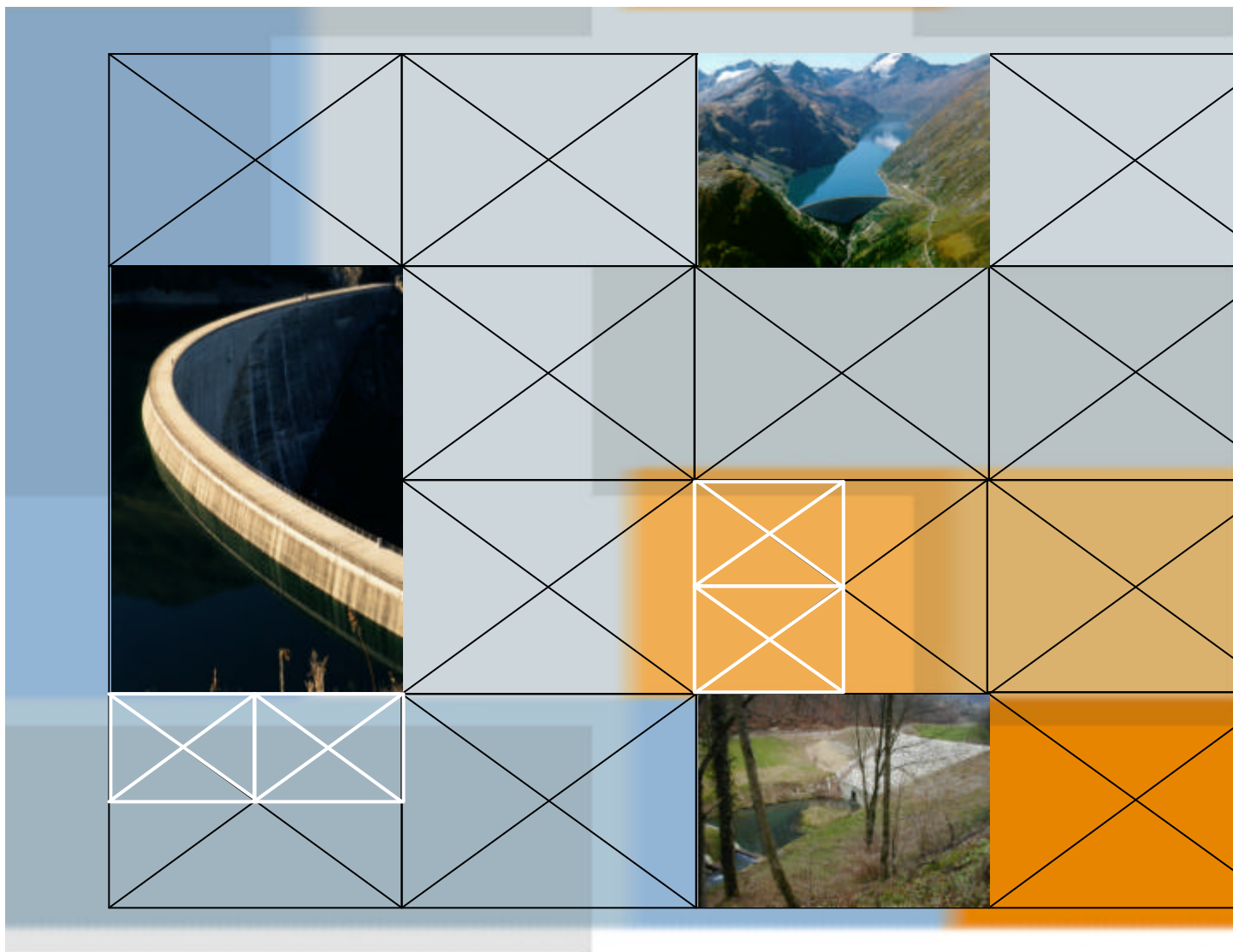




Sécurité des ouvrages d'accumulation

Richtlinien des BWG - Directives de l'OFEG - Direttive dell'UFAG
Bienne, 2002

Version 1.1 (Novembre 2002)



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**



ORDONNANCE SUR LA SÉCURITÉ DES OUVRAGES D'ACCUMULATION (OSOA)

DIRECTIVES

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	9
Partie A	
1 INTRODUCTION	
1.1 Préambule	10
1.2 Bases légales spécifiques aux ouvrages d'accumulation	10
1.3 Objectifs des directives	10
1.4 Portée des directives	10
1.5 Contenu des directives	11
1.6 Domaine d'application des directives	12
1.7 Destinataires	12
1.8 Compétences requises pour l'application des directives	12
1.9 Mise en application	13
2 BASES LEGALES	
2.1 Loi sur la police des eaux	14
2.2 Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA)	14
2.3 Autorités compétentes pour l'exercice de la surveillance	15
2.4 Principales autres lois et ordonnances fédérales les plus importantes applicables aux ouvrages d'accumulation	16
3 DÉFINITIONS	
3.1 Ouvrage d'accumulation	17
3.2 Ouvrage de retenue (barrage)	18
3.3 Zone de retenue (ou bassin d'accumulation)	19
4 CONCEPT DE SECURITE	20
5 CRITERES D'ASSUJETTISSEMENT A L'OSOA	
5.1 Généralités	22
5.2 Notions de base	22
5.2.1 Hauteur de retenue déterminante d'assujettissement	22
• Définition de la hauteur de retenue déterminante d'assujettissement	
• Niveau normal de retenue (niveau normal d'exploitation)	
• Définition du point bas de référence	
5.2.2 Volume déterminant d'assujettissement	27



	• Définition du volume déterminant d'assujettissement	
	• Mode de détermination des volumes	
5.2.3	Cas spécial : évacuateur de crue avec risque d'obstruction	28
5.3	Notion de danger particulier	
5.3.1	Définition du danger particulier	28
5.3.2	Types de constructions et de lieux concernés	29
5.3.3	Analyse des conséquences d'une rupture d'un ouvrage de retenue	29
	• Calcul de l'onde de submersion	
	• Modèle de calcul	
	• Scénario de rupture	
	• Conditions initiales	
	• Résultats des calculs (sans tenir compte du fond mobile)	
	• Représentation des résultats	
5.3.4	Classe et plage de danger particulier	32
5.3.5	Cas des aménagements en cascade	33
5.3.6	Situations sans danger particulier	33
5.4	Détermination des ouvrages d'accumulation à assujettir à l'OSOA	34
5.4.1	Organes de décision pour l'assujettissement	34
5.4.2	Processus d'évaluation et de décision	34
5.4.3	Levé de l'assujettissement à l'OSOA	35

Partie B

6	SECURITE STRUCTURALE	
6.1	Généralités	38
6.2	Plans d'utilisation et de sécurité	38
6.2.1	Plan d'utilisation	38
6.2.2	Plan de sécurité	39
6.3	Actions	39
6.3.1	Types de charges	39
	• Charges permanentes	
	• Charges variables	
	• Charges exceptionnelles	
	• Charges accidentelles	
6.3.2	Combinaison des charges	40



6.4	Dispositions particulières	44
6.4.1	Généralités	44
6.4.2	Organes de décharge (vidange de fond, évacuateur de crue)	44
	• Raison d'être de la vidange de fond • Manœuvre de la vidange de fond • Abaissement de la retenue • Évacuateur de crue	
6.4.3	Revanche	45
6.4.4	Végétation sur les talus de digues	45
6.4.5	Mesures spéciales	46
7	SECURITE EN CAS DE CRUE	
7.1	Notion de crue	47
7.1.1	Introduction	47
7.1.2	Crues à considérer pour les ouvrages d'accumulation	47
7.1.3	Crue de projet	48
7.1.4	Crue de sécurité	48
7.2	Critères de dimensionnement et de vérification des organes de décharge	48
7.2.1	Probabilités de dépassement	48
7.2.2	Évacuation des crues	48
	• Conditions initiales • Évacuation de la crue de projet • Évacuation de la crue de sécurité	
7.2.3	Revanche	52
7.2.4	Submersion de l'ouvrage de retenue	53
7.2.5	Cas des ouvrages particuliers	53
	• Barrage de protection contre les crues • Barrage de rétention de sédiments ou de laves torrentielles • Barrages en cascade	
8	SECURITE EN CAS DE SEISME	
8.1	Bases	56
8.1.1	Objectif de la vérification	56
8.1.2	Classes de barrages	56
	• Principe • Critères • Particularités	



8.1.3	Situations exigeant une vérification	57
	• Nécessité de la vérification	
	• Autres situations exigeant une vérification	
	• Première vérification	
8.1.4	Exigences	58
	• Conformité	
	• Professionnels	
8.2	Séisme de vérification	59
8.2.1	Principes	59
	• Séisme de vérification	
	• Faille active	
	• Danger sismique	
	• Probabilité	
8.2.2	Impulsion sismique	59
	• Principe	
	• Accélération de pointe	
	• Spectre de réponse	
	• Accélérogramme	
8.2.3	Conditions de fondation au site	62
	• Principes	
	• Classe de fondation	
	• Spectres de réponse pour les classes de fondation B et C	
8.3	Accélération de pointe	64
8.3.1	Procédé	64
8.3.2	Cartes d'intensité	64
8.3.3	Valeurs de l'accélération	64
8.4	Méthodes de calculs	67
8.4.1	Cas des barrages en remblai	67
8.4.2	Cas des barrages en béton	68
8.5	Vérification de la sécurité	70
8.5.1	Cas des barrages en remblai	70
	• Analyse de la stabilité	
	• Calcul des déplacements au glissement	
	• Vérification des fondations	
8.5.2	Cas des barrages en béton	70
	• Vérification des contraintes	
	• Vérification de la stabilité	
	• Vérification des fondations	



8.6.3	Autres vérifications	71
	• Vérification de la stabilité des rives	
	• Vérification du fonctionnement des ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité	
8.6	Cas de charge	71
8.6.1	Généralités	71
8.6.2	Cas des barrages en remblai	71
8.6.3	Cas des barrages en béton	72
9	APPROBATION ET EXECUTION DES PROJETS	
9.1	Généralités	73
9.2	Contenu du dossier en vue de l'évaluation pour un assujettissement à l'OSOA	73
9.3	Contenu du dossier en vue de l'approbation du projet	73
9.4	Essais et contrôles avant et en cours de construction	74
9.5	Organisation du suivi des travaux	74
9.6	Dossier final après construction	75
9.7	Réception des travaux	75
10	EXPLOITATION	
10.1	Mise en eau ou mise en service	76
10.2	Conditions requises pour l'exploitation	76
10.3	Conditions particulières liées à l'exploitation	77
10.3.1	Abaissement préventif de la retenue	77
10.3.2	Élimination des sédiments	77
10.3.3	Élimination des corps flottants	77
10.4	Conditions de mise hors service	78
Partie C		
11	SURVEILLANCE ET ENTRETIEN	
11.1	Généralités	79
11.1.1	Objectif	79
11.1.2	Tâches	79
11.2	Organisation générale de la surveillance et de l'entretien	81
11.2.1	Niveaux de surveillance et tâches afférentes (Articles 12, 13, 14 OSOA)	81
11.2.2	Rôle de l'autorité de surveillance	81



11.2.3	Profil des intervenants	83
	• Introduction • Premier niveau de surveillance • Deuxième niveau de surveillance • Troisième niveau de surveillance • Quatrième niveau de surveillance	
11.3	Dispositif d'auscultation des ouvrages d'accumulation	84
11.3.1	Généralités	84
11.3.2	Raison d'être du dispositif d'auscultation	85
11.3.3	Caractéristiques des instruments de mesure	85
11.3.4	Paramètres à mesurer	86
	• Sollicitations extérieures • Paramètres significatifs pour le suivi du comportement des ouvrages d'accumulation	
11.3.5	Programme des mesures	89
	• Généralités • Cas des ouvrages d'accumulation de hauteur de retenue égale ou supérieure à 10 m ($H = 10$ m) • Cas des ouvrages d'accumulation de hauteur de retenue inférieure à 10 m ($H < 10$ m)	
11.3.6	Interprétation des mesures	90
11.4	Contrôles visuels	92
11.4.1	Tâches de l'exploitant	92
11.4.2	Tâches du professionnel expérimenté (ingénieur spécialisé)	93
11.4.3	Tâches des experts confirmés	93
11.5	Contrôle et essais de fonctionnement des installations	94
11.5.1	Introduction	94
11.5.2	Organes de décharge et leur équipement de commande	94
	• Conditions • Types d'organes mobiles de fermeture (vannes) • Raisons des essais • Procédure d'essai • Essai avec commande à distance • Protocole d'essai • Recommandations	
11.5.3	Instrumentation (dispositif d'auscultation)	98
11.5.4	Moyens de communication (liaisons phoniques)	98
11.5.5	Installation de l'alarme eau	98
11.6	Entretien	98
11.7	Cas de situations exceptionnelles (événement extraordinaire)	100
11.7.1	Disposition en cas d'urgence	100
11.7.2	Contrôles exceptionnels	100



11.7.3	Surveillance en cas de crue	100
11.7.4	Contrôle suite au séisme	100
	• Principes • Niveaux et intervention • Valeurs limites • Inspection	
11.8	Documents	104
11.8.1	Dossier de l'ouvrage d'accumulation (art. 16 OSOA)	104
11.8.2	Consignes de service et de surveillance (art. 9 al. 2 OSOA)	104
11.8.3	Rapport des essais de fonctionnement (art. 12 al. 2 OSOA)	105
11.8.4	Rapport relatif aux contrôles visuels	105
11.8.5	Rapport relatif au contrôle annuel (art. 13, al. 1 OSOA)	106
11.8.6	Rapport annuel relatif au comportement (art. 13 OSOA)	106
11.8.7	Rapport des mesures géodésiques	107
11.8.8	Rapport d'examen de sécurité (expertise quinquennale) (art. 14 al. 1 OSOA)	107
11.8.9	Rapport d'examen extraordinaire de sécurité (art. 14, al. 2 OSOA)	107
GLOSSAIRE		108
LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS		113
INDEX		113
ANNEXES		
Annexe 1	Liste des membres des groupes de travail	117
Annexe 2	Ordonnance du 7 décembre 1998 sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (SR 721.102)	119



PRÉFACE

Avec l'entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1999 de l'Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA), l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) a la possibilité d'établir des directives en vue de l'application du document précité.

Pour l'élaboration des directives, objet du présent document, l'OFEG a formé cinq groupes de travail en faisant appel à de nombreux spécialistes. La liste des membres des groupes de travail est donnée à l'annexe 1. Chaque groupe de travail a reçu comme mandat de préparer un des sujets suivants : les critères d'assujettissement, la sécurité structurale, la sécurité en cas de crues, la vérification sous sollicitations sismiques, la surveillance et l'entretien. Des rapports qui ont été établis par les groupes de travail, seuls les éléments essentiels et impératifs ont été consignés dans le présent document. Les rapports, qui contiennent aussi des recommandations pour les moyens à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs, sont publiés de manière indépendante sous forme de document de base. Il faut aussi souligner que de nombreuses publications du Comité suisse des barrages (CSB) sont d'un intérêt majeur pour l'exécution des tâches à exercer dans le cadre de la conception et de l'exécution des projets, ainsi que celui de la surveillance et de l'entretien des ouvrages d'accumulation. Pour sa part, la revue "eau, énergie, air" a également publié de nombreux articles intéressant le domaine de la sécurité des barrages.

PARTIE A

1. INTRODUCTION

1.1 Préambule

Un ouvrage d'accumulation présentant un haut potentiel de danger, il est de ce fait primordial d'en assurer sa sécurité. En effet, une rupture peut entraîner des pertes en vies humaines ainsi que d'énormes dommages aux biens. Les coûts d'un tel accident peuvent atteindre des montants importants.

Il n'est donc pas étonnant qu'il existe dans le domaine des ouvrages d'accumulation une législation fédérale afin de garantir la sécurité des personnes et celle des biens. Il est évident que les mesures qui sont prises lors du projet, de sa construction et de son exploitation doivent tendre à éviter toute défaillance de l'ouvrage pouvant entraîner l'écoulement incontrôlé de masses d'eau.

1.2 Bases légales spécifiques aux ouvrages d'accumulation

L'article 3^{bis} de la loi fédérale du 22 juin 1877 sur la police des eaux (RS 721.10), ainsi que l'ordonnance du 7 décembre 1998 sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA, RS 721.102) contiennent les textes légaux de base.

Il échoit à l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) de surveiller l'exécution de l'OSOA et d'exécuter les tâches directement confiées à la Confédération (art. 21 al. 1 OSOA).

L'OSOA permet par ailleurs à l'OFEG de préparer des directives en collaboration avec des représentants des autorités cantonales, des milieux scientifiques, des organisations professionnelles et de l'économie (art. 26 OSOA).

1.3 Objectifs des directives

L'objectif premier des directives est d'apporter les précisions nécessaires à l'application des divers articles de l'OSOA. Elles se basent sur un concept de sécurité mis en place depuis de nombreuses années. Elles indiquent la pratique à appliquer dans le domaine de la sécurité des ouvrages d'accumulation en Suisse, en tenant compte de l'état des connaissances scientifiques au moment de leur rédaction. Elles contiennent les bases essentielles à considérer pour assurer la sécurité des ouvrages d'accumulation.

1.4 Portée des directives

Les directives ont un caractère plus contraignant que les recommandations, sans toutefois avoir le caractère impératif des lois et des ordonnances. Il est possible d'y déroger à condition de prouver que les dispositions de l'ordonnance sont respectées au moins de manière équivalente. En raison de l'évolution de l'état des connaissances, l'application de nouvelles connaissances ou méthodes est possible. Ces dernières seront prises en compte dans les éditions futures des directives.

1.5 Contenu des directives

Le concept développé dans ces directives se rapporte à tous types d'ouvrages d'accumulation quelle que soit son affectation (stockage d'eau, ouvrages de protection et de rétention, aménagements sans but économique).

Le présent document récapitule dans une première partie (Chapitres 2 à 5) les bases qui prévalent dans le domaine de la sécurité des ouvrages d'accumulation exploités en Suisse. Il fixe tout d'abord le cadre légal en vigueur (Chapitre 2). Il définit la notion d'ouvrages d'accumulation, de même que celle de ses composantes (Chapitre 3). Il faut signaler que les ouvrages d'accumulation sont constitués d'un ouvrage de retenue (barrage) et d'un bassin d'accumulation (ou zone de retenue). Les points essentiels du concept de sécurité sont rappelés au chapitre 4. Quant au chapitre 5, il est consacré à la définition des critères de décision pour l'assujettissement à l'OSOA en précisant également la notion de danger particulier.

La seconde partie (Chapitres 6 à 10) concerne les points essentiels qui doivent être considérés dans le cadre de l'établissement et la vérification d'un projet initial, ainsi que d'un projet de transformation ou de réhabilitation d'un ouvrage d'accumulation.

Le chapitre 6, consacré à la sécurité structurale, contient des indications qui permettent d'établir tant un plan d'utilisation qu'un plan de sécurité. Son contenu doit faciliter la démarche de l'exploitant et de l'ingénieur, ainsi que celle des autorités de surveillance, en ce qui concerne l'élaboration d'un nouveau projet, les transformations d'un ouvrage existant, l'analyse de la sécurité d'un ouvrage existant, la rédaction des consignes de service et de surveillance au stade de l'exploitation. Il est bien clair que chaque ouvrage d'accumulation représente un objet particulier, aussi les plans d'utilisation et de sécurité doivent être adaptés à chaque cas spécifique.

Le chapitre 7 traite de la sécurité des ouvrages d'accumulation en cas de crues. Il fixe les critères et les conditions de dimensionnement. Il introduit notamment les notions de crues particulières qui entrent en ligne de compte pour la vérification de la sécurité des ouvrages d'accumulation en cas de crues. Deux types de crue ont été retenus, à savoir la crue de projet (correspondant à un événement exceptionnel) et la crue de sécurité (correspondant à un événement extrême).

Les détails relatifs à la vérification de la sécurité d'un ouvrage de retenue sollicité par un séisme fait l'objet du chapitre 8. Les ouvrages sont répartis selon 3 classes définies selon les critères OSOA. Les hypothèses pour définir le séisme de vérification sont formulées et les exigences minimales posées pour les calculs fixées.

Enfin, les chapitres 9 et 10 donnent les conditions pour l'approbation des projets par l'autorité de surveillance en vue de leur exécution et de leur exploitation. Le contenu des dossiers à établir et à présenter sont définis, ainsi que l'organisation des contrôles pendant la construction d'un ouvrage d'accumulation.

Enfin, une troisième partie (Chapitre 11) traite essentiellement de la surveillance et de l'entretien d'un ouvrage d'accumulation. Il rassemble toutes les indications utiles pour conduire une surveillance et un entretien efficaces des ouvrages d'accumulation afin de s'assurer d'un état et d'un comportement conforme de l'ensemble des composantes d'un ouvrage d'accumulation, ainsi que de la détection rapide de toute anomalie figurent dans ce chapitre. L'organisation de la surveillance se base sur 4 niveaux qui fait appel au personnel de l'exploitant, à des ingénieurs et des experts, ainsi qu'à l'autorité de surveillance. Les activités essentielles de la surveillance concernent: l'exécution de mesure d'auscultation, les contrôles visuels, ainsi que des

contrôles et essais de fonctionnement des installations. Les lignes directrices qui régissent la conception, l'installation d'un dispositif d'auscultation ainsi que la fréquence des mesures sont données. Pendant ou suite à des événements extraordinaires (comportement anormal, crue, séisme), il est fait mention des contrôles exceptionnels à effectuer. Le chapitre donne la description des rapports que les exploitants, les ingénieurs spécialisés et les experts désignés doivent fournir dans le cadre de leur fonction et de leur mandat spécifique.

Enfin, les présentes directives ne concernent pas les dispositions à prendre dans le cadre du plan en cas d'urgence (Art. 17, 18, 19 et 20 OSOA). Ces dernières feront l'objet d'un document séparé.

1.6 Domaine d'application des directives

Les présentes directives s'appliquent à tous les ouvrages d'accumulation assujettis à l'OSOA. Il faut toutefois relever que l'application des présentes directives ne dégage pas les propriétaires et les exploitants de la responsabilité en ce qui concerne les ouvrages d'accumulation qu'ils exploitent.

En raison du développement de la région située à l'aval d'un ouvrage d'accumulation non assujetti, les conditions relatives au danger particulier doivent être régulièrement réévaluées par l'exploitant, qui informe l'autorité de surveillance compétente.

Lors de l'établissement du projet initial, ainsi que d'un projet de transformation ou de réhabilitation d'un ouvrage d'accumulation non assujettis, il est impératif que, du point de vue de la conception et de la réalisation, la sécurité structurale soit garantie au même titre que celle des ouvrages d'accumulation assujettis. C'est l'affaire des autorités cantonales compétentes de s'assurer si les règles de l'art de la construction sont respectées.

1.7 Destinataires

Les présentes directives sont destinées aux autorités cantonales concernées, aux exploitants d'ouvrages d'accumulation, ainsi qu'aux ingénieurs et experts chargés de la conception, de la réalisation, de la réhabilitation et de la surveillance de tels ouvrages.

1.8 Compétences requises pour l'application des directives

Il est impératif que le traitement de certains aspects techniques particuliers du dimensionnement des ouvrages soit confié à des spécialistes ayant une expérience reconnue dans le domaine des ouvrages d'accumulation ou des sciences qui lui sont rattachées.

L'utilisation des présentes directives est donc l'affaire de spécialistes dans les domaines spécifiques aux ouvrages d'accumulation. Ces domaines concernent notamment la statique et la dynamique des structures, l'hydraulique, l'hydrologie, la géologie, la géotechnique et la connaissance des matériaux.

Des dispositions particulières sont prévues pour la vérification d'ouvrages d'accumulation au séisme (voir Chapitre 8.1.4).

1.9 Mise en application

Dans sa forme actuelle, le présent document constitue la 1^{ère} version des directives dans le domaine de la sécurité des ouvrages d'accumulation établies par l'OFEG avec la collaboration de spécialistes.

Les dispositions fixées par ces directives peuvent être appliquées par l'autorité de haute surveillance et les autorités cantonales compétentes dans l'exercice de leurs tâches dès lors qu'elles sont accessibles sur le site Internet de l'OFEG (www.bwg.admin.ch). Les directives concernent les ouvrages d'accumulation existants, en cours de projet ou futurs.

Il faut mentionner qu'en fonction des expériences faites lors de leur application et des développements techniques, les directives pourront être revues, complétées et actualisées. Une édition des directives sous forme d'une publication de l'OFEG est envisagée.

2 BASES LÉGALES

2.1 Loi sur la police des eaux

L'article 3^{bis} de la loi sur la police des eaux ¹ stipule que le Conseil fédéral veille à ce que, pour les ouvrages de retenue actuels ou futurs, les mesures nécessaires soient prises pour prévenir le plus possible les dangers et les dommages qui pourraient résulter de leur mode de construction, de leur entretien insuffisant ou de faits de guerre.

2.2 Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA)

L'ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA) fixe les exigences en matière de sécurité. Un ouvrage d'accumulation, qu'il soit érigé en travers, le long ou hors d'un cours d'eau, est assujéti indépendamment de son affectation, dès lors qu'il représente un danger particulier pour les personnes et les biens.

L'article 1 alinéas 1, 2, 3 OSOA précise le champ d'application de l'OSOA. Celle-ci s'applique automatiquement aux ouvrages d'accumulation dont la hauteur de retenue au-dessus du niveau d'étiage du cours d'eau ou du niveau du thalweg est de 10 m au moins ou, si cette hauteur est de 5 m au moins, à ceux dont la capacité de retenue est supérieure à 50'000 m³ (voir Figure 2.1). Les critères pour calculer la hauteur de retenue et le volume déterminants sont définis dans le chapitre 5.2.

Les ouvrages d'accumulation de moindres dimensions sont aussi pris en compte lorsqu'ils représentent en cas de rupture un danger particulier ² pour les personnes et les biens. La notion de danger particulier est définie au chapitre 5.3.

Par contre, les ouvrages d'accumulation qui, en cas de rupture, ne constituent aucun danger particulier pour les personnes et les biens sont pas concernés.

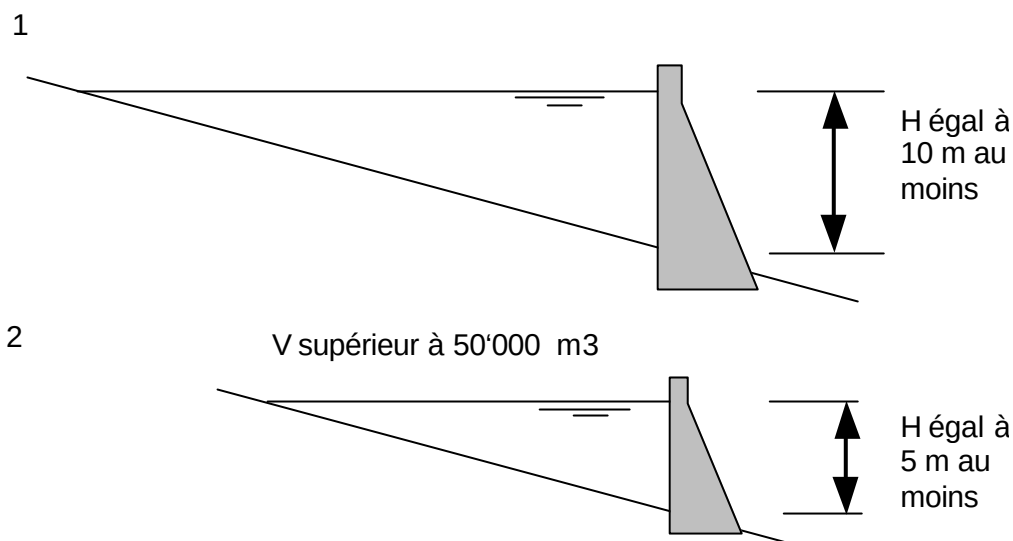


Figure 2.1 : Critères de limite d'assujettissement automatique à l'OSOA

¹ Dans le futur, cette loi sera remplacée par une nouvelle loi sur la sécurité des ouvrages d'accumulation.

² La définition du danger particulier est donnée au chapitre 5.3.

Par ailleurs, l'OSOA traite de la sécurité structurale, de l'exploitation, de la surveillance, ainsi que du plan en cas d'urgence. Ces derniers font partie du concept de sécurité des ouvrages d'accumulation, dont les points essentiels sont rappelés au chapitre 4.

2.3 Autorités compétentes pour l'exercice de la surveillance

La Confédération exerce la haute surveillance dans le domaine des ouvrages d'accumulation. L'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) surveille l'exécution de l'OSOA et exécute les tâches directement confiées à la Confédération (art. 21 al. 1 OSOA).

Les articles 21 alinéa 2 et 22 alinéa 1 OSOA fixent le domaine de surveillance incombant à la Confédération et celui relevant des cantons. Selon l'article 21 alinéa 2 OSOA sont assujettis à la surveillance directe de la Confédération les ouvrages d'accumulation de (voir Figure 2.2):

- a) 25 m au moins;
- b) plus de 15 m lorsque la capacité de la retenue est de 50 000 m³ au moins;
- c) plus de 10 m lorsque la capacité de la retenue est de 100 000 m³ au moins;
- d) d'une capacité de retenue supérieure à 500 000 m³.

La Confédération est aussi compétente lorsque plusieurs ouvrages d'accumulation forment une unité d'exploitation et que l'un des ouvrages est déjà assujetti à sa surveillance (art. 23 al. 2).

En outre, les ouvrages d'accumulation qui, d'après l'ancien droit (Règlement concernant les barrages), étaient assujettis à la surveillance de la Confédération, le restent (art. 29 al. 2).

Les cantons exercent la surveillance sur les ouvrages d'accumulation qui ne sont pas placés sous surveillance fédérale³.

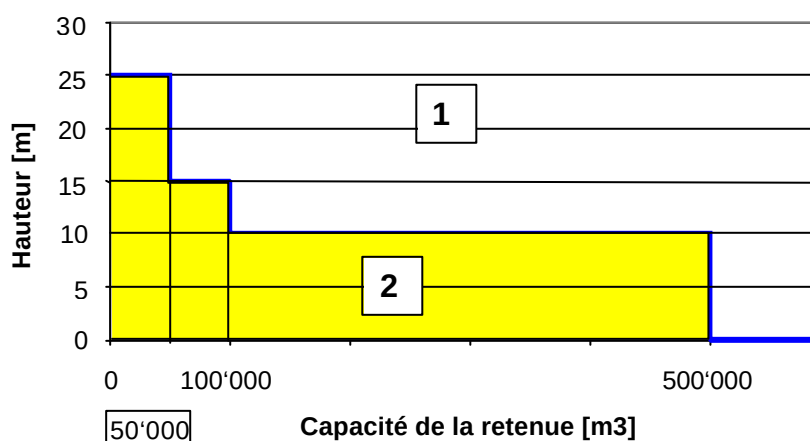


Figure 2.2: Autorités de surveillance compétentes selon art. 21 al. 2 OSOA
Légende: 1 Confédération ; 2 Cantons

³ La prise en charge de la surveillance par les cantons doit être réalisée dans les cinq ans après l'entrée en vigueur de l'Ordonnance OSOA (art. 29 al. 1 OSOA), c'est-à-dire d'ici au 1^{er} janvier 2004.

2.4 Principales autres lois et ordonnances fédérales applicables aux ouvrages d'accumulation

En plus de la loi sur la police des eaux et l'OSOA, d'autres lois et ordonnances fédérales contiennent un ou plusieurs articles qui ont une relation directe avec les ouvrages d'accumulation et sont répertoriés dans le tableau 2.1.

LOIS ET ORDONNANCES	POINTS PARTICULIERS
Loi fédérale du 22 décembre 1916 sur l'utilisation des forces hydrauliques (LFH, RS 721.80)	Ce texte règle les questions d'utilisation rationnelle des forces hydrauliques et de sécurité d'exploitation.
Loi fédérale du 21 juin 1991 et ordonnance fédérale du 2 novembre 1994 sur l'aménagement des cours d'eau (LACE, RS 721.100; OACE, RS 721.100.1)	Ces textes traitent de la protection contre les crues. Ils stipulent que des mesures doivent être prises afin de réduire les effets des eaux tout en ne portant pas atteinte au cours d'eau lui-même. Les mesures concernent la planification et l'entretien. L'ordonnance demande l'établissement de cadastres et de cartes de danger. En ce qui concerne l'entretien des cours d'eau, il est l'affaire des cantons.
Loi fédérale du 24 janvier 1991 et ordonnance fédérale du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20; Oeaux, RS 814.201)	L'article 40 LEaux fixe les modalités relatives au curage et à la vidange des bassins de retenue. Il est notamment demandé de veiller dans toute la mesure du possible à ne pas porter atteinte à la faune et à la flore lors de ces opérations. En outre, sauf en cas d'événements extraordinaires, les autorisations seront délivrées par les autorités cantonales. L'article 41 LEaux règle la question des débris flottants accumulés près des ouvrages de retenue. L'article 42 OEaux précise les modalités d'exécution pour le curage et la vidange des bassins de retenue.
Loi fédérale du 4 octobre 1991 et ordonnance du 30 novembre 1992 sur les forêts (LFo, RS 921.0; OFo, RS 921.01)	L'article 2 alinéa 3 LFo indique que « les buissons et les arbres situés sur ou à proximité immédiate des installations de barrage » ne sont pas considérés comme forêt.
Loi fédérale du 21 juin 1991 sur la pêche (LFSP, RS 923.0)	L'article 8 de la loi fixe les conditions pour l'autorisation d'interventions techniques.
Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT, RS 700)	Les articles 22 et 24 fixent les conditions pour l'autorisation de construire.
Code des obligations (CO, RS 210)	L'article 58 règle les dispositions en matière de responsabilité civile des bâtiments et autres ouvrages.
Loi fédérale du 3 février 1995 sur l'armée et l'administration militaire (LAAM, RS 510.10)	L'article 67 fixe les possibilités de service d'appui de l'armée en cas de situation exceptionnelle.
Loi fédérale du 17 juin 1994 et ordonnance du 19 octobre 1994 sur la protection civile (LPCi, RS 520.1; OPCi, RS 520.11)	Ces textes fixent entre autres les caractéristiques des signaux des sirènes d'alarme.

Tableau 12 : Articles de lois et ordonnances actuelles applicables aux ouvrages d'accumulation

3 DÉFINITIONS⁴

3.1 Ouvrage d'accumulation

Un ouvrage d'accumulation, selon l'article 2 alinéa 1 OSOA, est un ouvrage destiné à relever un plan d'eau ou à accumuler de l'eau ou des boues⁵. Par ailleurs, il permet de retenir des matériaux charriés, la glace ou la neige. Il est composé d'un ouvrage de retenue (barrage) et d'une zone de retenue (ou bassin d'accumulation) (Figure 3.1). En ce qui concerne la sécurité des ouvrages d'accumulation, les fondations de l'ouvrage de retenue ainsi que les flancs du bassin d'accumulation entrent également en ligne de compte.

Des constructions spécifiques, comme les organes de décharge⁶, les prises d'eau, les galeries de dérivation, constituent les ouvrages hydrauliques annexes d'un ouvrage d'accumulation. Les organes de décharges sont des ouvrages importants de point de vue de la sécurité.

Ne sont pas considérés comme ouvrages d'accumulation, les seuils construits pour la stabilisation des lits des torrents ainsi que les endiguements qui font partie des mesures de protection contre les crues. Ces constructions relèvent de la compétence des cantons dans le cadre de la loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE).

Les réservoirs d'eau potable en béton armé, de même que les piscines ne sont non plus considérés comme ouvrage d'accumulation.

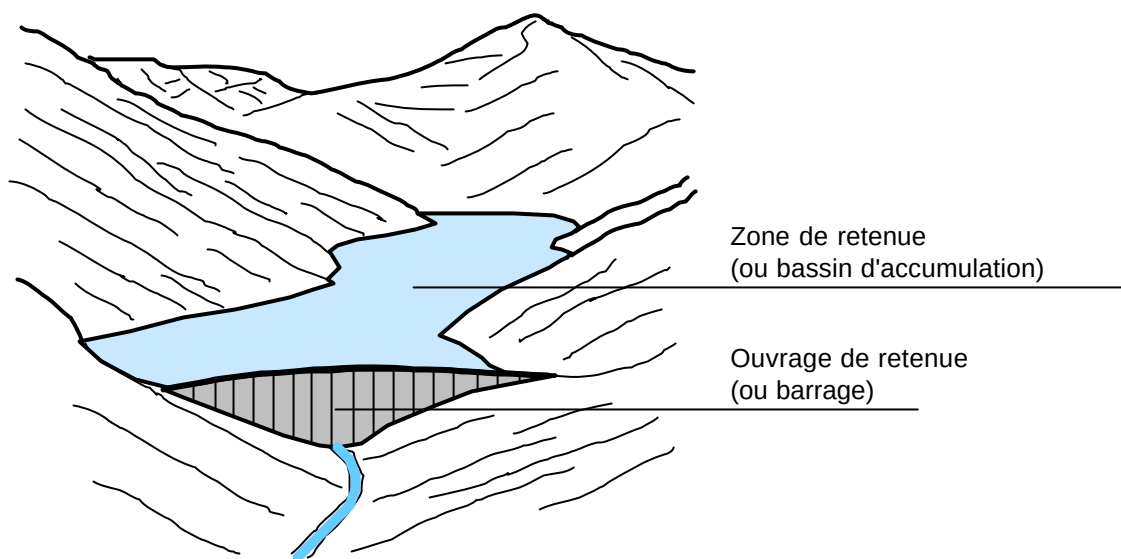


Figure 3.1 : Schéma d'un ouvrage d'accumulation

⁴ Ce chapitre ne traite que des définitions générales liées aux ouvrages d'accumulation et à ses composantes. Pour la définition d'autres termes, on peut se référer au glossaire ICOLD / CIGB, ainsi qu'à la banque centrale de terminologie TERMDAT de l'administration fédérale.

⁵ On entend par boues un mélange d'eau et de fines particules.

⁶ Bien que cela ne ressorte pas explicitement de l'OSOA, les présentes directives admettent comme organes de décharge la vidange de fond et la vidange de fond intermédiaire, ainsi que l'évacuateur de crues.

Un ouvrage d'accumulation fait partie d'un aménagement hydraulique. On entend par aménagement hydraulique, une installation destinée à l'utilisation des ressources en eau, à la régularisation des débits naturels d'un cours d'eau, d'un émissaire, un ouvrage de protection contre des dangers naturels (par exemple, crues, avalanches) ou de rétention de matériaux charriés (par exemple, sédiments, laves torrentielles, glaces).

En ce qui concerne le mode d'exploitation d'un ouvrage d'accumulation, il peut avoir une ou plusieurs affectations principales et accessoires.

En stockant de l'eau, l'ouvrage d'accumulation peut être principalement destiné à la production d'électricité, l'alimentation en eau potable, l'irrigation, la production de neige artificielle, la pisciculture, la constitution d'une réserve incendie, ainsi que la régularisation des lacs. Il a encore d'autres fins tels que biotopes, réservoirs subsistant d'anciens aménagements, loisirs.

L'ouvrage d'accumulation est aussi utilisé accessoirement pour la navigation, la pêche, la baignade, etc. L'ouvrage de retenue peut aussi servir de support à une voie de communication ou au passage de conduites industrielles.

Des ouvrages d'accumulation peuvent avoir des attributions combinées.

3.2 Ouvrage de retenue (barrage)

L'ouvrage de retenue est une construction (barrage en béton ou en maçonnerie, barrage en remblai) qui barre un cours d'eau (fleuve, rivière) en vue de stocker de l'eau ou des boues et crée ainsi un lac artificiel par surélévation du plan d'eau. Cette définition s'applique aussi à un barrage mobile (composé dans sa plus grande partie d'organes de fermeture mobiles), aux ouvrages de protection contre les crues ou les avalanches, aux ouvrages de rétention de matériaux charriés (sédiments, laves torrentielles, glaces). L'ouvrage de retenue peut également permettre la surélévation d'un lac naturel.

On parle aussi d'ouvrage de retenue pour une construction qui, hors d'un cours d'eau, crée également une zone de retenue (voir Chapitre 3.3). Celle-ci peut se trouver en totalité ou en partie au-dessus du terrain naturel initial.

En ce qui concerne les ouvrages de retenue, on peut distinguer les catégories suivantes:

- Barrage en béton (barrage-poids, barrage voûte, barrage à contreforts, barrage à voûtes multiples)
- Barrage en remblai (digue en terre ou en enrochement)
- Barrage mobile et digue latérale
Par digue latérale, on entend un ouvrage intégré à un ouvrage d'accumulation en rivière qui comporte notamment un barrage mobile. La digue latérale permet donc de surélever le plan d'eau au-dessus du terrain naturel et de créer une zone de retenue permanente. Le barrage mobile et la(les) digue(s) latérale(s) forment un tout (Figure 3.2).

Si la hauteur de retenue est égale ou inférieure à 10 m, on parle d'ouvrage d'accumulation de petite hauteur de retenue. Si cette hauteur est comprise entre 10 et 40 m, on parle d'ouvrage d'accumulation de moyenne hauteur de retenue. Lorsque cette hauteur est égale ou supérieure à 40 m, on parle d'ouvrage de d'accumulation de grande hauteur de retenue.

3.3 Zone de retenue (ou bassin d'accumulation)

La zone de retenue forme un lac artificiel (ou bassin artificiel) dans lequel une grande quantité d'eau ou de boue ou de sédiments est accumulée. Elle constitue aussi un réservoir, dont l'exploitation s'effectue à niveau variable en vue de stocker et de déstocker de l'eau.

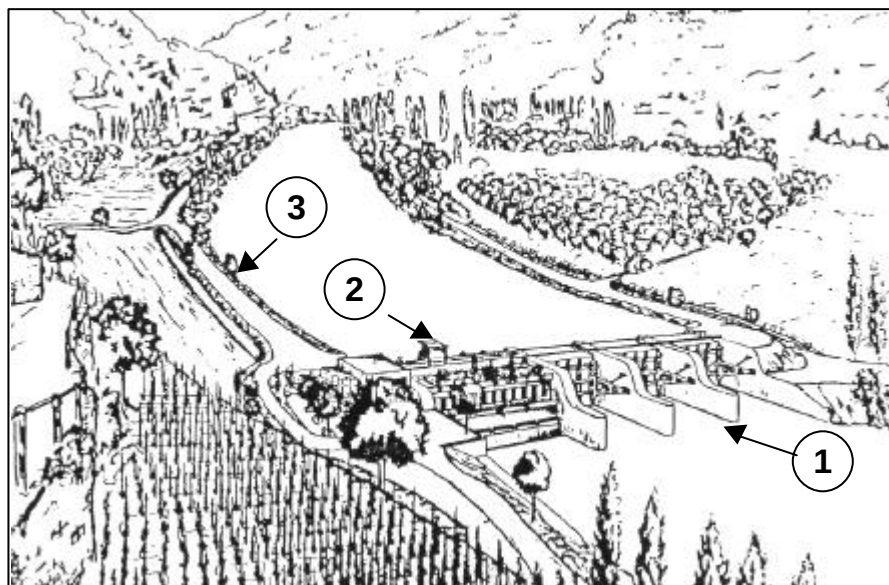


Figure 3.2 : Schéma d'un barrage en rivière et de ses composantes
Légende : 1 Partie mobile ; 2 Usine ; 3 Digues latérales

4 CONCEPT DE SÉCURITÉ

Il est de règle que la sécurité face à un risque doit être assurée. Ce risque doit être maintenu sous contrôle par des mesures appropriées et rester inférieur à un seuil acceptable. Une sécurité absolue ne saurait être garantie.

Pour garantir un haut niveau de sécurité, il faut tout d'abord que l'ouvrage de retenue ait les dimensions lui permettant de faire face à tous les cas imaginables de charges et d'exploitation. On entend par "charges", les sollicitations auxquelles est soumis l'ouvrage de retenue et par "exploitation", les opérations effectuées en relation avec le mode de fonctionnement de l'ouvrage d'accumulation (par exemple stockage et déstockage de l'eau).

On obtient ainsi une réduction optimale du risque, à défaut de pouvoir le supprimer totalement. Il importe d'ailleurs de maîtriser au mieux le risque résiduel par des mesures supplémentaires, comme les contrôles systématiques permettant d'identifier un danger le plus tôt possible et la préparation à des cas d'urgence pour être capable de parer correctement et en temps utile à un danger éventuel.

La sécurité d'un ouvrage d'accumulation peut être garantie de la meilleure manière, et conformément à l'OSOA, si elle repose sur trois piliers :

- (1) la sécurité structurale (dimensions appropriées),
- (2) la surveillance et l'entretien (contrôles systématiques),
- (3) le plan en cas d'urgence (préparation adéquate aux cas d'urgence).

La sécurité structurale concerne la conception et la réalisation de l'ouvrage d'accumulation. Les projets de construction et de transformation d'ouvrages d'accumulation et d'ouvrages hydrauliques annexes importants du point de vue de la sécurité doivent être approuvés par l'autorité de surveillance. L'approbation est nécessaire pour commencer les travaux (voir Chapitre 9).

L'exécution des divers contrôles relatifs à l'état et au comportement de l'ouvrage de retenue, la réalisation d'essais et de contrôles des installations techniques, l'élaboration de consignes d'exploitation et de surveillance, ainsi que l'examen de la sécurité relèvent de la surveillance. Par ailleurs, l'entretien de l'ouvrage et des installations techniques (équipement hydro-mécanique, électrique, dispositif d'auscultation, etc.) est de première importance.

Enfin, les dispositions pour le cas où l'exploitation sûre de l'ouvrage ne serait plus garantie du fait d'un comportement anormal, à la suite d'événements naturels (crue, tremblement de terre), de menaces d'éboulement de masse de roches, de terre ou de glace dans la retenue, d'actes de sabotage ou de faits de guerre, font partie du plan en cas d'urgence. Il comprend un système d'alarme pour avertir les autorités et alerter la population. Il prévoit, le cas échéant, l'évacuation de la population de la région susceptible d'être submergée.

Pour pouvoir projeter et construire un ouvrage d'accumulation, effectuer une surveillance efficace et prévoir les mesures utiles pour anticiper ou parer à un cas d'urgence, il importe de connaître les menaces potentielles et leurs conséquences. Ces dernières sont énumérées ci-dessous.

A) *Comportement anormal*

Un comportement anormal d'un barrage ou de ses fondations se traduit généralement par des déformations anormales, par des augmentations de pressions ou de débits, par une modification notable des pressions interstitielles, des défauts d'étanchéité.

B) *Glissement, éboulement, avalanche, chute de glacier*

La chute d'une masse importante dans une zone de retenue provoque une vague qui, selon son importance et le niveau de la retenue, peut déferler par-dessus le



couronnement. Par ailleurs, elle peut aussi causer d'importants dégâts sur la rive opposée de la zone de retenue.

C) Crues

Dans le cas d'une crue, un passage des eaux par-dessus le couronnement peut se produire si la capacité des organes de décharge est insuffisante. Une crue peut entraîner avec elle des objets flottants (troncs d'arbre, débris) qui peuvent conduire à l'obstruction des passes de l'évacuateur de crue.

D) Alluvionnement

L'alluvionnement de la retenue peut provoquer une obstruction de l'entrée de la vidange de fond, de telle façon que l'écoulement de l'eau n'est plus garanti.

E) Séisme

Un séisme peut provoquer des dégâts au barrage, engendrer des glissements de terrain ou des éboulements, une modification de conditions hydrogéologiques, un mouvement des sédiments, une seiche.

F) Autres effets

Par exemple, l'explosion d'une conduite de gaz située à proximité de l'ouvrage d'accumulation peut éventuellement avoir des répercussions sur l'ouvrage de retenue et ses ouvrages annexes.

Des actes de sabotage ou des faits de guerre peuvent endommager l'ouvrage de retenue et ses ouvrages annexes, ainsi que les installations techniques rendant toute exploitation impossible ou mettant gravement en danger la sécurité de l'ouvrage d'accumulation.

5 CRITÈRES D'ASSUJETTISSEMENT A L'OSOA

5.1 Généralités

Les critères se basent sur des données géométriques (hauteur, volume) et sur les effets dommageables consécutifs à la rupture hypothétique d'un ouvrage d'accumulation (danger particulier). Les conséquences d'une telle rupture sont analysées sans tenir compte d'une probabilité d'occurrence.

5.2 Notions de base

5.2.1 Hauteur de retenue déterminante d'assujettissement

Définition de la hauteur de retenue déterminante d'assujettissement

La hauteur de retenue déterminante d'assujettissement est définie par la différence entre le niveau normal de retenue et le point bas de référence qui correspond, selon l'article 1 alinéa 1 OSOA, soit au niveau d'étiage du cours d'eau soit au niveau du thalweg (ou du terrain naturel).⁷

Remarque importante:

La hauteur de retenue d'assujettissement ne correspond pas à la hauteur du barrage.

Niveau normal de retenue (niveau normal d'exploitation)

Le niveau normal de retenue correspond au niveau du seuil fixe d'un déversoir non vanné. Pour une retenue dont le débit excédentaire est évacué en totalité ou en partie par des vannes mobiles, c'est le niveau maximal auquel le plan d'eau peut monter en exploitation normale (Figure 5.1). En règle générale, on ne tient pas compte de la surélévation occasionnée par une crue. Dans le cas d'aménagement hydroélectrique, le niveau normal de retenue peut aussi être fixé dans la concession.

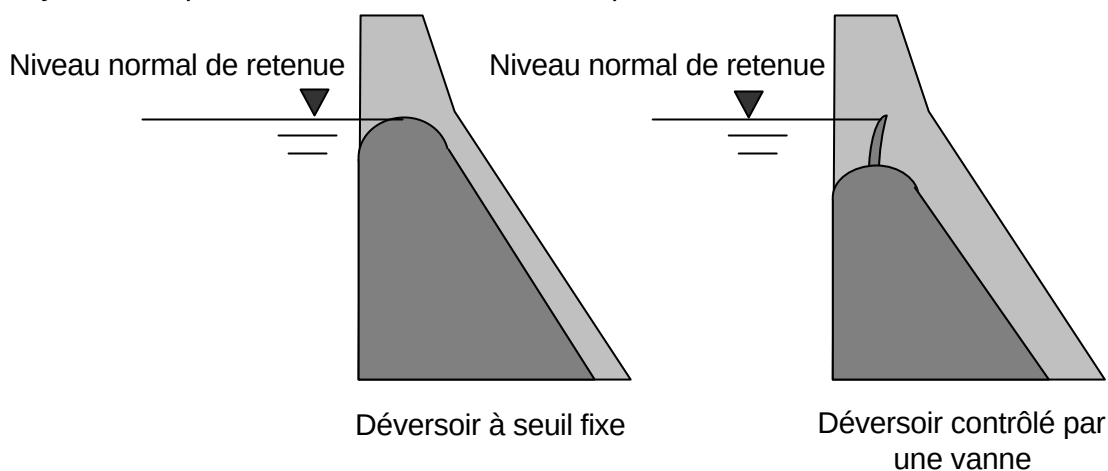


Figure 5.1: Situation possible du niveau normal de retenue

⁷ Cette hauteur peut être assimilée à la hauteur de la lame d'eau au site en cas de rupture soudaine de l'ouvrage de retenue.

En ce qui concerne les bassins de protection contre les crues, le niveau normal de retenue correspond au niveau du seuil du déversoir de l'évacuateur de crue. Quant aux barrages de rétention de sédiments et de laves torrentielles, la limite supérieure possible d'accumulation des matériaux est prise en compte. Le niveau normal correspond, selon le type d'ouvrage (barrage en béton ou en remblai avec ou sans pertuis sur la hauteur du barrage), au niveau du seuil d'un déversoir pour un barrage en béton avec ou sans "barbacanes" ou au niveau supérieur de l'ouverture verticale. Dans le cas où cette ouverture serait munie d'une grille ou de madriers horizontaux, le niveau supérieur de ces éléments sera pris en compte en raison du risque d'obstruction (figure 5.2). Ces considérations s'appliquent aussi au cas des barrages de protection contre les avalanches.

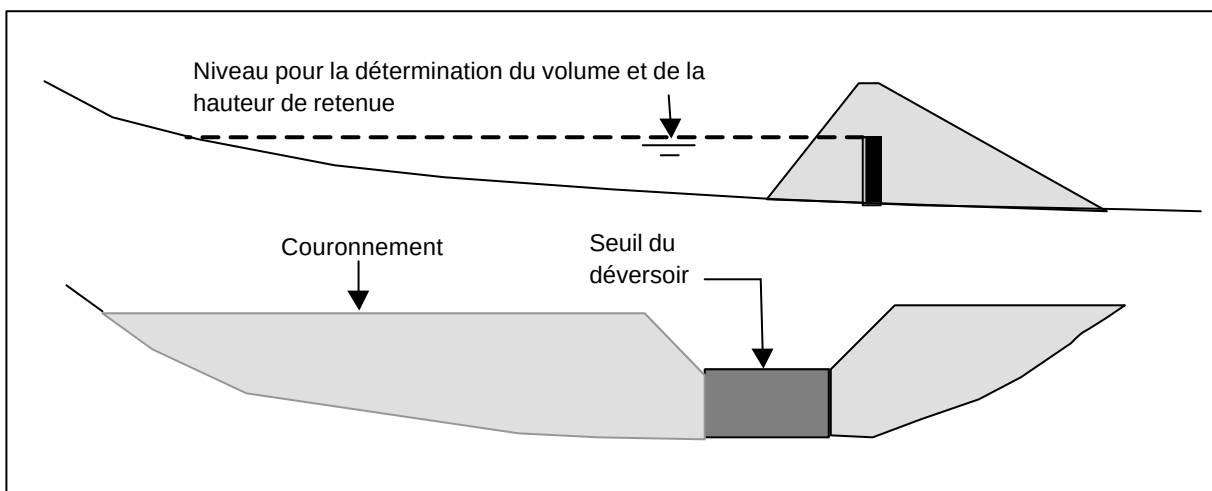


Figure 5.2: Bassin de protection avec ou sans dispositif pour retenir les sédiments (par exemple sous forme de lave torrentielle)
En haut: profil le long de la retenue avec coupe de la digue; en bas: élévation de la digue avec pertuis et déversoir

Définition du point bas de référence

Par "niveau du thalweg", il faut entendre le niveau de référence du terrain naturel qui peut être situé soit à l'amont soit à l'aval de l'ouvrage de retenue (Figures 5.3 et 5.5).

Par "niveau d'étiage", il faut prendre en compte le niveau correspondant à Q_{347} ⁸. Cette définition s'applique principalement aux barrages mobiles (Figure 5.4).

On distingue les cas suivants:

- Pour les ouvrages d'accumulation sur cours d'eau:

Le niveau du thalweg correspond à celui du terrain naturel défini par le lit de la rivière directement à l'amont de l'ouvrage. La présence d'une éventuelle décharge (remblai de matériaux meubles) à l'aval du barrage n'entre pas en ligne de compte.

⁸ Le débit Q_{347} est le débit d'un cours d'eau atteint au dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de 10 ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau.

Cette définition s'applique aussi au cas des aménagements servant de bassins de protection contre les crues ou les avalanches, de barrages de rétention de sédiments et de laves torrentielles.

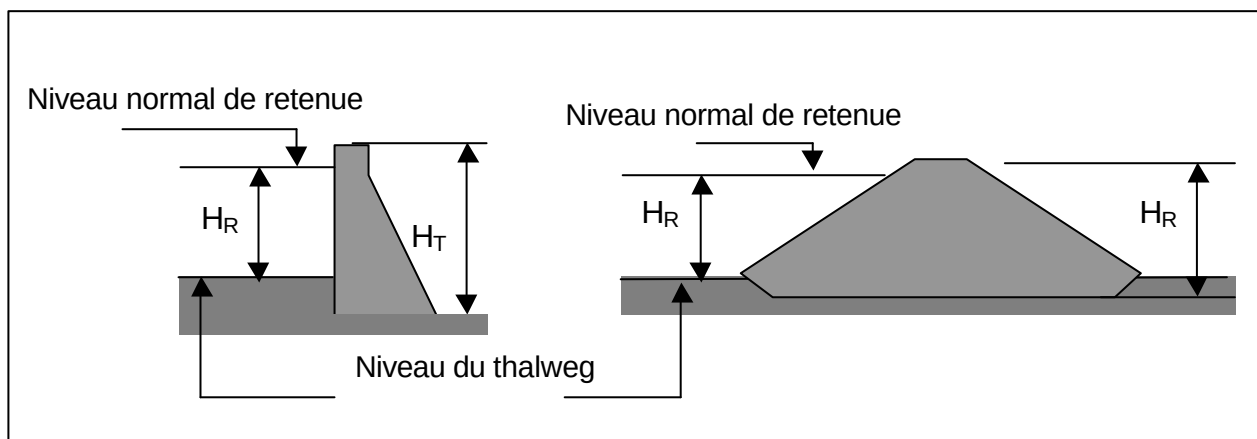


Figure 5.3: Définition du point bas de référence d'un ouvrage d'accumulation sur un cours d'eau

Légende : H_R = Hauteur de retenue ; H_T = hauteur de l'ouvrage de retenue

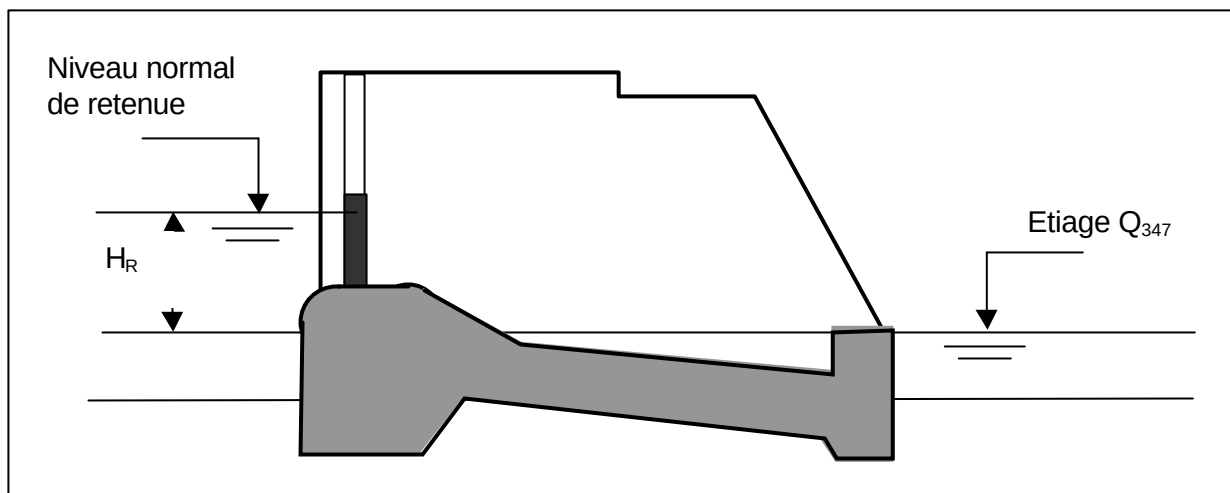


Figure 5.4: Définition du point bas de référence d'un barrage mobile

Légende : H_R = Hauteur de retenue

- Pour les ouvrages d'accumulation hors cours d'eau:

Selon le cas, sont admis comme points bas de référence (Figure 5.5) :

- le fond du bassin, si son niveau est identique à celui du terrain à l'aval;
- le fond du bassin, si son niveau est supérieur à celui du terrain à l'aval;
- le niveau du terrain à l'aval, si son niveau est supérieur à celui du niveau du fond du bassin;
- dans le cas où le bassin serait en grande partie en déblai, le fond du bassin si son niveau est identique ou supérieur à celui du terrain naturel à l'aval et qu'il existe un risque d'érosion du terrain naturel;
- le niveau du terrain naturel à l'amont, pour autant qu'il n'existe pas de risque d'érosion du terrain naturel (présence de rocher).

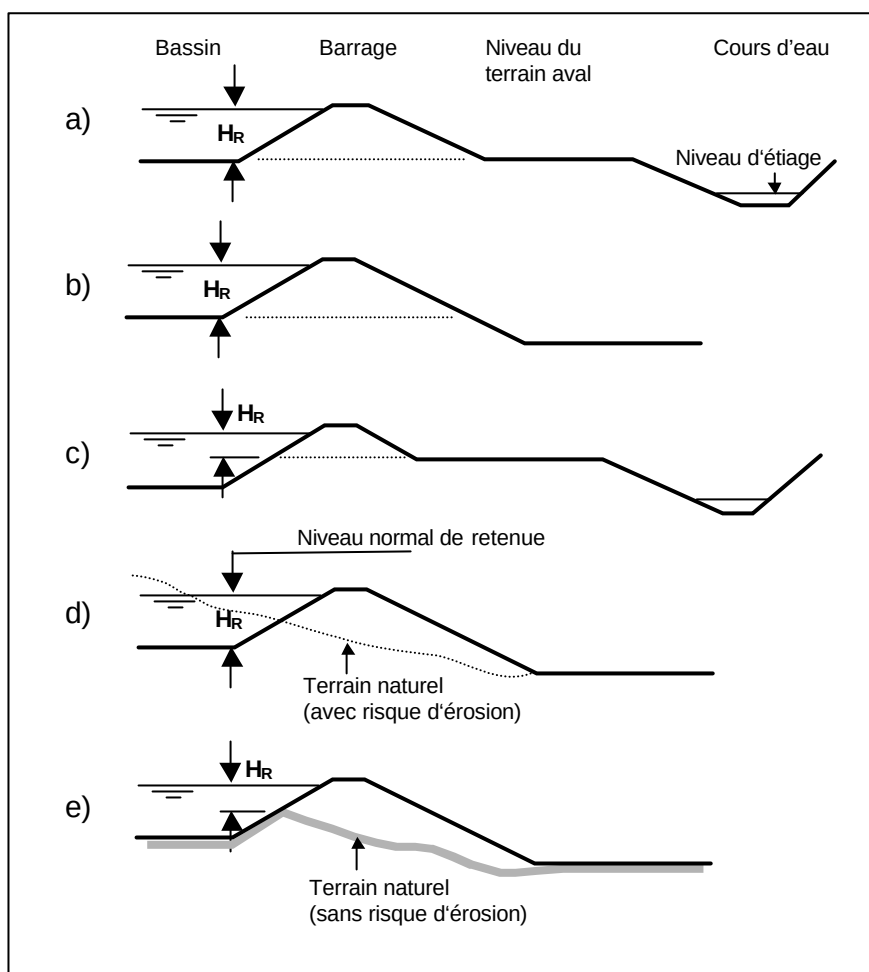


Figure 5.5 : Définition du point bas de référence d'un ouvrage d'accumulation hors d'un cours d'eau
Légende : H_R = Hauteur de retenue

Remarque : la présence d'un cours d'eau, s'il est situé à proximité de l'ouvrage d'accumulation, peut avoir une incidence sur la définition du point bas de référence

- *Lors de surélévation d'un lac naturel :*

Le niveau du lac naturel avant surélévation est admis comme point bas de référence (Figure 5.6). En cas de fluctuation prononcée de ce niveau, le niveau moyen sur 10 ans est pris en compte.

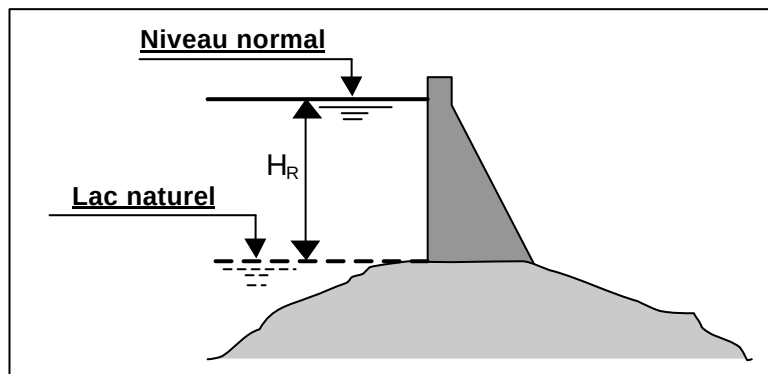


Figure 5.6 : Définition de la hauteur de retenue suite à la surélévation d'un lac naturel

- *Ouvrages d'accumulation avec dépôt important de matériaux solides*

Lors de la détermination de la hauteur déterminante pour la soumission, des dépôts de matériaux solides peuvent être pris en compte pour autant que des essais confirment qu'ils sont consolidés. Si de tels essais font défaut, la hauteur sera déterminée sans déduction de la hauteur des dépôts (Figure 5.7).

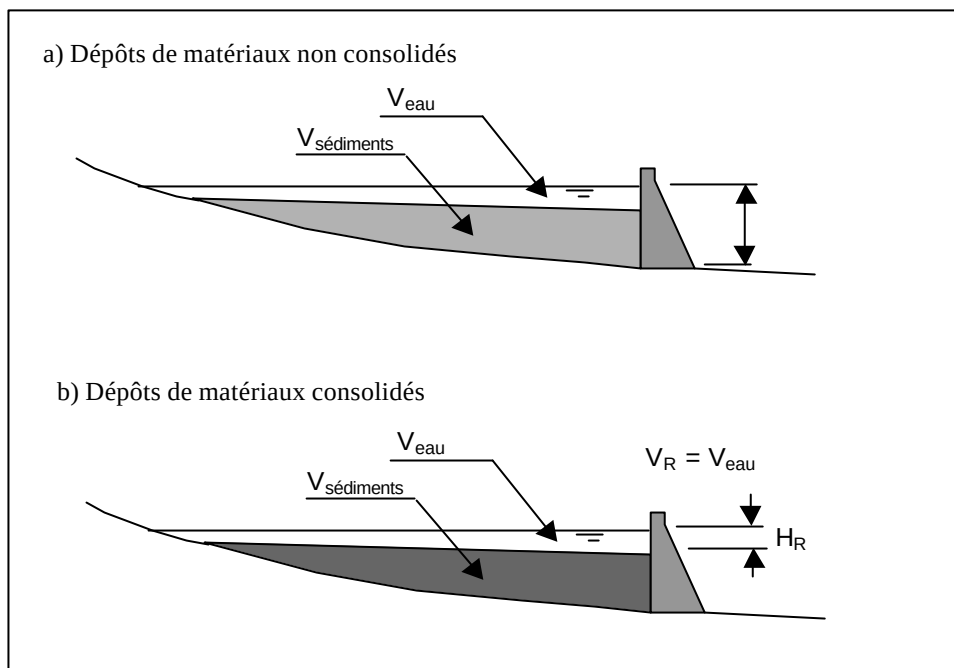


Figure 5.7 : Définition de la hauteur de retenue H_R et du volume accumulé V_R pour un ouvrage d'accumulation avec dépôts de matériaux solides

V_{eau} = Volume d'eau au-dessus du dépôt des sédiments, $V_{sédiments}$ = Volume du dépôt des sédiments,
 H_R = Hauteur de retenue.

5.2.2 Volume déterminant d'assujettissement

Définition du volume déterminant d'assujettissement

Le volume déterminant d'assujettissement considéré est celui qui peut s'échapper de la retenue en cas de rupture soudaine de l'ouvrage de retenue. Il est calculé entre le niveau normal d'exploitation et une ligne de fond partant du point bas de référence considéré pour le calcul de la hauteur.

Remarque importante:

Le volume d'assujettissement ne correspond pas forcément au volume utile ou total de la retenue.

Mode de détermination des volumes

- *Pour les ouvrages d'accumulation sur cours d'eau:*

Pour les ouvrages de retenue, le volume est calculé entre le niveau normal de retenue et le niveau du point bas de référence du thalweg.

Pour les barrages en rivière, le volume est calculé entre le niveau normal de retenue et la ligne d'eau d'étiage par rapport à l'état naturel correspondant à Q_{347} .

En ce qui concerne les ouvrages d'accumulation dont la fonction principale est la rétention de sédiments et de laves torrentielles, le volume est calculé en admettant le plan des matériaux accumulés horizontal au niveau normal de retenue.

NOTA : Dans le cas des ouvrages d'accumulation de petite ou moyenne hauteur de retenue pour lesquels l'obstruction de l'évacuateur de crue par des corps flottants est possible, un volume supérieur au volume déterminant pour l'assujettissement sera pris en compte pour le calcul de l'onde de submersion (voir 5.3.3 "Analyse de conséquence d'une rupture de barrage").

- *Pour les ouvrages d'accumulation hors cours d'eau:*

Le volume est calculé entre le niveau normal de retenue et le fond du bassin, si son niveau est égal ou supérieur à celui du terrain à l'aval;

Le volume est calculé entre le niveau normal de retenue et le niveau du terrain à l'aval, si son niveau est supérieur à celui du niveau du fond du bassin;

Le volume est calculé entre le niveau normal de retenue et le niveau du terrain à l'amont, si son niveau est supérieur à celui du niveau du fond du bassin et qu'il n'y a pas de risque d'érosion du terrain naturel jusqu'au niveau du fond du bassin.

- *Lors de surélévation d'un lac naturel:*

Le volume est calculé entre le niveau normal de retenue et le niveau du lac naturel admis avant sa surélévation (Figure 5.6).

- *Ouvrages d'accumulation avec dépôts importants de matériaux solides*

Lors de la détermination du volume déterminant pour la soumission, des dépôts de matériaux solides peuvent être pris en compte pour autant que des essais confirment qu'ils sont consolidés. Si de tels essais font défaut, le volume sera déterminé en considérant la hauteur déterminante (selon chapitre 5.2.1) sans déduire les dépôts (Figure 5.7).

5.2.3 Cas spécial : évacuateur de crue avec risque d'obstruction

S'il existe pour un ouvrage d'accumulation de petite hauteur de retenue une possibilité d'obstruction de l'évacuateur de crue par des corps flottants (par exemple, en raison de la présence d'une grille fine ou d'un organe de décharge de faibles dimensions), la hauteur de retenue sera comprise entre le niveau du couronnement et le point bas de référence. Cela signifie que la zone de retenue est considérée pleine jusqu'au niveau du couronnement.

5.3 Notion de danger particulier

5.3.1 Définition du danger particulier

Un danger particulier existe si, en cas de rupture soudaine d'un ouvrage de retenue, au moins une habitation, un lieu de travail, un bâtiment public, un camping public ou une voie de communication très fréquentée est touché.

Les critères se basent sur la hauteur d'eau, ainsi que sur le produit de la hauteur d'eau par la vitesse d'écoulement de l'onde de submersion lorsqu'un des éléments décrits plus haut est concerné.

Il faut noter ici que, comparé à une crue naturelle, le passage d'une onde de submersion consécutif à une rupture de barrage est un événement de durée relativement courte, particulièrement s'il s'agit d'un ouvrage d'accumulation de petite hauteur de retenue. De ce fait, les valeurs retenues comme critères d'assujettissement représentent les limites à partir desquelles il existe un danger particulier marqué pour une construction ou un lieu considéré (voir Chap. 5.3.2). Il va de soi que pour des valeurs inférieures aux seuils fixés, des dégâts ne peuvent pas être exclus. Selon l'importance de la zone touchée et des conséquences de l'onde de submersion, un assujettissement de l'ouvrage d'accumulation peut être envisagé pour des valeurs inférieures aux valeurs limites proposées.

5.3.2 Types de constructions et de lieux concernés

Habitations ⁹	On prend en compte une habitation isolée ou plusieurs habitations (chalets, maisons individuelles, immeubles, fermes...) occupées à l'année ou temporairement (week-end, mois, saison) par une ou plusieurs personnes
Lieux de travail	Atelier, bureau, importantes installations de loisirs, etc. Occupation permanente ou au moins 2 heures quotidiennement. On prend en compte un atelier ou une usine isolée ou une zone industrielle (particulièrement celles comportant des risques de pollution: chimie, stockage d'hydrocarbure, station d'épuration). Par contre, les zones agricoles (champs cultivés, pâturage, etc.) ne sont pas prises en compte.
Bâtiments publics	Bâtiments administratifs Ecoles Hôpitaux
Place de camping	Camping public
Voies de communication très fréquentées	Routes nationales Routes cantonales Chemins de fer N'entrent pas en ligne de compte: Sentiers pédestres, routes forestières, routes secondaires

5.3.3 Analyse des conséquences de la rupture d'un ouvrage de retenue

Calcul de l'onde de submersion

Pour déterminer si un danger particulier existe, le calcul de l'extension de l'onde de submersion suite à la rupture d'un ouvrage de retenue est requis. Les hypothèses de calcul sont données dans les paragraphes suivants.

Modèle de calcul

L'onde de submersion qui se produit suite à une rupture d'un barrage est déterminée par les équations des écoulements non stationnaires déduites de celles de B. De Saint-Venant.

Selon le problème posé, les possibilités de calcul vont des calculs à la main par un modèle unidimensionnel jusqu'à la résolution par ordinateur d'un modèle bidimensionnel. Pour fixer de façon simple le débit en un endroit déterminé à l'aval de l'ouvrage d'accumulation, les valeurs estimées par un calcul à la main suffisent.

⁹ Une distinction est faite entre les constructions en dur et les constructions légères (maisons en bois, baraquements).

Scénario de rupture

La rupture survient soudainement (rupture instantanée)

- ? Pour les barrages voûte: rupture totale de l'ensemble du barrage
- ? Pour les barrages poids: rupture totale de l'ensemble du barrage (éventuellement sur une largeur de plusieurs plots)
- ? Pour les digues: formation d'une brèche (en règle générale, de forme trapézoïdale, de base égale à 2 fois la hauteur hydrostatique et avec une pente des talus latéraux de 1:1; la surface ne doit pas être plus grande que celle de la digue elle-même)
- ? Pour les aménagements avec barrages mobiles (en rivière):
Barrages mobiles (en rivière): rupture totale ou partielle du barrage (sans la partie usine) en fonction du concept de construction (radier continu, piles indépendantes, passes indépendantes)
Digues latérales: formation d'une brèche (comme dans le cas des digues)

Conditions initiales

Le niveau normal de retenue est admis comme niveau initial (ouvrage d'accumulation en exploitation normale).

Pour certains ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, pour lesquels l'obstruction de l'évacuateur de crue par des corps flottants est possible, le niveau du plan d'eau de départ sera admis identique à celui du couronnement.

Résultats des calculs (sans tenir compte du fond mobile)

- ? *Méthode simple à la main et modèle 1D:*

Une méthode simple de calcul à la main permet de manière aisée une détermination facile de l'extension de la submersion en des points caractéristiques à l'aval du barrage.

Les débits, les vitesses et les profondeurs de l'onde sont les résultats qui doivent être déterminés dans les différents profils en travers. Il est ensuite possible d'établir la carte d'inondation qui donne les limites de la zone inondée ainsi que celles de la ligne d'énergie.

- ? *Modèle 2D*

Les débits, les vitesses et les profondeurs de l'onde sont donnés dans 2 directions pour chaque cellule. L'extension spatiale et dans le temps de l'onde peut être suivie pour n'importe quel bassin avec relief.

La représentation des résultats est un peu plus compliquée que celle du modèle 1D, car la surface de l'eau n'est pas plane, mais peut fortement varier d'une cellule à l'autre. C'est aussi la raison pour laquelle la ligne d'énergie dans un profil en travers n'est pas plane, mais irrégulière et fortement incurvée (ce qui correspond à la réalité).

Représentation des résultats

Les résultats des calculs de l'onde de submersion permettent d'établir une carte indiquant les limites de l'extension de l'onde de submersion (Figure 5.8). Les limites d'inondation sont définies par la ligne d'énergie (hauteur d'eau h_w + hauteur de vitesse $v^2/2g$). Si l'écoulement de l'onde de submersion reste confiné dans le lit du cours d'eau, seul le plan d'eau est considéré.

Calcul unidimensionnel:	Calcul bidimensionnel:
Calcul du débit pour différents profils en travers (A-A, etc.) situés à intervalles définis. Les calculs fourniront la hauteur de la lame d'eau h_w et la vitesse d'écoulement v , ce qui permet de déterminer la ligne d'énergie. Les limites d'inondation sont définies par l'intersection de la ligne d'énergie avec le terrain naturel. Le temps d'arrivée du front de l'onde et l'altitude maximum de la ligne d'énergie sont indiqués dans les cartes d'inondation.	Calcul effectué dans les directions longitudinales et transversales sur la base d'un réseau dense de cellules. Les calculs permettent de connaître pour chaque cellule, la vitesse d'écoulement dans les 2 directions et la hauteur de la lame d'eau. Le plan de l'eau n'est plus horizontal dans un profil en travers (par exemple B-B) et la ligne d'énergie n'est plus représentée par une droite, mais par une courbe irrégulière. Le temps d'arrivée du front de l'onde, de même que les limites d'inondation et l'altitude maximum de la ligne d'énergie sont indiquées dans les cartes d'inondation.

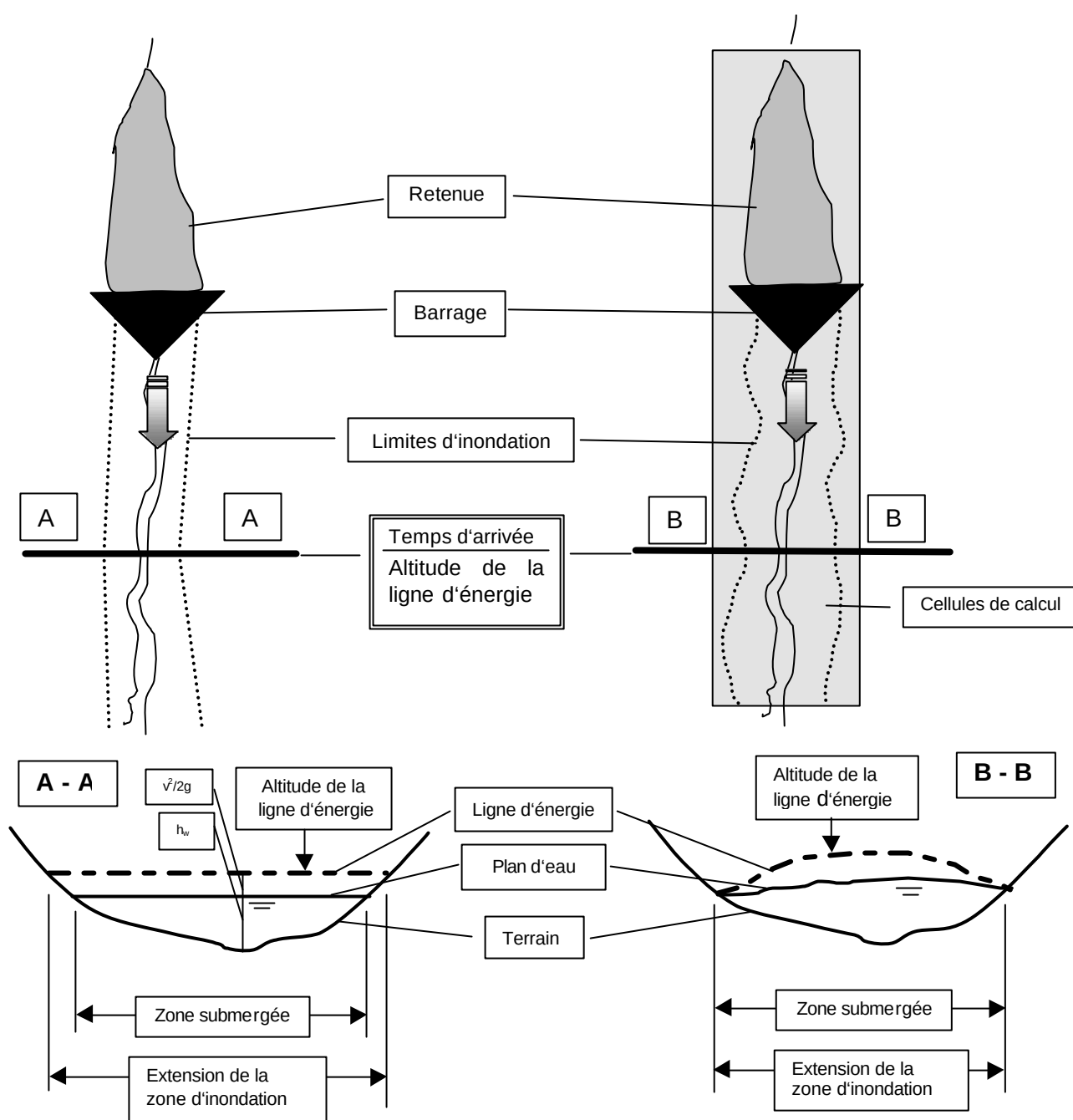


Figure 5.8: Représentation de la zone de submersion

5.3.4 Classes et plages de danger particulier

L'assujettissement d'un ouvrage d'accumulation se fait en fonction de l'intensité du danger particulier caractérisée par la hauteur, ainsi que le produit de la hauteur par la vitesse de l'onde de submersion. Des valeurs-seuil limitent les plages de quatre classes selon que le danger particulier est considéré comme faible, modéré, moyen et élevé. (Tableau 5.1 et Figure 5.9)

Classes et plages de danger particulier	Effets	Règle d'assujettissement
Danger élevé $h > 2 \text{ m}$ ou $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$	Les personnes sont en danger même à l'intérieur des bâtiments. En cas d'érosion du lit et des berges, il y a aussi menace d'effondrement de constructions situées à proximité. Les laves torrentielles par l'effet de pression peuvent aussi conduire à la destruction de bâtiments.	L'ouvrage d'accumulation est assujetti si au moins une habitation, un lieu de travail, un bâtiment public, une place de camping publique, une route très fréquentée ou une ligne de chemin de fer est touchée.
Danger moyen $2 \text{ m} = h > 1 \text{ m}$ ou $2 \text{ m}^2/\text{s} = v \cdot h > 1 \text{ m}^2/\text{s}$	Les personnes à l'extérieur et dans les véhicules sont menacées. La retraite vers les étages supérieurs des bâtiments est la plupart du temps possible. Des bâtiments, selon leur mode de construction, peuvent subir des dégâts.	L'ouvrage d'accumulation est assujetti si une habitation (de construction légère), un lieu de travail (construction légère), une place de camping publique ou si une route très fréquentée est touchée.
Danger modéré $1 \text{ m} = h > 0.5 \text{ m}$ ou $1 \text{ m}^2/\text{s} = v \cdot h > 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	Les personnes sont peu menacées tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des bâtiments. Des véhicules peuvent être emportés.	L'ouvrage d'accumulation est assujetti si une place de camping publique ou si une route très fréquentée est touchée.
Danger faible $h = 0,5 \text{ m}$ ou $v \cdot h = 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	Les personnes ne sont pratiquement pas menacées tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des bâtiments.	L'ouvrage d'accumulation n'est pas assujetti.

Tableau 5.1 : Classes et plage de danger particulier basées sur les critères lors d'inondations
 v = vitesse d'écoulement [m/s]; h = hauteur d'eau [m]; $v \cdot h$ = intensité de submersion [m²/s]

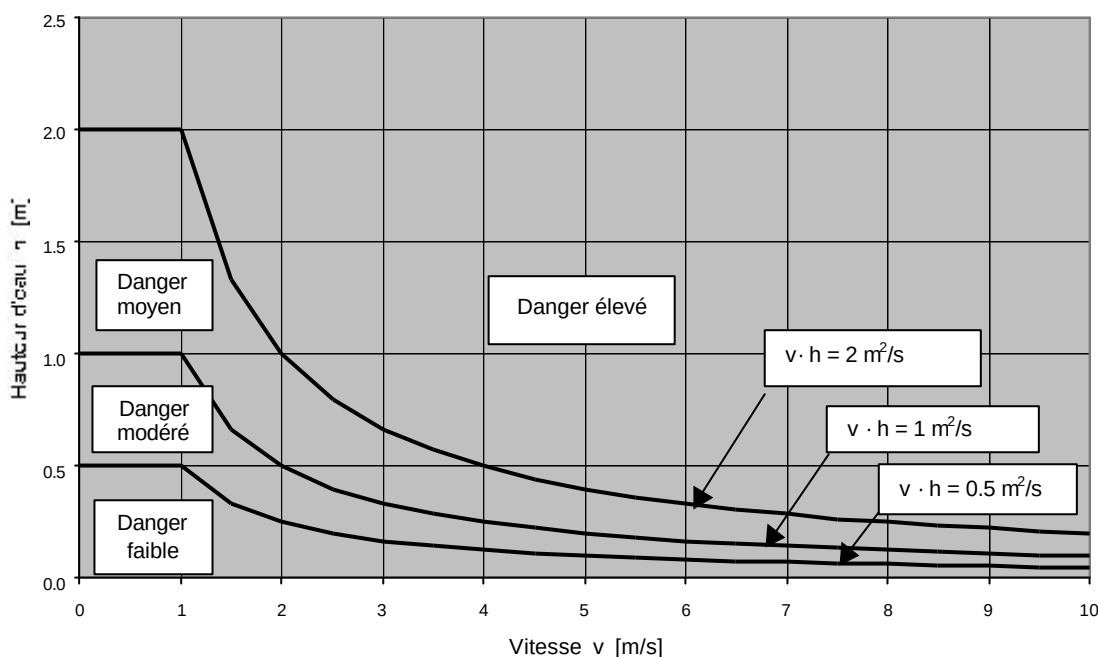


Figure 5.9 : Définition des plages de dangers en fonction des intensités de submersion

5.3.5 Cas des aménagements en cascade

Les conséquences de la rupture de chaque ouvrage sont successivement évaluées. Il faut admettre le principe que l'onde de submersion provoquée par la rupture d'un ouvrage d'accumulation peut conduire à celle d'un ou de plusieurs ouvrages d'accumulation situés en aval (effet domino).

5.3.6 Situations sans danger particulier

Les points suivants correspondent à des situations sans danger particulier, pour lesquelles il est possible de renoncer à un assujettissement des ouvrages d'accumulation concernés. Les situations a) et b) s'appliquent notamment dans le cadre d'une mise hors service (voir Chapitre 10.4) ou d'une levée de l'assujettissement (voir Chapitre 5.4.3).

- L'existence d'une brèche rend impossible la rétention d'eau, de sédiments ou de boue et l'ouvrage d'accumulation peut être laissé sans surveillance et entretien particuliers. On veillera à ce que les dimensions de la brèche soient telles qu'aucune obstruction par un charriage de matériaux et de troncs d'arbres ne soit possible.
- Dans le cas des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, des mesures de protection ponctuelles ou particulières sont prises pour éviter, en cas de rupture de l'ouvrage de retenue, que l'onde de submersion ne touche aucune habitation, aucun lieu de travail, aucun bâtiment public, aucun camping public ou aucune voie de communication très fréquentée.
- En cas de rupture, la totalité du volume peut être emmagasinée dans une autre zone de retenue ou dans une retenue naturelle, sans entraîner de

débordement touchant, entre les 2 retenues, une construction et un lieu mentionnés sous b) .

- d) Dans le cas des barrages mobiles ou des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, la capacité hydraulique est suffisante pour que l'onde de submersion s'écoule dans le lit du cours d'eau en tolérant des débordements dans des zones agricoles et dans les zones de divagation prévues dans le cadre de l'aménagement des cours d'eau.

Remarque:

En raison du développement possible de la région située à l'aval des ouvrages d'accumulation, il est indiqué d'évaluer régulièrement la situation. Dans le cas de futures constructions dans la zone de submersion d'un ouvrage d'accumulation non assujetti, les conditions relatives au danger particulier doivent être examinées.

5.4 Détermination des ouvrages d'accumulation à assujettir à l'OSOA

5.4.1 Organes de décision pour l'assujettissement

Dans tous les cas, il appartient à l'autorité de surveillance compétente, fédérale ou cantonale, de juger et de décider si un ouvrage d'accumulation doit être ou non assujetti à l'OSOA. L'autorité de surveillance compétente établit la décision correspondante, selon le droit administratif fédéral ou cantonal.

5.4.2 Processus d'évaluation et de décision

Le déroulement des différentes étapes qui doivent permettre de motiver l'assujettissement d'un ouvrage d'accumulation à l'OSOA est donné par les schémas des figures 5.10 et 5.11.

Selon les règles appliquées sur la procédure administrative, l'autorité de surveillance peut demander à l'exploitant de l'ouvrage d'accumulation de lui fournir les données qui lui sont nécessaires (notamment, des plans généraux de l'ouvrage, les calculs de l'onde de submersion, une carte de la zone inondée avec indication des hauteurs et vitesses de l'onde de submersion aux endroits critiques) pour évaluer dans quelle mesure une rupture soudaine de l'ouvrage peut représenter, selon la définition donnée au chapitre 5.3.1, un danger particulier.

Dans le cas des ouvrages d'accumulation répondant aux critères géométriques de l'article 1 alinéa 1 OSOA, il appartient à l'exploitant de l'ouvrage d'accumulation de fournir à l'autorité de surveillance les indications nécessaires relatives aux conséquences d'une rupture du barrage.

Dans le cas des ouvrages d'accumulation qui ne répondent pas aux critères géométriques, l'autorité de surveillance procède elle-même à une première évaluation (par exemple sur la base de calculs simplifiés de l'onde de submersion). En cas de besoin, elle demandera des informations supplémentaires à l'exploitant de l'ouvrage d'accumulation.



5.4.3 Levée de l'assujettissement à l'OSOA

Pour une demande de levée de l'assujettissement, il appartient à l'exploitant de fournir à l'autorité de surveillance les preuves que l'ouvrage d'accumulation ne représente aucun ou plus de danger particulier pour les personnes et les biens. L'autorité de surveillance a toutefois la possibilité de demander que l'on procède à la surveillance et à l'entretien de l'ouvrage.

En cas de mise hors service de l'ouvrage d'accumulation, les conditions sont données au chapitre 10.4.

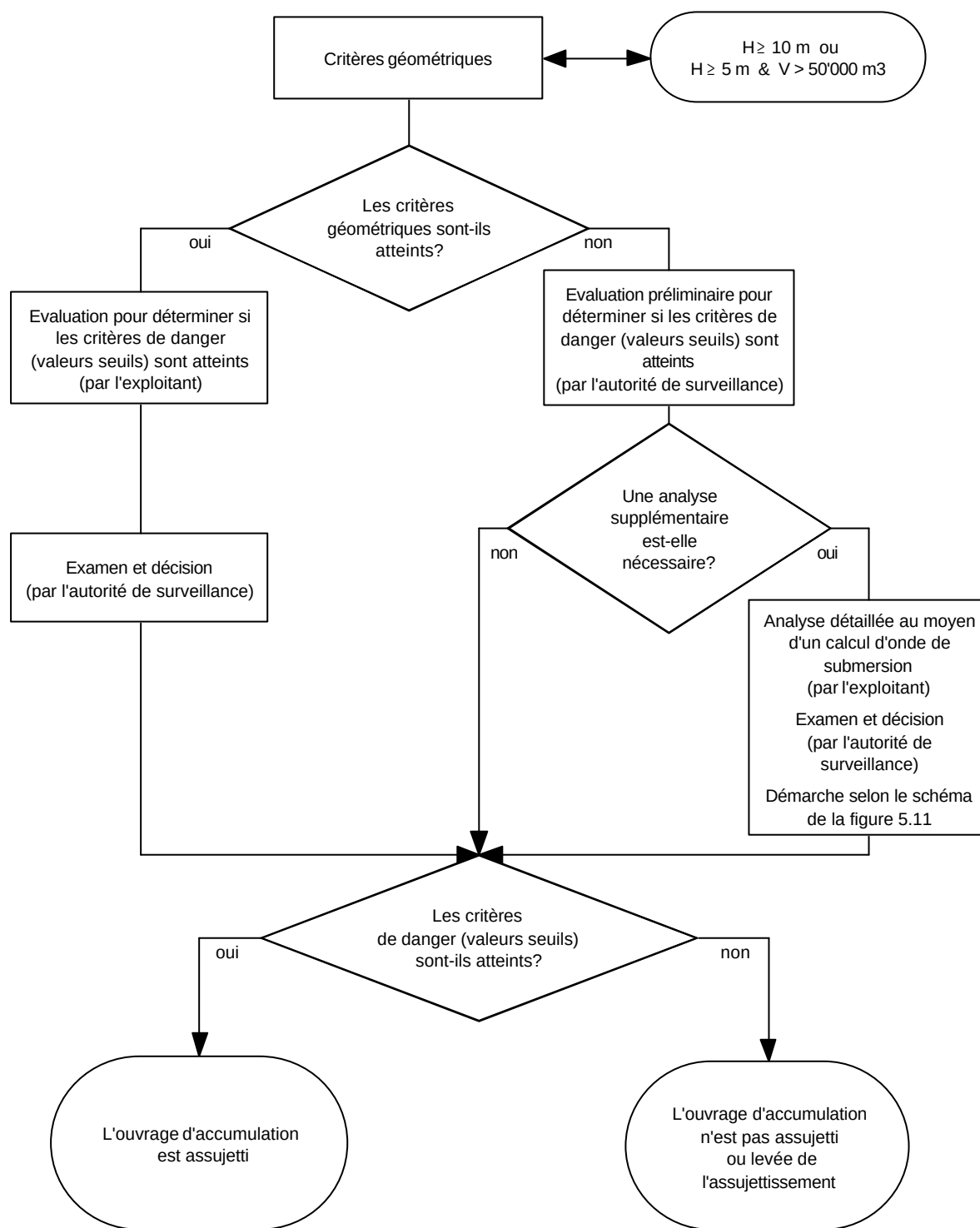


Figure 5.10 : Processus d'évaluation et de décision en vue d'un assujettissement

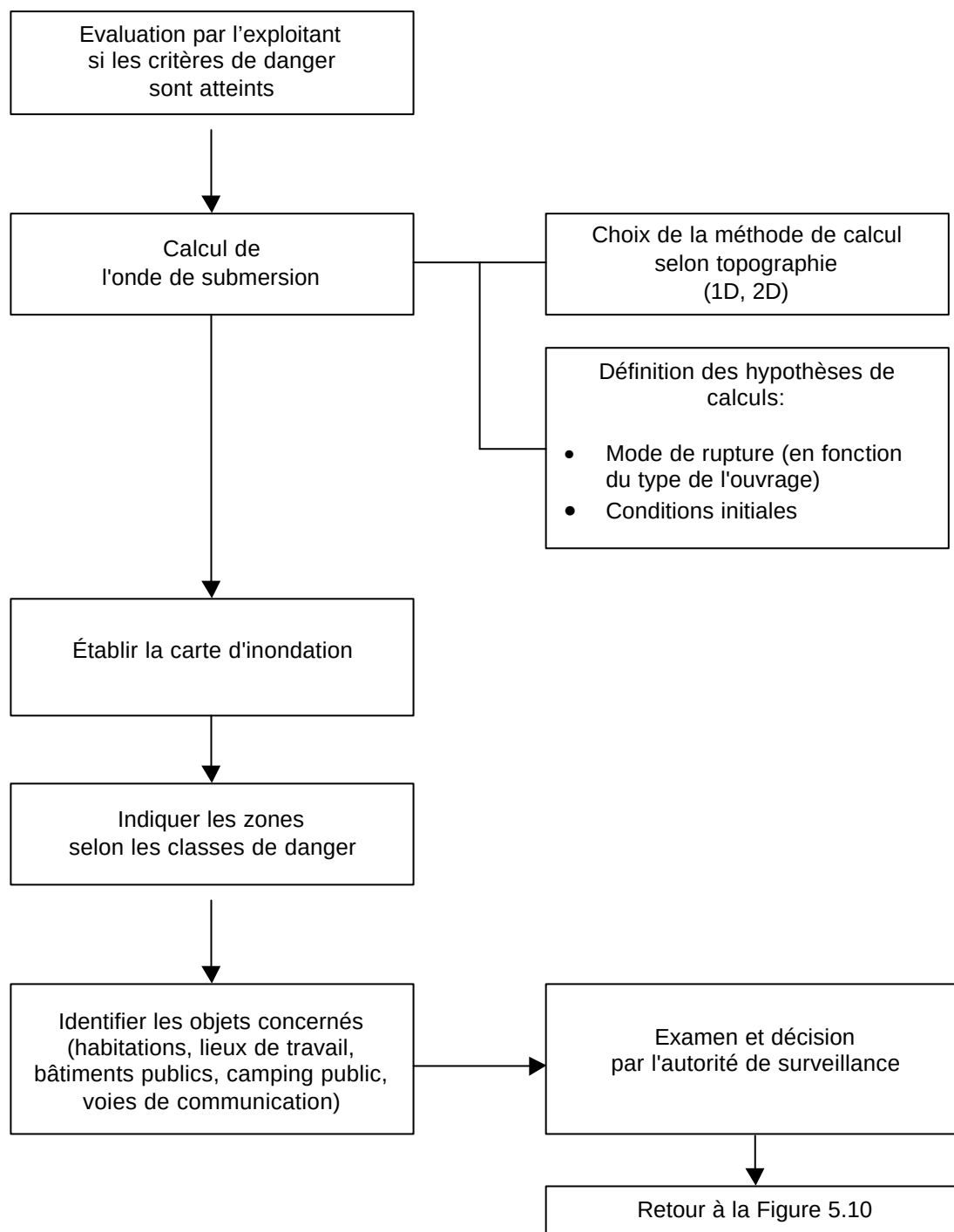


Figure 5.11: Schéma de la démarche de l'évaluation des critères de danger particulier (complément à la Figure 5.10)

PARTIE B

6 SÉCURITÉ STRUCTURALE

6.1 Généralités

L'article 3 alinéa 1 OSOA stipule que "les ouvrages d'accumulation doivent être dimensionnés et construits eu égard à l'état des connaissances techniques de manière que leur sécurité reste assurée dans tous les cas de charge et d'exploitation prévisibles".

La sécurité structurale présuppose donc une aptitude au service de l'ouvrage d'accumulation sous diverses charges (solllicitations) permanentes, variables, exceptionnelles, accidentelles. Ces charges sont définies au chapitre 6.3.

D'autre part, divers cas d'exploitation, tels par exemple les limites de marnage du plan d'eau, la mise hors service de l'équipement hydromécanique, les défauts de fonctionnement d'organe de décharge, l'impossibilité de turbiner, doivent également pris en compte.

Des mesures constructives doivent être prises afin de faire face à des situations particulières de risque (danger) telles que crue, séisme, glissement de terrain, sabotage.

Un examen extraordinaire de la sécurité structurale d'ouvrages existants (art. 14 al. 2 OSOA) peut être requise en tout temps; elle peut déboucher sur des travaux de confortement ou de remise en état (rénovation). La sécurité structurale doit être revue en cas de transformation ou de réhabilitation, de modification d'exploitation, de nouvelles charges (solllicitations), de détérioration sérieuse des structures.

Ce chapitre traite de la question de la sécurité tant au niveau du projet initial, du projet de transformation (surélévation, modification d'ouvrages annexes) que lors d'examens de la sécurité d'un ouvrage en exploitation. Cette partie introduit l'établissement d'un plan d'utilisation et d'un plan de sécurité¹⁰. Ces plans ne sont pas explicitement mentionnés dans l'OSOA, toutefois, ils constituent un support approprié pour l'exploitant et l'ingénieur. Ils leur donnent la possibilité de fixer clairement les buts et les caractéristiques essentielles d'un ouvrage d'accumulation afin de garantir sa réalisation selon les règles de l'art et sa sécurité en cours d'exploitation.

6.2 Plans d'utilisation et de sécurité

6.2.1 Plan d'utilisation

Le plan d'utilisation permet de formuler les données de base du projet (fonction et caractéristiques de l'aménagement, conditions d'exploitation). Il comprend la description des dispositions constructives particulières qui doivent être mises en œuvre lors de l'élaboration et de la réalisation du projet. Enfin, il permet aussi de faire état des exigences de l'autorité de surveillance et des conditions particulières d'exploitation fixées soit par une concession, soit par une autorisation de construire. A

¹⁰ A ce sujet, il est recommandé de consulter la publication du Comité suisse des barrages (CSB) intitulée "Sécurité structurale, Plan d'utilisation et plan de sécurité" (Décembre 2000).

ce stade, il est aussi possible de spécifier les hypothèses générales pour le dimensionnement.

Il appartient à l'ingénieur de définir la structure du plan d'utilisation la mieux adaptée à chaque cas particulier. En règle générale, le plan d'utilisation traite au moins des points suivants:

- A) Fonction
- B) Données de base et principes généraux
- C) Conditions liées au site
- D) Dispositions structurelles
- E) Description de l'ouvrage

6.2.2 Plan de sécurité

L'élaboration du plan de sécurité impose l'évaluation de toutes les situations possibles de risque et la détermination des mesures adéquates à prendre en vue de garantir la sécurité de l'ouvrage. Les risques acceptables (nature des dégâts tolérés) auront une incidence directe sur les dispositions structurelles. Dans le plan de sécurité, les mesures qui peuvent garantir le bon comportement de la structure et le bon fonctionnement des organes de décharge mobiles doivent aussi être abordées.

Le plan de sécurité constitue la base principale pour le dimensionnement des structures. Pour fixer les buts à atteindre, différentes démarches sont possibles. Il appartient à l'ingénieur de définir la structure du plan de sécurité la mieux adaptée à chaque cas particulier. Le plan de sécurité peut être structuré de la manière suivante:

- A) Actions
- B) Situations critiques
- C) Causes
- D) Mesures
- E) Risque résiduel

6.3 Actions

6.3.1 Types de charges

Les différents types de charges entrant dans un calcul de vérification sont énumérés ci-dessous.

Charges permanentes

Ces charges sont toujours présentes. Il se peut toutefois qu'elles apparaissent au cours du temps et qu'elles subsistent sans subir de modifications.

- Poids propre (structure, vannes)
- Poussée des terres (remblai)
- Poussée des sédiments

En présence permanente d'eau

- Poussée de l'eau
- Sous-pression
- Pressions interstitielles

Charges variables

Ces charges varient en fonction des conditions d'exploitation, d'autres sont fonction de conditions naturelles.

- Poussée de l'eau
- Sous-pression
- Température
- Neige
- Poussée des glaces
- Charges roulantes et autres charges

Charges exceptionnelles

Ces charges surviennent suite à des événements naturels qui peuvent être violents. Leurs effets peuvent être instantanés ou de durée limitée.

- Crue
- Séisme
- Avalanche
- Lave torrentielle

Charge(s) accidentelle(s)¹¹

- Explosion¹²

6.3.2 Combinaisons de charges

Les combinaisons de charges suivantes sont prises en compte:

- Cas normal
concerne les cas de charges qui sollicitent régulièrement l'ouvrage de retenue.
- Cas exceptionnel
concerne les cas de charges exceptionnelles qui peuvent survenir, mais pas nécessairement pendant la vie de l'ouvrage de retenue.
- Cas extrême
concerne les cas de charges les plus défavorables que pourrait subir l'ouvrage de retenue. Ils sont hypothétiques et constituent les limites physiques.

Les tableaux 6.1, 6.2 et 6.3 résument les combinaisons de charges possibles pour les différents types d'ouvrages de retenue.

¹¹ Jusqu'à ce jour, aucune indication n'a été formulée pour tenir compte de l'effet de la chute d'un aéronef.

¹² Voir à ce sujet, le chapitre 6.4.3.



ACTIONS	BARRAGE-POIDS, BARRAGE MOBILE							
	Type 1		Type 2			Type 3		
	Cas normaux		Cas exceptionnels			Cas extrêmes		
	Lac vide	Lac plein	Crue	Glacé	Avalanche	Crue	Séisme lac vide 2)	Séisme lac plein
Poids propre	X	X	X	X	X	X	X	X
Poussée hydrostatique Niv. normal de retenue ¹⁾		X		X	(X)			X
Poussée hydrostatique Niv. crue de projet			X					
Poussée hydrostatique Niv. crue de sécurité						X		
Poussée hydrostatique aval	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Sous-pression Niv. normal de retenue		X		X	X			X ³⁾
Sous-pression Niv. Crue de projet			X					
Sous-pression Niv. crue de sécurité						X		
Poussée des sédiments (amont)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Poussée des terres (aval)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Séisme							X	X
Poussée des glaces				X				(X)
Avalanche ou lave torrentielle					X			
Remarques	1) Selon les cas, un niveau intermédiaire de remplissage doit aussi être considéré; 2) Optionnelle; 3) dans le cas de la vérification de la stabilité (X) entre en ligne de compte selon les cas Les températures entrent dans les calculs des contraintes et des déformations							

Tableau 6.1 : Combinaisons des charges pour barrage-poids, barrage mobile et barrage en maçonnerie



ACTIONS	BARRAGE-VOÛTE							
	Type 1		Type 2			Type 3		
	Cas normaux		Cas exceptionnels			Cas extrêmes		
	Lac vide	Lac plein	Crue	Glace	Avalanche	Crue	Séisme lac vide 2)	Séisme lac plein
Poids propre	X	X	X	X	X	X	X	X
Poussée hydrostatique Niv. normal de retenue ¹⁾		X		X	(X)			X
Poussée hydrostatique Niv. crue de projet			X					
Poussée hydrostatique Niv. crue de sécurité						X		
Poussée hydrostatique aval (éventuelle)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Gradient de température		X	X	X	X	X	X	X
Variation de température		X	X	X	X	X	X	X
Poussée des sédiments (amont)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Poussée des terres (aval)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Séisme							X	X
Poussée des glaces				X				(X)
Avalanche /Lave torrentielle					X			
Remarques	1) Selon les cas, un niveau intermédiaire de remplissage doit aussi être considéré 2) Optionnelle (X) entre en ligne de compte selon les cas Les sous-pressions peuvent aussi être prises en compte selon les cas							

Tableau 6.2 : Combinaisons des charges pour barrage-voûte



	BARRAGE EN REMBLAI								
Actions	Fin de construction		Exploitation						
	Bassin vide		Type 1		Type 2			Type 3	
			Cas normal		Cas exceptionnels			Cas extrêmes	
	Sans séisme	Avec séisme	Lac plein	Crue	Vidange rapide	Avalanche	Crue	Séisme lac vide 2)	Séisme lac plein
Poids propre	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Poussée hydrostatique Niv. normal de retenue 1)			X			X			X
Poussée hydrostatique Niv. crue de projet				X					
Poussée hydrostatique Niv. crue de sécurité							X		
Pressions interstitielles avant consolidation	X	X							
Pressions interstitielles Niv. normal de retenue *)			X		X	(X)	X	(X)	X
Pressions interstitielles induite par le séisme								(X)	X
Vidange rapide avec pressions interstitielles correspondantes					X				
Pressions interstitielles Niv. crue de projet				X					
Pressions interstitielles Niv. crue de sécurité							X		
Séisme		X						X	X
Avalanche / Lave torrentielle						X			
Remarques	1) Selon les cas, un niveau intermédiaire de remplissage doit aussi être considéré; les pressions interstitielles seront adaptées en conséquence 2) Optionnelle (X) entre en ligne de compte selon les cas Les cas de charges dépendent aussi des types de digues								

Tableau 6.3 : Combinaisons des charges pour barrage en remblai

6.4 Dispositions particulières

6.4.1 Généralités

Les mesures constructives particulières correspondent à des mesures de sécurité à prendre pour faire face à d'éventuelles situations de danger. Certaines, comme les organes de décharge, sont imposées par l'OSOA. Bien que l'OSOA ne le mentionne pas explicitement, l'évacuateur de crues est admis comme organe de décharge dans les présentes directives.

6.4.2 Organes de décharge (vidange de fond, évacuateur de crue)

Raison d'être de la vidange de fond

Selon l'article 4 OSOA, "le niveau de la retenue doit pouvoir être abaissé en cas de danger imminent; la retenue doit pouvoir être vidée pour des travaux de contrôle et d'entretien. A cet effet, elle doit être équipée au moins d'une vidange de fond ou d'une vanne de fond, chacune de capacité suffisante". La vidange de fond a aussi pour fonction de maîtriser la montée du plan d'eau lors du premier remplissage. La vidange de fond peut aussi être utilisée en cas de crue comme organe complémentaire pour l'évacuation du débit. Sous certaines conditions, la vidange de fond peut permettre le passage des sédiments.

La vidange de fond ou la vanne de fond (cas des barrages en rivière) est placée dans la partie basse de l'ouvrage. Une vanne de fond est un organe qui permet l'ouverture de la partie inférieure de passes d'un barrage mobile.

L'expérience de l'exploitation montre qu'il est souhaitable que les vidanges de fond soient équipées de 2 vannes, l'une faisant fonction de dispositif de sécurité, l'autre de dispositif d'exploitation ou de réglage. Dans certains cas, un batardeau amont est prévu pour fermer totalement la vidange de fond.

Manœuvre de la vidange de fond

Si la manœuvre des vannes dépend d'une alimentation électrique par le réseau, il est nécessaire de doter l'installation d'une deuxième source d'alimentation. Un système de secours (moteur diesel, groupe électrogène, batteries, accumulateurs à huile) est installé pour pallier une éventuelle coupure d'alimentation électrique. Malgré les difficultés qu'elle engendre, une manœuvre manuelle des vannes doit aussi être possible.

La télécommande de la manœuvre des vannes est tolérée. L'utilisation de la télécommande est laissée à l'appréciation de l'exploitant. On veille à disposer d'un système d'ouverture par palier pour éviter une ouverture totale intempestive. La commande à distance doit être conçue de telle sorte qu'après un palier la vanne s'arrête d'elle-même et qu'un nouvel ordre soit nécessaire pour le palier suivant.

Dans certains cas, notamment pour des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, la manœuvre des vannes est souvent et essentiellement manuelle.

Des essais annuels de fonctionnement des vannes, avec passage d'eau (lâchure), doivent être effectués à niveau de retenue élevé. Des indications concernant la manière de conduire ces essais figurent dans le chapitre 11 relatif à la surveillance et à l'entretien.

Dans tous les cas, il faut veiller à pouvoir accéder aux commandes installées sur place.

Abaissement de la retenue

Dans le cas des ouvrages d'accumulation de moyenne ou grande hauteur de retenue, une durée d'abaissement n'est pas imposée; toutefois, on veillera, de cas en cas, à fixer une durée raisonnable, notamment en tenant compte du type de l'ouvrage, de la

capacité hydraulique du cours d'eau à l'aval. En ce qui concerne la durée d'abaissement des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, on vérifiera que la vidange de la retenue jusqu'au niveau des organes de vidange est possible entre 1 et 3 jours, compte tenu que le débit entrant est égal au débit moyen annuel.

Les dimensions de la vidange de fond peuvent être telles qu'il soit possible de maintenir la retenue abaissée en cas de travaux ou d'événement extraordinaire. Dans le cas où la retenue devrait être maintenue abaissée pour des travaux ou suite à un événement extraordinaire, il est recommandé de déterminer pour des crues de différentes périodes de retour (10, 20, 50, 100 ans) quel serait le niveau atteint.

Évacuateur de crue

Il faut prévoir des largeurs et des hauteurs de passes suffisantes afin d'éviter son obstruction par des troncs d'arbres ou d'autres débris en cas de crue. Il faut veiller à réserver un tirant d'air suffisant sous une passerelle ou un pont. La passerelle peut aussi être conçue de telle façon qu'elle puisse être emportée en cas de crue exceptionnelle.

6.4.3 Revanche

Le paragraphe 7.2.3 traite de la question des revanches en cas de crue.

Il faut toutefois rappeler que, pour les barrages en remblai, la revanche doit aussi tenir compte de tassements possible en cas de séisme. Elle est déterminée sans tenir compte d'une crue.

6.4.4 Végétation sur les talus des digues

Il faut assurer que les talus et le couronnement des digues restent libres de végétation (arbres, arbustes et buissons denses) afin de

- faciliter l'observation visuelle (mise en évidence de tassement, d'instabilité, de fissures, de venues d'eau);
- éviter d'attirer la faune qui peut creuser des trous et des couloirs¹³;
- éviter par la propagation des racines l'obturation des systèmes de drainage, l'attaque des dispositifs d'étanchéité;
- éviter des dégâts importants aux talus en cas d'arrachement d'arbres.

Aucun arbre, arbuste ou buisson ne devrait être toléré sur le parement amont en contact en permanence avec l'eau.

Les parements amont et aval qui ne sont pas en contact permanent avec l'eau peuvent être recouverts de terre végétale. Une végétation peut être admise pour autant que le choix se porte sur des plantes à racines courtes et disposées de façon clairsemée. Si nécessaire, des mesures doivent être prises pour éviter que les racines ne perturbent les systèmes de drainage et d'étanchéité, ainsi pour ne pas compromettre la stabilité des talus (un surprofil peut être prévu).

¹³ La profondeur des couloirs peut atteindre jusqu'à 3 m.

6.4.5 Mesures spéciales

Certaines mesures à prendre peuvent être essentiellement constructives (par exemple mesure contre le sabotage) et de ce fait n'auront aucune incidence ou effet sur l'ouvrage de retenue et ses ouvrages hydrauliques annexes. Elles n'entrent éventuellement pas dans les calculs de vérification.

Il importe aussi de prendre en considération la réalisation ou la modification de constructions susceptibles de porter atteinte à la sécurité d'un ouvrage d'accumulation (art. 11 al. 1 et 2 OSOA). Des utilisations marginales peuvent éventuellement avoir un effet sur la structure (explosion d'une conduite de gaz située à proximité du barrage); ces charges accidentelles peuvent conduire à devoir procéder à des calculs particuliers de vérification de l'ouvrage de retenue et des ouvrages hydrauliques annexes. Des mesures de protection devront être prises intéressant soit la "construction" incriminée soit l'ouvrage de retenue et des ouvrages hydrauliques annexes.

7 SÉCURITÉ EN CAS DE CRUES

7.1 Notion de crue

7.1.1 Introduction

Une crue est définie par son hydrogramme caractérisé principalement par son débit de base, sa pointe ou ses pointes, son volume, ainsi que par sa durée, sa vitesse de montée, son temps de montée et de décrue.

Il faut ajouter qu'une crue est souvent accompagnée de processus additionnels tels que l'érosion, le charriage, la formation de dépôts ou le transport de bois flottants.

En conséquence, les ouvrages de retenue doivent être conçus pour permettre le passage des crues sous des conditions prévues et avec une marge de sécurité fixée.

De plus, lors d'événements violents (orage, tempête), il faut s'attendre à des phénomènes additionnels, tels que ruptures d'alimentation électrique, impraticabilité des accès.

7.1.2 Crues à considérer pour les ouvrages d'accumulation

L'importance et la probabilité de dépassement des crues prises en compte pour la vérification doivent être choisies de façon à garantir la sécurité des ouvrages de retenue face à la rupture et à ses conséquences. Pour cette raison, les crues considérées correspondent à des événements exceptionnels ou extrêmes.

Événement	Fréquent	Rare	Exceptionnel	Extrême
Période de retour (ans)	30	100	1'000	$n * 1'000$ PMF ("Déluge") ¹⁴

Tableau 7.1: Corrélation entre divers événements et leur période de retour

Les crues considérées pour l'analyse de la sécurité des ouvrages d'accumulation en cas de crues sont définies par les dénominations suivantes :

- Crue de projet
- Crue de sécurité

¹⁴ Probable Maximum Flood (PMF)

7.1.3 Crue de projet

La crue de projet correspond à un événement exceptionnel et doit être évacuée dans des conditions normales d'écoulement, sans provoquer aucun dommage (ni à l'ouvrage de retenue lui-même, ni aux organes de décharge) et avec une marge de sécurité fixée par une revanche de sécurité (revanche ultime)¹⁵.

7.1.4 Crue de sécurité

La crue de sécurité correspond à un événement extrême que l'ouvrage de retenue doit être capable de supporter. Son passage dans la retenue conduit au niveau maximum admis pour le plan d'eau. Certains dommages sont acceptables, mais une rupture totale ou partielle de l'ouvrage n'est pas tolérable.

La crue de sécurité doit être évacuée sans dépassement de la cote de danger. Celle-ci est définie comme le niveau du plan d'eau à partir duquel la sécurité de l'ouvrage de retenue risque d'être compromise en raison de dégâts importants tels que dommages au couronnement, érosion des appuis, affouillement au pied de l'ouvrage, érosion interne et augmentation des sous-pressions.

7.2 Critères de dimensionnement et vérification des organes de décharge

7.2.1 Probabilités de dépassement

Dans le cas des ouvrages d'accumulation de grande ou moyenne hauteur de retenue, la crue de projet est de probabilité de dépassement 1/1000 (crue millénale Q_{1000}). Quant à la crue de sécurité, elle correspond à la PMF (Probable Maximum Flood), qui est déduite de la PMP (Probable Maximum Precipitation) ou elle dépend de la crue millénale (Q_{1000}). La PMF résulte de la plus sévère combinaison physiquement possible de conditions météorologiques et hydrologiques dans une région particulière, pour une saison donnée et une durée déterminée.

La crue de sécurité des ouvrages d'accumulation de grande ou moyenne hauteur de retenue ne doit toutefois pas être inférieure à $1,5 \times Q_{1000}$. Ce dernier critère s'applique par ailleurs en priorité aux bassins versants alpins dont la surface n'excède pas 200 km². Dans le cas des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, la crue de sécurité ne doit pas être inférieure à Q_{1000} .

7.2.2 Evacuation des crues

Condition initiale

Pour la vérification du passage de la crue de projet et de la crue de sécurité, l'hypothèse d'une retenue pleine, c'est-à-dire que le plan d'eau se situe au niveau normal de retenue (voir définition Chapitre 5.2.1 et Tableau 7.2) est admise comme condition initiale.

Evacuation de la crue de projet

On recherche l'hydrogramme qui engendre la situation la plus critique pour l'ouvrage d'accumulation compte tenu des possibilités d'évacuation et de rétention. Si la capacité de rétention est négligeable, seule la pointe de la crue peut être prise en compte.

¹⁵ La figure 7.1 et le chapitre 7.2.3 précisent les définitions des différents types de revanche.

Partant de l'hydrogramme de crue entrant dans la retenue et de la condition initiale définie ci-dessus, les calculs permettent de connaître

- (1) le débit maximum évacué,
- (2) la surélévation maximale du plan d'eau due à l'évacuation de la crue (Figures 7.1 et 7.2),
- (3) la tranche de stockage de la crue (Figures 7.1 et 7.2).

La vérification est faite en admettant, pour tous les barrages en béton et en remblai, que parmi les "n" organes mobiles de décharge, celui dont la capacité est la plus importante est hors service (règle [n - 1]).

Par ailleurs, si l'aménagement comporte une centrale hydroélectrique, le débit de turbinage n'est pas pris en compte lors de la vérification du passage de la crue de projet.

Les débits des apports dérivés (adduction) dans la retenue sont pris en compte lors de la vérification de la crue de projet.

Il est en outre recommandé d'analyser le cas d'une vidange de fond hors service si celle-ci ne correspond pas à l'organe de capacité la plus importante. En outre, si le risque existe, les conséquences d'une obstruction totale ou partielle d'une ou de plusieurs passes (vannées ou non) de l'évacuateur de crue sont aussi examinées.

Le tableau 7.3 résume les conditions de vérification.

Evacuation de la crue de sécurité

Partant de l'hydrogramme de la crue de sécurité, les calculs permettent de vérifier si la cote de danger est dépassée ou non (voir Chapitres 7.1.4 et 7.2.3).

Pour les barrages en béton, la vérification du passage de la crue de sécurité est faite en admettant que tous les organes mobiles de décharge sont en fonction.

Pour les barrages en remblai uniquement, la vérification est faite en admettant que parmi les "n" organes mobiles de décharge, celui dont la capacité est la plus importante est hors service (règle [n - 1]).

Dans ce cas aussi, si l'aménagement (avec un barrage en béton ou en remblai) comporte une centrale hydroélectrique, le débit de turbinage n'est pas pris en compte lors de la vérification du passage de la crue de sécurité.

On peut renoncer à introduire les apports dérivés (adduction) pour la vérification de la crue de sécurité, si l'arrêt de ces apports est garanti.

En outre, si le risque existe, les conséquences d'une obstruction totale ou partielle d'une ou de plusieurs passes (vannées ou non) de l'évacuateur de crue sont aussi examinées.

Le tableau 7.3 résume les conditions de vérification.

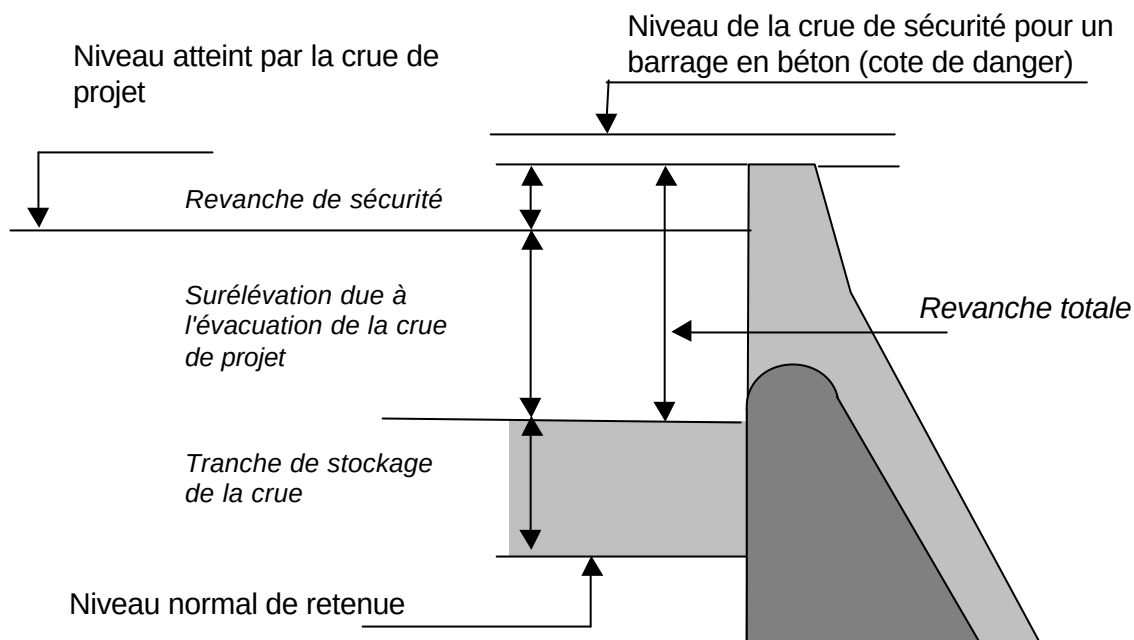
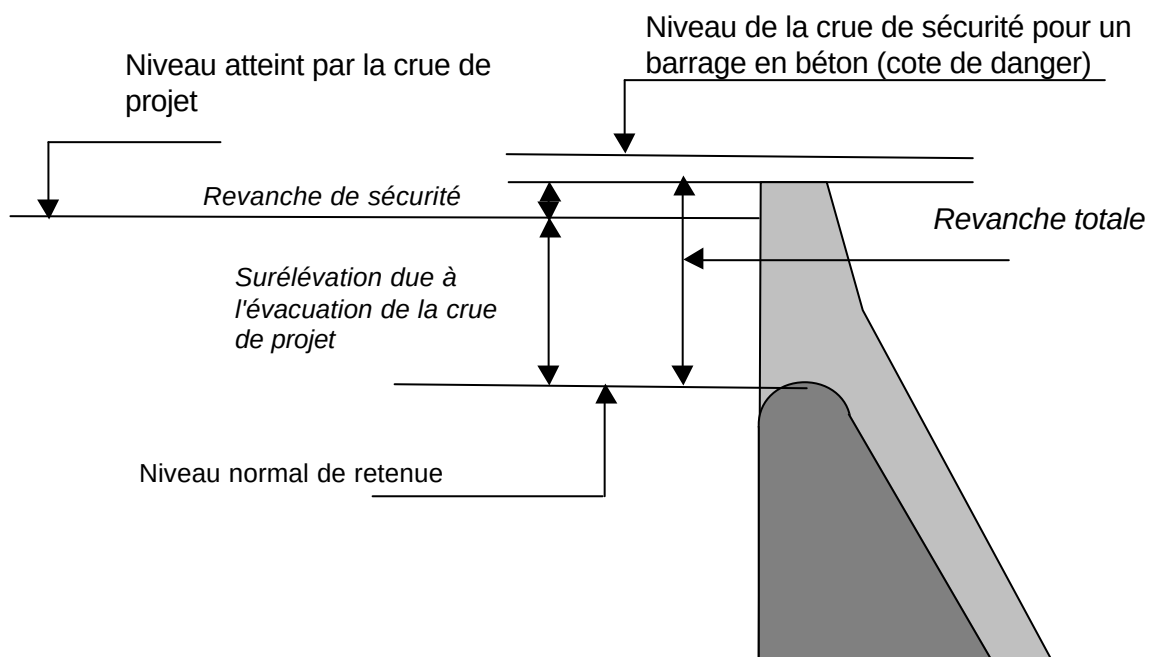


Figure 7.1: Définitions des niveaux et des tranches de retenue intervenant pour la vérification de la sécurité vis-à-vis des crues d'un barrage en béton
Remarques relatives à la figure 7.1: le niveau du couronnement ne correspond pas forcément au niveau atteint par la crue de sécurité

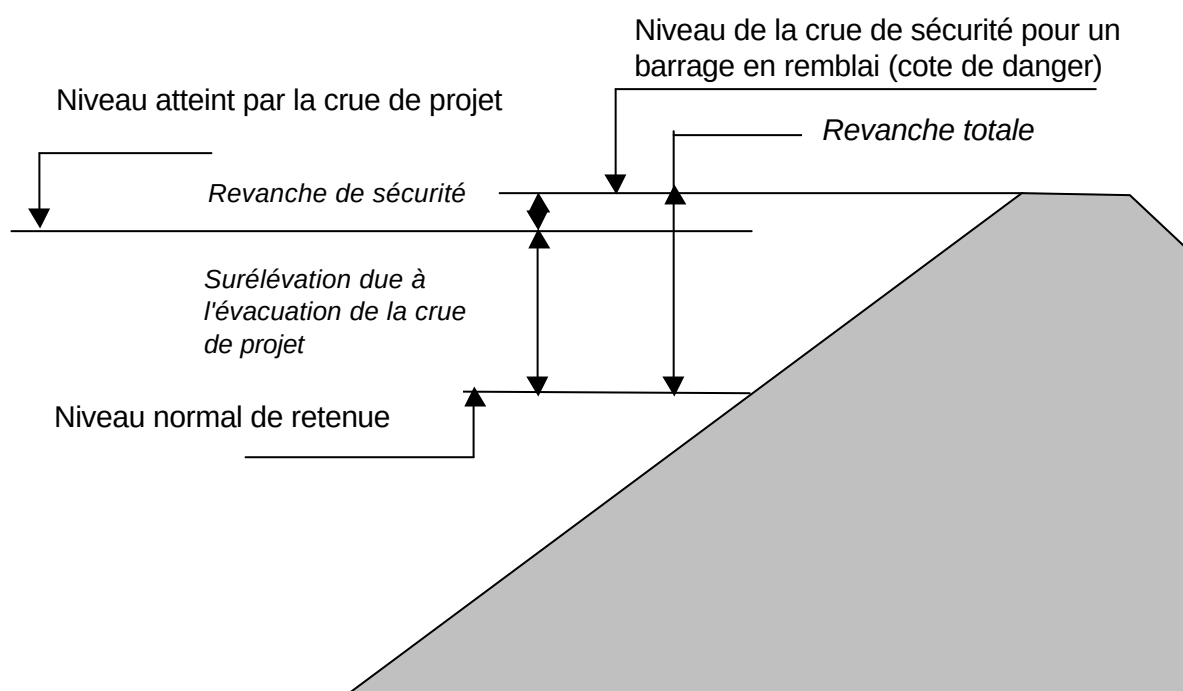


Figure 7.2: Définition des niveaux et des tranches de retenue intervenant pour la vérification de la sécurité vis-à-vis des crues d'un barrage en remblai

Niveau normal de retenue ¹⁶	Pour un réservoir à crête déversante, c'est le niveau du déversoir. Pour un réservoir dont le débit excédentaire est évacué en totalité ou en partie par des vannes mobiles, c'est le niveau maximal mesuré au barrage, auquel le plan d'eau peut monter en exploitation normale sans tenir compte de la surélévation occasionnée par une crue (voir Figure 7.1).
Niveau atteint par la crue de projet	Niveau le plus haut atteint par la crue. Il tient compte de la surélévation de niveau admise en temps de crue au-dessus du niveau normal de retenue (voir Figure 7.2).
Tranche de stockage de la crue (ou tranche de crue)	Partie de la tranche utile réservée à l'écêtement des crues.
Surélévation due à l'évacuation de la crue de projet	Tranche de réservoir située entre le niveau normal de retenue et le niveau maximal. Ce surremplissage ne peut pas être conservé dans le réservoir et se vide par l'évacuateur de crue jusqu'à ce que le niveau normal de retenue soit atteint.
Revanche	Distance verticale entre un niveau du plan d'eau et le couronnement ou la crête du barrage.

Tableau 7.2 : Définitions des différents niveaux et tranches d'une zone de retenue
(tirées du Dictionnaire technique des barrages de la Commission Internationale des Grands Barrages -CIGB)

¹⁶ L'expression "Niveau normal d'exploitation" est aussi utilisée.



CONDITIONS	BARRAGE EN BETON		BARRAGE EN REMBLAI	
	Crue de projet	Crue de sécurité	Crue de projet	Crue de sécurité
Organe mobile de capacité d'écoulement la plus importante hors service (Règle [n - 1]) Pas de turbinage	OUI	NON	OUI	OUI
[n] organes mobiles en service Pas de turbinage	NON	OUI	NON	NON

Tableau 7.3 : Conditions de fonctionnement des organes mobiles de décharge lors de la vérification de la sécurité en cas de crues

[n] correspond au nombre total d'organes mobiles de décharge, y compris vidange

7.2.3 Revanche

La revanche correspond à la distance verticale entre un niveau du plan d'eau et le couronnement ou la crête du barrage. On distingue la revanche totale et la revanche dite ultime (Figures 7.1 et 7.2).

La revanche totale est comprise entre le couronnement et le niveau normal de retenue ou le niveau supérieur de la tranche de stockage de la crue.

Deux conditions doivent être respectées:

- La revanche de sécurité est comprise entre le niveau du couronnement et le niveau maximum du plan d'eau atteint par le passage de la crue de projet. Elle doit permettre (1) d'assurer le passage de la crue de sécurité, (2) d'éviter la submersion due aux vagues¹⁷. Il appartient à l'ingénieur spécialiste de fixer de cas en cas la valeur de la revanche de sécurité. Le tableau 7.4 donne quelques valeurs indicatives de la revanche de sécurité.
- Le niveau atteint par la crue de sécurité ne doit pas dépasser la cote de danger. Celle-ci correspond au niveau pour lequel la sécurité de l'ouvrage commence à être compromise et elle doit être fixée par l'ingénieur spécialiste (voir Chapitre 7.1.4). Dans le cas des barrages en remblai, la cote de danger correspond au niveau du couronnement (cas de barrage en remblai homogène) ou au niveau du sommet du système d'étanchéité.

HAUTEUR DU BARRAGE	H < 10 m	10 m = H > 40 m	H = 40 m
TYPE DE BARRAGE			
Barrage en béton	0.50 m	1.00 m	1.00 m
Barrage en remblai			
homogène	1.00 m	2.00 m	3.0 m
avec noyau	1.00 m	2.00 m	3.0 m
avec revêtement amont	1.00 m	1.50 m	2.5 m

Tableau 7.4 : Valeurs indicatives de revanche de sécurité par rapport au niveau du couronnement

¹⁷ On rappelle que, pour les barrages en remblai, la revanche doit aussi tenir compte de tassements possible en cas de séisme. Elle est déterminée sans tenir compte d'une crue.

7.2.4 Submersion de l'ouvrage de retenue

Dans le cas du passage de la crue de sécurité, un débordement par-dessus la crête peut être toléré pour un barrage en béton existant. L'ingénieur doit toutefois apporter la preuve que les mesures constructives prises empêchent la ruine de l'ouvrage. Il s'agit de vérifier que

- la stabilité est assurée pendant et après le débordement,
- les contraintes de traction et de compression restent admissibles,
- les conditions au pied aval le permettent (par exemple, pas de risque d'affouillement).

En ce qui concerne un barrage en remblai existant, aucun débordement ne doit être toléré. Dans le cas contraire, des mesures adéquates doivent être prises.

Pour tout ouvrage nouveau, la submersion non contrôlée est proscrite.

7.2.5 Cas des ouvrages particuliers

Barrage de protection contre les crues

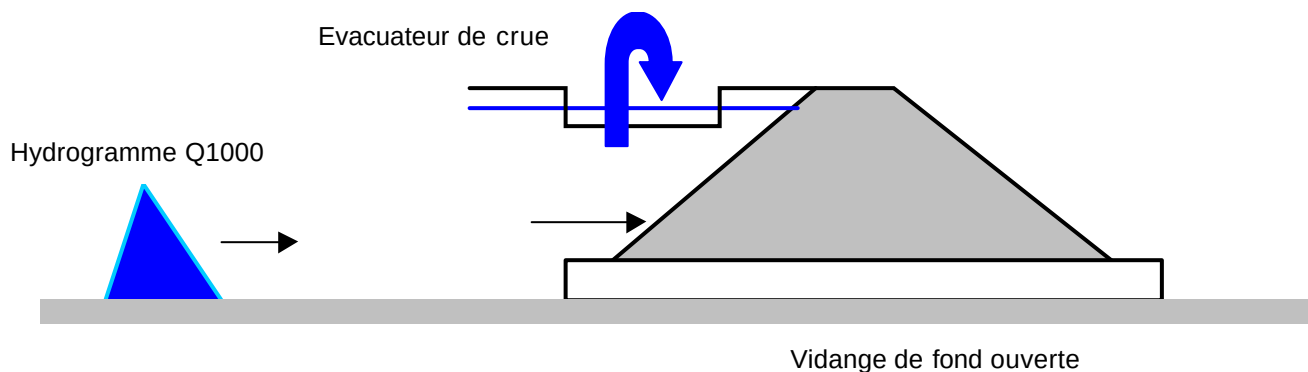
En ce qui concerne les bassins de protection contre les crues, les cas suivants sont considérés (Figure 7.3):

- bassin considéré vide au moment de l'arrivée de la crue de projet en admettant que tous les organes de décharge fonctionnent
ou
si le bassin contient de l'eau en permanence, le niveau du plan d'eau est considéré comme niveau initial;
(Ce cas n'est pas déterminant pour le dimensionnement de l'évacuateur de crue)
- bassin vide au moment de l'arrivée de la crue de projet en admettant que la vidange de fond est obstruée ou hors service;
- obstruction de la vidange de fond au moment de l'arrivée de la crue de sécurité;
- passage de la crue de projet à retenue pleine.

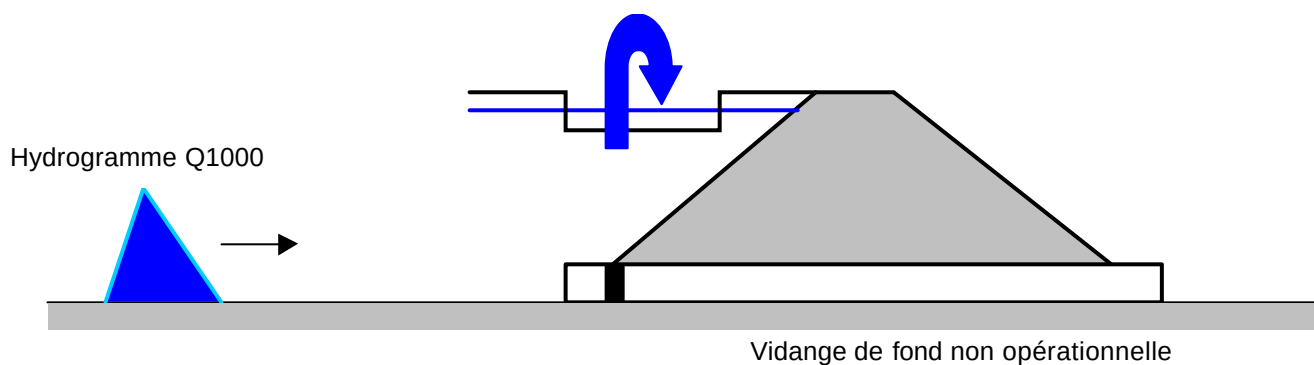
Le premier cas permet de déterminer la revanche de sécurité (Figures 7.1 et 7.2); quant aux autres cas, ils permettent de vérifier que la cote de danger n'est pas dépassée (voir Chapitre 7.2.3).

Dans le cas d'un aménagement à buts multiples où une tranche de stockage de la crue est réservée en vue de la protection aval, le cas exceptionnel de la succession de 2 crues sera étudié, en admettant que la première a totalement rempli le volume réservé.

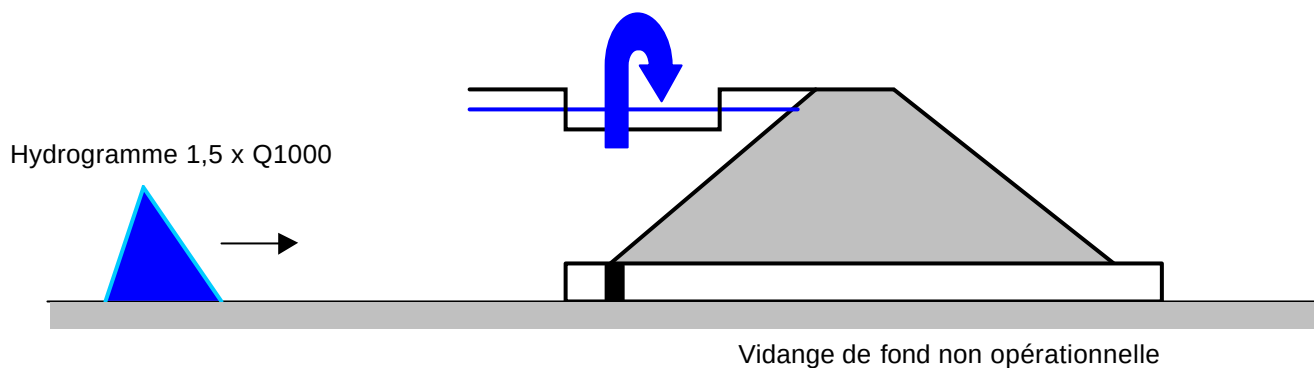
1. Tous les organes de décharge sont opérationnels



2. Obstruction de la vidange au début / au cours de la crue



3. Crue exceptionnelle (obstruction de la vidange au début de la crue)



4. Cas de panne, vidange de fond hors service

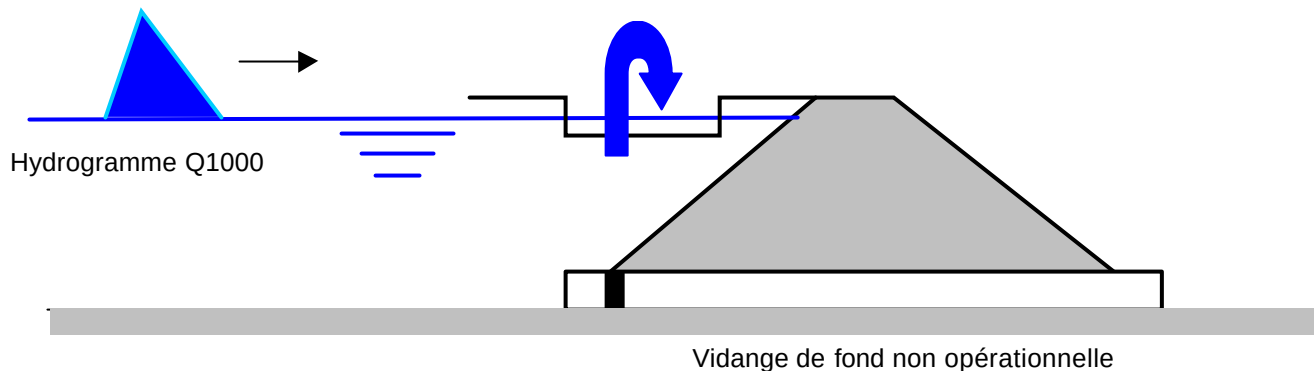


Figure 7.3 : Cas à analyser pour les bassins de protection contre les crues

Barrage de rétention de sédiments ou de laves torrentielles

On considère que le bassin est considéré rempli de matériaux jusqu'au niveau du seuil du déversoir. Dans le cas d'un pertuis muni ou non de barreaux ou de madriers, on prend en compte le niveau supérieur du pertuis (Figure 7.4).

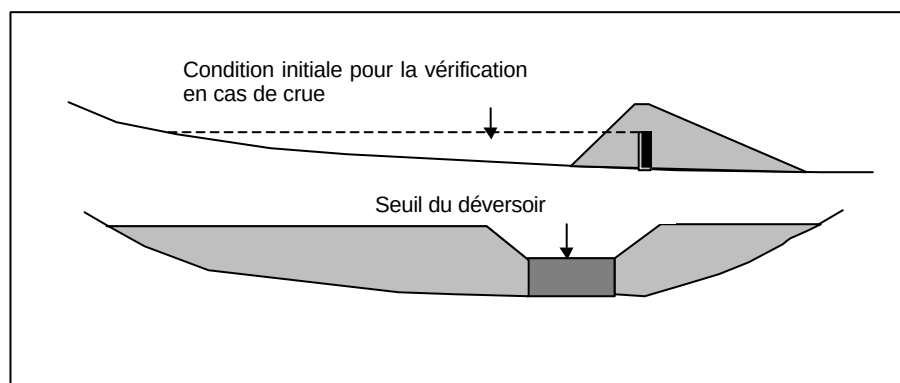


Figure 7.4 : Cas des bassins de rétention de sédiments et de laves torrentielles

Barrages en cascade

Lors de la vérification de la sécurité d'un barrage, la crue de projet ou la crue de sécurité correspond à l'addition de la crue laminée par le réservoir situé juste en amont, augmentée de la crue correspondante de même probabilité estimée sur le bassin versant intermédiaire compris entre les deux ouvrages (Figure 7.5).

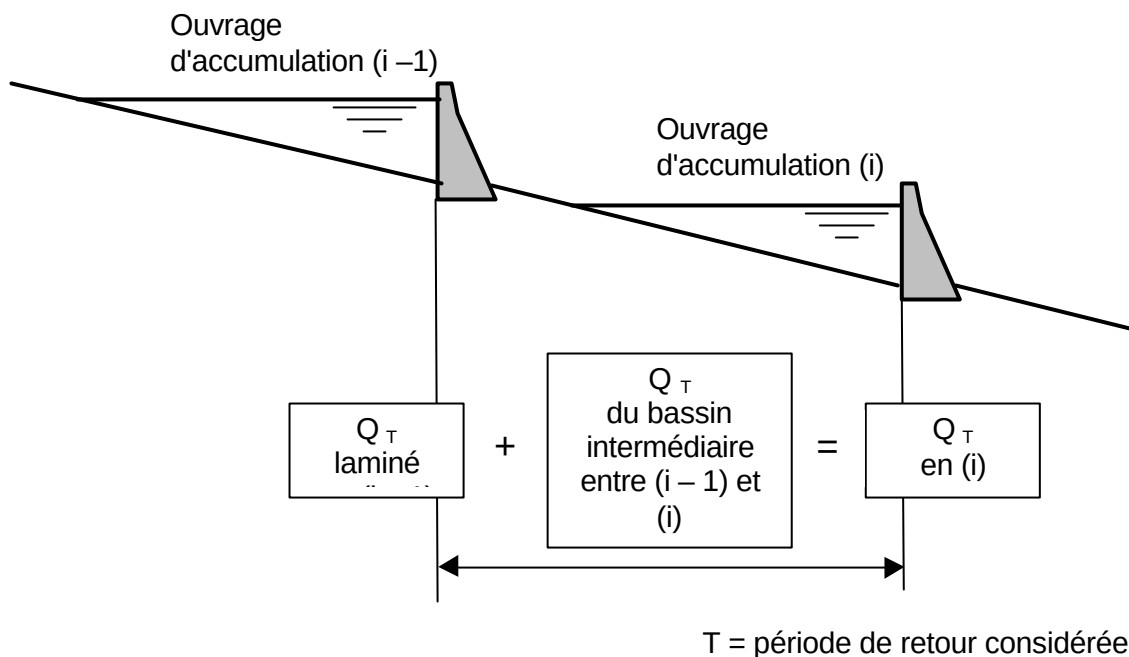


Figure 7.5 : Détermination des crues de projet et de sécurité pour le cas de barrages en cascade

8 SÉCURITÉ EN CAS DE SÉISME

8.1 Bases

8.1.1 Objectif de la vérification

Le but de la vérification de la sécurité d'un ouvrage de retenue en cas de séisme est de démontrer qu'une rupture conduisant à un écoulement incontrôlé de masse d'eau est exclue pour un séisme de vérification spécifique (voir chapitre 8.2). Par contre, des dégâts locaux sans influence sur l'intégrité de l'ouvrage sont tolérables.

Par ailleurs, les conditions de sécurité doivent aussi être remplies pour

- les ouvrages hydrauliques annexes (vidanges de fond, évacuateurs de crue, etc.) y compris leurs organes mobiles de fermeture;
- la zone de retenue (le réservoir et ses rives).

Une vérification de l'aptitude au service n'est pas demandée suite à un séisme de faible intensité. Il est pourtant de l'intérêt de l'exploitant de maintenir son ouvrage en état de marche.

8.1.2 Classes de barrages

Principe

En ce qui concerne la vérification de la sécurité aux séismes, les ouvrages de retenue sont répartis en trois classes qui sont soumises à des exigences différentes. La classification se base sur le critère des dégâts potentiels aux personnes et aux biens en cas de rupture de l'ouvrage de retenue. La vulnérabilité d'un ouvrage de retenue aux sollicitations sismiques n'est pas considérée pour l'établissement des classes.

Critères

La classification se base sur les critères de l'OSOA concernant l'examen de sécurité (art. 14 OSOA) et l'exécution (art. 21 et 22 OSOA). Les différentes classes sont énumérées dans le Tableau 8.1 avec les critères correspondants. Elles sont également représentées graphiquement sur la figure 8.1 en fonction de la hauteur et du volume de la retenue.

CLASSE	DESCRIPTION	CRITÈRES
I	Ouvrages d'accumulation soumis à un examen de la sécurité tous les cinq ans par des experts confirmés	$H \geq 40 \text{ m}$ ou $H \geq 10 \text{ m}$ et $V > 1'000'000 \text{ m}^3$
II	Ouvrages qui n'appartiennent pas à la classe I, mais qui sont placés sous surveillance directe de la Confédération (sont exclus les ouvrages concernés par les dispositions transitoires de l'article 29, alinéa 2 OSOA)	$H \geq 25 \text{ m}$ ou $H > 15 \text{ m}$ et $V \geq 50'000 \text{ m}^3$ ou $H > 10 \text{ m}$ et $V \geq 100'000 \text{ m}^3$ ou $H > 5 \text{ m}$ et $V \geq 500'000 \text{ m}^3$
III	Ouvrages qui n'appartiennent ni à la classe I, ni à la classe II	

Tableau 8.1 : Classes de barrages
 H = hauteur V = volume de la retenue

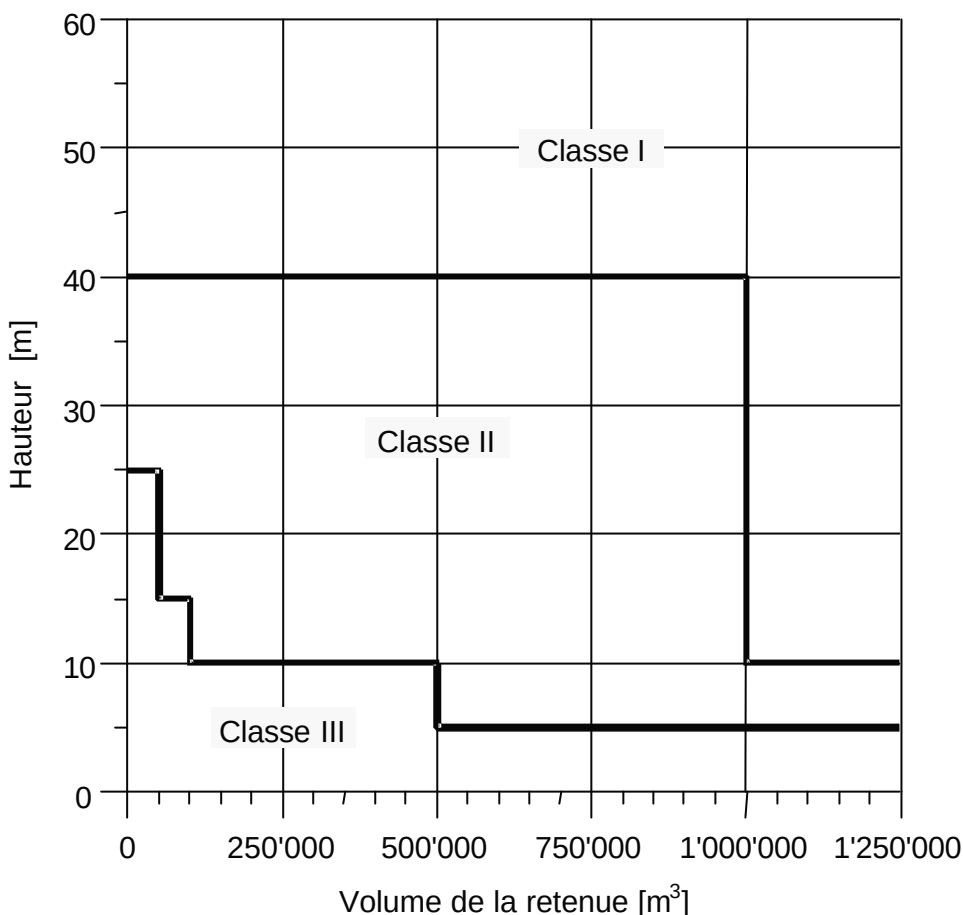


Figure 8.1 : Représentation graphique des classes de barrages

Dans des cas limites, un changement de classe est possible avec l'accord des Autorités.

Particularités

Classe de barrages I

Pour les barrages de la classe I, l'état des connaissances et de la technique est à considérer systématiquement. Les exigences de ce chapitre sont à adapter le cas échéant. En tout cas, les spécifications mentionnées dans le présent chapitre correspondent à des exigences minimales.

Bassins de rétention

Les ouvrages d'accumulation qui ne retiennent qu'occasionnellement de l'eau (bassins de rétention) sont classés dans la catégorie III pour la vérification de leur sécurité aux séismes.

8.1.3 Situations exigeant une vérification

Nécessité de la vérification

Une vérification aux séismes est nécessaire dans les situations suivantes :

- nouvelle construction ;
- transformation d'un ouvrage de retenue, en particulier en cas de surélévation ;
- lors d'un renouvellement de la concession (lorsque la vérification précédente remonte à plus de dix ans) ;

- la vérification existante est à contrôler au moins une fois tous les vingt ans.
- suite à un changement significatif de l'état des connaissances dans les domaines concernés (séismologie, construction des barrages, génie sismologique)

Autres situations exigeant une vérification

La nécessité de procéder à une vérification aux séismes sera examinée dans les situations suivantes :

- en cas d'anomalie de comportement du barrage ;
- en cas de changement soudain dans le comportement du barrage.

Première vérification

Concernant les barrages ne répondant à aucune des situations énumérées ci-dessus, la vérification aux séismes doit être exécutée dans les dix ans après l'entrée en vigueur des présentes directives.

8.1.4 Exigences

Déclaration de conformité

Une déclaration de conformité dûment signée par un professionnel compétent fait partie de la documentation concernant la vérification aux séismes. Avec cette déclaration, il confirme que les présentes directives ont été appliquées dans leur intégralité et que les résultats satisfont aux exigences.

Dans le cas contraire, les manquements doivent être énumérés de façon claire et précise en ajoutant :

- en cas d'utilisation d'un autre procédé, la preuve que ce dernier est au moins équivalent à la méthode proposée par les directives ;
- dans le cas où les résultats mettraient en évidence des lacunes, une indication des mesures correctives envisagées en apportant la preuve de leur efficacité.

En tout les cas, les résultats sont présentés de manière détaillée en énumérant les hypothèses et les conséquences.

Professionnel compétent

La vérification de la sécurité de l'ouvrage d'accumulation aux séismes doit être exécutée par des professionnels expérimentés possédant une formation et des compétences appropriées. Ces dernières impliquent que le spécialiste soit au bénéfice de :

- Concernant les barrages des classes I et II :
une formation technique spécialisée et une expérience reconnues en génie des barrages, en sécurité des ouvrages d'accumulation et en génie parasismique.
- Concernant les barrages de la classe III :
ingénieur civil expérimenté avec des connaissances reconnues dans le domaine des constructions hydrauliques.

8.2 Séisme de vérification

8.2.1 Principes

Séisme de vérification

L'analyse est conduite en introduisant un séisme de vérification normalisé qui est défini ci-dessous. Le séisme de vérification se base sur des considérations probabilistes. Le point de départ est donné par les bases sismologiques habituelles.

Faille active

Un nouvel ouvrage de retenue ne peut être construit sur une faille de surface active connue.

Pour les ouvrages de retenue existants et en présence d'une faille de surface active, des études particulières de la sécurité du barrage et du site doivent être effectuées. Le but est d'assurer un niveau de sécurité similaire à celui défini par les présentes directives. Les vérifications à effectuer ainsi que les dispositions à prendre ne font pas partie des présentes directives.

Danger sismique

Le danger sismique correspond à la probabilité d'occurrence d'un mouvement d'une certaine importance en un endroit donné dû à un séisme. La probabilité d'apparition du séisme de vérification est fixée en fonction de la classe de barrage, séisme pour lequel la sécurité du barrage est vérifiée selon les dispositions qui suivent.

Probabilité

La probabilité de dépassement est donnée pour un intervalle de 100 ans, exprimé sous forme d'un temps de retour. Le Tableau 8.1 donne les valeurs du temps de retour valable pour les différentes classes d'ouvrages de retenue.

Classe d'ouvrages de retenue	Intervalle de temps considéré	Probabilité moyenne de dépassement	Temps de retour moyen
I	100 ans	1 %	10'000 ans
II	100 ans	2 %	5'000 ans
III	100 ans	10 %	1'000 ans

Tableau 8.1 : Temps de retour du séisme de vérification pour les différentes classes d'ouvrages de retenue

8.2.2 Impulsion sismique

Principe

L'impulsion sismique est définie par une accélération de pointe du sol, un spectre de réponse et l'accélérogramme correspondant. Le point de départ est un site rocheux sans effets de site éventuels.

Accélération de pointe

L'accélération horizontale de pointe a_h à prendre en compte pour la vérification et qui correspond au temps de retour de 1'000, 5'000 et 10'000 ans est donnée dans la section 8.3.3. Elle est indépendante de la direction.

L'accélération verticale de pointe a_v peut être calculée à partir de la composante horizontale a_h en la réduisant d'un tiers, soit $a_v = \frac{2}{3} \cdot a_h$.

Spectre de réponse

Le spectre de réponse est la réponse dynamique maximale d'une masse oscillante excitée en son point d'attache par un séisme en fonction de la fréquence propre et de l'amortissement de la masse oscillante. Pour la vérification des ouvrages de retenue fondés sur rocher (classe de fondation A selon le chapitre 8.2.3), les spectres normalisés de réponse d'accélération de la Figure 8.2 sont applicables (la valeur de l'amplification de l'accélération est à multiplier par l'accélération de pointe du sol). Le même spectre de réponse est valable tant dans une direction horizontale que verticale.

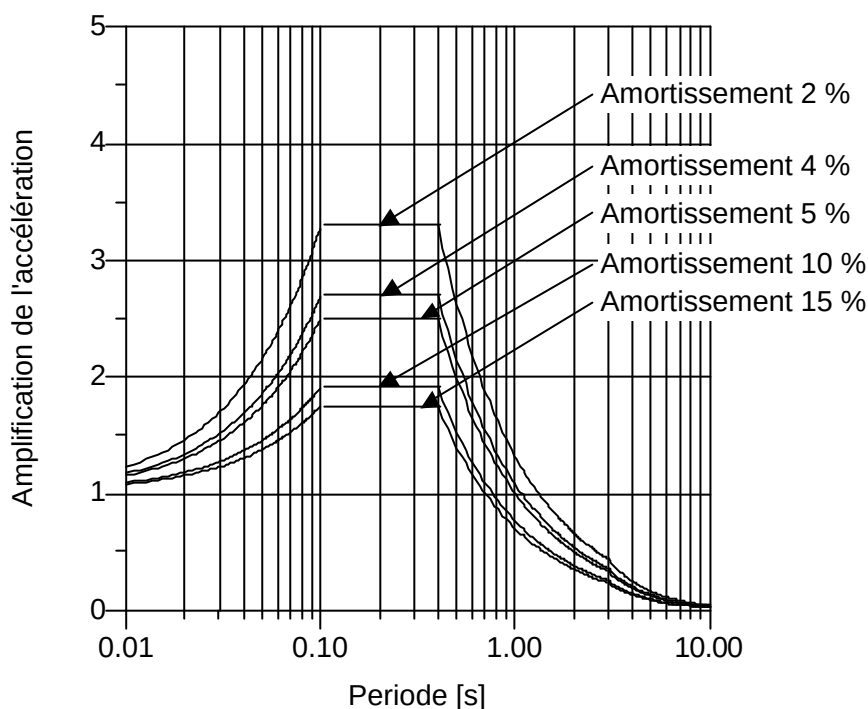
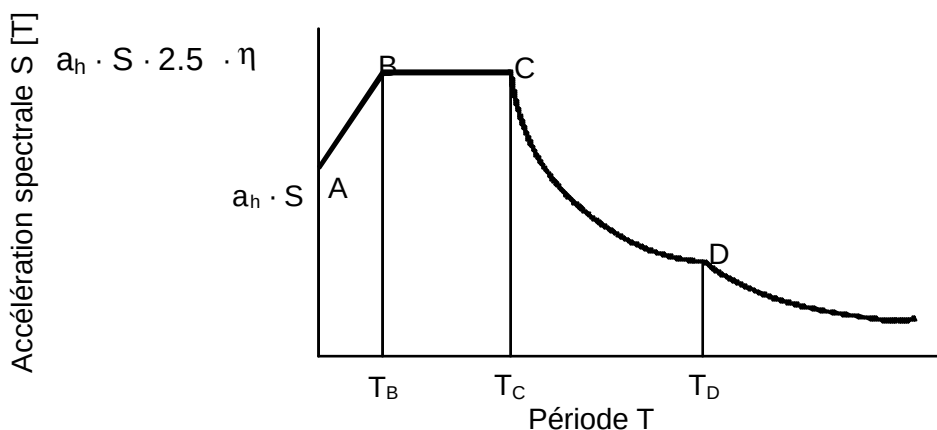


Figure 8.2 : Spectre de réponse pour fondations sur rocher (classe de fondation A)

Les spectres de réponse correspondent à des spectres de réponse élastiques selon l'Eurocode 8, Partie 1.1, paragraphe 4.2.2 [SIA V160.811]¹⁸. Il s'agit de spectres de réponse moyens normalisés qui sont multipliés par l'accélération du sol et qui sont définis comme suit :

¹⁸ Eurocode 8 "Dimensionnement des ouvrages aux séismes", Partie 1-1 "Bases – Sollicitations dues aux séismes et exigences générales aux ouvrages", Norme suisse ENV 1998-1-1, Norme SIA V160.811, Association suisse des ingénieurs et architectes, Zurich.



$$0 \leq T \leq T_B : S(T) = a_h S \left(1 + \frac{T}{T_B} (2.5\eta - 1)\right)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S(T) = a_h S 2.5\eta$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S(T) = a_h S 2.5\eta \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \leq T : S(T) = a_h S 2.5\eta \frac{T_C T_D}{T^2}$$

Classe de fondation	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
A	1.0	0.10	0.40	3.0
B	1.0	0.15	0.60	3.0
C	0.9	0.20	0.80	3.0

$$h = \sqrt{7/(2+z)} \geq 0.7$$

avec : ζ : amortissement visqueux en % de l'amortissement critique

Accélérogramme

Des enregistrements appropriés ou des accélérogrammes générés artificiellement peuvent être utilisés. Les enregistrements qui ne sont pas compatibles avec les spectres imposés doivent être adaptés en conséquence.

Les accélérogrammes générés artificiellement doivent obligatoirement avoir la durée stationnaire suivante ¹⁹:

$$T_s = 10 + \left(\frac{a_h}{g} - 0.1 \right), \text{ mais au minimum } T_s = 10 \text{ s}$$

avec : T_s en secondes

La compatibilité entre le spectre de réponse imposé et le spectre correspondant à l'accélérogramme est supposée satisfaite, si le décalage entre les deux est de 10 % au maximum et si le spectre enregistré n'est jamais inférieur au spectre imposé dans le domaine déterminant de fréquences (autour de la fréquence propre de l'ouvrage). Pour une vérification basée sur un accélérogramme, au moins trois séries d'accélérogrammes stochastiquement indépendants sont nécessaires. La durée

¹⁹ La durée du séisme correspond aux indications données par l'Eurocode 8, partie 1.1, paragraphe 4.3.2.2 [SIA V160.811].

stationnaire ne doit pas varier de plus de ± 5 secondes entre deux séries. Une série se compose de trois composantes stochastiquement indépendantes (deux horizontales et une verticale) ou de deux composantes dans le cas d'une vérification bidimensionnelle.

8.2.3 Conditions de fondation au site

Principes

Les conditions de fondation influent sur l'effet du séisme de par une réduction ou une amplification de l'amplitude de ses composantes harmoniques par rapport à celles d'un site rocheux. L'introduction du spectre de réponse correspondant tient compte de cet effet.

La topographie du site influence la propagation de l'onde sismique et par conséquent la sollicitation locale due au séisme. Ceci est également vrai pour des sites rocheux. Cet effet n'est pas considéré dans la présente vérification aux séismes.

Classes de fondation ²⁰

On distingue trois classes de fondation selon la nature des couches :

Classe de fondation A : Rocher et dépôts rigides de sable, gravier ou argile bien compacté. Célérité d'onde de cisaillement supérieure à 400 m/s

Classe de fondation B : Dépôts profonds de sable ou de gravier de compacité moyenne ou d'argile moyennement rigide. Célérité d'onde de cisaillement entre 200 et 400 m/s.

Classe de fondation C : Dépôts de sols meubles non cohérents avec des couches de matériaux peu cohésives, ainsi que dépôts formés essentiellement de sols cohérents mous à moyennement rigides. Célérité d'onde de cisaillement inférieure à 200 m/s.

Pour les barrages de la classe III, la classification des fondations peut être qualitative. Les fondations sur matériaux meubles sont en général classées dans la catégorie de fondation B.

Pour les barrages de la classe I et II, la classification se base en général sur une expertise géologique.

Spectres de réponse pour les classes de fondation B et C

Les figures 8.3 et 8.4 représentent les spectres de réponse normalisés pour les classes de fondation B et C. Ces spectres de réponse sont valables aussi bien selon une direction horizontale que verticale.

²⁰ La classification des sols se fait selon les indications de l'Eurocode 8, partie 1.1, paragraphe 3.2 [SIA V160.811].

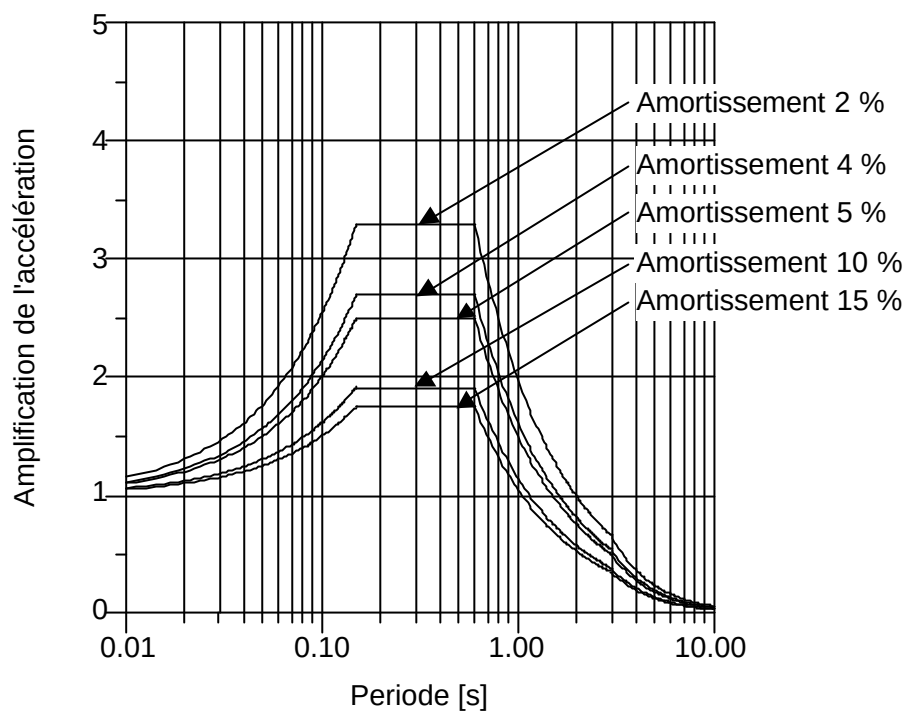


Figure 8.3 : Spectre de réponse pour une fondation moyenne (classe de fondation B)

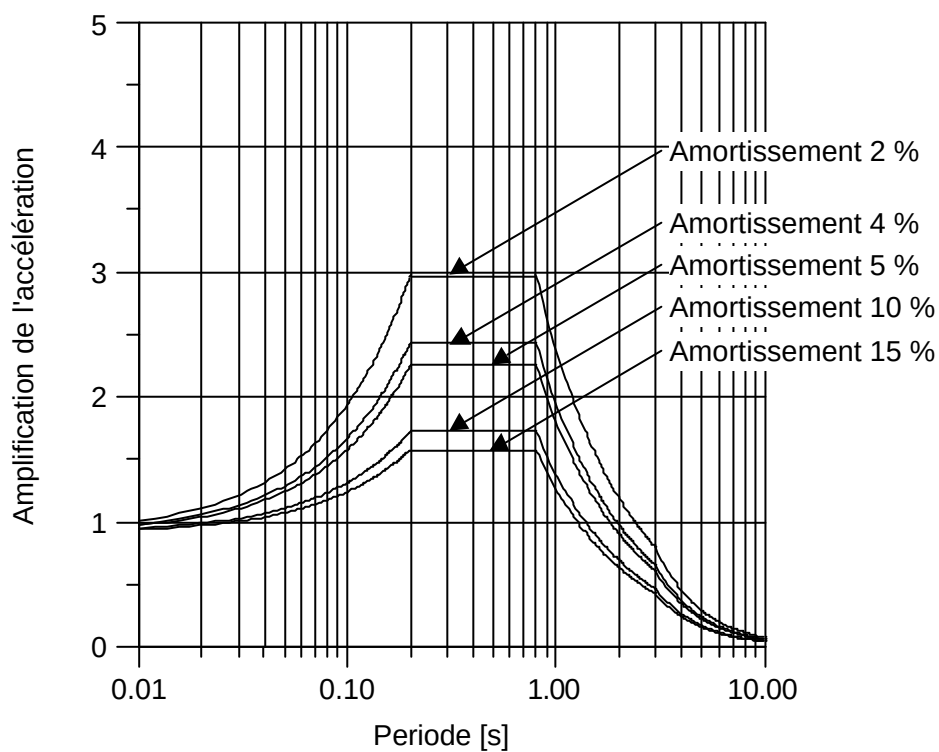


Figure 8.4 : Spectre de réponse pour une fondation molle (classe de fondation C)

8.3 Accélération de pointe

8.3.1 Procédé

L'accélération de pointe entrant dans la vérification aux séismes est obtenue par une transformation des intensités données par les cartes publiées par le Service sismologique suisse selon les formules mentionnées ci-dessous.

L'accélération horizontale de pointe entrant dans la vérification est déterminée comme suit :

- définition de la période de retour déterminante selon le chapitre 8.2.1 "Principes" ;
- définition de l'intensité MSK déterminante I_{MSK} selon la carte d'intensité correspondante selon le chapitre 8.3.2 ;
- transformation de l'intensité en une accélération horizontale de pointe selon la formule et le tableau du chapitre 8.3.3.

8.3.2 Cartes d'intensité

Les cartes d'intensité (Figures 8.5 et 8.6) sont valables pour :

- une période de retour de 1'000 ans (probabilité de dépassement de 10^{-3} par an);
- une période de retour de 10'000 ans (probabilité de dépassement de 10^{-4} par an).

Les valeurs des intensités pour une période de retour de 5'000 ans sont interpolées comme suit :

$$I_{5'000} = 0.3 \cdot I_{1'000} + 0.7 \cdot I_{10'000}$$

8.3.3 Valeurs de l'accélération

Les valeurs de l'accélération sont déterminées sur la base de la transformation suivante [Carte suisse du risque de séismes – Détermination du danger dû aux séismes, 1977] :

$$\log a_h = 0.26 \cdot I_{MSK} + 0.19$$

avec : a_h en cm/s^2

L'application de la formule donne les valeurs données dans le tableau 8.3.

I_{MSK}	a_h [%g]	I_{MSK}	a_h [%g]	I_{MSK}	a_h [%g]
7.0	10	8.0	19	9.0	35
7.1	11	8.1	20	9.1	37
7.2	12	8.2	21	9.2	39
7.3	12	8.3	23	9.3	41
7.4	13	8.4	24	9.4	44
7.5	14	8.5	26	9.5	47
7.6	15	8.6	27	9.6	49
7.7	16	8.7	29	9.7	53
7.8	17	8.8	31	9.8	56
7.9	18	8.9	33	9.9	59

Tableau 8.3 : Conversion des intensités MSK en une accélération horizontale de pointe du sol

Figure 8.5 : Valeurs des intensités pour une probabilité de dépassement de 10^{-3} p. a. selon la carte suisse du risque de séismes – Détermination du danger dû aux séismes, 1977

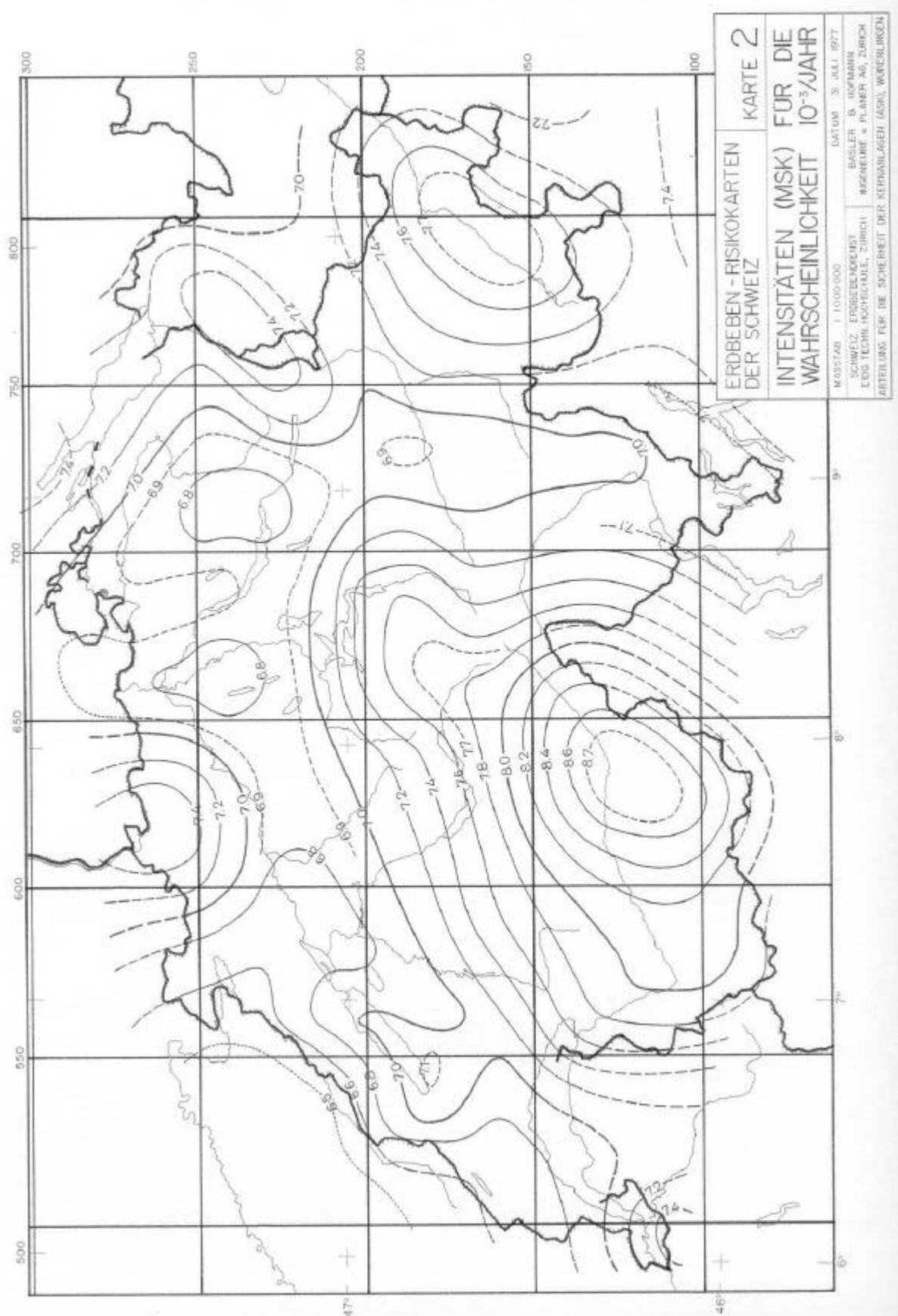
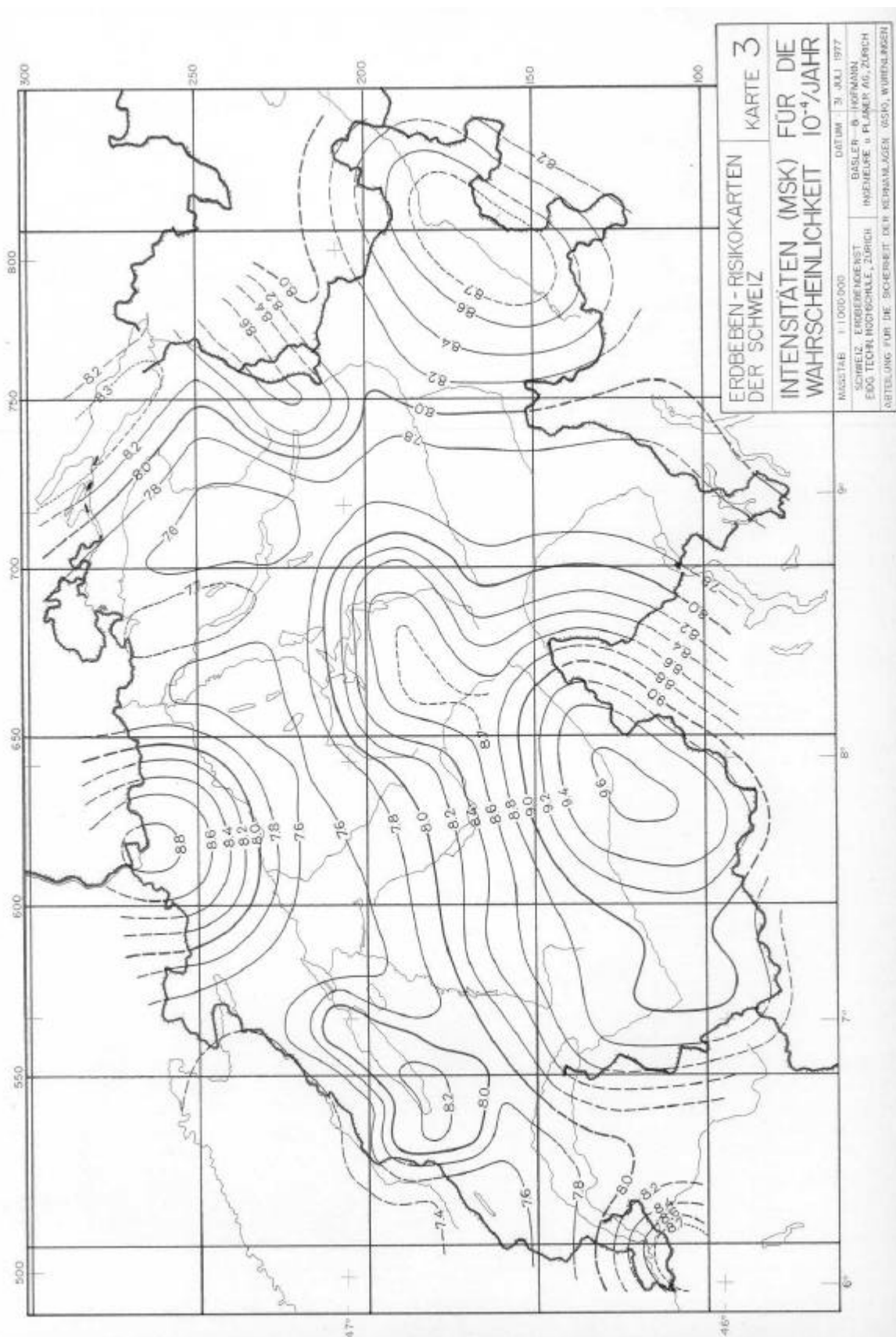


Figure 8.6 : Valeurs des intensités pour une probabilité de dépassement de 10^{-4} p. a. selon la carte suisse du risque de séismes – Détermination du danger dû aux séismes, 1977



8.4 Méthodes de calcul

8.4.1 Cas des barrages en remblai

Le tableau 8.4 résume les exigences posées pour le calcul des différentes classes de barrages en remblai. Le modèle doit représenter le sol de fondation, l'ouvrage de retenue et la zone de retenue. Il doit, en particulier, tenir compte des conditions hydrogéologiques (situation de la nappe, conditions d'écoulements). En général, les calculs comprennent différentes étapes. Les points particuliers sont tout d'abord cernés à l'aide de méthodes simples, puis sont étudiés à l'aide de méthodes de calcul plus sophistiquées.

Classe de barrages	Valeurs caractéristiques des matériaux et modes de d'investigation	Modélisation et méthodes de calcul
III	- Valeurs caractéristiques statiques - Nouvelles constructions : investigations géotechniques statiques - Ouvrages existants : documentation de construction, comparaisons admissibles (littérature, ouvrages similaires)	- Analyse simplifiée de la stabilité durant le séisme (méthode de la force de substitution) avec sollicitation horizontale uniquement - Calcul des déplacements dus au glissement en cas de possibilité de glissement
II	- Valeurs caractéristiques statiques, éventuellement dynamiques - Nouvelles constructions : Valeurs caractéristiques statiques : investigations géotechniques Valeurs caractéristiques dynamiques : comparaisons admissibles, essais dynamiques recommandés - Ouvrages existants : Valeurs caractéristiques statiques : reprises de la documentation de construction complétée par des essais le cas échéant Valeurs caractéristiques dynamiques : comparaisons admissibles	- Analyse simplifiée de la stabilité durant le séisme (méthode du spectre de réponse avec un mode), sollicitations horizontale et verticale - Calcul des déplacements dus au glissement en cas de possibilité de glissement
I	- Valeurs caractéristiques dynamiques et statiques - Nouvelles constructions : essais pour les valeurs caractéristiques statiques et dynamiques - Ouvrages existants : Valeurs caractéristiques statiques et dynamiques : documentation de construction complétée par des essais statiques et dynamiques le cas échéant	- Calculs bi-dimensionnels statique et dynamique par éléments finis - Analyse simplifiée dynamique de la stabilité ; vérification de la stabilité pendant et après le séisme, sollicitations horizontale et verticale - Calcul des déplacements dus au glissement en cas de possibilité de glissement

Tableau 8. 4 : Conditions générales pour les différentes classes de barrages en remblai

8.4.2 Cas des barrages en béton

Les exigences minimales relatives au mode de calcul dépendent de la classe de barrages. Par principe, sont requis :

- des modèles et des approches empiriques peuvent être appliqués pour les barrages de la classe III. Les valeurs caractéristiques des matériaux peuvent être estimées sur la base d'ouvrages similaires et d'exemples tirés de la littérature.
- Les propriétés dynamiques des barrages de la classe II doivent être déduites d'une modélisation spécifique au barrage étudié. Les sollicitations dynamiques du barrage peuvent être déterminées à l'aide de méthodes simplifiées. Les valeurs caractéristiques dynamiques des matériaux doivent être déterminées par des essais statiques spécifiques au barrage étudié ensemble avec des connaissances acquises d'ouvrages similaires et d'exemples présentés dans la littérature.
- Les propriétés dynamiques ainsi que les sollicitations dynamiques d'un barrage de la classe I doivent être évaluées à l'aide d'une modélisation détaillée du barrage et de ses fondations. Les valeurs caractéristiques dynamiques des matériaux doivent être déterminées par des essais statiques spécifiques au barrage étudié complétées par celles tirées de la littérature et obtenues sur des ouvrages similaires.

Les barrages-poids et les barrages à contreforts peuvent en général être modélisés en deux dimensions. La section transversale déterminante doit être définie et son choix justifié. Si les conditions géométriques et/ou constructives d'un barrage poids ou d'un barrage à contreforts sont telles, que son comportement lors d'un séisme est vraisemblablement tri-dimensionnel, le modèle correspondant doit être tri-dimensionnel.

Les barrages-voûtes sont en règle générale calculés à l'aide d'un modèle tri-dimensionnel.

Ces exigences minimales sont résumées dans le tableau 8.5.



Classe	III	II	I
Propriétés dynamiques	Empirique	Modélisation spécifique	Modélisation spécifique
Modélisation	Barrage, bi-dimensionnel : Modèle de barres ou analytique Barrage, tri-dimensionnel : Poutres croisées ou éléments finis Sol de fondation : Rigide Retenue : Masse oscillante (eau incompressible)	Barrage : Poutres croisées ou éléments finis Sol de fondation : Ressorts ou éléments finis (sans masse) Retenue : Masse oscillante (eau incompressible)	Barrage : Eléments finis Sol de fondation : Eléments finis (sans masse) Retenue : Masse oscillante (eau incompressible)
Matériaux	Barrage : Linéaire-élastique avec amortissement visqueux Valeurs caractéristiques déterminées à l'aide de la littérature ou d'ouvrages comparables Surface de contact barrage-fondations : Valeurs caractéristiques déterminées sur la base de rapports ou de la littérature	Barrage : Linéaire-élastique avec amortissement visqueux Valeurs caractéristiques déterminées à l'aide d'essais statiques spécifique au barrage étudié Surface de contact barrage-fondations : Valeurs caractéristiques déterminées sur la base de rapports ou de la littérature	Barrage : Linéaire-élastique avec amortissement visqueux Valeurs caractéristiques déterminées à l'aide d'essais statiques spécifiques au barrage étudié Surface de contact barrage-fondations : Valeurs caractéristiques déterminées sur la base de rapports ou de la littérature
Matériaux	Sol de fondation : Rigide	Sol de fondation : Elastique Valeurs caractéristiques déterminées sur la base de rapports, de la littérature ou de sites comparables	Sol de fondation : Elastique Valeurs caractéristiques spécifiques au site déterminées sur la base de rapports, de la littérature ou de sites comparables
Méthode de résolution numérique	Spectre de réponse (premier mode de déformation) ou pseudo-statique	Spectre de réponse (plusieurs modes de déformation)	Accélérogramme
Vérifications nécessaires	Contraintes Stabilité du barrage Intégrité des fondations Ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité Eventuellement rives	Contraintes Stabilité du barrage Intégrité des fondations Ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité Eventuellement rives	Contraintes Stabilité du barrage Intégrité des fondations Ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité Eventuellement rives

Tableau 8.5 : Conditions générales pour les différentes classes de barrages en béton

8.5 Vérification de la sécurité

8.5.1 Cas des barrages en remblai

Analyse de la stabilité

Il faut vérifier que le séisme de vérification ne provoque aucune rupture partielle ou complète de l'ouvrage conduisant à un écoulement incontrôlé de l'eau. Les dégâts et les déformations locaux sans influence sur l'intégrité de l'ouvrage sont tolérés.

Calcul des déplacements au glissement

Il faut vérifier que les déplacements limites admissibles ne sont pas dépassés dans l'état déformé et que la stabilité de l'ouvrage est suffisante. En particulier, le débordement éventuel de la digue est à éviter en garantissant une revanche suffisante.

Vérification des fondations

En cas de mauvaises conditions de fondation, l'intégrité des fondations suite au séisme est à contrôler le cas échéant.

8.5.2 Cas des barrages en béton

Vérification des contraintes

La vérification des contraintes concerne le rapport entre la résistance du matériau et les efforts internes dues à la combinaison des sollicitations statiques et dynamiques. En cas de dépassement de la résistance dynamique des matériaux par les sollicitations combinées, il faut vérifier qu'une redistribution des contraintes soit possible et qu'aucune instabilité locale n'apparaisse dans l'ouvrage. Pour cette vérification, les approches de la mécanique de rupture peuvent être appliquées à la condition que les valeurs caractéristiques correspondantes spécifiques aux ouvrages soient disponibles. En outre, il est à vérifier qu'aucune érosion pouvant entraîner l'écoulement incontrôlé des eaux de retenue ne puisse se développer dans les zones concernées.

Vérification de la stabilité

La vérification de la stabilité permet de s'assurer qu'aucun glissement entre le barrage et les fondations ou sur une autre surface de glissement n'a lieu, respectivement aucun basculement du barrage pouvant conduire à une instabilité locale ou globale n'apparaît.

Vérification des fondations

En cas de mauvaises conditions de fondation, l'intégrité des fondations suite au séisme est à contrôler le cas échéant.

8.5.3 Autres vérifications

Vérification de la stabilité des rives

En cas de présence de versants ou d'autres zones potentiellement instables sur les rives de la retenue, il est à vérifier qu'aucun glissement de terrain pouvant conduire à une submersion du couronnement de l'ouvrage de retenue ne puisse se produire.

Vérification du fonctionnement des ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité

Le fonctionnement des ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité, en particulier des organes de sécurité tels que les organes de vidange, doit être

assuré après un séisme. Leur fonctionnement doit être maintenu ou pouvoir être immédiatement rétabli.

8.6 Cas de charges

8.6.1 Généralités

Le séisme de vérification est une charge exceptionnelle (voir Chapitre 6.3.1) qui se superpose aux charges statiques usuelles. Cette combinaison de charges constitue un cas extrême (voir Chapitre 6.3.2). Les charges considérées dans ce cas sont résumées, pour les différents types d'ouvrages de retenue, dans les tableaux 6.1, 6.2 et 6.3.

Des points particuliers liés aux hypothèses de calculs figurent dans les paragraphes suivants.

8.6.2 Cas des barrages en remblai

Les cas suivants doivent être analysés:

1. Niveau d'eau maximal d'exploitation :

Le niveau du plan d'eau considéré correspond au niveau normal de retenue (niveau normal d'exploitation). Pour les ouvrages d'accumulation qui stockent de l'eau de manière occasionnel (bassin de rétention de crues), le niveau à prendre en compte est celui du déversoir.

Sont aussi pris en compte

- poids propre ;
- pressions interstitielles et conditions de percolation dans le corps de la digue et ses fondations ;
- charges dynamiques
- surpressions interstitielles suite aux sollicitations sismiques avec niveau d'eau maximal d'exploitation.

2. Retenue vide :

Une vérification est superflue en présence de faibles volumes d'eau dans la retenue, qui n'engendrent aucun écoulement important en cas de rupture.

3. Vidange rapide :

Une vidange rapide conduit dans le corps de la digue à un écoulement des eaux de percolation vers le parement amont. Cet écoulement a un effet négatif sur la stabilité du parement amont de la digue. Une vidange rapide pendant ou juste après un séisme est par conséquent fortement déconseillée. Ceci est à considérer lors de la préparation des consignes d'exploitation.

Sont pris en compte :

- poids propre ;
- pressions interstitielles et conditions de percolation dans le corps de la digue et ses fondations (correspondant au niveau normal de retenue);
- charges dynamiques
- surpressions interstitielles suite aux sollicitations sismiques avec niveau d'eau maximal d'exploitation.

8.6.3 Cas des barrages en béton

L'étude du cas avec retenue pleine est suffisante pour la vérification de la sécurité. Le niveau admis dans la retenue correspond au niveau normal de retenue (niveau normal d'exploitation). Pour les ouvrages d'accumulation qui ne retiennent qu'occasionnellement de l'eau (bassin de rétention de crues), il faut considérer le niveau admis comme niveau normal de retenue. Du côté aval, une force stabilisante due à un niveau d'eau minimale peut être prise en compte uniquement si un abaissement du plan d'eau en dessous de ce niveau peut être exclu à cause des conditions topographiques. Tant du côté amont que du côté aval, la répartition des pressions est admise hydrostatique. La poussée de l'eau agit perpendiculairement au parement du barrage.

Une estimation de la répartition des températures dans le corps du barrage est suffisante. La répartition de la température peut être admise linéaire sur la section transversale.

Les sous-pressions agissant sur la surface de contact entre le barrage et le sol de fondation sont uniquement considérées pour la vérification de la stabilité. La répartition des sous-pressions peut être basée sur les mesures des sous-pressions effectives à retenue pleine ou admise linéaire entre l'amont et l'aval en cas d'absence de mesure. Les sous-pressions agissent perpendiculairement à la surface d'appui du barrage.

Les déformations et les sollicitations évaluées correspondent aux conditions initiales statiques pour la vérification aux séismes.

9 APPROBATION ET EXÉCUTION DES PROJETS

9.1 Généralités

Les projets initiaux, de transformation et de réhabilitation d'ouvrages d'accumulation, de même que ceux concernant leurs ouvrages hydrauliques annexes (en particulier les organes de décharge), doivent être transmis pour approbation à l'autorité de surveillance dans un délai convenable avant le début des travaux (art. 5 al. 1 OSOA). Dans le cas de nouvelle construction, l'autorité de surveillance décide sur la base du dossier présenté si l'ouvrage d'accumulation doit être assujéti à sa surveillance. Le début des travaux est subordonné à l'approbation du projet. Si, en cours d'exécution, des modifications sont apportées au projet approuvé, elles doivent faire l'objet d'une approbation spéciale (art. 5 al. 2 OSOA).

Les cantons règlent les questions d'autorisation de construire. Le cas échéant, cette autorisation de construire fera référence à l'approbation du projet émise par l'autorité de surveillance fédérale (art. 5 al. 3 OSOA).

9.2 Contenu du dossier en vue de l'évaluation pour un assujettissement à l'OSOA

Le Maître d'ouvrage fournira notamment les pièces et les renseignements suivants:

- les plans généraux du projet (plan de situation, coupes, élévations, détails particuliers)
- le plan d'utilisation et le plan de sécurité
- les caractéristiques géométriques de l'ouvrage (hauteur, longueur couronnement, etc.)
- les caractéristiques de la retenue (mode d'exploitation, niveau d'exploitation, volume, courbe hauteur/surface ou hauteur/volume)
- une carte de la zone d'inondation en cas de rupture de l'ouvrage (avec indication du temps d'arrivée, de la vitesse et de la hauteur de l'onde de submersion en des points caractéristiques)

9.3 Contenu du dossier en vue de l'approbation du projet

Le Maître d'ouvrage fournira notamment les pièces suivantes:

- un mémoire descriptif de l'aménagement avec ses caractéristiques principales (entre autres affectations, caractéristiques géométriques des ouvrages; mode d'exploitation et caractéristiques de la retenue)
- les plans généraux du projet (plan de situation, coupes, élévations, détails particuliers)
- les résultats des études préliminaires géologiques et géotechniques du sol de fondation
- les résultats des examens préalables des essais des matériaux (bétons, sols) prévus pour la construction de l'ouvrage d'accumulation
- les résultats des calculs statiques et dynamiques, ainsi que ceux de stabilité
- les résultats des études hydrologiques (crue)
- les calculs hydrauliques relatifs aux organes de décharge (vidange de fond, évacuateur)
- le programme prévisionnel des travaux

9.4 Essais et contrôles avant et en cours de construction

Il est indispensable de procéder à des examens préalables des matériaux prévus pour la construction de l'ouvrage. Il est nécessaire de s'assurer de la disponibilité et de la qualité des matériaux tant pour un barrage en béton que pour un barrage en remblai. Pour les bétons, l'objectif est de qualifier les agrégats, de rechercher la composition granulométrique adéquate, de déterminer les caractéristiques mécaniques par des essais à la compression et à la traction. De plus, des essais (essais de résistance au gel et de perméabilité, essais de comportement à l'alcali-réaction, etc.) doivent permettre de s'assurer de la durabilité des bétons. En ce qui concerne le barrage en remblai, les matériaux doivent être identifiés et qualifiés tant par des essais in situ qu'en laboratoire. Des essais de mise en place suivis par un géotechnicien sont également effectués.

Les essais préliminaires peuvent aussi concerner les travaux d'injection sur la base d'un programme préétabli par un géologue ou un ingénieur spécialisé.

En cas de mise en place d'ancrages, les essais peuvent être effectués selon la description donnée par la Norme SIA V191.

Un programme d'essais de contrôle pendant l'exécution des travaux doit aussi être établi et suivi. Ces essais servent à s'assurer de la qualité de la construction. Ils sont exécutés soit dans un laboratoire de chantier, soit dans un laboratoire extérieur.

L'autorité de surveillance est habilitée à demander avant le début des travaux l'exécution d'essais complémentaires et à approuver le programme des essais pendant les travaux.

Enfin, il faut relever que des essais de contrôle sont aussi réalisés à la fin des travaux.

9.5 Organisation du suivi des travaux

Lors de l'exécution du projet, une surveillance des travaux est mise en place. Selon l'ampleur du chantier, elle peut être permanente (Direction locale des travaux) ou exercée par des contrôles réguliers. Elle doit s'assurer de l'exécution conforme selon le projet approuvé par l'autorité de surveillance.

Il appartient à un géologue ou un géotechnicien d'effectuer le relevé systématique des fouilles et d'établir les relevés des forages.

Pour un barrage en béton, un ingénieur civil assure le contrôle de la qualité et de la mise en place des bétons. Il évalue aussi les résultats des essais.

Pour un barrage en remblai, un géotechnicien est présent en permanence pendant la mise en place des remblais. Il assure aussi le contrôle de l'exécution des essais géotechniques in situ et en laboratoire.

Un géologue ou un ingénieur doit suivre les travaux d'injection.

Les faits marquants pendant les travaux seront relevés et reportés dans le rapport final sur le déroulement des travaux.



9.6 Dossier final après construction

A la fin des travaux, le Maître d'ouvrage fournira un dossier comprenant notamment (art. 6 al. 1 OSOA):

- Les relevés géologiques et les résultats des essais géotechniques
- Les résultats des injections
- Les résultats des essais des bétons
- Les résultats des mesures d'auscultation effectuées
- Les plans conformes à l'exécution les plus importants et un rapport sur le déroulement des travaux

9.7 Réception des travaux

A la fin des travaux, l'autorité de surveillance procède à un recollement des travaux exécutés. Elle établit un procès-verbal de réception attestant la conformité de l'exécution des travaux selon les plans approuvés (art. 6 al. 2 OSOA).

10 EXPLOITATION

10.1 Mise en eau ou mise en service

La première mise en eau (totale ou partielle), la mise en eau en cours de construction, la remise en eau après travaux de réfection, de transformation (par exemple surélévation), etc. ainsi que la mise en service doivent faire l'objet d'une approbation de l'autorité de surveillance (art. 7 al. 1 et 2 OSOA). La mise en service concerne en premier lieu les bassins de rétention pour lesquels il n'est pas toujours possible de procéder à des essais de mise en eau, car certains ne sont pas équipés d'organes mobiles de fermeture.

On ne pourra procéder à l'une des opérations mentionnées ci-dessus que si

- l'état d'avancement des travaux est tel que la sécurité publique n'est pas menacée;
- les organes de décharge (vidange de fond, évacuateur de crue) sont opérationnels et leur fonctionnement a été contrôlé;
- le dispositif d'auscultation est opérationnel.

A l'exception des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, des barrages mobiles et de certains bassins de rétention, la première mise en eau (ou remise en eau) d'une retenue s'effectue au moins en 2 étapes. Le passage d'une étape à l'autre est subordonné à l'accord de l'autorité de surveillance. Le programme de la mise en eau, l'organisation de la surveillance ainsi que les mesures et les observations pour le contrôle du comportement doivent être précisés dans un document. Ce dernier est soumis à l'autorité de surveillance pour approbation.

10.2 Conditions requises pour l'exploitation

L'article 8 alinéa 1 OSOA fixe les conditions d'exploitation. Il indique qu'un ouvrage d'accumulation ne peut être exploité que si

- la sécurité publique n'est de toute évidence pas menacée;
- les organes de décharge et l'évacuateur de crue sont opérationnels;
- les résultats de la première mise en eau permettent une exploitation sans restriction.

Des conditions particulières peuvent être prises pour les bassins de rétention.

L'exploitant doit prendre toutes mesures utiles pour garantir la sécurité de l'ouvrage d'accumulation et son entretien. Il prépare des consignes de service et de surveillance de l'ouvrage d'accumulation pour l'exploitation normale et pour les cas d'événements extraordinaires (art. 9 al. 2 OSOA). Ces consignes devront être approuvées par l'autorité de surveillance (voir Chapitre 11.8.2).

Si la sécurité publique est menacée, l'autorité de surveillance a la possibilité de faire suspendre l'exploitation. Il en est de même si l'exécution de mesures constructives et des travaux d'entretien ou de réhabilitation expressément demandés par l'autorité de surveillance ne sont pas exécutés (art. 10 al. 2 OSOA).

10.3 Conditions particulières liées à l'exploitation

10.3.1 Abaissement préventif de la retenue

Un abaissement préventif (partiel ou total) est une mesure qui peut être ordonnée si un événement extraordinaire ne permet plus de garantir entièrement une exploitation sûre de l'ouvrage d'accumulation et s'il existe une menace pour les personnes et les biens.

On peut aussi être amené à abaisser le plan d'eau de la retenue pour éviter la submersion du couronnement dans le cas où une avalanche, un glissement de terrain, un éboulement de masse rocheuse ou une chute de glace pourraient atteindre la retenue. Il doit être maintenu abaissé tant que le risque perdure. Ces conditions particulières d'exploitation sont signalées dans les consignes d'exploitation et de service.

Si un abaissement (rapide) du plan d'eau peut entraîner un risque d'éboulement ou de glissement de terrain de la partie immergée de la retenue, des consignes particulières doivent être prévues (par exemple limitation de la vitesse d'abaissement du plan d'eau).

10.3.2 Élimination des sédiments

L'entrée d'une vidange de fond doit être dégagée de telle manière que le passage de l'eau par cet organe de décharge soit assuré. Il est nécessaire de garantir au moins un secteur libre de matériaux. Si des sédiments sont susceptibles d'obstruer l'entrée ou de se déposer directement à l'amont des vannes de façon à empêcher le passage de l'eau, des mesures doivent être impérativement prises pour éliminer les dépôts. On pourra recourir à des chasses (purgés) ou le cas échéant à d'autres méthodes. Il est recommandé de répéter de telles opérations aussi souvent que nécessaire, ce qui permet d'éviter les dépôts de grande quantité de sédiments.

L'article 40 de la loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) fixe les modalités relatives au curage et vidange des bassins de retenue. Il est notamment demandé de veiller dans toute la mesure du possible à ne pas porter atteinte à la faune et à la flore lors des opérations. Les autorisations pour ces opérations sont délivrées par les autorités cantonales. L'article 42 de l'ordonnance fédérale du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux) précise les modalités d'exécution.

10.3.3 Élimination des corps flottants

L'article 41 de la loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) fixe les modalités relatives aux débris flottants accumulés près des ouvrages de retenue. Cet article indique que celui qui exploite un ouvrage de retenue a l'interdiction de rejeter à l'aval les débris flottants recueillis à l'amont. Il doit périodiquement les recueillir aux abords des installations. Des exceptions sont possibles avec l'accord des autorités compétentes.



10.4 Conditions de mise hors service

Si un ouvrage d'accumulation doit être mis hors service, il doit être transformé de telle manière qu'aucune rétention durable d'eau, de sédiments ou de boue soit possible et, à l'exception des travaux normaux d'entretien du cours d'eau, aucuns travaux d'entretien de l'ouvrage ne soient nécessaires.

Une solution consiste à créer une brèche ou un orifice dans l'ouvrage de retenue dont les dimensions sont suffisantes pour qu'une crue (par exemple Q_{100}) puisse transiter sans danger.

PARTIE C

11 SURVEILLANCE ET ENTRETIEN

11.1 Généralités

Le chapitre relatif à la surveillance et à l'entretien définit l'organisation, les moyens d'auscultation du barrage, mais également de ses fondations et de ses environs, les différents types de contrôle à effectuer, les programmes des mesures et des contrôles, les documents et rapports à établir. Les points essentiels sont mentionnés dans le présent chapitre.

Il faut aussi relever que les contrôles techniques (art. 13 OSOA) et l'examen de la sécurité (art. 14 OSOA) font aussi partie de la surveillance.

11.1.1 Objectif

L'objectif de la surveillance (Chapitre 3 OSOA) et de l'entretien (art. 9 OSOA) est de s'assurer en toutes circonstances un état et un comportement conformes de l'ouvrage de retenue (barrage) et de ses fondations. La surveillance englobe également l'observation de la zone de retenue et de la partie située directement à l'aval de l'ouvrage de retenue.

La surveillance doit permettre de garantir la détection rapide et précise de tout comportement anormal du barrage et de ses fondations, de tous dégâts particuliers et de conditions exceptionnelles dans les environs. De cette façon, il sera alors possible, en cas de besoin, de prendre à temps toute mesure utile pour parer à un danger éventuel.

L'entretien a pour but premier de prévenir tout défaut de fonctionnement et de réparer les dégâts éventuels. De cette manière, les travaux nécessaires de réfection, de réparation ou de remise en état pourront être entrepris.

Des dérogations justifiées, notamment pour les bassins de rétention dont l'exploitation est particulière, peuvent être accordées par l'autorité de surveillance.

11.1.2 Tâches

La figure 11.1 donne, pour tout type d'ouvrage d'accumulation, le concept global de la surveillance et de l'entretien. Elle montre également les buts poursuivis et les liens entre la surveillance et l'entretien.

Dans le détail, la surveillance d'un ouvrage d'accumulation fait conjointement appel aux tâches suivantes:

- l'exécution de mesures d'auscultation et leur interprétation concernant le comportement du barrage, de ses fondations et de ses environs (les détails figurent au chapitre 11.3),
- les contrôles visuels de l'état de l'ouvrage d'accumulation (ouvrage de retenue, ouvrages annexes, fondations, environs) (les détails figurent au chapitre 11.4),
- les contrôles et les essais de fonctionnement des installations, notamment celles des organes mobiles de fermeture des vidanges de fond et des évacuateurs de crue, de l'alarme-eau (les détails figurent au chapitre 11.5).

Quant à l'entretien, qui englobe aussi les travaux de maintenance courante, les détails figurent au chapitre 11.6.

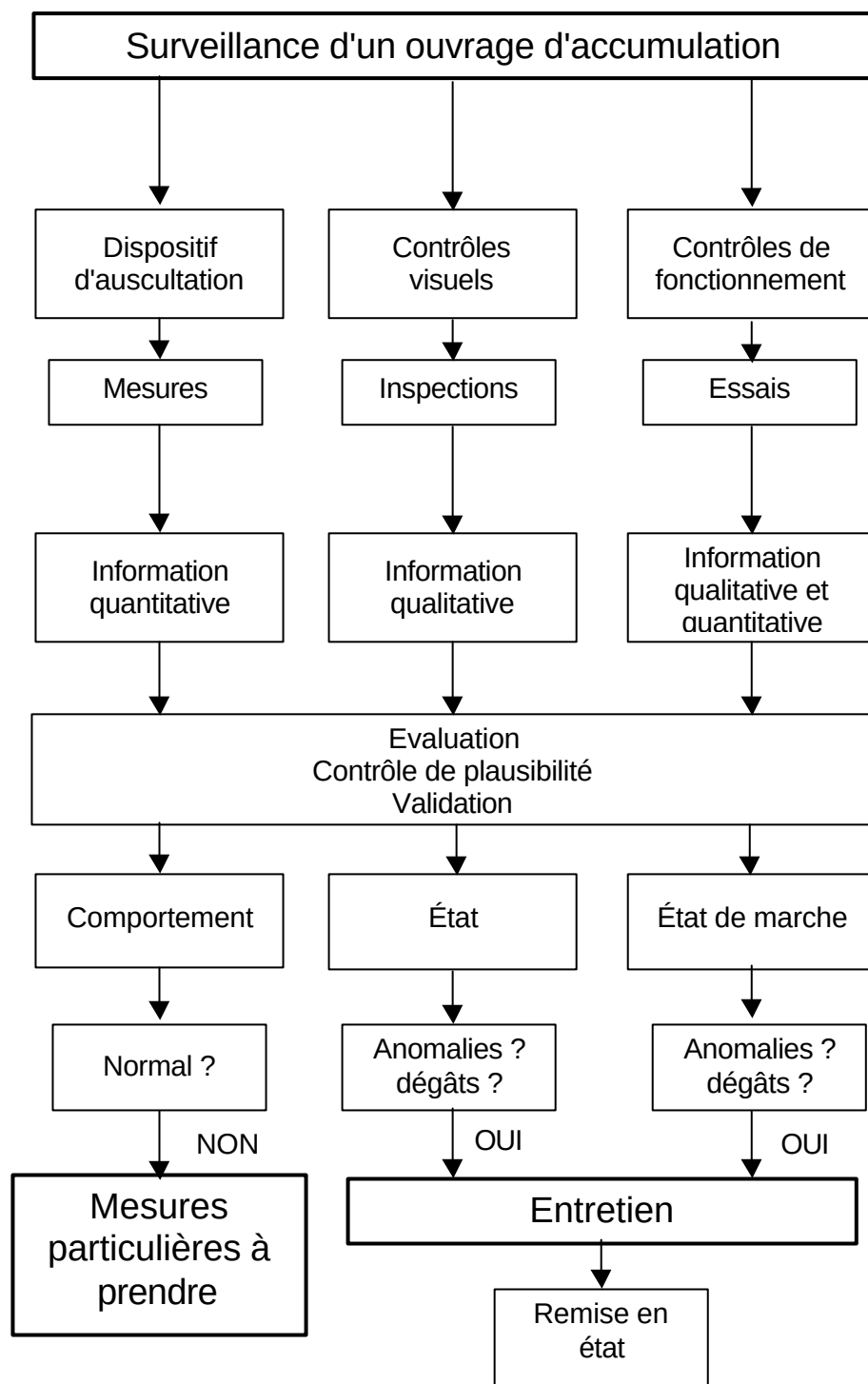


Figure 11.1 : Concept global de l'organisation de la surveillance et de l'entretien

11.2 Organisation générale de la surveillance et de l'entretien

11.2.1 Niveaux de surveillance et tâches afférentes (Articles 12, 13, 14 OSOA)

L'organisation de la surveillance, telle qu'elle est fixée dans l'OSOA, fait appel à 4 niveaux distincts:

- | | |
|----------|--|
| Niveau 1 | <u>L'exploitant</u>
procède entre autres à l'inspection régulière (contrôles visuels), à l'exécution des mesures, aux essais et contrôles des installations, aux travaux d'entretien. |
| Niveau 2 | <u>Un professionnel expérimenté</u> (ingénieur civil expérimenté)
procède à une inspection annuelle, à l'analyse des résultats de mesures, aux contrôles visuels de l'état et de l'entretien, à l'établissement d'un rapport annuel. |
| Niveau 3 | <u>Des experts confirmés</u> (génie civil, géologue)
procèdent à une inspection tous les 5 ans, à l'examen de l'état, à une analyse globale du comportement du barrage, de ses fondations et de ses environs. Ils peuvent aussi être chargés de procéder à un examen particulier de la sécurité. |
| Niveau 4 | <u>L'autorité de surveillance</u>
procède dans le cadre de ses tâches au contrôle de l'organisation de l'exploitant, à la vérification de l'état et de l'entretien des ouvrages ainsi que celle des essais des organes mobiles de fermeture (vannes), à l'examen du comportement de l'ouvrage, à l'analyse des documents techniques (rapports annuels, rapports d'expertise quinquennale et de sécurité). |

Le tableau 11.1 donne la répartition des tâches principales des 3 premiers niveaux (exploitant, professionnel expérimenté et experts confirmés). Quant au paragraphe 11.2.3, il décrit les profils des intervenants pour les différents niveaux de surveillance. Il faut relever que l'article 15 alinéa 1 OSOA demande à l'exploitant de communiquer à l'autorité de surveillance le professionnel expérimenté et les experts qu'il a choisis pour effectuer les contrôles.

11.2.2 Rôle de l'autorité de surveillance

Il appartient à l'autorité de surveillance, qui peut être fédérale (art. 21, al. 2, OSOA) ou cantonale (art. 22, al. 1, OSOA) d'assurer la mise en application des bases légales en vigueur dans le domaine de la sécurité des ouvrages d'accumulation et de veiller à leur bonne exécution.

Pour sa part, la Confédération exerce la tâche d'autorité de haute surveillance. Il est du ressort de l'Office fédéral des eaux et de la géologie d'exécuter les tâches directement confiées à la Confédération (art. 21 al. 2 OSOA).,

Les activités de surveillance des cantons concernent spécialement les ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue.

L'article 14 alinéa 2 OSOA donne en tout temps la possibilité à l'autorité de surveillance, d'une part, de faire procéder à un examen particulier de la sécurité hors du cadre normal de l'expertise quinquennale et, d'autre part, d'ordonner un examen exceptionnel de la sécurité de tout ouvrage non soumis à expertise quinquennale, de moindres dimensions, voire non assujetti à une autorité de surveillance.

Par ailleurs, l'autorité de surveillance peut mandater des spécialistes pour collaborer à l'exécution de ses tâches (art. 25 OSOA).



QUOI	QUI	TACHES
a) mesures d'auscultation (voir chapitre 11.3)	1) exploitant	exécution des mesures (NOTA: les mesures géodésiques sont en général effectuées par un spécialiste) analyse préliminaire des résultats de mesure
	2) professionnel expérimenté	analyse des résultats de mesure rapport annuel relatif au comportement du barrage, de ses fondations et de ses environs
	3) experts confirmés	analyse du comportement du barrage, de ses fondations et de ses environs examen particulier de la sécurité
b) contrôles visuels (voir chapitre 11.4)	1) exploitant	inspection régulière
	2) professionnel expérimenté	inspection annuelle (avec rapport)
	3) experts confirmés	inspection tous les 5 ans (avec rapport)
c) contrôles et essais de fonctionnement des installations (équipements) (voir chapitre 11.5)	1) exploitant	contrôle des organes de décharge avec lâchure (au moins 1 fois par an) et de leur équipement de commande contrôle de l'instrumentation contrôle des moyens de communications (liaisons phoniques) contrôle des installations de l'alarme-eau et essai des sirènes

Tableau 11.1 : Surveillance et entretien, répartition des tâches

11.2.3 Profils des intervenants

Introduction

En confiant des tâches dans le cadre de la surveillance et de l'entretien des ouvrages d'accumulation, l'exploitant doit veiller à assurer la continuité des tâches qu'il confie à son personnel et des mandats effectués par des spécialistes externes. Par ailleurs, il est recommandé de disposer de suppléants qui seront en mesure d'assurer les missions en cas d'absence du titulaire. Il est par ailleurs souhaitable que les professionnels expérimentés et les experts confirmés disposent du soutien logistique d'un bureau d'études.

Premier niveau de surveillance

Le premier niveau de surveillance est assuré par le personnel (gardien de barrage) de l'exploitant. Le rôle de ce celui-ci est primordial, car il est le premier qui soit en mesure, par sa présence fréquente au barrage, de détecter une anomalie.

De formation technique appropriée, le gardien de barrage doit pouvoir travailler de façon indépendante et précise. Il appartient à l'exploitant de former son personnel afin qu'il soit notamment en mesure

- de mettre en place les instruments de mesures, de procéder aux lectures
- d'effectuer une première appréciation des résultats de mesure
- d'effectuer des observations visuelles
- de procéder aux essais de fonctionnement des installations de mesures et d'exploitation (organes de décharge)
- de procéder à l'entretien courant des installations
- d'effectuer des travaux courants de réfection, de réparation ou de remise en état
- d'avertir ses supérieurs (éventuellement le professionnel expérimenté) en cas de constat particulier
- de faire preuve d'initiative et être conscient de ses responsabilités

Deuxième niveau de surveillance

Le second niveau de surveillance est assuré par un professionnel expérimenté. Le professionnel expérimenté peut faire partie du personnel de l'exploitant; à défaut, l'exploitant fait appel à un ingénieur d'un bureau indépendant spécialisé.

Le rôle du professionnel expérimenté est important car il est chargé de l'analyse continue des résultats des mesures et doit tirer la "*sonnette d'alarme*" en cas de nécessité. Il est aussi appelé à effectuer une visite annuelle et à établir un rapport annuel relatif au comportement et à l'état de l'ouvrage d'accumulation (des indications concernant les rapports figurent dans les chapitres 11.8.4 et 11.8.6).

Il doit remplir la plupart des critères suivants:

- ingénieur spécialisé en génie civil
- expérience dans les domaines de la construction des ouvrages hydrauliques (si possible des ouvrages d'accumulation), des calculs géotechniques, hydrauliques, de structures, de mécanique des roches, ainsi que dans le domaine de l'hydrologie
- de 5 à 10 ans de pratique dans les domaines précités
- avoir collaboré à l'étude ou à l'exécution d'ouvrages hydrauliques (si possible d'ouvrages d'accumulation)
- avoir collaboré avec un autre professionnel expérimenté dans le cadre du 2^e niveau

Troisième niveau de surveillance ²¹

Le troisième niveau de surveillance est assuré par des experts confirmés (ingénieur civil, ingénieur-géologue et géologue qualifiés).

Les experts sont appelés à fournir un rapport d'expertise tous les 5 ans concernant le comportement général et l'état de l'ouvrage d'accumulation (des indications concernant le rapport figure dans le chapitre 11.8.8). Les rapports annuels du professionnel expérimenté sont mis à la disposition des experts pour leur permettre de suivre l'évolution du comportement et de l'état de l'ouvrage d'accumulation.

Pour le choix des experts confirmés, les critères suivants sont pris en compte:

- auteur du projet, avoir participé à la conception, à l'exécution du projet
- expérience dans le domaine de la conception et de la construction des ouvrages d'accumulation, ainsi que de leur surveillance
- au moins 10 ans de pratique
- avoir exercé la fonction de professionnel expérimenté (pour l'ingénieur civil)
- indépendance vis-à-vis de l'exploitant

Quatrième niveau de surveillance

Comme mentionné plus haut, l'OFEG assume les tâches qui sont du ressort de la Confédération (art. 21, al. 1, OSOA).

Quant aux cantons, ils ont la possibilité de faire effectuer les tâches de surveillance par leurs propres services ou de mandater des tiers. En tout état de cause, les cantons veilleront à confier les tâches de surveillance à des personnes qualifiées, de formation technique appropriée (niveau ingénieur civil).

11.3 Dispositif d'auscultation des ouvrages d'accumulation

11.3.1 Généralités

Selon l'article 12 alinéa 1 OSOA, l'exploitant est tenu d'exécuter les mesures d'auscultation nécessaires pour juger le comportement de l'ouvrage d'accumulation.

Le dispositif d'auscultation est un système de mesures judicieusement conçu permettant d'évaluer, par le suivi de paramètres représentatifs, le comportement de l'ouvrage de retenue et de ses fondations en regard des charges qui les sollicitent. Il doit aussi être en mesure de livrer des informations relatives aux milieux environnants.

Le dispositif d'auscultation poursuit entre autres les objectifs suivants :

- exécuter des contrôles pendant la construction et le premier remplissage
- exécuter des contrôles pendant l'exploitation
- disposer de renseignements complémentaires en cas d'anomalie de comportement
- compléter et améliorer les connaissances de l'ingénieur (recherches techniques ou scientifiques)

Il est primordial d'apporter un soin particulier au choix des instruments de mesure et à leur mise en place afin de garantir une excellente fiabilité des mesures et une interprétation correcte des résultats.

²¹ Ce niveau de surveillance concerne les ouvrages d'accumulation dont la hauteur de retenue est de 40 m au moins, ou si cette hauteur est au moins de 10 m, dont la capacité dépasse 1 million de m³ (Art. 14 OSOA).

11.3.2 Raison d'être du dispositif d'auscultation

Le dispositif d'auscultation d'un ouvrage d'accumulation est un élément-clé permettant d'assurer une surveillance adéquate de l'ouvrage de retenue et d'en garantir la sécurité. Ce système est incontournable et son étude se fait déjà au stade du projet. Son but est de pouvoir suivre à long terme le comportement de l'ouvrage de retenue, de ses fondations et de ses environs en pouvant garantir, comme il l'a été mentionné plus haut, une détection rapide de tout comportement anormal.

Le dispositif d'auscultation est adapté aux particularités et à l'importance du barrage. Bien que l'ouvrage de retenue et ses fondations constituent un ensemble, le dispositif d'auscultation doit permettre de distinguer clairement le comportement de l'ouvrage de retenue de celui de ses fondations et de ses environs.

En outre, un dispositif d'auscultation n'est pas un système figé. En effet, il est bon d'examiner périodiquement s'il satisfait toujours aux exigences et aux besoins; si nécessaire, il est complété, adapté, voire modernisé.

Le dispositif d'auscultation doit être assez large pour trouver, en cas d'anomalie, les éléments utiles pour la recherche de la cause ou des causes du phénomène observé. Le cas échéant, la mise en place d'une instrumentation complémentaire peut s'avérer nécessaire.

11.3.3 Caractéristiques des instruments de mesure

Le choix des instruments de mesure dépend des paramètres à observer, du mode de construction de l'ouvrage et des possibilités d'installation. La priorité doit être donnée aux instruments répondant aux critères suivants:

- simples dans leur concept et leur exploitation (les mesures sont généralement effectuées par le personnel de l'exploitant)
- robustes
- insensibles aux conditions environnementales: température, humidité, surtensions
- durables (la longévité des appareils doit être assurée surtout pour ceux qui sont directement intégrés dans le corps de l'ouvrage lors de la construction)
- précis et fiables
- lecture facile

et pour autant qu'ils ne soient pas noyés dans le corps de l'ouvrage

- accessibles
- remplaçables fiablement (pour assurer la continuité des mesures)

En prévision de risques de pannes ou défaillances, il est recommandé de prévoir des mesures redondantes pour certains paramètres (par exemple, la mesure des déformations).

Le recours aux mesures automatiques, en des points rigoureusement choisis, ainsi que la télétransmission des résultats sont laissés à l'appréciation de l'exploitant. Il faut souligner que l'automatisation permet une surveillance quasi continue et peut être utile en cas d'accès difficile au site de l'ouvrage d'accumulation, surtout en hiver, ou à un point de mesure particulier. Si cette installation complète le dispositif manuel classique, elle ne le remplace pas pour autant. Il faut être en mesure d'assurer la continuité des mesures dans le cas d'une défaillance de l'automatisation. Enfin, les résultats de mesure automatique doivent être contrôlés si possible (par exemple, les pendules) au moins une fois par mois à l'aide de mesures manuelles (art. 12, al. 1 OSOA). Ce mode de faire permet d'assurer une présence périodique et régulière du personnel à l'ouvrage de retenue, ainsi que de pouvoir procéder à la vérification des installations et d'effectuer des observations visuelles.

Dans le cas d'une mesure automatisée de variables, on prend en compte les points suivants:

- capteurs simples et robustes
- compatibilité électromagnétique
- protection contre les surtensions
- protection contre l'humidité
- plage de température de fonctionnement adéquate

11.3.4 Paramètres à mesurer

Sollicitations extérieures

Un ouvrage de retenue est sollicité par des charges extérieures directes (principalement la poussée hydrostatique) et les conditions environnantes (conditions atmosphériques, en particulier la température ambiante, ainsi que les conditions naturelles des environs).

La poussée hydrostatique étant une charge directe importante, les variations du niveau du plan d'eau doivent être relevées et enregistrées, même si le bassin reste vide la plupart du temps (comme c'est, par exemple, le cas d'un bassin pour la protection contre les crues). La température de l'eau est également un indicateur.

Dans le cas où les dépôts de sédiments à proximité de l'ouvrage de retenue seraient importants (modification des charges), il est nécessaire de procéder périodiquement au relevé de leurs niveaux ²².

Les conditions atmosphériques (température et humidité de l'air, pluviométrie, neige) sont également des données importantes. La température ambiante peut avoir une incidence, en particulier sur les déformations d'un barrage en béton. Il est aussi utile de consigner si les précipitations tombent sous forme de pluie ou de neige. Il faut relever que les précipitations et la fonte des neiges ont parfois une influence directe sur les infiltrations à travers le sous-sol. Dans des cas précis, les conditions sismiques sur le site peuvent être enregistrées.

Le tableau 11.2 indique les principaux instruments de mesure des charges directes et de relevé des conditions extérieures.

Paramètres significatifs pour le suivi du comportement des ouvrages d'accumulation

Le dispositif d'auscultation mis en place doit permettre de mesurer des déformations, des températures, des sous-pressions, des pressions interstitielles, des niveaux piézométriques et des débits. La détermination de certaines caractéristiques chimiques des eaux permet de compléter l'information.

Le tableau 11.3 donne les principaux paramètres qui doivent être relevés pour les barrages en béton et en remblai, ainsi qu'en fondation.

Dans le cas d'un système de mesures permanentes, le tableau 11.4 donne les paramètres qu'il est utile de transmettre à distance. Il n'est pas indispensable de prévoir la saisie automatique de tous les points de mesure. Il est recommandé de se limiter à quelques paramètres bien localisés et caractéristiques. Un système automatique peut être une aide pour des points de mesure difficiles d'accès.

²² Il faut relever qu'outre la diminution marquée du volume utile, ces dépôts peuvent venir obturer les organes de vidange.



PARAMETRES	INSTRUMENTS ET RELEVES
Niveau du plan d'eau	Limnigraphe Echelle limnimétrique Câble avec témoin (sonore ou lumineux) Sonde de niveau Capteur de pression Balance à pression Manomètre
Niveau des sédiments	Bathymétrie
Température de l'eau	Thermomètre
Conditions météorologiques	Thermographe, thermomètre, hygromètre Ensoleillement Pluviomètre enregistreur
Conditions sismiques	Sismomètre, accélérographe

Tableau 11.2 : Instruments de mesure des charges directes et relevés des conditions extérieures

BARRAGE EN BÉTON	BARRAGE EN REMBLAI	FONDACTIONS
Déformations du corps du barrage	Déformations du corps de la digue	Déformations Mouvement des appuis
Mouvements particuliers (fissures, joints)	Mouvements particuliers (liaisons avec une structure béton)	Mouvements particuliers (fissures, diaclases)
Température dans le corps du barrage	Température dans le corps de la digue pour observer les écoulements (éventuel)	Température dans les fondations pour observer les écoulements (éventuel)
Sous-pressions (au contact béton-fondation et dans le rocher)	Pressions interstitielles dans le corps du barrage en remblai et niveau piézométrique	Pressions interstitielles Sous-pressions au contact béton-fondation, dans le massif Niveau piézométrique
Débits de fuites et de drainage, infiltration	Débits de fuites et de drainage	Débits de fuites, de drainage, résurgences
Chimisme des eaux de percolation, de la retenue Turbidité (éventuelle)	Chimisme des eaux de percolation, de la retenue Turbidité	Chimisme des eaux de percolation Turbidité

Tableau 11.3 : Paramètres significatifs et contrôles pour le suivi d'un barrage et de ses fondations

POUR TOUS LES OUVRAGES	POUR LES BARRAGES EN BÉTON	POUR LES BARRAGES EN REMBLAI
Niveau du plan d'eau	Déformations caractéristiques (par exemple, la déformation totale d'une section)	Débits de percolation et de drainage caractéristiques (par exemple, débit total)
Conditions météorologiques (précipitations)	Température du béton	Pressions interstitielles
	Débits de fuite et de drainage en des points particuliers	Turbidité des eaux de percolation

Tableau 11.4 : Paramètres pouvant faire l'objet d'une mesure continue

11.3.5 Programme de mesures

Généralités

Le programme de mesures doit être adapté aux dimensions de l'ouvrage. Il sera aussi fonction du niveau de la retenue (on peut faire une distinction entre retenue abaissée ou pleine), la nature du comportement de l'ouvrage (situation normale ou anormale).

Des mesures ponctuelles doivent aussi être effectuées suite à un événement extraordinaire, comme un séisme, une crue. Par ailleurs, en cas d'anomalie ou de comportement particulier, le rythme des mesures sera plus élevé.

Cas des ouvrages d'accumulation de hauteur de retenue égale ou supérieure à 10 m ($H = 10$ m)

Les fréquences de mesure les plus élevées (hebdomadaire, bimensuelle, mensuelle) concernent les paramètres représentatifs du comportement global de l'ouvrage (par exemple, les déformations mesurées au moyen de pendules, les débits totaux de drainage, les pressions). Il s'agit notamment d'être en mesure de mettre rapidement en évidence une anomalie.

D'autres paramètres complémentaires (par exemple les déformations de joints, les mesures de rotation) sont relevés 1 à 2 fois par an.

Les campagnes des mesures géodésiques complètes, qui sont des mesures particulières, sont effectuées en règle générale tous les 5 ans. Il faut relever que dans le cas des digues, des mesures de nivellement et éventuellement de polygonales, sont exécutées une, voire 2 fois, par an pour suivre l'évolution des déformations.

On sauvegardera au moins une valeur par jour (instantanée ou moyenne) pour les paramètres mesurés automatiquement (niveau du lac, température de l'air, paramètres de comportement, tels que déformations, pressions, débits de percolation).

Cas des ouvrages d'accumulation de hauteur de retenue inférieure à 10 m ($H < 10$ m)

Le programme est dans ce cas adapté aux moyens mis en place, ainsi qu'aux grandeurs et variations possibles des paramètres mesurés.

Si les déformations attendues sont faibles, il est possible de procéder à une mesure annuelle de contrôle pour s'assurer du comportement correct de l'ouvrage.

La mesure des débits des venues d'eau et le relevé des niveaux piézométriques sont des indicateurs du comportement de l'ouvrage dont le mode opératoire est facile et l'interprétation rapide. Il est recommandé d'effectuer au moins une mesure mensuelle, en même temps que les contrôles visuels.



11.3.6 Interprétation des mesures

L'appréciation du comportement d'un barrage s'effectue essentiellement en interprétant les résultats des mesures d'auscultation.

La figure 11.2 illustre le processus général d'analyse du comportement du barrage sur la base des mesures et des données livrées par le dispositif d'auscultation.

L'analyse du comportement des ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue peut se limiter aux opérations figurant dans la moitié supérieure de la figure (détermination de paramètres représentatifs et information relative aux observations visuelles).

Si la saisie des données est en général de la compétence de l'exploitant, les tâches d'interprétation concernent, à divers titres, l'ensemble des intervenants (exploitant, ingénieur expérimenté, experts confirmés et autorité de surveillance). Il est du ressort de l'exploitant de s'assurer de la plausibilité des valeurs obtenues et ensuite de procéder à leur validation. Il appartient au professionnel expérimenté de vérifier la validité des résultats acquis et de les entériner si le comportement est adéquat. Il est notamment fait usage de modèles pour l'analyse des résultats et du comportement de l'ouvrage.

Il s'avère donc nécessaire de définir, lors de la conception d'un système de surveillance, les compétences pour l'interprétation des données, même si une procédure relativement bien établie est généralement suivie telle que celle décrite dans les paragraphes suivants. Cette procédure vise notamment à déceler sans délai toute anomalie de comportement de l'ouvrage, de sorte que l'essentiel de l'interprétation s'effectue peu de temps après l'exécution des mesures.

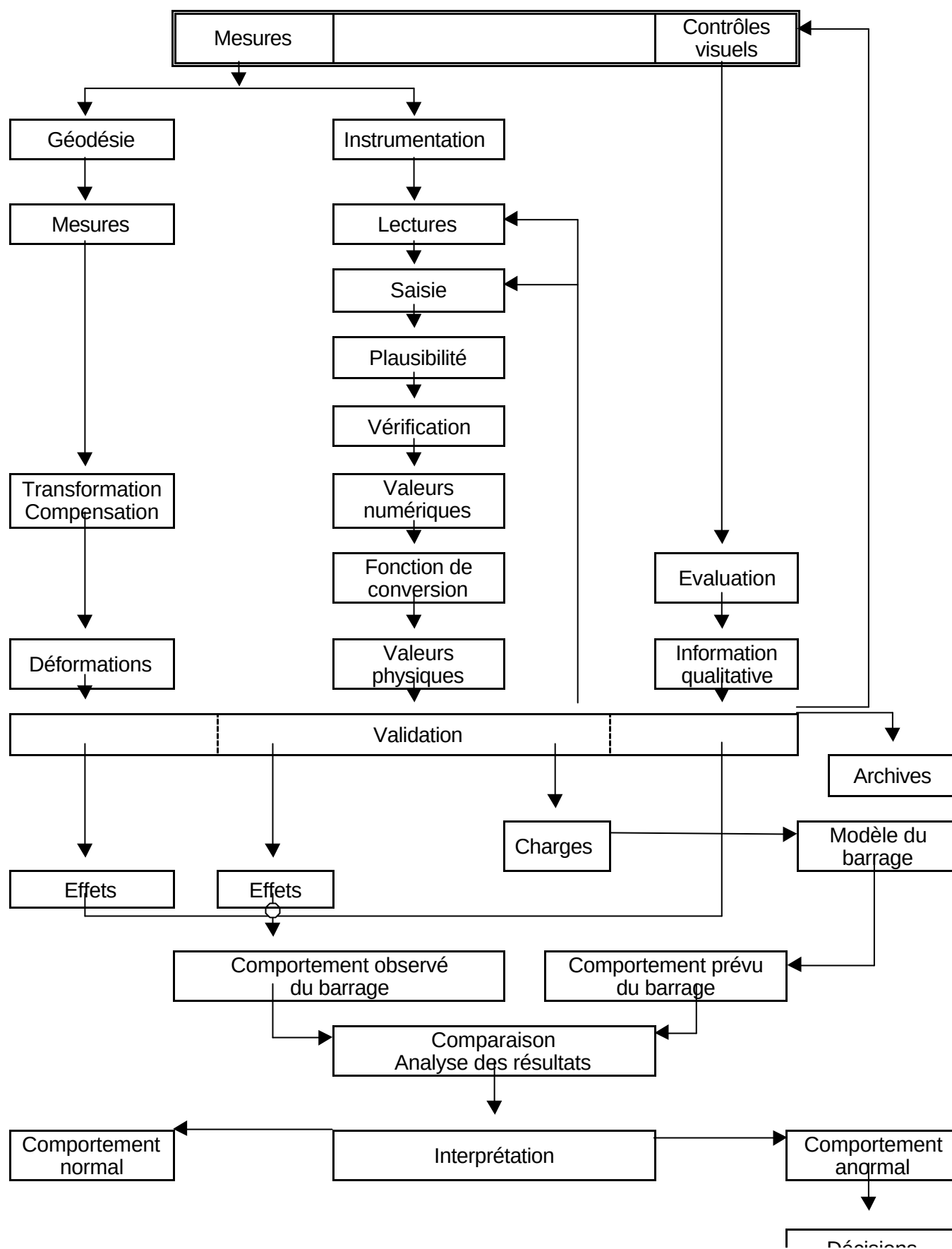


Figure 11.2 : Schéma pour l'interprétation des mesures et observations

11.4 Contrôles visuels

11.4.1 Tâches de l'exploitant

Grâce aux contrôles visuels, une présence sur le site est assurée à intervalles réguliers. Il est reconnu que les deux tiers des événements extraordinaires ont été mis en évidence par des observations visuelles.

Le programme de ces contrôles consiste à s'assurer qu'il n'y a pas de variations importantes en ce qui concerne notamment :

- L'état du barrage
 - ouvrages en béton: état du parement aval et de la partie visible du parement amont, les galeries, apparition de nouvelles fissures ou extension de fissures existantes, éclatement du béton, déplacement relatif de plots, percolations, zones humides, efflorescences et suintements, dépôts de calcite, débits et qualité des eaux de drainage, etc.
 - ouvrages en remblai: tassements locaux, zones de glissement locales, humidité sur le parement aval, végétation sur talus aval, débits et qualité des eaux de drainage, zone de contact avec des structures en béton, détériorations dues aux animaux (blaireaux, taupes, rats musqués, marmottes, etc.), dégâts dus au bétail sur le parement aval des barrages en remblai, etc.
- Les appuis du barrage: zone de contact, partie amont et aval de barrage, zone d'affouillement²³
- Les galeries en rocher: tenue de la roche en place et des revêtements, venues d'eau (suintement, source), qualité des eaux
- L'état des ouvrages hydrauliques: évacuateur de crue, bassin amortisseur, sortie de vidange, état des coursiers, prise d'eau, galerie de purge,
- L'état des équipements électromécaniques (dommages, pertes)
- Les abords immédiats et les rives de la retenue:
 - résurgences
 - nouvelles venues d'eau
 - détournements de ruisseaux
 - chutes de pierres
 - indices d'instabilité de pente (fissures de la couche végétale, bourrelets, glissements)
 - glaciers
 - déplacements de routes, sentiers, clôtures, arbres
 - évolution de la végétation

Les contrôles visuels réguliers sont effectués par le personnel de l'exploitant. Ils auront lieu, selon les ouvrages et les situations, toutes les semaines ou 1 fois par mois au moins. La fréquence des visites peut être adaptée aux conditions d'exploitation (lac plein ou abaissé) et en fonction des saisons. Dans le cas des ouvrages importants, il est possible d'établir un programme partiel de contrôle pour chaque visite. Toutefois, le programme complet de contrôle de l'ouvrage doit être effectué dans un laps de temps de 1 mois.

²³ En ce qui concerne les affouillements, des relevés topographiques seront régulièrement effectués (tous les 3 à 5 ans) afin de s'assurer que la stabilité de l'ouvrage de retenue n'est pas compromise.

Une visite à lac vide donne des informations sur l'état

- des parements
- des ouvrages de fond
- de la sédimentation

Pour organiser la visite, une check-list définit les éléments de base du contrôle visuel. Au cours de la visite, toutes les particularités seront relevées, la prise de photos est un complément utile. Suite à la visite, un rapport est établi, avec indication des défauts et des anomalies constatés, des recommandations à prendre au niveau de l'entretien et de l'exploitation des ouvrages.

Il est recommandé de préparer un formulaire (format A4) avec indication du cheminement de contrôle et des points à contrôler; ce type de document est valable comme rapport de visite de l'exploitant.

11.4.2 Tâches du professionnel expérimenté (ingénieur spécialisé)

Il appartient au professionnel expérimenté (ingénieur spécialisé) de procéder à une inspection annuelle détaillée de l'ouvrage d'accumulation et de ses ouvrages hydrauliques annexes, de ses installations, ainsi que des environs immédiats²⁴. L'exploitant doit communiquer à temps à l'autorité de surveillance la date de la visite d'inspection annuelle (art. 15, al. 2 OSOA). Cette inspection s'effectue en général à lac plein. Il est également recommandé d'inspecter périodiquement l'ouvrage à lac vide ou abaissé. L'ingénieur spécialisé peut être amené à procéder à une inspection particulière de l'ouvrage suite à un événement extraordinaire, par exemple un tremblement de terre ou une crue exceptionnelle.

L'ingénieur spécialisé relève et consigne dans un rapport toutes les particularités relatives à l'état de l'ouvrage d'accumulation et de ses installations. Un rapport rassemblant tous les faits relevés sous forme écrite ou sur des plans (fissures, venues d'eau, dégâts) sert de base et doit être mis à jour tous les 5 ans. Lors des inspections annuelles, l'ingénieur spécialisé consigne les évolutions particulières et les éléments nouveaux. La prise de photos est un excellent moyen pour visualiser l'évolution entre les visites annuelles ou des modifications extérieures (glaciers, versants, éboulements, etc.).

Les résultats des visites sont aussi mentionnés dans le rapport annuel. Sur la base des résultats de la visite, il indique les travaux nécessaires que l'exploitant doit entreprendre dans le cadre de l'entretien des ouvrages et des installations.

L'ingénieur spécialisé doit aussi s'assurer de l'exécution des essais de fonctionnement de diverses installations.

11.4.3 Tâches des experts confirmés

L'expert génie civil s'assure tous les 5 ans que l'état de l'ouvrage d'accumulation et ses environs, de ses ouvrages hydrauliques annexes et de ses installations correspondent aux critères de sécurité. Il consigne dans son rapport d'expertise les résultats de son inspection et donne, si nécessaire, des recommandations quant aux mesures à prendre. Ces dernières doivent être exécutées avec diligence par l'exploitant.

L'expert géologue contrôle les zones de contact des appuis, les parties visibles des fondations, la stabilité des versants, l'évolution du bassin versant. Il consigne dans son rapport d'expertise les résultats de son inspection et donne, si nécessaire, des instructions quant aux parties à surveiller, observer et nettoyer. Le cas échéant, il indique les mesures de protection à prendre.

²⁴ Cette inspection annuelle est indépendante des contrôles réguliers effectués par l'exploitant.

L'exploitant doit communiquer à temps à l'autorité de surveillance la date de la visite d'inspection quinquennale (art. 15 al. 2 OSOA).

11.5 Contrôles et essais de fonctionnement des installations

11.5.1 Introduction

L'exploitant doit vérifier périodiquement le fonctionnement

- des organes de décharge et de leur équipement de commande
- des instruments de mesure
- des moyens de communication (liaisons phoniques)
- des sirènes d'alarme eau

11.5.2 Organes de décharge et leur équipement de commande

Conditions

Selon l'article 12, alinéa 2 OSOA, l'exploitant a l'obligation de contrôler chaque année le bon fonctionnement des organes de décharge équipés de vannes, pour autant que ces dernières n'aient pas été manœuvrées dans le cadre de l'exploitation régulière de l'aménagement. Par ailleurs, il est important que l'essai soit effectué à niveau de retenue élevé et avec passage d'eau (essai avec lâchure) à ouverture partielle.

L'exploitant est tenu d'informer l'autorité de surveillance compétente de la date des essais (art. 15, al. 2 OSOA). Dans le cas des ouvrages exclusivement soumis au contrôle de la Confédération, il avertit également le service cantonal compétent.

Les essais de fonctionnement sont obligatoires et ne font l'objet d'aucune autorisation particulière. Par contre, les opérations de purge et de vidange doivent être approuvées par l'autorité cantonale compétente.

Il faut enfin relever que l'entretien des cours d'eau est du ressort des cantons ou des communes. Certains exploitants recourent à des lâchures afin d'assurer l'écoulement dans le cours d'eau.

Types d'organes mobiles de fermeture (vannes)

Il est question ici des organes mobiles de fermeture directement intégrés ou non aux barrages :

- les organes mobiles de fermeture de surface
- les organes mobiles de fermeture de la vidange de fond (au besoin, ceux de la vidange de fond intermédiaire)

Raison des essais

Il ne faut pas négliger l'importance des essais de fonctionnement. Dans cet ordre d'idée, il peut arriver qu'il ne soit plus possible de manœuvrer les vannes lors de crues exceptionnelles en raison de multiples défaillances du système de manœuvre des vannes, ce qui pourrait conduire à des dommages considérables pour l'ouvrage et les zones situées en aval.

La nécessité de la mise en fonction de ces éléments au cours d'une année peut se présenter de manière fréquente (s'il s'agit d'évacuer des crues), voire être restreinte ou nulle (cas de la vidange de fond). C'est dans ce dernier cas surtout que l'essai prend toute son importance, car le fait de procéder une fois par année au moins à une manœuvre de vannes avec lâchure permet de tester l'ensemble des commandes et de remplacer le cas échéant un élément défaillant. De plus, il permet d'entraîner le personnel aux procédures établies pour ces manœuvres, qui font également partie de la gestion des crues.

Procédure d'essai

Ces essais doivent se dérouler selon un processus comparable à la situation qui peut se présenter lors d'un cas exceptionnel qui conduit à l'obligation de manœuvrer les vannes (abaissement préventif impératif, maintien d'un niveau lors du passage d'une crue selon un programme préalablement établi). C'est la raison essentielle pour laquelle un essai avec lâchure est imposé. Il s'agit principalement de s'assurer que la vanne peut être décollée de son siège sous charge voisine du maximum (ou maximale). En outre, on peut ainsi vérifier les possibilités de réglage de débit. Une légère ouverture de la vanne de service est suffisante (au moins 10 cm, selon point 2 de la figure 11.3), la fermeture peut suivre immédiatement l'ouverture. Le volume écoulé est faible et il n'y a pratiquement aucune répercussion dans le lit de la rivière à l'aval. Une fois cet essai d'ouverture partiel effectué, on peut procéder à son ouverture totale à l'abri de la vanne de garde fermée ou d'un batardeau.

En ce qui concerne les ouvrages d'accumulation équipés d'une vidange de fond et d'une vidange intermédiaire, les essais de la vidange de fond avec lâchure peuvent être effectués à niveau abaissé, mais pas inférieur à celui de la vidange intermédiaire. Quant aux vannes de la vidange intermédiaire, les essais avec lâchure sont effectués à un niveau de retenue élevé.

La procédure d'essai doit figurer dans les consignes de surveillance et d'exploitation. Les points A, B et C concernent plus particulièrement les vidanges de fond.

A) Procédure de l'essai de 2 vannes en série

Cet essai concerne particulièrement les vidanges de fond. Il faut relever que parfois la configuration de l'équipement d'un évacuateur de crue est semblable à celle d'une vidange de fond. Dans ce cas, la même procédure est applicable.

La figure 11.3 présente les opérations successives pour les essais de fonctionnement de 2 vannes en série (vannes de service et de garde). L'essai s'effectue à niveau élevé de retenue.

B) Procédure de l'essai de 3 organes mobiles de fermeture (vannes en série)

La vanne située tout à l'amont peut être considérée comme vanne de garde supplémentaire. Elle est testée en eau morte en effectuant une fermeture totale après avoir effectué l'essai des 2 vannes aval selon la procédure de la figure 11.3.

C) Procédure de l'essai d'un organe mobile de fermeture

Des vidanges de fond ou intermédiaire ne sont munies que d'une seule vanne. Dans ce cas, on procède à une ouverture partielle d'environ 10 cm (passage sous vanne comme point 2 de la figure 11.3), suivie d'une fermeture immédiate.

Il est aussi recommandé d'effectuer une manœuvre totale d'ouverture à lac vide ou à l'abri d'un batardeau.

D) Procédure de l'essai des organes mobiles de fermeture des évacuateurs de crues

Dans le cas où les organes mobiles de fermeture qui équipent les évacuateurs de crue d'ouvrages d'accumulation ne seraient pas manœuvrés au cours d'une année, un essai doit être entrepris. Ce dernier est effectué avec une ouverture partielle d'au moins 10 cm avec écoulement.

Pour autant que les conditions d'écoulement à l'aval le permettent, les vannes peuvent être totalement ouvertes. Dans le cas contraire, on peut envisager une ouverture totale à lac abaissé.

E) Procédure de l'essai des organes mobiles de fermeture des barrages en rivière

Il est fréquent que les organes mobiles de décharge des barrages en rivière seront manœuvrés en période de crue au moins une fois par an. Si tel ne devait pas être le cas, on procède à des essais annuels des organes mobiles concernés. Selon les cas, ces essais se limiteront à une ouverture partielle (voir point 2 de la figure 11.3).

Il est par ailleurs recommandé de procéder des ouvertures complètes selon un protocole d'essais, de chacun des organes de décharge lorsque les conditions d'exploitation le permettent, grands débits, mise hors service de turbines, crues, etc. Il convient toutefois de ne pas créer une crue artificielle dans la rivière.

Essai avec commande à distance

Dans le cas où les vannes pourraient être commandées à distance, un essai avec ce moyen doit être effectué chaque année.

Protocole d'essai

(voir aussi Chapitre 11.8.3)

Tout essai doit faire l'objet d'un protocole dans lequel seront consignés la succession des opérations, les valeurs des ouvertures, les temps d'ouverture et de fermeture, les pressions, les incidents, les indications de modifications des procédures, etc.

Recommandations

Avant de débiter les essais, il est recommandé de procéder à des contrôles préliminaires. Il s'agit entre autres de vérifier l'état des ouvrages d'évacuation des eaux (galerie, coursier), de s'assurer qu'il n'y a pas d'obstacles (neige, dépôts, etc.) ou de présence humaine dans le cours d'eau ou à proximité immédiate.

Des essais de fonctionnement des groupes de secours et des moyens auxiliaires sont aussi à prévoir.

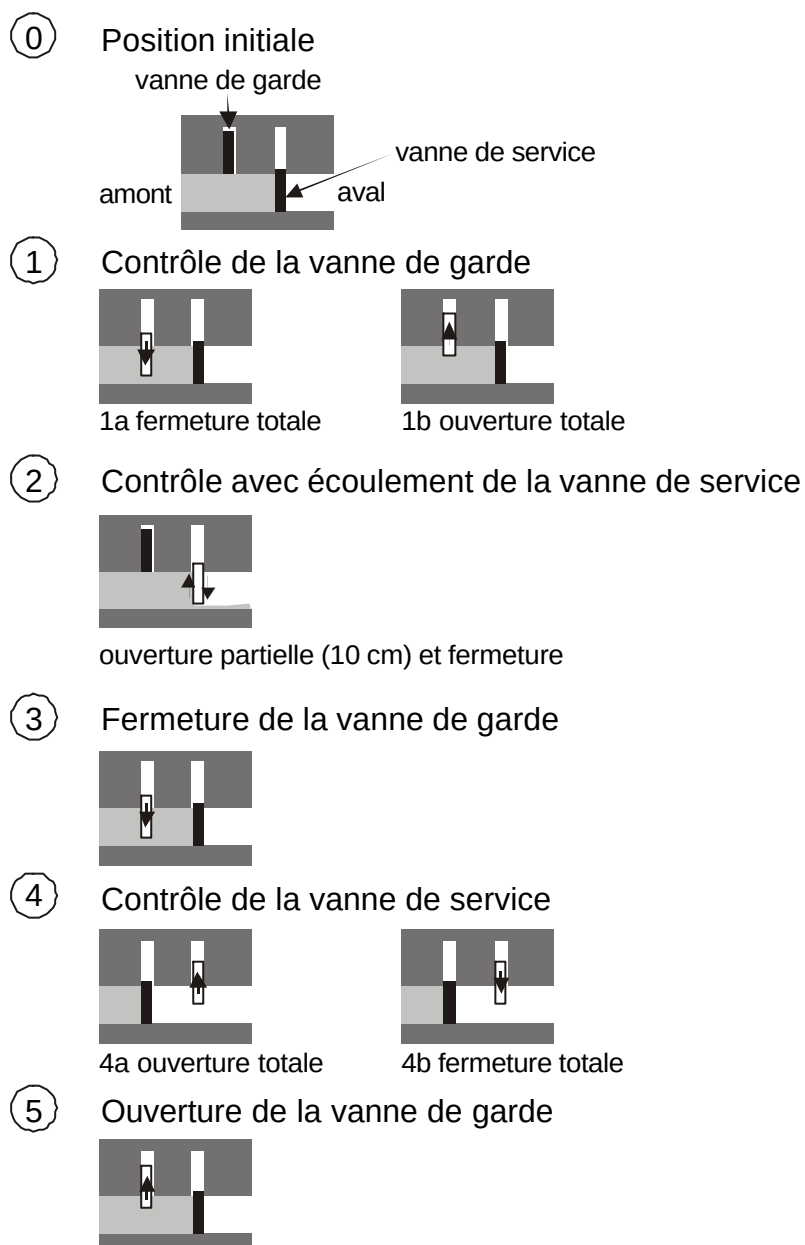


Figure 11.3 : Séquences des essais de fonctionnement de 2 vannes en série
(cas d'une vidange de fond ou d'une vidange intermédiaire en charge)

11.5.3 Instruments de mesure (dispositif d'auscultation)

Il faut avoir la garantie que les instruments et leur support sont en bon état. On procède au contrôle de leur fonctionnement correct et régulièrement à leur calibrage. En ce qui concerne la géodésie, l'état des piliers et des points de repère doit être vérifié. Toute végétation qui occulte des visées doit être éliminée.

11.5.4 Moyens de communication (liaisons phoniques)

Comme les moyens de communication (liaisons téléphoniques) de l'exploitant sont particulièrement important en cas de gestion d'événements extraordinaires (en particulier les crues), ils doivent être testés au minimum 1 fois par an.

11.5.5 Installations alarme-eau

Pour l'entretien et les essais de ces installations, on se référera au dossier bleu Alarme-eau 2000 et à ses directives en la matière.

11.6 Entretien

L'entretien, qui est entièrement du ressort de l'exploitant, permet de conserver toutes les parties de l'ouvrage d'accumulation dans un bon état et d'assurer le fonctionnement en permanence des installations. Certains travaux servent aussi à assurer la sécurité du personnel et des visiteurs. L'importance des travaux à entreprendre dépend également de l'ampleur des dégâts constatés.

L'entretien concerne entre autres les éléments suivants pour lesquels quelques exemples de travaux d'entretien courant sont donnés:

Barrages en béton

- Ragréage de béton de surface
- Nettoyage des rigoles de récolte des eaux, de forages drainants, de drains
- Elimination de dépôts de calcaire
- Elimination de végétation (mousse, plantes, herbes) sur les parements, les joints et le couronnement
- Traitement de fissures, de joints
- Traitement de venues d'eau

Barrages en remblai

- Réfection des dégâts du système d'étanchéité du talus amont
- Nettoyage du système de drainage
- Elimination de la végétation (arbres, arbustes) sur les parements aval et amont
- Fauchage de l'herbe sur le talus aval (au moins 1 fois par an)

Galeries en rocher

- Nettoyage des rigoles de récolte des eaux, de forages drainants, de drains
- Elimination de blocs instables (selon avis du géologue)



Ouvrages hydrauliques annexes (vidange de fond, évacuateur de crue, canal de purge, etc.)

- Ragréage de surface de béton
- Nettoyage des rigoles de récolte des eaux, de forages drainants, de drains
- Elimination de dépôts de calcaire
- Elimination de végétation, de dépôts de rocher ou de matériaux meubles
- Traitement de fissures, de joints
- Evacuation des dépôts (débris rocheux, sédiments, glace, etc.) dans un canal, au fond d'un puits pouvant empêcher un écoulement correct de l'eau

Dispositif d'auscultation

- Calibrage des instruments de mesure
- Maintien de la propreté des installations fixes (élimination de dépôts, application ou renouvellement de la peinture)
- Vérification des fixations
- Elimination des défauts mécaniques
- Vérification des conditions de fonctionnement (par exemple, liberté de mouvements des fils de pendules, dégagement des forages piézométriques, complément huile, graisse, eau)
- Dégagement des lignes de visées géodésiques

Équipements hydromécaniques et électriques

- Elimination des traces de rouille, de corrosion
- Assainissement des protections anticorrosion
- Vérification de la fonctionnalité et des dispositifs de sécurité
- Renouvellement des joints d'étanchéité
- Vérification des conditions de fonctionnement de l'équipement d'alimentation de secours
- Maintien de la liberté de mouvement dans les glissières et rails de guidage
- Vérification des systèmes de lubrification
- Vérification du contenu des réservoirs d'huile, de carburant et remplacement éventuel des produits liquides
- Vérification des témoins de charge, d'ouverture
- Approvisionnement en petits matériels et pièces de rechange

Zone de retenue

- Dégagement (si nécessaire) des sédiments accumulés devant l'entrée des organes de décharge
- Evacuation des bois et débris flottants
- Elimination de blocs instables (selon avis du géologue)

Accès à l'ouvrage d'accumulation et dans l'ouvrage de retenue

- Routes et chemins
- Passerelles
- Portes et barrières
- Ascenseurs
- Téléphériques
- Panneaux de signalisation (danger de crues, circulation et accès interdits, chutes de pierres, etc.)

11.7 Cas de situations exceptionnelles (événements extraordinaires)

11.7.1 Disposition en cas d'urgence

Selon l'article 17 alinéa 1 et 2 OSOA, l'exploitant est tenu de prendre toutes les dispositions pour le cas où l'exploitation sûre de l'ouvrage d'accumulation ne serait plus garantie. Il doit prévenir immédiatement l'autorité de surveillance.

11.7.2 Contrôles exceptionnels

Les contrôles exceptionnels s'effectuent en cas d'événements extraordinaires, par exemple:

- suite à la détection d'un danger pouvant porter atteinte à la sécurité de l'ouvrage
- suite à un tremblement de terre
- pendant et après une crue exceptionnelle

Ces contrôles, qui doivent être adaptés à la situation, comprennent des mesures, des inspections visuelles ou des essais de fonctionnement. Un programme peut être établi en fonction de l'événement.

De surcroît, l'autorité de surveillance est en mesure d'exiger en tout temps l'exécution d'un contrôle exceptionnel.

11.7.3 Surveillance en cas de crue

Selon le niveau de la retenue et les prévisions météorologiques, la présence de personnel sur place est de rigueur. Une surveillance de l'aménagement doit permettre de suivre l'évolution du niveau du plan d'eau (des repères et/ou des échelles limnimétriques, avec marques visibles, seront installés à cet effet pour pallier un défaut éventuel d'une mesure automatique), d'assurer la manœuvre des organes mobiles de fermeture (vannes de surface ou de fond) surtout en cas de rupture de l'alimentation électrique ou de la commande à distance, de détecter des venues d'eau intempestives ainsi que l'amorce de dégâts à l'ouvrage (venues d'eau, phénomènes de renard pour une digue).

Par ailleurs, le personnel assure sur place la liaison entre le barrage et un service de permanence. Selon les circonstances, il est en mesure de transmettre une alerte en cas d'une éventuelle mise en danger de la population située à l'aval. Il faut relever que les liaisons téléphoniques sont souvent coupées lors de conditions atmosphériques particulières et de crues importantes, d'où l'importance de disposer d'un second moyen de communication indépendant.

L'établissement de consignes et d'une stratégie d'urgence doit permettre la gestion d'un événement de crue.

11.7.4 Contrôles suite au séisme

Principes

Le niveau de détail et l'urgence des contrôles suite au séisme dépendent de l'intensité du séisme sur le site du barrage. Les valeurs limites correspondantes sont spécifiques à l'ouvrage d'accumulation.

De plus, les valeurs limites sont différentes si l'intensité du séisme est déterminée par des sismomètres installés au site de l'ouvrage d'accumulation ou si elle est estimée. Dans ce dernier cas, il faut tenir compte des incertitudes en se plaçant du côté de la sécurité.

Niveaux et interventions

On fixe trois niveaux pour lesquels les interventions suivantes sont requises :

- Niveau 1 : Un contrôle immédiat sur place n'est pas nécessaire.
Lors de la prochaine visite, il faut procéder à un contrôle visuel de l'ouvrage d'accumulation. Dans le cas où une mesure automatique avec télétransmission serait installée, les résultats de mesure doivent être analysés immédiatement afin de pouvoir déceler une éventuelle anomalie de comportement. Si les mesures ne sont pas transmises, les résultats doivent être analysés dès qu'ils sont disponibles.
L'autorité de surveillance est informée de la survenance de l'événement et les éventuelles mesures prises sont communiquées.
- Niveau 2 : Un contrôle sur place est effectué dans les 24 heures.
Les indications concernant l'étendue des contrôles sont données plus bas dans le paragraphe « Inspection ».
L'ingénieur expérimenté, l'éventuel expert du barrage et l'autorité de surveillance sont informés immédiatement de la survenance de l'événement et les éventuelles mesures prises sont communiquées.
- Niveau 3 : Contrôle immédiat sur place.
Les indications concernant l'étendue des contrôles sont données plus bas dans le paragraphe « Inspection ».
L'ingénieur expérimenté est averti immédiatement et se rend au barrage afin de coordonner les mesures éventuellement nécessaires.
L'éventuel expert du barrage, l'autorité de surveillance et l'autorité cantonale compétente sont informés de la survenance de l'événement. Les résultats des contrôles effectués et les éventuelles mesures prises sont immédiatement communiquées à l'éventuel expert du barrage et à l'autorité de surveillance.

Valeurs limites

Ouvrages d'accumulation sans instrumentation

Pour les ouvrages d'accumulation qui

- ne sont pas équipés de sismomètres,
- sont munis de moins de trois de sismomètres ou
- sont sans liaison permanente avec la centrale de piquet de l'ouvrage d'accumulation,

les valeurs limites données dans le tableau 11.6 sont applicables. Ces valeurs sont basées sur le mouvement ressenti au site de l'ouvrage de retenue et dans les environs proches selon l'échelle d'intensité de Medvedev, Sponheuer et Karnik (MSK).



Niveau	Intensité MSK sur le site	Description
1	IV	Ressenti en général par les personnes se trouvant dans les maisons, réveille. Les vitres tremblent.
2	V – VI	Ressenti en général par les personnes se trouvant à l'extérieur, éventuellement frayeur. Écaillage du crépi des maisons, éventuellement dégâts aux cheminées, des objets suspendus se balancent, déplacements de cadres.
3	≥ VII	Beaucoup de personnes se réfugient à l'extérieur, frayeur générale allant jusqu'à la panique. Dégâts modérés à importants aux bâtiments.

Tableau 11.6 : Intensité selon Medvedev, Sponheurer et Karnik (MSK)

Si l'autorité de surveillance transmet une estimation de l'intensité du séisme au site de l'ouvrage d'accumulation à l'exploitant, l'intensité déterminante est la valeur la plus grande entre l'intensité estimée par l'autorité et l'intensité ressentie sur le site.

Barrages avec instrumentation

Les valeurs limites indiquées au présent paragraphe sont valables pour les ouvrages de retenue munis d'au moins trois sismomètres qui sont reliés en permanence avec la permanence de l'exploitant.

Les accélérations de pointe mesurées au site du barrage servent de base aux décisions. Les limites sont considérées comme atteintes, si au moins deux appareils indiquent des valeurs supérieures à celles indiquées au tableau 11.6.

Niveau	Accélération de pointe en rocher (appui ou en champ libre)	Accélération de pointe dans ou sur l'ouvrage de retenue
1	> 10 % a_h	> 20 % a_h
2	> 25 % a_h	> 50 % a_h
3	> 50 % a_h	> 100 % a_h

Tableau 11.7 : Valeurs limites pour l'accélération de pointe
 a_h correspond à l'accélération horizontale de pointe déterminée selon la figure 8.3 des présentes directives.

Dispositions transitoires pour les ouvrages d'accumulation équipés de sismomètres

Les valeurs limites indiquées ci-dessus doivent être divisées par deux pour les barrages avec instrumentation pour lesquels aucune vérification de la sécurité aux séismes n'a encore été entreprise.

Exceptions

Si la vérification de la sécurité statique et dynamique d'un ouvrage de retenue est en cours, les valeurs limites sont réduites en accord avec l'autorité.

Dégâts et anomalies de comportement

En cas d'une mise en évidence de dégâts ou d'une anomalie de comportement, l'ingénieur expérimenté est averti immédiatement. L'ingénieur expérimenté se rend tout de suite sur place. L'expert éventuel de l'ouvrage d'accumulation et l'autorité de surveillance en sont immédiatement informés.

Inspections

Étendue des inspections

L'étendue des inspections et des préparatifs pour les différents niveaux est en principe fixée par l'exploitant, soit son ingénieur expérimenté ou les éventuels experts. Ils considèrent les principes suivants.

Contrôle pour le niveau 1

Des dégâts à l'ouvrage de retenue sont peu probables pour le niveau 1 de sollicitation.

Le contrôle a pour objectif de mettre en évidence d'éventuels changements dans le comportement de l'ouvrage de retenue et de ses environs proches par des observations visuelles et des mesures. On procède, d'une part, à des contrôles visuels de l'ouvrage de retenue, de ses fondations et des rives de la retenue et, d'autre part, à l'interprétation des résultats principaux des mesures du comportement (déplacements de sections déterminantes, sous-pressions, débits de percolation).

Contrôle pour le niveau 2

Des dégâts à l'ouvrage susceptibles de menacer la sécurité de l'aménagement sont peu probables mais ne peuvent pas être exclus. En outre, des dommages qui n'influencent pas la stabilité mais qui peuvent par contre entraver des actions rapides en cas d'urgence (par exemple approvisionnement en électricité, accès, installations mécaniques) sont possibles.

L'objectif est tout d'abord de mettre en évidence d'éventuels changements dans le comportement de l'ouvrage de retenue et des environs proches ainsi que des indices montrant un processus d'évolution d'un comportement modifié. On procède, d'une part à des contrôles visuels approfondis de l'ouvrage de retenue, de ses fondations, des rives de la retenue, des ouvrages hydrauliques annexes, des installations et des dispositifs nécessaires en cas d'urgence et, d'autre part, à l'interprétation de tous les résultats de mesures supplémentaires disponibles.

Pour les digues, les contrôles sont à répéter pendant une période plus longue fixée par l'ingénieur expérimenté ou par les experts éventuels du barrage. Cela se justifie en raison de l'augmentation retardée des pressions interstitielles.

Contrôle pour le niveau 3

Des dégâts réduisant la sécurité de l'ouvrage à court terme sont rares pour le niveau de sollicitation 3, mais ne peuvent être exclus. Il faut vérifier soigneusement dans quelle mesure la sécurité à long terme du barrage est affectée.

Un séisme correspondant au niveau 3 est une sollicitation extrême à laquelle un ouvrage de retenue n'a vraisemblablement encore jamais été soumis. Par conséquent, le comportement correspondant de l'ouvrage de retenue est complètement inconnu et un examen soigneux, complet et immédiat s'avère nécessaire.

L'étendue des contrôles est en principe identique à ceux du niveau 2. Tous les résultats de mesures supplémentaires disponibles sont à prendre en compte. Tous les contrôles sont à exécuter immédiatement et doivent être répétés pour tous les ouvrages de retenue selon une fréquence et une période fixée par l'ingénieur expérimenté ou les experts éventuels de l'ouvrage de retenue.

Information

Les résultats des contrôles visuels et des mesures, ainsi que les mesures prises sont communiquées à l'autorité de surveillance. Elles sont à justifier.

11.8 Documents

11.8.1 Dossier de l'ouvrage d'accumulation ²⁵ (art. 16 OSOA)

L'article 16, alinéa 1 OSOA indique que "l'exploitant établit un dossier sur l'ouvrage d'accumulation et le tient à jour. Il le mettra en tout temps à la disposition de l'autorité de surveillance". Le dossier comprend:

- les plans conformes à l'exécution les plus importants ainsi que les données sur l'exécution des travaux;
- les calculs et les rapports sur la statique, l'hydrologie et l'hydraulique;
- les expertises géologiques et géotechniques;
- les rapports annuels d'auscultation;
- les procès-verbaux des contrôles annuels;
- les procès-verbaux des essais avec lâchure;
- les rapports sur les examens de la sécurité;
- les rapports sur les mesures géodésiques de déformation;
- les rapports sur les incidents et les anomalies d'exploitation.

A cette liste s'ajoutent le plan d'utilisation et le plan de sécurité (voir Chapitre 6), ainsi que les consignes de service et de surveillance (voir Chapitre 11.8.2), qui ne sont pas mentionnés à l'article 16, alinéa 1 OSOA.

11.8.2 Consignes de service et de surveillance (art. 9, al. 2 OSOA)

A) Règlement de surveillance

L'organisation et le déroulement de la surveillance d'un ouvrage d'accumulation par l'exploitant seront consignés dans un dossier.

Cet important document contient notamment :

- La description de toutes les tâches du ressort de l'exploitant et désigne le responsable et son (ses) remplaçant(s). [*mettre la fonction et non des noms*]

Ces tâches englobent:

- les contrôles visuels
 - l'exécution des mesures selon un programme fixé
 - l'analyse préliminaire et la transmission des résultats
 - les essais de fonctionnement des installations
 - le comportement en cas d'anomalie et d'événement extraordinaire
 - la mise à jour du dossier du barrage
- Un organigramme ainsi que la liste de tous les intervenants avec indication des moyens pour les contacter (adresses, téléphone, fax, courriel). Cette partie doit être toujours tenue à jour.

²⁵ Il s'agit en l'occurrence du journal du barrage selon la désignation antérieure.

- Un recueil de plans généraux réduits lisibles (situation, élévation, coupes, plan du dispositif d'auscultation, etc.)

B) Règlement de manœuvre des vannes

Pour les ouvrages d'accumulation pour lesquels des organes mobiles doivent être utilisés lors du passage de crues, des consignes pour leur manœuvre sont nécessaires (Règlement de manœuvre des vannes). En général, ces consignes ont pour objets:

- de fixer le moment de mise en action de ces organes mobiles,
- de ne pas engendrer à l'aval de pointes de crue plus élevées que celles qui concernent la retenue,
- ne pas effectuer de modifications de débit trop rapides et
- d'utiliser de manière optimale le volume de rétention également en cas de conditions extrêmes de crue.

Le règlement de manœuvre des vannes doit contenir les instructions pour le personnel se trouvant sur place afin d'assurer l'exécution correcte des manœuvres des organes mobiles en cas de crue. Les points principaux sont les suivants:

- définition de l'instant de l'envoi du personnel au site du barrage (situation météorologique, niveau du plan d'eau)
- définition de la position des vannes sur la base du niveau du plan d'eau (par exemple, ouverture par paliers en raison de la montée du plan d'eau ou fermeture par paliers en cas de baisse du niveau du plan d'eau).

Si les vannes sont commandées automatiquement, il faut prévoir dans le règlement la manœuvre manuelle des vannes en cas de panne (commande à distance hors service).

11.8.3 Rapport des essais de fonctionnement (art. 12, al. 2, OSOA)

Pour les essais de fonctionnement (vannes, groupe de secours, installation alarme-eau), il est recommandé de préparer des formulaires qui précisent le déroulement des opérations et permettent d'inscrire les valeurs relevées, les incidents. Une fois remplis, ces formulaires servent de rapport d'essai. Le rapport des essais de fonctionnement est classé dans le dossier de l'ouvrage d'accumulation et est par ailleurs porté à la connaissance de l'ingénieur spécialisé et de l'autorité de surveillance.

11.8.4 Rapport relatif aux contrôles visuels

L'exploitant effectue des contrôles visuels réguliers selon le programme prévu par les consignes de surveillance et d'exploitation (hebdomadairement, 2 fois par mois, mensuellement, annuellement).

Pour les ouvrages de petite hauteur de retenue, les constatations peuvent être notées par les chargés du contrôle directement dans un formulaire. Ce dernier peut servir de rapport de visite.

Pour les ouvrages de moyenne ou de grande hauteur de retenue, les modifications constatées peuvent être introduites sur un relevé précédent sous forme de plan. Un tel document doit être mis à jour tous les 5 ans ou lorsque des modifications importantes ont été relevées.

Le rapport relatif aux contrôles visuels est classé dans la documentation du barrage et est porté à la connaissance du spécialiste expérimenté.

11.8.5 Rapport relatif au contrôle annuel (art. 13, al. 1, OSOA)

L'ingénieur spécialisé est tenu d'effectuer une visite annuelle sur le site. Il établit un rapport qui est classé par l'exploitant dans le dossier du barrage. Un exemplaire est transmis à l'autorité de surveillance.

Le rapport doit contenir non seulement les informations concernant les charges (niveau de la retenue) mais aussi celles relatives aux conditions météorologiques (température de l'air, pluie, neige).

Pour les ouvrages d'accumulation de petite hauteur de retenue, les constatations peuvent être reportées sur un formulaire qui précise le cheminement et les points à contrôler. Ce formulaire rempli sert de rapport.

Pour les ouvrages d'accumulation de moyenne ou grande hauteur de retenue, il est possible, sur la base d'un relevé détaillé, de noter uniquement les modifications constatées. Le document sera mis à jour tous les 5 ans ou avant si des modifications majeures sont apparues.

Il est important que les faits relevés soient bien décrits (description écrite: quoi, quand, dimension) et localisés (report sur un plan). Pour les ouvrages de retenue, il est utile d'établir un relevé graphique des points particuliers comme les fissures, les suintements, les zones humides, les dégâts, etc. En ce qui concerne les environs immédiats de l'ouvrage de retenue, le relevé des observations comprend entre autres des indications relatives aux chutes de pierres, à la qualité des eaux d'infiltration, aux mouvements du terrain, à l'état d'un glacier, etc.

Les résultats des contrôles de l'état, ainsi que ceux des contrôles techniques doivent être portés dans les plus brefs délais à la connaissance de l'autorité de surveillance. Ils peuvent aussi figurer dans le rapport annuel de l'ingénieur expérimenté.

11.8.6 Rapport annuel relatif au comportement (art. 13, OSOA)

L'OSOA exige l'établissement d'un rapport annuel relatif au comportement de l'ouvrage. Ce document est impérativement établi par l'ingénieur expérimenté (professionnel expérimenté). Dans ce rapport seront consignés tous les résultats de mesure sous forme de graphiques (annuels et pluriannuels, valeurs de paramètres en fonction du niveau de la retenue, maxima – minima de paramètres principaux, etc.) et de tableaux numériques. L'ingénieur expérimenté est tenu de donner son analyse du comportement du barrage, son point de vue relatif à l'état du barrage et de ses installations, ses recommandations.

Il est aussi important de faire figurer dans ce rapport annuel le résumé des travaux d'entretien qui ont été effectués, de dresser la liste des incidents (comportement particulier, les défauts de fonctionnement des appareils des installations, etc.), qui ont marqué la période, ainsi que de noter l'importance et l'incidence des événements naturels (crues, séismes) qui se sont produits.

Ce rapport doit être disponible dans les plus brefs délais qui n'excéderont pas 6 mois après la fin de la période annuelle à laquelle il se rapporte. Le rapport de la visite annuelle et celui des essais de fonctionnement peuvent être intégrés au rapport annuel.

Le rapport est classé par l'exploitant dans le dossier du barrage et un exemplaire est transmis à l'autorité de surveillance, ainsi qu'aux éventuels experts.

11.8.7 Rapport des mesures géodésiques

Les résultats des mesures géodésiques peuvent figurer dans le rapport annuel ou faire l'objet d'un rapport particulier.

Le rapport doit mentionner les types d'instruments utilisés et leur précision, le programme de mesure, les conditions de mesure, les limites des erreurs, les représentations graphiques avec figures de l'ouvrage.

11.8.8 Rapports d'examen de sécurité (expertise quinquennale)²⁶ (art. 14, al. 1, OSOA)

Ces rapports sont rédigés par les experts confirmés dans le cadre de leur mandat. Le rapport relatif au génie civil traite pour le moins des 3 chapitres suivants:

- a) un avis relatif à l'état de l'ouvrage d'accumulation, de ses ouvrages hydrauliques annexes et de ses installations; il peut aussi indiquer ses recommandations concernant des travaux à effectuer.
- b) une analyse du comportement de l'ouvrage de retenue et de ses fondations durant la dernière période quinquennale (synthèse des résultats de mesure de la période quinquennale et comparaison avec ceux des périodes précédentes, analyse des mouvements singuliers, etc.);
- c) examen du dispositif d'auscultation et programme de mesure.

En cas de besoin, le rapport peut être complété par une analyse particulière relevant de la sécurité de l'ouvrage.

Comme indiqué sous a), l'expert génie civil doit donner son appréciation relative à l'état de l'ouvrage et des autres installations. Il indique aussi ses recommandations concernant des travaux à effectuer.

Le rapport du géologue doit traiter des conditions des fondations, de la tenue du voile d'injection, de stabilité des rives et des dangers pouvant entraîner une arrivée massive de terrain dans la retenue. Il fait aussi une analyse des résultats de mesure en relation avec son domaine, par exemple déformation des fondations, les sous-pressions, les venues d'eau, les débits des drainages. Il propose aussi toutes mesures utiles relatives à l'entretien des galeries en rocher, à la protection des surfaces rocheuses, etc.

Les résultats des examens de la sécurité doivent être portés dans les plus brefs délais à la connaissance de l'autorité de surveillance.

11.8.9 Rapport d'examen extraordinaire de sécurité (art. 14, al. 2, OSOA)

L'autorité de surveillance peut ordonner des examens extraordinaires ou soumettre à un examen de sécurité des ouvrages qui ne font pas l'objet d'une expertise quinquennale.

Le rapport est rédigé par l'expert (ou les experts) désigné par l'autorité de surveillance et son contenu dépend de la nature du mandat et des points particuliers soumis à examen.

²⁶ Ce rapport concerne les ouvrages d'accumulation dont la hauteur de retenue est de 40 m au moins, ou si cette hauteur est au moins de 10 m, dont la capacité dépasse 1 million de m³ (art. 14, OSOA).



GLOSSAIRE

NOTA : Les définitions qui figurent dans ce glossaire sont en partie reprises du présent document ou du dictionnaire technique des barrages édité par le CIGB.

abaissement de la retenue	Action de destockage, partiel ou total, pour des raisons d'exploitation normale ou comme mesure préventive en cas d'événement menaçant la sécurité de l'ouvrage de retenue
accélération de pointe au sol	Accélération en un point de la surface pour le séisme de vérification.
accélérogramme	Représentation graphique d'un enregistrement produit par un accélérographe
accélérographe	Instrument de mesure de l'accélération en un point terrestre donné pendant un tremblement de terre ou une explosion souterraine
affouillement	A) Approfondissement du lit de la rivière dû à un écoulement torrentiel; B) Erosion du terrain au pied du barrage due à la chute d'une masse d'eau
approbation du projet	Décision prise par l'autorité de surveillance compétente d'acceptation d'un projet d'un ouvrage d'accumulation.
assujettissement	Décision prise par l'autorité de surveillance compétente d'exercer la surveillance d'un ouvrage d'accumulation.
auscultation (mesures de contrôle)	Opération ayant pour objet de mesurer les divers paramètres de comportement d'un ouvrage d'accumulation.
autorité de surveillance	Autorité fédérale ou cantonale chargée de la surveillance d'un ouvrage d'accumulation.
barrage	voir ouvrage de retenue
barrage	voir ouvrage de retenue
barrage en béton	Barrage en béton de type poids, voûte ou à contreforts (voir aussi ouvrage de retenue)
barrage en remblai	Ouvrage de retenue constitué de matériaux appropriés provenant d'une zone d'emprunt et mis en place par couches successives de manière contrôlée.
barrage mobile (barrage en rivière)	Barrage dont la partie équipée de vannes occupe presque toute la largeur de la rivière et une grande partie au-dessus du lit.
bassin d'accumulation (réservoir)	voir zone de retenue
berges	Bande de terre découverte par les eaux et en contact immédiat avec l'eau.
calcul dynamique	Calcul pour lequel le barrage est considéré en équilibre, à tout moment, sous un système de forces variables dans le temps tenant compte des effets d'inertie et d'amortissement.
calcul pseudo-statique	Calcul sismique exécuté suivant un calcul statique en considérant les forces d'inertie comme des charges statiques externes.
calcul statique	Calcul où la structure est considérée en équilibre sous les charges extérieures, le poids propre, ainsi que les contraintes et déformations internes.



cas d'exploitation	Opérations effectuées dans le cadre de l'exploitation d'une retenue (par exemple, remplissage ou abaissement)
cas d'urgence	Situation consécutive à un événement extraordinaire pour lequel une exploitation sûre n'est plus garantie
charges	Actions permanentes, variables ou exceptionnelles sur un ouvrage de retenue (poussée de l'eau, poussées des terres, tremblement de terre, poids propre, etc.)
charges accidentelles	Charge survenant de manière subite suite un événement inattendu, telle une explosion
charges exceptionnelles	Charges survenant suite à des événements naturels, dont les effets peuvent être instantanés ou de durée limitée.
charges permanentes	Charges toujours présentes pouvant toutefois apparaître au cours du temps et subsister sans subir de modifications.
charges variables	Charges variant en fonction des conditions d'exploitation ou de conditions extérieures.
classe de barrages	voir classe d'ouvrage de retenue
classe d'ouvrage de retenue	Classification des barrages en 3 classes selon les critères de l'OSOA (art. 14, 21 et 22)
classes de danger	Subdivision dépendant de l'intensité du danger particulier; on distingue les dangers faible, modéré, moyen et élevé en fonction du produit de la hauteur par la vitesse de l'onde de submersion
combinaison des charges	Combinaison de diverses actions sollicitant en même temps l'ouvrage de retenue et pouvant conduire à la plus forte sollicitation.
cote de danger	Cote définie en cas de crue comme le niveau du plan d'eau à partir duquel la sécurité de l'ouvrage de retenue risque d'être compromise en raison de dégâts possibles importants à l'ouvrage de retenue.
couronnement	Partie supérieure accessible de n'importe quel ouvrage de retenue.
crue centennale	Débit de crue qui est atteint ou dépassé en moyenne une fois tous les cent ans
crue de projet (crue de dimensionnement)	Crue exceptionnelle devant être évacuée dans des conditions normales d'écoulement sans provoquer aucun dommage (tant à l'ouvrage d'accumulation qu'aux organes de décharge) et avec une marge fixée par une revanche de sécurité (revanche ultime).
crue de sécurité (crue de déluge)	Crue extrême que l'ouvrage de retenue doit être capable de supporter sans dépassement de la cote de danger, des dégâts mineurs sont possibles, par contre aucune rupture partielle ou totale n'est tolérée.
Crue maximale probable	Plus forte crue à laquelle on peut s'attendre dans la pire combinaison de conditions météorologiques et hydrologiques considérées comme raisonnablement caractéristiques de la région concernées
crue millénale	Débit de crue qui est atteint ou dépassé en moyenne une fois tous les mille ans



danger particulier	Danger concernant une habitation, un lieu de travail, un bâtiment public, un camping public ou une voie de communication très fréquentée en cas de rupture soudaine d'un ouvrage de retenue.
dépôts de sédiments	Processus géomorphologique d'amoncellement de produit d'érosion, désigne aussi les matériaux déposés
digue	voir barrage en remblai
digue latérale	Ouvrage en remblai construit le long d'un cours d'eau pour la protection contre les crues ou intégré à un barrage en rivière
dispositif d'auscultation	Système de mesure permettant de juger, par le suivi de paramètres représentatifs, les performances du barrage et de ses fondations en regard des charges qui les sollicitent et devant également livrer des informations relatives aux milieux environnants.
entretien	Mesure pour s'assurer de l'état des ouvrages et du fonctionnement des installations électro-mécaniques, permettant de détecter toute anomalie et d'exécuter tous travaux nécessaires
étiage	Niveau d'eau ou débit nettement inférieur à la valeur moyenne sur une longue période; pour un barrage en rivière admis au débit moyen journalier qui s'écoule au moins pendant 347 jours (voir aussi niveau d'étiage).
évacuateur de crue	Organe par-dessus lequel ou à travers lequel les débits de crue sont évacués.
examen de projet	Examen par l'autorité de surveillance d'un nouveau projet ou d'un projet de transformation d'un ouvrage assujéti
expertise de sécurité	Expertise effectuée à la demande impérative de l'autorité de surveillance en vue de vérifier la sécurité d'un ouvrage d'accumulation (son contenu est défini de cas en cas).
expertise quinquennale	Examen de sécurité effectué tous les cinq ans par des experts confirmés (ingénieur civil, géologue) englobant une analyse de l'état et du comportement de l'ouvrage d'accumulation, ainsi qu'un avis relatif au dispositif d'auscultation et au programme de mesure.
experts confirmés	Spécialistes en construction d'ouvrages d'accumulation reconnus (ingénieur, géologue)
exploitation d'une retenue	Exploitation d'une retenue s'effectuant à niveau variable en vue de stocker et de déstocker de l'eau.
hauteur d'assujettissement	Hauteur égale à la différence entre le niveau normal d'exploitation et un point bas de référence, à savoir le niveau d'étiage ou le talweg.
hauteur du barrage	Distance verticale entre le point le plus bas et le niveau du couronnement.
longueur de la retenue	distance mesurée au niveau normal d'exploitation selon l'axe de la zone de retenue entre l'ouvrage de retenue et le point le plus éloigné.
méthode des éléments finis	Méthode numérique pour résoudre des équations différentielles partielles, basée sur la subdivision du domaine et de la continuité de l'assemblage des éléments de la solution numérique.



niveau atteint par la crue de projet	Niveau tenant compte de la surélévation de niveau admise en temps de crue au-dessus du niveau normal de retenue.
niveau d'étiage	Niveau de référence pour un barrage en rivière correspondant à Q347.
niveau du thalweg	Niveau de référence le plus bas du terrain naturel qui peut être situé soit à l'amont soit à l'aval de l'ouvrage de retenue.
niveau normal de retenue	Niveau correspondant au niveau maximal auquel le plan d'eau peut monter en exploitation normale ou au niveau du seuil fixe d'un déversoir non vanné.
onde de submersion	Écoulement d'une masse d'eau importante suite à la rupture d'un ouvrage de retenue.
organe de décharge	Organe utilisé pour la maîtrise de la variation du plan d'eau en cas de vidange de la retenue ou de passage d'une crue; la vidange de fond et l'évacuateur de crue sont considérés comme organes de décharge.
organe de décharge (évacuateur de crue)	voir évacuateur de crue
ouvrage d'accumulation	Constitué d'un ouvrage de retenue (barrage) et d'un bassin d'accumulation (ou zone de retenue), il permet de relever un plan d'eau, d'accumuler de l'eau ou des boues, ou de retenir des matériaux charriés, de la glace ou de la neige.
ouvrage d'accumulation de moyenne hauteur de retenue	Ouvrage d'accumulation pour lequel la hauteur de retenue déterminante est de 10 m et moins de 40 m.
ouvrage d'accumulation de petite hauteur de retenue	Ouvrage d'accumulation pour lequel la hauteur de retenue déterminante de retenue est inférieure à 10 m.
ouvrage d'accumulation de grande hauteur de retenue	Ouvrage d'accumulation pour lequel la hauteur de retenue déterminante est égale ou supérieure à 40 m. Cet ouvrage est assujéti à expertise quinquennale.
ouvrage de retenue (barrage)	Construction pour le stockage d'eau ou de boues et pour la rétention de matériaux charriés, en vue de production d'énergie, de régularisation des débits et de protection contre l'érosion.
plan d'eau de la retenue	Plan d'eau quand la retenue se trouve à un niveau quelconque.
PMF	Probable Maximum Flood
point bas de référence	Point correspondant soit au niveau d'étiage du cours d'eau soit au niveau du thalweg.
retenue	voir zone de retenue
revanche	Distance verticale entre un niveau du plan d'eau et le couronnement ou la crête du barrage.
revanche de sécurité (revanche ultime)	Revanche comprise entre le niveau du couronnement et le niveau maximum du plan d'eau atteint par le passage de la crue de projet.
revanche totale	Distance verticale entre le niveau du couronnement (ou de la crête du barrage) et le niveau normal d'exploitation ou le niveau supérieure de la tranche de stockage.
rupture d'un ouvrage de retenue	Rupture ou mouvement d'un ouvrage de retenue, d'une partie d'ouvrage ou de sa fondation suite à une charge statique ou dynamique tel que l'ouvrage ne soit plus en mesure de retenir l'eau



sécurité structurale	Résistance d'un ouvrage face à tous types de charges
séisme de vérification	Séisme normalisé de probabilité de dépassement donnée sous forme de temps de retour pour lequel le barrage doit être calculé et conservé sa capacité de stockage (un écoulement incontrôlé de masse d'eau est exclu, par contre des dommages locaux sans influence sur l'intégrité de l'ouvrage sont tolérables).
spectre de réponse	Représentation graphique des valeurs maximales de déplacement, de vitesse et/ou d'accélération d'un oscillateur à un seul degré de liberté, en fonction de sa fréquence naturelle, pour un rapport d'amortissement donné équivalent, lorsqu'il est soumis à une excitation dynamique dépendant du temps.
submersion (suite à une rupture d'un ouvrage de retenue)	Inondation rapide et importante (dépendant de la dimension de la géométrie de la zone de retenue) à l'aval d'un barrage rompu
surélévation due à l'évacuation de la crue de projet	Tranche de réservoir située entre le niveau normal et le niveau maximal atteint par la crue de projet.
surface de la retenue	Superficie du plan d'eau pour le niveau normal de retenue.
surveillance (des ouvrages d'accumulation)	Suivi du comportement par des observations visuelles ou par auscultation.
thalweg	Point bas d'une vallée ou du terrain naturel; voir niveau du thalweg.
tranche de stockage de la crue (tranche de crue)	Partie de la tranche utile réservée à l'écrêtement des crues.
vanne de fond	Ouverture située dans la partie inférieure d'un barrage en rivière (voir aussi vidange de fond).
végétation	Ensemble de plantes sur talus de digue
vidange de fond	Ouverture située dans la tranche inférieure d'une retenue et généralement utilisée pour la vidange de la retenue, le passage des crues ou, sous certaines conditions, la chasse des dépôts solides.
vidange de la retenue	Opération en vue d'abaisser totalement le plan d'eau pour des raisons de sécurité ou d'élimination de matériaux solides
voir accélérogramme	voir accélérogramme
volume d'assujettissement	Volume compris entre le niveau normal d'exploitation et une ligne de fond partant du point bas de référence considéré pour le calcul de la hauteur de retenue.
zone de retenue	Bassin d'accumulation artificiel dans lequel une grande quantité variable d'eau, de boue ou de matériaux charriés peut être accumulée.
Zone d'inondation	Extension de l'inondation déduite d'un calcul d'onde de submersion pour un niveau de danger déterminant fonction de la profondeur et de l'intensité

LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS (pas encore établie)

CIGB	Commission internationale des grands barrages
CSB	Comité suisse des barrages
MSK	Echelle d'intensité de Medvedev, Sponheuer et Karnik
OFEG	Office fédéral des eaux et de la géologie
OSOA	Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation
PMF	Probable Maximum Flood
SIA	Société suisse des ingénieurs et architectes

INDEX

accélération de pointe	8.2.2, 8.3
accélérogramme	8.2.2
abaissement (partiel) de la retenue	6.4.2, 10.3.1
appareils de mesure (instruments de mesure)	11.3.2, 11.5.3, 11.6
approbation du projet	9.1, 9.3
assujettissement	5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 9.2 Tab. 5.1
autorité de surveillance	5.4, 9.1, 9.4, 9.5, 9.7, 10.1, 11.1.2, 11.2.1, 11.2.2, 11.3.6, 11.4.2, 11.4.3
autorité de haute surveillance	11.2.2
barrage (ouvrage de retenue)	3.2
barrage en béton	3.2, 8.4.1, 8.5.2, 8.6.3, 11.3. Fig. 7.14 Tab. 7.3, 7.4, 11.3
barrage en remblai	3.2, 8.4.2, 8.5.2, 8.6.3 Tab. 6.3, 7.3, 7.4, 11.3
barrage mobile	3.2, 8.4.2 Fig. 5.4 Tab. 6.1



barrage-poids	3.2 Tab. 6.1
barrage-voûte	Tab. 6.2
bassin d'accumulation (zone de retenue)	3.3, Fig. 3.1
cas de charges	6.3.2, 8.6
cas d'exploitation	6.1
cas d'urgence (plan en cas d'urgence)	1.5, 2.2, 4
charges	4, 6.3.1
charges accidentelles	6.3.1
charges exceptionnelles	6.3.1
charges permanentes	6.3.1
charges variables	6.3.1
classes de danger	Tab. 5.1
contrôles divers	
contrôle visuel	11.4, 11.8.2, 11.8.5 Fig. 11.1, 11.2 Tab. 11.1
corps flottants	5.2.2, 5.2.3, 10.3.3
cote de danger	7.1.4, 7.2.3
crue de déluge (crue de sécurité)	7.1.2, 7.1.4, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4
crue de projet	7.1.2, 7.1.3, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.5 Tab. 6.1, 6.2, 6.3, 7.3
crue de sécurité	7.1.2, 7.1.4, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4 Tab. 6.1, 6.2, 6.3, 7.3
crue millénale	7.2.1
danger particulier	2.2, 5.3.1, 5.3.4, 5.3.6 Tab. 5.1
digue (barrage en remblai)	3.2, 8.4.2, 8.5.2, 8.6.3 Tab. 6.3, 7.3, 7.4, 11.3
digue latérale	3.2
dispositif d'auscultation	11.3.2, 11.5.3, 11.8.8
entretien	4, 11.1, 11.2, 11.6 Fig. 11.1 Tab. 11.1
essais de fonctionnement	11.1.2, 11.2.3, 11.5, 11.8.2, 11.8.3, Fig. 11.3 Tab. 11.1
étiage (niveau d'étiage)	2.2, 5.2.1, 5.2.2 Fig. 5.4, 5.5
évacuateur de crue	5.2.3, 6.4.1, 6.4.2, 7.2.2, 7.2.3, 7.3.5, 11.5.2, 11.6
experts confirmés	11.2.1, 11.2.3, 11.4.3, 11.8.8



	Tab. 11.1
exploitant	5.4.2, 5.4.3, 10.2, 11.2.1, 11.2.3, 11.4.1, 11.5, 11.6, 11.8
exploitation	3, 4, 5.2.1, 6.1, 6.3.1, 10.2, 10.3, 11.8.1
hauteur d'assujettissement	5.2.1
ingénieur expérimenté	11.3.6, 11.7.4, 11.8.6
Instrument de mesure	11.3.2, 11.5.3, 11.6
niveaux de surveillance	11.2.1
niveau d'étiage	2.2, 5.2.1, 5.2.2 Fig. 5.4, 5.5
niveau normal de retenue (niveau normal d'exploitation)	5.2.1, 5.2.2, 5.3.3, 7.2.3, 8.6.2, 8.6.3 Fig. 5.1, 7.1 Tab. 7.2
niveau normal d'exploitation (niveau normal de retenue)	5.2.1, 5.2.2, 5.3.3, 7.2.3, 8.6.2, 8.6.3 Fig. 5.1, 7.1 Tab. 7.2
onde de submersion	5.2.2, 5.3.1, 5.3.3, 5.4.2, 9.2
organes de décharge	3.1, 6.4.2, 7.1.3, 7.2, 7.2.5, 9.1, 9.3, 10.1, 10.2, 11.5.2, 11.6, Fig. 7.3 Tab. 11.1
ouvrage d'accumulation	1.1, 3.1, 3.2, 4, 5.4, 10.4, 11.8.1, 11.8.8 Fig. 3.1
organe mobile de fermeture (vanne)	8.1.1, 10.1, 11.1.2, 11.2.1, 11.5.2, 11.7.3
ouvrage de retenue	3.1, 3.2, 4, 5.3.3, 7.2.4, 11.3.2, 11.3.4, 11.6, 11.7.4 Fig. 3.1
paramètre	11.3.1, 11.3.3, 11.3.4, 11.3.5, 11.3.6, 11.8.6 Tab. 11.2, 11.3, 11.4
plan de sécurité	6.2.2, 11.8.19.2
plan d'utilisation	6.2.1, 11.8.19.2
plan en cas d'urgence	1.5, 2.2, 4
point bas de référence	5.2.1, 5.2.2 Fig. 5.3, 5.4, 5.5
procédure d'essai	11.5.2
professionnel expérimenté (ingénieur expérimenté)	11.3.6, 11.4.2, 11.2.3, 11.3.6, 11.4.2, 11.7.4, 11.8.6
rapports	11.1, 11.2.1, 11.8.1, 11.8.3, 11.8.4, 11.8.5, 11.8.6, 11.8.7, 11.8.8
règle d'assujettissement	Tab. 5.1
revanche	6.4.3, 7.1.3, 7.2.3, 7.2.5, 8.5.1



	Fig. 7.1, 7.2 Tab. 7.2, 7.4
sécurité structurale	4.6
sédiments	3.1, 3.2, 4, 5.2.1, 5.2.2, 5.3.6, 6.3.1, 6.4.2, 7.2.5, 10.3.2, 10.4, 11.3.4, 11.6 Fig. 5.2, 5.7, 7.4 Tab. 6.1, 6.2, 6.3, 11.2
séisme de vérification	8.1.2, 8.2.1, 8.5.1, 8.6.1 Tab. 8.2
spectre de réponse	8.2.2, 8.2.3
submersion	7.2.4
surveillance	2.3, 11.2, 11.7.3, 11.8.2
thalweg	2.2, 5.2.1 Fig. 5.3
vanne (organe mobile de fermeture)	8.1.1, 10.1, 11.1.2, 11.2.1, 11.5.2, 11.7.3
végétation	6.4.4, 11.4.1, 11.5.3, 11.6
volume d'assujettissement	5.2.2
vidange de fond	6.4.2, 7.2.3, 7.2.5, 8.1.1, 9.3, 10.1, 10.3.2, 11.5.2, 11.6 Fig. 7.3, 11.3
zone de retenue	3.3 Fig. 3.1

ANNEXE 1

LISTE DES MEMBRES DES DIFFÉRENTS GROUPES DE TRAVAIL

Groupe de travail "Critères d'assujettissement"

Bischof, Roland	Ingenieurbüro für bauliche Anlagen der Stadt Zürich
Hauenstein, Walter, Dr.	Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Baden
Kalt, Leo	Fachstelle Talsperrensicherheit, Tiefbau- und Strassenverwaltung, St. Gallen
Müller, Rudolf W. (secrétaire)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Pougatsch, Henri (président)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Raboud, Pierre-Benoît, Dr.	Service des forces hydrauliques, Sion
Vetterli, Willy	AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich

Groupe de travail "Sécurité structurale"

Ammann Eduard	IM Ingegneria Maggia SA, Locarno
Hauenstein Walter, Dr.	Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Baden
Loosli Daniel	Colenco Power Engineering AG, Baden
Mouvet Laurent	Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Müller Rudolf W. (secrétaire)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Pougatsch Henri (président)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Rechsteiner Gian	Énergie Ouest Suisse, Lausanne

Groupe de travail "Crue"

Bérod, Dominique, Dr.	Service des routes et des cours d'eau, Sion
Boillat, Jean-Louis, Dr.	Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Hammer, Jürg, Dr. (secrétaire)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Hertig, Jacques-André, Dr. (expert)	Laboratoire des systèmes énergétiques (LASSEN), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Lafitte, Raymond, Prof.	Bureau Stucky Ingénieurs-Conseils SA, Renens
Müller, Dieter, Dr.	Colenco Power Engineering AG, Baden
Oberholzer, Alexandre	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Pougatsch, Henri (président)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Viret, René	Entreprises Electriques Fribourgeoises (EEF), Broc

Groupe de travail "Tremblement de terre"

Amberg, Walter	Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio
Bossoney, Claude, Dr.	Stucky Ingénieurs-Conseils SA, Renens
Darbre, Georges, Dr. (président)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Hammer, Jürg, Dr. (secrétaire)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Otto, Bastian, Dr.	Nordostschweizerische Kraftwerke, Baden
Studer, Jost, Dr.	Studer Engineering, Zurich
Wieland, Martin, Dr.	Elektrowatt Engineering, Zurich

Ont aussi participé aux travaux du groupe de travail "Tremblement de terre" :

Giardini, Domenico, Prof. Dr.	Service sismologique suisse, EPFZ
Fäh, Donath, Dr.	Service sismologique suisse, EPFZ
Deichmann, Nicolas, Dr.	Service sismologique suisse, EPFZ
Lateltin, Olivier, Dr.	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne

Groupe de travail "Surveillance et entretien"

Bremen, Roger, Dr.	Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio
Collet, Georges	Krafwerke Oberhasli AG, Innertkirchen
Hunger, Beat	Amt für Energie Graubünden, Chur
Kobelt, Alfred (secrétaire)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Matthey, François	Service des eaux, des sols et de l'assainissement, Lausanne
Oberholzer, Alexandre	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Pougatsch, Henri (président)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Rouiller, Jean-Marie	Service de l'électricité de la Ville de Lausanne, Lausanne

Comité de rédaction

Hagin, Bernard	Energie Ouest Suisse, Lausanne
Kobelt, Alfred (secrétaire)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Lombardi, Giovanni, Dr. h.c.	Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio
Minor, Hans-Erwin, Prof., Dr.	Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) Ecole polytechnique fédérale de Zurich
Pougatsch, Henri (président)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Schleiss, Anton, Prof., Dr.	Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

ANNEXE 2

Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA)

du 7 décembre 1998

Le Conseil fédéral suisse,
vu l'art. 3^{bis} de la loi fédérale du 22 juin 1877 sur la police des eaux 1,
arrête:

Chapitre 1: Dispositions générales

Art. 1 Champ d'application

- 1 La présente ordonnance s'applique aux ouvrages d'accumulation dont la hauteur de retenue au-dessus du niveau d'étiage du cours d'eau ou du niveau du thalweg est de 10 m au moins, ou, si cette hauteur est de 5 m au moins, à ceux dont la capacité de retenue est supérieure à 50 000 m³.
- 2 Elle s'applique également aux ouvrages d'accumulation de moindres dimensions lorsqu'ils représentent un danger particulier pour les personnes ou les biens.
- 3 Elle ne s'applique pas aux ouvrages d'accumulation dont il est établi qu'ils ne représentent pas un danger particulier pour les personnes ou les biens.

Art. 2 Définitions

- 1 Sont considérés comme ouvrages d'accumulation les aménagements destinés à relever un plan d'eau ou à accumuler de l'eau ou des boues. Les ouvrages destinés à retenir les matériaux charriés, la glace ou la neige sont également des ouvrages d'accumulation s'ils sont susceptibles de retenir les eaux (bassin de rétention).
- 2 Par exploitant d'un ouvrage d'accumulation, on entend la personne qui le construit, le détient ou l'exploite.

Chapitre 2: Sécurité structurale

Section 1: Construction

Art. 3 Principe

- 1 Les ouvrages d'accumulation doivent être dimensionnés et construits eu égard à l'état des connaissances scientifiques et techniques de manière que leur sécurité reste assurée dans tous les cas de charge et d'exploitation prévisibles.
- 2 L'autorité de surveillance peut ordonner des mesures constructives particulières, si cela s'avère nécessaire à la prévention contre des actes de sabotage.

Art. 4 Organes de décharge

Le niveau de la retenue d'un ouvrage d'accumulation doit pouvoir être abaissé en cas de danger imminent; la retenue doit pouvoir être vidée pour des travaux de contrôle et d'entretien. A cet effet, elle doit être équipée au moins d'une vidange de fond ou d'une vanne de fond, chacune de capacité suffisante.

Art. 5 Approbation des projets

- 1 Tout projet de construction et de transformation d'ouvrages d'accumulation, y compris les ouvrages annexes importants du point de vue de la sécurité, doit être approuvé par l'autorité de surveillance avant le commencement des travaux.
- 2 Les modifications du projet en cours de travaux de construction ou de transformation doivent être portées à la connaissance de l'autorité de surveillance et approuvées par celle-ci.
- 3 Lorsqu'une autorisation de construire doit être délivrée par la Confédération ou le canton, l'approbation du projet est intégrée à cette autorisation. Dans ce cas, elle n'est pas attaquable indépendamment de cette autorisation.

Art. 6 Exécution des travaux

1 L'exploitant doit porter à la connaissance de l'autorité de surveillance, durant les travaux de construction ou de transformation et après l'achèvement de ces derniers:

- a. les relevés géologiques et les résultats des essais géotechniques;
- b. les résultats des injections effectuées dans le but de consolider et d'étancher le sous-sol;
- c. les résultats des essais des bétons;
- d. les résultats de toutes les mesures effectuées;
- e. les plans conformes à l'exécution les plus importants et un rapport sur le déroulement des travaux.

2 L'autorité de surveillance contrôle que les travaux ont été exécutés conformément aux plans approuvés; le résultat du contrôle doit être consigné dans un procès-verbal de réception.

Section 2: Exploitation

Art. 7 Première mise en eau

1 La première mise en eau d'un ouvrage d'accumulation ou sa première mise en service doit être autorisée par l'autorité de surveillance.

2 Le relèvement du niveau normal de retenue d'un ouvrage d'accumulation ou sa remise en eau après une réfection dictée par des considérations de sécurité requièrent également une autorisation.

Ordonnance sur les ouvrages d'accumulation RO 1999

6

Art. 8 Conditions d'exploitation

1 Un ouvrage d'accumulation ne peut être exploité que si:

- a. la sécurité publique n'est de toute évidence pas menacée;
- b. les organes de décharge et l'évacuateur de crues sont opérationnels;
- c. les résultats de la première mise en eau permettent une exploitation sans restriction.

2 L'autorité de surveillance peut soumettre les bassins de rétention à des conditions particulières.

Art. 9 Exploitation

1 L'exploitation d'un ouvrage d'accumulation doit être organisée de façon à garantir en tout temps la sécurité de celui-ci.

2 L'exploitant élabore des consignes de service et de surveillance de l'ouvrage d'accumulation pour l'exploitation normale et pour les cas d'événements extraordinaires et les transmet à l'autorité de surveillance pour approbation.

3 L'autorité de surveillance peut autoriser des exceptions si les circonstances le justifient.

Art. 10 Entretien

1 L'exploitant doit maintenir l'ouvrage d'accumulation dans un bon état d'entretien. Il remédie immédiatement à tout défaut de sécurité et en informe l'autorité de surveillance.

2 Si l'exploitant dans l'exécution de l'ouvrage d'accumulation est en demeure dans l'exécution des travaux d'entretien ou de réhabilitation, l'autorité de surveillance ordonne l'exécution des mesures nécessaires ou, s'il ne donne pas suite aux sommations, exige le vidage de la retenue.

Art. 11 Impact d'autres constructions sur la sécurité

1 Avant de se prononcer sur la réalisation ou la modification d'une construction susceptible de porter atteinte à la sécurité d'un ouvrage d'accumulation existant, l'autorité compétente est tenue de consulter l'autorité de surveillance.

2 L'autorité de surveillance peut faire étudier les impacts de la réalisation ou de la modification de la construction et ordonner que soient prises des mesures de conservation des preuves. Les frais sont à la charge du maître de l'ouvrage.

Chapitre 3: Surveillance

Art. 12 Contrôle de l'état et du comportement

1 L'exploitant exécute les contrôles et les mesures d'auscultation nécessaires pour juger de l'état et du comportement de l'ouvrage d'accumulation. Les résultats de mesures effectuées automatiquement doivent être contrôlés si possible une fois par mois à l'aide de mesures manuelles.

2 L'exploitant contrôle chaque année le bon fonctionnement des organes de décharge équipés de vannes; l'essai doit être effectué à niveau de retenue élevé et avec passage d'eau (essai avec lâchure).

Art. 13 Contrôle technique

1 L'exploitant fait en sorte qu'un professionnel expérimenté en la matière procède de manière suivie à l'interprétation des mesures d'auscultation, qu'il en consigne les résultats dans un rapport de mesures annuel et qu'il effectue lui-même une fois par année un contrôle visuel de l'ouvrage d'accumulation (contrôle annuel).

2 L'autorité de surveillance peut accorder des dérogations si les circonstances le justifient.

Art. 14 Examen de la sécurité

1 La sécurité des ouvrages d'accumulation dont la hauteur de retenue est de 40 m au moins ou, si cette hauteur est d'au moins 10 m, dont la capacité dépasse 1 million de m³, doit être examinée de manière approfondie tous les cinq ans par des experts confirmés.

2 Si besoin est, l'autorité de surveillance peut ordonner des examens extraordinaires ou soumettre à l'examen de la sécurité des ouvrages d'accumulation de moindres dimensions.

Art. 15 Obligation d'informer

1 L'exploitant de l'ouvrage d'accumulation indique à l'autorité de surveillance le professionnel expérimenté et les experts qu'il a choisis pour effectuer les contrôles. En cas de doute fondé sur leurs qualifications, l'autorité de surveillance peut les refuser.

2 L'exploitant communique à temps à l'autorité de surveillance les dates des essais avec lâchure et des visites de l'ouvrage d'accumulation effectuées dans le cadre des contrôles techniques et des examens de la sécurité; il lui annonce les vidages prévus de la retenue.

3 Les résultats des contrôles de l'état et du comportement, des contrôles techniques et des examens de la sécurité doivent être portés dans les plus brefs délais à la connaissance de l'autorité de surveillance.

Art. 16 Dossier

1 L'exploitant établit un dossier sur l'ouvrage d'accumulation et le tient à jour. Il le met en tout temps à la disposition de l'autorité de surveillance. Le dossier comprend:

- a. les plans conformes à l'exécution les plus importants et les données sur l'exécution des travaux;
- b. les calculs et les rapports sur la statique, sur l'hydrologie et sur l'hydraulique;
- c. les expertises géologiques;
- d. les rapports de mesures annuels;
- e. les procès-verbaux des contrôles annuels;
- f. les procès-verbaux des essais avec lâchure;
- g. les rapports sur les examens de la sécurité;
- h. les rapports sur les mesures géodésiques de déformation;
- i. les rapports sur les incidents et sur les anomalies d'exploitation.

2 L'autorité de surveillance peut autoriser des exceptions si les circonstances le justifient.

Chapitre 4: Plan en cas d'urgence

Art. 17 Dispositions en cas d'urgence

1 L'exploitant prend des dispositions pour le cas où l'exploitation sûre de l'ouvrage d'accumulation ne serait plus garantie du fait d'un comportement anormal ou à la suite d'événements naturels, d'actes de sabotage ou d'autres événements semblables.

2 En cas d'urgence, il doit prendre toutes les mesures nécessaires afin d'éviter toute mise en danger des personnes et des biens. Il prévient immédiatement l'autorité de surveillance qui décide, le cas échéant, de prendre des mesures supplémentaires.

3 Le commandement de l'armée peut prendre des dispositions spéciales en cas de menace militaire.

Art. 18 Protection de la population

1 Les dispositions pour les cas d'urgence comprennent un plan pour avertir les autorités et pour alerter la population. L'autorité de surveillance peut alléger ces exigences pour les bassins de rétention.

2 La Confédération, les cantons et les communes veillent, grâce aux moyens ordinaires et aux structures de la protection de la population, à la diffusion des consignes sur le comportement à adopter par la population et à son éventuelle évacuation.

Art. 19 Dispositif d'alarme-eau

1 L'exploitant d'un ouvrage d'accumulation ayant une capacité supérieure à 2 millions de m³ doit mettre en place, desservir et entretenir un dispositif d'alarme-eau dans la zone rapprochée. La zone rapprochée est déterminée par l'autorité de surveillance après consultation du Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS); elle correspond, en règle générale, à la région submergée en deux heures au plus en cas de rupture totale et instantanée de l'ouvrage.

2 Font partie d'un dispositif d'alarme-eau des installations telles que centrales d'alarme-eau, postes d'observation, logements situés à proximité, sirènes d'alarme-eau et au minimum deux liaisons indépendantes avec le service de permanence et d'alarme du ou des cantons sur le territoire desquels est situé l'ouvrage. Le DDPS fixe les exigences auxquelles doivent satisfaire les installations du dispositif d'alarme-eau.

3 La conception technique et les installations du dispositif d'alarme-eau doivent être approuvées par le DDPS. Ces dernières sont mises gratuitement à la disposition de la troupe pour des cours d'instruction et des engagements.

4 Les propriétaires de parcelles et de bâtiments sont tenus d'autoriser la pose et l'utilisation des installations du dispositif d'alarme-eau et de donner libre accès aux organes de contrôle. Les dommages et autres inconvénients qui en résulteraient seront indemnisés par l'exploitant.

Art. 20 Déclenchement de l'alarme-eau

1 Les ordres de mise en état d'alerte et de déclenchement de l'alarme sont donnés au moyen de messages normalisés et incombent:

- a. à l'exploitant de l'ouvrage d'accumulation en cas de comportement anormal, d'événements naturels ou d'actes de sabotage;
- b. au commandement de l'armée ou à la troupe en cas de menace militaire.

2 Lorsque la mise en état d'alerte a été ordonnée, l'autorité de surveillance peut demander la mise sur pied de formations de la troupe.

Chapitre 5: Exécution

Art. 21 Surveillance exercée par la Confédération

1 L'Office fédéral de l'économie des eaux (office) surveille l'exécution de la présente ordonnance et exécute les tâches directement confiées à la Confédération.

2 Sont soumis à la surveillance directe de la Confédération les ouvrages d'accumulation:

- a. d'une hauteur de retenue de 25 m au moins;
- b. d'une hauteur de retenue de plus de 15 m lorsque la capacité de la retenue est de 50 000 m³ au moins;
- c. d'une hauteur de retenue de plus de 10 m lorsque la capacité de la retenue est de 100 000 m³ au moins;
- d. d'une capacité de retenue supérieure à 500 000 m³.

Art. 22 Surveillance exercée par les cantons

1 Les cantons exercent la surveillance sur les ouvrages d'accumulation qui ne sont pas placés sous surveillance fédérale.

2 Ils contrôlent périodiquement si les dispositifs et les organes d'alarme sont prêts pour une intervention.

Art. 23 Circonstances particulières

1 S'il existe des circonstances particulières, l'office peut convenir avec le canton d'un règlement de compétences dérogeant aux art. 21 et 22.

2 Lorsque plusieurs ouvrages d'accumulation forment une unité d'exploitation et que l'un des ouvrages est soumis à la surveillance de la Confédération, cette dernière exerce également la surveillance sur les autres.



Art. 24 Droits d'accès et devoir d'information

L'exploitant doit accorder en tout temps l'accès aux installations aux personnes chargées de la surveillance. Il doit leur donner toutes les informations nécessaires et mettre à leur disposition les documents dont elles ont besoin.

Art. 25 Collaboration de tiers

L'autorité de surveillance peut mandater des spécialistes pour collaborer à l'exécution de ses tâches. Les frais sont supportés par l'exploitant de l'ouvrage d'accumulation.

Art. 26 Directives

L'office peut élaborer des directives pour l'application de la présente ordonnance. Pour ce faire, il collabore avec des représentants des autorités cantonales de surveillance, des milieux scientifiques, des organisations professionnelles et de l'économie.

Chapitre 6: Dispositions finales

Art. 27 Abrogation du droit en vigueur

Le règlement du 9 juillet 1957 concernant les barrages² est abrogé.

Art. 28 Modification du droit en vigueur

¹ L'ordonnance du 19 octobre 1994 sur la protection civile³ est modifiée comme suit:

Art. 4, al. 2, let. a

L'expression «règlement du 9 juillet 1957 concernant les barrages» est remplacée par «ordonnance du 7 décembre 1998 sur la sécurité des ouvrages d'accumulation».

² L'ordonnance du 3 décembre 1990 sur la Centrale nationale d'alarme⁴ est modifiée

Art. 2, al. 2, let. c

L'expression «règlement du 9 juillet 1957 concernant les barrages» est remplacée par «ordonnance du 7 décembre 1998 sur la sécurité des ouvrages d'accumulation».

Art. 29 Dispositions transitoires

¹ Les cantons doivent commencer d'assumer les tâches de surveillance qui leur incombent dans les cinq ans suivant l'entrée en vigueur de la présente ordonnance.

² Les ouvrages d'accumulation qui, d'après l'ancien droit, étaient soumis à la surveillance de la Confédération, restent soumis à la surveillance exercée par l'office.

Art. 30 Entrée en vigueur

La présente ordonnance entre en vigueur le 1^{er} janvier 1999.

7 décembre 1998 Au nom du Conseil fédéral suisse:

Le président de la Confédération, Cotti

Le chancelier de la Confédération, Couchepin