident scenario. The different parameters pre-identified in the order (probability, intensity, kinetic, severity) can be analyzed in the following manner:

III.-a) Probability of occurrence

The probability of occurrence of the different failure scenarios can be provided via different types of analyses: specific probabilistic modes, reliability analyses, frequency failure analyses or via expert's statements. This different analysis can be aggregated with specific operating safety methods used to assess the failure scenarios (event tree method, cause tree method, bow tie method, etc...).

For some rare or very rare phenomena for which enough statistics or fitted probabilistic models are not available, qualitative analysis can be suggested to assess the probability (analysis via qualitative classification with 4 or 5 classes). Several examples of probability classification used in the hydraulic and other business domains are quoted in the 1st Annex. These grids must be adapted for the domain of dams in France.

The choice of the analysis method(s) must be justified.

The probability assessment must be achieved for each identified failure scenarios (cf. § II).

The most critical components (which failure is especially important for the probability assessment) are then identified as well as the safety barriers which can prevent, detect, control or reduce the consequences.

Regulatory body must be cautious on the use of quantified probability. They have the methodological interest to provide a rigorous way to combine the item probabilities and to compare the different scenarios. However they need an important caution in their implementation and only provide an order of magnitude. It is important to be aware of the uncertainty level and a possible non-mastering of such techniques by the end users (for instance in an inter-comparison between dams). Moreover some parameters are not relevant in a quantified statistical analysis. The probability assessment, as for the criticality ("probability × severity") must provide before anything else, a relative ranking of the different accidental scenarios for a given dam.

Over the absolute level of a probability of occurrence in a risk assessment, the regulatory body must mainly assess on the use of this level for the rest of the risk assessment and the risk mitigation measures (9th heading).

It should be reminded that ranking or relative comparison is only possible if the same gradation method has been used for each dangerous phenomenon.

Dam Break Scenarios following an extreme or exceptional flood

The analysis will estimate the failure threshold water level (FTWL), i.e. the reservoir water level above which the dam stability is not ensured anymore and the corresponding probability of occurrence.

Before the enforcement of the technical order already evoked in the 6th heading for flood and earthquake, the risk assessment can position itself with regard to the yearly probability of occurrence reminded below.

For an embankment dam (partially or totally), when this scenario probability will be significantly under 1/10.000 it will be in the “green zone”. It will be in the “orange zone” if the probability of occurrence is close to 1/10.000 and in the “red zone” if the probability of occurrence is significantly superior to 1/10.000.

For other types of dams, the limit is 1/5.000 or 1/1.000. The process is otherwise the same.

The 9th heading explains the meaning of this color code. The consequences of being in one zone or another for the dam responsible and the control service are also explained.

III.-b) Intensity

Strictly speaking, the intensity of the flood wave can be characterized with several components:

- Speed or water flow (at the dam or the issues locations).
- The flood height (treated for the « e » point cases) at the issues locations.
- Wave delay (point « c », related to kinetic) at the issues location.
- The flood duration (point « c », related to kinetic) at the issues location.

However, the extreme flood wave apart, the intensity of a dangerous phenomenon may be described, for instance with the evolution of the downstream flow and taking into account the different operating situations (hydroelectric plants working or not, which flow can have an impact on the stream). The total flow shall be usefully compared to an “equivalent flood” which will help a comprehensive overview of the impact for the populations downstream (10-year, 100-year, 1000-year ...). The regulatory service will control some misuse of such equivalents. For instance, in the case they are used for places without streams (for collinear dams of some bypass canals), or if they are applied to the sole overflow due to a failure neglecting the initial stream flow. Indeed, the impact of such errors is not to be neglected, let us analyze this case: if the risk assessment states that the overflow is equivalent to a ten-year flow, omitting that the river flow can also be a ten-year flow, a total flow ($Q_{10} + Q_{10}$) which is potentially far bigger than the 100-year flow (Q_{100}) could be missed.

However, the use of « flood equivalents » is very useful to help the assessment of such potential failure severity (if the corresponding water level in the issues zones is stated). Indeed the collective memory can remember than a 100-year flood submerged a zone, today inhabited.

Additionally, it must be reminded that the “flood equivalents” do not represent the kinetic of the phenomenon. And that for the assessment of the evaluation of a water release, trials may be done.

III.-c) Kinetic

For the consequences, the comparison of the flow (initial flow + released flow) to a flood flow is a good first approach. But it is desirable to push the analysis further and to take the kinetic into account.

This parameter has several dimensions, which must be estimated for each scenario analyzed:

- Time between the anticipation of an accident, the accident and its detection.
- The propagation speed of the phenomenon once the accident has occurred.

It also must be indicated in the risk assessment whether the dangerous phenomenon presented happen instantly or gradually. It gives a first indication on the submersion duration corresponding to the analyzed phenomenon.

A scenario severity (cf. §-III.-d) is intuitively related to its kinetic. Zones in “slow kinetic” are usually distinguished from zones in “fast kinetic”. If the dam responsible has associated this distinction relatively to the possibility of evacuating the population or not, especially if the dam is the object of Emergency Preparedness Plan (EPP) according to the order 92-997 of the September 15th 1992, the regulatory body shall ensure that the dam responsible has involved the civil protection services for the zoning. If doubts remain for the kinetic assessment of a zone, it should rather be classified in « fast kinetic ».

Consequences assessment methods able to weight the issues accordingly to their localization from the dam exist; they can be used to complete the estimation of the Population at Risk (PAR).

III.-d) Severity

A major accident can have different types of consequences: human, physical, economical, etc. For the risk assessment of a dam, the assessment of the consequences severity must be done coherently with the issues presented in the 3.2 heading (description of the dam surroundings) of the risk assessment and focus at first:

- The order of magnitude of exposed persons.
- The nature of exposed properties (especially traffic infrastructures, power plants or business zones) estimated solely qualitatively, the number of persons included in these zones being taken into account in the first point.

The accident severity assessment can be based on a counting method listed in the 3.2 heading of the risk assessment (upstream/downstream surroundings) to have a clear idea of the nature of the exposed properties and of the magnitude of exposed persons. On the latest point, it is important to highlight that only an order of magnitude is expected and not an accurate counting.

Additionally, some global scenarios can represent the totality or a part of the scenarios previously identified (cf. §. II) if they have a similar consequences severity level. For instance, for a gravity dam, the global scenarios would be:

- overturning of a block
- overturning of two blocks,
- ...
- overturning of the totality of the blocks.

The severity of the potential predictable consequences in one location results from the combination of the intensity of a dangerous phenomenon effects and the vulnerability of the assets. It must take into account, structural measures aiming to protect the persons against some consequences, and the possibility to shelter the persons according to the accident kinetic (cf. III-c).

As it is not possible to predict the state of the surroundings the day of the accident (holidays, peak-traffic, etc), or to estimate the possibilities for the persons to find a shelter, a first approach is to consider an accident with the worst severity (ex: traffic jams, school hours...).

This accident-based evaluation can then be classified according to their severity. For instance, a reference grid could be built by distinguishing the “fast kinetic” zones from the “slow kinetic” zones as evoked in § III.-c. The classification for a scenario could be done using the most-severe class.

Severity class (decreasing order)	Number of exposed persons in « fast kinetic » zone	Number of exposed persons in « slow kinetic » zone
5	≥ 1000	≥ 10000
4	≥ 100 and < 1000	≥ 1000 and < 10000
3	≥ 10 and < 100	≥ 100 and < 1000
2	≥ 1 and < 10	≥ 10 and < 100
1		≥ 1 and < 10

Example of severity scale with two kinetic zones

It is important to be vigilant regarding the choices of the severity classes' wording and to their use. Indeed, graduating the consequences of an Undesirable Central Event in terms of severity can create a perverse effect and minimize the importance of events which do not end with a dam break, as a gate failure for example. From this point of view, the use of numbers or letters should be preferred to full wording.

Additionally, the classification of the order of magnitude of exposed persons must be accompanied with a clear identification of the counted issues for each dangerous phenomenon analyzed. For long dams (several kilometers), for a given part, they are ideally located on a map layer on which are located the estimated effect zone of the phenomenon.

Note related to upstream consequences:

In some cases, the analysis must also consider the upstream issues close to the reservoir which can be impacted by a flood or the wave of a fast gravity-induced phenomenon.

III.-e) Dam-break flood wave propagation analysis

Here is discussed the dam-break flood wave propagation caused by the released volume in the conditions stated in § 5, accordingly to a (or several) scenario(s) of §8.II.

A model of the wave propagation should at least be implemented to characterize the most hazardous scenario for downstream issues (dam failure, gravity-induced phenomenon). This model provides an evaluation of the parameters of intensity, kinetic and severity, described above. It must take into account the morphology of the valley.

The wave propagation analysis has three aims:

- 1/ characterize the flood hydrograph at the dam for the considered scenarios (based on the information of the 5th heading of the risk assessment).
- 2/ characterize the flow in the downstream valley in terms of water level, speed and delay.
- 3/ describe and map the nature of the potentially damaged or destroyed zones.

For embankment dams, the initial reference time should be made clear as the dam failure is progressive.

The numerical model is generally one-dimensional but it can be completed with a two-dimensional model if the valley downstream becomes very wide. For a 1D model, the section of the low flow channel can be neglected if its volume is not comparable to the discharge flow. In this case, only roughness coefficients are taken into account, depending on the vegetation, housings density, sinuosity... If a low flow channel is modeled, and a fortiori for a 2D model, it is necessary to make a difference between the low flow and flood channels roughness.

In some cases, the wave propagation may be obtained via a simplified model which can provide enough information on the dam failure consequences. It is the case of small dams if sufficient safety margins are taken on the results and if the impacted zones are small and easily noticeable because of the topography.

Linear embankment and downstream dams are supposed to fail, except arch-dams. However, the hypothesis of their resistance must be analyzed to define a potential upstream submerged zone.

The calculation must be lead downstream until the discharge flow falls under the ten-year return period flood flow and the water level uprising falls under 1 meter. In some cases, the model length could be limited to the point where the flow falls under a reference flood whose consequences are known (not bigger than the 100-year flood). The risk assessment must then clearly state the known consequences of such flood, and it may be admitted as a first approach in this downstream zone an acceptable assessment of the phenomena (flow, water level, submerged zones) without setting out the phenomena kinetic.

Dam break scenarios considered must take into account the various reservoir possible configurations (normal level, maximum water level, failure threshold water level defined by the author relatively to the expectations of the headings 6 and 8.III of the risk assessment). In this configuration, the worst should be used for the modeling. For instance:

- For an embankment dam, a failure scenario often considered is a piping scenario which occurs for the maximum water level in the reservoir which occurs at the section of maximum height.
- For a rigid dam, the total instantaneous failure for the failure threshold water level shall be considered.

Additionally, modeling can be required for other less severe scenarios but with a higher probability and for which it would be impossible to assess the consequences from the maximum released flow.

Example: failure of one (or several) mobile equipment resulting in a downstream flow bigger than the highest flood known. If the dam has several gates, a failure-model for the biggest one may be enough; it may be a upper

bound scenario for the lesser ones. However, if the assets downstream deserve an evaluation on an equipment by equipment basis, the responsible can make specific models.

According to the 5th article of the February 22nd 2002 order, reminded in the reference of this guideline, the risk assessment shall make clear for each scenario:

- The considered failure scenario description (including the rationale on the breach location for linear dams)
- The area of the submerged zones and the delay of the wave along with a map at a relevant scale and a table indicating the maximal NGF height (NGF: General Leveling Reference in France) and the flow speed.
- The phenomenon severity in the potentially impacted zones.

III.-f) Assessment of the safety barriers (risk-mitigation measures).

The concept of safety barriers is presented in the glossary (definitions « safety barriers and « bow-tie »).

The regulatory body shall ensure that the identified safety barriers in the risk assessment (also called, risk control measures if already existing or risk mitigation measures if taken after the risk assessment) have been the subject of a relevance analysis in case of a given accident scenario.

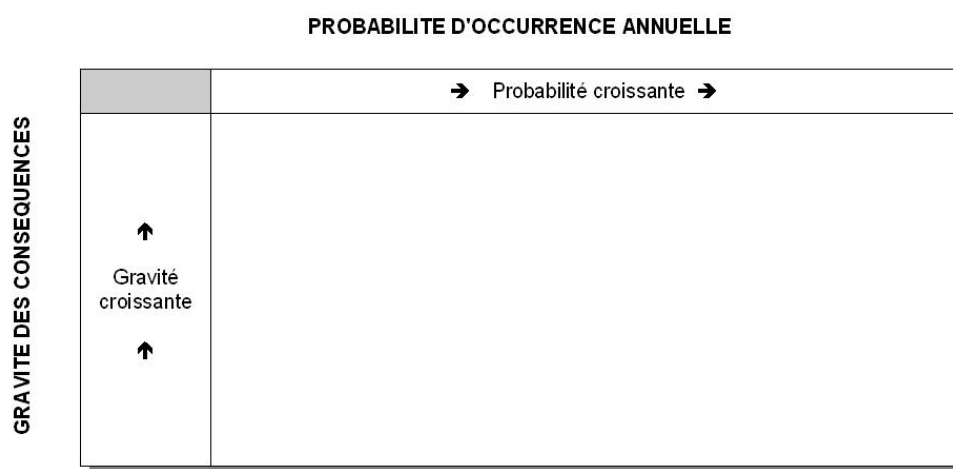
According to the barrier complexity, this analysis can be completed via different methods. In some cases, an analysis of the different failure modes with the same level of detail than another component of the dam may be necessary. For instance, the assessment of barrier reliability can be based on a fault-tree or cause-tree analysis which provides a rationale of the probability class of its potential failure. The assessment of the barriers can also be inspired by similar approaches used for hazardous industrial assets (ICPE Classified Installations for Environment Protection) with the references Oméga 10 and Oméga 20 (Annex 3).

As indicated in the § III.-a, a quantitative assessment is not always possible. For instance, it is not simple to evaluate how a monitoring system “numerically” reduces an undesirable event probability of occurrence. If a monitoring system is used as a safety barrier, it is important to ensure it really can detect the identified cause (especially according to the measure periodicity).

Additionally, the analysis of a barrier failure must include the consequences of the scenarios corresponding to this failure.

III.-g) Criticality

Criticality takes into account at once the probability of occurrence and the severity of the potential consequences of the accidents related to the dangerous phenomena identified in the risk assessment. The « criticality matrix » below provides a relative ranking of the scenarios.



Gravité des conséquences: Consequences severity.

Probabilité d'occurrence annuelle: Yearly probability of occurrence.

9. - Risk mitigation analysis.

This heading presents the risk mitigation process based on the identified critical scenarios. It takes into account the already taken measures for risk mitigation and the incident case history analysis. These measures must be taken by the dam responsible as part of a continuous improvement process. This process identifies among the possible measures, which ones are chosen by the dam responsible and justifies this choice relatively to their assessed efficiency.

For existing dams, the responsible makes clear the time limit for such measures achievement and the interim measures taken.

This heading also presents complementary analyses the need of which has been demonstrated by the risk assessment and makes clear the time limit the responsible commit himself to undertake them.

Comment:

This heading is a conclusion of the risk assessment. It is then better than the risk assessment does not include a paragraph entitled “conclusion” which could be redundant.

The 9th heading lists the totality of the « safety barriers » of the dam which are kept, modified or proposed as new measures, after a critical analysis of their efficiency. From this point of view, comparison of the risk level before and after new barriers or modifications must be done for each. The “safety barriers” have different natures:

- Safety equipment such as spillways.
- Monitoring and operation arrangements as well as safety organization.
- ...

Generally, the regulatory body must ensure that the totality of the mitigation measures (which can lead to a better risk control) the responsible proposes in the analysis are present in this conclusion, and do not comply only with the worse scenarios. Items such as comments about design, supplementary studies (for instance to justify a design), particular actions or works to be done must be reminded in the conclusion in order not to be lost among the mass of information.

To face the most severe hazards, the heaviest « safety barriers » to set up are generally structural. For instance, the modifications of the spillway in order to prevent a dam failure for a 10.000 year flood in case of its re-evaluation (due to a new hydrological study for the risk assessment).

For other risks, organization modifications generally are efficient. Regulatory body must control their update.

Some « safety barriers » are proposed as interim measures waiting for the achievement of heavy «structural» measures: for instance the modification of the operating water level before the construction of a new spillway.

This heading shall also present the means committed into the continuous improvement process even if they do not directly impact the probability and severity classifications of the accident scenarios concerned. The analysis can also list the means committed to the maintenance of the existing “safety barriers” efficiency level maintenance.

For new dams, the majority of the measures generally are already included in the dam design (they must then be found in the 3.1 heading). It is then normal to have few risk mitigation measures proposed.

Eventually, it is important that, in its communication to the administration, the responsible makes his position clear about the proposals in the 9th heading: work agenda and organization to set up related to with his risk analyses.

Risk level acceptability

The risk mitigation process lead by the responsible must be continued until a risk level considered acceptable is achieved.

Relatively to the combination of probability of occurrence and the severity of the potential consequences of accidents corresponding to the dangerous identified phenomena, different stances graduated accordingly to the risk may be considered. Several cases are presented, however it is not possible to define clear limits between them. The matrix below indicates a possible representation for such situations.

« Red » Zone

If the risk assessment leads to locate one or several accident scenarios in the high criticality zone, meaning a high severity and an important probability of occurrence, it is therefore not acceptable.

Examples of such situations: Scenarios implying an under-designed spillway, demonstrated stability problems.

The regulatory body shall ensure that the operator has proposed in the 9th heading a solution which provides a mitigation of its probability or its severity, in order to be out of the Red zone.

The risk assessment shall also ensure the use of direct interim measures adapted to the situation severity such as, for instance, the lowering of the reservoir water level.

If such improvement or interim measures are not found in the risk assessment, the regulatory body shall trigger a specific audit of the dam, or at least its first step, i.e. order a safety diagnosis.

« Orange » Zone

If the risk assessment results lead to locate one or several accident scenarios in the criticality matrix zones characterized by an important severity class and an intermediate probability, it means that the dam cannot be considered entirely satisfactory by the regulatory body on a safety point of view.

In this case, the regulatory body must control the presence of adapted risk mitigation measures. The responsible should take measure accordingly to the ALARP principle (« As Low As Reasonably Possible »). It is a world established principle and adapted to the dam domain in the bulletin CIGB / ICOLD n° 130 of 2005 in the « risk assessment » part.

According of the point 9 of the June 12th 2008 order, these measures can be taken with an achievement timeline commitment.

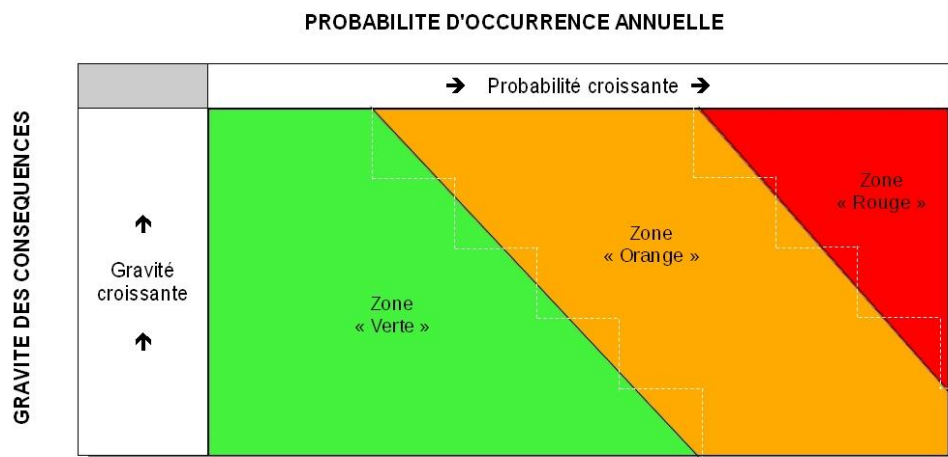
The regulatory body is of course asked to pay attention to the real achievement of the announced improvement measures (delay, efficiency).

« Green » Zone:

If the risk assessment results lead to locate of the accident scenarios in an inferior probability class, or for intermediate severity accidents in an intermediate probability class, or for moderate severity and superior probability, it means that the dam may be considered safe, according to the “As Low As Reasonably Possible” principle.

The regulatory body shall then control the maintenance of these conditions.

The regulatory body is asked to represent these 3 zones (Red, Orange, and Green) on the criticality matrix below:



Additionally, if the dam is in the Orange or Red zone, the regulatory body must be aware that the presence of safety improvement measures is mandatory. Their persistent lack, after the “communication” period between the regulatory body and the dam responsible, would be a fault to the responsible obligations: the obligation to hold a valid risk assessment accordingly to the articles R.214-115 to R.214-117 of the “environment code” and the June 12th 2008 order. It is the same in the case of an important persisting argued conflict of the regulatory body on the improvement measures proposed by the dam responsible.

10. - Mapping

All the useful maps are included to present, at relevant scale, the dam and its surroundings, the natural hazards characterization, the intensity of the dangerous phenomena and the consequences severity.

Comment:

The regulatory body shall ensure the readability of the dam-break wave map. It presents the important parameters as the delay and the flow and must be usable by the prefect (main regional administrator representing the state), as for other structures with an Emergency Preparedness Plan.

The regulatory body can also check the other maps in the risk assessment.

If not already in the 3rd heading, the analysis must include maps or schemes adapted for a good understanding of the components taken into account in the risk assessment and the improvement measures taken.

Glossary / Definitions

Accident Scenario (major): Chain of events leading to an initiating event of a (major) accident which links come from the risk assessment. Generally, several scenarios can lead to a dangerous phenomenon which can cause an (major) accident: there are as many scenarios as the number of possible event combinations. The scenarios obtained depend of the choice of the risk assessment methods and of the available events.

Aggression Factor: See the definition « external aggression »

FMEA / FMECA: Failure Modes and their Effects Analysis (FMECA includes Criticality analysis) is an inductive method for the potential failures of a system. It takes into account each component of a system and analyses its failure modes, their causes and effects. The results of an FMEA analysis are presented with a table adapted to the system. The process includes:

- A functional analysis of the system and the definition of the analysis level of detail.
- The systematical search for failure modes.
- The search for failure modes effects, on the very components or on the global system.

In the FMECA method, the probability and severity of each failure mode are also assessed, which provides a characterization of its criticality. In FMECA, the criticality is qualitative.

Example of AMDE Analysis applied to an embankment dam with a concrete core. Extract on the core.

n°	COMPONENT	FUNCTION	FAILURE MODE	POSSIBLE CAUSE OF FAILURE	POSSIBLE EFFECT OF FAILURE	SYMPTOMS OF FAILURE	MONITORING POSSIBILITIES
3	Concrete core	1 – resist to mechanical stress .1 resist to hydrostatic pressure transmitted from upstream embankment .2 resist to under pressures in upstream foundations .3 resist to under pressure of downstream foundations .4 resist to upstream embankment thrust .5 resist to downstream embankment thrust .6 resist to crest weight .7 resist to spillway weight .8 resist to operating stresses from the crest.	function "resist to mechanical stress" is damaged or failed.	~Design-achievement process . composition ~ Intrinsic component state . deformation ~ water pressure . interstitial pressure in the core	~ Intrinsic component state . cracking . deformation	. piezometry	. piezometers . interstitial pressure cells
		2 – limiting hydraulic flows .1 limit the water ingress from upstream embankment. .2 limit the water ingress from upstream foundation .3 limit the water ingress from downstream foundation .4 limit the water ingress from the crest	The functions « limit the hydraulic flow » is damaged or failing ».	~ Component intrinsic state : . cracking . scouring . dissolving . drying ~ hydraulic flows . ingress water from downstream foundation . ingress water from upstream foundation ~Design-achievement process . composition	~ Hydraulic flows . Ingress of water in the water proof core . ingress of water in the vertical drain ~ water pressure . . interstitial pressure in the waterproof core	. piezometry	. piezometers . interstitial pressure cells
		3 – prepare the contact surface .1 prepare the contact surface with the crest .2 prepare the contact surface with the spillway .3 prepare the contact surface of the drain system .4 support the gallery	The function « prepare the contact surface » is damaged or failing	~ Intrinsic component state: . deformation	~ Contacts . Crest deformation ~ Component intrinsic state . cracking	. settlements measurements . cracking	~topographical measurements . planimetry . leveling . alignment measures ~ visual observation
		4 – resist to hydro mechanic stress .1 resist to internal erosion due to water ingress from upstream embankment	The function: « resist to hydro mechanic stress » is damaged or failing.	~Conception achievement process : . composition ~ Hydraulic flows . Ingress in the waterproof core	~ intrinsic component state . erosion	. observation of the particles flow . measurements of the drain flow	~ visual observation . control bottles -spillway-flow meter

		.2 resist to internal erosion due to water ingress from upstream foundation .3 resist to internal erosion due to water ingress from downstream foundation .4 resist to dissecation phenomenon		- Intrinsic component state . dissolution . cracking			
--	--	---	--	--	--	--	--

ARIA : « Analyse, Recherche et Informations sur les Accidents » (Analysis, Research and Information on Accidents). Incident case history database of the MEDDE (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy), managed by the BARPI and available on www.aria.developpement-durable.gouv.fr

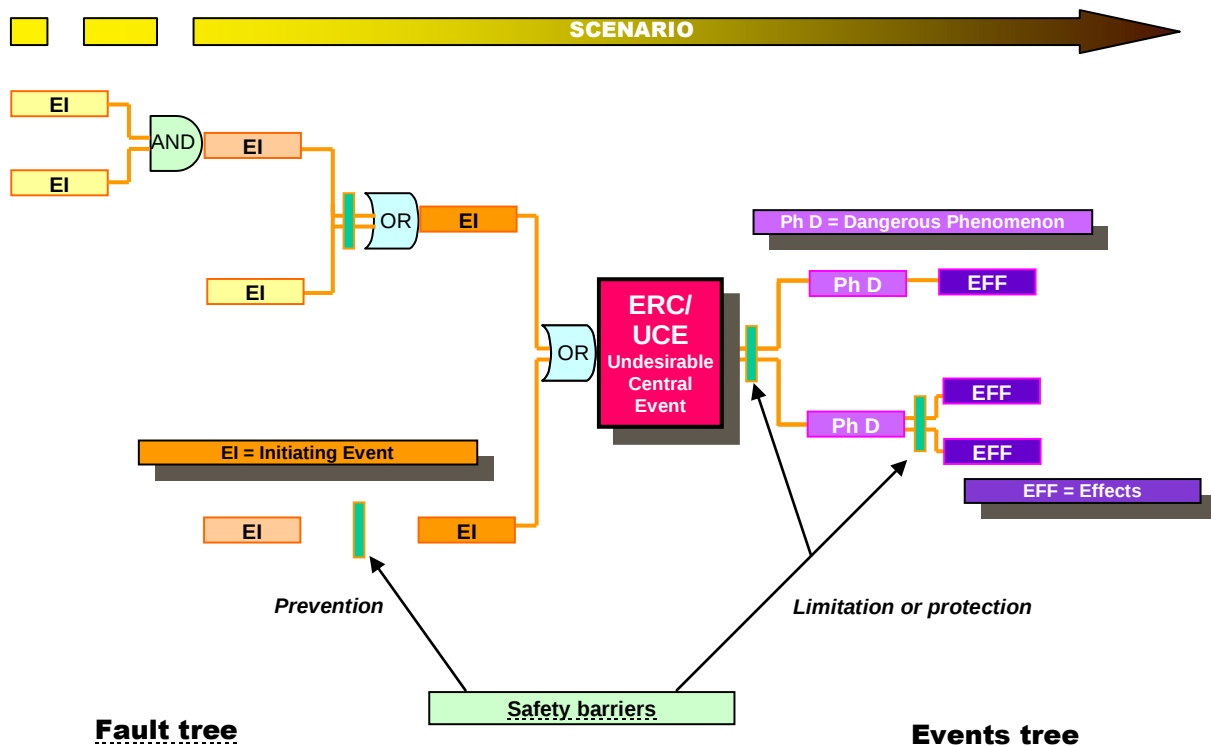
Assets: See « issues » definition

BARPI: Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels (Bureau of Risk assessment and Industrial Pollutions). Service of the MEDDE (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy), it is responsible of the collection and diffusion of information on the feedback of technological and industrial accidents. It is dependent of the DGPR (General Direction on the Risk Prevention) and manages the ARIA database.

BETCGB : Bureau d'étude technique et de contrôle des grands barrages (Technical Bureau of Control and Analysis on Large Dams), specialized department inside the technical service on electric power, large dams and hydraulic (STEEGBH), part of the general direction of risk prevention (DGPR).

Bow-tie: Proposed method accordingly to the July 30th 2001 law on technological risks (voted following the AZF explosion in Toulouse the September 21st 2001). This method is generally based on a Preliminary risk assessment (APR) which provides the list of the risks for the analyzed installation, assess their potential consequences and rank them accordingly of their probability/severity with a criticality matrix. For ICPEs (Classified Installations for Environment Protection), this ranking helps to determine which potential consequences cannot be accepted, for such consequences a detailed risk assessment is done using the concept of safety barriers.

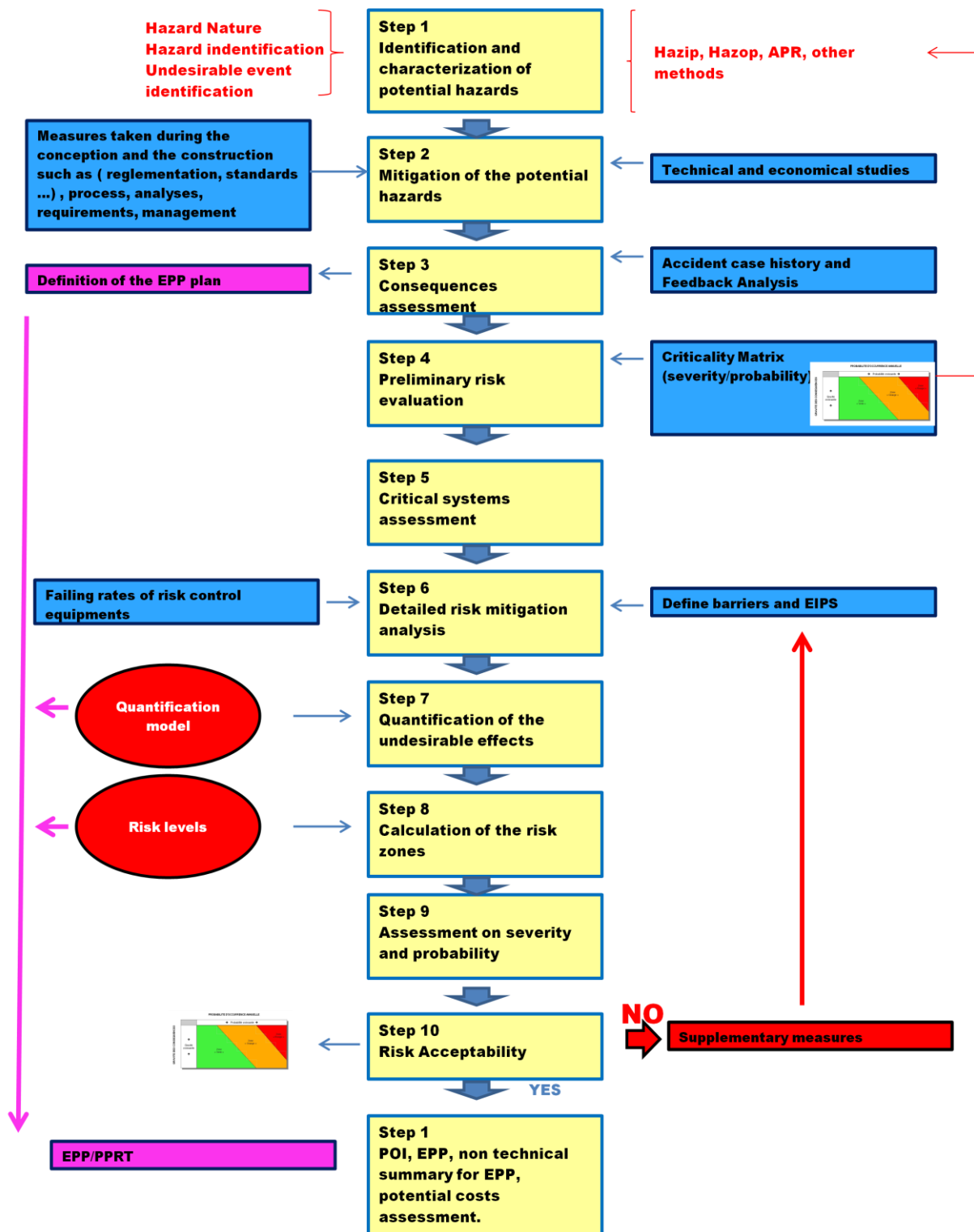
The « bowtie » principle is a concept developed by the Shell company to represent the different stages of risk management in an installation. It is a graphical illustration which provides the synthesis of the risk assessment method implementation. This method begins with the hazard identification, describes the circumstances, the causes and the barriers leading to the undesirable central event. Then protection and limitation measures mitigate the consequences which will be managed by the crisis organization. The Figure below presents the basis of the bowtie method.



The main event, called Undesirable Central Event (UCE, Événement Redouté Central, ERC in French) is the major event which can occur to the system. It is the core of the bowtie principle. The implementation of the fault tree provides an identification of the hazards and initiating events whereas the event tree determines the dangerous phenomena the UCE can cause and which can be their causes.

A bowtie includes on the same graph the different scenarios with the same UCE. A scenario can be read on the flow chart following a single branch from the left (fault-tree) to its right extremity (event tree).

For instance, in the ICPE (Classified Installations for Environment Protection) domain, this method is implemented through 11 fundamental steps, summed up below:



Reference : COURONNEAU J.C. Mise en œuvre de la nouvelle approche d'analyse des risques dans des installations classées (Principes généraux pour l'élaboration des études de dangers). 2004-12p.

CEMAGREF: Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (National Center for agricultural machinery, rural engineering, streams and forests) (now **IRSTEA**)

CFBR: Comité français des barrages et réservoirs (ex-CFGB) (French Committee on Dams and Reservoirs)

CIGB: Commission internationale des grands barrages: ICOLD (International Commission on Large Dams)

CTPBOH: Comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques (Permanent technical committee on dams and hydraulic structures)

Dangerous phenomenon: Physical consequences of a potential hazard which can be a fire, an explosion or an important water or sediment release. It is a major accident if this phenomenon can have important consequences on the issues.

Domino effect: Succession of failure modes or accidents

Effects: This term is related to the physical characteristics associated to a given dangerous phenomenon: flood wave, toxic concentration, thermal flow, pressure.

Consequences are the actions of a such effect on vulnerable issues.

EISH: Evènement important pour la sûreté hydraulique (Important Event for Hydraulic Safety), must be declared to the administration accordingly to the May 21st 2010 order.

ERC: Evènement redouté central (UCE: Undesirable Central Event); see this concept presentation in the « bowtie » definition.

Events tree: See in « bowtie ».

External aggression or External aggressor or Aggression factor : Event outside the analyzed perimeter, due to a natural or human cause, which may impact the system safety and which should then be taken into account for its risk assessment.

Failure mode: A component non-ability to operate one of its functions: loss or damage of such a function, or abnormal operation.

Fault Scenario: Unique system component states which define a chain of relevant circumstances for the risk assessments and can lead to one or several dangerous phenomena. Generally, for a dam, a fault scenario is the combination of a failure mode and a circumstance. It is an accident scenario if the failure scenario can lead to a major accident.

Fault tree or causes tree: See in « bow tie ».

Functional Analysis: Process listing, ranking, characterizing and evaluating the functions (NF X50-150). Supplementary information is given in the 3rd heading.

Hazard: Each event, phenomenon or activity which might cause loss of human lives, injuries, social or economical disturbances or environmental degradation. . Cf. « Basic Terms of Disaster Risk Reduction, Annex 1 », Office des Nations Unies pour la réduction des risques naturels, ISDR, 2004,

<http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm>.

ICPE: Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (Installation Classified for Environment Protection)

INERIS: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, (National Institute of Environment, Industry and Risks)

Initiating event or initiating item: Usual or abnormal event, internal or external to the system, occurring before the Undesirable Central Event in the cause tree and which is a direct cause in simple cases or a combination of such event. In a « bowtie » representation, this event is located in the upstream branch, which is the left side.

Initiation item: See definition: « initiating event »

IRSTEA: Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (previously Cemagref), (National Institute of Science and Technology Research for Environment and Agriculture).

Issues (« elements at risk ») or Vulnerable Items or Assets: Totality of the elements endangered (populations, buildings, infrastructure, environment, businesses and organizations).

The issues can potentially be damaged. To fully determine such issues, their vulnerability and value must be assessed. This is the risk evaluation phase.

Major accident : Event such as a fire, an explosion or an important water or sediment release due to a partial or total dam break, a fast gravity-induced phenomenon, an equipment or operation failure, which can cause a severe hazard, upstream or downstream, for persons or the environment.

MEDAD / MEDDTL / MEEDDM: Previous names of MEDDE defined hereunder

MEDDE: Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy)

MINEFI: Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Ministry of Economy, Budget and Industry

PPAM (Politique de prévention des accidents majeurs): Policy implemented by the operator on the basis of the accidents considered in the risk assessment, in order to prevent major accidents and to limit their consequences on the populations and the environment. A more detailed description of this concept is given in the 4th heading of this guideline.

Potential hazard: System (natural or man-made) including one hazard or more. A hazard is an intrinsic property (potential energy, toxicity, explosion power, inflammability...) of a technical system (reservoir, mass lift, gas or liquid under pressure or a material (sediments, pollutants), etc which nature can damage a “vulnerable asset”.

PSH: Précurseur pour la Sûreté Hydraulique » (Precursor Event for Hydraulic Safety) which must be stated to the administration accordingly to the May 21st order.

Risk: « Combination of an event probability and its consequences » (ISO/CEI 73)

« Combination of a damage probability and its severity » (ISO/CEI 51)

1/ Possibility of a damage occurrence due to the exposure to the effects of a dangerous phenomenon. For “technological risk”, the risk is, for a given accident, the combination of a probability of occurrence of a feared event and the severity of its consequences on vulnerable assets.

2 / Expectation in terms of human lives, injuries, damages to properties and businesses in a zone for an event. The risk is the product of the hazard times the vulnerability. [ISO/CEI Guide 51]

The risk is a « potentiality », it only occurs through an « accidental event » which is the conjunction of a certain number of conditions. These conditions lead to the apparition of one (or many) initiating events which provides the development and propagation of phenomena which provides the danger a possibility to express itself. It leads to effects which can damage the vulnerable assets.

The risk can be parted accordingly to the combination of its three components which are the intensity, the vulnerability and the probability (the kinetic is not independent from this three parameters).

Intensity × Vulnerability = Severity of the damages or consequences

Intensity × Probability = Hazard

Risk = Intensity × Probability × Vulnerability = Hazard × Vulnerability = Consequences × Probability

In risk assessment and safety review, the risk is generally classified accordingly to the Severity (of its consequences) × its Probability, for instance in P×S matrix.

Risk assessment: The risk assessment is the use of available information to assess the risks for populations, properties, and the environment caused by dangerous phenomena. It generally includes: the definition of the system perimeter, the identification of dangerous phenomena and the risk assessment. Coherent with the definition of analysis (i.e. « detailed examination of a complex phenomenon in order to understand its nature and determine its main characteristics »), the risk assessment, implies a decomposition of the system and the risk sources in elementary items.

Risk mitigation measures: See « safety barriers » definition

Safety barrier or Risk control: Technical or organizational items necessary and sufficient to ensure a safety function. It includes:

- The prevention measures which aim to limit the probability of occurrence of an undesirable event.
- The limitation measures which aim to limit the intensity of a dangerous phenomenon.
- The protection measures which aim to limit the consequences on the potential assets by reducing their vulnerability.

SGS (Système de gestion de la sécurité), = SMS : Safety Management System): Measures relative to the organization, functions, processes and means implemented by the operator which aim to prevent and manage major accidents Details on this concept are given in the 4th heading of the guideline.

UCE, Undesirable Central Event also called main event (ERC in French): See its presentation in the « bowtie » definition.

Vulnerability: Assets property, related to the relative loss of value of the asset if impacted by an hazard of given nature and intensity. The vulnerability is generally expressed on a scale from 0 (no loss) to 1 (total loss).

At another scale, the vulnerability also expresses the conditions and social, environmental and physical processes which increase the hazard consequences on a zone.

Vulnerable items: See « issues » definition

Annex 1: Examples of probability of occurrence matrices

The first two matrices are used to globally assess the scenarios probability, whereas the third aims to evaluate the probability event by event.

Matrix defining 5 classes of event probability:

Matrix used in the ICPE domain for risk assessment (cf. annex 1 of the September 29th 2005 order related to the risk evaluation and assessment of its kinetic, probability intensity and severity in the ICPE risk assessment).

Probability class Type of appreciation	E	D	C	B	A
Qualitative (1) (The definitions are valid only if the number of installations and the feedback are sufficient) (2)	« Possible event but extremely unlikely » Is not impossible accordingly to current knowledge but not encountered at the world scale on an important number of structures	“Event very unlikely” Already occurred in the business sector but risk mitigation measures significantly made its probability drop	“Unlikely event” Already occurred in the business sector. The risk mitigation measures did not significantly make its probability drop	“Probable Event” Occurred or can occur during the installation lifetime	“Usual event” Already occurred on the analyzed site and can occur several times during the installation lifetime in spite of corrective measures
Semi-quantitative	This scale is intermediate between the qualitative and quantitative scales and provides the accountancy of the risk control measures already implemented, accordingly to the 4th article of the order.				
Quantitative (per unit and per year)		10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²

- (1) These are conventional definitions and provide an order of magnitude of the mean probability observed a great number of installations-years. They are not adapted to qualify very rare events in not very numerous installations or installations where technically or organizationally modification have taken place recently. Moreover, the risk assessment must take into account the particularities of the installation and be aware that it can change the order of magnitude of a phenomenon.
- (2) A feedback is measured in “years times installations” and is said sufficient if it is statistically representative of the phenomenon frequency (and not only of the events which lead to damages) analyzed for the considered installation. The installations must be similar to the ones of the database. In the case the feedback is limited, their details are not representative and the probability assessment must be done with other means (expertise, analyses, and tests) than the sole feedback.

Matrix defining three classes of probability of occurrence for landslides:

Extract of the methodology guideline of the MEDAD from the 11/13/2007 and for the PPRT relative to the subterranean stocks concerned by the article 3-1 of the “Code Minier” (Mine code), (analysis report INERIS DRS-07-86164-03522A). This matrix has a correspondence with the previous one.

Probability class Type of appreciation		E	D	C	B	A
Qualitative (The definitions are valid only if the number of installations and the feedback are sufficient)	Techno	« Possible event but extremely unlikely » Is not impossible accordingly to current knowledge but not encountered at the world scale on an important number of structures	“Event very unlikely” Already occurred in the business sector but risk mitigation measures significantly made its probability drop	“Unlikely event” Already occurred in the business sector. The risk mitigation measures did not significantly make its probability drop	“Probable Event” Occurred or can occur during the installation lifetime	“Usual event” Already occurred on the analyzed site and can occur several times during the installation lifetime in spite of corrective measures
	Landslides	Very little sensitive to little sensitive: is not impossible but no known similar event occurred on the site or an similar site	Sensitive: Already occurred on the site or on a similar site, or conjunction of potential causes for the phenomenon (3)		Very sensitive: already occurred on the site or on a similar site and conjunction of potential causes for the phenomenon (3)	
Semi-quantitative	This scale is intermediate between the qualitative and quantitative scales and provides the accountability of the risk control measures already implemented, accordingly to the 4th article of the order.					
Quantitative (per unit and per year)		10⁻⁵	10⁻⁴	10⁻³	10⁻²	

Probability of occurrence classes for phenomena such as thermal, toxicity, pressures and landslide

- (3) The “sensitive” class is equivalent to the C category, the “very sensitive” class is equivalent to the A category.

Matrix defining 6 probabilities of occurrence classes used for dam risk assessment (Vallières hydropower plant - OXAND analysis-November 2003):

Extract presenting a qualitative description of 6 frequency levels, used to characterize each failure mode analyzed in an AMDEC.

Description	Class level
Virtual. Impossible	1
Very unlikely. Never observed.	2
Improbable. Observed in maintenance and/or once during a flood.	3
Possible. Frequently observed in maintenance and occasionally during a flood.	4
Very Likely. Frequently observed during floods and in maintenance.	5
Sure	6

Annex 2 : PPAM and SMS

PPAM : Politique de Prévention des Accidents Majeurs (Major Accidents Prevention Policy). The major accident prevention policy is defined by the dam responsible according to the accidents identified in the risk assessment. It aims to prevent such accidents and to limit its consequences for people and the environment. It includes quantified target results on the dam safety.

Note: the dam safety is here relative to the prevention and treatment of serious accidents: the personal health care are not part of the risk assessment excepted for the problem of the access to the dams which safety is essential for the achievement of some safety operations.

SMS : Safety Management System. The safety management system describes the totality of means committed by the responsible to meet the targets defined in the PPAM. This system is more or less important according to the dam complexity and its issues. Additionally, if a process is common to several dams and is included in the SMS, it is important to know how they are concretely applied for the analyzed dam.

The SMS defines the staff organization, the means and the process taking part in the PPAM, especially the monitoring measures, including flood cases, for maintenance and crisis management. The different documents constituting the SMS are not necessarily attached to the risk assessment but must be explicitly quoted (with their detailed references), synthesized and available for the regulatory body.

The description of a SMS may include the following headings:

a) Operating control excluding the emergency situations of the point d) (usual situations, floods and earthquakes without failure risks, transient stages related to a drawdown operation, works or impoundment)

This heading describes:

- The organization set to provide optima safety conditions to the dam operation and described in the monitoring requirements for floods and non-floods operations. It may be complemented with internal procedures and requirements and must take into account the upstream and downstream dams in the case of dams in cascade.
- The organization set to ensure the safety of the dam during works, stopping and starting phases, modifications and maintenance, even if such operations are subcontracted. The exceptional operation situations in the cases described often have special requirements, resulting from a former thinking.
- The emergency processes (operating or monitoring) following particular events such as a flood or earthquake or another external aggressor.

b) Organization, formation

This heading describes:

- The roles of the staff associated to prevention and management of the serious accidents, at every level of the organization.
- The formation needs, the organization of these formations and the definition of their contents.
- The repartition between internal and external staff, such as the subcontracted staff; the conditions for use of sub-contracted staff and its control are described.

c) Identification and characterization of major accidents

This heading describes the procedures used for a systematical identification of the serious accidents risks which can occur at each operating configuration.

These procedures must provide the possibility to assess the probability of occurrence of a serious accident and to evaluate the severity of its consequences

These risks are highlighted by the risk assessment; the SMS indicates the organization set for the achievement, the update and the use of this analysis. Especially how the responsible uses the results and deals with the recommendations.

d) Management of the emergency situations

According to the process identified in the c) heading (identification and evaluation of serious accident risks) and a) (operating control of the dam), this heading describes the emergency situation processes (for instance: imminent collapse threat, start of piping, submersion of an equipment not designed for this case, breach in the dam ...). These processes can need:

- Special items in the monitoring and flood procedures, complementing the items described in a).
- Specific formation (described in b))
- Regular exercises with the concerned staff.
- « Reflex forms » easily reachable reminding the emergency behavior and especially the information of the actors concerned by the crisis situation (Mayors, Préfet).

e) Feedback management

This heading includes the process set up to analyze the accidents experienced and to take into account the ones which occurred on other dams of the same type around the world, if such information is available. If a prevention measure failed, it is particularly necessary to present the procedures to investigate and analyze this failure, to find a solution and to verify its impact.

These procedures may be the feedback management procedure used in the EISH and PSH accordingly to the interministerial order of the May 21st 2010.

f) SMS controls, audits and management reviews

This heading describes:

- Which measures are taken by the dam responsible to control the permanent respect of the procedures described in the SMS and which measures are taken to address the gaps.
- Whether auditing systems exist to evaluate periodically the SMS efficiency and its adequacy with the PPAM ;
- Whether management reviews are planned on the basis of the two latest items and, with point e), to analyze the implementation of the PPAM and the SMS efficiency.

Annex 3: Examples of methods complying with the state of the art

They can be methods published by ICOLD, CFBR (French Committee on Dams and Reservoirs) or which are based on regulatory texts. The documents listed are available either on the intranet dedicated to dam safety or on the ICOLD and CFBR websites.

Hydrology

- CIGB/ICOLD – choix de la crue de projet – bulletin n° 82 – 1992 ;
- CFGB – « Les crues de projet des barrages : Méthode du gradex – Design Flood Determination by the Gradex Method » – 18^{ème} Congrès CIGB / ICOLD – novembre 1994 ;
- Estimation de la crue centennale pour les plans de prévention des risques d'inondation – Michel LANG, Jacques LAVABRE et al. – éd. Quae – 2007
- CFBR - Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages - juin 2013 ;

Earthquakes

- MINEFI – Guide « classification des barrages vis-à-vis des séismes » – décembre 2003 ;
- MEDDE/DGPR – Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques – à paraître ;

Stability

- CFBR – Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages poids – recommandations provisoires – janvier 2006 ;
- CFBR – Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais – recommandations provisoires – juin 2010 ;
- CFGB – Petits barrages ; recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi – Cemagref éditions – 1997 ;

Flood-Wave

- CIGB/ICOLD – Etude d'onde de rupture de barrages - bulletin n° 111 – 1998 ;

Risk Assessment

- CIGB/ICOLD – Risk assessment in Dams Safety Management. A reconnaissance of Benefits. Methods and Current Applications - bulletin n° 130 – 2005 ;
- INERIS - Rapports Oméga 7 (méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle - 2006), Oméga 9 (l'étude de dangers d'une installation classée - 2006), Oméga 10 (évaluation des barrières techniques de sécurité - 2008), Oméga 18 (analyse critique d'une étude de dangers d'une installation classée - 2005) et Oméga 20 (démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité - 2009).

Annex 4: Taking the upstream dams into account

The potential aggression related to the presence of dams upstream is a possible cause of the Undesirable Central Effect « dam failure ». Such aggression must be clearly identified and analyzed in the risk assessment. Different approaches can be tested depending on the availability of the upstream dams information.

- **Information unavailable**

If the risk assessment of the upstream dam is not available, a simplified conservative approach is acceptable. The instantaneous collapse of the upstream dam and the release of the totality of the reservoir must be considered. A hydrograph based on this hypothesis and the various known geometric information on the dam which should be reminded in the heading 3.2 (valley shape, dam type, dam height) can be assessed. The consequences of this hydrograph must then be analyzed: possible peak-flow mitigation in the reservoir, comparison to spillway capacities, overflow risks, stability of the dam.

- **Information available**

If the risk assessment of the upstream dam is available, it includes items characterizing the potential aggression for the analyzed dam. This information must then be used to assess on the resistance or collapse of the analyzed dam in this situation.

It must be reminded that each dam which can be aggressed by a potential flood wave originating in the collapse of another dam does not have to model it. The modeling is the responsibility of the dam which collapse causes the wave. It must be done using hypothesis on the resistance or the failure of the downstream dams (cf. § III-e of the 8th heading comments).

However, the risk assessment of each A and B class dams must include a model of the flood wave related to its failure (independently of a dam break upstream).

The communication between the different dams responsible must be directly possible. The information included in the flood-wave model cannot be in any circumstances confidential.

Whether the information is available or not, because of difference in the risk assessment methodologies, the evaluation of the probability of occurrence of the aggression of an upstream dam is not required. However, the assessment of its consequences on the analyzed dam is expected.

If the upstream dam can cause the collapse of the analyzed dam, the regulatory body must check that the upstream dam responsible have implemented the means to control this risk (stability analysis, specific risk assessment...), for instance via a special monitoring of the upstream dam if necessary.

Additionally, the regulatory body must ensure the consistency between different risk assessment on the hypothesis used to assess the resistance or collapse of a dam due to the failure of another. In case of inconsistency, an update or a supplementary analysis can be necessary for the dams.

For instance: two dams X and Y classified as A and located on the same stream: the Y risk assessment assumes that X will not collapse if Y fails. However such a break would create an important overflow on X, higher than its design overflow. Details must therefore be asked on the X dam behavior in its risk assessment. According to these details, the Y dam responsible might have to change the hypothesis assumed for its dam-break flood wave.

Eventually, a good description of the upstream environment should help the author to answer the question « Where do I stop the upstream analysis? ». Anyway, it is important to verify that the analysis is not limited to the failure of a sole large dam which failure would surely cause the failure of the analyzed dam. Smaller dams between the large dam and the analyzed dam should also be taken into account. It can be the case, for instance of B class dams in cascade which would only focus on the aggression of an upstream A class dam which aggression is the subject of an EPP (Emergency Preparedness Plan) : the regulatory body can ask for the different potential aggressions from other B class dams to be also taken into account.

Annex 5: Risk assessment Follow-up form

This « Follow-up form » is designed to be a useful tool for the verification and « management » of risk assessment by the regulatory body. This list can be used as a « check-list » to verify that an analysis answers correctly to the different points developed in this guideline, according to the different regulatory and legislative texts reminded at the beginning of this guideline.

In some cases, the list presented below must be complemented. On the contrary, some points can be irrelevant.

This form distinguishes different risk assessment “categories”: “First risk assessment for a new dam “, “ Risk assessment for an important dam modification “, “First risk assessment for an existing dam”, “ Supplementary risk assessment due to a “ new fact “ and asked by the prefect (representing the state)” and the “Ten-years update risk assessment” but purposely omits the case of a risk assessment asked by the prefect without any “new fact “. In such a case, the regulatory body must as well do an analysis as an enquiry of the dam. Such tasks must be done with the follow-up form which will help the analysis management. The form must have an “open” status until the operator gives all the answers to the regulatory body questions.

Edition (1 / 2 / 3 / ...) of the... [Opening date] – **Status:** ... [Open / Closed]

Dam Name: ...

Responsible (contractor / owner / operator): ...

Heading 0 – Risk assessment non-technical summary

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
A non-technical summary.	
Maps with explanations and illustrations.	
Didactical form.	
The summary presents the current dam situation and presents the risk assessment results.	
The summary presents risk mitigation results.	
The summary includes a presentation of the planned improvements.	

Heading 1 – Administrative Data

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Complete owner/contractor identification and operator identification (if different).	
Complete administrative references.	
Reference of the ranking assessment (A, B or C).	
Complete identification of the risk assessment author.	

Heading 2 – Object of study

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Full identification of the structures included in the risk assessment (is the perimeter clearly defined?).	
Related explicative maps.	
Risk assessment status : “ First risk assessment for a new dam “, “ Risk assessment for an important dam modification “, “First risk assessment for an existing dam”, “ Supplementary risk assessment due to a “ new fact “ and asked by the prefect (representing the State)” and the “Ten-years update risk assessment”.	
EPP reference (validity and update verification).	

Heading 3 – Functional Analysis of the Dam and its Environment

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Dam description – general description.	
Plans and schemes related to the general description.	
Dam description – Civil Engineering.	
Plans and schemes related to civil engineering.	
Dam description – foundations.	
Plans and schemes related to foundations.	
Dam description – Gates.	
Plans and schemes related to gates.	
Dam description – General control system pattern.	
Plans and schemes related to control system.	
Dam description – monitoring system.	
Plans and schemes related to monitoring system.	
Dam description – general power supply pattern.	
Plans and schemes related to power supply.	
Dam description – general telecommunication pattern.	
Plans and schemes related to telecommunication.	
Dam description – operation.	
Plans and schemes related to operation.	
Dam description – operation modes	
Plans and schemes related to operation modes.	
Description of the safety equipment.	
Plans and schemes related to safety equipment.	
Reservoir description in terms of volume, surface and water level.	

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Plans and schemes related to the reservoir.	
Description of the reservoir slopes.	
Plans and schemes related to reservoir slopes.	
Description of the relief around the reservoir.	
Plans and schemes related to the relief.	
Description of the dam surroundings- areas over the dam which could be the starting point of landslide, rockslide or avalanche and any equipment designed to mitigate such risks.	
Description of the dam surroundings – Catchment upstream the dam, with its morphology (geology, surface, length, number of streams, slope, vegetation, ...).	
Description of the dam surroundings – upstream dams which can potentially be aggressors in case of failure and downstream dams.	
Description of the dam surroundings – access to the dam and the different safety equipment.	
Description of the dam surroundings – description of the housings upstream the dam.	
Description of the downstream zone in term of inhabited zones, businesses (industrial, agricultural, touristic or fishing) and infrastructures (roads, bridges, railways, canals...).	
Plans and schemes related to the description of the downstream zone in term of inhabited zones, businesses and infrastructures.	
Are the surrounding described in terms of potential asset and potential aggressor?	

Heading 4 – Presentation of the major accident prevention policy and of the safety management system (SMS)

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Description of the dam responsible organization.	
Description of the subcontracted organization.	
Identification and evaluation procedures for major accident hazards.	
Monitoring procedures (including internal monitoring requirements which are taken into account in the rationale of the relevance of the safety barriers).	
Feedback procedures.	
Emergency situation management procedures (including internal flood requirements which are taken into account in the demonstration of the control of the risk due to a flood).	
Quality control procedures.	
Formation of the staff taking part in the safety control (monitoring, flood management...) accordingly to their hierarchical level, intervention level and service.	
Last update of the Safety Management System.	

Heading 5 – Identification and characterization of potential risks.

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Characterization of the total dam failure (is the water volume consistent with the scenario, the release surface? the kinetic?).	
Schemes accompanying the total dam break scenario?	
Characterization of the dam partial failure (is the water volume consistent with the scenario, the release surface? the kinetic?)	
Schemes accompanying the partial failure scenario?	
Characterization of the fast gravity-induced phenomenon potentially impacting the reservoir (is the water volume implied consistent with the scenario?)	
Schemes accompanying the characterization of the fast gravity-induced phenomena?	
Characterization of a dysfunction of an equipment (is the water volume consistent with the scenario, the release surface? the kinetic?).	
Schemes accompanying the characterization of an equipment dysfunction.	
Characterization of an inappropriate mobile equipment maneuver (is the water volume consistent with the scenario, the release surface? the kinetic?).	
Schemes accompanying the characterization of an inappropriate mobile equipment maneuver.	

Heading 6 – Natural Hazards Characterization

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Hydrological analysis (data reminder, data collection period, method ...). Presentation of the hydrological data taken into account for flood evaluation. Estimation of the probability of occurrence of the flood and the other natural phenomena potentially endangering the dam.	
Description of the assessment method for the 1.000 and 5.000 years return period for dams in general case, and the 10.000 years return period for embankment dams.	
Results of the method implementation for 1.000 years return period.	
Results of the method implementation for 5.000 years return period.	
Results of the method implementation for 10.000 years return period (specific to embankment dams).	
Description of the reference earthquake determination method and of the data used to characterize this method.	
Landslide.	
Rockslide.	
Avalanches.	
Frost (case of frozen gates?).	

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Lightning.	
Wind.	

Heading 7 – Incident case history and back analysis

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Accidents and incidents which occurred on the dam (anomaly detected with the monitoring system, important external event such as an earthquake or a landslide, operation incidents...).	
Description of the measures taken.	
Accidents and incidents which occurred on other dams: has an effort been made to identify and analyze them?	
Description of the measures taken.	

Heading 8 – Risk Identification and characterization in terms of probability, intensity , kinetic of effects and consequences severity

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Theoretical description of the identification methodology for identification and risk assessment (type of the chosen method).	
Description of the expertise implemented for the methodology (working groups...).	
Rationale of the intrinsic safety of the dam (note on the stability calculations).	
Detailed list of the different possible failure scenarios.	
Detailed definition of the criteria used to determine the different potential accidents impacting the dams in terms of: probability, kinetic, intensity and severity of the consequences.	
Probability of occurrence of the scenarios.	
Effects intensity assessment.	
Consequences severity assessment.	
Kinetic assessment.	
Dam break flood wave.	
Flood wave for similar level accidents.	
Synthesis of the scenarios ranked according to their probability of occurrence and the severity of their consequences.	

Heading 9 – Risk mitigation analysis

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
List, description and rationale of the risk mitigation measures already implemented.	
List and description of the supplementary analyses needed to completely ensure the dam safety or necessary for supplementary measures.	
Responsible undertake on a timeline for the supplementary analyses.	
List, description and rationale of the risk mitigation measures yet to be implemented. (Article R. 214-116: the analysis must list the risk mitigation measures and detail the residual levels once such measures taken).	
Responsible undertake on a timeline for the supplementary risk mitigation measures.	
Interim measures during the supplementary analyses and the supplementary measures implementation.	

Heading 10 – Mapping

	Dam responsible answer (file reference, regulatory body comment on the answer adequacy: « ok », « missing », « irrelevant », « to be completed »).
Map of the reservoir and dam location.	
Map of the impacted population downstream.	
Map of the businesses downstream.	
Dam break flood wave map.	

FRENCH VERSION

**GUIDE DE LECTURE
DES ETUDES DE DANGERS DES BARRAGES**

Mise à jour : août 2012

SOMMAIRE

RAPPELS LEGISLATIFS ET REGLEMENTAIRES	3
PREAMBULE.....	7
GUIDE DE LECTURE DU CONTENU DE L'ETUDE DE DANGERS.....	9
0.- RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS	9
1.- RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	9
2.- OBJET DE L'ETUDE	10
3.- ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT	10
3.1.- Description de l'ouvrage	11
3.2.- Description de l'environnement de l'ouvrage	13
4.- PRESENTATION DE LA POLITIQUE DE PREVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS ET DU SYSTEME DE GESTION DE LA SECURITE (SGS)	14
5.- IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS	15
6.- CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS.....	16
7.- ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE	18
8.- IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES RISQUES EN TERMES DE PROBABILITE D'OCCURRENCE, D'INTENSITE ET DE CINETIQUE DES EFFETS, ET DE GRAVITE DES CONSEQUENCES.....	19
I.- Description et principes de la méthodologie utilisée	20
II.- Détermination des scénarios de défaillance.....	21
II.-a) Généralités.....	21
II.-b) Exemples de modes de rupture ou de circonstances pouvant être pris en compte pour l'identification des situations à risques.....	22
II.-c) Précisions sur la détermination des scénarios relevant des risques intrinsèques à l'ouvrage	23
II.-d) Précisions sur les scénarios liés au passage d'une crue exceptionnelle ou extrême au travers d'un barrage..	24
II.-e) Précisions sur les scénarios liés aux phases de travaux ou aux ouvrages neufs	24
III.- Evaluation des scénarios d'accidents.....	24
III.-a) Probabilités d'occurrence	24
III.-b) Intensité	25
III.-c) Cinétique.....	26
III.-d) Gravité	26
III.-e) Précisions relatives à l'étude de propagation d'une onde de submersion	28
III.-f) Précisions relatives à l'évaluation des barrières de sécurité (mesures de maîtrise des risques)	29
III.-g) Criticité	29
9.- ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES.....	30
Précisions sur le niveau d'acceptabilité du risque	31
10.- CARTOGRAPHIE	32
GLOSSAIRE / DEFINITIONS.....	34
ANNEXE 1 : EXEMPLES DE GRILLES DE PROBABILITES D'OCCURRENCE	42
ANNEXE 2 : PPAM ET SGS.....	44
ANNEXE 3 : EXEMPLES DE METHODES CONFORMES AUX REGLES DE L'ART	46
ANNEXE 4 : PRISE EN COMPTE DES BARRAGES AMONT	47
ANNEXE 5 : FICHE DE SUIVI D'UNE ETUDE DE DANGERS	49

Rappels législatifs et réglementaires

Code de l'environnement

Article L.211-3-III.- Un décret en Conseil d'État détermine :

(...)

3° Les conditions dans lesquelles l'autorité administrative peut demander au propriétaire ou à l'exploitant d'un ouvrage visé à l'article L. 214-2 du présent code ou soumis à la loi du 16 octobre 1919 précitée la présentation d'une étude de dangers qui expose les risques que présente l'ouvrage pour la sécurité publique, directement ou indirectement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'ouvrage. Cette étude prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents ;

Article R. 214-115. – I.- Le propriétaire ou l'exploitant ou, pour un ouvrage concédé, le concessionnaire d'un barrage de classe A ou B ou d'une digue de classe A, B ou C réalise une étude de dangers telle que mentionnée au 3° du III de l'article L. 211-3. Il en transmet au préfet toute mise à jour.

II. - Pour les ouvrages existant à la date du 1er janvier 2008, le préfet notifie aux personnes mentionnées au I l'obligation de réalisation d'une étude de dangers pour chacun des ouvrages concernés, et indique le cas échéant le délai dans lequel elle doit être réalisée. Ce délai ne peut dépasser le 31 décembre 2012, pour les ouvrages de classe A, et le 31 décembre 2014, pour les autres ouvrages mentionnés au I.

Article R. 214-116. – I.- L'étude de dangers est réalisée par un organisme agréé conformément aux dispositions des articles R. 214-148 à R. 214-151. Elle explicite les niveaux des risques pris en compte, détaille les mesures aptes à les réduire et en précise 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 des ouvrages. 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. Un arrêté des ministres chargés de l'énergie, de l'environnement et de la sécurité civile définit le plan de l'étude de dangers et en précise le contenu.

II.- L'étude de dangers des digues de classe A est soumise à l'avis du comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques. Celle des autres ouvrages peut être soumise à ce comité par décision du ministre intéressé.

Article R. 214-117.- L'étude de dangers est actualisée au moins tous les dix ans. A tout moment, le préfet peut, par une décision motivée, faire connaître la nécessité d'études complémentaires ou nouvelles, notamment lorsque des circonstances nouvelles remettent en cause de façon notable les hypothèses ayant prévalu lors de l'établissement de l'étude de dangers. Il indique le délai dans lequel ces éléments devront être fournis.

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

Art. 1^{er}.- En application des dispositions de l'article R. 214-116 du code de l'environnement, l'annexe du présent arrêté définit le plan et le contenu de l'étude de dangers des barrages et des digues.

Art. 2.- L'étude de dangers peut s'appuyer sur des documents dont les références sont explicitées. A tout moment, ceux-ci sont transmis au préfet sur sa demande.

Le contenu de l'étude de dangers est adapté à la complexité de l'ouvrage et à l'importance des enjeux pour la sécurité des personnes et des biens.

Arrêté du 18 février 2010 précisant les catégories et critères des agréments des organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques ainsi que l'organisation administrative de leur délivrance

Art. 1er. – Les différentes catégories des agréments pouvant être sollicités par les organismes mentionnés au 1o du III de l'article L. 211-3 susvisé sont précisées ci-après :

- agrément Dignes et barrages - études et diagnostics ; cet agrément autorise son titulaire à effectuer pour un ouvrage hydraulique (barrage ou digue), quelle que soit sa classe, l'étude de dangers, le projet de réalisation ou de modification substantielle, la revue de sûreté et les diagnostics de sûreté ;
- agrément Dignes et barrages - études, diagnostics et suivi des travaux ; cet agrément autorise son titulaire à effectuer pour un ouvrage hydraulique (barrage ou digue), quelle que soit sa classe, l'étude de dangers, le projet de réalisation ou de modification substantielle, la mission de maîtrise d'œuvre décrite à l'article R. 214-120, la revue de sûreté et les diagnostics de sûreté ;
- [...]

Arrêtés ministériels du 7 avril 2011, du 15 novembre 2011 et du 30 mai 2012 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Arrêté du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration

Art. 2.- Les événements ou évolutions à déclarer, concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens, sont les suivants :

a) Les événements importants pour la sûreté hydraulique (EISH) :

Le propriétaire ou l'exploitant de tout ouvrage hydraulique ou, pour un barrage concédé en application de la loi du 16 octobre 1919 susvisée, le concessionnaire, ci-après désigné « le responsable », déclare les événements à caractère hydraulique intéressant la sûreté hydraulique relatifs à une action d'exploitation, au comportement intrinsèque de l'ouvrage ou à une défaillance d'un de ses éléments, lorsque de tels événements ont au moins l'une des conséquences suivantes :

- atteinte à la sécurité des personnes (accident, mise en danger ou mise en difficulté) ;
- dégâts aux biens (y compris lit et berges de cours d'eau et retenues) ou aux ouvrages hydrauliques ;
- pour un barrage, une modification de son mode d'exploitation ou de ses caractéristiques hydrauliques (cote du plan d'eau...).

Dans le cas des barrages concédés, les EISH concernent l'ensemble du périmètre de la concession ; ce périmètre inclut notamment les galeries d'amenée et les conduites forcées.

b) Les événements ou évolutions précurseurs pour la sûreté hydraulique (PSH) :

Le responsable d'un barrage de classe A ou de classe B déclare les événements précurseurs ou évolutions pouvant avoir un impact en termes de sûreté hydraulique. Sont concernés les dysfonctionnements liés aux défaillances de « barrières de sécurité », identifiées dans une étude de dangers, pouvant entraîner la perte de fonctions de sécurité du type « retenir l'eau », « maîtriser la cote de la retenue à l'amont de l'ouvrage » ou « maîtriser le débit relâché à l'aval ».

Les PSH sont notamment destinés à alimenter une base de données et à faciliter la réalisation et la lecture critique de l'étude accidentologique requise dans les études de dangers des barrages.

Décret n° 92-997 du 15 septembre 1992 modifié relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains aménagements hydrauliques

Extrait de l'article 3 :

Antérieurement à l'établissement du plan particulier d'intervention et pour sa préparation prévue au décret mentionné à l'article 1er, le maître d'ouvrage établit à ses frais et remet au préfet :

- l'analyse des risques contenue dans l'étude de dangers mentionnée au 3° du III de l'article L. 211-3 du code de l'environnement qui prévoit les limites et les délais d'invasion du flot en cas de rupture du barrage ; elle fait apparaître tout risque majeur identifié concernant l'ouvrage ;
- un projet d'installation des dispositifs techniques de détection et de surveillance et des dispositifs d'alerte aux autorités et à la population tels que les moyens de transmission.

Le préfet soumet l'analyse des risques et le projet d'installation des dispositifs techniques de détection et de surveillance à l'avis conforme du comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques.

Extrait de l'arrêté du 22 février 2002 pris en application du décret n° 92-997 du 15 septembre 1992 relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains aménagements hydrauliques

Art. 2.- Les zones susceptibles d'être inondées en aval du barrage sont définies de la façon suivante :

Zone de proximité immédiate : zone qui connaît, suite à une rupture totale ou partielle de l'ouvrage, une submersion de nature à causer des dommages importants et dont l'étendue est justifiée par des temps d'arrivée du flot incompatibles avec les délais de diffusion de l'alerte auprès des populations voisines par les pouvoirs publics, en vue de leur mise en sécurité ;

Zone d'inondation spécifique : zone située en aval de la précédente et s'arrêtant en un point où l'élévation du niveau des eaux est de l'ordre de celui des plus fortes crues connues ;

Zone d'inondation : zone située en aval de la précédente, couverte par l'analyse des risques et où l'inondation est comparable à une inondation naturelle.

Le plan particulier d'intervention couvre les zones de proximité immédiate et d'inondation spécifique.

L'alerte et l'organisation des secours dans la zone d'inondation repose sur les dispositifs prévus pour ce type de risque d'inondation naturelle, éventuellement adaptés pour tenir compte des caractéristiques particulières de la crue telles qu'elles résultent de l'étude prévue à l'article 4 ci-dessous.

Art. 5. - L'analyse des risques comporte :

1° Une étude faisant apparaître :

- la sensibilité du barrage vis-à-vis du risque sismique ;
- le risque de survenance d'un effondrement de terrain dans la retenue, indépendamment des effets éventuels d'un séisme et les répercussions possibles sur la retenue et les ouvrages ;
- la sensibilité du barrage vis-à-vis des crues ;
- ainsi que, s'il y a lieu, la sensibilité du barrage vis-à-vis de tout autre risque majeur identifié sur le site ;

2° Un mémoire relatif à l'onde de submersion, comprenant :

- un plan de situation ;
- un rappel des caractéristiques principales de l'ouvrage ;
- l'emprise des zones submergées et les temps d'arrivée de l'onde de submersion reportés sur les cartes à l'échelle 1/25 000 ou toute autre échelle plus adaptée, ainsi que les caractéristiques hydrauliques principales, en particulier la hauteur (cote NGF) de l'onde et la vitesse de l'eau ;
- une note sur les données et les hypothèses retenues par l'étude, notamment sur la tenue des ouvrages de protection (endiguements, remblais de voies de communication, barrages,...) ;
- une note justificative relative à la méthode de calcul utilisée ou bien à l'essai sur modèle réalisé.

L'étude de l'onde de submersion est réalisée jusqu'à la limite à partir de laquelle celle-ci se présente comme une inondation à risque limité pour les personnes.

Remerciements

Que tous ceux qui ont participé à la rédaction du présent guide se trouvent ici remerciés :

- les membres du groupe de travail DGPR « études de dangers barrages » réuni de 2009 à 2011. La liste détaillée des participants à ce groupe de travail est disponible dans le rapport 2009-2011 de ce groupe de travail présidé par Philippe CRUCHON (président du CTPBOH) ; secrétariat technique assuré par le BETCGB (Éric BRANDON). Il comprend en particulier des représentants de :
 - dix DREAL chargées du contrôle des barrages (Alsace, Aquitaine, Bourgogne, Champagne Ardenne, Franche-Comté, Languedoc-Roussillon, Limousin, Midi-Pyrénées, PACA et Rhône-Alpes) ;
 - l'appui technique barrages (BETCGB et IRSTEA) et ponctuellement digues (CETE Méditerranée) ;
 - la DGPR (STEEGBH) ;
 - l'INERIS (dans le cadre du DRA91, programme d'appui à la DGPR dans le domaine de la maîtrise des risques sur les ouvrages hydrauliques).

Sans qu'il soit possible de tous les citer, il convient particulièrement de remercier les principaux contributeurs aux réunions du GT et aux livrables conduisant à la présente version du guide de lecture :

- DGPR : Eric BRANDON (STEEGBH / BETCGB), Philippe CRUCHON, Jean-Marc KAHAN (STEEGBH), Patrick LE DELLIOU (STEEGBH / BETCGB)
 - DREAL Franche-Comté : Olivier GIACOB
 - DREAL Limousin : Christelle ADAGAS, Philippe LAMARSAUDE
 - DREAL Midi-Pyrénées : Céline TONIOLO
 - DREAL PACA : Bruno PATOUILLET, Pierre ROUSSEL
 - DREAL Rhône-Alpes : Guillaume DINOCHÉAU, Cécile SCHRIQUI
 - INERIS : Thibault BALOUIN
 - IRSTEA : Laurent PEYRAS, Daniel POULAIN, Paul ROYET
-
- les membres du groupe de travail « Stratégie d'Analyse d'Évaluation et de Maîtrise des Risques Technologiques » dont une saisine par le DGPR a été réalisée à l'automne 2011 : avis du 9 décembre 2011 ;
-
- les principaux rédacteurs de la version initiale du guide de lecture relatif aux études de dangers de barrages du 31 octobre 2008 : Eric BRANDON (BETCGB), Philippe CRUCHON (président du CTPBOH), Gérard DEGOUTTE (CEMAGREF), Maxime DU BOIS (STEEGBH), Catherine GUENON (DSC), Jean-Marc KAHAN (STEEGBH), Patrick LE DELLIOU (BETCGB), Nicolas MONIE (STEEGBH), Gilles RAT (STEEGBH).

Préambule

Le présent document est un guide de lecture à l'usage des services de contrôle en charge de l'analyse du contenu des études de dangers transmises aux préfets par les responsables d'ouvrages hydrauliques en application de la réglementation. Il est toutefois limité aux barrages. Le cas des digues de protection des populations contre les inondations fluviales fait l'objet d'une publication séparée, compte tenu de la spécificité du sujet : une mise à jour de celle-ci est à venir et traitera à la fois des inondations fluviales et maritimes.

Ce document ne contient donc pas de « prescriptions » que les responsables d'ouvrages devraient respecter faute de voir leurs études de dangers rejetées. En revanche, il contient des informations sur les méthodes et les références techniques auxquelles les responsables d'ouvrages sont susceptibles de recourir pour l'établissement de leurs études de dangers, compte tenu de l'état de l'art dans ce domaine fixé, notamment, par le Comité Technique Permanent des Barrages et des Ouvrages Hydrauliques et le Comité Français des Barrages et Réservoirs.

Le guide se présente sous la forme de commentaires pour les rubriques prévues par l'annexe de l'arrêté du 12 juin 2008 *définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu* et dont le contenu est rappelé en caractères gras. Toutefois, pour alléger la lecture, les parties de l'annexe de l'arrêté du 12 juin 2008 relatives spécifiquement aux digues sont omises. Le guide comporte également un glossaire rappelant un certain nombre de définitions importantes (dans le corps du guide, les expressions concernées font l'objet d'un soulignement en pointillé) ainsi que 5 annexes en fin de document qui approfondissent certains points particuliers.

Il apparaît utile d'attirer l'attention du service de contrôle sur l'importance de la rubrique 8, « Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences », qui constitue le cœur de l'analyse des risques proprement dite pour l'ouvrage, laquelle prend en compte les données d'entrée rassemblées dans les rubriques 3 à 7, comme le contexte géologique et hydrologique de l'ouvrage, sa conception, ses modes d'exploitation, la présence d'activité en aval etc. De la rigueur avec laquelle cette analyse des risques aura été réalisée par le responsable du barrage dépendra, pour une part importante, la confiance que pourra avoir le service du contrôle dans le niveau de sécurité annoncé pour l'ouvrage, dans le cadre des conclusions de la rubrique 9. De ce point de vue, même si la forme définie par l'arrêté du 12 juin 2008 met en avant des rubriques distinctes, celles-ci ne doivent pas être considérées de manière cloisonnée, aussi bien dans la réalisation de l'étude que dans la lecture critique de celle-ci : pour un scénario d'accident donné, la bonne compréhension passe par une lecture conjointe des différentes rubriques de l'étude de dangers qui comprennent les données d'entrée à prendre en compte dans l'analyse présentée à la rubrique 8. Par conséquent, il est important que le niveau de détail entre les différentes parties soit homogène et que tous les éléments utilisés dans l'analyse de risques (composants de l'ouvrage, mesures de maîtrise des risques, enjeux etc.) fassent l'objet d'une présentation préalable suffisamment détaillée dans les rubriques qui comportent les données d'entrée. Par ailleurs, pour les barrages soumis à cette obligation, l'analyse des risques doit permettre d'établir le plan particulier d'intervention (PPI) à établir en conformité avec les dispositions du décret n° 92-997 du 15 septembre 1992 modifié *relatif aux plans particuliers d'intervention concernant certains aménagements hydrauliques*. Enfin, de manière plus globale, le service de contrôle doit pouvoir s'assurer que les participants à la réalisation de l'étude de dangers disposaient bien d'une bonne connaissance de l'ouvrage et que les nombreux documents qui ont servi à mener l'analyse sont clairement référencés dans l'étude de dangers.

En ce qui concerne la complémentarité avec la revue de sûreté pour les barrages de classe A, il est primordial que l'étude de dangers puisse être finalisée suffisamment tôt avant la revue de sûreté qui est remise tous les dix ans (idéalement deux à trois ans avant) pour pouvoir répondre à l'exigence du décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 (article R. 214-129 du code de l'environnement et article 20-III du cahier des charges type des entreprises hydrauliques concédées). Dans les cas où cela n'a pas pu être fait durant la phase transitoire de remise des premières études de dangers, il est important que la planification de la mise à jour des études de dangers puisse répondre à cette logique. La description des ouvrages, des fonctions de sécurité associées, des niveaux de risques et l'analyse de la validité de données fondamentales (dimensionnement, stabilité, aléas sismiques et hydrologiques) sont d'abord du ressort de l'étude de dangers ; celle-ci permet d'obtenir une « photographie » du niveau de sécurité de l'ouvrage à un instant donné (au moment de la remise de l'étude ou peu de temps après celle-ci si les travaux sont démarrés ou s'ils sont totalement définis et programmés à court terme). La revue de sûreté dresse quant à elle un bilan sur l'état et le comportement des ouvrages : elle tient compte d'une part des

études existantes, avec en particulier les analyses et les recommandations issues de l'étude de dangers, et d'autre part d'un examen complet de l'ouvrage incluant ses parties usuellement noyées ou difficilement accessibles et d'une analyse approfondie des rapports de surveillance, de visites techniques approfondies et d'auscultation de la période écoulée. Elle débouche sur un programme d'actions que le propriétaire s'engage à entreprendre sur la décennie à venir pour maintenir et améliorer le niveau de sûreté de l'ouvrage : elle reprend et détaille notamment les actions envisagées dans l'étude de dangers à la rubrique 9 (mesures de réduction des risques).

Il convient de rappeler qu'une étude de dangers est publique, sous réserve que l'instruction de l'étude soit terminée. Toute personne peut y accéder en s'adressant à la préfecture : le droit d'accès à l'information concerne en premier lieu les éléments permettant de décrire précisément les phénomènes dangereux et les risques auxquels des enjeux peuvent être exposés. Comme expliqué dans les commentaires relatifs à la description des ouvrages (rubrique 3), les informations détaillées dont la divulgation serait de nature à porter atteinte à la sécurité publique ou éventuellement dévoiler un secret industriel et commercial¹ peuvent trouver leur place dans des annexes explicitement identifiées comme confidentielles par le rédacteur de l'étude de dangers. De ce point de vue, la communicabilité de l'étude de dangers ne doit pas constituer un obstacle à la remise des éléments détaillés permettant au service de contrôle d'appréhender correctement les ouvrages décrits et l'analyse de leurs défaillances.

¹ On entend par secret industriel et commercial : le secret des procédés (notamment les activités de recherche et développement), des informations économiques et financières et des stratégies commerciales.

Guide de lecture du contenu de l'étude de dangers

0.- Résumé non-technique de l'étude de dangers

Le résumé non technique est présenté sous une forme didactique et est illustré par des éléments cartographiques, de manière à favoriser la communication de l'étude à des non-spécialistes et à permettre une appréciation convenable des enjeux.

Le résumé évoque la situation actuelle de l'ouvrage résultant de l'analyse des risques, illustre, en termes de dommages aux biens et aux personnes, la gravité des accidents potentiels qui sont étudiés, fournit une évaluation de la probabilité d'occurrence de ces accidents et présente les principales mesures qui ont été prises pour réduire les risques ou qui sont prévues à court ou moyen terme. Dans ce dernier cas, le résumé précise le calendrier prévu pour la mise en œuvre de ces mesures et indique celles qui sont prises immédiatement à titre conservatoire.

Commentaire :

Il convient de s'assurer du caractère « non-technique » des informations qu'il contient. Les termes techniques doivent être expliqués. Par exemple, l'emploi de matrices de criticité à ce stade du document, que ce soit pour décrire la situation existante ou pour expliciter les axes de progrès (mesures de réductions des risques) doit être accompagné d'explications pour les rendre compréhensibles.

On doit pouvoir trouver un bon équilibre entre rédaction suffisamment communicante et portée des informations que le résumé peut contenir (cas d'informations facilement utilisables et déformées sorties de leur contexte).

Il est important de vérifier que le résumé ne contient pas d'information nouvelle qu'on ne trouverait pas dans d'autres parties de l'étude.

Le résumé non technique doit être considéré comme le premier vecteur de communication externe de l'étude de dangers. Ceci impose un style de rédaction et de contenu de façon à dire l'essentiel sans être inutilement anxiogène. Le volume du résumé non-technique ne devrait idéalement pas dépasser une dizaine de pages.

1.- Renseignements administratifs

Cette rubrique contient l'identification du concessionnaire ou du propriétaire de l'ouvrage et, s'il est différent, de l'exploitant. L'identification des rédacteurs et des organismes ayant participé à l'élaboration de l'étude de dangers est également indiquée.

Elle mentionne par ailleurs les références du titre de concession ou d'autorisation dont relève l'ouvrage, les caractéristiques de ce dernier qui sont visées [...] à l'article R. 214-112 [...] du code de l'environnement et, s'il y a lieu, la référence de la décision de classement prise par le préfet en application de l'article R. 214-114 de ce même code.

Commentaire :

Il est évidemment souhaitable qu'il n'y ait qu'un responsable unique pour tous les aspects de la sécurité de l'ouvrage mais diverses organisations peuvent, en pratique, se rencontrer.

Les éventuels avenants aux décrets ou aux arrêtés d'attribution des concessions font également partie des références administratives attendues.

Le service de contrôle est invité à vérifier la cohérence des informations contenues dans cette rubrique avec les renseignements enregistrés dans le système d'information des ouvrages hydrauliques (SIOUH).

2.- Objet de l'étude

En faisant référence aux articles R. 214-115 à R. 214-117 du code de l'environnement et au présent arrêté, cette rubrique précise s'il s'agit d'une étude de dangers d'un ouvrage neuf, de la première étude de dangers demandée par le préfet pour un ouvrage existant (préciser l'échéance imposée pour sa restitution), de la mise à jour décennale d'une étude existante ou d'une étude complémentaire à la demande du préfet.

Par ailleurs, cette rubrique fait apparaître en tant que de besoin l'articulation de l'étude de dangers avec les autres démarches réglementaires qui concernent l'ouvrage. Dans le cas des ouvrages soumis aux décrets du 15 septembre 1992 et du 13 septembre 2005 susvisés, cette rubrique indique les éléments de l'étude de dangers qui peuvent servir de base à l'élaboration des plans particuliers d'intervention, à la vérification de leur validité et à leur remise à jour éventuelle.

Le périmètre de l'ouvrage, objet de l'étude de dangers, est par ailleurs délimité de manière explicite, accompagné éventuellement d'une carte. Pour un barrage, ce périmètre inclut a minima le barrage, ses ouvrages de sécurité (évacuateurs de crues, vidanges de fond...), la retenue et, s'il y a lieu, les canaux d'amenée.

(...)

Commentaire :

1^{er} § : pas de commentaire.

2^{ième} § : pour les barrages concernés, le service de contrôle peut s'assurer que les éléments d'analyse de risques déjà formalisée dans un dossier relatif à l'élaboration d'un plan particulier d'intervention sont bien repris et, si nécessaire, actualisés dans le cadre de l'étude de dangers (celle-ci incluant l'analyse de risques requise pour les dossiers PPI). Hormis le lien entre l'étude de dangers et le plan particulier d'intervention, l'exploitant de l'ouvrage peut être amené à préciser si son ouvrage est partie prenante à un plan de prévention des risques naturels (PPRN) ou encore à un plan de prévention des risques technologiques (PPRT).

3^{ième} § : il est important d'insister sur la prise en compte des organes de sécurité (vidange, évacuation des crues) et des éventuels bouchons de dérivation provisoire dans le périmètre du système étudié. Concernant les équipements de production (prises d'eau, usine hydroélectrique, conduites forcées, galeries, chambre de mise en eau...), il est légitime qu'ils ne soient pris en compte dans l'étude de dangers que s'ils sont susceptibles d'intervenir comme enjeux ou agresseurs externes pour le barrage et ses organes de sécurité. Une présentation détaillée de ces équipements est attendue soit dans la rubrique 3.2 (pour comprendre en quoi ils peuvent intervenir comme agresseur ou comme enjeu pour l'ouvrage), soit directement dans la rubrique 3.1 (si le rédacteur les a intégrés au périmètre de l'ouvrage ; dans ce dernier cas, ils font alors l'objet dans la suite de l'étude de dangers d'une évaluation des conséquences de leurs défaillances).

Une même étude de dangers peut le cas échéant concerner plusieurs ouvrages ; c'est notamment recommandé lorsqu'il s'agit de barrages classés A ou B autour de la même retenue. Les interactions entre ces différents ouvrages (modes d'exploitation, gestion des crues...) se doivent alors d'être précisées dans la rubrique 3 de l'étude. Le cas échéant, elle intègre les barrages de taille moins importante concernant la même retenue et qui peuvent alors être considérés comme des ouvrages annexes et pris en compte de la même façon qu'indiqué au paragraphe précédent.

3.- Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement

Commentaire :

Au-delà de l'analyse organique (décomposition d'un système selon ses organes), l'analyse fonctionnelle décompose un système selon les fonctions qu'il assure. Elle établit de façon systématique et exhaustive les relations fonctionnelles à l'intérieur et à l'extérieur d'un système.

Une fonction est définie comme les actions d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimés en termes de finalité (norme NF X 50-150, guide pour l'élaboration d'un cahier des charges, 1984). Au sens de la même norme, l'analyse fonctionnelle est alors définie comme une démarche qui consiste à recenser, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions.

Il convient donc d'identifier au travers de l'analyse fonctionnelle, les fonctions de sûreté et de sécurité assurées par les différents composants de l'ouvrage étudié.

3.1.- Description de l'ouvrage

L'ouvrage est décrit sous les aspects suivants : génie civil, fondation, vannerie, architecture générale de contrôle-commande et schémas généraux de l'alimentation électrique et des télécommunications. Le fonctionnement et les modes d'exploitation sont également présentés.

Le niveau de précision apporté aux descriptions et aux plans et schémas qui les accompagnent doit permettre d'identifier l'ensemble des composants de l'ouvrage qui sont pris en compte dans l'analyse des risques et d'en expliciter les fonctions. Ces composants peuvent intervenir soit comme sources potentielles de défaillances, soit comme outils de maîtrise des risques.

Pour un barrage, la retenue est également décrite, notamment en termes de volume, de surface et de cotes du niveau des eaux.

Commentaire :

La partie « description de l'ouvrage » couvre l'ensemble du système étudié dans l'étude de dangers. Cela englobe notamment la retenue, les ouvrages de sécurité (vannes, évacuateurs de crues, dispositif d'auscultation...) et les éventuels bouchons de dérivation provisoire, conformément au périmètre de l'ouvrage que le rédacteur a défini à la rubrique 2. Il faut veiller à ce qu'aucun composant essentiel et aucun mode d'exploitation ne soient oubliés à ce stade de l'étude car cela a un impact sur les risques identifiés ensuite à la rubrique 8 et associés à ces éléments. Il y a en effet une correspondance directe entre le niveau de détail retenu dans la présentation de l'ouvrage et la finesse de l'analyse de risques.

L'analyse fonctionnelle de l'ouvrage recense les différents composants de l'ouvrage sans oublier leurs fonctions ainsi que leurs relations les uns par rapport aux autres. Cette présentation (textes et schémas adaptés) doit permettre au service de contrôle :

- d'identifier et de localiser sur l'ouvrage les différents composants cités dans l'étude, en particulier dans l'accidentologie (rubrique 7), l'analyse des risques (rubrique 8) et l'étude de réduction des risques (rubrique 9) ;
- de comprendre l'incidence liée à la perte de fonctions assurées par un ou plusieurs composants (identification des modes de défaillance du système, réalisée à la rubrique 8) ;
- de comprendre les choix technologiques effectués (notamment en ce qui concerne les organes mécaniques complexes ou encore les automates et les boucles de contrôle-commande) ou les principes de redondance prévus (par exemple, concernant la mesure de la cote d'un plan d'eau, les chemins de câbles électriques, le renvoi d'alarmes vers des agents, les systèmes d'étanchéité, les dispositifs de drainage, l'éclairage du parement ou d'autres composants de l'ouvrage...).

De ce point de vue, le niveau de détail retenu permet notamment de mettre en évidence les différentes sources d'énergie possibles (réseau électrique, groupe électrogène fixe ou mobile, batterie, actionnement manuel...), les principaux composants d'une chaîne cinématique mobilisée lors de la manœuvre d'une vanne (centrale hydraulique, moteur, vérin, treuil et chaînes, ...) ou ceux impliqués dans une boucle de contrôle-commande (capteurs, unités de traitement, modes de transmissions d'informations et actionneurs). En outre, dans le reste de l'étude de dangers, il permet une évaluation des barrières de sécurité mises en évidence comme cela peut être réalisé dans le domaine des ICPE sur la base de référentiels comme l'Oméga 10 et l'Oméga 20 (cités en annexe 3).

Dans cette logique, on doit obligatoirement retrouver dans cette rubrique une description de tout composant dont la défaillance est étudiée comme événement initiateur, événement redouté central ou faisant l'objet d'un retour d'expérience particulier ainsi que toute barrière de sécurité permettant de maîtriser ou de réduire les risques présentés dans l'étude.

Pour des raisons de confidentialité que le responsable d'ouvrage devra être en mesure d'expliquer, les descriptions peuvent ne pas indiquer la localisation ou la constitution précises de tel ou tel système de l'ouvrage et être remplacées dans le corps de l'étude de dangers par des éléments simplifiés. Dans ce cas, le détail est à fournir dans des annexes explicitement identifiées comme confidentielles par le rédacteur (cf. préambule).

La capacité de l'évacuateur de crues doit être explicitée, ainsi que son mode d'évaluation (calcul, modèle réduit...) en lien avec les données contenues dans la rubrique 6 et pour les différentes cotes de retenue citées dans le document. Il est important d'insister également sur la nécessité que les ouvrages permettant d'assurer l'évacuation des crues fassent l'objet d'une description particulièrement détaillée. Il s'agit de systèmes plus ou moins complexes pouvant aller d'un simple seuil déversant jusqu'à des pertuis vannés dont la chaîne cinématique, les sources d'alimentation possibles et les boucles de contrôle-commande sont autant d'éléments à détailler pour en étudier ensuite les défaillances potentielles à la rubrique 8. Une analyse approfondie des systèmes d'évacuation des crues est un des éléments-clés d'une bonne étude de dangers.

La description des différents organes vannés mentionne également si des lâchers d'alerte sont définis en application de la circulaire interministérielle du 13 juillet 1999 relative à la sécurité des zones situées à proximité ainsi qu'à l'aval des barrages et aménagements hydrauliques, face aux risques liés à l'exploitation des ouvrages. Ces lâchers sont généralement conçus en tenant compte de la présence possible d'enjeux dans le cours d'eau ou à proximité de celui-ci (sites critiques à présenter à la rubrique 3.2). Le cas échéant, l'hydrogramme des lâchers d'alerte est à intégrer à l'étude de dangers. Ces éléments servent notamment à apprécier à la rubrique 8 les conséquences liées à des situations de non-respect de ces lâchers, qu'il s'agisse par exemple de scénarios de rupture ou d'ouverture intempestive.

Concernant le dispositif d'auscultation, les différents appareils en place et les périodicités de mesures associées doivent être rappelées (en lien avec la description des consignes de surveillance fournie à la rubrique 4). Dans le cas des barrages classés A, le jugement global porté sur la pertinence de l'ensemble du dispositif d'auscultation trouve sa place en priorité dans la revue de sûreté (dans le cadre du bilan décennal sur l'auscultation) ; au besoin, ceci ne doit pas empêcher une étude de dangers de se prononcer aux rubriques 7 à 9 sur l'inadéquation éventuelle d'une barrière de sécurité qui reposerait en partie sur l'auscultation effectuée. Les barrages de classe B sont dépourvus de revue de sûreté mais répondent à une logique similaire : l'analyse critique du dispositif d'auscultation doit pouvoir être assurée par l'ensemble « étude de dangers / rapports d'auscultation », l'étude de dangers s'attachant plus particulièrement dans la rubrique 8 à évaluer l'efficacité d'une barrière existante.

Cette rubrique est également censée inclure une description de la fondation du barrage et des berges de la retenue, dans la mesure où ces éléments peuvent jouer un rôle dans la stabilité de l'ouvrage ou sont susceptibles d'être affectés par l'ouvrage ou son fonctionnement (par exemple : stabilité des berges lors de mouvements du plan d'eau...). Des données géologiques et géotechniques complètent la partie descriptive.

L'inventaire des études existantes relatives au dimensionnement et à la vérification de la stabilité des ouvrages fait partie des éléments attendus dans cette rubrique. Le service de contrôle pourra vérifier que ces études y sont correctement référencées et couvrent bien d'une part la structure du barrage mais aussi ses organes de sécurité. En revanche, l'analyse critique des situations de projets traitées dans ces études et de la pertinence des méthodes de calculs utilisées est du ressort de la rubrique 8 de l'étude de dangers ; cette dernière est en effet amenée à identifier des scénarios de défaillance et des situations accidentelles vis-à-vis desquels les études existantes peuvent éventuellement nécessiter des mises à jour pour prendre en compte des cas de charges qu'elles n'auraient pas étudiés.

Dans le cas particulier des ouvrages présentant un linéaire important (pour fixer les idées, au-delà d'1 km de longueur), la description nécessite une décomposition des ouvrages en tronçons homogènes (hauteurs d'ouvrage, profil en travers, nature des matériaux, type de fondation...) qui permet de mener à la rubrique 8 une analyse des modes de défaillance propres à chaque tronçon ainsi défini.

Dans le cas particulier des ouvrages neufs ou des ouvrages devant faire l'objet de modifications ou de réparations, l'analyse fonctionnelle et la description de l'ouvrage concernent à la fois l'ouvrage au moment de la rédaction de l'étude de dangers mais aussi l'ouvrage futur. Le cas échéant, les états intermédiaires de l'ouvrage pendant les phases de travaux sont également décrits et analysés. Si les travaux et la configuration finale de l'ouvrage ne sont pas clairement définis au moment de la rédaction de l'étude de dangers, leur description et l'analyse des risques correspondants peut être effectuée ultérieurement (à intégrer au dossier de demande d'autorisation des travaux).

Pour les barrages de classe A, les éléments de description présents dans une étude de dangers et dans une revue de sûreté peuvent être les mêmes dans la mesure où ils constituent une base commune servant de point de départ à deux réflexions différentes : d'une part une analyse des modes de défaillance des composants et des barrières décrits (c'est l'étude de dangers) et d'autre part un bilan d'état et de comportement des composants et des barrières (ce qu'inclut la revue de sûreté).

La description du ou des ouvrages est clairement une des étapes essentielles exigée dans une étude de dangers et fait l'objet d'un processus de mise à jour au moins décennale. Dans un souci de simplification et de cohérence des informations disponibles pour les barrages des classes A et B, une description des ouvrages correctement réalisée

dans l'étude de dangers doit pouvoir servir de description de référence pour accompagner divers documents réglementaires à remettre périodiquement à l'administration (consignes, rapports de visites techniques approfondies, rapport de surveillance, revue de sûreté...).

3.2.- Description de l'environnement de l'ouvrage

Le niveau de précision apporté aux descriptions doit permettre de prendre en considération, dans l'analyse des risques de l'ouvrage, les éléments relatifs à l'environnement naturel du site, aux habitations, aux activités et aux diverses infrastructures, que ce soit comme facteur d'agression pour l'ouvrage ou comme enjeu potentiel. Les équipements d'exploitation (usine, conduites, chambre de mise en eau...) sont décrits dans l'étude de dangers dès lors qu'ils peuvent se comporter comme agresseur externe de l'ouvrage.

Commentaire :

Comme pour la rubrique 3.1, le service de contrôle doit pouvoir retrouver une correspondance directe entre le niveau de détail de l'analyse de risques et celui de la présentation de l'environnement de l'ouvrage. En particulier, la description des éléments pouvant se comporter comme des agresseurs externes du système étudié doit être suffisamment fine pour comprendre leurs éventuelles défaillances et en quoi le(s) phénomène(s) dangereux qu'ils impliquent peuvent affecter ou non l'ouvrage étudié.

L'environnement de l'ouvrage recouvre :

- les terrains surplombant l'ouvrage qui peuvent être le point de départ de glissements, éboulements, avalanches... ayant un impact sur la retenue ou le barrage ;
- les éventuels aménagements destinés à limiter ces glissements, éboulements ou avalanches ;
- le bassin versant en amont de l'aménagement, en prenant en compte notamment sa morphologie (géologie, superficie, pente, longueur et nombre de cours d'eau, type de végétation, ...) ;
- les autres ouvrages hydrauliques situés à l'amont qui peuvent notamment constituer des agresseurs externes en cas de rupture, ou à l'aval dès lors qu'ils constituent des enjeux pour cet ouvrage. Il convient alors d'en rappeler les principales caractéristiques (en particulier les types de barrages, leur hauteur et leur volume de retenue), utilisées dans le reste de l'étude de dangers pour évaluer les scénarios d'accidents impliquant potentiellement plusieurs barrages ;
- les voies d'accès au barrage et aux différents ouvrages de sécurité ;
- les habitations, activités et infrastructures diverses situées tant à l'amont qu'à l'aval de l'ouvrage, qui peuvent être affectées en cas de rupture du barrage ou de défaillance d'un de ses organes ou qui peuvent le cas échéant avoir un impact sur le barrage.

Habitations, activités et infrastructures diverses recouvrent :

- les activités industrielles, agricoles, touristiques et halieutiques,
- les infrastructures de transport (routes, ponts, voies ferrées, canaux...),
- les bâtiments et les habitations (occupés à titre permanent ou temporaire),
- les sites critiques identifiés à partir de la fréquentation du cours d'eau (à localiser sur une carte). On entend par site critique une zone pour laquelle les enjeux qui s'y trouvent sont vulnérables vis-à-vis d'un lâcher d'eau courant, provenant du barrage ou d'un de ses organes de sécurité (cf. également la circulaire interministérielle du 13 juillet 1999 précédemment citée).

L'attention du service de contrôle est appelée sur le fait que le nombre et la nature des enjeux identifiés peuvent (ou ont pu) intervenir dans une éventuelle décision de sur-classement d'un barrage de B vers A ou de C vers B.

Le service de contrôle s'assurera que l'environnement à l'aval décrit dans l'étude de dangers correspond au moins à une zone équivalente à la zone d'inondation spécifique qui est définie dans l'arrêté du 22 février 2002 rappelé dans les textes en référence dans le présent guide. A l'amont, il convient de s'assurer que la zone décrite englobe tous les facteurs d'agression. De ce point de vue, la description amont ne doit pas se limiter par exemple à un unique barrage soumis à plan particulier d'intervention quand d'autres barrages de tailles plus modestes pourraient eux aussi être des agresseurs pour le barrage étudié (cf. également annexe 4).

Il convient de s'assurer que les méthodes utilisées pour la description et l'estimation du nombre des personnes exposées sont présentées dans l'étude de dangers.

A titre d'information du service de contrôle et pour lui permettre de se familiariser avec ces méthodes dans l'hypothèse où le responsable du barrage les aurait utilisées pour l'étude de dangers, il existe des méthodes simplifiées s'appuyant sur une décomposition de l'espace en ensembles homogènes repérables sur un plan dont on peut déterminer la surface ou la longueur (établissements recevant du public, zones habitées, zones industrielles, commerces, campings, terrains non bâtis, voies de circulation...) et une estimation majorée du nombre de personnes à l'hectare selon le type de zone (en décomposant par exemple selon des ensembles du type « rural / habitat très peu dense », « semi-rural », « urbain », « urbain dense »). Pour les zones industrielles, on se réfère aux effectifs des diverses entreprises présentes sur la zone avec une indication de la nature des activités (plate-forme chimique, centrale nucléaire, activités variées...).

L'attention est attirée sur l'existence de la base de données CORINE Land Cover pour une présentation globale de l'environnement, notamment à l'aval des ouvrages. Cette base de données permet de représenter l'occupation du sol selon une nomenclature standard hiérarchisée à 3 niveaux et 44 postes répartis selon 5 grands types d'occupation du territoire, dont notamment les postes Tissu urbain continu, Tissu urbain discontinu, Zones industrielles et commerciales, Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés, Zones portuaires, Aéroports, Extraction de matériaux, Décharges, Chantiers. Les données sont téléchargeables gratuitement depuis le site web du MEDDE. Par ailleurs, la couche cartographique Corine Land Cover est désormais accessible également depuis le site web Géoportail.

Par ailleurs, d'autres méthodes peuvent être également utilisées et adaptées aux ouvrages hydrauliques, comme par exemple la fiche 1 « Éléments pour la détermination de la gravité des accidents » de la circulaire MEEDDM du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

4.- Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité (SGS)

En s'appuyant sur la description réglementaire de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage, cette rubrique présente la politique de prévention des accidents majeurs mise en place par le responsable de l'ouvrage mentionné au I de l'article R. 214-115 du code de l'environnement ainsi que le système de gestion de la sécurité qui en découle, au moment de l'établissement de l'étude de dangers :

- l'organisation de ce responsable et des éventuelles autres entités impliquées pour ce qui concerne les aspects liés à la sécurité (y compris les relations contractuelles pouvant lier le propriétaire et l'exploitant en termes de gestion de la sécurité...), en décrivant les fonctions des personnels aux différents niveaux hiérarchiques ;
- la définition des principales procédures qui encadrent l'identification et l'évaluation des risques d'accidents majeurs, la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances, la gestion des situations d'urgence et la gestion du retour d'expérience ;
- les dispositions prises par le responsable pour s'assurer en permanence du respect des procédures, auditer et réviser son système de gestion de la sécurité dans le cadre de son amélioration continue.

Commentaire :

C'est au travers de cette partie qu'apparaissent de façon détaillée le responsable de l'ouvrage en matière de sécurité ainsi que l'organisation sur laquelle il s'appuie (services internes et/ou sous-traitance). Il convient de s'assurer de la cohérence des informations contenues dans cette partie avec les renseignements donnés dans la rubrique 1. En particulier, le service de contrôle devra s'assurer de l'absence d'inadéquation manifeste entre les moyens mis en œuvre et la complexité de l'ouvrage et ses enjeux de sécurité.

Des compléments sur les notions de « politique de prévention des accidents majeurs » et de « système de gestion de la sécurité » sont présentés en annexe 2.

Cette rubrique est essentielle pour appréhender correctement les aspects organisationnels garantissant la pertinence ou la fiabilité des barrières de sécurité identifiées dans l'analyse de risques. A noter d'ailleurs que beaucoup de barrières de sécurité identifiées correspondent à des systèmes technico-organisationnels. La présente rubrique complète donc les éléments de description technique normalement fournis à la rubrique 3.1.

Sur de nombreux ouvrages, il faut souligner que différents moyens (formations, organisation, consignes, auscultation...) existent déjà sans qu'ils aient été associés jusqu'alors à la notion de système de gestion de la sécurité. Concernant les consignes et la description de l'organisation mise en place par l'exploitant, on rappelle que leur existence est spécifiquement prescrite par l'article R. 214-122 du code de l'environnement.

Afin de pouvoir juger de la validité des documents et des organisations mentionnés au regard des risques étudiés dans la suite de l'étude (rubriques 8 et 9), il est primordial que cette rubrique ne s'en tienne pas à des discours trop généraux : ce qui est spécifique à l'aménagement doit être explicité, en faisant notamment apparaître les dates et versions des documents cités.

Les consignes en application sont listées dans le SGS : le service de contrôle doit pouvoir retrouver dans la rubrique 4 des éléments portant sur des actions ou des organisations précises qui contribuent directement au bon fonctionnement de barrières de sécurité identifiées dans l'étude de dangers. Par ailleurs, à la rubrique 8, la cotation de l'efficacité de barrières liées à des actions de surveillance intègre un jugement sur la bonne adéquation de ces mesures au besoin de suivi de l'ouvrage.

Il est également important de souligner que le SGS doit comporter un volet formation du personnel sur les domaines principaux ayant trait à la sûreté (auscultation, conduite en crues...), identifiés comme tels par la suite de l'étude comme participant à la réduction des risques et nécessitant un niveau de compétence adapté des agents selon leur niveau hiérarchique, leur niveau d'intervention sur l'ouvrage et leur service de rattachement.

Dans les cas des systèmes complexes (par exemple, barrages en chaîne), la description de l'organisation mise en place peut dépasser celle concernant le seul barrage objet de l'étude de dangers.

5.- Identification et caractérisation des potentiels de dangers

L'étude de dangers prend en compte l'ensemble des potentiels de dangers des différents composants de l'ouvrage, du fait de leur présence ou de leur fonctionnement.

Pour les barrages, les potentiels de dangers à considérer résultent essentiellement de la libération de tout ou partie de l'eau de la retenue, suite :

- à une rupture partielle ou totale de l'ouvrage ;
- à un phénomène gravitaire rapide affectant la retenue ;
- à un dysfonctionnement d'un de ses organes ;
- à une manœuvre d'exploitation.

(...)

Au-delà de l'énergie correspondant à la libération de l'eau stockée par l'ouvrage étudié, les éventuels autres potentiels de dangers sont identifiés et caractérisés.

Commentaire :

Les potentiels de dangers constituent une donnée d'entrée fondamentale de l'analyse des risques et servent en particulier à l'élaboration de la rubrique 8 (cf. commentaires aux §§ 8.-II et 8.-III) ; le service de contrôle s'assurera que l'étude de dangers prend bien en compte l'ensemble des potentiels de dangers de l'ouvrage, du fait de leur présence ou de leur fonctionnement.

Leur identification et leur caractérisation sont propres à l'ouvrage étudié. Toutefois, d'une façon générale, ils sont liés à la quantité d'eau (et l'énergie potentielle) que l'ouvrage peut libérer.

Il est normal que le contenu de cette rubrique soit bref mais il doit a minima comporter les informations sommaires demandées ci-après. En résumé, les informations attendues portent sur une estimation des volumes d'eau (derrière tout le barrage, derrière une vanne donnée, etc.), de la section par laquelle ils peuvent être libérés et de la cinétique d'ouverture de cette section (brutale ou graduelle). En tous les cas, il faut que pour chacun des

événements décrits dans la suite de l'étude de dangers soient indiqués la quantité d'eau libérée et la cinétique (la taille du « trou », la vitesse, le débit...).

Pour chaque potentiel de dangers identifié dans l'étude, le service de contrôle s'assurera ainsi que le volume d'eau mis en jeu est cohérent avec le scénario qui lui correspond et qui est identifié dans la rubrique 8 (cf. commentaire au § 8.-II). A titre d'exemple :

- le volume de la retenue ;
- le volume de la tranche d'eau située derrière une vanne de surface ou une vanne de fond ;
- le volume d'eau pouvant être libéré par surverse suite à un glissement de terrain dans la retenue.

Ces volumes sont évidemment susceptibles de variation en fonction du cas hydraulique (crue, étiage, ...).

Au-delà du volume libérable, le potentiel de dangers est fortement conditionné par le temps que mettra ce volume à se libérer. Ce temps est fonction d'une part des dimensions de la section de l'ouvrage qui va libérer le volume d'eau :

- effacement de la section entière du barrage ;
- effacement d'une section partielle du barrage (brèche) ;
- effacement d'une digue de col d'un barrage ;
- effacement de plusieurs clapets (ou vannes) ;
- effacement d'un seul clapet (ou vanne).

Ce temps dépend d'autre part de la cinétique du mécanisme considéré :

- effacement instantané de l'ouvrage ou d'un organe (clapet, vanne) ;
- ou effacement progressif dans le temps.

Ces trois paramètres, volume d'eau libérable, taille de la section effacée, cinétique de l'ouverture de cette section, jouent un rôle fondamental pour évaluer le débit de pointe et l'hydrogramme de la crue provoquée, dont on étudie ensuite la propagation de l'onde. Cf. § III du commentaire de la rubrique 8.

Outre le volume d'eau libérable, il est également important dans certains cas d'identifier et de caractériser les éventuels autres potentiels de dangers.

6.- Caractérisation des aléas naturels

Cette rubrique traite des aléas naturels, notamment les crues, les séismes, les risques de mouvements de terrain et les risques d'avalanche ainsi que, pour ce qui concerne les digues, les érosions de berges et les évolutions morphologiques du lit. Les méthodes utilisées pour caractériser ces aléas sont conformes aux règles de l'art et s'appuient sur des données récentes. La présentation de ces aléas comprend une caractérisation de l'ampleur des phénomènes et de leur incidence potentielle sur l'ouvrage.

Sont présentés les résultats d'une étude hydrologique et, si nécessaire, des autres risques ayant une influence hydraulique (notamment houle et marées). Il s'agit soit d'une étude nouvelle, soit d'une étude existante dont le rédacteur de l'étude de dangers justifie la validité. Celle-ci est complétée par l'estimation de la probabilité d'occurrence de la crue ou des autres phénomènes naturels susceptibles de mettre l'ouvrage en danger.

Les cotes atteintes sont déterminées, dans le cas des barrages en remblais, pour les crues de période de retour 10 000 ans et, dans le cas des autres barrages, pour les crues de période de retour 1 000 ans et 5 000 ans. Toutefois, pour certains types d'ouvrages, cette période de retour pourra être limitée, par exemple à 1 000 ans, si, pour une crue supérieure, la présence de l'ouvrage n'apporte pas de risque supplémentaire significatif.

Commentaire :

Le service de contrôle trouvera dans cette rubrique tous les aléas naturels possibles pour le barrage ainsi que les situations éventuelles liées à ces aléas dans lesquelles l'exploitant ne peut plus garantir la stabilité de l'ouvrage. Il faut remarquer que l'étude de dangers peut être amenée à décrire les niveaux de risques associés à des événements pour lesquels l'ouvrage n'a pas été conçu à l'origine. Pour autant, elle n'a pas pour fonction d'imposer des redimensionnements systématiques d'ouvrages pour ces mêmes événements.

Le service de contrôle s'assurera que tous les aléas cités dans l'annexe de l'arrêté du 12 juin 2008 ont été étudiés, quand bien même il apparaîtrait *in fine* que l'ouvrage n'est pas concerné. Le service de contrôle disposera d'un pouvoir d'appréciation pour les autres aléas naturels qui ne sont pas cités : la foudre, le gel, le vent, la neige...

Le service de contrôle s'assurera également que les aléas naturels sont étudiés à l'aide de méthodes conformes aux règles de l'art lorsqu'il en existe (voir exemples en annexe 3).

En ce qui concerne les séismes, les études d'aléa sismique existantes doivent être citées (dates et références précises) avec rappel des résultats, des hypothèses et des principales données utilisées. On peut également trouver des études « proches » ou une carte générale d'aléa tirée par exemple du zonage sismique français délimité par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010. Le cas échéant et en attendant la parution d'un arrêté technique ad hoc, l'étude de dangers peut situer l'aléa sismique au regard des propositions faites par le groupe de travail « risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques ». En revanche, il n'est pas acceptable que cette rubrique se limite au simple classement réalisé à partir des conclusions du groupe de travail ministériel « classification des barrages vis-à-vis des séismes » publiées en 2003 ; les études particulières (aléa sismique du site, risques de glissements de terrain) ayant permis d'obtenir ce classement devraient être citées.

En matière d'hydrologie, comme pour les séismes, il faut veiller à ce que soient indiquées la date et la référence précise de l'étude hydrologique la plus récente (avec rappel des hypothèses et données fondamentales) servant de référence pour les débits des cours d'eau concernés par l'étude de dangers ; sont donc concernés également des cours d'eau sur lesquels ne se situent pas nécessairement le barrage étudié, par exemple s'ils sont atteints par un phénomène dangereux issu de barrages collinaires ou encore s'ils ont une confluence avec le cours d'eau principal du barrage. Il faut veiller également à ce que la rubrique 6 se prononce de manière argumentée sur la validité de l'étude hydrologique citée à la date de réalisation de l'étude de dangers (avis d'un hydrologue). Par ailleurs, il est utile que les différents débits de crues estimés soient donnés clairement dans cette rubrique, notamment ceux qui peuvent servir d'éléments de comparaison dans la suite de l'étude de dangers ; c'est souvent le cas par exemple pour le débit instantané d'une crue décennale ou centennale. De la même manière, si elles sont citées à la rubrique 8, les crues extrêmes doivent être décrites.

Il est important de rappeler qu'il est notamment attendu à partir des données hydrologiques une estimation des cotes de retenue atteintes pour les différents débits de crue énumérés dans l'annexe de l'arrêté du 12 juin 2008 (complété par l'arrêté technique déjà évoqué ci-dessus) et celles citées dans le reste du document. Les justifications de ces cotes comportent généralement :

- une indication sur les hydrogrammes pris en compte,
- une explication détaillée des hypothèses retenues,
- les résultats d'une simulation de la consigne d'exploitation du barrage en période de crue sur la base de cette étude avec différents modes de fonctionnement dégradés de l'ouvrage (tenant compte notamment d'éventuelles situations de maintenance avec par exemple présence de batardeaux sur certaines parties de l'ouvrage ou fonctionnements partiels d'un organe mobile),
- une indication sur la prise en compte du fonctionnement ou non de l'évacuateur de crues (non-ouverture de la vanne de l'évacuateur de plus forte débitance),
- une indication sur la prise en compte ou non du laminage de la retenue.

La mention « susceptibles de mettre l'ouvrage en danger » incluse dans le texte de la rubrique 6 de l'annexe de l'arrêté peut s'appliquer à certains phénomènes naturels, comme par exemple ceux rencontrés dans les cas suivants :

- une crue qui provoque la surverse sur un barrage en terre, sur le noyau d'un barrage en enrochements ou sur la crête d'un barrage en enrochements à masque ;
- une crue au-delà de laquelle la stabilité n'est pas démontrée pour un barrage poids ou un barrage-voûte ;
- un séisme au-delà duquel la stabilité n'est pas démontrée pour un barrage de type quelconque.

Les aléas naturels non-cités par l'arrêté (gel, vent, foudre, neige...) ainsi que les avalanches ne sont pas à négliger. Contrairement aux crues et aux séismes, leur caractérisation ne passe pas nécessairement par des études détaillées et des valeurs chiffrées. Elle peut être accompagnée d'une part de cartes générales d'aléas à l'échelle de la France mettant en évidence différentes zones en fonction du nombre de jours de gel par an, des vitesses de vent moyennes ou atteintes à l'occasion d'épisodes de tempêtes, des emprises maximales d'avalanches connues (couche cartographique accessible sur le site web Géoportail) tirées de l'enquête permanente sur les avalanches (EPA) et de la carte de localisation des phénomènes d'avalanche (CLPA), etc. D'autre part, les informations généralement disponibles ne permettent pas d'exclure au stade de la rubrique 6 ces aléas pour le reste de l'analyse de risques : il est donc attendu une approche plus qualitative dans le cadre de la rubrique 8 où on peut s'intéresser à la sensibilité de différents composants à ces aléas. La foudre et le gel peuvent avoir par exemple une incidence sur le bon fonctionnement de matériels électromécaniques (notamment de barrières de sécurité), la neige peut provoquer des coupures de lignes (énergie électrique ou télécommunications), le vent peut générer des chutes d'arbres (coupure des accès au barrage, risques d'embâcles) et des phénomènes de vagues. Une avalanche peut générer selon son ampleur des vagues et même une expulsion de l'eau du réservoir.

Pour chacun des aléas étudiés, une synthèse des défaillances qu'ils ont déjà pu entraîner peut être présentée à la rubrique 7 et les données correspondantes réinjectées dans l'analyse de risques à la rubrique 8.

7.- Etude accidentologique et retour d'expérience

Cette rubrique décrit les défaillances, accidents, incidents et évolutions lentes survenus sur l'ouvrage. Elle décrit également les scénarios d'événements de même nature ayant concerné d'autres ouvrages que celui objet de l'étude de dangers dès lors que le responsable mentionné au I de l'article R. 214-115 du code de l'environnement en a eu connaissance.

Pour les barrages, les événements décrits sont ceux mettant en cause notamment le génie civil, les organes d'évacuation des eaux, le contrôle-commande, les télécommunications ou l'alimentation électrique ainsi que les événements mettant en cause l'exploitation de l'ouvrage.

(...)

Cette rubrique mentionne également les événements particuliers survenus sur le site tels que les crues d'importance significative et les séismes, y compris lorsqu'ils n'ont pas entraîné d'incident notable.

Pour tous ces événements, l'étude précise les mesures d'améliorations que leur analyse a conduit à mettre en œuvre.

Commentaire :

Le service de contrôle comparera utilement le contenu de cette rubrique, en ce qui concerne les accidents et incidents graves survenus sur l'ouvrage, avec les informations dont il dispose par ailleurs et qui ont été recueillies au fil de l'eau notamment au titre de la déclaration obligatoire de ce type d'événements (cf. arrêté interministériel du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration).

Les événements particuliers concernant des aléas naturels ne doivent pas être omis. Il s'agit d'abord des crues d'importance significative et des séismes connus par l'ouvrage. Le comportement de l'ouvrage à l'occasion de ces événements et les autres problèmes éventuellement rencontrés (notamment les difficultés ou les impossibilités d'accès à l'ouvrage) sont explicités. Une partie de ces éléments peut aussi apparaître dans le cadre de la rubrique 6 sur la caractérisation des aléas naturels.

Concernant l'accidentologie relative à d'autres barrages, la limite exacte de ce que l'exploitant doit utiliser et donc citer est difficile à fixer. Néanmoins, l'étude de dangers doit bien contenir d'une part des éléments d'accidentologie connue sur d'autres ouvrages présentant des similitudes avec le barrage étudié et d'autre part évoquer des accidents assez connus et avec des défauts initiaux potentiellement génériques. L'accès à ce type d'informations peut être particulièrement utile dans le cas de responsables d'ouvrages ayant un parc d'ouvrage relativement réduit et pouvant difficilement tirer un retour d'expérience entre leurs propres ouvrages. Au travers notamment de leurs expériences, de revues ou de sites web spécialisés ou encore de publications dans le cadre de la CIGB, les bureaux d'études agréés intervenant pour la réalisation d'études de dangers sont en mesure de

sélectionner des incidents ou des accidents pertinents, d'en présenter une analyse et d'expliquer le retour d'expérience (organisationnel et technique) qui peut en être tiré pour l'ouvrage étudié.

A titre d'information du service de contrôle et pour contribuer à l'identification de séquences accidentelles ou de mesures de maîtrise des risques dans le cadre de la rubrique 7, il faut souligner l'intégration progressive depuis 2010 d'événements relatifs aux ouvrages hydrauliques dans la base de données ARIA. Il s'agit d'une base accidentologique du MEDDE, gérée par le BARPI depuis 1992 et dont l'utilisation s'est généralisée à la plupart des études de dangers des ICPE. Pour les ouvrages hydrauliques, elle intègre désormais les EISH et certains PSH déclarés en application de l'arrêté du 21 mai 2010. Une consultation des résumés des événements qu'elle contient est possible via un accès web.

La simple énumération des incidents et accidents survenus sur l'ouvrage étudié ou sur d'autres ouvrages dans le monde ne suffit pas. Le service de contrôle veillera à ce que les données mentionnées sont bien exploitées pour le barrage étudié : il s'assurera que l'étude de dangers comporte bien une analyse détaillée des causes et des circonstances de ces événements. La connaissance de ces éléments est un préalable à l'identification de scénarios d'accidents et de mesures d'améliorations qui doivent être prises par le responsable de l'ouvrage pour réduire la probabilité qu'ils se reproduisent dans les mêmes conditions. Elle peut constituer également une aide à l'évaluation de l'intensité des phénomènes dangereux concernés.

Qu'il s'agisse de l'énumération ou de l'exploitation des données relatives à des accidents, un lien doit pouvoir être clairement établi entre les points cités dans cette rubrique et la façon dont ils sont intégrés dans la réalisation de l'analyse de risques (rubriques 8 et 9). Il faut veiller en particulier à ce que les situations accidentelles identifiées dans la rubrique 7 se retrouvent bien dans les scénarios identifiés à l'issue de l'analyse de risques. De la même manière, les éléments techniques et organisationnels mis en évidence dans cette rubrique doivent faire l'objet de descriptions respectivement dans les rubriques 3.1 et 4 : une bonne analyse fonctionnelle et une bonne description de l'ouvrage, de ses organes, de ses modes d'exploitation et des organisations en place doit permettre d'effectuer rapidement le lien entre les caractéristiques de l'ouvrage et les éléments analysés dans la présente rubrique.

Il est inversement inutile que la rubrique 7 évoque des statistiques mondiales d'accidents si elles ne présentent aucun lien avec l'ouvrage (par exemple, ruptures de barrages en béton quand l'analyse porte ensuite sur d'autres types d'ouvrages).

D'une façon générale, par l'intermédiaire de cette rubrique, le service de contrôle pourra évaluer la qualité du retour d'expérience effectué par le responsable du barrage. Si cette rubrique devait apparaître insuffisamment renseignée, hormis le cas théorique idéal où il ne se serait « rien passé » dans la vie antérieure du barrage, il y aurait lieu de s'interroger sur la pertinence ou l'efficacité de l'organisation mise en place par le responsable de l'ouvrage et décrite à la rubrique 4 de l'étude de dangers.

Lorsque l'étude de dangers concerne un ouvrage devant faire l'objet de travaux, voire un ouvrage neuf, la rubrique doit comporter une analyse des accidents ou incidents survenus pendant ces périodes particulièrement critiques pour les ouvrages.

8.- Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences

L'étude de dangers s'appuie sur une analyse des risques permettant d'identifier les causes, les combinaisons d'événements et les scénarios susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'un accident important. Ceux intrinsèques à l'ouvrage sont évalués en tenant compte de sa conception, de son dimensionnement, de son état et de son comportement, notamment sous l'effet des aléas recensés.

La méthode d'identification et d'analyse des risques, notamment les expertises mobilisées, les modes de représentation, les paramètres, les critères et les grilles de cotations utilisés pour évaluer les différents scénarios d'accident, fait l'objet d'une description détaillée.

Cette méthode est appliquée à chacun des scénarios envisagés.

Chaque accident potentiel est caractérisé par sa probabilité d'occurrence, l'intensité et la cinétique de ses effets et la gravité des conséquences pour la zone touchée. Une étude de propagation de l'onde sera fournie

pour l'accident correspondant à la rupture de l'ouvrage et, si nécessaire, pour d'autres accidents présentant un niveau de risque comparable.

En synthèse, les différents scénarios d'accident sont positionnés les uns par rapport aux autres en fonction de leur probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences, évaluée en termes de victimes humaines potentielles et de dégâts aux biens, en mettant en évidence les scénarios les plus critiques.

Commentaire :

Pour aboutir à une vision complète des risques du barrage, l'étude de dangers doit disposer de données d'entrées solides, en particulier d'une bonne analyse fonctionnelle (rubrique 3), et tenir compte à la fois d'études structurelles (risques intrinsèques), d'études systématiques des modes de défaillance (APR, AMDE, AMDEC...) et des combinaisons de défaillances ainsi que d'une étude des risques éventuels liés au fonctionnement courant des ouvrages définis dans le périmètre de l'étude de dangers.

Les rubriques 3 à 7 de l'étude de dangers constituent une part importante des données d'entrée utilisées dans le cadre de la présente rubrique 8. Dans cette dernière rubrique, qui est au cœur de l'étude de dangers, on décrit tout d'abord la méthode employée pour l'analyse des risques (cf. § I), on identifie les scénarios possibles de défaillance (cf. § II) et on en évalue la probabilité d'occurrence et les conséquences (cf. § III).

I.- Description et principes de la méthodologie utilisée

Le service de contrôle s'assurera que la méthodologie retenue dans l'étude de dangers pour analyser les accidents potentiels est explicitée. Le choix de la méthode d'analyse utilisée est libre, mais celle-ci doit être adaptée à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Cette partie descriptive de la méthodologie peut s'articuler de la manière suivante :

a) description théorique de la méthodologie d'identification et d'analyse des risques :

- type d'analyse employée, en précisant les méthodes de Sécurité de Fonctionnement mises en œuvre : Analyse Préliminaire des Risques (APR), Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et Criticité (AMDEC ; méthode d'analyse qui consiste à évaluer de manière systématique les effets de chaque mode de défaillance des composants d'un système et les répercussions de ces défaillances sur toutes les fonctions du système), ou autre méthode.
- définition des modes de représentation utilisés pour synthétiser les différents scénarios identifiés (arbres de défaillances, arbres d'événements, logigrammes de type « nœud papillon », etc.).

b) une explication de la mise en œuvre de la méthodologie :

- moyens mobilisés pour dérouler la méthodologie : nombre et composition des ateliers ou groupes de travail chargés de l'analyse des risques, personnels chargés de structurer les éléments issus de ces séances collectives ;
- définition des critères utilisés pour caractériser les différents accidents potentiels appliqués à l'ouvrage étudié, à savoir la cinétique et l'intensité pour caractériser les effets du phénomène dangereux associé à un événement redouté ainsi que la probabilité d'occurrence annuelle et la gravité des conséquences de l'accident associé au phénomène dangereux. Ces critères sont alors définis dans cette partie selon des classes, des grilles de criticité ou des valeurs références qui sont ensuite utilisées pour évaluer les différents scénarios pris en compte dans l'étude de dangers. Certains de ces critères peuvent également être évalués sur la base de modélisations (cf. § III-e), dont les méthodes, les données et les hypothèses de calcul sont présentées dans cette rubrique. Le service de contrôle s'assurera que les règles en matière de combinaisons de probabilités sont clairement explicitées, ne sont pas trop optimistes (par exemple, concernant le niveau d'indépendance des événements considérés) et n'omettent pas de prendre en compte des modes communs de défaillance évidents.

Sur la base du travail réalisé aux rubriques précédentes de l'étude de dangers, la méthodologie mise en œuvre doit montrer qu'elle permet d'identifier les causes possibles susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'un accident majeur et les scénarios de défaillances correspondants (combinaisons pouvant y mener). L'étude de dangers doit justifier que les conjonctions d'événements simples ont bien été prises en considération dans l'identification des causes d'accidents majeurs. Par ailleurs, le niveau de qualité de l'analyse de risques attendu à la rubrique 8 reste le même quelles que soient les informations accidentologiques disponibles pour réaliser la rubrique 7.

Concernant les méthodes d'analyse de risques étudiant avec une approche systématique les situations non sûres ou les modes de défaillance du système étudié, il est important d'insister sur la nécessité que la méthode employée soit décrite de manière claire : doivent être précisés les choix, cribles, grilles et méthodes de cotation, et notamment les liens entre les tableaux d'analyse de risques, l'identification d'Evénements Redoutés Centraux (ERC) et leur prise en compte dans des arbres de défaillances ou des logigrammes nœuds-papillons. Le service de contrôle pourra veiller à ce que l'étude apporte des garanties sur un certain niveau d' « exhaustivité » de l'analyse : aussi bien pour les composants étudiés (cf. rubrique 3) que pour la méthode de sélection des ERC.

Dans le cas où un site est couvert par plusieurs études de dangers (par exemple, dans le cas d'une retenue comportant plusieurs barrages soumis à étude de dangers ou dans le cas d'un barrage situé en amont d'un établissement soumis à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), d'un autre barrage ou d'une digue de protection des crues), le service de contrôle doit s'assurer que l'étude de dangers a été établie en cohérence avec les autres études de même nature. Dans ce type de situation, une attention particulière doit être portée aux effets dominos possibles. Il convient de rappeler que ces études sont publiques (cf. préambule).

II.- Détermination des scénarios de défaillance

II.-a) Généralités

Un scénario de défaillance est un enchaînement de circonstances internes ou externes au système étudié pouvant conduire à un ou plusieurs phénomènes dangereux. Pour un barrage, cela peut être la combinaison d'un mode de rupture et d'une circonstance (par exemple : renard à la cote de retenue normale ou en crue, renversement d'un barrage poids en crue ou à l'occasion d'un séisme). L'analyse des risques doit permettre d'identifier les scénarios susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'une libération non maîtrisée des eaux de la retenue ou du cours d'eau en crue (rupture totale ou partielle du barrage, rupture d'un organe mobile (clapet ou vanne) ou expulsion d'une grande quantité d'eau par un phénomène gravitaire rapide de type avalanche, gros éboulement, etc.)

On s'intéresse aussi bien aux risques d'origine externe à l'ouvrage (crues, séismes, glissement dans la retenue, évolution morphologique du cours d'eau, rupture d'ouvrage à l'amont dont le risque peut être apprécié par l'étude de dangers correspondante...) qu'aux risques intrinsèques à l'ouvrage et à sa fondation (perte de stabilité structurale, fatigue et vieillissement des matériaux et de la structure, développement de sous-pressions, érosion...). La localisation de la défaillance peut être aussi à considérer ; c'est par exemple le cas d'une « digue » de col d'une retenue qui débouche dans une autre vallée ou de barrages avec un linéaire important (exemple : digues le long d'un canal ou d'une voie fluviale considérées comme des barrages au sens de l'article R. 214-112 du code de l'environnement). Plusieurs exemples de modes de rupture sont également donnés à la fin de cette rubrique pour compléter l'identification des scénarios de défaillance, selon le type de barrage.

Par ailleurs, la prise en compte des conclusions des rapports d'auscultation et de surveillance de l'ouvrage peut également donner des indications sur les risques de défaillance en situation normale ou exceptionnelle.

A ce stade, l'ensemble des événements et combinaisons d'événements physiquement vraisemblables, même de probabilité faible voire très faible, est envisagé. Toutefois, il est légitime que ne soient pas pris en compte, sauf dans le cas particulier où le service du contrôle en aura fait une demande spécifique motivée, les événements exceptionnels par leur ampleur, leur rareté ou leur nature, du type chute de météorite ou chute d'aéronef.

Concernant la prise en compte du risque de rupture d'un ouvrage situé à l'amont, des précisions sont apportées en annexe 4.

Enfin, il convient d'être particulièrement vigilant dans le cas où une étude comporte une sélection de certains ERC : en particulier, attention aux affirmations rapides et non étayées sur la non-gravité des conséquences des ERC qui sont éliminés par la suite. Il pourra donc être vérifié que l'étude de dangers ne se contente pas d'étudier dans le détail un événement sélectionné a priori comme le plus pénalisant mais convainc le lecteur que les événements étudiés plus en détail sont représentatifs de l'ensemble des risques liés au barrage, le positionnement dans une grille « probabilité »/ « gravité » n'intervenant qu'ensuite. A minima, l'étude de dangers doit étudier les scénarios correspondant à la rupture du barrage et à la rupture ou l'ouverture intempestive d'organes hydrauliques susceptible de provoquer des surdébits à l'aval.

Cette partie de l'analyse des risques se conclut généralement par un tableau ou un arbre de défaillances. Le service de contrôle s'assurera de la cohérence des risques avec l'analyse fonctionnelle décrite dans la rubrique 3.

II.-b) Exemples de modes de rupture ou de circonstances pouvant être pris en compte pour l'identification des situations à risques

En fonction du mode de rupture, l'effacement du barrage est plus ou moins rapide. Il peut être de l'ordre de quelques secondes pour une voûte en béton rompant brusquement jusqu'à quelques heures pour un barrage en terre.

Dans le cas où on s'intéresse à la rupture d'ensemble d'un barrage, on considère généralement que la brèche se produit dans la zone où la section est la plus haute, au centre de la vallée. On peut aussi être conduit à considérer une brèche dans une « digue » de fermeture d'un col. Dans le cas d'un barrage présentant un linéaire important (exemple : digue le long d'un canal ou d'une voie fluviale, considérée comme un barrage au sens de l'article R. 214-112 du code de l'environnement), la brèche peut être positionnée en plusieurs endroits, et il convient dans l'étude des scénarios de défaillance de déterminer le ou les emplacements qu'il faut étudier.

Cas des barrages en béton ou en maçonnerie

Les ruptures des barrages poids se produisent par renversement ou par glissement d'un ou plusieurs plots. Ces mécanismes sont quasi instantanés. Pour les barrages à contreforts, il est possible d'imaginer qu'un seul plot s'efface instantanément. Mais il est ensuite raisonnable de penser que les autres plots s'effacent rapidement, comme un château de cartes. Pour les barrages-voûtes, l'effacement total et instantané est l'hypothèse la plus probable.

Finalement, par sécurité, on peut aussi considérer, au moins en première approche, une rupture instantanée et totale pour tous les barrages rigides, poids, contreforts et voûtes.

Cas des barrages en remblai

La rupture par surverse peut se produire pour un déversement faible par dessus la crête d'un barrage en terre, ou par-dessus le noyau d'un barrage zoné. Le mécanisme d'érosion régressive s'amorce alors à partir du parement aval et attaque ensuite la crête jusqu'à ce qu'une brèche soit ouverte. L'érosion se poursuit ensuite et agrandit cette brèche. Le phénomène peut durer de quelques minutes à quelques heures selon la granulométrie des matériaux, leur cohésion, le revêtement de la crête, la hauteur de la lame d'eau, etc. La rupture par renard peut être encore plus rapide une fois qu'elle est initiée, la pression étant généralement plus importante.

La rupture d'un barrage en remblai, est partielle. La modélisation qui peut en être réalisée par la suite (cf. § III) à partir de formules de transport solide, permet d'estimer une section de brèche, compatible avec le volume de la retenue ou le débit de la rivière.

De manière générale, quel que soit le mode d'érosion, la rupture d'un barrage en remblai est plus lente que celle d'un barrage en béton. On parle donc de rupture progressive par opposition à rupture instantanée. Cependant, même pour un barrage en remblai, une brèche peut se développer rapidement et donner naissance à une crue de débit de pointe bien supérieur et de temps de montée bien inférieur à ceux des plus fortes crues naturelles.

Tous types de barrages : ruptures d'organes mobiles, vannes ou clapets

La rupture d'un organe mobile peut être considérée comme instantanée.

Tous types de barrages : ruptures de bouchons

La rupture d'un bouchon de galerie de dérivation provisoire peut être considérée comme instantanée.

Tous types de barrages : expulsion partielle ou totale du volume d'eau par un phénomène gravitaire rapide

Un phénomène gravitaire rapide, tel qu'un écoulement rocheux ou une avalanche peut provoquer une vague qui se propage vers le barrage et provoque l'expulsion rapide d'un grand volume. De plus, la destruction par surverse est à redouter dans le cas d'un barrage en terre.

Tous types de barrages : indisponibilité des évacuateurs de crues et plus généralement des organes de sécurité

Les situations d'indisponibilités des évacuateurs de crues peuvent générer une hausse incontrôlée du niveau de la retenue, susceptible de générer une rupture du barrage ou de certains de ses organes mobiles. Elles peuvent aussi bien être causées par des défaillances techniques, humaines, organisationnelles que par des travaux ou des événements externes à l'ouvrage, comme par exemple le risque d'obstruction par embâcles (corps flottants). L'attention du service de contrôle est attirée sur la nécessité que ce type de défaillances soit clairement traité dans l'étude de dangers.

La retenue

Dans la retenue, la variation plus ou moins rapide du plan d'eau peut, dans les cas extrêmes, avoir des conséquences sur la stabilité des versants, susceptibles de devenir à leur tour une source de danger (pour des routes, pour des constructions, pour la retenue elle-même).

L'exploitation courante de l'ouvrage et de ses organes de sécurité

Sans qu'il s'agisse à proprement parler de scénarios de défaillance, l'exploitation courante est susceptible de générer des situations à risques, comme ont pu le mettre en évidence l'accident du Drac le 6 décembre 1995 (pour mémoire, 6 enfants et leur accompagnatrice ont péri noyés suite à un lâcher d'eau de 25 m³/s par les vannes d'évacuation des crues du barrage de Notre-Dame-de-Commiers alors que la classe traversait le lit du Drac dans une zone d'accès interdit) ainsi que plusieurs autres événements de type EISH. Il est attendu que de telles situations à risques soient répertoriées dans l'étude de dangers d'un barrage, en décrivant notamment les lieux identifiés comme critiques (dont la description peut figurer à la rubrique 3.2) et les actions menées pour diminuer les risques et le niveau de criticité de ces sites (lâchers d'alertes décrits à la rubrique 3.1 et actions du SGS présenté à la rubrique 4).

Il est important de rappeler que les situations à risques à l'aval d'une usine hydroélectrique, strictement liées au fonctionnement courant de celle-ci, ne rentrent pas dans le périmètre de l'étude de dangers du barrage.

II.-c) Précisions sur la détermination des scénarios relevant des risques intrinsèques à l'ouvrage

L'attention du service de contrôle est appelée sur le fait que l'étude des conditions de stabilité de l'ouvrage (le barrage et ses organes de sécurité) fait intégralement partie de l'étude de dangers. Il appartient au responsable de l'ouvrage de s'être assuré de la validité des justificatifs et notamment des hypothèses retenues. Pour un ouvrage existant, les caractéristiques des matériaux, les paramètres de calcul peuvent être calés sur le comportement observé du barrage. Si nécessaire, l'analyse peut être complétée par l'étude de la sensibilité des résultats à certains paramètres.

Dans cette logique, la rubrique 8 devrait comprendre en préambule du reste de l'analyse de risques un rappel précis des éléments de calculs de dimensionnement disponibles pour l'ouvrage (références d'études, rappel des résultats, des hypothèses et des données fondamentales prises en compte ; notamment les types de sollicitations étudiés) accompagné d'une analyse critique de ceux-ci. A ce titre, ce point est à considérer comme une donnée d'entrée fondamentale pour évaluer les risques de l'ouvrage.

Il appartient au service de contrôle de s'assurer de l'absence d'erreurs ou d'oublis manifestes dans les démonstrations et justifications apportées par le responsable de l'ouvrage. En l'absence de fait objectif avéré, il ne s'agit en aucun cas de remettre en cause la validité de ces justifications et, encore moins, de "refaire les calculs" à la place du responsable de l'ouvrage.

Pour un ouvrage ancien, les justificatifs (notes et hypothèses de calcul, caractéristiques des matériaux et de la fondation etc.) établis par les concepteurs du barrage peuvent ne pas être disponibles au moment où l'étude de dangers est établie ou reposer sur des éléments obsolètes. C'est la raison pour laquelle, l'étude de dangers peut provisoirement et à titre exceptionnel se limiter à une justification sommaire de la stabilité par une approche simplifiée dont l'adéquation et les modalités doivent être examinées par le service du contrôle et son appui technique mais dont le responsable de l'ouvrage s'assure préalablement de la validité. L'étude de dangers indique alors le délai de réalisation des études complémentaires correspondantes. En l'absence d'éléments, il est donc primordial qu'à minima l'étude de dangers pointe du doigt l'absence de notes de calculs disponibles et mette en évidence la nécessité que de telles notes soient produites pour permettre d'avoir une vision complète des risques liés à l'ouvrage.

De ce point de vue, l'utilisation de barrières de sécurité très hypothétiques de type « bonne conception et bonne réalisation » sans autre argumentaire n'est pas acceptable.

Par ailleurs, les pathologies connues pour le barrage (gonflement, voûtes larges...) sont aussi à prendre en compte dans l'étude de dangers. Même si celles-ci ne se prêtent pas toutes aux méthodes classiques d'analyse de risques, l'évaluation des risques qui y sont liés ne doit pas être occultée et peut au moins être qualitative.

Enfin, il est important de souligner qu'une analyse de risques faisant l'impasse sur les risques intrinsèques et basée exclusivement sur une étude systématique de modes de défaillances (de type APR, AMDE ou AMDEC) peut être considérée comme insuffisante.

II.-d) Précisions sur les scénarios liés au passage d'une crue exceptionnelle ou extrême au travers d'un barrage

La rupture du barrage suite à la survenue d'une crue exceptionnelle ou extrême constitue l'un des scénarios incontournables de l'étude de dangers. Il est important que sa probabilité d'occurrence puisse être appréciée par le service de contrôle selon une grille de lecture aussi normalisée que possible. *A minima*, l'étude de dangers doit envisager le passage de ces crues dans l'hypothèse d'un fonctionnement normal de l'évacuateur de crue.

Pour une crue de période de retour donnée, l'étude de dangers devrait *a minima* estimer la capacité de l'ouvrage à l'évacuer sans qu'il subisse de désordre grave. A ce titre, l'étude de dangers devrait également estimer les coefficients de sécurité qui subsistent dans ce type de situation. En terme de crue exceptionnelle, la rubrique 6 de l'annexe de l'arrêté du 12 juin 2008 fixe les crues de périodes de retour données :

- 10000 ans pour un barrage en remblai (y compris pour les cas où le barrage comprend aussi une partie en béton ou maçonnerie) ;
- 1000 ans et 5000 ans pour les autres barrages.

Bien évidemment, cela ne préjuge pas de l'existence d'autres scénarios également critiques comme, par exemple, la rupture du barrage suite à une crue d'intensité moins forte mais se combinant avec la panne partielle ou totale d'un organe de sécurité, ou l'obstruction d'une ou plusieurs passes de l'évacuateur. Ces exigences seront complétées par les dispositions relatives aux crues de l'arrêté technique déjà évoqué à la rubrique 6.

II.-e) Précisions sur les scénarios liés aux phases de travaux ou aux ouvrages neufs

Les scénarios accidentels à l'occasion de travaux, qu'il s'agisse d'opérations exceptionnelles (construction neuve, grosse réparation...) et de travaux réguliers d'entretien important (par exemple, batardage périodique d'une vanne d'évacuateur pour permettre des opérations de maintenance) font l'objet d'une analyse particulière compte tenu de la durée limitée des configurations particulières que connaît l'ouvrage. Cette analyse s'intéresse notamment aux phases de mise en eau. Comme indiqué à la rubrique 3, l'analyse spécifique à certains de ces travaux ou à la configuration future des ouvrages peut être produite ultérieurement si ceux-ci ne sont pas encore définis au moment de la rédaction de l'étude de dangers.

III.- Evaluation des scénarios d'accidents

Cette étape vise à caractériser les risques en termes de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences. Les différents paramètres intervenant dans l'analyse des risques et devant être pris en compte dans la méthodologie choisie pour l'étude de dangers (cf. § I) doivent être renseignés pour chaque scénario d'accident potentiel. Les différents paramètres pré-identifiés dans l'arrêté (probabilité, intensité, cinétique, gravité) peuvent être étudiés de la manière suivante :

III.-a) Probabilités d'occurrence

Les probabilités d'occurrence des scénarios de défaillance peuvent être obtenues en faisant appel à différents types d'analyse : des modèles probabilistes spécifiques, des analyses fiabilistes, des analyses fréquentielles de défaillance, des traitements de dires d'experts. Ces différentes analyses peuvent être agrégées par des méthodes spécifiques de la sûreté de fonctionnement destinées à évaluer les scénarios de défaillance (méthode des arbres d'événements, des arbres de causes, méthode du nœud papillon, etc.).

Pour certains phénomènes rares à très rares pour lesquels on ne dispose pas de statistiques suffisantes ou de modèles probabilistes adaptés, on peut proposer des analyses qualitatives pour estimer les probabilités (analyse à base de classes qualitatives comprenant 4 ou 5 classes). Plusieurs exemples de grilles définissant des classes de probabilités utilisées dans le domaine des barrages ou dans d'autres domaines d'activités sont cités en annexe 1 de ce guide à titre d'illustration. Ces différentes grilles restent impérativement à adapter au domaine des ouvrages hydrauliques en France.

Le choix de la (ou des) méthode(s) d'analyse employée(s) doit être justifié.

L'évaluation des probabilités est réalisée pour chacun des scénarios de défaillance identifiés (cf. § II).

Les composants les plus critiques (ceux dont la défaillance potentielle est particulièrement importante pour l'évaluation de la probabilité) sont ensuite identifiés ainsi que les barrières de sécurité qui peuvent prévenir, détecter, contrôler ou réduire les conséquences.

L'attention des services de contrôle est appelée sur les cas d'utilisation de probabilités chiffrées. Celle-ci comporte un intérêt méthodologique car elle permet de combiner de façon rigoureuse les probabilités élémentaires d'un arbre d'événements décrivant un scénario de défaillance et elle permet de comparer entre elles les probabilités des divers scénarios étudiés. Cependant, ces méthodes nécessitent une grande rigueur dans leur mise en œuvre et ne donnent en réalité que des ordres de grandeur. Il convient donc d'être particulièrement attentif au niveau d'incertitude des valeurs utilisées et à une non-maîtrise d'une utilisation éventuelle de ces chiffres par des tiers (par exemple, pour des inter-comparaisons un peu trop rapides entre ouvrages). Par ailleurs, certains paramètres relèvent difficilement d'une analyse statistique chiffrée. L'évaluation de la probabilité, tout comme celle de la criticité (combinaison « probabilité x gravité ») doit donc servir avant tout à positionner en relatif les scénarios d'accidents les uns par rapport aux autres, pour un ouvrage donné.

Au-delà de la cotation absolue d'une probabilité d'occurrence assignée à un événement par l'étude de dangers, le service de contrôle doit principalement porter son jugement sur l'utilisation qui est faite de cette cotation pour le reste de l'analyse des risques et les éventuelles mesures de réduction des risques à envisager (rubrique 9).

On peut rappeler également qu'une hiérarchisation et une comparaison (relative) des probabilités au sein d'une même étude de dangers n'est possible que si la même méthode de cotation est utilisée pour chaque phénomène dangereux.

Précision sur les scénarios de rupture du barrage suite à une crue exceptionnelle ou extrême

L'étude évaluera la cote de dangers, c'est-à-dire la cote de la retenue qui pourrait être à l'origine d'un scénario de rupture du barrage lors d'une crue extrême ou tout au moins la cote au dessus de laquelle la stabilité de l'ouvrage n'est plus garantie, ainsi que l'ordre de grandeur de la probabilité d'occurrence de ce scénario.

En attendant la parution de l'arrêté technique déjà évoqué à la rubrique 6 pour les séismes et les crues, l'étude de dangers peut se positionner par rapport aux probabilités d'occurrence annuelle rappelées ci-dessous.

Pour un barrage en remblais (partiellement ou totalement), lorsque la probabilité d'occurrence annuelle de ce scénario sera significativement inférieure à 1/10 000, le barrage, au regard de ce scénario, sera réputé dans la « zone verte ». Ce barrage sera réputé en « zone orange » si la probabilité d'occurrence annuelle du scénario est de l'ordre de 1/10 000. Enfin, ce barrage sera en « zone rouge » si la probabilité d'occurrence annuelle est sensiblement supérieure à 1/10 000.

Pour les autres types de barrage, lorsque la probabilité d'occurrence annuelle du scénario est inférieure ou au plus égale à 1/5000, le barrage, au regard de ce scénario, sera réputé dans la « zone verte ». Si cette probabilité est comprise en 1/5000 et 1/1000, le barrage sera en « zone orange ». Si la probabilité est supérieure à 1/1000, le barrage sera en « zone rouge ».

Il convient de se reporter à la rubrique 9 du présent guide pour la signification de ce code couleur. Les conséquences, pour le responsable de l'ouvrage, qui découlent de l'affectation à l'ouvrage de telle ou telle « couleur » et, corrélativement, en ce qui concerne la posture à adopter par le service de contrôle, y sont également précisées.

III.-b) Intensité

En toute rigueur, l'intensité de l'onde de submersion peut se caractériser selon plusieurs composantes :

- la vitesse ou le débit d'eau (au droit de l'ouvrage et au droit des enjeux) ;
- la hauteur de submersion (traité dans les cas couverts par le point « e ») au droit de chaque enjeu ;
- le temps d'arrivée de l'onde (traité par le point « c »), relatif à la cinétique) au droit de chaque enjeu ;
- la durée de submersion (traité par le point « c »), relatif à la cinétique) au droit de chaque enjeu.

Toutefois, en dehors de l'onde de submersion extrême, l'intensité d'un phénomène dangereux peut être décrite, par exemple, en évaluant l'accroissement de débit généré à l'aval et en tenant compte éventuellement de situations d'exploitation différentes (cas des usines hydroélectriques en fonctionnement ou à l'arrêt, dont le débit turbiné peut avoir une influence sur l'état initial de la rivière). Le débit total résultant sera utilement rapporté à un « équivalent crue » (crue décennale, centennale, millénale, décamillénale, etc...) qui permet d'appréhender le niveau d'exposition des populations à l'aval. Le service de contrôle sera particulièrement attentif aux risques d'utilisations erronées de ces « équivalents crues » : par exemple, s'ils sont employés pour des zones où il n'y a pas forcément de cours d'eau (versants situés en contrebas immédiat d'ouvrages collinaires ou de certains canaux de dérivation) ou s'ils sont appliqués uniquement au surdébit généré par une défaillance, en négligeant le débit

initial de la rivière. En effet, l'incidence de type d' erreur n'est pas négligeable ; prenons le cas suivant : si l'étude de dangers affirme que le surdébit généré est équivalent à un débit décennal en oubliant que le débit de la rivière est peut-être déjà lui-aussi décennal, on risque de passer à côté d'un débit total ($Q_{10} + Q_{10}$) qui pourrait être largement supérieur à un débit centennal (Q_{100}).

Quoi qu'il en soit, l'utilisation d' « équivalents crues » reste très utile pour faciliter ensuite l'évaluation de la gravité de certains accidents potentiels (sous réserve que soient précisées les hauteurs d'eau correspondantes, notamment dans les zones à enjeux importants). On peut en effet savoir de mémoire collective qu'une crue qualifiée de centennale a pu inonder telle ou telle zone, aujourd'hui habitée ou occupée par une zone d'activités. Par ailleurs, on rappelle que l' « équivalent crues » ne constitue qu'une approche qui ne reflète pas la cinétique des phénomènes.

Si cette approche simplifiée ne suffit pas pour estimer la gravité en certaines zones, des enjeux particuliers à l'aval peuvent exiger une modélisation plus complète du phénomène.

Par ailleurs, pour l'évaluation des conséquences de lâchers d'eau d'exploitation, des essais peuvent être réalisés.

III.-c) Cinétique

Concernant les conséquences, si la comparaison du débit (débit initial + débit relâché) à un débit de crue constitue une première approche (cf. § III.-b), il est souhaitable que l'étude aille plus loin et tienne compte de la cinétique.

Ce paramètre revêt plusieurs dimensions, qui doivent être appréciées pour chaque scénario étudié :

- le temps qui s'écoule entre l'anticipation d'un accident, l'accident lui-même et sa détection ;
- la vitesse de propagation d'un phénomène une fois que l'accident survient.

Il doit être également indiqué dans l'étude de dangers si les phénomènes dangereux présentés se manifestent brutalement ou de manière graduelle. Ceci donne d'ailleurs une première indication sur la durée de submersion correspondant au phénomène étudié.

La gravité d'un scénario (cf. § III.-d) dépend, intuitivement, de sa cinétique. On distingue classiquement les zones en « cinétique lente » de celles en « cinétique rapide ». Dans le cas où le responsable de l'ouvrage aurait associé cette distinction au fait que la population peut majoritairement être prévenue et évacuée dans les temps ou non, notamment si le barrage est soumis à l'obligation de plan particulier d'intervention (PPI) en application du décret n° 92-997 du 15 septembre 1992, le service du contrôle pourra s'assurer que le responsable de l'ouvrage aura pris l'attache des services de protection civile pour la fixation de la limite entre ces deux catégories. Dans les cas où un doute subsiste sur l'appréciation de la cinétique pour une zone donnée, un classement en zone en « cinétique rapide » sera privilégié.

Il existe des méthodes d'estimation des conséquences qui permettent de pondérer le comptage des enjeux en fonction de leur localisation par rapport à l'ouvrage ; celles-ci peuvent donc être utilisées pour compléter l'estimation de la PAR (Population Assujettie aux Risques) globale mais nécessitent encore d'être affinées.

III.-d) Gravité

Un accident majeur peut comporter plusieurs types de conséquences : humaines, matérielles, économiques, etc. Dans le cas de l'étude de dangers d'un ouvrage hydraulique, l'évaluation de la gravité de ces conséquences pour chaque scénario étudié doit être établie en cohérence avec les cibles présentées à la rubrique 3.2 (description de l'environnement de l'ouvrage) de l'étude de dangers et porter en premier lieu sur :

- l'ordre de grandeur du nombre de personnes exposées ;
- la nature des biens exposés (notamment les infrastructures de transport, les infrastructures énergétiques ou les zones d'activités économiques...) que l'on évalue uniquement de manière qualitative, les personnes que ces biens peuvent englober étant pris en compte par ailleurs.

L'évaluation de la gravité de chaque accident peut s'appuyer sur une des méthodes de comptage mentionnées à la rubrique 3.2 de l'étude de dangers « environnement amont / aval », pour avoir une idée de la nature des biens exposés et de l'ordre de grandeur du nombre de personnes exposées. Sur ce dernier point, il faut souligner qu'on cherche avant tout à caractériser un ordre de grandeur et non pas à obtenir un comptage précis.

Par ailleurs, il peut être considéré plusieurs « scénarios enveloppes » pour représenter tout ou partie des scénarios précédemment identifiés (cf. § II) dès lors que ceux-ci présentent des niveaux de conséquences comparables. A titre d'exemple, pour un barrage poids, les scénarios enveloppe seraient :

- rupture de l'un des plots,
- rupture de deux des plots,
- ...
- rupture de la totalité des plots.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles d'un accident sur les personnes physiques résulte de la combinaison, en un point de l'espace, de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux (cf. III.-b) et de la vulnérabilité des enjeux, en particulier les personnes potentiellement exposées à ces effets, en tenant compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et de la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'accident si la cinétique de l'accident le permet (cf. III.-c).

Dans la mesure où il n'est pas possible de prévoir les conditions de l'environnement le jour où se produirait l'accident (vacances scolaires, heure d'encombrement sur les routes, etc.), ou d'évaluer les possibilités de mises à l'abri des personnes, une première approche simple est de considérer à chaque fois un accident représentatif présentant la gravité la plus pénalisante (ex : routes encombrées, écoles aux heures scolaires...).

Cette évaluation par accident peut ensuite être ramenée à des classes de gravité. Par exemple, une grille de référence pourrait être construite de la manière suivante, en distinguant les personnes exposées en zone à cinétique rapide de celles situées en zone à cinétique lente (disposant de plus de temps pour se mettre à l'abri) tel qu'évoqué au § III.-c. L'attribution d'une classe de gravité pour un scénario pourrait alors être effectuée sur la base de la colonne la plus pénalisante.

Classes de gravité des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente
5	≥ 1000	≥ 10000
4	≥ 100 et < 1000	≥ 1000 et < 10000
3	≥ 10 et < 100	≥ 100 et < 1000
2	≥ 1 et < 10	≥ 10 et < 100
1		≥ 1 et < 10

Exemple d'échelle de gravité distinguant deux types de cinétiques

Il convient de rester vigilant au choix d'appellation des classes de gravité et à l'utilisation qui peut en être faite. En effet, la graduation des conséquences d'ERC en terme de gravité peut présenter l'effet pervers de ce que tous les événements ne se traduisant pas par une rupture de l'ouvrage puissent se voir qualifier de peu importants voire négligeables ; la perte d'une vanne, par exemple, n'est pas à minimiser. De ce point de vue, l'utilisation d'indices ou de lettres est préférable à l'emploi de qualificatifs pour désigner chacune des classes de gravité.

Par ailleurs, l'utilisation de classes pour caractériser l'ordre de grandeur du nombre de personnes exposées nécessite d'être accompagnée d'une identification claire des enjeux comptabilisés pour chaque phénomène dangereux étudié. Dans le cas des ouvrages à linéaire important (plusieurs kilomètres), pour un tronçon donné, ils sont idéalement localisés sur un fond cartographique sur lequel apparaît la zone d'effet estimée du phénomène.

Remarque relative aux conséquences amont :

Dans certains cas, l'étude doit aussi examiner les enjeux présents à l'amont d'un barrage, à proximité de la retenue, et qui peuvent être affectés par une forte crue ou par les vagues dues à un phénomène gravitaire rapide (écroulement rocheux, avalanche).

III.-e) Précisions relatives à l'étude de propagation d'une onde de submersion

On aborde ici la propagation de l'onde de submersion due au volume libéré dans les conditions exposées au § 5 selon un (ou plusieurs) scénario(s) du § 8.II.

Une modélisation de la propagation de l'onde de submersion est menée au minimum pour caractériser le scénario présentant le plus de risques pour l'aval (rupture de l'ouvrage, expulsion d'eau par un phénomène gravitaire). Cette modélisation contribue à l'évaluation des paramètres intensité, cinétique et gravité, présentés ci-dessus. Elle est menée dans la vallée en aval d'un barrage ou dans le lit majeur sur une rive en aval d'une brèche dans un barrage servant à canaliser un cours d'eau (barrage avec un linéaire important, parallèle au sens d'écoulement d'un canal ou d'une voie fluviale).

L'étude d'onde de rupture vise trois objectifs :

1/ caractériser l'hydrogramme de la crue provoquée au droit du barrage pour le(s) scénario(s) retenu(s) (à partir notamment des informations mentionnées à la rubrique 5 de l'étude de dangers) ;

2/ caractériser l'écoulement dans la vallée à l'aval du barrage en terme de hauteur atteinte, de vitesse, de temps d'arrivée ;

3/ décrire et cartographier la nature des zones potentiellement endommagées ou détruites.

Dans le cas des barrages en remblai, la rupture est progressive et il convient donc de préciser le temps initial servant de référence pour l'onde de submersion.

Le modèle de calcul est généralement monodimensionnel, mais peut être prolongé par un modèle 2D dans les parties aval si la vallée devient très large. Dans le cas d'un modèle 1D, la section du lit mineur peut ne pas être considérée si sa capacité n'est pas en proportion du débit de l'onde d'effacement. Dans ce cas, seuls des coefficients de rugosité sont à considérer, qui dépendent de la végétation haute, de la présence d'habitations denses, de la sinuosité... Dans le cas où l'on simule le lit mineur, et *a fortiori* dans le cas d'un modèle 2D, il est nécessaire de distinguer la rugosité de chaque lit, mineur et majeur.

Dans certains cas, l'étude de propagation d'une onde de submersion peut être réalisée au moyen d'une modélisation simplifiée. Celle-ci peut suffire pour l'estimation des conséquences d'une rupture si l'ouvrage est de taille modeste sous réserve de prendre des coefficients de sécurité suffisants sur les résultats et si les zones impactées sont d'ampleur faible et aisément délimitables à partir de la topographie.

Les remblais linéaires ou les barrages aval sont supposés se rompre, sauf les barrages-voûtes. Néanmoins, l'hypothèse de leur tenue doit être considérée pour définir la zone susceptible d'être submergée à leur amont.

Le calcul est conduit à l'aval jusqu'à ce que le débit soit inférieur à celui d'une crue décennale et la surélévation par rapport aux berges devienne inférieure au mètre. Dans certains cas, on pourra limiter la longueur du modèle de calcul en l'arrêtant au point où l'onde de submersion devient inférieure à une crue de référence dont on connaît par ailleurs les conséquences en terme de zones inondées (au minimum la crue centennale dans le cas de la rupture du barrage). L'étude de dangers devra alors afficher clairement ce qu'on sait des conséquences d'une telle crue et on pourra admettre en première approche que dans cette zone aval, l'étude fournit ainsi une estimation acceptable de l'intensité des phénomènes (débits, hauteurs d'eau, surfaces inondées) sans pour autant prétendre approcher la cinétique des phénomènes.

Les scénarios de rupture considérés pour le barrage doivent tenir compte des différentes configurations de remplissage de la retenue (RN, PHE, « cote de danger » définie par le rédacteur de l'étude vis-à-vis des attentes des rubriques 6 et 8.III.a de l'étude de dangers...). Parmi les configurations possibles, il convient de retenir la plus pénalisante pour la modélisation. Par exemple :

- dans le cas d'un barrage en remblai, un scénario de rupture classiquement considéré est la rupture par renard survenant pour une retenue à la cote des PHE et débouchant au pied du barrage dans la section de plus grande hauteur ;
- pour un barrage en matériau rigide, un scénario retenu pour la modélisation peut être la rupture instantanée et totale survenant pour une retenue à la cote de danger.

Par ailleurs, une modélisation peut aussi être exigée pour d'autres scénarios d'accident présentant un niveau de risques comparable, notamment pour certains accidents de gravité moins importante mais de probabilité d'occurrence plus élevée et dont on serait incapable d'apprécier les conséquences à partir du débit maximum relâché.

Exemple : rupture d'un (ou plusieurs) organe(s) mobile(s) dont le débit généré à l'aval dépasserait celui de la plus grande crue connue... Dès lors que l'ouvrage comprend plusieurs organes mobiles, une modélisation peut

suffire pour l'organe présentant la plus grande débitance ; il peut alors constituer un scénario majorant pour les autres cas de ruptures individuelles d'organes mobiles pour cet ouvrage. Néanmoins, si les enjeux à l'aval méritent une évaluation des conséquences organe par organe, le responsable de l'ouvrage peut tout à fait présenter une modélisation spécifique à chaque organe.

En cohérence avec l'article 5 de l'arrêté du 22 février 2002 rappelé dans les textes en référence dans le présent guide, l'étude de dangers précise notamment scénario par scénario :

- la description du scénario de défaillance considéré (dont la justification sur le choix de la zone de brèche dans le cas d'un barrage présentant un linéaire important) ;
- l'emprise des zones submergées et le temps d'arrivée de l'onde avec reports sur des cartes avec une échelle adaptée, et dans des tableaux indiquant également la cote NGF maximale atteinte par l'onde et la vitesse de l'eau ;
- la gravité du phénomène dans les zones potentiellement impactées (cf. § III-d).

III.-f) Précisions relatives à l'évaluation des barrières de sécurité (mesures de maîtrise des risques)

La notion de barrière de sécurité fait l'objet d'une présentation dans le cadre du glossaire (voir les définitions « barrière de sécurité » et « nœud papillon »).

Le service de contrôle veillera à ce que les barrières de sécurité identifiées dans l'étude de dangers (appelées aussi mesures de maîtrise des risques si elles sont existantes ou mesures de réduction des risques si elles interviennent en fin de l'analyse de risques) fassent l'objet d'une analyse de leur pertinence pour s'opposer au déroulement d'une séquence accidentelle donnée ou pour en limiter les conséquences.

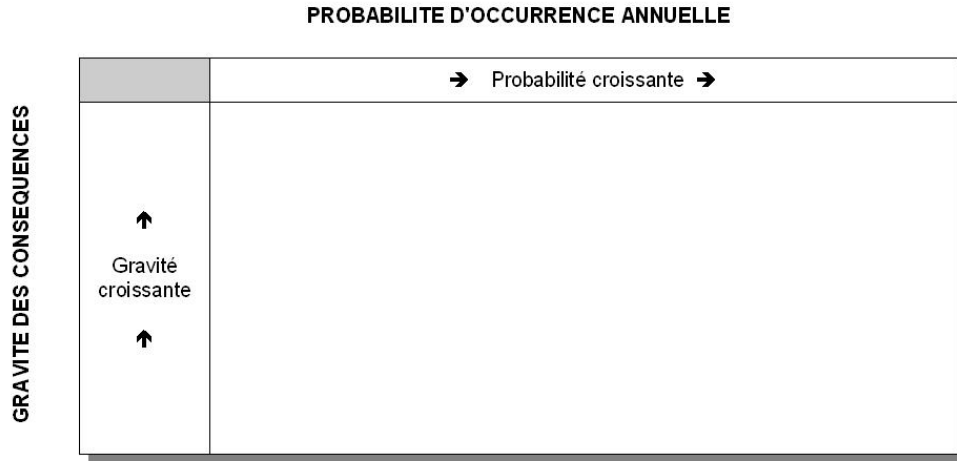
Selon la complexité de la barrière, cette analyse peut nécessiter des méthodes différentes. Dans certains cas, une étude des différents modes de défaillance avec le même niveau de détail qu'un autre composant de l'ouvrage peut s'avérer nécessaire. Par exemple, l'estimation de la fiabilité d'une barrière peut reposer sur une analyse par arbre de défaillances ou par arbre des causes permettant de justifier la classe de probabilité d'occurrence retenue pour sa défaillance éventuelle. L'évaluation des barrières peut également s'inspirer d'approches développées dans les ICPE avec les référentiels Oméga 10 et Oméga 20 (cités en annexe 3).

Comme indiqué au § III.-a, l'évaluation quantitative de la probabilité de défaillance d'une barrière n'est pas toujours faisable. Par exemple, il n'est pas évident d'estimer « numériquement » dans quelle mesure la présence d'un dispositif d'auscultation permet de réduire le niveau de probabilité d'occurrence d'un événement redouté. Dans le cas où le dispositif d'auscultation est ensuite utilisé comme barrière de sécurité, il convient en premier lieu de s'assurer qu'il permet réellement de détecter l'événement initiateur identifié (en particulier, en fonction de la périodicité de mesure).

Par ailleurs, il faut veiller à ce que l'analyse relative à une défaillance de barrière intègre également les conséquences des scénarios correspondants à une telle défaillance.

III.-g) Criticité

La criticité prend en compte simultanément la probabilité d'occurrence et la gravité des conséquences potentielles des accidents correspondants aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers. La « matrice de criticité » figurant ci-après permet alors de positionner les scénarios les uns par rapport aux autres.



9.- Etude de réduction des risques

A partir des scénarios identifiés comme critiques et en prenant en compte les dispositions déjà mises en œuvre pour maîtriser les risques ainsi que les éléments de l'étude accidentologique, cette rubrique présente la démarche de réduction des risques que le responsable de l'ouvrage se propose de conduire, dans une logique d'amélioration continue. Cette démarche identifie et justifie, parmi les différentes mesures envisageables, les mesures retenues par le responsable de l'ouvrage pour réduire les risques, en portant une appréciation sur leur efficacité espérée.

Dans le cas des ouvrages existants, le responsable de l'ouvrage précise le délai de mise en œuvre des mesures envisagées ainsi que les mesures qui sont prises à titre provisoire.

Cette rubrique présente également les études complémentaires dont l'étude de dangers a montré la nécessité et qui font l'objet de délais sur lesquels s'engage le responsable de l'ouvrage.

Commentaire :

Cette rubrique joue un rôle de conclusion de l'étude de dangers. A ce titre, il est souhaitable que l'étude ne comporte pas de paragraphe « conclusion » dissocié de la rubrique 9, qui apporterait de la confusion et risquerait d'être redondant.

La rubrique 9 récapitule l'ensemble des « barrières de sécurité » du barrage étudié qui sont réaffirmées, modifiées ou proposées à titre de mesure nouvelle, après analyse critique de leur efficacité. De ce point de vue, les barrières nouvelles ou modifiées sont accompagnées d'une comparaison du niveau de risque avant et après mise en œuvre de chacune d'elles. Ces « barrières de sécurité » sont de natures diverses :

- présence d'organes de sécurité, tels les évacuateurs de crue ;
- mesures de surveillance et d'exploitation ainsi qu'organisation de la sécurité adaptées ;
- ...

De manière assez générale, le service de contrôle veillera à ce que l'ensemble des mesures d'améliorations (pouvant contribuer à une meilleure maîtrise des risques) proposées par le rédacteur dans le corps de l'étude soient reprises en conclusion de l'étude et ne se limitent pas aux scénarios les plus pénalisants. Il faut vérifier par exemple que des remarques sur le dimensionnement d'un organe donné, des manques d'informations, des études complémentaires (notamment pour justifier le bon dimensionnement d'un composant de l'ouvrage par des notes de calcul), des actions particulières ou des travaux à effectuer ne se perdent pas dans la masse d'information de l'étude de dangers et soient rappelés dans sa conclusion.

Face aux risques les plus graves, les « barrières de sécurité » nouvelles les plus lourdes à mettre en œuvre seront généralement d'ordre structurel. Il en va ainsi, par exemple, de la nécessité de modifier l'évacuateur de crue pour prévenir la rupture du barrage en cas de crue décennale suite à la réévaluation de cette dernière (à l'occasion de la révision de l'étude hydrologique effectuée pour l'étude de dangers).

Pour d'autres risques, des modifications des procédures sont généralement efficaces. L'attention des services de contrôle est attirée sur la nécessité de s'assurer de leur mise à jour.

Certaines « barrières de sécurité » sont proposées à titre de mesure transitoire dans l'attente de la réalisation de la mesure « structurelle » lourde : modification de la cote d'exploitation de la retenue dans l'attente de la réalisation d'un nouvel évacuateur de crue.

Il est utile que cette rubrique présente également les moyens mis en œuvre au titre de l'amélioration continue de la sécurité même s'ils n'ont pas d'incidence directe sur les cotations en classes de probabilité d'occurrence ou de gravité des conséquences des scénarios d'accidents qu'ils peuvent concerner. Dans la même logique, l'étude peut utilement récapituler les moyens mis en œuvre concernant le maintien du niveau de performance des barrières de sécurité existantes prises en compte dans l'EDD.

Dans le cas particulier des ouvrages neufs, la plupart des mesures envisagées sont généralement déjà intégrées dans la conception de l'ouvrage (on doit alors les retrouver dès la rubrique 3.1) : il est alors logique qu'apparaissent peu de propositions de réduction des risques.

Enfin, dans son courrier de transmission de l'étude de dangers à l'administration, il est important que le responsable d'ouvrage (neuf ou existant), se positionne clairement et s'engage par rapport aux recommandations figurant dans la rubrique 9 : calendrier de mise en œuvre de ces mesures, organisation à mettre en place, ...

Précisions sur le niveau d'acceptabilité du risque

La démarche de réduction des risques conduite par le responsable du barrage doit être menée jusqu'à l'obtention d'un niveau de risque qu'il considère comme acceptable.

En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers, des postures différentes de la part du service de contrôle doivent être envisagées, graduées selon le risque. Plusieurs cas de figures se présentent, sans toutefois qu'il soit possible d'en fixer les limites précises. Voir à titre indicatif la représentation des types de situations possibles dans la matrice plus bas. Dans cette matrice, on distingue les « zones » suivantes :

Zone « Rouge »

Lorsque le résultat de l'étude de dangers amène à positionner un ou plusieurs scénarios d'accident dans la zone de la matrice de criticité caractérisée par une classe de gravité élevée et une classe de probabilité supérieure, cela signifie que le risque est élevé et qu'il est inacceptable.

Exemples de telles situations : scénario impliquant un évacuateur de crues notablement sous-dimensionné, problèmes de stabilité avérés, ...

Le service de contrôle s'assurera, dans une telle hypothèse, que l'exploitant a proposé dans cette rubrique 9 de l'étude de dangers, des solutions adaptées permettant de sortir de la zone Rouge, lesquelles, une fois mises en œuvre, réduiront de manière conséquente soit la probabilité d'occurrence de l'accident, soit son niveau de gravité.

De même, le service de contrôle devra s'assurer de l'existence de mesures provisoires adaptées à la gravité de la situation (par exemple, l'abaissement immédiat de la cote de la retenue).

A défaut d'avoir trouvé de telles propositions d'amélioration et solutions provisoires dans cette rubrique de l'étude de dangers, le service de contrôle devra enclencher une mise en révision spéciale de l'ouvrage, tout au moins sa première étape c'est-à-dire la prescription d'un diagnostic de sûreté.

Zone « Orange »

Lorsque le résultat de l'étude de dangers amène à positionner un ou plusieurs scénarios d'accident dans les zones de la matrice de criticité caractérisées notamment par une classe de gravité importante et une classe de probabilité intermédiaire, cela signifie que l'ouvrage ne peut pas être considéré par le service de contrôle comme entièrement satisfaisant du point de vue de la sécurité.

Dans cette hypothèse, le service de contrôle doit s'assurer de la présence de mesures de réduction de risques adaptées à la situation de l'ouvrage. Les actions à conduire par le responsable de l'ouvrage s'inscrivent sur le principe ALARP (« As Low As Reasonably Possible »), c'est-à-dire pour conduire à un niveau de risque aussi bas qu'il est raisonnablement possible ; c'est un principe reconnu au niveau international et rappelé dans le domaine des barrages dans le bulletin CIGB / ICOLD n° 130 de 2005 dans sa partie « appréciation des risques ».

En application du point 9 de l'annexe de l'arrêté du 12 juin 2008, ces mesures peuvent être accompagnées d'un délai de mise en œuvre.

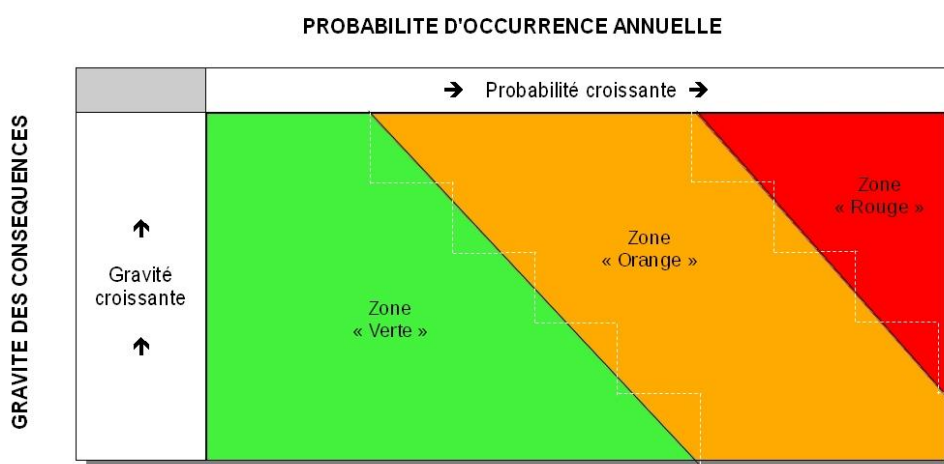
Les services de contrôle sont bien évidemment invités à effectuer un suivi attentif des mesures d'amélioration annoncées (respect des délais de mise en œuvre, vérification de leur efficacité).

Zone « Verte »

Lorsque le résultat de l'étude de dangers amène à positionner l'ensemble des scénarios d'accident dans les zones de la matrice de criticité caractérisées notamment par une classe de probabilité inférieure ou par une classe de gravité moyenne et une classe de probabilité intermédiaire ou encore par une classe de gravité modérée et une classe de probabilité supérieure, cela signifie que l'ouvrage est réputé sûr, au sens du concept anglo-saxon « As Low As Reasonably Possible ».

Le service de contrôle devra donc, par la suite, s'assurer du maintien de ces conditions nominales.

Le service de contrôle est invité à visualiser ces trois types de zones (Rouge, Orange, Verte) sur la matrice de criticité ci-après :



Par ailleurs, l'attention des services de contrôle est attirée sur le fait que lorsque le barrage est en zone Orange et, *a fortiori*, en zone Rouge, la présence de propositions d'améliorations de la sécurité en rubrique 9 de l'étude de dangers est obligatoire. Leur absence persistante de l'étude de dangers, une fois achevée la période « d'échanges » entre le service de contrôle et le responsable de l'ouvrage, constituerait un manquement de ce responsable à ses obligations, en l'occurrence l'obligation de détenir une étude de dangers valide conformément aux prescriptions des articles R.214-115 à R.214-117 du code de l'environnement et de celles de l'arrêté du 12 juin 2008. Il en va de même en cas de désaccord grave, persistant et motivé du service de contrôle sur les mesures d'amélioration proposées par le responsable du barrage.

10.- Cartographie

Tous les éléments cartographiques utiles sont intégrés à l'étude pour présenter, aux échelles appropriées, l'ouvrage et son environnement, la caractérisation des aléas naturels, l'intensité des phénomènes dangereux et la gravité des conséquences

Commentaire :

Le service de contrôle s'assurera en particulier de la lisibilité de la représentation cartographique de l'onde de rupture. Celle-ci présente l'ensemble des paramètres importants tels que le temps d'arrivée et le débit et doit pouvoir permettre une utilisation par le Préfet, comme cela peut être le cas pour des ouvrages soumis à plan particulier d'intervention.

Le service de contrôle pourra également s'assurer de la bonne lisibilité des autres documents graphiques contenus dans l'étude de dangers.

Si ce n'est pas fait directement dans la rubrique 3, l'étude doit bien contenir par ailleurs des plans ou des schémas adaptés à une bonne compréhension des composants pris en compte dans l'analyse de risques et des éventuelles améliorations apportées.

Glossaire / Définitions

Accident majeur : Evènement tel qu'un incendie, une explosion ou une libération importante d'eau ou de sédiments, résultant d'une rupture partielle ou totale de l'ouvrage, d'un phénomène gravitaire rapide affectant la retenue, d'un dysfonctionnement d'un de ses organes ou d'une manœuvre d'exploitation, entraînant pour la santé humaine ou pour l'environnement, à l'aval ou à l'amont de l'ouvrage, un danger grave, immédiat ou différé.

Agression externe ou **Agresseur externe** ou **Facteur d'agression** : Évènement externe au système étudié, d'origine naturelle ou lié à une activité humaine, susceptible d'affecter la sûreté du système et à prendre en compte en tant qu'évènement initiateur pour l'analyse des risques de celui-ci.

Aléa : On entend par aléa la qualification de tout événement, phénomène ou activité qui peut provoquer la perte de vies humaines, des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales ou économiques ou la dégradation de l'environnement. Cf. « Basic Terms of Disaster Risk Reduction, Annex 1 », Office des Nations Unies pour la réduction des risques naturels, ISDR, 2004, <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm>.

L'aléa qualifie le phénomène dangereux, existant ou potentiel, à l'origine des risques. Il est souvent accompagné d'une quantification : fréquence ou probabilité d'un aléa d'une nature et d'une intensité donnée, dans une zone géographique donnée et sur une durée de référence.

En français, le même terme peut servir à décrire la nature du phénomène dangereux (l'aléa naturel) et à le quantifier. Dans la terminologie anglo-saxonne, deux vocables (« *danger* » et « *hazard* ») permettent de distinguer la caractérisation du phénomène et sa quantification.

On distingue couramment les aléas naturels (géologique, hydrométéorologique et biologique) et ceux d'origine induite par les actions de l'homme (dégradation environnementale et aléas technologiques).

AMDE / AMDEC : L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) ou l'AMDEC (AMDE incluant l'analyse de la Criticité) est une méthode inductive d'analyse des défaillances potentielles d'un système. Elle considère, systématiquement, l'un après l'autre, chaque composant du système et analyse ses modes de défaillance, leurs causes et leurs effets. Les résultats des analyses AMDE sont présentés sous forme de tableaux, spécialement conçus pour le type de système étudié. Le déroulement d'une AMDE comprend :

- une analyse fonctionnelle du système et la définition du niveau de précision de l'étude ;
- la recherche systématique des modes de défaillance;
- la recherche des effets des modes de défaillance, sur les composants eux-mêmes ou sur le système global.

Dans la méthode **AMDEC** (AMDE avec analyse de la Criticité), on recherche en plus la *probabilité* et la *gravité* de chaque mode de défaillance qui permettront de caractériser sa criticité. Dans une AMDEC, la criticité est généralement renseignée de façon qualitative.

Analyse AMDE Produit appliquée à un barrage en remblai avec noyau central étanche. Extrait appliqué au composant "noyau"

n°	COMPOSANT	FONCTION	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE POSSIBLE DE LA DEFAILLANCE	EFFET POSSIBLE DE LA DEFAILLANCE	SYMPTOME DE LA DEFAILLANCE	MOYEN DE DETECTION
3	Noyau étanche	1 - résister aux sollicitations mécaniques .1 résister à la poussée hydrostatique transmise par le remblai amont .2 résister aux sous-pressions dans les fondations amont .3 résister aux sous-pressions dans les fondations aval .4 résister à la poussée du remblai amont .5 résister à la poussée du remblai aval .6 résister au poids de la crête .7 résister au poids propre de l'évacuateur .8 résister aux charges d'exploitation transmises par la crête	la fonction "résister aux sollicitations mécaniques" est dégradée ou est défaillante	~ Processus conception-réalisation . composition ~ Etat intrinsèque du composant . déformation ~ Flux de charges . sous-pressions dans le noyau étanche	~ Etat intrinsèque du composant . fissuration . déformation	. piézométrie	. piézomètres . cellules de pressions interstitielles
		2 - limiter les flux hydrauliques .1 limiter les infiltrations provenant du remblai amont .2 limiter les infiltrations provenant de la fondation amont .3 limiter les infiltrations provenant de la fondation aval .4 limiter les infiltrations d'eau de pluie provenant de la crête	la fonction "limite les flux hydrauliques" est dégradée ou est défaillante	~ Etat intrinsèque du composant . fissuration . érosion . dissolution . dessiccation ~ Flux hydrauliques . eaux d'infiltration dans le remblai amont . eaux d'infiltration dans la fondation amont ~ Processus conception-réalisation . composition ~ Flux de charges . sous-pressions dans le noyau étanche	~ Flux hydrauliques . eaux d'infiltration dans le noyau étanche . eaux d'infiltration dans le dispositif de drainage vertical ~ Flux de charges . sous-pressions dans le noyau étanche	. piézométrie	. piézomètres . cellules de pressions interstitielles
		3 - préparer les surfaces de contact .1 préparer la surface de contact avec la crête .2 préparer la surface de contact de l'évacuateur de crues .3 préparer la surface de contact du dispositif de drainage .4 servir d'appui à la galerie	la fonction "préparer les surfaces de contact" est dégradée ou est défaillante	~ Etat intrinsèque du composant . déformation	~ Contacts . Déformation de la crête ~ Etat intrinsèque du composant . fissuration	. mesures du tassement . fissures	~ mesures topographiques . planimétrie . nivellement . mesures d'alignement ~ observation visuelle
		4 - résister aux sollicitations hydromécaniques .1 résister au phénomène d'érosion interne du aux eaux d'infiltration provenant du remblai .2 résister au phénomène d'érosion interne du aux eaux d'infiltration provenant de la fondation amont .3 résister au phénomène d'érosion interne du aux eaux d'infiltration provenant de la fondation aval .4 résister au phénomène de dessiccation	la fonction "résister aux sollicitations hydromécaniques" est dégradée ou est défaillante	~ Processus conception-réalisation . composition ~ Flux hydrauliques . eaux d'infiltration dans le noyau étanche ~ Etat intrinsèque du composant . dissolution . fissuration	~ Etat intrinsèque du composant . érosion	. observation de particules dans les eaux de fuite . mesures du débit de drainage	~ observation visuelle . empolement . déversoir - débitmètre

Analyse fonctionnelle : démarche qui consiste à recenser, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions (NF X50-150). Des précisions sur cette notion sont apportées directement dans le présent guide (voir également les commentaires de la rubrique 3).

Analyse des risques : l'analyse des risques est l'utilisation des informations disponibles pour estimer les risques concernant des individus ou des populations, des biens ou l'environnement, entraînés par des phénomènes dangereux. L'analyse des risques comprend en général les étapes suivantes : définition du domaine d'application, identification des phénomènes dangereux et évaluation des risques. Cohérent avec la définition courante du dictionnaire du mot analyse (à savoir, « examen détaillé d'un phénomène complexe effectué pour

comprendre sa nature et déterminer ses caractéristiques principales »), l'analyse des risques implique une décomposition du système étudié et des sources de risques en composants élémentaires.

Arbre de défaillances ou **Arbre des causes** : voir la présentation de cette notion dans la définition « nœud papillon »

Arbre d'évènements : voir la présentation de cette notion dans la définition « nœud papillon »

ARIA : « Analyse, Recherche et Informations sur les Accidents ». Base de données accidentologique du MEDDE, gérée par le BARPI et consultable via le site web www.aria.developpement-durable.gouv.fr

BARPI : Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels. Service du MEDDE chargé depuis 1992 de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques ou industriels. Il est rattaché à la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques) et est le gestionnaire de la base accidentologique ARIA

Barrière de sécurité ou **Mesure de maîtrise des risques** : ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On peut distinguer :

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux.
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux.
- les mesures (ou barrières) de protection : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

BETCGB : bureau d'étude technique et de contrôle des grands barrages, département spécialisé du service technique de l'énergie électrique, des grands barrages et de l'hydraulique (STEEGBH) au sein de la direction générale de la prévention des risques

CEMAGREF : centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (devenu IRSTEA)

CFBR : comité français des barrages et réservoirs (ex-CFGB)

Cibles : voir la définition « enjeux »

CIGB : commission internationale des grands barrages

CTPBOH : comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques

Danger : voir la définition « potentiel de dangers »

Effets : ce terme se réfère aux caractéristiques physiques, chimiques,... associées à un phénomène dangereux donné : onde de submersion, concentration toxique, flux thermique, surpression...

On parle de conséquences dès lors que ces effets peuvent porter atteinte à des éléments vulnérables (ou enjeux).

Effet dominos : enchaînement de modèles de défaillance ou d'accidents successifs

EISH : « Évènement Important pour la Sécurité Hydraulique », à déclarer à l'administration en application de l'arrêté du 21 mai 2010

Elément initiateur : voir la définition « événement initiateur »

Eléments vulnérables : voir la définition « enjeux »

Enjeux (« *elements at risk* ») ou **Eléments vulnérables** ou **Cibles** : ensemble des éléments exposés au danger (population, bâtiments, infrastructures, patrimoine environnemental, activités et organisations).

Les enjeux sont donc susceptibles de subir des dommages ou des préjudices. Pour définir les enjeux de manière complète, il convient d'en estimer la valeur et la vulnérabilité. C'est une phase de l'évaluation des risques.

ERC : événement redouté central ; voir la présentation de cette notion dans la définition « nœud papillon »

Événement initiateur ou Elément initiateur : événement courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal, et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe. Dans une représentation en « nœud papillon » ou en arbre des causes (ou arbre de défaillances), cet événement est situé dans la partie amont, c'est-à-dire à l'extrémité gauche.

Événement redouté central appelé aussi **événement principal** : voir la présentation de cette notion dans la définition « nœud papillon »

Facteur d'agression : voir la définition « agression externe »

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (anciennement Cemagref)

MEDAD : Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables

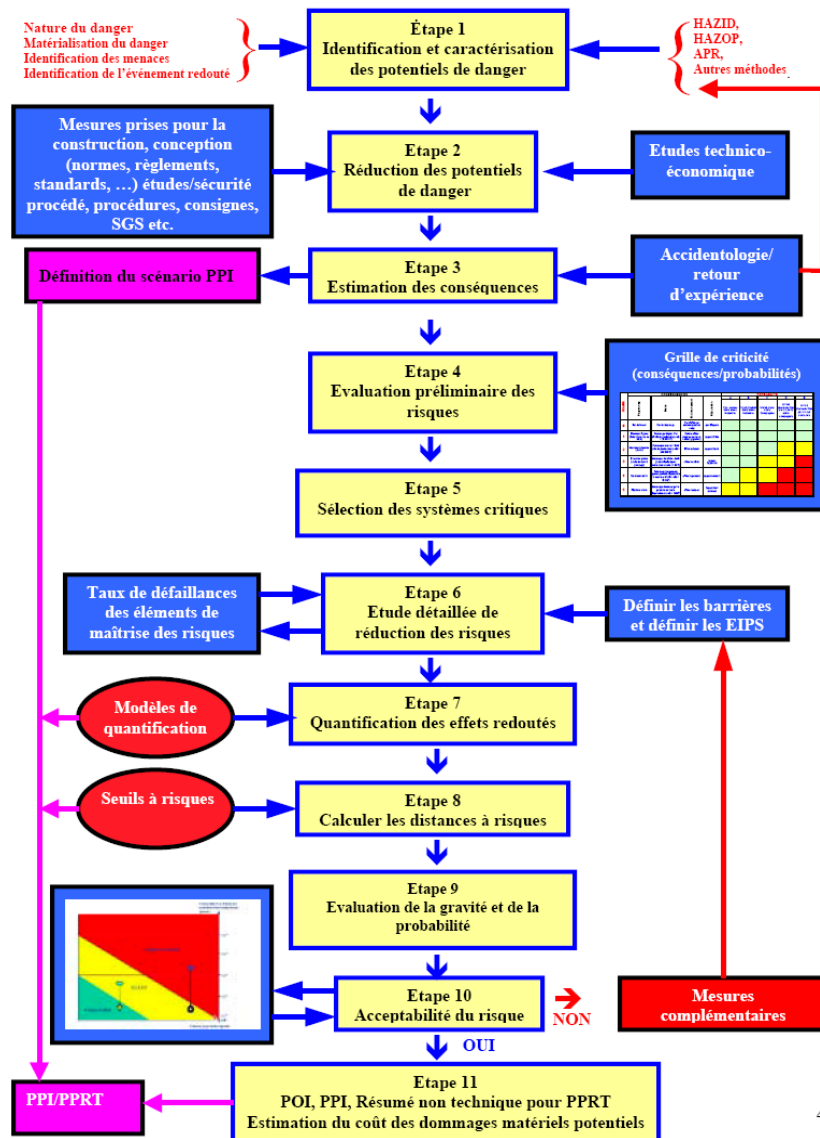
MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

MEDDTL : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement

MEEDDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

Un nœud papillon regroupe donc sur un même graphique les différents scénarios qui comprennent un même ERC. Un scénario donné peut être lu à partir du logigramme en nœud papillon en suivant une branche unique depuis la partie gauche du graphique (arbre de défaillances) jusqu'à son extrémité droite (arbre d'événements).

A titre d'illustration, dans le domaine des ICPE, la méthode du nœud papillon est mise en œuvre au travers de onze étapes fondamentales pour l'analyse des risques, résumées à la figure suivante :



4

source : COURONNEAU J.C. Mise en œuvre de la nouvelle approche d'analyse des risques dans des installations classées (Principes généraux pour l'élaboration des études de dangers). 2004-12p.

Ouvrage : on entend par ouvrage le barrage, en comprenant la structure génie civil et sa fondation, ainsi que les ouvrages de sécurité (vannes, évacuateurs de crues, dispositif d'auscultation...).

Remarque : dans l'étude de dangers, la partie « description de l'ouvrage » (rubrique 3.2) recouvre l'ensemble du système étudié dans l'étude, à savoir l'ouvrage (tel que défini ci-dessus) et sa retenue.

Phénomène dangereux : manifestation physique concrète d'un potentiel de dangers, pouvant se traduire par exemple par un incendie, une explosion ou une libération importante d'eau ou de sédiments. On parle d'accident majeur lorsque ce phénomène peut avoir des conséquences importantes sur des enjeux.

Politique de prévention des accidents majeurs (ou PPAM) : politique mise en place par l'exploitant sur la base des accidents envisagés dans l'étude de dangers, en vue de prévenir les accidents majeurs et de limiter leurs conséquences pour l'homme et l'environnement. Des précisions sur cette notion sont apportées dans le présent guide (voir les commentaires de la rubrique 4).

Potentiel de dangers : Système (naturel ou créé par l'homme) comportant un (ou plusieurs) danger(s). On entend par « danger » une propriété intrinsèque (énergie potentielle, toxicité, explosibilité, inflammabilité...) à un système technique (retenue d'eau, élévation d'une charge, mise sous pression d'un liquide ou d'un gaz...), à une substance (matières constituant des sédiments, polluants...), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ».

PSH : Événement « Précurseur pour la Sûreté Hydraulique », à déclarer à l'administration en application de l'arrêté du 21 mai 2010

Risque : « Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73)

« Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51)

1/ Possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. Dans le contexte propre au « risque technologique », le risque est, pour un accident donné, la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté/final considéré (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences sur des éléments vulnérables

2 / Espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité [ISO/CEI Guide 51]

Le risque constitue une "potentialité". Il ne se « réalise » qu'à travers "l'événement accidentel", c'est-à-dire à travers la réunion et la réalisation d'un certain nombre de conditions et la conjonction d'un certain nombre de circonstances qui conduisent, d'abord, à l'apparition d'un (ou plusieurs) élément(s) initiateur(s) qui permettent, ensuite, le développement et la propagation de phénomènes permettant au "danger" de s'exprimer, en donnant lieu d'abord à l'apparition d'effets et ensuite en portant atteinte à un (ou plusieurs) élément(s) vulnérable(s).

Le risque peut être décomposé selon les différentes combinaisons de ses trois composantes que sont l'intensité, la vulnérabilité et la probabilité (la cinétique n'étant pas indépendante de ces trois paramètres) :

Intensité x Vulnérabilité = gravité des dommages ou conséquences

Intensité x Probabilité = aléa

Risque = Intensité x Probabilité x Vulnérabilité = Aléa x Vulnérabilité = Conséquences x Probabilité

Dans les analyses des risques et les études de dangers, le risque est généralement qualifié en Gravité (des Conséquences) x Probabilité, par exemple dans une grille P x G.

Scénario d'accident (majeur) : enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse des risques. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse des risques utilisées et des éléments disponibles.

Scénario de défaillance : combinaison unique d'états des composants du système ou de son environnement, définissant une suite de circonstances pertinentes pour la phase d'estimation des risques, pouvant conduire à un ou plusieurs phénomènes dangereux. De manière générale, pour un ouvrage hydraulique, on peut dire également

qu'un scénario de défaillance peut être la combinaison d'un mode de rupture et d'une circonstance. On parle de scénario d'accident dès lors qu'un scénario de défaillance peut conduire à un accident majeur et que l'on s'intéresse à ses conséquences.

Système de gestion de la sécurité (ou SGS) : ensemble des dispositions mises en œuvre par l'exploitant au niveau de l'ouvrage, relatives à l'organisation, aux fonctions, aux procédures et aux ressources de tout ordre ayant pour objet la prévention et le traitement des accidents majeurs. Des précisions sur cette notion sont apportées dans le présent guide (voir les commentaires de la rubrique 4).

Vulnérabilité : propriété qualifiant les enjeux, attachée au degré relatif de perte de valeur de l'enjeu s'il est affecté par un aléa de nature et d'intensité données. La vulnérabilité est généralement exprimée sur une échelle de 0 (pas de perte) à 1 (perte complète).

A une autre échelle, la vulnérabilité exprime aussi un ensemble de conditions et de processus résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques et environnementaux, qui accroissent la susceptibilité de la collectivité aux conséquences des aléas.

Annexe 1 : exemples de grilles de probabilités d'occurrence

Les deux premières grilles s'inscrivent dans une logique d'appréciation des scénarios dans leur globalité tandis que la troisième s'inscrit dans une logique d'évaluation de la probabilité événement par événement.

Grille définissant 5 classes de probabilités d'occurrence

Grille utilisée en ICPE pour la caractérisation des scénarios d'accidents présentés dans une étude de dangers (cf. annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation)

Classe de probabilité Type d'appréciation	E	D	C	B	A
qualitative¹ (les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants) ²	« événement possible mais extrêmement peu probable » : <i>n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années installations..</i>	« événement très improbable » : <i>s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.</i>	« événement improbable » : <i>un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.</i>	« événement probable » : <i>s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.</i>	« événement courant » : <i>s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.</i>
semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté				
Quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	

(1) Ces définitions sont conventionnelles et servent d'ordre de grandeur de la probabilité moyenne d'occurrence observable sur un grand nombre d'installations × années. Elles sont inappropriées pour qualifier des événements très rares dans des installations peu nombreuses ou faisant l'objet de modifications techniques ou organisationnelles. En outre, elles ne préjugent pas l'attribution d'une classe de probabilité pour un événement dans une installation particulière, qui découle de l'analyse de risque et peut être différent de l'ordre de grandeur moyen, pour tenir compte du contexte particulier ou de l'historique des installations ou de leur mode de gestion.

(2) Un retour d'expérience mesuré en nombre d'années × installations est dit suffisant s'il est statistiquement représentatif de la fréquence du phénomène (et pas seulement des événements ayant réellement conduit à des dommages) étudié dans le contexte de l'installation considérée, à condition que cette dernière soit semblable aux installations composant l'échantillon sur lequel ont été observées les données de retour d'expérience. Si le retour d'expérience est limité, les détails figurant en italique ne sont en général pas représentatifs de la probabilité réelle. L'évaluation de la probabilité doit être effectuée par d'autres moyens (études, expertises, essais) que le seul examen du retour d'expérience.

Grille définissant 3 classes de probabilité d'occurrence pour les phénomènes de mouvement de terrain

Extrait du guide méthodologique MEDAD du 13/11/2007 pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Technologiques relatifs aux stockages souterrains visés à l'article 3-1 du Code Minier (rapport d'étude INERIS DRS-07-86164-03522A). Cette grille propose une correspondance avec la grille relative aux risques technologiques présentée ci-avant.

Classe de probabilité		E	D	C	B	A
Type d'appréciation						
Qualitative ³ (les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations /sites et le retour d'expérience sont suffisants). ⁴	Techno	« événement possible mais extrêmement peu probable » n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installations.	« événement improbable » très s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	« événement improbable » un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis n'apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	« événement probable » s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.	« événement courant » s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives.
	Mouvements de terrain	Très peu sensible à peu sensible : n'est pas impossible mais aucun événement similaire connu sur le site étudié ou sur un site similaire	Sensible : s'est déjà produit sur un site similaire ou le site étudié ou conjugaison de facteurs favorables à la survenue du phénomène redouté. ⁵		Très sensible : s'est déjà produit sur un site similaire ou le site étudié et conjugaison d'un grand nombre de facteurs favorables à la survenue du phénomène redouté. ⁵	
Semi-quantitative		Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté.				
Quantitative (par unité et par an)			10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²

Tableau 4 : Classes de probabilité d'occurrence pour les phénomènes de type thermique, surpression, toxique et mouvement de terrain

³ Ces définitions sont conventionnelles et servent d'ordre de grandeur de la probabilité moyenne d'occurrence observable sur un grand nombre d'installations*années. Elles sont inappropriées pour qualifier des événements très rares dans des installations peu nombreuses ou faisant l'objet de modifications techniques ou organisationnelles. En outre, elles ne préjugent pas l'attribution d'une classe de probabilité pour un événement dans une installation particulière, qui découle de l'analyse de risque et peut être différent de l'ordre de grandeur moyen, pour tenir compte du contexte particulier ou de l'historique des installations ou de leur mode de gestion.

⁴ Un retour d'expérience mesuré en nombre d'années * installations est dit suffisant s'il est statistiquement représentatif de la fréquence du phénomène (et pas seulement des événements ayant réellement conduit à des dommages) étudié dans le contexte de l'installation considérée, à condition que cette dernière soit semblable aux installations composant l'échantillon sur lequel ont été observées les données de retour d'expérience. Si le retour d'expérience est limité, les détails figurant en italique ne sont en général pas représentatifs de la probabilité réelle. L'évaluation de la probabilité doit être effectuée par d'autres moyens (études, expertises, essais) que le seul examen du retour d'expérience.

⁵ La classe « sensible » correspond à la classe de probabilité « C ». La classe « très sensible » correspond à la classe de probabilité « A ».

Grille définissant 6 classes de probabilités d'occurrence utilisées pour l'analyse des risques du barrage et de l'usine de Vallières (Etude OXAND – novembre 2003) :

Extrait présentant une description qualitative de 6 niveaux de fréquence, utilisés pour caractériser chaque mode de défaillance étudié dans le cadre d'une AMDEC

Description	Classe, niveau
Virtuel. Impossible	1
Très improbable. Jamais observé	2
Improbable. Observé en maintenance ou/et une fois en crue	3
Possible. Fréquemment observé en maintenance et occasionnellement en crue	4
Très probable. Fréquemment observé en crue et en maintenance	5
Certain	6

Annexe 2 : PPAM et SGS

Politique de Prévention des Accidents Majeurs (PPAM) : la politique de prévention des accidents majeurs est définie par le responsable de l'ouvrage en cohérence avec les accidents envisagés dans l'étude de dangers, pour prévenir ces derniers et en limiter les conséquences pour l'homme et l'environnement. Elle contient des objectifs chiffrés² relatifs à la sécurité de l'ouvrage.

Remarque : la sécurité de l'ouvrage s'entend ici au sens de la prévention et du traitement des accidents majeurs : sont donc exclues de l'étude de dangers les problématiques de sécurité du personnel relatives au code du travail. Elle comprend néanmoins les problèmes de sécurisation de l'accès à l'ouvrage qui pourraient compromettre la bonne réalisation de certaines actions de sécurité de l'ouvrage.

Système de Gestion de la Sécurité (SGS) : le système de gestion de la sécurité décrit l'ensemble des moyens mis en œuvre par le responsable de l'ouvrage pour répondre aux objectifs définis dans la PPAM. Ce système est plus ou moins développé selon la complexité et les enjeux de l'ouvrage. Par ailleurs, dans le cas où des procédures sont communes à plusieurs ouvrages et sont mentionnées dans la description du SGS, il est important de savoir comment celles-ci sont appliquées de manière concrète pour l'ouvrage étudié.

Le SGS définit l'organisation, les fonctions des personnels, les ressources et les procédures partie prenante à la PPAM, notamment les mesures pour la surveillance de l'ouvrage, y compris en crue, pour l'entretien et pour la gestion de crise. Les différents documents ou listes de personnels concernés qui constituent le SGS ne sont pas nécessairement joints à l'étude de dangers mais doivent y être cités de manière explicite (avec leurs références précises), synthétisés et tenus à la disposition du service de contrôle.

De manière plus précise, la description d'un SGS peut comporter les types de rubriques qui suivent :

a) Maîtrise d'exploitation de l'ouvrage en dehors des situations d'urgence décrites au point d) (situation courante, crues ou séismes sans menace de rupture, phases provisoires liées à des opérations de vidange, des travaux ou une remise en eau...)

Cette rubrique décrit :

- l'organisation mise en place pour permettre l'exploitation de l'ouvrage dans des conditions optimales de sécurité, telle qu'elle figure dans les consignes de surveillance, de crues et d'exploitation hors crues, éventuellement complétées par des procédures internes et des instructions. Le cas échéant, elle tient compte des autres ouvrages en amont et en aval qui peuvent nécessiter une gestion globale de la chaîne de barrages ;
- l'organisation mise en place pour assurer la sécurité de l'ouvrage pendant les travaux, les phases de mise à l'arrêt et de démarrage d'installations de l'aménagement, les modifications apportées aux installations, les opérations d'entretien et de maintenance, même sous-traitées. Les conditions exceptionnelles d'exploitation qui peuvent résulter de ces situations font généralement l'objet d'une réflexion préalable et peuvent donner lieu à des procédures particulières ;
- les procédures de mise en sécurité de l'ouvrage (mesures d'exploitation ou de surveillance...) suite à une sollicitation particulière de l'ouvrage, due par exemple à la survenance d'un événement exceptionnel (séisme, crue exceptionnelle ou extrême...) ou à une détérioration par un tiers.

b) Organisation, formation

Cette rubrique décrit :

- les fonctions des personnels associés à la prévention et au traitement des accidents majeurs, à tous les niveaux de l'organisation ;
- les besoins en matière de formation, l'organisation de ces formations ainsi que la définition de leur contenu ;
- la répartition entre ressources internes et autres ressources, notamment la sous-traitance ; les modalités de recours à la sous-traitance et les modalités de son contrôle sont décrites.

² En probabilité d'occurrence de crue, en cote de retenue atteinte, ...

c) Identification et évaluation des risques d'accidents majeurs

Cette rubrique décrit les procédures mises en œuvre pour permettre une identification systématique des risques d'accident majeur susceptibles de se produire en toute configuration d'exploitation de l'ouvrage.

Ces procédures doivent permettre d'apprécier les possibilités d'occurrence d'accident majeur et d'évaluer la gravité des risques encourus.

Ces risques étant mis en évidence par l'étude de dangers, le SGS indique l'organisation mise en place pour la réalisation, la mise à jour et l'utilisation de cette étude, avec en particulier comment le responsable de l'ouvrage s'en approprie les résultats et organise la mise en œuvre des recommandations formulées.

d) Gestion des situations d'urgence

En cohérence avec les procédures de la rubrique c (identification et évaluation des risques d'accidents majeurs) et celles de la rubrique a (maîtrise d'exploitation de l'ouvrage), cette rubrique décrit les procédures mises en œuvre pour la gestion des situations d'urgence (par exemple : menace de rupture imminente, amorce de renard, submersion d'un ouvrage non-prévu à cet effet, brèche dans un tronçon de l'ouvrage...). Ces procédures peuvent faire l'objet :

- de dispositions particulières dans les consignes de surveillance et de crues de l'ouvrage, en complément des éléments décrits en a) ;
- d'une formation spécifique (tel que décrit en b) ;
- de régulières mises en situations du personnel concerné ;
- de « fiches réflexes » facilement accessibles rappelant les conduites à tenir en cas d'accident et notamment les modalités d'information des autres acteurs concernés par les situations de crise (Maires, Préfet...).

e) Gestion du retour d'expérience

Cette rubrique comprend les procédures mises en œuvre pour analyser les accidents vécus et pour prendre en compte ceux survenus sur d'autres ouvrages du même type dans le monde, dans la mesure où des informations sont bien accessibles. Lorsqu'il y a eu des défaillances de mesures de prévention, il est particulièrement nécessaire que soient présentées les procédures mises en œuvre pour organiser les enquêtes et les analyses nécessaires, pour remédier aux défaillances détectées et pour assurer le suivi des actions correctives.

De manière plus globale, on retrouve parmi les procédures relatives à la gestion du retour d'expérience celles mises en œuvre pour les EISH et les PSH déclarés en application de l'arrêté interministériel du 21 mai 2010.

f) Contrôle du SGS, audits et revues de direction

Cette rubrique décrit :

- quelles dispositions sont prises par le responsable de l'ouvrage pour contrôler le respect permanent des procédures élaborées dans le cadre du SGS et remédier aux éventuels écarts ;
- si des systèmes d'audits existent pour évaluer périodiquement l'efficacité du SGS et son adéquation à la PPAM ;
- si des revues de direction sont organisées, sur la base des deux points précédents et du e), pour mener une analyse régulière et documentée de la mise en œuvre de la PPAM et de la performance du SGS.

Annexe 3 : exemples de méthodes conformes aux règles de l'art

Il peut s'agir par exemple de méthodes ayant fait l'objet de publications de la CIGB, du CFBR...ou qui se réfèrent à des textes réglementaires. Les documents mentionnés ci-après sont disponibles soit sur l'intranet consacré à la sécurité des ouvrages hydrauliques, soit sur les sites web du CFBR ou de la CIGB.

Hydrologie

- CIGB/ICOLD – choix de la crue de projet – bulletin n° 82 – 1992 ;
- CFGB – « Les crues de projet des barrages : Méthode du gradex – Design Flood Determination by the Gradex Method » – 18^{ème} Congrès CIGB / ICOLD – novembre 1994 ;
- Estimation de la crue centennale pour les plans de prévention des risques d'inondation – Michel LANG, Jacques LAVABRE et al. – éd. Quae – 2007
- CFBR - Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages - à paraître ;

Séismes

- MINEFI – Guide « classification des barrages vis-à-vis des séismes » – décembre 2003 ;
- MEDDTL/DGPR – Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques – à paraître ;

Stabilité

- CFBR – Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages poids – recommandations provisoires – janvier 2006 ;
- CFBR – Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais – recommandations provisoires – juin 2010 ;
- CFGB – Petits barrages ; recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi – Cemagref éditions – 1997 ;

Ondes de submersion

- CIGB/ICOLD – Etude d'onde de rupture de barrages - bulletin n° 111 – 1998 ;

Analyse de risques

- CIGB/ICOLD – Risk assesment in Dams Safety Management. A reconnaissance of Benefits. Methods and Current Applications - bulletin n° 130 – 2005 ;
- INERIS - Rapports Oméga 7 (méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle - 2006), Oméga 9 (l'étude de dangers d'une installation classée - 2006), Oméga 10 (évaluation des barrières techniques de sécurité - 2008), Oméga 18 (analyse critique d'une étude de dangers d'une installation classée - 2005) et Oméga 20 (démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité - 2009).

Annexe 4 : Prise en compte des barrages amont

L'agression potentielle liée à la présence de barrages en amont est une cause possible de l'ERC « rupture du barrage ». Toute agression de ce type mérite d'être clairement identifiée et étudiée dans une étude de dangers. Des approches différentes sont envisageables selon que les informations relatives à ces barrages sont disponibles ou non.

- **Indisponibilité des informations**

Concernant la prise en compte du risque de rupture d'un ouvrage situé à l'amont et non-soumis à étude de dangers ou pour lequel l'étude de dangers n'est pas disponible, une approche simplifiée conservatrice est admissible en considérant la rupture instantanée de l'ouvrage amont et la libération du volume total de cette retenue dans l'ouvrage étudié. Un hydrogramme majoré découlant de cette approche peut être estimé à partir de quelques données géométriques connues sur l'ouvrage amont et rappelées à la rubrique 3.2 (volumes de retenue, section de la vallée au droit du barrage, type de barrage, hauteur du barrage...). Il convient alors de se prononcer sur les conséquences hydrauliques liées à cet hydrogramme : possibilités de laminage par la retenue du barrage étudié, capacité d'évacuation des débits sans nécessité d'intervention, risque de surverse dans des zones non-prévues à cet effet, évaluation de la tenue ou de la rupture du barrage étudié sous l'effet de l'agression considérée.

- **Disponibilité des informations**

Quand l'étude de dangers d'un barrage amont est disponible, celle-ci comprend les éléments caractérisant l'agression possible pour le barrage étudié ; les informations issues de cette étude sont alors à prendre en compte dans l'analyse de risques pour se prononcer sur la tenue ou la rupture du barrage étudié sous l'effet de cette agression, comme indiqué dans le cas précédent.

Rappelons que la modélisation de l'onde de submersion n'est pas à réaliser pour tous les barrages situés dans l'emprise d'une onde de rupture d'un barrage donné. Elle revient au barrage dont la rupture initie l'onde, en faisant des hypothèses sur la tenue ou la rupture des barrages aval (cf. § III-e des commentaires relatifs à la rubrique 8, dans le corps du guide).

Pour autant, chacun des barrages aval des classes A et B doit bien contenir dans son étude de dangers une modélisation de l'onde de submersion liée à sa propre rupture (indépendamment de la rupture d'un autre barrage à l'amont).

Concernant l'accès aux informations contenues dans une étude de dangers sur l'onde de submersion modélisée : le dialogue doit pouvoir s'établir directement entre les responsables d'ouvrages concernés. Cette information n'est en aucun cas confidentielle (cf. préambule).

Quelle que soit l'approche (informations disponibles ou non) et en raison des différences méthodologiques possibles d'une étude de dangers à une autre, l'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'agression par un barrage amont n'est pas exigée. En revanche, comme indiqué précédemment, il est bien attendu une évaluation des conséquences de l'agression sur le barrage étudié.

Si le barrage amont constitue pour le barrage aval un agresseur susceptible d'engendrer sa rupture, il appartient au service de contrôle de vérifier que le responsable du barrage amont met en œuvre des moyens suffisants pour maîtriser les risques correspondants (étude de stabilité, analyse particulière de risques...) par exemple par la mise en révision spéciale si nécessaire du barrage amont.

Par ailleurs, le service de contrôle doit veiller à la cohérence entre plusieurs études de dangers du point de vue des hypothèses prises en compte concernant la tenue ou la rupture d'un barrage donné sous l'effet de la rupture d'un autre. En cas d'incohérence constatée, une mise à jour ou des compléments d'analyse peuvent s'avérer nécessaires pour les barrages concernés.

Prenons l'exemple de deux barrages successifs X et Y classés A et situés sur un même cours d'eau : l'étude de dangers du barrage de Y postule que le barrage de X résiste sous l'effet de l'onde générée par la rupture de Y. Or celle-ci génèrerait une surverse importante sur le barrage de X, pour laquelle il n'est pas initialement dimensionné. Des précisions peuvent alors être demandées sur la tenue du barrage de X dans le cadre de sa propre étude de dangers. En fonction des précisions apportées pour le barrage de X, le responsable du barrage de Y pourrait être amené à reconsidérer les hypothèses prises pour la modélisation de l'onde de submersion liée à la rupture de son barrage.

Enfin, s'agissant de la question « jusqu'où remonter en amont ? » pour la prise en compte des différents barrages potentiellement agresseurs du barrage étudié dans une étude de dangers donnée, il appartient au rédacteur de l'étude de dangers de le définir sur la base d'une bonne description de l'environnement amont. En tous les cas, il convient de vérifier que l'étude ne se limite pas à un seul grand barrage amont dont l'agression constituerait un scénario majorant entraînant inévitablement une rupture du barrage étudié. On doit en effet retrouver également la prise en compte d'agressions plus limitées liées à d'autres barrages intermédiaires (situés entre le grand barrage pré-cité et le barrage objet de l'étude de dangers). Cela peut être le cas par exemple pour plusieurs aménagements successifs de classe B dont les études de dangers respectives s'intéresseraient toutes uniquement à l'agression par un même barrage amont de classe A, soumis à plan particulier d'intervention ; le service de contrôle peut demander que les agressions potentielles entre les différents barrages de classe B soient aussi étudiées.

Annexe 5 : Fiche de suivi d'une étude de dangers

La présente « fiche de suivi » se veut un outil pratique à la disposition des services de contrôle pour les aider à analyser et « gérer » les études de dangers qui leur seront transmises par les responsables d'ouvrages. Cette liste peut notamment servir de « check-list » pour vérifier qu'une étude de dangers répond aux différents points développés dans le guide de lecture, en application des différents textes législatifs et réglementaires rappelés au début de ce guide.

Dans certains cas d'espèces, la liste type de rubriques qui est proposée par la présente fiche devra être complétée en tant que de besoin. A contrario, certaines rubriques seront sans objet.

Enfin, il est précisé que la présente fiche de suivi distingue les cas suivants de « catégories » d'études de dangers : « EDD initiale ouvrage neuf », « EDD initiale modification substantielle ouvrage existant », « EDD initiale ouvrage existant », « Complément EDD "fait nouveau" à la demande du préfet » et « Révision décennale EDD » mais omet volontairement le cas des compléments demandés par le préfet hors « fait nouveau ». Ce dernier cas correspond au travail d'analyse et « d'instruction » effectué par le service de contrôle. C'est précisément à la fiche suiveuse qu'il revient de « gérer » ce travail (la fiche conservera un statut « ouvert » tant que les réponses n'auront pas été apportées par l'exploitant).

Edition (1 / 2 / 3 / ...) du ... [date de mise à jour] – **Statut** : ... [Ouverte / Close]

Intitulé ouvrage hydraulique : ...

Responsable (concessionnaire / propriétaire / exploitant) : ...

Rubrique 0 – Résumé non technique de l'étude de dangers

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Un document résumé non technique	
Cartes explicatives et illustrations	
Forme didactique	
Le résumé aborde la situation actuelle de l'ouvrage résultant de l'analyse de risques, et présente les résultats P, G.	
Le résumé présente des mesures de réduction des risques	
Le résumé comporte une présentation des améliorations prévues	

Rubrique 1 – Renseignements administratifs

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Identification complète du propriétaire / concessionnaire de l'ouvrage ou de l'exploitant (s'il est différent)	
Références administratives complètes	

Référence décision de classement A, B ou C	
Identification complète rédacteur de l'EDD	

Rubrique 2 – Objet de l'étude

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Identification complète de ou des ouvrages englobés dans le périmètre de l'EDD (le périmètre est-il clairement défini ?)	
Cartes explicatives associées	
Statut de l'EDD : « EDD initiale ouvrage neuf », « EDD initiale modification substantielle ouvrage existant », « EDD initiale ouvrage existant », « Complément EDD "fait nouveau" à la demande du préfet » et « Révision décennale EDD »	
Référence PPI (vérification de sa validité, sa remise à jour)	

Rubrique 3 – Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Description de l'ouvrage – description générale	
Plans et schémas associés à la description générale	
Description de l'ouvrage – génie civil	
Plans et schémas associés au génie civil	
Description de l'ouvrage – fondations	
Plans et schémas associés aux fondations	
Description de l'ouvrage – vantellerie	
Plans et schémas associés à la vantellerie	
Description de l'ouvrage – architecture générale de contrôle commande	
Plans et schémas associés au contrôle commande	
Description de l'ouvrage – dispositif d'auscultation	
Plans et schémas associés au dispositif d'auscultation	
Description de l'ouvrage – schémas généraux de l'alimentation électrique	
Plans et schémas associés à l'alimentation électrique	
Description de l'ouvrage – schémas généraux des télécommunications	
Plans et schémas associés aux télécommunications	
Description de l'ouvrage – fonctionnement	
Plans et schémas associés au fonctionnement	

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Description de l'ouvrage – modes d'exploitation	
Plans et schémas associés aux modes d'exploitations	
Description des ouvrages annexes de sécurité	
Plans et schémas associés aux ouvrages annexes de sécurité	
Description de la retenue en termes de volume, surfaces et cotes du plan d'eau	
Cartographie associée à la description de la retenue	
Description des berges de la retenue	
Cartographie associée à la description des berges	
Description du relief autour de la retenue	
Cartographie associée à la description du relief	
Description de l'environnement de l'ouvrage – terrains surplombant l'ouvrage qui peuvent être le point de départ de glissements, éboulements, avalanches et les éventuels aménagements destinés à maîtriser ces risques	
Description de l'environnement de l'ouvrage – le bassin versant en amont de l'aménagement, en prenant en compte notamment sa morphologie (géologie, superficie, pente, longueur et nombre de cours d'eau, type de végétation, ...)	
Description de l'environnement de l'ouvrage – les autres ouvrages hydrauliques situés à l'amont qui peuvent notamment constituer des agresseurs externes en cas de rupture, ou à l'aval	
Description de l'environnement de l'ouvrage – les voies d'accès au barrage et aux différents ouvrages de sécurité	
Description de l'environnement de l'ouvrage – description des habitations à l'amont du barrage	
Description de la zone à l'aval du barrage en termes de zones d'habitations, d'activités (industrielles, agricoles, touristiques et de pêche) et infrastructures (routes, ponts, voies ferrées, canaux ...)	
Cartographie associée à la description de la zone à l'aval du barrage en termes de zones d'habitations, d'activités et infrastructures	
L'environnement est-il décrit en terme d'enjeu potentiel ET en terme d'agresseur externe ?	

Rubrique 4 – Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité (SGS)

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Description de l'organisation du responsable	
Description de l'organisation sous-traitée	
Procédures d'identification et d'évaluation des risques d'accidents majeurs	
Procédures de surveillance de l'ouvrage (dont extraits des consignes de surveillance ou	

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
instructions internes intervenant notamment dans la justification de la pertinence de barrières de sécurité)	
Procédures de prise en compte du retour d'expérience	
Procédures de gestion des situations d'urgence (dont extraits des consignes de crues ou instructions internes intervenant notamment dans la démonstration de la maîtrise des risques liés aux passages de crues)	
Contrôle qualité des procédures	
Formations des personnels agissant dans le domaine de la sûreté (auscultation, conduite en crues...), en fonction de leur niveau hiérarchique, de leur niveau d'intervention et de leur service de rattachement	
Date de mise à jour des documents qui composent le SGS	

Rubrique 5 – Identification et caractérisation des potentiels de dangers

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Caractérisation de la rupture totale du barrage (le volume d'eau mis en jeu est-il cohérent avec le scénario ? La taille de la section effacée ? Cinétique de l'ouverture de cette section ?)	
Schémas associés à la caractérisation de la rupture totale du barrage	
Caractérisation de la rupture partielle du barrage (le volume d'eau mis en jeu est-il cohérent avec le scénario ? La taille de la section effacée ? Cinétique de l'ouverture de cette section ?)	
Schémas associés à la caractérisation de la rupture partielle du barrage	
Caractérisation des phénomènes gravitaires rapides susceptibles d'affecter la retenue (le volume d'eau mis en jeu est-il cohérent avec le scénario ? La taille de la section effacée ? Cinétique de l'ouverture de cette section ?)	
Schémas associés à la caractérisation des phénomènes gravitaires rapides susceptibles d'affecter la retenue	
Caractérisation d'un dysfonctionnement d'un organe du barrage (le volume d'eau mis en jeu est-il cohérent avec le scénario ? La taille de la section effacée ? Cinétique de l'ouverture de cette section ?)	
Schémas associés à la caractérisation d'un dysfonctionnement d'un organe du barrage	
Caractérisation d'une manœuvre inadaptée d'un organe du barrage (le volume d'eau mis en jeu est-il cohérent avec le scénario ? La taille de la section effacée ? Cinétique de l'ouverture de cette section ?)	
Schémas associés à la caractérisation d'une manœuvre inadaptée d'un organe du barrage	

Rubrique 6 – Caractérisation des aléas naturels

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Étude hydrologique (rappel des données, période de collecte des données, nom de la méthode ...) Présentation des données hydrologiques prises en compte pour l'évaluation des crues Estimation de la probabilité d'occurrence de la crue ou des autres phénomènes naturels susceptibles de mettre l'ouvrage en danger.	
Description de la méthode d'évaluation des crues de retour 1000 ans et 5000 ans pour les barrages dans le cas général, de la crue de retour 10000 ans pour les barrages en remblais.	
Pour un barrage dans le cas général, résultat de l'application de la méthode pour la crue de retour 1000 ans	
Pour un barrage dans le cas général, résultat de l'application de la méthode pour la crue de retour 5000 ans	
Pour un barrage en remblais, résultat de l'application de la méthode pour la crue de retour 10000 ans	
Description de la méthode de détermination du séisme de référence et données prises en compte pour la caractérisation du séisme	
Glissement de terrain	
Chute de blocs	
Avalanches	
Gel (cas de vannes gelées ?)	
Foudre	
Vent	

Rubrique 7 – Etude accidentologique et retour d'expérience

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Accidents et incidents survenus sur l'ouvrage (anomalie dans le comportement de l'ouvrage détectée par sa surveillance, survenue d'un événement externe important tel un séisme de forte intensité ou un mouvement de terrain, survenue d'accidents d'exploitation...)	
Description des mesures prises	
Accidents et incidents survenus sur d'autres ouvrages : un effort est-il réalisé pour en identifier et les analyser ?	
Description des mesures prises	

Rubrique 8 – Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d’occurrence, d’intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences

	Réponse du responsable de l’ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l’adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Description théorique de la méthodologie d’identification et d’analyse des risques (type de méthode retenue, ...)	
Description de l’expertise mobilisée pour la mise en œuvre de la méthodologie (groupe de travail, ...)	
Justification de la sécurité intrinsèque de l’ouvrage (note de stabilité)	
Liste et explicitation détaillée des différents scénarios de défaillance possibles	
Définition précise des critères utilisés pour caractériser les différents accidents potentiels appliqués à l’ouvrage étudié sur la base des paramètres suivants : probabilité d’occurrence, cinétique, intensité des effets et gravité des conséquences	
Estimation de la probabilité d’occurrence	
Estimation de l’intensité des effets	
Estimation de la gravité des conséquences	
Estimation de la cinétique	
Onde de submersion correspondant à la rupture de l’ouvrage	
Onde de submersion correspondant à des accidents présentant un niveau de risque comparable	
Synthèse des scénarios positionnés les uns par rapport aux autres en fonction de leur probabilité d’occurrence et de la gravité des conséquences	

Rubrique 9 – Etude de réduction des risques

	Réponse du responsable de l’ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l’adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Liste, explicitation et justification des mesures de réduction des risques déjà mises en œuvre	
Liste et explicitation des études complémentaires à conduire pour s’assurer complètement de la sécurité de l’ouvrage ou préalable à la définition de mesures complémentaires	
Engagement du responsable sur un délai pour produire les études complémentaires	
Liste, explicitation et justification des mesures de réduction des risques restant à prendre (Article R. 214-116 : l’étude doit détailler les mesures aptes à réduire les risques et en précise les niveaux résiduels une fois mises en œuvre les mesures précitées)	
Engagement du responsable sur un délai pour mettre en œuvre les mesures de réduction des risques	
Mesures compensatoires dans l’attente de la mise en œuvre des mesures de réduction des risques ou des études complémentaires	

Rubrique 10 – Cartographie

	Réponse du responsable de l'ouvrage (réf. du document, commentaire service de contrôle sur l'adéquation de la réponse « ok », « manquant », « sans objet », « à compléter », etc.)
Plan de situation du barrage et de la retenue	
Carte des populations concernées à l'aval	
Carte des activités humaines concernées à l'aval	
Carte de l'onde de submersion	