

RAPPORT

Direction générale de la
Prévention des Risques

Service des Risques
naturels et de
l'Hydraulique
Pôle national de la
sécurité des
ouvrages
hydrauliques

Oct 2019

Arrêté technique barrages du 6 août 2018

Annexes I et II

Note d'interprétation



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Ministère de la Transition écologique et solidaire

www.ecologique-solidaire.gouv.fr

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	04/10/19	Création

Affaire suivie par

Marc HOONAKKER - DGPR/SRNH/STEEGBH/BETCGB
Tél. : 04.76.69.34.72
Courriel : marc.hoonakker@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteurs

Marc HOONAKKER - DGPR/SRNH/SdCAP/PoNSOH

Thomas CARLIOZ – DGPR/SRNH/SdCAP/PoNSOH

Relecteurs

Gilles RAT - DGPR/SRNH/SdCAP

Lionel BERTHET - DGPR/SRNH/SdCAP

Référence(s) intranet

http://

SOMMAIRE

1 - ANNEXE I - PRESCRIPTIONS TECHNIQUES APPLICABLES À TOUS LES BARRAGES DES CLASSES A ET B, AINSI QU'ÀUX BARRAGES DE CLASSE C RECONSTRUITS OU RÉHABILITÉS.....5

Chapitre Ier : Dispositions générales.....5

Item 1.....5

Item 3.....6

Item 4.....6

Item 5.....6

Item 6.....7

Chapitre II : Conditions normales d'exploitation.....8

Items 7 à 9.....8

Item 8.....9

Item 9.....10

Chapitre III : Comportement du barrage lors des crues exceptionnelles.....10

Items 10 à 12.....10

Item 10.....10

Item 11.....12

Chapitre IV : Comportement du barrage lors d'un séisme.....15

Items 13 à 16.....15

Item 15.....16

Item 16.....18

Item 17.....18

Item 18.....19

Item 19.....19

Chapitre V : Évènements naturels exceptionnels divers - Incidents exceptionnels pouvant impacter le bon fonctionnement du barrage.....19

Items 20 à 26.....19

Item 21.....19

Item 22.....20

Item 24.....20

Item 25.....21

Item 26.....21

Chapitre VI : Prescriptions diverses.....22

Item 27.....22

Item 28.....23

Item 29.....23

2 - ANNEXE II - PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES APPLICABLES AUX BARRAGES CRÉÉS ET AUX BARRAGES DE CLASSE A ET B RECONSTRUITS.....24

Chapitre VIII : Prescriptions complémentaires relatives au comportement du barrage en situation extrême de crues.....24

Item 32.....24

Item 34.....	25
Chapitre IX : Prescriptions complémentaires relatives au comportement du barrage lors d'un séisme.....	25
Items 36 et 37.....	25
Chapitre X : Prescriptions complémentaires relatives aux incidents exceptionnels pouvant impacter le bon fonctionnement du barrage.....	27
Item 39.....	27
Chapitre XI : Prescriptions complémentaires diverses.....	27
Item 41.....	27

1 - Annexe I - Prescriptions techniques applicables à tous les barrages des classes A et B, ainsi qu'aux barrages de classe C reconstruits ou réhabilités

Chapitre I^{er} : Dispositions générales

Item 1

Note 1-1 : Définition des *situations de projet*

Le vocabulaire *situations normales, transitoires ou rares, accidentelles ou extrêmes* correspond à des notions bien définies dans les règlements de vérification (notamment Eurocodes), et ne doit pas être substitué par d'autres termes.

Exemple : dans les recommandations CFBR relatives à la justification des barrages-poids, remblais ou voûte, les jeux de coefficients partiels de sécurité pour certaines vérifications de stabilité dépendent directement de la classification de la situation de projet.

Le tableau figurant dans la note 6-1 illustre la ventilation des items des annexes I et II selon les différents types de situations de projet.

Note 1-2 : Choix des situations, notamment en fonction de la *durée de vie* de l'ouvrage

La durée de vie normale d'un barrage est de plusieurs décennies voire plus de 100 ans, mais reste quelque peu subjective. Pour une situation de projet donnée, sa classification en fonction de la *probabilité d'occurrence sur la durée de vie* n'est pas laissée à l'initiative du projeteur, elle est clairement définie dans l'arrêté qui liste l'ensemble des situations de projet à considérer.

Note 1-3 : Pour les situations rares ou transitoires, que signifie le terme *marges suffisantes* ?

Ces marges sont inférieures à celles qui caractérisent les situations normales, mais permettent le maintien de l'ensemble des fonctions de sécurité du barrage. Cela s'apparente à un "état-limite de service". Dans le domaine des vérifications structurales, les règlements de calcul, notamment les recommandations CFBR, proposent les coefficients de sécurité relatifs à ces *marges*.

Note 1-4 : Quelles sont les *méthodes de justification* autorisées ?

Les méthodes de justification présentées dans les recommandations du CFBR, élaborées par la profession et dédiées aux barrages, sont à privilégier. D'autres référentiels peuvent être utilisés à condition de démontrer qu'ils conduisent à un niveau de sécurité au moins équivalent. Pour les domaines techniques non couverts par les recommandations CFBR, on explicitera le référentiel utilisé (Eurocodes par exemple). Celui-ci doit être transmis aux services en charge du contrôle.

Item 3

Note 3-1 : *Poussée des sédiments*

La prise en compte de cette poussée doit être appréciée en fonction du degré de consolidation des matériaux. Des valeurs forfaitaires issues de la littérature technique peuvent être proposées, mais lorsque ce paramètre a une influence directe sur la tenue de l'ouvrage, des investigations in situ peuvent s'avérer nécessaires (bathymétrie, sondages, géophysique).

Note 3-2 : *Barrages sensibles aux phénomènes thermiques*

L'appréciation de la sensibilité doit être menée au cas par cas. Ceci étant, on peut indiquer globalement que les barrages les plus vulnérables à ces phénomènes sont les voûtes, les multi-voûtes, et certains barrages-poids arqués. Concernant les voûtes, des critères de vulnérabilité thermique sont donnés dans les recommandations CFBR.

Item 4

Note 4-1 : *Référentiels pour les actions du vent*

Le référentiel de base est l'Eurocode 1 – actions générales – actions du vent – partie 1-4 (norme NF EN 1991-1-4). On pourra aussi se référer, le cas échéant selon le type de structure, aux recommandations ROSA 2000 (MELT-CETMEF 2001), aux règles Neige et Vent (NV65 – CSTB 2009).

On pourra également utiliser avantageusement les données locales lorsqu'elles existent.

Note 4-2 : *Charges routières*

On ne vise que les ponts, qui peuvent faire partie de la structure du barrage ou de l'évacuateur, et dont les piles, notamment, sont sujettes par exemple à des efforts importants de freinage des poids-lourds. En dehors de ces cas, et pour une simple route surmontant un barrage rigide ou en remblai, il n'y a généralement pas de vérification spécifique à effectuer (même si un léger tassement en crête de remblai peut se produire).

Item 5

Note 5-1 : *Actions de l'eau*

Le premier alinéa précise que l'on prend en compte les niveaux hydrostatiques bien définis pour chaque situation (normale, crue). On ne considère donc pas une partie "permanente" et une partie "variable", avec des pondérations différentes. En effet, même en crue, on considère que la variation de niveau est suffisamment lente pour générer un nouvel état d'équilibre de la structure, qu'il faut donc étudier.

Note 5-2 : *Poussée de la glace*

L'arrêté vise la poussée "statique" de la glace par dilatation thermique. La dévalaison de blocs de glace susceptibles d'endommager une membrane mince, par exemple, n'est pas envisagée comme cas de charge.

Les ouvrages les plus sensibles à ce cas de charge sont les barrages-poids, notamment dans leurs sections supérieures où les forces et moments engendrés par la poussée des glaces peuvent être importants par rapport au volume de barrage devant résister à ces efforts. On trouvera des éléments plus précis sur l'action de la glace dans les recommandations CFBR sur la justification des barrages-poids, ainsi que dans les recommandations ROSA 2000.

Note 5-3 : *Sous-pressions*

Le diagramme des sous-pressions peut, conformément aux recommandations CFBR, tenir compte du profil piézométrique mesuré par l'auscultation (pour les niveaux auscultés), par exemple par un coefficient de rabattement justifié.

Il est indiqué que le diagramme des sous-pressions suit les variations des niveaux hydrostatiques amont et aval. Dans le cas des matériaux peu perméables, la réaction piézométrique peut subir un effet retard, aussi bien à la montée qu'à la descente des niveaux d'eau.

Note 5-4 : *Effet inertiel de l'eau en cas de séisme*

L'action sismique doit tenir compte de l'effet inertiel de l'eau de la retenue, qui sera intégré au modèle d'interaction réservoir / barrage retenu pour la justification.

Item 6

Note 6-1 : *Combinaisons d'actions*

L'objectif est de combiner les différentes actions s'exerçant dans le cadre d'une situation de projet, en vérifiant que la probabilité d'occurrence de cette combinaison est compatible avec le type de situation de projet étudiée. Autrement dit, on ne combinera pas des actions dont la probabilité résultante est trop faible par rapport au type de situation. C'est ainsi que, dans le cas des situations rares ou transitoires, l'action sismique ne sera pas combinée avec un niveau de crue, mais avec le niveau de retenue normale.

Les recommandations CFBR donnent des exemples de combinaisons d'action pertinentes. C'est aussi le sens des items 9, 12, 19, 25, 26, 35, 38 de l'arrêté. Le tableau suivant illustre la manière dont les actions peuvent être combinées entre elles dans chaque type de situation (items des annexes I et II indiqués entre parenthèses).

Type de Situation	Normale	Transitoire ou rare	Accidentelle ou extrême
Situation concernée	Situation normale d'exploitation (7)	Crue exceptionnelle (10 ou 31) Fin de construction (21) Vidange (22) Glace (23) Perte de fonction de sécurité (24) Combinatoire perte de fonction de sécurité + crue (25)	Séisme (13 ou 36) Effondrement terrain (26) Avalanche (26) Choc de bateau (26) Combinatoire perte de fonction de sécurité + crue exceptionnelle (39) Crue extrême (31)
Combinaison d'actions	Quasi permanente	Rare	Extrême
Actions	Permanent + variables + eau "normale"	Permanent + variables + eau "normale" ¹ + action spécifique à la seule situation considérée	Permanent + variables + eau "normale" ¹ + action spécifique à la seule situation considérée
		Crue exceptionnelle : Action de l'eau = PHE	Crue extrême : Action de l'eau = cote atteinte en crue extrême

Quelques exemples peuvent être décrits :

- Exemple de combinaison quasi-permanente (situation normale) : poids propre (permanent) + trafic routier sur le pont du couronnement (variable) + poussée hydrostatique à RN (eau)
- Exemple de combinaison rare (situation rare) :
 - poids propre (permanent) + sédiments (permanent) + remblai aval (permanent) + poussée hydrostatique à RN (eau) + sous-pressions RN (eau) + glace (action rare)
 - poids propre + sédiments + poussée hydrostatique à PHE (eau) + sous-pressions PHE (eau)
- Exemple de combinaison extrême :
 - Poids propre + poussée hydrostatique RN (eau) + sous-pressions RN (eau) + séisme
 - Poids propre + poussée hydrostatique crue extrême + sous-pressions crue extrême.

Chapitre II : Conditions normales d'exploitation

Items 7 à 9

Note 7-1 : Ce chapitre correspond aux vérifications de l'exigence essentielle de l'art. 2-I-1° : « les risques liés au fonctionnement de l'ouvrage sont pleinement maîtrisés ». Cela signifie que tous les composants du barrage fonctionnent nominalement, avec des marges de sécurité. Des valeurs de ces marges de sécurité sont données dans les recommandations CFBR pour les composants qui en relèvent.

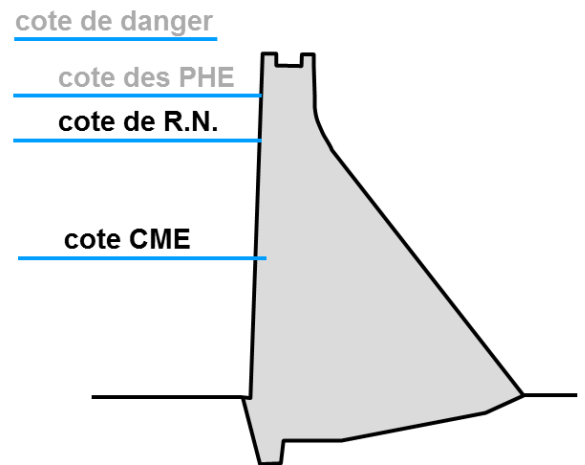
¹ Le terme "eau normale" ne vise pas uniquement le cas de la retenue au niveau RN, mais aussi les niveaux intermédiaires entre CME et RN (cf item 8) éventuellement combinés à des chargements thermiques.

Item 8

Note 8-1 : Cotes RN et CME

La "Cote de retenue normale" (RN) peut être physiquement matérialisée (cote d'un déversoir) mais pas nécessairement (cas d'ouvrages vannés en surface). Il s'agit généralement d'une valeur "contractuelle" (arrêté d'autorisation, ou cahier des charges d'un barrage concédé). Elle sert au classement de l'ouvrage par le biais du calcul du volume (R214-112 du CE).

La "Cote minimale d'exploitation" (CME) peut correspondre à un minimum turbinable, ou à un seuil de potabilité, mais peut ne pas être définie.



Note 8-2 : Niveaux hydrostatiques amont combinés avec niveaux aval

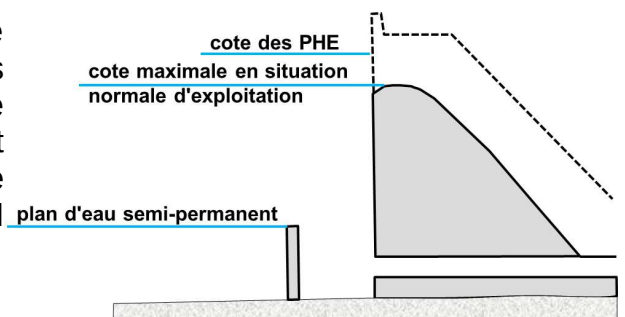
Est essentiellement visé le cas des barrages mobiles en rivière, pour lesquels des niveaux intermédiaires de cotes amont et aval, associés aux profils de sous-pressions, peuvent conduire à des facteurs de sécurité plus faibles.

Note 8-3 : Situation normale en abaissement rapide

La situation d'abaissement rapide peut conduire à un état-limite de stabilité du talus amont, par exemple pour les barrages en remblai dont les matériaux sont peu drainants ou pour les barrages à masque. Cette situation est déjà visée à l'item 22, où elle est considérée comme une situation rare. Lorsque cette situation de vidange + remplissage se produit à une fréquence importante (certaines STEP par exemple), elle doit alors être considérée comme une situation normale.

Note 8-4 : Barrages écrêteurs de crues

Le schéma ci-contre illustre la cote maximale correspondant aux situations normales d'exploitation : c'est la cote maximale de la crue pouvant être stockée dans la retenue avant déversement, en tenant compte de l'effet de laminage et de la capacité du conduit de fond



Item 9

Note 9-1 : Vocabulaire

Les définitions des termes « combinaisons quasi permanentes » et « valeurs caractéristiques » sont celles usuellement employées par la profession. Elles sont disponibles dans les règlements ou recommandations (notamment Eurocodes et recommandations CFBR).

Note 9-2 : Actions de l'eau

Cette rédaction est à rapprocher du 1^{er} alinéa de l'item 5 : les actions de l'eau correspondent au niveau considéré (amont et aval).

Chapitre III : Comportement du barrage lors des crues exceptionnelles

Items 10 à 12

Note 10-1 : Ce chapitre correspond aux vérifications de l'exigence essentielle de l'art. 2-I-2° 1^{ère} phrase : "le barrage conserve la disponibilité de tous ses organes de sécurité". On vise essentiellement le dimensionnement hydraulique de l'évacuateur de crue (absence de surverse non prévue par-dessus les bajoyers, absence de mise en charge incontrôlée, dissipation de l'énergie maîtrisée,...). Le cas de la défaillance d'un organe EVC (génie civil, hydro-mécanique, contrôle-commande) est traité au chapitre V et relève de l'exigence essentielle N°3.

Item 10

Note 10-2 : Cote PHE

La « Cote des plus hautes eaux » (PHE) considérée dans l'item 10 est *a minima* la cote atteinte par la retenue dans l'hypothèse de l'arrivée d'une crue de dimensionnement de période de retour choisie (correspondant tableau de l'item 11).

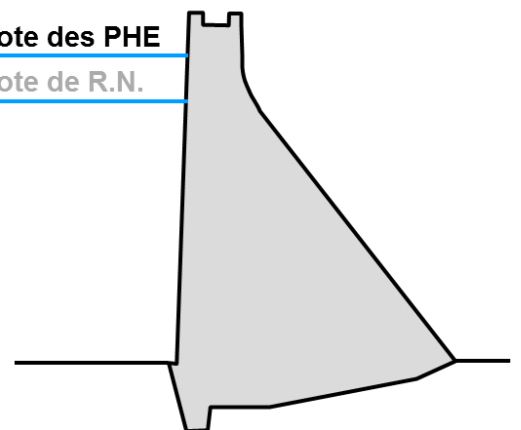
À cette cote des PHE, le calcul de stabilité de l'ouvrage doit faire apparaître des coefficients de sécurité suffisants fixés par exemple dans les recommandations CFBR (cf note 1-3). On reste dans le domaine des états-limites de service (ELS).

Parfois, une cote dite « des PHE » est fixée dans les documents d'autorisation ou le cahier des charges, et ne correspond pas nécessairement à la PHE définie au sens de l'ATB : elle ne peut pas être prise en compte si elle est inférieure à celle définie ci-dessus (au sens de l'ATB).

cote de danger

cote des PHE

cote de R.N.



Note 10-3 : *Le barrage ne doit pas subir de dommages*

Le passage de la crue exceptionnelle s'effectue sans endommagement de l'ensemble des organes de sécurité hydrauliques (évacuateurs de crues, coursiers, dissipateurs d'énergie, vidanges de fond, etc.), conformément à l'exigence essentielle de l'art. 2-1-2°. Plus précisément, les éventuels dommages ne doivent pas faire obstacle à ce que l'ouvrage continue de fonctionner en toute sécurité, y compris à l'occasion de la prochaine crue, qui peut se produire peu de temps après le premier événement. Mais le barrage lui-même doit bien sûr garder le même niveau de sécurité (il est évident qu'un barrage en remblai qui romprait ou serait endommagé en crue alors que l'EVC au rocher résisterait, n'est pas conforme à l'esprit des exigences essentielles).

Remarque : la notion "d'absence de dommage", ou "d'intégrité" n'est pas antinomique avec le développement de fissures ou de dommages locaux, par exemple des fissures d'importance limitée dans les barrages-poids ou des déplacements d'adaptation d'une voûte, qui font partie du fonctionnement normal de l'ouvrage et qui sont admis par les règlements ou les règles de l'art du génie civil.

Note 10-4 : *Gestion saisonnière de la retenue*

Le calcul de laminage peut prendre en compte l'existence d'un creux de la retenue, mais il ne peut s'agir d'un creux préventif en début de crue qui serait fondé sur des prévisions de crue, car ces prévisions ne peuvent être garanties en toutes circonstances. On vise ici un abaissement de retenue inscrit dans une gestion pérenne, correspondant par exemple à un creux saisonnier lors de la saison, prise au sens large (un ou plusieurs mois) à plus fort risque hydrologique. Cette gestion doit figurer "dans le dur", notamment dans le document d'organisation visé au CE R214-122 2°.

Note 10-5 : *Laminage par les retenues amont*

Cet article vise avant tout le laminage intrinsèque à la retenue considérée ; ce laminage doit être calculé à partir de la courbe de remplissage, et non de manière forfaitaire. Le laminage occasionné par les éventuelles retenues situées à l'amont peut physiquement exister, mais sa prise en compte nécessite une gestion coordonnée des retenues. Cela implique que les retenues soient gérées par le même exploitant, et avec des documents d'organisation coordonnés.

Note 10-6 : *En l'absence d'embâcles*

Le risque d'embâcle est important sur la très grande majorité des cours d'eau en crue. Il intervient de ce fait dès les situations rares. Il est donc attendu qu'il soit démontré que la débitance des dispositifs d'évacuation des crues reste suffisante dans le cas d'embâcle.

Le risque d'embâcle peut être apprécié par rapport aux critères de sensibilité figurant dans les recommandations CFBR pour le dimensionnement des EVC, § 3.2.2. On suivra utilement le logigramme associé (sensibilité du bassin versant, de la retenue, de l'évacuateur). En cas de sensibilité avérée au risque d'embâcle, la vérification du passage des crues mentionnées dans le tableau de l'item 11 devra prendre pour hypothèse une réduction de débitance.

Remarque : cette disposition n'est pas contradictoire avec l'exigence essentielle N°2 qui mentionne la disponibilité des organes de sécurité. Cette "disponibilité" se traduit de fait par la prise en compte d'une débitance réduite qui est pleinement intégrée au fonctionnement de l'ouvrage ou de l'aménagement.

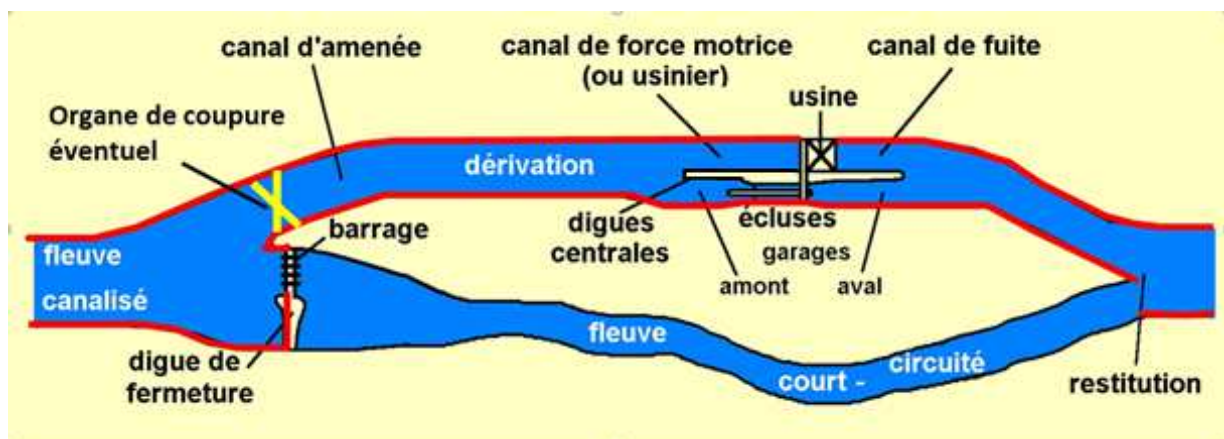
Note 10-7 : Evacuateurs de crues

Les organes d'évacuation des crues comprennent valablement les groupes de production des usines (on vise essentiellement les déchargeurs ou groupes/déchargeurs des usines des aménagements fluviaux) et les vidanges de fond, uniquement si ces organes sont dimensionnés avec le niveau de fiabilité attendu pour un EVC (tel que précisé dans les recommandations ou les référentiels), et justifiés comme tels dans l'EDD ou, pour les barrages de classe C, dans un document ad-hoc.

Item 11

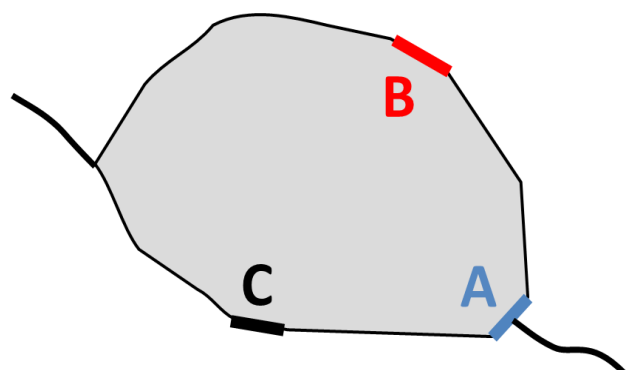
Note 11-1 : Barrages en remblai de classe B des canaux et rivières canalisés

La réduction de période de retour de 3000 ans à 1500 ans s'applique à l'ensemble des remblais ceinturant les aménagements comportant des canaux et des rivières canalisés, qu'ils soient soumis à un écoulement longitudinal (cas majoritaire), ou par continuité à un écoulement frontal (digues de fermeture contre des barrages mobiles, par exemple). Typiquement, sur les aménagements en feston des fleuves canalisés (Rhin, Rhône, Durance) illustrés par la figure ci-dessous, il s'agit de l'ensemble des remblais figurés en rouge, s'ils sont classés B².



Note 11-2 : Plusieurs barrages pour une même retenue

La rédaction de cet alinéa vise à vérifier le dimensionnement de chaque ouvrage indépendamment du comportement des autres barrages situés sur la même retenue. Par exemple, si une retenue comporte trois barrages en remblai respectivement classés A, B, C, le barrage de classe A sera vérifié pour sa crue de dimensionnement (10000 ans) en supposant que les barrages B et C ne constituent pas des fusibles sous cette même crue.



2 Les endiguements du canal de fuite peuvent ne pas être concernés, par exemple s'ils sont en déblais et s'ils n'impactent pas la sûreté de l'usine

Cas particulier des aménagements visés à la note 11-1 : on pourra considérer que l'ensemble des ouvrages qui composent l'aménagement (remblais latéraux du fleuve et de la dérivation, digue de fermeture, barrage-mobile, usine, écluses) sont concernés par cet alinéa. Sur un plan pratique, on vérifiera chaque remblai sous la ligne d'eau résultant du passage de la crue dont la période de retour correspond à sa classe, en supposant que le barrage mobile (dont la crue de dimensionnement est généralement plus faible que celle des remblais) résiste, même s'il se met en charge.

On pourra également considérer que cette indépendance entre les différents ouvrages s'applique pour les barrages contigus, tels que le barrage mobile et la digue de fermeture (il ne s'agit donc pas d'un "*ouvrage mixte*" au sens du 3^{ème} alinéa de l'item 11). A noter que les canaux de dérivation ne voient pas passer directement tout le débit de la crue, mais sont soumis à un exhaussement éventuel de la ligne d'eau qui s'établit dans l'aménagement en fonction du débit total, et des conditions aux limites imposées par les ouvrages transversaux amont et aval (barrages mobiles et usines).

Note 11-3 : Barrage ne subissant pas directement les effets d'une crue

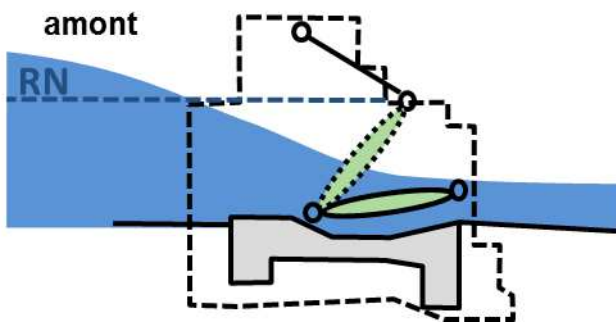
Sont concernés les barrages et leur retenue associés placés en dérivation d'un cours d'eau, et isolés de celui-ci par un organe de coupure. C'est le cas par exemple de canaux de dérivation tels que décrits dans la note 11-2 (cf schéma), équipés d'un organe d'isolement ou de prise d'eau à l'entrée du canal, à condition bien sûr que cet organe ne soit pas submergé ou contourné jusqu'au niveau de crue étudié. Il peut s'agir également de tronçons de canaux de dérivation placés entre deux usines dont le débit est contrôlé. Ou encore de bassins de retenue complètement indépendants d'un cours d'eau (bassin supérieur de certaines STEP). Si les calculs de lignes d'eau montrent que l'organe de coupure est stable avec des marges suffisantes jusqu'au niveau de crue étudié, on pourra considérer que la vérification de la situation exceptionnelle de crue est réputée acquise. On vérifiera tout de même l'impact de la lame d'eau issue de la pluie tombant directement sur la retenue.

Toutefois, la ou les fonctions de sécurité qui garantissent l'indépendance entre le barrage et la crue sont susceptibles de défaillance, dont la probabilité est établie dans l'EDD. La référence aux items 24 et 25 envisage cet aspect (cf note 25-1).

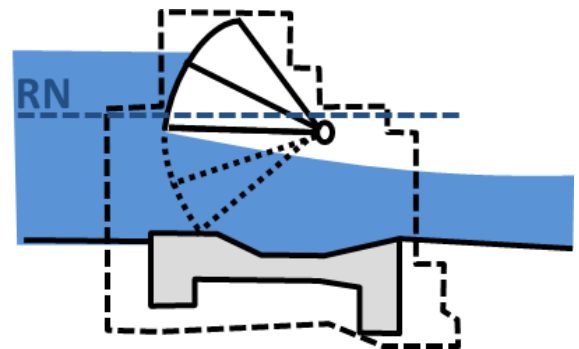
Note 11-4 : Barrage mobile en rivière s'effaçant en crue

L'idée de base est de dispenser de vérifications aux crues la stabilité d'un barrage qui s'efface en crue, c'est-à-dire qui engendre une faible perte de charge. A cet effet, il convient de faire dans un premier temps un calcul purement hydraulique permettant de déterminer les lignes d'eau amont et aval pour la crue exceptionnelle, et d'en déduire les pertes de charge. En tout état de cause ce calcul est nécessaire pour établir la cote ou la ligne d'eau amont, avec l'impact sur les éventuels ouvrages ou habitations (par exemple les remblais latéraux des aménagements canalisés). Deux cas peuvent alors se présenter :

- il n'y a pas de perte de charge importante (cas fréquent des vannes abaissantes) ; la stabilité des piles du barrage est généralement couverte par le cas RN où tous les efforts supportés par les vannes sont reportés sur les piles ;
- en cas de perte de charge importante (cas possible pour les vannes levantes), il pourra être nécessaire de faire un calcul de stabilité, selon la ligne d'eau trouvée.



Exemple de BMR s'effaçant en crue (clapet)



Exemple de BMR mis en charge en crue (vanne segment)

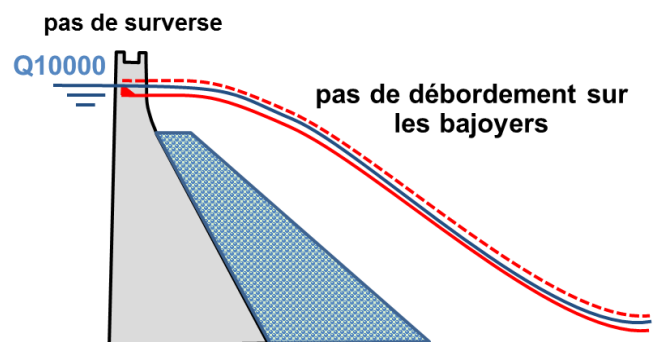
Toutefois, comme dans la note 11-3, il faut étudier la possibilité d'une défaillance des organes permettant l'effacement du barrage, d'où le renvoi aux items 24 et 25.

Note 11-5 : Cas des cours d'eau latéraux et affluents aux aménagements des canaux ou rivières canalisés

Le long des aménagements linéaires de canaux ou rivières canalisés, des affluents ou des bassins versants "secs" se mettant à débiter lors des crues peuvent être drainés ou canalisés par des ouvrages busés ou des contre-canaux. Ces ouvrages peuvent se comporter en agresseurs externes vis-à-vis de l'aménagement principal par exemple par mise en charge des buses ou érosion des pieds de talus, et sont étudiés comme tels dans les scénarios envisagés par l'EDD. Il importe alors que les hypothèses hydrologiques et hydrauliques relatives à ces affluents ou BV soient définies en cohérence avec les scénarios de crue de l'aménagement principal, notamment en termes de fréquence de crue.

Note 11-6 : Précisions sur barrages mixtes renforcés par recharge aval

Le 3^{ème} alinéa de l'item 11 évoque les barrages mixtes dans la direction rive à rive, mais pas dans la direction amont-aval. Plusieurs barrages rigides, généralement de type poids, sont renforcés par une recharge aval en remblai ou en enrochements. La stabilité du barrage mixte est vérifiée en prenant en compte la crue exceptionnelle correspondant à la classe du barrage rigide. Pour éviter qu'une crue un peu supérieure occasionne un déversement et l'érosion rapide de la recharge aval, il convient de vérifier que la crue exceptionnelle correspondant à un ouvrage en remblai de même classe soit évacuée sans déversement, sauf conception particulière qui permet le déversement sur la recharge aval sans mise en danger de l'ouvrage.



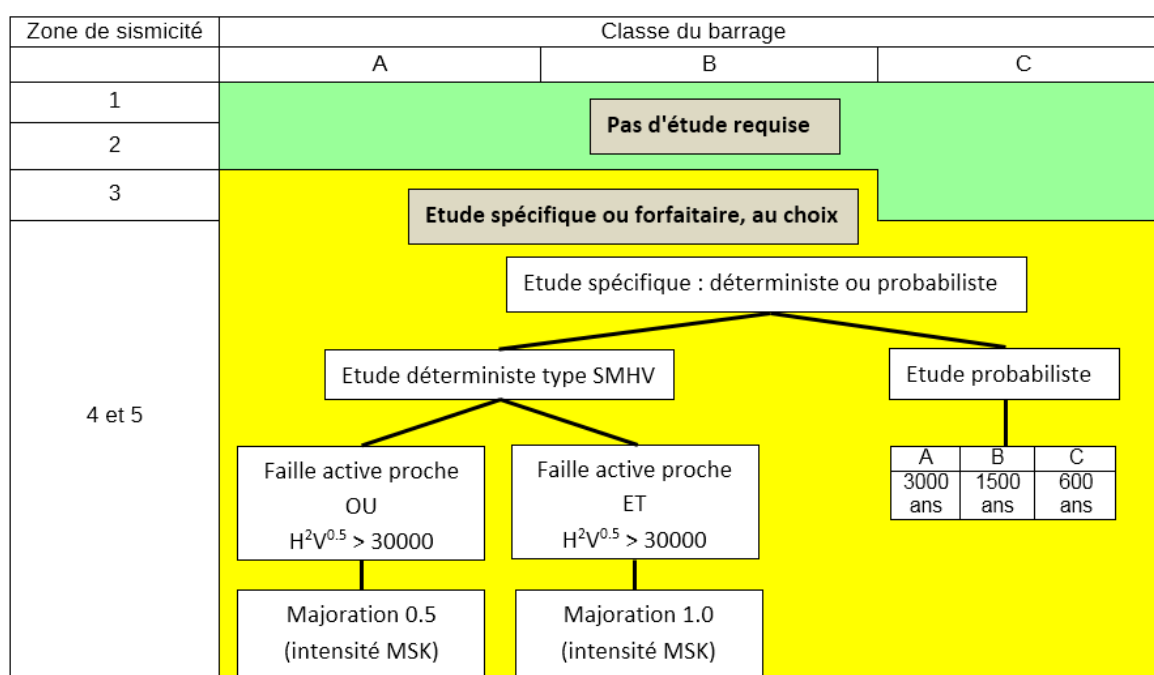
- Illustration pour un barrage-poids de classe A
- stabilité à vérifier en situation exceptionnelle pour Q1000
 - absence de déversement hors EVC à vérifier pour Q10000

Chapitre IV : Comportement du barrage lors d'un séisme

Items 13 à 16

Note 13-1 : Ce chapitre correspond aux vérifications de l'exigence essentielle de l'art 2-I-2° 2^{ème} phrase. Comme l'indique l'item 13, il s'agit bien d'une situation extrême.

Note 13-2 : Économie générale des vérifications



Note 13-3 : Études graduées

On ne peut que conseiller l'utilisation de l'approche graduée dans les méthodes de vérification, prônée par les recommandations MEDDE 2014, chapitre 7. Cette graduation est fonction de l'exposition au risque sismique issue de l'étude d'aléa (ou de la zone de sismicité en l'absence d'étude d'aléa), de la classe du barrage, et du type de barrage (poids, voûtes, remblais, digues, risque de liquéfaction).

Note 13-4 : Type de matériel concerné

Les prescriptions de ce chapitre concernent bien entendu les ouvrages de génie civil, mais aussi les organes hydro-mécaniques et de contrôle-commande. Pour ces derniers, il existe des référentiels de vérification dans d'autres domaines industriels.

Note 13-5 : Sensibilité de certains barrages en remblai

Les prescriptions de ce chapitre différencient les classes de barrage, mais pas leur typologie. On adaptera le type de méthode à la nature et la sensibilité de l'ouvrage.

L'attention est attirée sur la sensibilité au risque sismique des remblais constitués de matériaux potentiellement liquéfiables et/ou construits sur une fondation potentiellement liquéfiable. La prise en compte du phénomène de liquéfaction est décrite dans les recommandations MEDDE "risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques – octobre 2014". On trouvera notamment des éléments sur :

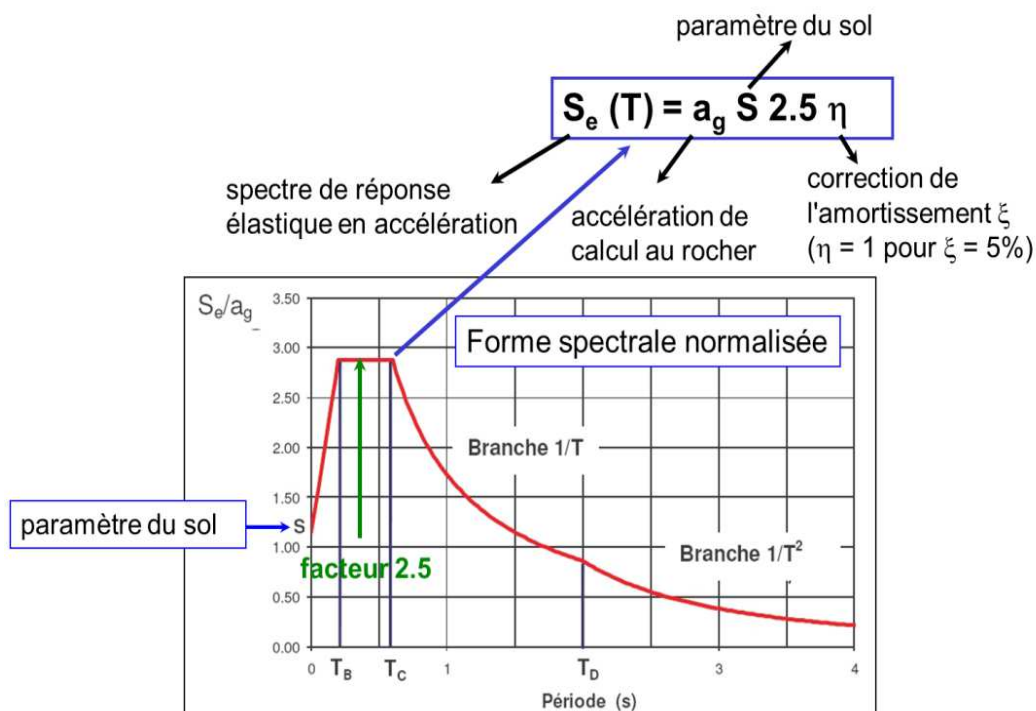
- l'estimation du potentiel de liquéfaction (§ 5.5.1) ;
- l'analyse simplifiée du risque de liquéfaction (§ 6.2.3.3) ;
- les magnitudes à utiliser pour les études de liquéfaction (§ 7.2.6). Pour les barrages visés dans cette annexe I, et dans le cas d'une étude spécifique, la magnitude à prendre en compte est celle issue de l'étude spécifique ;
- les prescriptions en termes de vérifications du risque de liquéfaction (§ 7.4).

Item 15

Note 15-1 : Visualisation des spectres de réponse

Cet article décrit les différents paramètres du "spectre de réponse élastique en accélération" d'un barrage. Cette courbe permet de lire l'accélération maximale subie par la structure en fonction de sa période propre T_0 (liée au type de structure, à la taille et aux propriétés du matériau constitutif) et de son amortissement ξ (lié au matériau et aux dispositions constructives). Dans cette approche, on assimile en première approximation l'ouvrage à un oscillateur simple caractérisé par la période propre et son amortissement. On trouvera des explications plus détaillées sur ces notions dans les recommandations MEDDE 2014 (chapitre 4 et annexe A7.1.2).

Les équations des courbes constitutives du spectre de réponse prévues par l'arrêté sont reprises de l'Eurocode 8 (Norme NFEN 1998-1 version septembre 2005), et illustrées par le schéma ci-dessous :

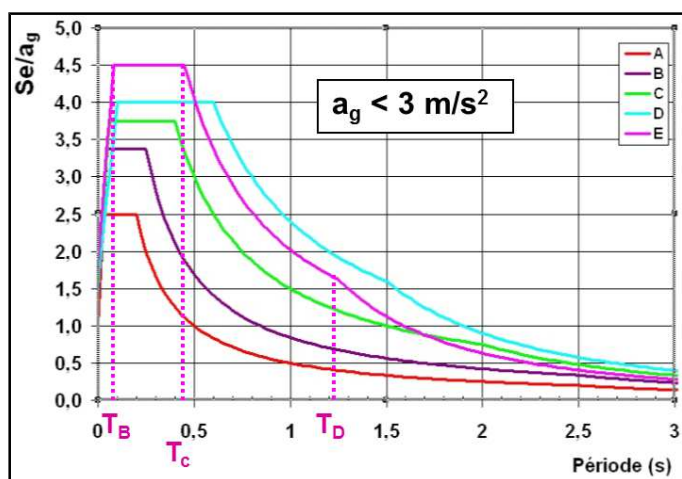


L'accélération au rocher a_g est fournie dans l'item 15, en fonction de la zone de sismicité et de la classe du barrage.

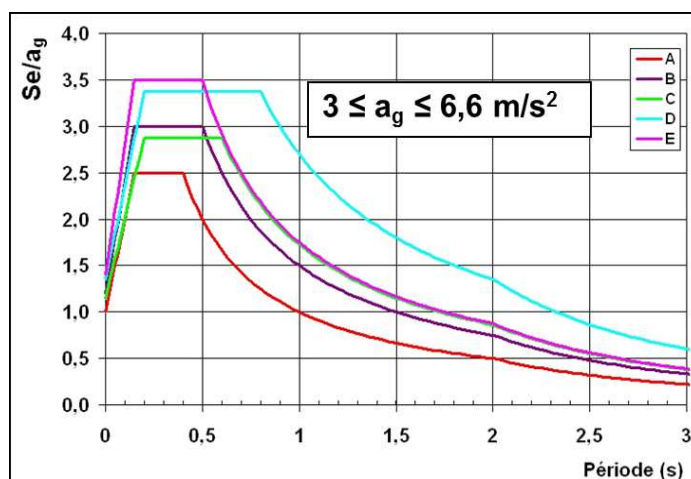
Le coefficient de sol S permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols, il s'applique à la composante horizontale de l'accélération. L'Eurocode 8 distingue 5 classes de sols, la classe A correspondant au rocher, les autres classes correspondant à des sols moins rigides et/ou stratifiés.	Classe de sol	Description succincte
	A	Rocher
	B	Sable très dense, gravier, argile raide ; h > 10 m
	C	Sable dense, moyennement dense ; argile raide ; h = 10-100m
	D	Sable lâche, moyennement dense ; argile ferme à molle
	E	Alluvions C ou D, h = 5-20m, Surmontant rocher A

La période $T = 0$ correspond à une structure qui bouge avec le sol sans déformation. L'accélération subie par la structure est donc l'accélération du sol $a_g \times S$. Pour les méthodes de calcul qui ne font pas intervenir la déformation de la structure (méthode pseudo-statique), la connaissance de l'accélération au rocher a_g et du coefficient de sol S suffit pour la vérification. Pour les autres méthodes, on aura également besoin des valeurs des temps T_B , T_C et T_D qui délimitent les différents tronçons du spectre. Les paramètres S, T_B , T_C et T_D sont fournis dans l'item 15, en cohérence avec l'Eurocode 8 et les autres réglementations relatives à d'autres types d'ouvrages (bâtiments, ponts, ICPE).

Les schémas suivants illustrent les spectres réglementaires (normalisés par a_g) construits avec les valeurs S, T_B , T_C et T_D fournis à l'item 15, pour un pourcentage d'amortissement de 5 % (valeur couramment utilisée).



Métropole sauf barrages A zone 4



Zone sismicité 5 (Antilles)
+ barrages A zone 4 métropole

Item 16

Note 16-1 : Majoration de l'intensité MSK en fonction de $H^2V^{0.5}$

Au 1^{er} octobre 2019, cette majoration concerne *a minima* les 14 barrages de classe A suivants dans les zones 3 et 4 :

	Barrage	Région	$H^2V^{0.5}$	Zone sismique
1	SERRE PONCON	PACA	543973	4
2	TIGNES	Auvergne-Rhône-Alpes	388234	3
3	MONTEYNARD	Auvergne-Rhône-Alpes	320366	4
4	ROSELEND	Auvergne-Rhône-Alpes	306033	4
5	VOUGLANS	Bourgogne-Franche-Comté	258215	3
6	GRAND'MAISON	Auvergne-Rhône-Alpes	229412	3
7	SAINTE CROIX	PACA	200081	3
8	MONT CENIS	Auvergne-Rhône-Alpes	161444	4
9	SAUTET	Auvergne-Rhône-Alpes	125572	3
10	CASTILLON	PACA	110164	4
11	GENISSIAT	Auvergne-Rhône-Alpes	84344	3
12	CHAMBON	Auvergne-Rhône-Alpes	57732	3
13	CAP DE LONG	Occitanie	57346	4
14	SAINT CASSIEN	PACA	33741	3

Item 17

Note 17-1 : Évaluation des effets de site

Les recommandations MEDDE 2014 (chapitre 5) fournissent des éléments d'évaluation des effets de site. Deux types d'approches sont proposés :

- Estimation forfaitaire
 - effets de la couche sédimentaire (fondation) : détermination de la classe de sol au sens de l'Eurocode 8, principalement au moyen de l'estimation de la vitesse moyenne des ondes de cisaillement sur les 30 premiers mètres ;
 - effets du relief topographique : les recommandations citent la procédure proposée dans l'Eurocode 8 (NFEN 1998-5 annexe A), avec un coefficient d'amplification pouvant aller jusqu'à 1.4 pour les profils de terrain convexes. Ceci étant ce domaine reste encore largement du domaine du dire d'expert. Les recommandations attirent simplement l'attention sur les sites à topographie très particulière ; on pense notamment aux barrages surélevant des verrous rocheux de lacs naturels.
- Estimation spécifique
 - plusieurs approches sont décrites : empirique – instrumentale – numérique. Ces méthodes permettent d'estimer au mieux, c'est-à-dire sans conservatisme ni optimisme excessif compte tenu des connaissances actuelles, les phénomènes d'amplification (ou de réduction) particuliers au site.

Item 18

Note 18-1 : Réplique d'un séisme

Pour certains remblais sensibles à la montée des pressions interstitielles, une réplique (dont l'amplitude peut être voisine de celle de la secousse principale) peut occasionner des désordres importants et supérieurs à ceux induits par la première secousse. On peut avoir par exemple une mise en saturation du remblai lors de la première secousse, sans déplacement significatif, puis un glissement d'ensemble voire un phénomène de liquéfaction lors de la réplique. L'action sismique correspondant à la réplique ne peut être appréhendée que par une étude spécifique.

Item 19

Note 19-1 : Crue et séisme

Cet article indique que la vérification de la stabilité du barrage sous l'action concomitante d'une crue exceptionnelle et du séisme n'est pas requise, puisque la probabilité résultante de cette combinaison d'événements est suffisamment faible pour que l'on puisse accepter ce risque. Ceci étant, il sera utile de vérifier, en situation post-sismique, que l'ouvrage conserve un niveau de sécurité compatible avec les exigences essentielles.

Chapitre V : Évènements naturels exceptionnels divers - Incidents exceptionnels pouvant impacter le bon fonctionnement du barrage

Items 20 à 26

Note 20-1 : Ce chapitre correspond aux vérifications de l'exigence essentielle de l'art. 2-I-3° : "pas de libération incontrôlée et dangereuse de l'eau de la retenue". Pour les situations de type rare ou transitoire et pour lesquelles des "marges suffisantes" doivent être conservées, cette exigence est de fait remplie. En revanche celle-ci s'applique pleinement pour les situations de type accidentel ou encore les ruptures ou ouvertures intempestives de vannes.

Remarque : le terme "exceptionnel" utilisé dans le titre de ce chapitre correspond à la rédaction de l'exigence essentielle N°3. Ce n'est pas le terme usuel utilisé par l'ingénieur (qui concerne habituellement la situation rare de crue), mais il couvre de fait des situations rares (ou transitoires) et accidentelles (ou extrêmes). Chaque item précise s'il s'agit d'une situation rare / transitoire ou accidentelle / extrême.

Item 21

Note 21-1 : Situations transitoires en cours et en fin de construction

Certains matériaux de remblai ou de fondation sont sujets à augmentation de pressions interstitielles après montée du remblai et compactage. Puis les pressions se dissipent lentement, parfois sur plusieurs années. Il y a donc une période (transitoire, ou temporaire si l'on préfère) où l'ouvrage est dans une situation plus critique, et où il faut vérifier sa stabilité.

Item 22

Note 22-1 : Capacités de drainage limitées

Les remblais contenant des matériaux peu drainants (par exemple argileux ou limoneux) sont susceptibles de développer un mécanisme de rupture du talus amont si la vitesse de vidange excède une certaine valeur. Il n'est pas possible de définir *a priori* une limite de perméabilité ; on appréciera la sensibilité des matériaux au vu des données géotechniques, et le cas échéant on effectuera un calcul de stabilité, dont les résultats dépendront notamment des vitesses de vidange envisagées. La vérification est menée en conditions rares.

Cette situation ne doit pas être confondue avec celle décrite à l'item 8 qui concerne les retenues à marnage fréquent, qui est une situation normale et non rare.

Item 24

Note 24-1 : Économie de l'article

Pour les différentes situations décrites, lorsqu'elles présentent une probabilité d'occurrence supérieure aux chiffres indiqués qui correspondent à une situation rare, il s'agit de vérifier que l'on conserve des marges de sécurité de l'ordre de grandeur de celles retenues pour les situations rares ("marges suffisantes", cf item 1-2^{ème} tiret, et note 1-3).

Note 24-2 : Seuils de probabilité

Il s'agit d'ordres de grandeur, compatibles avec les approches couramment pratiquées dans les EDD (classes de probabilité espacées d'un facteur 10). Pour les barrages de classe B, lorsque l'EDD aboutit à un chiffre ne permettant pas d'obtenir la précision de 3.10^{-4} , on retiendra par sécurité la valeur 10^{-3} .

Note 24-3 : Perte ou dégradation significative

Le terme "significative" devra s'apprécier et se justifier au cas par cas. On pourra par exemple effectuer une étude de sensibilité sur des pertes progressives des fonctions de drainage ou d'étanchéité, afin de détecter par exemple un éventuel effet de seuil qui mettrait en cause la sécurité de l'ouvrage.

Note 24-4 : Autre fonction importante de sécurité

L'EDD est l'outil permettant de mettre en évidence ces fonctions. Il peut s'agir d'un organe d'évacuation des crues, d'un organe de vidange, d'un dispositif de coupure de débit, ou de toute fonction de sécurité dont la défaillance met en jeu la sécurité de l'ouvrage au regard de l'exigence de sécurité N°3.

Lorsqu'il s'agit d'un organe d'évacuation des crues, sa défaillance peut être de deux natures différentes :

- a) Une rupture ou une ouverture intempestive. Si la défaillance intervient hors crue, et si le caractère dangereux de la libération d'eau qui en découle est avéré, l'EDD doit démontrer que la probabilité de défaillance n'excède pas les seuils indiqués. Cette disposition doit inciter à fiabiliser les systèmes. Si la défaillance intervient lors d'une

crue, le caractère dangereux pourra être apprécié en fonction du sur-débit instantané occasionné par l'effacement de la vanne, par rapport au débit de crue. On appliquera alors l'item 25 pour étudier la combinaison des événements.

- b) Une non-ouverture. Dans ce cas, la défaillance ne peut être étudiée en dehors de l'événement pour lequel cet organe est sollicité, c'est-à-dire une crue. L'item 25 s'applique.

Item 25

Note 25-1 : Défaillance d'un organe d'évacuation des crues (dernière phrase)

Cet article propose une approche combinatoire entre l'événement crue et la défaillance de l'organe d'évacuation, nonobstant la difficulté liée au fait que les deux événements ne sont pas toujours totalement indépendants. S'il s'agit d'une non-ouverture, on étudiera les combinaisons de défaillance d'EVC + crue dont la probabilité d'occurrence est supérieure aux seuils indiqués au premier alinéa de l'item 24. Si tel est le cas, il faut vérifier que ces situations permettent de conserver des "marges suffisantes" au sens de l'item 1-2^{ème} tiret (cf. note 1-3). S'il s'agit d'une rupture ou d'une ouverture intempestive, et si cette défaillance occasionne un sur-débit dangereux (au titre de la grille de criticité de l'EDD), la probabilité de la combinaison de défaillance d'EVC + crue ne doit pas excéder les seuils indiqués.

Exemple : l'EDD a montré que la probabilité de non-ouverture d'une vanne EVC d'un barrage de classe A est 10^{-2} /an. L'occurrence d'une crue plus que centennale combinée avec la défaillance de cette vanne n'est donc pas concernée par cet article. Pour les crues inférieures ou égales à la centennale, il s'agit de vérifier que le niveau du plan d'eau conduit à des "marges suffisantes".

Par extension, on pourra considérer qu'un organe de coupure isolant l'ouvrage de la crue (cf. item 11 dernier paragraphe), relève également de ce raisonnement combinatoire.

Item 26

Note 26-1 Autres situations

L'arrêté cite trois situations (le terme "notamment" est important). D'autres situations peuvent être étudiées (laves torrentielles, rupture de barrages amont, ...)

Note 26-2 : Chocs de bateaux

Cette situation concerne essentiellement des aménagements de canaux et rivières canalisées, qui peuvent comporter des ouvrages sensibles aux chocs de bateaux (notamment écluses, BMR, talus amont des remblais latéraux).

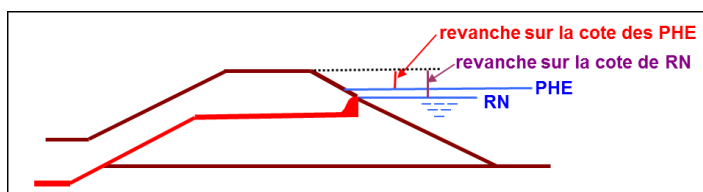
Les sollicitations à prendre en compte sont disponibles dans les règlements ou règles de l'art relatives aux ouvrages fluviaux ou portuaires. On mentionne l'Eurocode 1 (NFEN 1991-1-7 février 2007), les guides produits par le Cerema, ainsi que les règles ROSA 2000. Ces documents visent avant tout les ouvrages de génie civil (piles de pont, quais). Concernant les organes mobiles telles que vannes ou portes d'écluse, une approche spécifique devra être menée, tenant compte de la rigidité des ouvrages, sachant que l'on acceptera des dommages (c'est une situation accidentelle au sens de l'item 1-3^{ème} tiret), à condition de respecter l'exigence essentielle N°3.

Chapitre VI : Prescriptions diverses

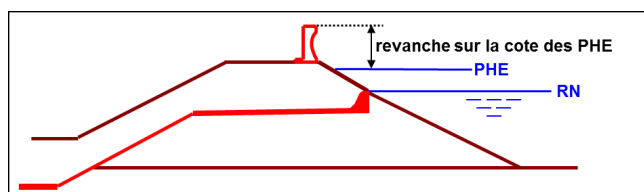
Item 27

Note 27-1 : Précisions sur le calcul de la revanche

Les schémas suivants illustrent la signification de la revanche :



Barrage non équipé d'un mur pare-vagues



Barrage équipé d'un mur pare-vagues

Remarque 1 : la revanche se calcule après tassements du remblai et de la fondation.

Remarque 2 : un mur pare-vague n'est pas destiné à contenir de l'eau sauf conception spécifique (ou justification de sa stabilité sous une charge hydrostatique).

La revanche est destinée à éviter le déferlement des vagues dues à l'effet du vent par-dessus la crête, et l'érosion externe des appuis aval ou de certains barrages sensibles (remblais).

Il existe plusieurs méthodes de calcul. Les recommandations CFBR sur les évacuateurs de crue (2013) et sur la justification des remblais (2015) décrivent la méthode de Smith (1991) ; le guide CFGB sur les petits barrages (2002) cite plutôt la formule de Bretschneider. Ces méthodes font intervenir les caractéristiques du vent (vitesse, direction le cas échéant), de la retenue (longueur du fetch, c'est-à-dire de la surface continue sur laquelle le vent souffle), et du barrage (pente et type de revêtement du parement amont). A noter que ces méthodes incluent un dépassement de la crête par un pourcentage accepté de vagues, en fonction du type de barrage.

Note 27-2 : Cas des ouvrages déversant sur presque toute leur longueur

Le calcul de la revanche s'applique aux culées d'extrémité, pas nécessairement conçues pour déverser.

Note 27-3 : Cas des ouvrages mixtes de rive à rive

La revanche peut être calculée indépendamment pour chaque type de barrage composant l'ouvrage. La hauteur des dispositifs pare-vagues peut être adaptée à chaque tronçon, en veillant à ménager une longueur de recouvrement.

Item 28

Note 28-1 : Mesures des débits

L'un des objectifs principaux est de pouvoir reconstituer aisément les hydrogrammes de crues, et disposer d'une base de données solide pour les évaluations hydrologiques. La "mesure en continu" vise en priorité les périodes de crue.

Concernant les débits entrants, la connaissance des variations de cote, mesurées manuellement ou par télémesure à pas de temps régulier, suffit. C'est déjà le cas de la majorité des retenues. Si la retenue est alimentée par plusieurs cours d'eau, une mesure unique à proximité immédiate du barrage est suffisante.

Les débits sortants peuvent être obtenus par lecture de la lame d'eau déversante ou par les courbes de débitance des vannes.

Note 28-2 : Précision de la mesure

On pourra adapter les plages d'incertitude des mesures horaires ou journalières mentionnées dans l'article à la technologie de mesure employée, dans la limite des incertitudes de mesure usuelles (état de l'art technique) pour les grandes retenues lors des crues.

Item 29

Note 29-1 : Mesure du mouvement sismique

L'objectif de cette disposition n'est pas d'installer un système d'alerte sismique, mais de mieux connaître le mouvement sismique auquel l'ouvrage est soumis. Cela comporte la sollicitation en champ libre, mais aussi la réponse vibratoire du barrage, les deux effets pouvant d'ailleurs interférer. Le choix du dispositif de mesure devra en tenir compte.

Compte tenu des critères fournis dans l'item, *a minima* 11 ouvrages sont concernés en 2019 :

	Barrage	Région	$H^2V^{0.5}$
1	SERRE PONCON	PACA	543973
2	MONTEYNARD	Auvergne-Rhône-Alpes	320366
3	ROSELEND	Auvergne-Rhône-Alpes	306033
4	MONT CENIS	Auvergne-Rhône-Alpes	161444
5	CASTILLON	PACA	110164
6	CAP DE LONG	Occitanie	57346
7	BIMONT	PACA	25073
8	GNIOURE	Occitanie	24642
9	PLA DE SOULCEM	Occitanie	23937
10	LAPARAN	Occitanie	22886
11	NAGUILHES	Occitanie	20564

2 - Annexe II - Prescriptions complémentaires applicables aux barrages créés et aux barrages de classe A et B reconstruits

Note sur la définition d'un barrage existant "reconstruit"

Est considéré comme reconstruit, un barrage faisant l'objet de travaux d'une ampleur telle que ce barrage se trouve dans l'une ou l'autre des situations suivantes :

- les travaux aboutissent à ne conserver de l'ouvrage préexistant, qu'au plus les fondations du barrage et de l'ordre de 20 % de la structure existante, en terme de volume de matériaux ;
- les travaux aboutissent à changer la typologie du barrage.
 - exemples : transformation d'un barrage-voûte en barrage-poids ; ou encore réutilisation d'un barrage-poids comme parafouille amont d'un barrage en remblai (cf. Bouzey ancien / nouveau).

Chapitre VIII : Prescriptions complémentaires relatives au comportement du barrage en situation extrême de crues

Item 32

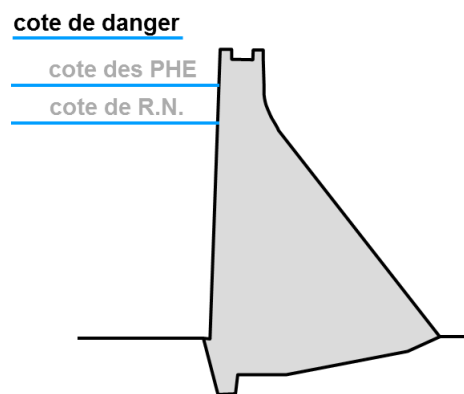
Note 32-1 : Cote de danger

La cote de danger est établie dans l'EDD, dans le "bilan de conception" (cf arrêté EDD barrages du 03/09/2018).

Si historiquement des valeurs forfaitaires ont pu être données dans le cadre des PPI, la détermination de la cote de danger doit être adaptée au barrage étudié. L'ATB ainsi que l'arrêté EDD indiquent qu'au-delà de cette cote on ne peut plus garantir la stabilité de l'ouvrage ; cela ne signifie pas qu'il y a rupture car des marges cachées peuvent exister, mais non quantifiables.

La cote de danger peut résulter d'un état-limite de stabilité du barrage, mais peut aussi être reliée à un état-limite d'érosion du terrain aval, si la cote de danger est supérieure à la crête et/ou si la capacité hydraulique du coursier à guider le flot et du dispositif de dissipation à en maîtriser la dissipation d'énergie est excédée.

Dans certains cas, la notion de cote de danger devra être remplacée par la notion de "situation de danger" : exemple des barrages mobiles en rivière où on associera un niveau aval et un niveau amont ; exemple des voûtes minces où on associera une cote et un état thermique.



Item 34

Note 34-1 : Scénario b)

Le b) est une condition suffisante mais non nécessaire. Elle permet en particulier de justifier assez confortablement les ouvrages multi-passes qui ont été dimensionnés pour la crue exceptionnelle à PHE avec N-1 passes, puisque cette condition demande que cette crue exceptionnelle transite sous la cote de danger.

Le mode commun peut concerner par exemple les alimentations ou le contrôle-commande.

Note 34-2 : Scénario c)

Comme dans l'item 25, cet article prescrit une approche combinatoire entre la défaillance des organes EVC et la crue.

Exemple : l'EDD a montré que la probabilité de non-ouverture d'une vanne EVC d'un barrage de classe A est $10^{-2}/\text{an}$. Il s'agit de montrer que pour une crue inférieure ou égale à la millénale et l'indisponibilité de cette vanne, la cote de danger n'est pas dépassée.

Chapitre IX : Prescriptions complémentaires relatives au comportement du barrage lors d'un séisme

Items 36 et 37

Note 36-1 : Économie générale des vérifications

Zone de sismicité	Classe du barrage						
	A	B	C				
1	Etude spécifique ou forfaitaire, au choix Si résultat spécifique < résultat forfaitaire : accepté avec seuil minimal + spectre modifié		Etude spécifique (déterministe ou probabiliste) ou forfaitaire, au choix Etude déterministe: majorations art 16 Etude probabiliste : 1000 ans				
2	Etude déterministe: majorations art 16	Etude probabiliste :					
3		<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>5000 ans</td> <td>2500 ans</td> </tr> </table>		A	B	5000 ans	2500 ans
A	B						
5000 ans	2500 ans						
4 et 5	Etude spécifique et forfaitaire						
	spécifique > forfaitaire : spécifique retenu Etude déterministe: majorations art 16	spécifique < forfaitaire : accepté avec seuil minimal + spectre modifié Etude probabiliste : <table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>5000 ans</td> <td>2500 ans</td> </tr> </table>	A	B	5000 ans	2500 ans	
A	B						
5000 ans	2500 ans						

Note 36-2 : Conditions d'acceptation d'une étude spécifique moins sévère que le résultat forfaitaire - a) Seuil minimal

Pour éviter un écart trop important et difficilement justifiable entre les résultats d'une étude spécifique et ceux d'une étude forfaitaire, il est instauré un seuil minimal en accélération spectrale que devra respecter le spectre de l'étude spécifique. Ce seuil correspond à un abattement du tiers de l'accélération spectrale forfaitaire dans un intervalle contenant les gammes de fréquence les plus sensibles pour l'ouvrage³. A noter que cet abattement revient sensiblement à adopter le spectre forfaitaire de la zone de sismicité immédiatement en-dessous, d'où l'appellation "règle du N-1" (sauf pour la zone 5 où l'écart avec la zone 4 est supérieur).

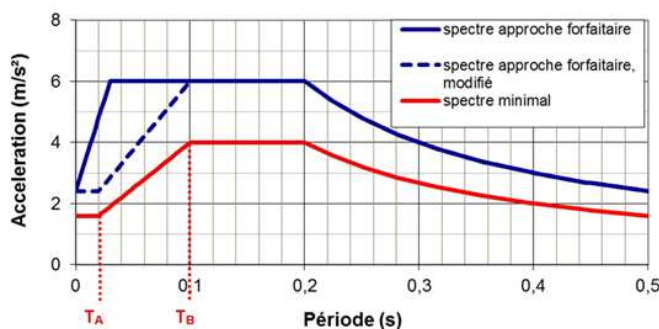
Dans le cas où le spectre issu de l'étude spécifique est inférieur au spectre minimal ci-dessus, il est "remonté" jusqu'à concurrence de ce spectre minimal. Lorsque le spectre de l'étude spécifique est situé entre le spectre minimal et le spectre forfaitaire, il est retenu.

Note 36-3 : Conditions d'acceptation d'une étude spécifique moins sévère que le résultat forfaitaire - b) Spectre modifié dans les hautes fréquences

Cet alinéa introduit un allègement du spectre minimal à respecter dans le cadre d'une étude spécifique moins sévère que le résultat forfaitaire (et uniquement dans ce cas).

Cette disposition part du principe physique suivant : pour les périodes de vibration très courtes (ou à courte longueur d'onde), l'intensité sismique n'est pas uniforme sous un barrage, à condition que cette surface d'assise soit suffisamment grande. Autrement dit, les maxima d'accélération sous l'ouvrage sont décalés dans le temps.

Le § b) propose alors que l'abattement du 1/3 se fasse par rapport à un spectre réglementaire tronqué dans les basses périodes (inférieures à 0.1 s). Le schéma suivant illustre cette disposition (appliqué à la classe de sol A) :



La fin du § explicite deux conditions d'application :

- on est en métropole (accélération rocher < 3 m/s²) ; on ne l'accepte pas aux Antilles ;
- les dimensions de l'assise de l'ouvrage doivent être suffisamment importantes par rapport à la longueur d'onde du mouvement sismique, pour que les phénomènes de déphasage du mouvement sismique aient un sens.
 - Application numérique : pour un barrage fondé au rocher pour lequel la vitesse v des ondes S est de 1000 m/s, la longueur d'onde $\lambda = v/f = 100$ m. La dimension caractéristique D est donc au moins de 33 m, qui représente soit la longueur en crête minimale, soit une hauteur minimale du barrage de 11 m.

³ La période maximale de vibration de la structure est bien T_0 , période propre. La borne $2T_0$ de l'intervalle indiqué est destinée à couvrir les incertitudes sur la détermination de T_0

Chapitre X : Prescriptions complémentaires relatives aux incidents exceptionnels pouvant impacter le bon fonctionnement du barrage

Item 39

Note 39-1 : Économie de l'article

Cet article est le pendant de l'article 24. La différence porte sur la combinaison entre les 3 situations anormales décrites d'une part, et la crue exceptionnelle respectivement les situations rares ou transitoires prévues au chapitre V d'autre part. Lorsqu'il s'agit de la crue exceptionnelle, cette vérification rejoint celle déjà mentionnée au 34 c).

Chapitre XI : Prescriptions complémentaires diverses

Item 41

Note 41-1 : *Situation extrême de batardage*

L'objectif de cette prescription est d'éviter que, pendant les périodes de chantier ou de batardage d'un organe d'évacuation des crues, le risque de libération incontrôlée et dangereuse de l'eau devienne significatif, ce qui pourrait être le cas si l'on protège l'ouvrage contre une "crue de chantier" de probabilité trop forte. Les probabilités indiquées sont annuelles, c'est-à-dire que les probabilités ramenées à la durée du chantier peuvent être plus faibles sur des chantiers courts (quelques mois) surtout si, comme l'autorise l'article, on tient compte de la saisonnalité des crues (cela incite à réaliser les chantiers pendant les périodes à faible risque hydrologique).

**Ministère de la Transition
écologique et solidaire**
92055 La Défense CEDEX
Tél. : 01 40 81 21 22

