

DAM SAFETY

GUIDELINES

SÉCURITÉ DES BARRAGES

RECOMMANDATIONS



BULLETIN 59
1987



DAM SAFETY

GUIDELINES

SÉCURITÉ DES BARRAGES

RECOMMANDATIONS



BULLETIN 59
1987

Commission Internationale des Grands Barrages

151, bd Haussmann, 75008 Paris - Tél. : 47 64 67 33 - Télex : 641320 F (ICOLD)

AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE :

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

NOTICE – DISCLAIMER :

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

A. GÉNÉRALITÉS

B. PROJET

C. CONSTRUCTION

D. OPÉRATION

E. ABANDON

ANNEXE

CONTENTS

FOREWORD

A. GENERAL ASPECTS

B. DESIGN

C. CONSTRUCTION

D. EXPLOITATION

E. ABANDONMENT

APPENDIX

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	10
La sécurité des barrages - Une doctrine	12
• L'importance de la sécurité	12
• Causes de détérioration et de rupture	14
• Étude quantitative de la sécurité d'un barrage	16
A. GÉNÉRALITÉS	26
1. DÉFINITIONS	28
2. DISPOSITIONS GÉNÉRALES	32
2.1 Organisme public	32
2.2 Maîtres d'ouvrage (propriétaires) et exploitants	32
2.3 Équipes et procédures d'inspection	34
2.4 Archives	36
2.5 Rivières internationales	36
2.6 Aspects réglementaires	38
2.7 Financement	40
2.8 Mise à jour des règlements et procédures	40
B. PROJET	42
3. ÉTUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES	44
3.1 Méthodes et critères de projet	44
3.2 Crue de projet	44
3.3 Conditions de niveau d'eau à l'aval	48
3.4 Écoulement de la crue à l'aval	48
3.5 Conditions hivernales	50
4. PROJET DES OUVRAGES	52
4.1 Méthodes, critères et conduite du projet	52
4.2 Charges appliquées aux ouvrages et coefficients de sécurité	54
4.3 Stabilité des fondations	54
4.4 Déformations des ouvrages	56
4.5 Détérioration des matériaux	56
4.6 Percolation	58
4.7 Séismicité	58
4.8 Matériel et dispositifs de sécurité	60

TABLE OF CONTENTS

FOREWORD	11
The Safety of Dams - A Philosophy	13
● The significance of safety	13
● Causes of deterioration and failure	15
● The quantification of dam safety	17
A. GENERAL ASPECTS	27
1. DEFINITIONS	29
2. GENERAL PROVISIONS	33
2.1 Government agency	33
2.2 Owners and operators	33
2.3 Inspection teams and procedures	35
2.4 Records	37
2.5 Boundary rivers	37
2.6 Legal aspects	39
2.7 Financing	41
2.8 Updating of regulations and procedures	41
B. DESIGN	43
3. HYDROLOGIC AND HYDRAULIC DESIGN	45
3.1 Design methods and criteria	45
3.2 Design flood	45
3.3 Tailwater conditions	49
3.4 Downstream flooding	49
3.5 Winter conditions	51
4. STRUCTURAL DESIGN	53
4.1 Design methods, criteria and strategy	53
4.2 Loads and safety factors	55
4.3 Foundation stability	55
4.4 Deformation of structures	57
4.5 Deterioration of materials	57
4.6 Seepage	59
4.7 Seismicity	59
4.8 Equipment and safety devices	61

5. MESURES HYDROLOGIQUES ET MESURES D'AUSCULTATION	62
5.1 Dispositif de mesures hydrologiques	62
5.2 Auscultation des ouvrages	62
5.3 Auscultation sismique	64
6. ÉTUDE ET PROJET DE LA RETENUE	66
6.1 Maîtrise des crues	66
6.2 Stabilité des versants de la retenue	66
6.3 Alluvionnement de la retenue	68
6.4 Glace et corps flottants	68
6.5 Protection de l'environnement	70
6.6 Annonce des crues	70
7. INSTRUCTIONS POUR LES INSPECTIONS DE SÉCURITÉ	72
7.1 Programme d'inspection	72
7.2 Méthodes et procédures d'inspection	72
8. PLAN ET PROCÉDURES D'ALERTE	74
8.1 Plan d'alerte	74
8.2 Système d'alerte	74
9. PROBLÈMES SPÉCIFIQUES AUX RIVIÈRES INTERNATIONALES	76
9.1 Sécurité de l'ouvrage et de son exploitation	76
9.2 Coordination dans l'étude des systèmes d'alerte	76
10. AGRANDISSEMENT, MODIFICATION, RESTAURATION, RÉPARATION ET ABANDON	80
10.1 Procédures d'étude	80
10.2 Principes et critères de projet	80
11. APPROBATION DU PROJET	82
11.1 Projet initial	82
11.2 Études concernant l'agrandissement, la modification, la réparation	84
C. CONSTRUCTION	86
12. PROBLÈMES DE CONSTRUCTION LIÉS AU PROJET	88
12.1 Modifications apportées au projet en cours de travaux	88
12.2 Méthodes et matériels de construction	88
12.3 Contrôle général et inspection des travaux de construction	88
13. MAÎTRISE DE LA RIVIÈRE ET REMPLISSAGE DE LA RETENUE	94
13.1 Dérivation de la rivière	94

5. MONITORING	63
5.1 Hydrological	63
5.2 Structural monitoring	63
5.3 Seismic monitoring	65
6. RESERVOIR PLANNING AND DESIGN	67
6.1 Flood handling	67
6.2 Reservoir bank stability	67
6.3 Reservoir sedimentation	69
6.4 Ice and floating debris	69
6.5 Environmental safety	71
6.6 Flood warning	71
7. INSTRUCTIONS FOR SAFETY INSPECTION	73
7.1 Inspection schedule	73
7.2 Inspection methods and procedures	73
8. EMERGENCY PLAN AND PROCEDURES	75
8.1 Emergency operations plan	75
8.2 Emergency warning	75
9. SPECIFIC ASPECTS RELATED TO BOUNDARY RIVERS	77
9.1 Structural and operational safety	77
9.2 Coordination of emergency warning systems	77
10. ENLARGEMENT, ALTERATION, REHABILITATION, REPAIR AND ABANDONMENT	81
10.1 Design procedures	81
10.2 Principles and criteria of design	81
11. APPROVAL OF DESIGN	83
11.1 Original design	83
11.2 Design work for enlargement, alteration and repair	85
 C. CONSTRUCTION	 87
12. DESIGN-RELATED CONSTRUCTION ASPECTS	89
12.1 Field changes to design	89
12.2 Construction methods and equipment	89
12.3 Construction supervision and inspection	89
13. RIVER HANDLING AND RESERVOIR IMPOUNDMENT	95
13.1 River diversion	95

13.2 Premier remplissage de la retenue	94
14. PRÉCAUTIONS DANS LES SITUATIONS CRITIQUES PENDANT LA CONSTRUCTION	98
14.1 Mesures préventives dans les situations critiques	98
14.2 Surveillance et avis d'alerte	98
15. RISQUES CONCERNANT LA SANTÉ PUBLIQUE ET L'ENVIRONNEMENT	100
15.1 Hygiène	100
15.2 Précautions sanitaires	100
16. MODIFICATION OU RÉPARATION DE BARRAGES ET DE RETENUES EXISTANTS	102
16.1 Chantiers importants	102
16.2 Réparations mineures	102
D. EXPLOITATION	104
17. ÉVACUATION ET MAITRISE DES CRUES	106
17.1 Régime des crues et exploitation de la retenue	106
17.2 Évacuation des crues	106
17.3 Dispositif d'annonce des crues et maîtrise des crues	108
18. TENUE DU BARRAGE ET SÉCURITÉ DE FONCTIONNEMENT	110
18.1 Charges et déformations des ouvrages	110
18.2 Observations visuelles des ouvrages	110
18.3 Inspection des parties immergées	112
18.4 Percolation et drainage	112
18.5 Matériels électrique et mécanique	114
18.6 Fondations et appuis	116
18.7 Réponse aux séismes	116
18.8 Système de communication	116
19. SÉCURITÉ DE L'EXPLOITATION DE LA RETENUE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT	118
19.1 Sécurité de l'exploitation de la retenue	118
19.2 Surveillance de la protection de l'environnement	118
20. AUSCULTATION ET INSPECTION	122
20.1 Auscultation courante	122
20.2 Inspection courante	122
21. PRÉCAUTIONS ET OPÉRATIONS DANS LES SITUATIONS CRITIQUES	126
21.1 Mesures préventives et précautions	126
21.2 Mesures d'urgence en exploitation	128

13.2	First reservoir filling	95
14.	CONSTRUCTION EMERGENCY PRECAUTIONS	99
14.1	Emergency prevention	99
14.2	Emergency surveillance and notice	99
15.	PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS	101
15.1	Health care	101
15.2	Sanitary precautions	101
16.	ALTERATION OR REPAIR OF EXISTING DAMS AND RESER- VOIRS	103
16.1	Major contracts	103
16.2	Minor repair work	103
D.	OPERATION	105
17.	FLOOD DISCHARGE AND FLOOD CONTROL	107
17.1	Flood pattern and reservoir operation	107
17.2	Flood discharge	107
17.3	Flood warning and flood control	109
18.	STRUCTURAL INTEGRITY AND OPERATIONAL SAFETY	111
18.1	Loading and deformation of structures	111
18.2	Visual examination of structures	111
18.3	Underwater inspection	113
18.4	Seepage and drainage	113
18.5	Electrical and mechanical equipment	115
18.6	Foundation and abutments	117
18.7	Response to seismic activity	117
18.8	Communication systems	117
19.	RESERVOIR OPERATION AND ENVIRONMENTAL SAFETY	119
19.1	Safety of reservoir operation	119
19.2	Surveillance of environmental safety	119
20.	MONITORING AND INSPECTION	123
20.1	Monitoring routines	123
20.2	Inspection routines	123
21.	EMERGENCY PRECAUTIONS AND OPERATION	127
21.1	Preventive and precautionary measures	127
21.2	Emergency operation requirements	129

21.3	Coordination des opérations d'urgence dans les bassins des rivières internationales	130
22.	CLASSEMENT DES RISQUES; INCIDENTS ET ACCIDENTS ..	132
22.1	Niveaux de risques des barrages existants	132
22.2	Incidents et accidents	132
E.	ABANDON	134
23.	OUVRAGES RESTANTS	136
23.1	Autorisation d'abandon	136
23.2	Démolition des ouvrages	136
24.	ÉCOULEMENT DE LA RIVIÈRE ET PASSAGE DES CRUES	140
24.1	Rétablissement des conditions naturelles	140
24.2	Mesures préventives de sécurité à l'aval	140
25.	SURVEILLANCE DES SITES ABANDONNÉS	142
25.1	Inspection	142
25.2	Documentation	142
	ANNEXE - Répertoire pour le contrôle de la sécurité des barrages	144
●	Dispositions générales	144
●	Étude et projet	152
●	Construction	162
●	Exploitation et entretien	170
●	Abandon	182

21.3 Coordination of emergency operations in river basins crossing boundaries	131
22. HAZARD RATING; INCIDENTS AND ACCIDENTS	133
22.1 Hazard rating of existing dams	133
22.2 Incidents and accidents	133
E. ABANDONMENT	135
23. REMAINING STRUCTURES	137
23.1 Approval of deactivation	137
23.2 Removal of structures	137
24. RIVER FLOW AND FLOOD DISCHARGE	141
24.1 Restoration of natural conditions	141
24.2 Downstream safety precautions	141
25. SURVEILLANCE OF ABANDONED DAM SITES	143
25.1 Safety inspection	143
25.2 Safety records	143
APPENDIX : Checklist for Dam Safety	145
● General instructions	145
● Design	153
● Construction	163
● Operation and maintenance	171
● Abandonment	183

AVANT-PROPOS

Lors du Congrès International des Grands Barrages de New Delhi, en 1979, une action plus directe et plus vigoureuse de la CIGB dans le domaine de la sécurité des barrages fut souhaitée. En 1980, un Comité *ad hoc* fut constitué pour examiner cette question et proposer un projet de mission. Suivant la recommandation du Comité *ad hoc*, un nouveau Comité Technique, le Comité de la Sécurité des Barrages, a été créé lors de la Réunion Exécutive tenue à Rio de Janeiro, en 1982.

Cette recommandation s'appuyait essentiellement sur trois faits :

- Au cours des dernières années, plusieurs accidents de barrages, avec des conséquences graves, avaient soulevé de l'inquiétude à propos de la sécurité des barrages et avaient souligné la nécessité d'examiner le problème de la sécurité.
- La hauteur des nouveaux barrages et le volume des nouvelles retenues augmentent, tandis que des barrages anciens approchent d'un âge où la détérioration des matériaux et la diminution de la fiabilité de leur exploitation peuvent nécessiter des réparations et des restaurations. A coup sûr, l'augmentation des dimensions des nouveaux barrages et le vieillissement des barrages anciens conduisent à un examen plus rigoureux des problèmes de sécurité.
- Un nombre croissant de barrages sont construits dans des pays ayant peu ou pas d'expérience en matière d'étude, de construction et d'exploitation de barrages. La formalisation de considérations sur la sécurité et la publication d'un sommaire sur les exigences en matière de sécurité feront partie du transfert utile de connaissances techniques vers ces pays.

Le Comité de la Sécurité des Barrages fut chargé de coordonner les travaux de tous les Comités Techniques dans le domaine de la sécurité, d'intervenir si des imperfections ou des lacunes se manifestaient, de définir une doctrine commune de la sécurité et d'établir des recommandations générales sur la sécurité des barrages, telle qu'elle était exposée dans cette doctrine.

Au nom de la CIGB, je tiens à remercier les membres du Comité de leurs précieuses contribution et coopération à la préparation de ce document. Je remercie tout particulièrement Ferdinand M. G. Budweg qui rédigea le premier texte et y apporta les modifications nécessaires. Sans son dévouement et sa persévérance, ce rapport n'aurait pas été mené à son terme. Les avis transmis par divers Comités Nationaux furent très appréciés et servirent à améliorer le document.

Lloyd A. DUSCHA
Président,
Comité de la Sécurité des Barrages

FOREWORD

During the International Congress on Large Dams in New Delhi in 1979, more direct and forceful action by ICOLD in the field of dam safety was suggested. In 1980, an *ad hoc* committee was established to investigate this matter and propose possible terms of reference. Following the recommendation of the *ad hoc* committee, a new technical committee, the Committee on Dam Safety, was formalized during the 1982 Executive Meeting in Rio de Janeiro.

Mainly, three reasons led to this recommendation :

- Several dam incidents with severe consequences during recent years had given rise to general concern about the safety of dams, and indicated the necessity for a formal safety approach.
- The height of new dams and the volume of new reservoirs is increasing, while many older dams are approaching an age at which material deterioration and decreasing operational reliability may dictate some repair and upgrading. Certainly, both the growing dimensions of new dams and the aging of older dams suggest a more rigid approach to safety aspects.
- An ever increasing number of dams is being built in countries with little or no tradition and experience in dam engineering. The formalization of safety considerations and the issuance of summarized safety requirements would be part of the necessary transfer of technological know-how to these countries.

The Committee on Dam Safety was established as a coordinating body to assure an integrated approach of all Technical Committees to safety issues, to guide toward action where shortcomings or gaps may be perceived, to define a common safety philosophy and to prepare general guidelines on dam safety outlined along this philosophy.

On behalf of ICOLD, I wish to thank the members of the Committee for their valued contribution and cooperation in the preparation of this document. A special thank you is owed Ferdinand M. G. Budweg who drafted the original text and incorporated the necessary modifications. Without his dedication and perseverance, this document would not have carried to fruition. The comments furnished by various National Committees were appreciated and served to improve the document.

Lloyd A. Duscha
Chairman, Committee on Dam Safety

Dans le but de définir une doctrine moderne de la sécurité des barrages et de souligner son importance, le Comité a préparé le chapitre suivant :

LA SÉCURITÉ DES BARRAGES - UNE DOCTRINE

L'importance de la sécurité

L'irrigation des terres, les besoins humains et industriels en eau, la production d'énergie électrique, ainsi que la protection contre les crues revêtent une importance capitale dans le monde actuel. Une exploitation efficace des ressources en eau nécessite des barrages créant des retenues en vue de la régularisation des débits, en fonction de la demande, et de la rétention des crues, et créant de la charge pour la dérivation des eaux par gravité ou pour la production d'énergie.

Le nombre, les hauteurs et les longueurs des barrages réalisés à ce jour ont sans cesse augmenté, de même que les problèmes techniques. La localisation des barrages dans des sites moins favorables rend ces problèmes plus complexes.

La rupture d'un barrage est une véritable catastrophe (rupture suivie d'une onde de submersion), avec souvent perte de vies humaines et de biens. Même si seulement la disponibilité de la retenue ou la sûreté de son exploitation est compromise, des intérêts économiques vitaux seront affectés et l'environnement pourra subir des dommages. C'est pourquoi toutes les ruptures ont conduit les maîtres d'ouvrage (propriétaires) et les maîtres d'œuvre à porter une très grande attention à la sécurité des barrages et à considérer celle-ci comme une question prédominante.

Des discussions ont eu lieu récemment, dans de nombreux pays, à propos de la sécurité dans les études techniques et les méthodes de construction, ce qui a conduit à une plus grande conscience publique du problème de la sécurité. Les raisons en sont, d'une part, l'augmentation de la construction des barrages susceptibles de causer d'importants dégâts en cas de rupture et, d'autre part, les accidents ou désastres résultant de la rupture de tels ouvrages. Aussi est-il devenu urgent qu'à travers le monde la sécurité des barrages fasse l'objet de la plus grande attention, d'un large accord et d'une définition aussi précise que possible.

La sécurité d'un barrage résulte de l'élimination de toutes conditions ou évolutions qui pourraient conduire à sa détérioration ou à sa destruction. L'écart entre les conditions pour lesquelles un barrage a été étudié, ou ses conditions actuelles si elles sont différentes de celles du projet, et celles conduisant à sa détérioration ou à sa destruction mesure son niveau de sécurité. Aussi, pour être sûr, un barrage doit-il posséder des réserves pour faire face, non seulement aux situations normales d'exploitation, mais également aux risques exceptionnels qui peuvent se présenter durant sa vie.

Lors de l'examen des problèmes de sécurité pendant l'étude, la construction, l'exploitation, l'entretien et la surveillance des barrages, il importe d'enregistrer et d'étudier toutes informations disponibles sur les incidents inacceptables ou dégâts survenus, sur la dégradation du bon fonctionnement, ou sur les ruptures totales. Le nombre d'incidents en fonction du type et de la hauteur du barrage, de la période d'exploitation et de l'année de la construction, les circonstances et le déroulement de ces incidents, ainsi que les méthodes de détection et les remèdes retenus, constituent des données de la plus grande importance. De telles informations améliorent fortement notre connaissance du comportement des barrages et des retenues; elles permettent de nouveaux progrès dans l'étude, la construction, l'ex-

In an attempt to define the meaning of modern dam safety philosophy and emphasize its importance, the Committee prepared the following statement :

THE SAFETY OF DAMS - A PHILOSOPHY

The Significance of Safety

Water for producing food on irrigated land, water for human consumption and industrial use, water for producing electrical energy, and protection from flood water is vital in today's world. Efficient water resource management requires dams which create storage capacity for the regulation of discharge adjusted to demand and for the retention of floods, and which produce head for diversion by gravity flow and/or for power production.

The number, heights and lengths of dams built to date have been increasing steadily as have the technical problems. Problems have been compounded because it is increasingly necessary to locate dams at less favorable sites.

A dam failure results in a catastrophe (a break followed by a flood wave), often with considerable loss life or property. Even if only the availability of the reservoir or the reliability of its operation is impaired, vital economic interests will be affected, or environmental damage may be incurred. All failures, therefore, have caused dam owners and engineers to give a great deal of care and attention to dam safety and to make safety a predominant factor.

Debates have been going on recently in many countries about safety in technical developments and construction methods in general, which has led to greater public awareness. The reasons for this are, first, the increase in construction of structures which would cause great damage in case of failure; and second, accidents or disasters caused by failure of such structures. As a result, it has become urgent that dam safety worldwide be given the greatest possible concern, profound common understanding, and as precise a definition as possible.

The safety of a dam manifests itself in being free of any conditions or developments that could lead to its deterioration or destruction. The margin which separates the actual conditions of a dam, or the conditions it is designed for, from those leading to its damage or destruction is a measure of its safety. To be safe, therefore, a dam has to be supplied with appropriate reserves, taking into account all reasonably imaginable scenarios of normal utilization and exceptional hazard which it may have to withstand during its life.

In dealing with safety problems during design, construction, operation, maintenance, and surveillance of dams, it is essential to carefully register, process, and study all available information on past incidents of unacceptable performance or damage, impairment of serviceability, or outright failures. The number of incidents in proportion to dam type and dam height, phase of operation and year of construction, the circumstances and course of these incidents, and the method of detection and the remedies devised, represent experience of highest interest. Such information markedly expands our knowledge on the behaviour of dams and reservoirs; this stimulates further improvements in design, construction, operation, maintenance, and surveillance of dams. In this respect, ICOLD Bulletins « Lessons

exploitation, l'entretien et la surveillance des barrages. A ce propos, les Bulletins CIGB « Leçons tirées des accidents de barrages » et « Détérioration de barrages et réservoirs », publiés respectivement en 1974 et 1983, fournissent des renseignements de très grande valeur.

Causes de détérioration et de rupture

Le rapport CIGB sur « La détérioration de barrages et réservoirs », actuellement le recueil le plus complet de données sur les incidents et ruptures de barrages, utilise un système de classification de 216 causes ou types de détérioration affectant les barrages en béton, les barrages en maçonnerie, les barrages en remblai, les ouvrages annexes et les retenues. Cette classification permet une étude statistique très complète; les personnes confrontées à un cas de détérioration peuvent ainsi se reporter à des cas de détérioration de même nature. En résumant les résultats statistiques, on peut dire que les deux causes principales de rupture sont : le déversement par-dessus le barrage et la rupture des fondations.

Les ruptures de barrages en remblai ont eu pour causes principales :

- le déversement par-dessus le barrage, pendant une crue, résultant d'un sous-dimensionnement de l'évacuateur de crues ou du non-fonctionnement des vannes;
- l'érosion interne le long du contact avec la fondation, ou le long du contact du remblai avec les ouvrages annexes adjacents ou noyés dans le remblai, ou le renard dans le remblai lui-même par suite de filtres inadaptés ou inexistants;
- les hétérogénéités dans la fondation ou le barrage, provoquant une rupture de la fondation, ou l'érosion et la suffusion;
- les tassements importants dans la fondation;
- les fissures dues aux tassements, provoquant des renards;
- la liquéfaction.

Les ruptures de barrages en béton ont eu pour causes principales :

- l'insuffisance de résistance au cisaillement et les discontinuités dans la fondation;
- la sous-pression excessive dans la fondation, par suite de l'insuffisance ou de l'absence de drainage;
- le défaut de stabilité du barrage;
- le manque de dispositions pour faire face aux déformations excessives ou différentielles de la fondation;
- le renard et l'érosion dans la fondation, causés par une perméabilité élevée.

Dans plusieurs cas de rupture de barrages, particulièrement de petits barrages, les recherches ont montré que ces barrages n'avaient pas été étudiés par des ingénieurs compétents, ou que leur construction avait été mal dirigée. Dans d'autres cas, les travaux n'avaient pas été exécutés par des entrepreneurs compétents. La plupart des barrages accidentés ne comportaient pas de dispositifs d'auscultation ou d'alerte, ou s'ils en possédaient, ces dispositifs ne fonctionnaient pas. Dans certains cas, il y a eu erreur humaine pendant les reconnaissances du site et l'étude du projet, pendant la construction ou pendant l'exploitation (par exemple, reconnaissances insuffisantes des fondations, données incomplètes sur les matériaux disponibles, mauvais projet, négligence dans la direction des travaux, première mise

from Dam Incidents » (1974) and « Deterioration of Dams and Reservoirs » (1983) provide invaluable sources of information.

Causes of Deterioration and Failure

The ICOLD report on « Deterioration of Dams and Reservoirs », at present the most complete compilation of data on dam incidents and failures, uses a classification system of 216 different causes or types of deterioration affecting concrete dams, masonry dams, embankment dams, appurtenant works and reservoirs. This high degree of differentiation permits very thorough statistical processing and enables those faced with a given deterioration case to have immediate access to known deterioration cases of a similar nature. Summing up statistical details, it becomes obvious that among the main causes of dam failures, two are by far predominant : overtopping and foundation failure.

Embankment dam failure has been caused mainly by :

- overtopping during flood discharge because of inadequate spillway capacity or non-functioning flood gates;
- internal erosion along the dam foundation interface or along the contact of the embankment with adjoining or embedded appurtenant structures, or concentrated piping in the embankment itself because of inadequate or non-existent filter zones;
- non-homogeneity in the foundation or dam, leading to foundation failure or erosion and suffusion;
- large settlements in the foundations;
- cracks following settlements, with resulting piping effects;
- liquefaction.

Failure of concrete dams has been caused mainly by :

- lack of shear strength and discontinuities in the foundation;
- excessive uplift in the foundation because of inadequate or non-existent drainage;
- lack of stability in the dam;
- lack of precautions to cope with excessive or differential deformations of the foundation;
- piping and erosion in the foundation caused by high permeability.

In several cases of dam failure, particularly in smaller dams, investigation has shown that these dams had not been designed by competent engineers, or were not suitably supervised during construction. In other cases, the construction work was not carried out by competent contractors. The majority of failed dams did not have monitoring or warning systems, or had systems that were out of order. In a number of cases, human error was involved during site investigation and design, as well as during construction and operation (e.g. inadequate foundation investigations, incomplete data on available materials, poor design, negligent construction supervision, incompetent first impoundment, incorrect operation of flood gates, insufficient monitoring and data analysis, or lack of preventive measures or repair work). In

en eau mal suivie, mauvaise exploitation des vannes de l'évacuateur de crues, auscultation et analyse des résultats insuffisantes, ou absence de mesures préventives ou de travaux de réparation). Dans un grand nombre de cas, la prise en compte de ces divers problèmes aurait pu éviter la rupture.

La rupture d'un barrage est, en général, un phénomène complexe qui prend naissance normalement à partir d'une anomalie dans le comportement du barrage (défaut initial), qui n'a pas été décelée. La détérioration, souvent non observée, conduit alors à des dommages ou même à une catastrophe. C'est pourquoi l'inspection et l'auscultation des barrages, ainsi que l'analyse et l'interprétation rapides des résultats, jouent un rôle de tout premier ordre en matière de sécurité de barrage. Des informations sur les méthodes ayant permis de détecter, tout à fait au début, des détériorations et des comportements défectueux de barrages, ou d'éviter des ruptures, sont particulièrement utiles aux études et projets des dispositifs d'auscultation et d'alerte.

Étude quantitative de la sécurité d'un barrage

Dans une certaine mesure, une augmentation de la sécurité d'un barrage entraîne une augmentation du coût. Pour tout projet de barrage, un équilibre doit être trouvé entre la sécurité et le coût. Les exigences de sécurité seront naturellement plus fortes si la rupture met en danger des vies humaines. Ceci est particulièrement vrai si la rupture affecte un grand nombre de personnes, à la différence d'autres ouvrages d'art dont la rupture ne concerne que les utilisateurs. L'analyse du risque dans le cadre d'une optimisation mathématique du problème implique une évaluation de la sécurité totale du barrage. Un motif d'une telle évaluation vient du souhait de comparer les risques de certaines réalisations techniques avec ceux d'autres réalisations que l'on a déjà acceptés. L'assurance des barrages encouragera aussi une telle tentative.

En vue d'évaluer la sécurité et la fiabilité des barrages, on a essayé de leur appliquer les méthodes modernes probabilistes mises au point avec succès pour s'assurer de la qualité des ouvrages d'art. Cependant, les grands barrages diffèrent, en de nombreux points, des autres ouvrages d'art. Bien que des modèles de calcul simplifiés aient été présentés, il n'est pas encore possible (et il ne le sera pas probablement dans un proche avenir) de calculer la probabilité globale de rupture pour un barrage donné et dans des limites de confiance significatives.

Néanmoins, les méthodes probabilistes sont appliquées avec succès à des problèmes particuliers faisant partie du domaine de la sécurité. L'évaluation probabiliste de la crue de projet pour un évacuateur de crues, associée à la prévision du niveau de la retenue au moment de l'arrivée de la crue, est maintenant une étude courante. Le choix du « séisme de projet » est aussi basé sur des considérations probabilistes. L'application de ces méthodes d'étude du risque au choix des critères de projet pour les crues et les séismes soulève, cependant, la difficile question de la valeur de la vie humaine.

Le grand nombre d'essais effectués sur les matériaux pendant la construction font que les structures elles-mêmes s'adaptent bien à l'évaluation probabiliste. Pendant des décennies, le coefficient de sécurité exigé pour la résistance du béton a été défini comme une fonction de l'écart-type des résultats des essais. Plus récemment, la théorie de la confiance et l'évaluation du risque ont été appliquées

many cases, the failure could have been avoided if some of these points had been observed.

The failure of a dam is, in general, a complex process which normally begins with some abnormality in behavior (an initial fault) which is not detected. Consequent deterioration, often not observed, then leads to further damage or even disaster. This is why inspection and monitoring of dams, as well as rapid data analysis and interpretation, can play a critical role in the field of dam safety. Information on the methods by which deterioration and faulty performance of dams have first been detected — or by which failures have been prevented — should contribute to the layout and design of monitoring and warning systems.

The Quantification of Dam Safety

To a certain degree, an increase in dam safety involves an increase in cost. For every dam project, a balance has to be found between dam safety and economy. Safety requirements, of course, are higher if human life would be threatened by a failure. This is especially true if the failure would affect large numbers of people, unlike other civil engineering structures the failure of which would affect the users only. Risk analysis for the mathematical optimization of the problem would involve an assessment of the overall safety of the dam. A motive for such an assessment comes from the desire to compare the risks of certain technical achievements with those others which we have already accepted. Insurance of dams would also encourage such endeavor.

Attempts have been made to apply also to dams the modern probabilistic approach for safety and reliability developed successfully for quality assurance in structural engineering. However, large dams differ from other engineering structures in many respects. Although simplified computation models have been presented, for various reasons it is not yet possible (and probably will not be possible in the near future) to calculate the overall probability of failure for a given dam within meaningful confidence limits.

Nevertheless, probabilistic methods are being applied successfully to separate sections of the entire problem of safety. Probabilistic assessment of the spillway design flood, in conjunction with the prediction of the storage level at the time of inflow, has become routine. Selection of the design earthquake is also based on probability considerations. The application of these risk methods to the choice of design criteria for floods and earthquakes involves, however, the contentious question of the value of human life.

The large number of material tests carried out during construction makes structures themselves particularly well suited to probabilistic evaluation. For decades, the safety factor required for concrete strength has been defined as a function of standard deviation of test results. More recently, reliability theory and risk evaluation have been introduced successfully to slope stability and soil foundations.

à l'étude de la stabilité des talus et à l'étude des fondations. Cependant, le problème des fondations rocheuses présentant des discontinuités est plus difficile. En règle générale, un petit nombre d'essais *in situ* sont seulement effectués pour déterminer les caractéristiques mécaniques de la fondation, et, de ce fait, la distribution probabiliste présente un degré très élevé d'incertitude, en particulier dans les zones où les courbes de distribution « capacité » et « demande » se chevauchent.

A ce propos, il faut également se rappeler que seules des courbes de distribution présentant des limites peuvent être utilisées pour représenter les conditions physiques réelles, par exemple dans le cas où les valeurs de résistance ou de charge ne peuvent dépasser certaines limites. De cette façon, la possibilité d'avoir une probabilité nulle de rupture se traduira par des courbes de distribution « capacité » et « demande » ne se chevauchant pas. En outre, nos modèles analytiques rhéologiques ont des limites, principalement pour les fondations complexes, à un degré moindre — mais encore important — pour les remblais, et à un certain degré pour le béton. Un barrage est encore éloigné de la rupture si la résistance est dépassée dans une zone très limitée, mais le phénomène qui prend naissance bien avant la rupture totale (par exemple, redistribution des contraintes, modification des pressions interstitielles et des sous-pressions, érosion interne, propagation des fissures, rupture partielle et progressive) est encore très difficile ou impossible à étudier sur modèle mathématique. Les effets décisifs des dispositifs d'auscultation et d'alerte, ainsi que ceux d'une organisation efficace permettant de faire immédiatement des travaux de réparation ou de prendre des mesures de sécurité, échappent complètement aux modèles analytiques, de même que l'erreur humaine. Un manque d'expérience et de compétence technique et administrative de l'organisme responsable du barrage, une négligence et une insuffisance d'entretien de l'ouvrage, ou des méthodes d'exploitation inadéquates, sont des facteurs primordiaux dans les problèmes de sécurité des barrages, mais ils ne peuvent être pris en compte dans une évaluation probabiliste. Dans la plupart des cas, le calcul de la probabilité globale de rupture d'un barrage donné exigera tant d'hypothèses, affectées d'une incertitude tellement élevée, que le résultat final n'aura aucune valeur pratique pour l'étude de l'ouvrage et l'appréciation de sa sécurité.

Les difficultés actuelles de la détermination, par la méthode probabiliste, de la valeur pratique de la sécurité globale, ainsi que les perspectives à court terme, ne doivent pas cependant freiner les recherches théoriques et les études comparatives. En particulier, elles ne doivent, en aucune façon, dissuader d'appliquer et de développer les méthodes modernes probabilistes pour ces aspects partiels de la sécurité des barrages, où il y a des résultats indéniables et prouvés.

C'est pourquoi la tendance est de s'éloigner du concept déterministe des coefficients de sécurité, prédominant actuellement encore, et de se rapprocher du concept semi-probabiliste des coefficients de sécurité partiels (ainsi que cela est étudié par le Comité des Calculs et de la Conception des Barrages). D'autre part, une représentation statistique, tirée du recensement des ruptures et du nombre de barrages existants, n'est pas applicable à un barrage donné et serait défavorable pour un barrage soigneusement étudié, construit, exploité et entretenu par des ingénieurs compétents.

Bien que nous soyons encore loin de posséder une méthode pratique pour quantifier la sécurité globale d'un barrage, seul existe un petit nombre d'incertitudes pour parvenir à la sécurité maximale d'un barrage; et cela est obtenu en exigeant

Discontinuous rock in the foundation, however, is much more difficult. As a rule, only a few *in situ* tests can be carried out to determine the foundation's mechanical properties, and thus the probability distribution can be assumed only with a high degree of uncertainty, especially in those sections where the distribution curves for « capacity » and « demand » overlap.

In this connection, it also should be borne in mind that only limited distribution curves can be used to reflect the real physical conditions, e.g., where the values of strength or load cannot exceed certain limits. In this way the possibility of having zero probability of failure would be recognized by having distribution curves for « capacity » and « demand » which do not overlap. Furthermore, our analytical models describing stress-strain behavior have their limitations, very much so for complex foundations, less — but still considerable — for embankment fill, and to a certain degree even for concrete. A dam is still far from failure if strength is surpassed in a very limited location, but the phenomena which start long before total failure (such as redistribution of stress, modification of pore pressure and uplift, internal erosion, crack propagation, partial and progressive failure) are still extremely difficult or inaccessible for analytical modeling. Also, the decisive influence of monitoring and warning systems, and of an efficient organization to take immediate action with remedial measures or emergency strategies, completely eludes analytical modeling, as does human error. Lack of experience and of technical and administrative competence within the organization responsible for the dam, negligent and insufficient maintenance, or inadequate procedures for operation are decisive factors in dam safety, but they cannot be taken into account by a probabilistic assessment. In most cases, computation of the overall probability of failure of a given dam would require so many assumptions, affected by such a high degree of uncertainty, that the final figure would not be of any practical value for project design and a judgment of its safety.

This inevitably reserved assessment of the practical value of a probabilistic approach for the calculation of overall safety at present, as well as its prospects in the foreseeable future, should not however, discourage further theoretical investigations and comparative studies. In particular, it should by no means dissuade from further application and development of modern probabilistic methods for those partial aspects of dam safety where there are undeniable and proven merits.

The trend, therefore, goes from the presently still predominant deterministic concept of safety factors to a semi-probabilistic method of partial safety factors (as studied by the Committee on Analysis of Dams). On the other hand, a statistical figure derived from historical records of failure and the number of existing dams has no relevance to an individual dam and would do injustice to a dam carefully designed, constructed, operated and maintained by competent engineers.

Although we are still far from having a workable method for quantifying the overall safety of a dam, we have only a few uncertainties about the way to achieve maximum dam safety; namely, by having all levels of personnel assigned to a dam

qu'à tous les niveaux le personnel fasse preuve d'une attention et d'une compétence absolues dans tous les domaines de l'étude, de la construction, de l'exploitation et de l'entretien des barrages.

Les « Recommandations relatives à la sécurité des barrages » ainsi que le document annexé « Répertoire pour le contrôle de la sécurité des barrages » se proposent de passer en revue tous les éléments relatifs au projet, à la construction, à l'exploitation, à l'entretien et à la surveillance des barrages, qui doivent être pris en compte dans tous les scénarios susceptibles de se manifester durant la vie d'un barrage. Ces recommandations indiquent également les mesures, procédures et stratégies destinées à obtenir, pour le barrage, le niveau de sécurité le plus élevé, économiquement acceptable. Ces documents seront complétés par les informations sur la sécurité des barrages, contenues dans divers rapports particuliers préparés par d'autres Comités Techniques de la CIGB, qui ont déjà été publiés ou le seront sous la forme de Bulletins de la CIGB. Il est souhaité que le document « Recommandations relatives à la sécurité des barrages » constitue un guide pratique pour améliorer la sécurité des barrages dans le monde.

Les problèmes relatifs à la sécurité de l'exploitation d'un barrage doivent être examinés dès le début des études du projet et le contrôle de la sécurité de l'ouvrage doit commencer dès le début de sa construction. La sécurité passe avant toutes les autres considérations, financières, économiques, etc.

Les présentes recommandations concernent principalement les grands barrages, tels que définis par la CIGB, mais elles peuvent également s'appliquer aux petits barrages pour évaluer et améliorer leur sécurité.

Ces recommandations ont été préparées dans l'intention de rassembler les principes et exigences fondamentaux qui régissent la doctrine, les méthodes et les procédures de l'organisation, de la surveillance et de l'évaluation de la sécurité des barrages et des retenues. A dessein, ce sont des recommandations qui sont présentées, plutôt que des règlements obligatoires, et les détails n'ont été abordés que lorsque cela était nécessaire pour la compréhension des principes.

Ces recommandations visent principalement à encourager et faciliter l'établissement de règlements nationaux sur la sécurité des barrages. Elles peuvent servir de modèle et elles seront adaptées et complétées pour tenir compte des prescriptions particulières légales, socio-économiques et technologiques de chaque pays; dans leur mise au point interviendront également les conditions naturelles, institutionnelles et de mise en application, spécifiques à chaque pays, ainsi que le caractère particulier que le pays en question souhaitera donner à ses règlements relatifs à la sécurité des barrages. La présente version correspond à l'état actuel de l'ingénierie et de l'exploitation des barrages. Le texte devra être revu et mis à jour périodiquement pour tenir compte de l'évolution technologique.

Dans ce contexte, on suppose que les méthodes et techniques utilisées dans les études, la construction, l'exploitation et l'entretien des barrages et retenues correspondent à l'état actuel de la technologie et sont suffisamment précises pour donner des résultats dignes de confiance. Aussi, les recommandations ne traitent-elles pas des détails ou pratiques spécifiques de projet, de construction, d'exploitation ou d'entretien. Ceux-ci font partie des travaux des Comités Techniques de la CIGB, portant sur des domaines particuliers, ouvrages ou matériaux, y compris les problèmes de sécurité s'y rapportant. Pour cette raison, il est fortement recommandé

project apply the utmost care and competence to every aspect and phase of its design, construction, operation and maintenance.

The « Dam Safety Guidelines », together with the appended « Checklist on Dam Safety », are intended to offer a comprehensive review of all items of dam design, construction, operation, maintenance and surveillance that should be considered against the background of all scenarios that could be expected to occur during the life of a dam. These guides also recommend the measures, procedures and strategies to achieve the highest, economically reasonable level of dam safety. They will be complemented by the valuable information concerning dam safety which is contained in various special reports prepared by other Technical Committees of ICOLD that either have already been or will be published as ICOLD Bulletins. It is hoped that the « Dam Safety Guidelines » turns out to be a practical aid to improve the safety of dams all over the world.

Considerations aimed specifically at the safe operation of a dam must be taken into account from the beginning of its design, and active safety surveillance should begin with the commencement of construction. Safety must take precedence over financial, economic and, indeed, all other considerations.

The following guidelines are intended to apply mainly to large dams as defined by ICOLD, but they may, and should be, used as applicable to assess and improve the safety of small dams.

The guidelines have been prepared with the intent to compile the basic principles and requirements which govern the philosophy, methods and procedures of the management, surveillance and evaluation of the safety of dams and reservoirs. Purposely, they are presented in the form of recommendations, rather than binding regulations, and details have only been dealt with as necessary to make the principles understandable.

The guidelines are mainly intended to stimulate and facilitate the development of national dam safety regulations. They may be used as a model to be shaped and complemented by the specific legal, socio-economic and technological requirements of each country, taking into account its particular natural, operational and institutional conditions and the individual character each country wants to give to its dam safety regulations. The present version corresponds to the current state-of-the-art of dam engineering and operation. The text will have to be revised and updated periodically to keep pace with the advance of technological evolution.

In this context, it is assumed that the methods and techniques employed for the design, construction, operation and maintenance of a dam and reservoir correspond to the actual knowledge of technology and are sufficiently precise and accurate to yield reliable and safe results. Therefore, the guidelines do not deal with specific design, construction, operating or maintenance details or practices. The latter are part of the work of those Technical Committees of ICOLD that take care of particular fields of specialization, structures or materials, inclusive of pertinent safety-related aspects. For this reason, it is strongly recommended that the guidelines

d'utiliser les recommandations avec les autres publications CIGB concernant les divers sujets traités dans les chapitres suivants.

Ces recommandations ne sont pas destinées à être utilisées comme règles ou normes dans la technologie des barrages. L'objectif immédiat est d'encourager tous les pays-membres de la CIGB à examiner les problèmes de la sécurité des barrages. Les aspects techniques de la sécurité des barrages sont principalement traités dans le présent document, étant donné qu'ils sont valables partout, avec seulement de légères différences d'un pays à l'autre. Les aspects légaux ne sont abordés que pour indiquer les conditions minimales requises pour donner à la sécurité des barrages une base légale. Tous les autres aspects réglementaires seront examinés par des commissions ou organismes nationaux chargés des problèmes de sécurité des barrages.

Même s'il existe des normes, des règlements, des méthodes d'étude et d'entretien, et des règles d'exploitation valables et complets, ils ne peuvent, en aucune façon, remplacer le jugement sûr basé sur l'expérience. Un des principaux objectifs des présentes recommandations est de stimuler ce jugement. En vue de tirer le maximum de profit des progrès réalisés dans la technique des barrages et d'améliorer les capacités de jugement, tout sera fait pour accroître la compétence technique des personnels des études, des travaux et de l'exploitation, et pour les tenir au courant des progrès techniques, ceci grâce à une formation continue de quelque nature qu'elle soit.

Les mesures préventives relatives à la sécurité seront d'autant plus efficaces que le projet, la construction et l'exploitation d'un barrage et d'une retenue seront considérés comme un ensemble fonctionnel. C'est pourquoi il est souhaitable de maintenir des relations continues entre les personnels des études et des travaux pendant la construction, et entre les organismes du projet et de l'exploitation pendant toute la période d'exploitation de l'ouvrage.

Un personnel compétent sera choisi pour accomplir les tâches essentielles de conception, d'étude, de construction, d'exploitation et d'entretien. Le personnel des travaux devra avoir suffisamment de connaissances techniques pour comprendre les problèmes et décisions se rapportant aux divers domaines du projet. Tous les postes seront occupés par un personnel compétent, ayant les qualifications requises dans les diverses spécialités. On encouragera les dialogues entre tous les organismes concernés afin de réunir les connaissances, les expériences et les efforts et améliorer ainsi la sécurité.

Il a été prouvé que de nombreux accidents et incidents de barrages étaient dus à des erreurs humaines ou même à des négligences. Alors qu'une méthode probabiliste convient pour déterminer les conditions hydrologiques ou estimer le risque de rupture de l'ouvrage, elle ne peut être utilisée pour quantifier le risque d'erreur humaine. La compétence professionnelle des personnes, à tous les niveaux de l'organisme ou du groupement d'organismes intervenant sur le barrage, depuis le projet initial jusqu'à la mise hors service de l'ouvrage, est la condition préalable la plus importante pour obtenir un fonctionnement sûr de l'ouvrage.

L'ingénierie et la construction des barrages nécessitent un niveau de responsabilité tellement élevé que les barrages ne doivent être étudiés et construits que par des organismes compétents et expérimentés, sous la direction d'un personnel hautement

be used together with other ICOLD publications that refer to the various topics dealt with in the following chapters.

The guidelines are not intended to be used as rules or as standards for the technology of dams. Their immediate objective is to promote a common approach to dam safety by all ICOLD member countries. They refer mainly to the technical aspects of dam safety, since these are valid throughout the world, with only a small variation from one country to another. Legal aspects have been dealt with only as necessary to outline the minimum requisites essential to give dam safety a legal basis. Any further discussion of legal requirements will be the task of national dam safety boards or agencies.

No matter how complete standards, regulations, design and maintenance methods, and operating rules may be, they can in no way replace the exercise of competent and experienced judgement. Stimulation of the latter is one of the main objectives of these guidelines. To take as much advantage as possible of the growing experience in dam engineering and to enhance the personal ability for sound judgement, every possible effort shall be made to improve the technical and managerial competence of the members of design, construction and operation staffs and to keep them abreast of the constantly advancing technological development, by formal and informal training.

Safety-related precautions will gain substantially in effectiveness if the design, construction and operation of a dam and reservoir are considered as a functional unit. It is, therefore, advisable to maintain continuous liaison among the design and construction staffs during construction, and the design and operating organizations throughout the service life of the project.

Adequate and competent technical staffing should be ensured to perform the essential functions of planning, design, construction, operation and maintenance. Sufficient expertise should be available to the construction staff to maintain an understanding of design features and decisions related to the various fields of specialization. All positions shall be staffed by competent personnel with the necessary qualifications in the related fields of specialization. The dialogue between all organizations concerned should be promoted to join knowledge, experience and efforts to improve safety.

Evidence has shown that many dam accidents and incidents can be traced to human error or even negligence. While a probabilistic approach is suitable to assess hydrologic conditions or evaluate the possibility of structural failure, it cannot be used to quantify the occurrence of human error. Professional competence of persons involved at all levels of the organization or group of organizations associated with the dam during its life span, from initial planning to final deactivation, is therefore the most important single prerequisite for a safe service performance.

Dam engineering and dam construction involve such a high degree of responsibility that dams should be designed and built only by competent and experienced organizations under the supervision of highly qualified personnel. It is strongly

qualifié. Il est fortement recommandé qu'un seul organisme ait la responsabilité totale de tout barrage particulier et que cette responsabilité soit définie par une loi.

Le fait de n'avoir pas décelé d'anomalies pendant une longue période n'est pas nécessairement une preuve de la sécurité de l'ouvrage. De graves problèmes peuvent survenir après de nombreuses années de bon fonctionnement. Une vigilance continue, une surveillance et une inspection rigoureuses sont les moyens les plus sûrs de protéger le maître d'ouvrage (propriétaire du barrage), le bureau de projet, l'entrepreneur et le public contre les risques.

Un temps suffisant doit être consacré aux travaux allant des études initiales, reconnaissances *in situ*, projet et construction, jusqu'à l'inspection et l'examen des méthodes d'exploitation et d'entretien. C'est une condition fondamentale pour l'obtention d'un projet parfait, d'une construction solide et d'une exploitation sûre. En règle générale, l'organisme technique qui a étudié le barrage participera au contrôle général des travaux de construction, au premier remplissage de la retenue et, si possible, à l'interprétation des mesures d'auscultation et aux principales inspections au cours de l'exploitation. Ainsi, cet organisme connaîtra tous les problèmes liés au fonctionnement de l'ouvrage, condition nécessaire pour maintenir la bonne tenue de l'ouvrage et la sûreté de son exploitation, ce qui contribuera beaucoup à la sécurité du barrage. Aussi, est-il fortement souhaitable de choisir l'organisme technique sur la base de leurs compétence, expérience et moyens, plutôt que sur des considérations de concurrence ou de coût.

Enfin, un large échange d'expériences sur les problèmes de sécurité des barrages est certainement le moyen le moins coûteux et probablement le plus efficace pour empêcher la répétition d'erreurs dont certaines peuvent être fatales.

recommended that the overall responsibility for the safety of any particular dam should rest with only one organization, and this responsibility should be defined by law.

The fact that no problems have been detected over a long period of time does not necessarily give proof of safety. Serious problems may occur even after many years of trouble-free operation. Rigorous and continuous vigilance, checking and inspection constitute the most reliable basis for the protection of a dam's owner, the designer, the contractor and the public from avoidable risks.

Enough time must be allowed for engineering work from initial planning through field investigations, design and construction to inspection and review of operating and maintenance procedures. This is a basic requirement for thorough design, sound construction and safe operation. As a general rule, the engineering organization that designed the dam should participate in the supervision of its construction, the first filling of its reservoir and, if possible, the evaluation of performance monitoring and major inspections throughout its service life. Thus, this engineering organization will gradually become familiar with all aspects of the project's performance as an important prerequisite of a continuous process of maintaining its structural and operational integrity. This continuity will substantially contribute to the dam's safety. Therefore, it is highly advisable to select the engineering organization primarily on the basis of their competence, experience and reliability rather than on price competition or cost considerations.

And last, but not least, the broad exchange of experience related to dam safety is certainly the cheapest and probably the most effective way to prevent the repetition of errors, some of which may be fatal.

A. GÉNÉRALITÉS

A. GENERAL ASPECTS

1. DÉFINITIONS

Dans tout le texte, les termes et expressions suivants doivent être compris selon les définitions données ci-après. Les termes non mentionnés ci-dessous sont utilisés avec les définitions figurant dans le Bulletin CIGB 31 a (1982) : « Glossaire de termes relatifs aux barrages ».

Abandon (du barrage) : Retrait du barrage de l'exploitation, se traduisant par la vidange complète et permanente de la retenue et le retour de la rivière à son régime d'écoulement naturel, avec ou sans démolition du barrage.

Modification : Tout changement par rapport au projet initial, qui aboutit à des modifications de structure.

Ouvrages et dispositifs annexes : Tous ouvrages, éléments constitutifs et dispositifs liés au barrage par leurs fonctions, comprenant — liste non exhaustive — l'évacuateur de crues, les ouvrages de vidange de fond, les prises d'eau, les conduits hydrauliques, les écluses, les centrales électriques y compris le poste de transformation et les lignes électriques, indépendamment de leur situation par rapport au barrage principal.

Rivière internationale : Rivière qui constitue la frontière entre deux pays voisins ou qui traverse plusieurs pays. Pour des pays où la sécurité des barrages relève de la juridiction d'états (ou provinces) et non de l'administration fédérale, le terme s'applique par analogie aux rivières constituant ou traversant les limites de ces états ou provinces.

Entrepreneur : Société, organisation ou membre d'un groupement, responsable de la construction du barrage et/ou de la retenue, en totalité ou en partie.

Barrage : Toute « barrière », tout remblai (y compris les barrages de stériles) ou tout ouvrage, qui retient ou peut retenir de l'eau, y compris les ouvrages annexes, la fondation et les appuis, ainsi que l'équipement électrique et mécanique, indépendamment de l'utilisation ou de la destination de l'eau stockée. Dans le cas des barrages de stériles, le matériau retenu est habituellement un mélange d'eau et de particules solides.

Bureau de projet : Société ou membre d'un groupement, responsable et réellement chargé du projet du barrage et de la retenue, en totalité ou en partie, indépendamment de l'organisation, compagnie ou agence mère.

Bassin versant : Le bassin versant d'une rivière. Appliqué à un point particulier (par exemple, au site du barrage), le terme traduit la partie de ce bassin qui est drainée par la rivière à l'amont du point de référence.

Agrandissement : Toute modification, augmentation ou adjonction concernant un barrage existant, qui surélève ou permet de surélever la cote maximale, ou donne une sécurité supplémentaire vis-à-vis de la hauteur ou du déferlement des vagues.

Organisme public : Ministère, département, bureau ou tout autre service gouvernemental, chargé, par une loi ou un acte administratif, de la responsabilité du contrôle général des études, de la construction et de l'exploitation des barrages et des retenues. Ce terme s'applique également à tout organisme auquel la totalité ou une partie des tâches et fonctions exécutives ou opérationnelles auront été déléguées par le gouvernement. Dans les pays où la sécurité des barrages relève de la juri-

1. DEFINITIONS

Throughout the text, the following terms and expressions are to be understood as defined in this chapter. Terms not mentioned herein are used according to their definition given in the ICOLD Bulletin 31 a - 1982 : a Glossary of Words and Phrases Related to Dams.

Abandonment (of the dam) : Definite withdrawal of the dam from service marked by the complete and permanent emptying of the reservoir and return of the river to its natural flow regime, with or without demolition of the dam.

Alteration : Any deviation from the original design that results or will result in structural modifications.

Appurtenant works and/or facilities : All structures, components and facilities functionally pertaining to the dam, including, but not limited to, spillway, low level outlet works, intakes and water conduits, locks, and power generating facilities including switchyard and transmission lines, independent of their location in relation to the main dam.

Boundary river : A river that constitutes the national border between two neighboring countries or that flows through more than one country. For countries in which dam safety falls under the jurisdiction of states (or provinces), and not of the Federal administration, the term refers analogously to rivers that constitute or cross state or provincial borders.

Contractor : The company, organization or unit responsible for the construction of the dam and/or reservoir as a whole or as a part.

Dam : Any barrier, fill (including tailings dams) or structure that does or may impound water, inclusive of all appurtenant works and facilities, the foundation and abutments, and the electrical and mechanical equipment, but irrespective of the intended or actual use or destination of the stored water. In the case of tailings dams, the impounded material is usually a mixture of water and solid particles.

Designer : The firm or unit responsible for, and actually entrusted with, the design of the dam and/or reservoir as a whole or as a part, irrespective of the parent organization, company or agency.

Drainage area : The drainage basin of a river. If referred to a particular point (i.e., a dam site), the term is used for the part of that basin which is drained by the river upstream of the point of reference.

Enlargement : Any change in, augmentation of, or addition to, an existing dam that raises or may allow the raising of the maximum reservoir elevation or provides allowance for incremental wave height or wave run-up.

Government agency : Ministry, department, office or any other unit of the national government entrusted by law or administrative act with the responsibility for the general supervision of the safe design, construction and operation of dams and reservoirs, as well as any entity to which all or part of the executive or operational tasks and functions have been delegated by legal power. In countries in which dam safety is under the jurisdiction of states (or provinces), and not of the

diction d'états (ou de provinces) et non de l'administration fédérale, le terme s'applique par analogie au service du gouvernement de l'état ou de la province, responsable de la sécurité des barrages.

Ingénieur conseil indépendant : Personne ou organisation dont les services sont retenus par l'organisme public, le maître d'ouvrage (propriétaire), l'exploitant, le bureau de projet ou l'entrepreneur, pour donner des avis sur des questions ou problèmes spécifiques.

Niveau maximal de retenue : Niveau maximal admis pour le plan d'eau dans la retenue, déterminé par la revanche minimale autorisée.

Niveau normal de retenue : Niveau maximal du plan d'eau dans la retenue, dans les conditions normales d'exploitation.

Exploitant : Personne, société, organisation, service public ou compagnie, responsable de la surveillance, de l'exploitation, de l'entretien du barrage, de la retenue et des ouvrages annexes.

Maître d'ouvrage (propriétaire) : Personne, société, organisation, service public ou compagnie, qui détient le titre légal de propriété ou de concession du site du barrage, du barrage et de la retenue.

Réparation, restauration : Opération destinée à restaurer un barrage (ou une retenue) endommagé, détérioré ou dangereux, afin de le rendre sûr et exploitable. Cette opération comprend les études, l'exécution des travaux de réparation et le contrôle du fonctionnement après réparation.

Retenue : Retenue d'eau créée par un ou plusieurs barrages ou digues, incluant les rives et versants et tout ouvrage ou toute installation nécessaire à son exploitation.

Code de sécurité : Recueil unifié de tous les règlements et prescriptions légales relatifs à la sécurité, s'appliquant à l'étude, à la construction et à l'exploitation des barrages et retenues; ou code de critères de sécurité recommandés aux maîtres d'ouvrage (propriétaires), ou volontairement adoptés par ceux-ci.

Federal administration, the term government agency applies analogously to the unit of the state (or provincial) government responsible for dam safety.

Independent consultant : A person or organization whose services are retained by the government agency, the owner, the operator, the designer or the contractor, for advice as to specific questions or problems.

Maximum reservoir level : Maximum allowable elevation of water surface in the reservoir determined by the approved minimum freeboard.

Normal reservoir level : The maximum elevation of water surface in the reservoir under normal operating conditions.

Operator : The person, company, organization, government unit, public utility, corporation or entity which is responsible for the control, operation and maintenance of the dam and/or reservoir and the appurtenant works.

Owner : The person, company, organization, government unit, public utility, corporation or entity which retains the legal property title on the dam site, dam and/or reservoir.

Repair, Rehabilitation : The act of restoring a damaged, deteriorating or otherwise unsafe dam or reservoir to safe structural and/or operational conditions, including engineering, execution of remedial construction work and performance testing.

Reservoir : The water body impounded by one or more dams or dikes, inclusive of its shores and banks and of any facility or installation necessary for its operation.

Safety code : The consolidated compilation of all safety-related legal requirements and regulations referring to the design, construction and operation of dams and reservoirs; or, alternatively, a code of safety criteria recommended to, or voluntarily adopted by, dam owners.

2. DISPOSITIONS GÉNÉRALES

2.1. ORGANISME PUBLIC

2.1.1. De préférence, un seul organisme public est désigné par la loi comme responsable unique, chargé de la coordination et de la mise en œuvre des règlements concernant la sécurité des barrages, ainsi que du contrôle des études, de la construction, de l'exploitation et de l'abandon définitif des barrages et retenues. Si cela n'est pas possible, les responsabilités, pouvoirs et champs d'action de chacun des organismes publics doivent être clairement précisés afin d'éviter les contradictions et les recouvrements. Tout organisme public a qualité pour déléguer, sous sa seule responsabilité, tout ou partie de ses fonctions à d'autres organisations ou services de l'administration centrale, régionale ou locale, qui agiront en qualité d'agents et de représentants de ces organisations ou services.

2.1.2. Les maîtres d'ouvrage (propriétaires) et exploitants de barrages, de même que les services publics à tous les niveaux, doivent appliquer les ordonnances et instructions de l'organisme public.

2.1.3. Tous les postes au sein de l'organisme public investi des pouvoirs et de l'autorité concernant la sécurité des barrages sont occupés par des professionnels titulaires (là où de telles affectations sont exigées par la loi), suivant les connaissances professionnelles principales et l'expérience requises pour chaque poste particulier, et, de toute façon, par du personnel tout à fait qualifié et expérimenté.

2.2. MAITRES D'OUVRAGE (PROPRIÉTAIRES) ET EXPLOITANTS

2.2.1. Dans le cas de tout changement ou transfert de propriété ou de responsabilité afférente à l'exploitation d'un barrage ou d'une retenue, le maître d'ouvrage (propriétaire) doit notifier immédiatement à l'organisme public la nouvelle situation.

2.2.2. Les obligations des maîtres d'ouvrage (propriétaires) et exploitants de barrages et retenues vis-à-vis des tiers sont régies par la loi nationale ou provinciale en vigueur. Dans le cas de la construction et de l'exploitation d'un barrage et d'une retenue situés sur une rivière internationale, les obligations du maître d'ouvrage (propriétaire) et de l'exploitant peuvent être étendues au-delà de celles fixées par la loi nationale, conformément au traité international.

2.2.3. La responsabilité du maître d'ouvrage (propriétaire) et de l'exploitant pour la mise en service et l'exploitation d'un barrage est exercée par des ingénieurs habilités par le gouvernement, là où de telles affectations sont exigées par la loi, et de toute façon par des ingénieurs ayant une qualification et une expérience appropriées.

2.2.4. L'exploitant doit immédiatement informer l'organisme public de tout événement, anomalie ou défaut qui affecte ou peut affecter la sécurité du barrage ou de la retenue.

2. GENERAL PROVISIONS

2.1. GOVERNMENT AGENCY

2.1.1. Preferably, only one government agency should be entrusted by law, as the sole responsible unit, with the coordination and implementation of dam safety regulations and with the overview of the design, construction, operation and final deactivation of dams and reservoirs. If this should not be feasible or suitable, the responsibilities, powers and fields of action of each of several government agencies must be clearly defined and determined in order to avoid contradictions and overlapping. Any government agency should have the authority to delegate, under its own exclusive responsibility, all or part of its executive and/or operational functions to other organizations or units of the central, regional or local administration that act as its agents and representatives.

2.1.2. The edicts and orders of the government agency should be binding upon dam owners and operators as well as other government units of any level.

2.1.3. All positions within the government agency vested with decision-making powers or authority regarding the safety of dams should be occupied by publicly licensed professionals, where such public licensing is required by law, in accordance with the principal professional knowledge and experience required for each particular position, and in any case by suitably qualified and experienced professional staff.

2.2. OWNERS AND OPERATORS

2.2.1. In the event of any change or transfer of ownership or responsibility for operation of a dam or reservoir, the owner should notify the government agency immediately of the new conditions.

2.2.2. The liability of owners and operators of dams and reservoirs to third parties shall be governed by the established national or state law, whichever is applicable. In case of the construction and operation of a dam and reservoir on a boundary river, the owner's and/or operator's liability may be extended beyond that fixed by national law, in accordance with an international treaty.

2.2.3. The owner's and/or operator's responsibility for the implementation and/or operation of a dam and reservoir should be exercised by publicly licensed engineers, where such public licensing is required by law, and in any case by engineers who are suitably qualified and experienced.

2.2.4. The operator should be obliged to immediately inform the government agency of any occurrence, distress or deficiency that affects or may affect the safety of the dam or reservoir.

2.3. ÉQUIPES ET PROCÉDURES D'INSPECTION

2.3.1. Une équipe d'inspection permanente est constituée pour chaque barrage et retenue. Cette équipe a à sa tête un « généraliste » en ingénierie des barrages et comprend, si possible, un représentant du bureau de projet et un représentant de l'exploitant. Tous les membres de l'équipe d'inspection sont ou se mettent au courant des particularités du barrage et de la retenue à inspecter. S'il n'y a pas d'inconvénient et si cela est possible dans les conditions indiquées, la même équipe peut être chargée de l'inspection de plusieurs barrages et retenues. Les inspections peuvent être effectuées par des ingénieurs conseils indépendants si l'organisme public, le maître d'ouvrage (propriétaire) ou l'exploitant le juge nécessaire.

2.3.2. En l'absence de loi ou de réglementation relative à l'équipe d'inspection, celle-ci est constituée par le maître d'ouvrage (propriétaire) qui conserve la responsabilité principale de la sécurité du barrage. Cependant, l'organisme public a le droit d'intervenir dans l'inspection des barrages si les circonstances l'exigent.

2.3.3. Outre les membres désignés de l'équipe d'inspection, des experts peuvent être utilisés pour l'examen de problèmes particuliers.

2.3.4. L'équipe d'inspection et, dans la mesure où la loi le précise, ses membres individuels sont responsables de la recommandation des mesures à prendre pour maintenir, améliorer ou rétablir la sécurité du barrage. C'est pourquoi ils doivent être investis des pouvoirs pour prescrire tout type de recherche ou d'essai nécessaire, pour exiger les réparations et, s'il y a danger imminent ou situation critique, pour donner l'ordre d'abaisser et de vider la retenue. L'équipe d'inspection en rend compte directement au maître d'ouvrage (propriétaire), en informant simultanément l'exploitant et l'organisme public.

2.3.5. Chaque barrage et sa retenue sont inspectés à des intervalles réguliers ne dépassant pas cinq ans. Une inspection spéciale des parties de barrage concernées a lieu immédiatement après une crue ou tout événement exceptionnel, tel que séisme, tentative de sabotage, ... Les inspections courantes des dispositifs, installations et équipements nécessaires à une exploitation et un comportement sûrs du barrage sont faites, à intervalles rapprochés, par le personnel d'exploitation. Les dispositions courantes, les objectifs et les procédures d'inspection sont revus périodiquement afin d'éviter de possibles lacunes. Des répertoires pour les inspections régulières et spéciales sont très utiles (voir chapitre 20.2).

2.3.6. Les constatations et résultats de chaque inspection générale ou spéciale font l'objet d'un rapport officiel. Chaque partie du rapport est signée par les membres de l'équipe d'inspection et les experts y participant, responsables de cette partie. Les désaccords sur les constatations ou conclusions, susceptibles d'exister entre les personnes chargées de l'inspection, sont relatés dans le rapport. Si un membre de l'équipe d'inspection est le représentant d'une société, organisme ou compagnie, sa signature couvre aussi l'organisation qu'il représente.

2.3.7. Dès qu'ils sont disponibles, les rapports d'inspection sont mis en circulation auprès des personnes et services concernés, responsables de la sécurité du barrage et de la retenue inspectés.

2.3. INSPECTION TEAMS AND PROCEDURES

2.3.1. A standing inspection team should be established for every dam and reservoir. This team should be headed by a dam engineering « generalist » and include, if possible, at least one representative each of the designer and of the operator. All members of the inspection team must be or become familiar with the particulars of the dam and the reservoir to be inspected. If convenient and feasible under the conditions mentioned, the same team may be assigned to the inspection of more than one dam and reservoir. Inspections by independent consultants may be done if deemed necessary by the government agency, the owner or the operator.

2.3.2. If not required otherwise by law or administrative regulation, the inspection team should be established by the owner who retains the prime responsibility for the dam's safety. However, the government agency should have the right of intervention in dam inspection if circumstances so require.

2.3.3. Besides the designated members of the inspection team, expertise must be available for the investigation of special problems.

2.3.4. The inspection team and, as far as determined by law, its individual members should be responsible for the recommendation of necessary steps to be taken to maintain, improve or restore the safety of the dam. Therefore, they must be vested with the powers to specify any type of investigation or testing necessary for reaching definite conclusions, request corrective measures and, if required due to imminent danger or emergency, order the lowering and emptying of the reservoir. The inspection team should report directly to the owner with simultaneous information to the operator and the government agency.

2.3.5. Every dam and/or reservoir should undergo a general inspection at regular intervals of not more than five years. A special inspection of affected components of a dam should be made immediately after large floods or any unusual event such as earthquakes, attempts of sabotage or others. Routine inspection of devices, installations and equipment necessary for safe operation and behavior of the dam should be made at short intervals by the operating personnel. Routines, subjects and procedures of inspection should be reviewed periodically to avoid possible omissions. Checklists for regular and special inspections would be most useful (see 20.2).

2.3.6. The findings and results of every general or special inspection should be presented in a formal report. Each portion of the report is to be signed by those members of the inspection team and/or the participating experts who are responsible for it. Possible disagreements over findings or conclusions, among the persons involved in the inspection, should be stated in the report. If a member of an inspection team is the representative of a corporation, agency or company, the signature should also cover the organization he or she represents.

2.3.7. Inspection reports should be circulated as soon as they become available among persons and/or units concerned with, and responsible for, the safety of the dam and reservoir that has been inspected.

2.3.8. Un programme de formation continue est établi pour le personnel chargé des tâches courantes de surveillance et d'inspection, ainsi que pour les inspecteurs afin de parfaire leur compétence professionnelle.

2.3.9. Le coût de l'inspection est supporté par le maître d'ouvrage (propriétaire) ou l'exploitant, comme faisant partie des dépenses normales d'exploitation.

2.3.10. Des mesures et procédures appropriées sont mises au point pour décharger toutes les personnes engagées dans l'inspection de tout conflit d'intérêt, et pour fixer les limites de leur responsabilité personnelle.

2.4. ARCHIVES

2.4.1. Les archives complètes relatives aux études, travaux de construction et exploitation du barrage et de la retenue, ainsi qu'aux événements qui ont affecté ou auraient pu affecter la sécurité du barrage et de la retenue, sont conservées et parfaitement classées pendant la vie du barrage. Ces archives comprennent (liste non exhaustive) : les documents concernant le projet (critères du projet, données, rapports sur les reconnaissances du site et sur les essais sur modèles, calculs, dessins, spécifications); les documents concernant les travaux de construction (documents sur les méthodes et matériaux de construction, rapports sur les contrôles de qualité, sur les essais en laboratoire, sur les inspections pendant la construction, sur les observations du comportement de l'ouvrage, ainsi qu'un jeu complet des plans conformes à l'exécution); les documents concernant le comportement de l'ouvrage (lectures des appareils de mesures et leurs interprétations, rapports d'inspection, évaluations de la sécurité); tous documents sur les modifications, agrandissements ou réparations; rapports sur les événements exceptionnels en relation avec la sécurité de l'ouvrage. Aucun de ces documents n'est détruit tant que le barrage ou toute partie de celui-ci reste en place.

2.4.2. Au moins deux jeux des documents précités, l'un au bureau de l'exploitant (de préférence au site du barrage), l'autre au bureau de l'organisme public, sont disponibles en permanence et facilement accessibles pour consultation. L'exploitant est responsable de la mise à jour, du classement et de la disponibilité du jeu situé dans son bureau, de même que de la transmission des documents mis à jour à l'organisme public. Tous les documents sont soigneusement identifiés. Si les calculs de projet sont conservés ailleurs en lieu sûr, il n'est pas nécessaire de les inclure dans le jeu de documents conservés sur le site du barrage.

2.5. RIVIÈRES INTERNATIONALES

2.5.1. Afin d'éviter tout risque d'accident résultant d'une application ou d'une interprétation différente des critères de sécurité, la construction de barrages sur des rivières internationales requiert une coordination parfaite dans le domaine de la sécurité.

2.5.2. Une telle coordination est assurée, si nécessaire, par un traité ou convention bilatéral ou multilatéral entre les gouvernements des pays, états ou provinces, dont les territoires sont situés dans le bassin versant de la rivière.

2.3.8. A training and retraining program should be set up for personnel engaged in routine tasks of the observation and inspection system, as well as for the updating of professional competence of the inspectors.

2.3.9. Cost of inspection should be borne by the owner or operator as part of the normal operating expenses.

2.3.10. Adequate measures and procedures should be established to relieve all persons engaged in inspection from any conflict of interest, and to fix limits of personal liability, that may develop from such participation.

2.4. RECORDS

2.4.1. Complete records of the design, construction and operational behavior of the dam and reservoir, as well as of any occurrence that affected or could have affected the dam's and/or reservoir's safety, should be kept and properly filed during the service life of the project. These records should include, but not be limited to, design documents such as design criteria, input data, reports on site exploration and model testing, calculations, drawings and specifications; construction records such as documentation on construction methods and materials, reports on quality control, laboratory testing and construction inspection, observation of structural deformations and behavior, and a complete set of construction record drawings; records of structural and operational behavior such as instrument readings and related interpretations, inspection reports, and safety evaluations; any records on alterations, enlargements and/or repair work; and reports on unusual events or occurrences related in any way to the safety of the project. None of these records should be disposed of as long as the dam or any part of it remains in place.

2.4.2. At least two sets of the aforementioned records, one in the operator's office (preferably at the dam site) and the other in the office of the government agency, should be permanently available and easily accessible for reference. The operator should be responsible for the updating, filing and availability of the set in his office as well as for the supply of updated records to the government agency. All records should be carefully identified. If the design calculations are reliably kept under safe conditions at a third place, they need not be included in the set of records retained at the dam site.

2.5. BOUNDARY RIVERS

2.5.1. To avoid the possibility of accidents caused by the dissimilar application or interpretation of safety criteria, the development of dams on boundary rivers requires careful coordination of safety-related aspects.

2.5.2. Such coordination should be assured, if necessary, by a bilateral or multilateral agreement or treaty between the governments of those countries, states or provinces whose territory extends into the drainage area of the river.

2.5.3. Une telle coordination est, de préférence, assurée par les organismes publics responsables qui représentent leur juridiction.

2.5.4. Les efforts de coordination portent sur (liste non exhaustive) : l'établissement de critères uniformes relatifs à la sécurité, à la responsabilité, aux règlements d'exploitation et aux mesures d'urgence, et, dans le cas de barrages et de retenues situés sur une section de rivière constituant une frontière, la définition de la responsabilité et de l'administration locales, ainsi que de la juridiction, dont relèvent le barrage et la retenue en matière de sécurité.

2.5.5. Les organismes publics représentés dans le groupe de coordination maintiennent des contacts permanents entre eux.

2.5.6. Pour les pays où la sécurité des barrages relève de la juridiction des états (ou provinces), et non de l'administration fédérale, ce chapitre peut s'appliquer aux rivières traversant plusieurs états (ou provinces).

2.6. ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

2.6.1. L'ingénierie des barrages étant une discipline en constante et rapide évolution, les lois concernant la sécurité des barrages et retenues, au lieu de fixer, de façon rigide, des méthodes, procédures et détails techniques, doivent plutôt constituer un cadre indiquant les objectifs généraux et les conditions requises, ce qui permettra de tenir compte de l'évolution scientifique et technologique.

2.6.2. Pour faciliter l'application et l'exécution des règlements relatifs à la sécurité des barrages, il peut être bénéfique de recueillir toutes les lois et réglementations et de les rassembler dans un code spécifique de la sécurité des barrages. Un tel code donnera les normes de projet et les règlements sur lesquels les études, la construction et l'exploitation des barrages et des retenues s'appuient, mais ne constituera pas en lui-même une norme ou une réglementation. Une telle codification facilite la mise à jour des normes et des règlements. Les pouvoirs attribués à l'organisme public permettent à celui-ci de déterminer si les normes et règlements doivent être mis à jour à la lumière de l'évolution technique.

2.6.3. Pour garantir l'uniformité des critères et jugement, l'association des normes techniques et du code de sécurité des barrages. (qui comprend, mais non exhaustivement, les principes et conditions requises exposées dans les présentes recommandations) constitue la base des pouvoirs et actions de l'organisme public, ainsi que des mesures et précautions à prendre pour assurer la sécurité des barrages et retenues.

2.6.4. Le code de sécurité, ainsi que les pouvoirs et autorité de l'organisme public, sont définis de façon à ne pas soustraire un maître d'ouvrage (propriétaire) ou un exploitant d'un barrage ou d'une retenue à ses devoirs, obligations, responsabilités inhérents à la possession et à l'exploitation du barrage et de la retenue.

2.6.5. L'organisme public a les pouvoirs d'imposer toute mesure ou disposition pour assurer ou rétablir la sécurité d'un barrage ou d'une retenue, comprenant l'abaissement du plan d'eau ou la vidange de la retenue et, en dernier ressort, la démolition du barrage. Les ordres de l'organisme public doivent être exécutés dans

2.5.3. At the operational level, coordination of the safety-related aspects should preferably be handled by the responsible government agencies that represent their jurisdiction.

2.5.4. The coordinating efforts should include, but not be limited to, the establishment of uniform criteria for safety, liability, operating regulations and emergency provisions, and, in the case of dams and reservoirs on a reach where the river constitutes a border, the definition of local responsibility and administration as well as the jurisdiction over the dam and reservoir regarding safety requirements.

2.5.5. The government agencies represented in the coordinating group should maintain continuing liaison with each other.

2.5.6. For countries in which dam safety falls under the jurisdiction of states (or provinces), and not of the Federal administration, this section may pertain to interstate rivers.

2.6. LEGAL ASPECTS

2.6.1. Since dam engineering is a discipline subject to rapid and constant evolution, laws dealing with the safety of dams and reservoirs should, rather than determining rigid methods, procedures or technical details, constitute a framework that fixes the general policy and requirements, thus allowing full advantage to be taken of the scientific and technological evolution.

2.6.2. To facilitate the application and enforcement of legal requirements referring to dam safety, it may be beneficial to compile and consolidate all related laws and regulations into a specific dam safety code. Such a code may identify the design standards and operating regulations on which design, construction and operation of dams and reservoirs are to be based, but it should not in itself become a design standard or operating regulation. Such codification would facilitate updating of standards and regulations. The powers conferred on the government agency should allow that agency to determine the need for updating standards and regulations in the light of changing technology.

2.6.3. To preserve uniformity of criteria and judgement, the combination of related technical standards and the dam safety code (which should include, but not be limited to, the principles and requirements outlined in these guidelines) should constitute the basis of the powers and actions of the government agency and of the measures and precautions to be taken to ensure the safety of dams and reservoirs.

2.6.4. The safety code, as well as the powers and authority of the government agency, should be structured so as not to relieve an owner or operator of a dam or reservoir of the legal duties, obligations, liabilities and/or responsibilities inherent in the ownership or operation of the dam and reservoir.

2.6.5. The government agency should be vested with the powers to enforce any measure or provision it deems necessary to ensure or restore the safety of a dam or reservoir, including the drawdown or emptying of the reservoir and, as a last resort, the demolition of the dam. The government agency's orders must be complied with

la période de temps prescrite. Cette période sera raisonnable pour permettre de se conformer ou de faire opposition à la décision de l'organisme public. Une action administrative ou légale contre de tels ordres n'entraînera pas d'ajournement, à moins que l'organisme public soit d'accord pour attendre une décision. Si, cependant, l'ordre qui a entraîné la décision apparaît illégal, l'organisme public peut être tenu responsable des dommages.

2.6.6. Le code de sécurité, de même que le décret qui fixe les pouvoirs de l'organisme public, doivent prévoir le recours devant les tribunaux, auquel les parties concernées ont droit.

2.6.7. La responsabilité doit être clairement définie et, chaque fois que c'est possible, exercée dans une fonction bien identifiée. La personne occupant cette fonction a le contrôle administratif et technique de tous les moyens nécessaires à l'exercice des pouvoirs associés à la responsabilité assignée. Ce critère doit être appliqué à tous les niveaux de responsabilité indépendamment de l'organisme ou service employant la personne.

2.7. FINANCEMENT

2.7.1. Les programmes destinés à assurer la sécurité des barrages et retenues sont formellement établis, constamment suivis et mis au point avec réalisme. Le programme est établi de façon qu'il se concentre sur les questions essentielles, afin de ne pas gaspiller du temps et des moyens. Dans le cas de ressources financières limitées, on établira une estimation du budget raisonnable qui peut être défendu à fond. En raison de l'importance du programme de sécurité, son exécution doit être garantie par un fonds spécial à l'intérieur du budget de l'exploitant.

2.8. MISE A JOUR DES RÈGLEMENTS ET DES PROCÉDURES

2.8.1. Le maximum d'attention et de soin, ainsi que les meilleures techniques disponibles, doivent être appliqués aux problèmes de sécurité. Afin de tenir compte des rapides et constants progrès techniques, il importe de réévaluer périodiquement la sécurité d'un barrage et de mettre à jour les règlements et procédures relatifs à la sécurité. Pour cette raison, l'organisme public établit un programme fixant les exigences, méthodes et périodes de révision et de mise à jour des règlements et procédures relatifs à la sécurité. L'administration veillera à ce que les pratiques reconnues défectueuses ou périmées soient corrigées.

2.8.2. Les personnes chargées de la surveillance, de l'inspection et de l'évaluation de la sécurité des barrages se tiendront au courant de la mise à jour des règlements et procédures, ainsi que des progrès techniques réalisés dans l'ingénierie des barrages en général, et dans leur domaine de spécialités en particulier.

within the established period of time. This period of time should be reasonable to provide compliance or appeal to the agency's order. Administrative or legal action against such orders should have no postponing effect unless the government agency agrees to await a decision. If, however, the order that gave rise to the decision proves illegal, the government agency may be held liable for damage.

2.6.6. The safety code as well as the act that establishes the powers of the government agency should provide for securing recourse through the courts for any entitlement which may be due the parties involved.

2.6.7. Responsibility must always be clearly defined and, whenever possible, vested in an identified staff position. The person occupying this position shall have the administrative and technical control of all resources necessary to exercise the powers associated with the responsibility assigned. This criterion should be applied at all levels of responsibility independent of the organization or agency in which the person is employed.

2.7. FINANCING

2.7.1. Programs for ensuring the safety of dams and reservoirs should be formally established, constantly pursued and realistically funded. The program should be planned in such way that it concentrates on the essential items in order not to waste time or resources. In view of limited financial resources, a reasonable budget estimate that can be thoroughly defended should be developed. Due to the importance of the safety program, its execution should be secured by a dedicated fund within the budget of the operator.

2.8. UPDATING OF REGULATIONS AND PROCEDURES

2.8.1. Aspects related to safety deserve a maximum of attention and care and the best technology available. Taking into account the rapid and constant technological advances, it is necessary to periodically reassess the safety of a dam and provide for the updating of safety regulations and procedures. For this reason, the government agency should establish a plan that fixes the requirements, methods and intervals of reviewing and updating of regulations and procedures of its safety program. Management should ensure that observed deficient or obsolete practices are corrected.

2.8.2. Persons entrusted with the surveillance, inspection and evaluation of dam safety should keep abreast of the updated regulations and procedures and of the technological advancements in dam engineering in general, particularly in their field of specialization.

B. PROJET

B. DESIGN

3. ÉTUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

3.1. MÉTHODES ET CRITÈRES DE PROJET

3.1.1. Les méthodes et critères de projet tiennent compte de l'évolution technique et sont compatibles avec les codes et normes devant être utilisés. Afin d'éviter toute utilisation sans discernement ou même erronée, les logiciels de calcul utilisés dans les études doivent être connus à fond par les personnes responsables de leur application et par celles qui les utilisent.

3.1.2. Avant d'entreprendre les travaux du projet, les critères sur lesquels reposent les études hydrologiques et hydrauliques sont définis et justifiés par des documents. Pour le choix et la définition des critères de projet, on tiendra compte des points suivants : quantité et précision des données hydrologiques disponibles; validité des méthodes et moyens d'étude; degré de précision des méthodes de calcul incluant les logiciels à utiliser; modification éventuelle importante dans le bassin versant pouvant influencer, à court ou moyen terme, les conditions d'écoulement et l'hydrogramme de crue.

3.1.3. Lors de la détermination de la revanche du barrage au-dessus du niveau des plus hautes eaux et du choix de la protection des talus des barrages en remblai, l'effet du vent et des vagues est étudié.

3.1.4. Il est fortement recommandé, dans chaque cas particulier, d'examiner si des essais sur modèle hydraulique sont nécessaires et si ceux-ci sont adaptés, en vue de vérifier l'étude et le projet hydrauliques émanant des analyses théoriques.

3.1.5. L'étude et le projet hydrauliques doivent tenir compte d'un agrandissement futur éventuel du barrage et des ouvrages annexes, si cela s'avère nécessaire et possible, du fait de l'augmentation de la demande et de la disponibilité des ressources exploitables.

3.1.6. Avant le transfert du barrage à l'exploitant, le bureau de projet établit un programme d'essais pour contrôler le fonctionnement hydraulique et le comportement en exploitation de l'ouvrage dans les conditions réelles du site.

3.2. CRUE DE PROJET

3.2.1. La précision et la validité des données hydrologiques tirées des documents d'archives sont vérifiées par des calculs théoriques. Dans ce but, les méthodes basées sur les enregistrements des précipitations, sur la comparaison avec les débits mesurés dans des bassins versants voisins, etc., peuvent être appliquées. Réciproquement, les valeurs déduites de calculs purement théoriques sont vérifiées en les comparant, au moyen de techniques identiques, à des données enregistrées. S'il y a peu — ou pas — de renseignements fournis par les archives, les données nécessaires au projet peuvent être tirées de corrélation avec les enregistrements

3. HYDROLOGIC AND HYDRAULIC DESIGN

3.1. DESIGN METHODS AND CRITERIA

3.1.1. Design methods and criteria should be in conformity with the current state of technological evolution and be compatible with the codes and standards to be used. To guard against indiscriminate or even erroneous employment, any computer software used in the design must be reasonably understood by the persons responsible for its application and those who use it.

3.1.2. Before starting the actual design work, the criteria upon which hydrologic and hydraulic design are to be based should be defined and documented. In the selection and definition of design criteria, account should be taken of such items as : amount and accuracy of available hydrologic and correlated data; availability of processing methods and equipment; degree of precision of computational methods including computer software to be employed; and the possibility of substantial modification in the drainage area that may influence runoff conditions and flood pattern in the near or medium future.

3.1.3. The effect of wind and waves should be analyzed when determining the freeboard of the dam above the maximum reservoir level and in designing the slope protection of fill dams.

3.1.4. It is strongly recommended that, in every particular case, an evaluation be made of the need for and suitability of hydraulic model testing, as a check on hydraulic layout and design derived from theoretical analyses.

3.1.5. The hydraulic layout and design should take into account the possibility of a future enlargement of the dam and/or its appurtenant structures, if deemed necessary and possible because of a foreseeable increase in demand and the availability of developable resources.

3.1.6. Before the dam is turned over to the operator, the designer should establish a program for prototype testing to check the hydraulic performance and operational behavior under actual site conditions.

3.2. DESIGN FLOOD

3.2.1. Accuracy and reliability of hydrological data derived from historical records should be evaluated for reasonableness by means of theoretical computation. To this end, procedures based on precipitation records, comparison with runoff data from neighboring drainage areas, etc., may be applied. Conversely, values resulting from purely theoretical computations should be checked by similar comparative techniques against available data records. If little or no historical record is available, data on which design can be based may be obtained from correlation with hydrologic and meteorologic records from neighboring drainage areas. How-

hydrologiques et météorologiques concernant des bassins versants voisins. Cependant, la détermination des relations et des facteurs de corrélation exige un très grand soin. Les résultats doivent être vérifiés par des mesures de débits, par comparaison avec des traces laissées par les crues, etc.

3.2.2. Toutes les données hydrométriques et pluviométriques disponibles sont prises en compte lors du calcul de la crue de projet. On peut utiliser les méthodes probabilistes et les méthodes déterministes, telles que la « Crue Maximale Probable » (CMP). Celle-ci résulte de la précipitation maximale associée aux conditions d'écoulement maximal prévues et se traduit sous forme d'un hydrogramme de la crue de projet. La capacité des évacuateurs de crues avec vannes, sauf dans les cas indiqués ci-après, doit être suffisante pour évacuer la crue de projet, sans tenir compte de l'amortissement de la crue par la retenue (voir chapitre 6.1). Une réduction de la crue de projet déduite de la crue maximale probable, ou la prise en compte de l'effet d'amortissement lors du dimensionnement de l'évacuateur, sont admises dans des conditions spécialement favorables, telles que :

- Critères de sécurité plus élevés, vis-à-vis de la rupture par déversement, que ceux exigés par la pratique et la technique courantes de projet et par les critères de projet.
- La disponibilité permanente d'une réserve entre la cote de retenue normale et la cote des plus hautes eaux, compatible avec le volume supplémentaire temporaire provenant de la rétention partielle de la crue dans la retenue. La disponibilité de cette réserve doit être associée à des méthodes d'exploitation très fiables qui assurent l'ouverture des vannes de l'évacuateur en tenant compte de l'hydrogramme prédéterminé de la crue. Lors de l'établissement de cet hydrogramme, le risque de répétition de fortes crues à des intervalles de temps rapprochés doit être pris en considération.
- L'existence d'un évacuateur supplémentaire du type fusible dont la rupture ne doit pas augmenter la crue à l'aval au-delà d'un niveau de risque jugé acceptable.
- Un niveau de risque à l'aval restant bas, qui doit exclure toute aggravation des risques humains, dans les zones habitées, résultant d'une rupture du barrage. S'il y a augmentation du niveau de risque à l'aval, la capacité de l'évacuateur doit être réévaluée et augmentée si nécessaire.
- Autres circonstances favorables permettant de s'affranchir des exigences sus-mentionnées, conformément aux critères et règlements établis par l'organisme public (par exemple : résistance plus élevée à l'érosion des barrages en béton, comparativement aux barrages en remblai; ou association d'un évacuateur avec vannes à un évacuateur à seuil libre).

En principe, la détermination de la crue de projet et de la capacité des évacuateurs de crue, pour tous les barrages situés dans le même bassin versant, s'appuie sur des critères et méthodes identiques. Si, dans les conditions précitées, des dérogations sont accordées, celles-ci doivent se conformer aux critères de sécurité rigoureux établis pour les barrages aval.

3.2.3. Si les données hydrologiques sont insuffisantes ou si les documents disponibles ne sont pas sûrs, on peut en tenir compte en augmentant, de façon réfléchie, la valeur de la crue de projet. Cette incertitude peut être aussi compensée en concevant le barrage pour déverser sans dégâts importants, ou en incluant une section fusible dans le barrage (ce qui entraîne un coût supplémentaire).

ever, care must be exercised in determining relationships and conversion factors. The resulting values should be checked in the field by runoff measurements, comparison with marks left from floods, etc.

3.2.2. All available hydrometric and pluviometric data should be taken into account when determining the design flood. Probabilistic and/or deterministic methods, such as the « Probable Maximum Flood » (PMF), may be used. The latter should derive from the combination of maximum precipitation with maximum expected runoff conditions and is to be used to produce the design flood hydrograph. The capacity of gated spillways, except as outlined below, should be sufficient to discharge the full design flood without taking into account the dampening affect resulting from flood routing through the reservoir (see 6.1). A reduction of the design flood as derived from the PMF, or the consideration of the effect of flood routing when determining the spillway capacity, should be permitted under especially favorable conditions. Such conditions may be :

- Higher criteria of safety against failure from overtopping than required by current design practice and technology or prevalent design standards.
- The permanent availability of reserve storage capacity of the reservoir, between the normal and the maximum reservoir level, compatible with the temporary surcharge volume deriving from the partial retention of the inflow flood. The availability of the reserve storage capacity must be combined with highly reliable operating procedures that assure the opening of the spillway gates in accordance with the predetermined flood routing program. When establishing this program, the risk of repetition of major floods at short intervals should be taken into account.
- The existence of an additional fuse plug spillway the rupture of which would not increase the downstream flood beyond an acceptable risk level.
- A permanent low downstream risk level that should at no time include any additional risk to human life in inhabited areas due to failure of the dam. In case of an increase of the downstream risk level, the spillway capacity must be reevaluated and enlarged if necessary.
- Other favorable circumstances that permit exemption from the above mentioned requirements, in accordance with criteria and regulations established by the government agency (i.e., higher resistance against erosion of concrete dams as compared to fill dams; or the combination of a gated with an overflow spillway).

In principle, the determination of design flood and spillway capacity of all dams within the same drainage area should be based on uniform criteria and procedures. If, under the above cited conditions, exemptions are conceded, they must follow the stringent safety criteria established for downstream dams.

3.2.3. If hydrological data are inadequate or available records are doubtful, a considered increase of the design flood may allow for the uncertainty. Also, the reduced reliability might be compensated for in a cost-effective way by designing the dam to withstand overtopping without major damage or by including a fuse plug section in the dam.

3.2.4. Pour l'amélioration des conditions d'évacuation des barrages existants, des critères autres que la crue maximale probable peuvent être pris en compte pour déterminer l'hydrogramme de la crue de projet. De tels critères sont définis conjointement par le bureau de projet et le maître d'ouvrage (propriétaire), en considérant les conditions indiquées au chapitre 3.2.2., et sont soumis à l'approbation de l'organisme public.

3.3. CONDITIONS DE NIVEAU D'EAU A L'AVAL

3.3.1. Les conditions d'écoulement à l'aval doivent être étudiées sur une section suffisamment longue de la rivière pour éviter les risques dus aux effets de remous. Par exemple, des difficultés peuvent se manifester quand une crue soudaine exige l'ouverture rapide d'un grand nombre de vannes de l'évacuateur de crues et que le niveau d'eau aval est influencé par un réservoir aval complètement rempli. De même, le cas d'un niveau d'eau aval artificiellement bas, provoquant une mauvaise dissipation d'énergie ou d'autres points faibles, doit être examiné.

3.3.2. Le mode d'écoulement à l'aval doit être étudié pour des crues allant jusqu'à la crue de projet, avec une attention spéciale aux courants de retour éventuels qui peuvent causer des érosions et des affouillements susceptibles de compromettre la stabilité du barrage. Une telle situation peut résulter d'une association défavorable de certains fonctionnements de l'évacuateur de crues et des ouvrages de vidange avec le volume d'eau écoulé. La meilleure méthode d'étude est l'essai sur modèle.

3.3.3. La formation de glace a un effet important sur les conditions de niveau d'eau aval. Cet effet existe dans les conditions normales d'exploitation et augmente dans le cas d'une évacuation soudaine. Le mode d'écoulement et la vitesse de l'eau en surface sont des facteurs importants pour permettre un gel rapide et empêcher la formation de sorbet.

3.4. ÉCOULEMENT DE LA CRUE A L'AVAL

3.4.1. Les effets et les conséquences de l'évacuation des crues à travers le barrage doivent être étudiés le long de toute la section aval de la rivière pouvant être fortement touchée par une crue catastrophique, avec une attention spéciale aux dangers et aux dommages susceptibles d'être causés à la vie et aux biens. Pour cette étude, les conditions d'évacuation les plus sévères sont considérées, c'est-à-dire l'association du débit maximal de l'évacuateur de crues avec le débit maximal total provenant des autres ouvrages d'évacuation, tels que ouvrages de vidange de fond, usine hydroélectrique, etc., y compris le débit naturel à l'aval.

3.4.2. Une étude probabiliste des crues, s'appuyant sur les prévisions d'exploitation du barrage et des ouvrages associés (usine hydroélectrique, écluse, etc.), est faite en vue de connaître dans quelle mesure les plaines inondées à l'aval peuvent être utilisées pour des activités. Les mesures appropriées de sécurité sont rattachées à chaque valeur de probabilité pour laquelle un hydrogramme est établi. La règle générale est que l'exploitation du barrage n'aggrave pas les crues à l'aval par rapport à la situation antérieure à la construction.

3.2.4. For upgrading of existing dams, criteria other than the PMF may be considered to determine the design flood hydrograph. Such criteria should be established jointly by the designer and owner under due consideration of the conditions specified in 3.2.2., and should be approved by the government agency.

3.3. TAILWATER CONDITIONS

3.3.1. Tailwater flow conditions should be analyzed over a sufficiently long stretch of the river to avoid risks from backwater effects. For instance, difficulty may develop when a sudden flood requires the quick opening of a large number of spillway gates when the tailwater level is influenced by a downstream reservoir filled to its maximum level. Similarly, any possibility of an artificially low tailwater level causing deficient energy dissipation or other shortcomings should be analyzed.

3.3.2. The flow pattern in the tailwater should be examined for floods up to the design flood, with special attention to the possible development of return currents which may cause erosion or scouring and thus endanger the stability of the dam. Such a situation can occur as a consequence of an unfavorable combination of flow volume and certain operations of spillway and outlet works. The best method of investigation is model testing.

3.3.3. Ice buildup has a significant effect on tailwater conditions. This effect prevails under normal operating procedures and increases with a sudden release of storage. Flow pattern and surface water velocity are important to permit a quick freeze and prevent frazil ice production.

3.4. DOWNSTREAM FLOODING

3.4.1. Effects and consequences of the discharge of floods from the dam should be investigated along the whole downstream reach of the river that would be substantially affected by a catastrophic flood, with special attention to possible danger and damage to life and property. For this investigation, the most severe discharge conditions should be taken into account, i.e., the combination of spillway discharge at full capacity with the maximum total from all other outlets such as low level, power plant, etc., in addition to natural downstream runoff.

3.4.2. A probabilistic flood schedule based on foreseeable operating conditions of the reservoir and the production facilities it serves (power plant, locks, etc.) should be prepared as a basis for the occupational utilization of the downstream flood plains. Appropriate safety measures should be related to each probability value for which a hydrograph is prepared. As a general rule, a dam should not cause more severe downstream floods than occurred before it was built.

3.4.3. Un plan d'exploitation de l'évacuateur de crues, compatible avec les mesures de sécurité adoptées pour l'aval, est établi pour chaque hydrogramme de crue. De tels plans réduisent souvent la pointe de crue mais augmentent la durée d'écoulement des forts débits, comparativement aux conditions de crue qui existaient avant la construction du barrage.

3.5. CONDITIONS HIVERNALES

3.5.1. Pour les barrages situés dans des régions aux hivers rigoureux, les problèmes susceptibles d'être posés par les conditions hivernales sont définis et étudiés, et des mesures appropriées sont prises au stade du projet.

3.5.2. Les effets de l'évacuation d'eau en hiver sont étudiés, en portant une attention particulière aux problèmes de glace à l'aval et aux ruptures et embâcles de glace susceptibles de se produire (voir chapitre 3.3.).

3.4.3. A spillway operating scheme compatible with the established downstream safety measures should be prepared for each flood hydrograph. Such operating schemes will often reduce peak flood heights but prolong the duration of high flow when compared with flooding conditions that existed before the dam was built.

3.5. WINTER CONDITIONS

3.5.1. For dams in regions with severe winters, problems to be expected from winter conditions should be defined and investigations, and appropriate solutions included in the design.

3.5.2. The effects of storage release during winter should be investigated with special attention to downstream ice conditions and possible ice breakup and pileup (see 3.3).

4. PROJET DES OUVRAGES

4.1. MÉTHODES, CRITÈRES ET CONDUITE DU PROJET

4.1.1. Les méthodes et critères de projet doivent être conformes à l'état actuel de la technique et être compatibles avec les codes et normes utilisés. Afin d'éviter toute utilisation sans discernement ou même erronée, les logiciels utilisés dans les études doivent être connus à fond par les personnes responsables de leur application et par celles qui les utilisent.

4.1.2. Avant d'entreprendre les travaux du projet, les critères sur lesquels repose l'étude de l'ouvrage sont définis et justifiés par des documents. Les méthodes de calcul de l'ouvrage, leur degré de précision et l'utilisation prévue des programmes de calcul sur ordinateur doivent être pris en considération au moment du choix et de la définition des critères de projet.

4.1.3. Tous les ouvrages annexes — ou parties d'ouvrages — retenant de l'eau, dont les dégâts ou la rupture peuvent compromettre la stabilité du barrage, sont étudiés avec les mêmes critères de sécurité que le barrage principal.

4.1.4. La conduite des études de projet tient compte des exigences particulières suivantes, relatives à la sécurité :

- Exécution de toutes les études du projet par un organisme spécialisé dans les études et la surveillance de la construction des barrages, sous la direction d'un « généraliste » en ingénierie des barrages chargé de coordonner les travaux d'une équipe de spécialistes de façon à éviter les lacunes éventuelles dans les divers domaines de spécialités.
- Éviter, pour les ouvrages, les conceptions et les détails compliqués qui ne sont pas nécessaires.
- Compatibilité du projet avec les connaissances acquises en matière de construction, avec la technologie et le matériel d'équipement.
- Études minutieuses, théoriques et expérimentales, sur les nouveaux concepts de projet et sur les matériaux et méthodes de construction inhabituels.
- Accès approprié à toutes les zones et parties d'ouvrages critiques, en vue de faciliter la surveillance, ainsi que les travaux éventuels de réparation et de restauration.
- Dispositions des ouvrages facilitant les réparations et le remplacement du matériel électrique et mécanique défectueux ou hors d'usage.
- Ventilation adéquate des galeries, puits, tunnels, conduits d'eau ou autres enceintes, dans lesquels on peut entrer pour des travaux et des inspections, ou dans lesquels des gaz inflammables peuvent s'accumuler.
- Conditions d'exploitation et d'entretien aussi simples que possible.

4.1.5. Le bureau de projet doit avoir une excellente expérience de la construction du type d'ouvrage en projet, de façon à reconnaître les difficultés inhérentes à certains opérations et procédés et à éviter des exigences non réalistes dans les spécifications.

4. STRUCTURAL DESIGN

4.1. DESIGN METHODS, CRITERIA AND STRATEGY

4.1.1. Design methods and criteria should be in conformity with the current state of technological evolution and be compatible with the codes and standards to be used. To guard against indiscriminate or even erroneous employment, any computer software employed in the design must be reasonably understood by the persons responsible for its application and those who use it.

4.1.2. Before beginning the actual design work, the criteria upon which the structural design is to be based should be defined and documented. Methods of structural analysis to be used, their degree of precision and the intended employment of computer programs should be taken into consideration when selecting and defining the design criteria.

4.1.3. All water retaining appurtenant works and structures or any structural component, the damage or failure of which could endanger the dam's stability, should be designed with the same criteria for safety as the main dam.

4.1.4. Design strategy should take into consideration the following specific safety related requirements :

- Performance of all design work by an organization specializing in the design and construction supervision of dams under the direct management of a dam engineering « generalist » used to coordinate the work of a team of specialists in such a way that possible gaps between the various fields of specialization are avoided.
- Avoidance of unnecessarily complicated structural concepts and details.
- Compatibility of design and available construction know-how, technology and equipment.
- Careful theoretical and experimental investigation of new design concepts and/or unconventional construction methods and materials, if either one should be employed.
- Provision for adequate access to all critical areas and structural components of the dam in order to facilitate safety surveillance and possible future repair or rehabilitation work.
- Provision of structural arrangements that will facilitate future repair and/or replacement of defective or outworn electrical and mechanical equipment.
- Provision of adequate ventilation of galleries, shafts, tunnels, water carrying ducts or other enclosed spaces that can be entered for work or inspection or in which inflammable gases can accrue.
- Provision for as simple operation and maintenance conditions as possible.

4.1.5. The designer should be well experienced in the construction of the type of project being designed to be able to recognize the inherent difficulties of certain operations and procedures, and to avoid unrealistic requirements in the specifications.

4.1.6. Lors de la conception et de l'étude du barrage, le bureau de projet ne perdra pas de vue la possibilité d'agrandissements futurs du barrage et de ses ouvrages annexes et incorporera dans le projet les dispositions nécessaires.

4.1.7. Les calculs, examens, recherches, essais, conclusions et décisions se rapportant au projet font l'objet de rapports détaillés.

4.1.8. Le bureau de projet fournit les contraintes de construction, avec les détails complets de tous les ouvrages de génie civil. Aucun travail de détail n'est laissé pour le maître d'ouvrage (propriétaire), l'exploitant ou le personnel de chantier. Tous les matériaux et méthodes de construction, dont l'utilisation est essentielle à l'obtention de la qualité prévue au projet, de même que les procédures à suivre pour le contrôle de qualité, sont spécifiés. Le bureau de projet précise aussi les dispositifs électriques et mécaniques et contrôle les documents de projet correspondants établis par les constructeurs.

4.2. CHARGES APPLIQUÉES AUX OUVRAGES ET COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ

4.2.1. Les divers éléments et organes du barrage doivent être conçus pour résister à la combinaison la plus sévère et la plus défavorable des charges statiques et dynamiques, incluant celles qui interviennent seulement pendant la construction. Toutefois, les coefficients de sécurité choisis varieront avec la probabilité d'occurrence de telles combinaisons.

4.2.2. L'effet des dispositifs de réduction des charges, tels que drains de décharge des pressions ou sous-pressions, est pris en compte dans l'étude de la stabilité de l'ouvrage, en adoptant des coefficients de sécurité classiques. Toutefois, la stabilité de l'ouvrage doit être vérifiée par le calcul, dans l'hypothèse où ces dispositifs de décharge, dont l'efficacité ne peut pas être considérée comme sûre sans se préoccuper de l'entretien et de l'âge, ne fonctionnent pas. Dans ce cas, toutefois, un coefficient de sécurité convenablement réduit peut convenir.

4.2.3. Dans la détermination des charges et des combinaisons de charges, il y a lieu de tenir compte de leur variation éventuelle avec le vieillissement du barrage.

4.3. STABILITÉ DES FONDATIONS

4.3.1. Pour les calculs de stabilité, l'ouvrage et sa fondation sont considérés comme un tout.

4.3.2. L'importance des reconnaissances des fondations est déterminée en fonction des dimensions et de l'importance de l'ouvrage et en fonction de la complexité des problèmes géologiques et géotechniques du site. Le programme des reconnaissances, de même que les études et calculs géotechniques, sont guidés par les conditions et exigences spécifiques du site et doivent être suffisamment souples pour être modifiés au fur et à mesure que la nature et les propriétés du sol sont connues en détail.

4.1.6. During planning and design of the dam, the designer should give thought to the possibility of future enlargements of the dam and appurtenant structures and incorporate the necessary provisions in the design.

4.1.7. Design computations, considerations, investigations, testing, conclusions and decisions should be thoroughly documented.

4.1.8. The designer should supply the construction force with complete details of all civil engineering structures. No detailing should be left for the owner, the operator or the construction field force. All materials and construction methods, the employment of which is essential to attain the quality anticipated by the design as well as the procedures to be followed for quality control, should be specified. The designer should also specify the mechanical and electrical items and check the corresponding design documents prepared by the manufacturers.

4.2. LOADS AND SAFETY FACTORS

4.2.1. Structural components and details of the dam must be designed to withstand the most severe and unfavorable combination of static and dynamic loads, including those that will or may occur only during construction. Selected safety factors, however, should vary directly with the probability of occurrence of such combinations.

4.2.2. The effect of loading relief devices, such as uplift or pressure relief drains, should be taken into account when analyzing the structure's stability with the application of conventional safety factors. However, the structure's stability must be ensured by computation under the assumption that those relief devices, the efficiency of which cannot be considered reliable regardless of maintenance and age, are not functioning. In this case, however, a fairly reduced safety factor would be appropriate.

4.2.3. When determining loads and loading combinations, their possible alteration with aging of the dam should be taken into account.

4.3. FOUNDATION STABILITY

4.3.1. For stability analysis, the structure and its foundation should be considered as a unit.

4.3.2. The amount and extent of foundation exploration should be appropriate to the size and importance of the structure and to the complexity of the local tectonic and geologic features. The exploration program, as well as geotechnical analysis and design, must be guided by the site-specific requirements and conditions and should be flexible enough to be changed as the details of the nature and properties are revealed.

4.3.3. Lors de l'interprétation des résultats des essais en laboratoire et *in situ*, il faut se rappeler que ces résultats concernent des échantillons. Pour transformer de tels résultats en données numériques pour le projet, il faut examiner la relation entre les échantillons et la structure géologique prise dans sa totalité. La réalisation, *in situ*, de plots d'essai d'injection ou de coupure par paroi peut fournir des éléments à l'échelle de l'ouvrage et être utile pour la détermination des paramètres de projet.

4.3.4. En tirant profit des observations faites lors des fouilles, les décisions à prendre pendant les études du projet peuvent s'appuyer sur les conditions de fondation les plus probables auxquelles on peut raisonnablement s'attendre, plutôt que sur les conditions les plus défavorables que l'on peut déduire d'un nombre nécessairement limité de données fournies par les reconnaissances de la fondation. En cours de construction, des renseignements sûrs sur les conditions du sous-sol sont obtenus, ce qui permet, le cas échéant, de remédier à des imperfections du projet. Ainsi, des solutions prudentes et le coût correspondant plus élevé peuvent être atténués. Si les observations pendant la construction conduisent à modifier ou à renforcer les fondations, cela peut entraîner des dépenses supplémentaires. En utilisant cette approche, il est absolument nécessaire de prévoir des moyens appropriés pour résoudre les problèmes posés, dans le cas où les observations révéleraient des conditions moins favorables que celles adoptées dans le projet. De toute façon, les détails du traitement de la fondation, en particulier des accidents géologiques mineurs, doivent être ajustés aux conditions réelles rencontrées.

4.4. DÉFORMATIONS DES OUVRAGES

4.4.1. Pour permettre le contrôle du comportement du barrage, ses déformations sous poids propre pendant la construction et dans les diverses conditions finales de charge sont déterminées par le calcul et/ou par essai sur modèle.

4.4.2. L'influence des déformations des fondations et des appuis sur les déformations de la structure est étudiée.

4.5. DÉTÉRIORATION DES MATÉRIAUX

4.5.1. Les documents de projet comprennent des instructions pour la protection contre la détérioration des matériaux et des divers éléments du barrage.

4.5.2. Lors des études des pièces en acier faisant partie du barrage, on se prémunit vis-à-vis de la corrosion en prévoyant une surépaisseur appropriée.

4.5.3. Lorsque la sécurité globale d'un barrage dépend également de dispositifs ou éléments particuliers, tels que waterstops ou drains, une seconde ligne de défense sera envisagée.

4.5.4. Les études des matériaux doivent tenir compte du type et des dimensions de l'ouvrage concerné et comprennent des essais en vue de déterminer les propriétés ou éléments susceptibles de donner naissance dans le temps à des détériorations dangereuses.

4.3.3. When interpreting the results of laboratory and/or field tests, it should be kept in mind that results relate to samples. To transform such results into numerical data upon which design can be based, the relationship of the samples to the geological structure as a whole has to be considered. *In situ* grouting trials and test excavations can yield information on a larger scale of dimension and may be helpful to determine design parameters.

4.3.4. By taking advantage of appropriate field observations during excavation, design decisions may be based on the most probable foundation conditions that can reasonably be expected, rather than on the most unfavorable conditions which would be deduced from the analysis of a necessarily limited amount of data from foundation exploration. As construction proceeds, reliable information on the subsurface conditions will be obtained and possible shortcomings in the design can be remedied. Thus, unnecessarily conservative solutions determined *a priori* and the corresponding higher cost can possibly be mitigated. If observation during construction indicates the necessity of stronger or more sophisticated foundation, an additional investment may be appropriate. Using this approach, it would be absolutely necessary to devise in advance appropriate means for the reliable solution of problems which may develop should observations disclose less favorable conditions than those upon which the design has been based. In any case, details of foundation treatment, especially of minor geologic features, must be adjusted to actual conditions encountered.

4.4. DEFORMATION OF STRUCTURES

4.4.1. To enable checking the structural behavior of the dam, its deformation under the increasing dead load during construction and under the various final loading conditions should be determined by calculations and/or structural model testing.

4.4.2. The possible influence of the deformation of foundation and abutments on the deformation of the structure should be investigated.

4.5. DETERIORATION OF MATERIALS

4.5.1. The design documents should include instructions for the protection from deterioration of materials and structural components of the dam.

4.5.2. An adequate allowance for corrosion should be provided when designing structural steel components of the dam.

4.5.3. If and where the overall safety of a dam depends on particular structural components or elements such as waterstops or drains, a second line of defense should be considered.

4.5.4. Materials investigations should be compatible with the size and type of structure and include tests to determine the presence of properties or ingredients that could give rise to deleterious deterioration with age.

4.6. PERCOLATION

4.6.1. Une prévision théorique de la perméabilité des fondations et des remblais, ainsi que de la valeur du débit de percolation, est fournie par le bureau de projet.

4.6.2. Le projet des ouvrages en béton ou en remblai indique les dispositifs de mesures des percolations.

4.6.3. Des dispositions sont prévues dans les ouvrages pour réduire les percolations et assurer leur passage sans danger à travers la fondation et le corps du barrage.

4.7. SÉISMICITÉ

4.7.1. La prise en considération des séismes dans les études d'un projet de barrage situé dans une région ayant une activité sismique naturelle est obligatoire. La séismologie et le génie parasismique constituent un domaine de spécialisation sujet à des évolutions rapides. L'étude de la réponse d'un barrage à un séisme doit donc s'appuyer sur les méthodes et critères les plus récents.

4.7.2. Dans les dernières décennies, il y a eu de nombreux signes de séismicité induite par les retenues dans des régions considérées auparavant comme faiblement sismiques ou non sismiques. Bien que les causes directes et le mécanisme du phénomène soient peu connus, il semble que la probabilité de sa manifestation augmente avec la profondeur et le volume de la retenue et avec l'importance des failles locales et régionales. Aussi est-il recommandé que pour les très grands barrages et retenues, même pour ceux situés dans des régions où aucun séisme n'a été enregistré, l'on fasse une étude, sur le plan local et régional, de la lithologie, de la stratigraphie, de la structure géologique et tectonique et de la perméabilité du sous-sol. Pour évaluer le risque sismique, on étudie avec soin les documents relatant des séismes, de même que l'influence des failles ou autres accidents tectoniques sur le déclenchement, la magnitude et la localisation de séismes éventuels. S'il est déterminé qu'aucune force sismique n'est à prendre en compte dans le calcul de l'ouvrage, cette décision doit être justifiée et s'appuyer sur des documents détaillés.

4.7.3. Le calcul sismique est basé sur le plus grand séisme possible, défini comme étant le séisme hypothétique susceptible de prendre naissance à partir de foyers sismiques potentiels, locaux ou régionaux, et de provoquer les secousses les plus fortes sur le site. Le calcul n'est pas limité aux structures mais est étendu à tous les matériels d'équipement essentiels à une exploitation sûre, ainsi qu'aux versants de la retenue et de la vallée dont la rupture provoquerait des pertes de vies humaines et/ou des dégâts matériels importants; ce calcul sera exécuté conformément à la technique actuelle.

4.7.4. En raison du risque de séismicité induite, les barrages de 100 m et plus de hauteur et retenant un volume d'eau supérieur à 1 milliard de m³ sont calculés pour la charge sismique, même s'ils sont situés dans des régions où aucun séisme n'a été enregistré. Dans ce cas, les caractéristiques du séisme de projet sont déterminées par le bureau de projet et soumises à l'approbation de l'organisme public.

4.6. SEEPAGE

4.6.1. A theoretical forecast of the permeability of foundations and embankments and of the rate of seepage flow to be expected should be furnished by the designer.

4.6.2. Seepage measuring devices should be provided in the design of concrete structures and embankments.

4.6.3. Structural arrangements for minimizing and safely carrying seepage through the foundation and the body of the dam should be provided in the design.

4.7. SEISMICITY

4.7.1. Consideration of earthquake motion in the design of a dam to be built in a region of natural seismic activity is mandatory. Earthquake engineering is a field of specialization subject to rapid evolution. Therefore, the analysis of the response of a dam to seismic activity should be based on the latest standards and methods.

4.7.2. In recent decades there has been much evidence of the occurrence of reservoir-induced seismicity in regions previously considered to have extremely low natural seismic activity, or to be completely free of it. Though little is known about the direct causes and the mechanism of the phenomenon, it seems that the probability of its occurrence increases with the depth and volume of the reservoir and with the degree of local and regional faulting. It is, therefore, recommended that for major dams and reservoirs, even in regions with no historical seismicity, an analysis be made of local and regional lithology, stratigraphy, geologic and tectonic structure and subsurface permeability. To evaluate seismic potential, historical earthquake records as well as the influence of faulting or other tectonic features on the estimated occurrence, magnitude and location of possible seismic activity should be carefully examined. If it is determined that no seismic forces should be considered in the structural analysis, such determination should be justified and documented.

4.7.3. Seismic analysis should be based on the maximum credible earthquake, which is defined as the hypothetical earthquake that could be expected from the regional and local potential sources for seismic events and that would produce the severest vibratory ground motion at the site. The analysis should not be limited to structures but be extended to all equipment essential for safe operation as well as those slopes of the reservoir rim and river valley the failure of which would endanger life and/or result in major property damage, and shall be carried out in accordance with current technology.

4.7.4. Due to the risk of reservoir-induced seismicity, in dams exceeding 100 meters high or storing more than 1 km³ of water, due cognizance should be taken of the requirements to design for seismic loading even in regions without any historical seismicity. In this case, the characteristics of the design earthquake shall be determined by the designer and approved by the government agency.

4.7.5. On essaiera de déterminer les caractéristiques de l'onde susceptible d'être provoquée dans la retenue par le séisme de projet et on vérifiera la stabilité du barrage soumis à une telle onde.

4.8. MATÉRIEL ET DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ

4.8.1. L'étude et le projet du matériel essentiel à la sécurité du barrage, tel que vannes d'évacuation, vannes et pompes de drainage, dispositifs de décompression, installations de protection contre la glace, dispositifs de protection contre l'incendie, dispositifs de contrôle et d'alarme, etc., incluent les mesures destinées à assurer le bon fonctionnement de ce matériel dans les conditions critiques éventuelles. Par exemple, de telles mesures appropriées peuvent comprendre : le doublement des installations et dispositifs, un contrôle local en plus du contrôle à distance, un déclenchement automatique des dispositifs de sécurité, une commande manuelle de secours.

4.8.2. Lors de l'étude des ouvrages abritant ou supportant le matériel mécanique ou électrique qui concerne la sécurité du barrage et de la retenue, on doit veiller à établir des accès praticables dans les conditions critiques et autres conditions exceptionnelles, telles que conditions hivernales sévères, orages, crues, défauts d'alimentation électrique, etc.

4.8.3. Le matériel essentiel à la sécurité de l'exploitation est raccordé à deux sources d'énergie indépendantes. L'étude et le projet des sources et des lignes d'alimentation en énergie doivent tenir compte des situations critiques, naturelles et d'exploitation.

4.8.4. Les documents de projet comprennent un programme de mesures d'entretien préventives visant à remplacer régulièrement les éléments sujets à l'usure avant qu'ils entraînent le mauvais fonctionnement du matériel.

4.8.5. Le bureau de projet fournit un manuel d'exploitation et d'entretien de tout le matériel mécanique et électrique, établi à partir des documents spécifiques élaborés par les constructeurs du matériel.

4.8.6. Si la rupture d'une conduite d'eau risque de menacer des vies humaines ou d'entraîner des dégâts matériels importants, un dispositif de coupure automatique est installé.

4.7.5. An attempt should be made to determine the characteristics of the flood wave that may be produced by the design earthquake, and the stability of the dam should be checked under the assumption of exposure to such a flood wave.

4.8. EQUIPMENT AND SAFETY DEVICES

4.8.1. The design of equipment essential for the dam's safety such as flood gates, drainage pumps and valves, uplift relief devices, deicing installations, fire protection systems, control and alarm schemes, and others, should include precautionary measures to ensure functioning under possible emergency conditions. For example, suitable precautionary measures may be the duplication of devices and installations, local control in addition to remote control, automatic triggering of safety devices, and manual emergency operation.

4.8.2. When designing structures that will house or support mechanical or electrical equipment which affect the dam and/or reservoir safety, due attention should be paid to the necessity of access under emergency and other exceptional circumstances, such as severe winter conditions, storm, flood, failure of electricity supply, and others.

4.8.3. Equipment essential for safe operation should be connected to at least two power sources independent of each other. Power supply lines and sources should be designed with due consideration for possible natural and operational emergency situations.

4.8.4. Design documents should include a plan of preventive maintenance aiming at regular replacement of wearing parts before they start to cause malfunctioning of the equipment.

4.8.5. The designer should provide an operation and maintenance manual for all mechanical and electrical equipment, based on the specific documentation prepared by the equipment manufacturers.

4.8.6. If the rupture of a water carrying conduit would result in a threat to life and/or considerable damage of property, an automatic shut-off device should be installed.

5. MESURES HYDROLOGIQUES ET MESURES D'AUSCULTATION

5.1. DISPOSITIF DE MESURES HYDROLOGIQUES

5.1.1. Sauf dans les cas où elles ont été reconnues sûres, l'origine et la précision de toutes les données hydrologiques sont vérifiées. Cette vérification concerne, entre autres, les stations de jaugeage et les stations pluviométriques sur les sites éloignés ou sans contrôle, de même que les procédés de transmission et de traitement des données. Parfois, des erreurs fondamentales, par exemple relatives à des repères, à des procédés de lecture ou à des appareils mal réparés, ont été introduites depuis longtemps dans des séries de données.

5.1.2. Les dispositifs de mesures existants sont améliorés ou complétés, en portant une attention spéciale au raccordement entre les anciens et les nouveaux appareils et procédés de mesures, de même qu'à la continuité des résultats fournis par les anciens et nouveaux dispositifs.

5.1.3. Un dispositif de mesure des débits de crues est mis en place à chaque site de barrage de manière à contrôler périodiquement l'évaluation faite au cours des études de la crue de projet.

5.1.4. Pour les ouvrages situés dans des régions aux hivers rigoureux, les appareils de mesures hydrologiques doivent être protégés contre le gel et être conçus pour fonctionner dans de telles conditions.

5.1.5. Les dispositifs de mesures hydrologiques sont contrôlés périodiquement et réétalonnés le cas échéant.

5.2. AUSCULTATION DES OUVRAGES

5.2.1. L'auscultation d'un barrage pour le contrôle de sa sécurité est limitée aux mesures essentielles à l'évaluation de la stabilité et de l'intégrité de l'ouvrage, afin de faciliter les lectures, le dépouillement et l'analyse des résultats. Si des appareils complémentaires sont installés à des fins de recherches, la présentation des résultats doit être séparée entre les deux dispositifs de sécurité et de recherche.

5.2.2. Le dispositif d'auscultation est conçu avec la redondance nécessaire pour parer à une défaillance et faciliter le contrôle. Dans le cas de télémesures, la redondance est étendue aux appareils et lignes de transmission. La redondance est essentielle pour les éléments du dispositif enfouis dans les ouvrages. Les appareils sont installés par des personnes spécialement formées à cet effet.

5.2.3. Une concentration excessive d'appareils dans un profil en travers particulier doit être évitée. Cependant, il peut être intéressant d'explorer quelques profils, en y concentrant des appareils, plutôt que de les disperser sur de vastes zones. La disposition des appareils et les méthodes utilisées pour leur installation ne doivent pas diminuer la résistance des sections équipées d'appareils.

5. MONITORING

5.1. HYDROLOGIC OBSERVATION SYSTEM

5.1.1. Except for circumstances of proven reliability, the origin and accuracy of all hydrologic data should be checked. Checking should include river and rain gage stations at remote or otherwise uncontrolled sites as well as data transmission and processing procedures. Sometimes basic errors, for instance those related to datum, reading procedures or inadequately repaired equipment, have long ago been introduced into the data series.

5.1.2. Upgrading or supplementing existing observation systems should be carried out with special attention to the compatibility of old and new equipment and processing procedures, as well as to the uniformity of data produced by old and new components.

5.1.3. A system measuring flood flows should be installed at every dam site to provide data for periodic checking of design flood estimates.

5.1.4. For projects located in regions with harsh winters, the hydrologic monitoring equipment must be frost-proof and designed to be operable under such conditions.

5.1.5. Hydrologic observation systems should be checked periodically for needed recalibration.

5.2. STRUCTURAL MONITORING

5.2.1. To facilitate reading, handling and processing of data, monitoring for safety reasons should be limited to those observations essential for the evaluation of structural stability and integrity. If additional instrumentation is installed for research requirements, the data should be separated into safety and research presentations.

5.2.2. The monitoring system should be designed with the necessary redundancy to prevent failure and to provide a facility for checking. If the system is controlled by telemetering, redundancy should extend to transmission devices and lines. Redundancy is essential for all embedded components of the system. Instruments should be installed by specially trained persons.

5.2.3. Excessive concentration of instruments in a particular cross section should be avoided. However, concentration in a few sections rather than dispersion over large areas is beneficial in most cases. The layout of instruments and the methods used for their installation must not result in a reduction of structural strength of the instrumented sections.

5.2.4. Le dispositif et le programme d'auscultation doivent être suffisamment souples pour permettre des modifications éventuelles par rapport aux conditions prévues, si cela s'avère nécessaire pendant la construction ou l'exploitation. Le dispositif et le programme d'auscultation seront compatibles avec le niveau de compétence et de formation des personnes qui exploiteront finalement l'ouvrage. Des dispositifs automatiques de mesures peuvent être installés si cela est justifié et si une exploitation et un entretien sûrs peuvent être garantis.

5.2.5. Le bureau de projet fournit des instructions détaillées pour l'installation et les lectures des appareils d'auscultation.

5.2.6. Des documents complets sur le projet, l'installation, les essais, les réparations et le fonctionnement seront constitués pour chaque dispositif d'auscultation.

5.3. AUSCULTATION SISMIQUE

5.3.1. Sur tous les sites de barrage, dans les régions ayant une activité sismique, ou sur ceux où il y a risque de séismicité induite, un dispositif d'auscultation sismique est installé le plus tôt possible pour fournir le maximum de données avant le début de la construction.

5.3.2. L'interprétation correcte des enregistrements sismologiques exigeant une expérience spéciale, le dispositif d'auscultation sismique est étudié avec le concours d'un sismologue qualifié. Les lectures sont interprétées par des spécialistes en sismologie ou par un institut de sismologie.

5.2.4. The monitoring system and program must be flexible enough to allow for possible changes from anticipated conditions, if required during construction and/or operation. It should be compatible with the degree of education, ability and customs of the people who will ultimately operate the project. Automated monitoring systems may be installed where justified and if reliable operation and maintenance can be expected.

5.2.5. The designer should provide detailed instructions for the installation and reading of the monitoring equipment.

5.2.6. Complete records on the design, installation, testing, repair and performance should be kept of every monitoring device.

5.3. SEISMIC MONITORING

5.3.1. At all dam sites in regions of historical seismicity or which indicate the possibility of the occurrence of reservoir-induced seismicity, a seismic monitoring system should be installed as early as possible to provide for a maximum of comparative data before the start of construction.

5.3.2. Since the correct interpretation of seismologic records requires special experience, the monitoring system should be designed with the help of a qualified seismologist. Interpretation of readings should be done by specialists in seismology or by a seismological institute.

6. ÉTUDE ET PROJET DE LA RETENUE

6.1. MAITRISE DES CRUES

6.1.1. Les débits passant par les usines hydroélectriques, les écluses ou tout autre ouvrage de l'aménagement ne sont pas pris en compte dans la détermination ou la vérification de la capacité de l'évacuateur de crues. Si, dans la détermination de cette capacité, toute hypothèse de blocage partiel ou de non-fonctionnement des vannes est écartée, de tels ouvrages peuvent être considérés comme ouvrages d'évacuation de secours. La capacité d'évacuation de tels ouvrages, appelés évacuateurs de secours ou « de remplacement », est également définie conjointement par le bureau de projet et l'exploitant, et soumise à l'approbation de l'organisme public, du fait des risques impliqués.

6.1.2. Les documents de projet comprennent des instructions détaillées relatives à l'exploitation des évacuateurs de crues et autres ouvrages d'évacuation. Des problèmes particuliers, tels que les temps et séquence d'ouverture et de fermeture des vannes, font l'objet d'essais en vraie grandeur.

6.1.3. Outre le système principal d'alimentation en énergie des appareils de contrôle et de commande, une source auxiliaire d'énergie complètement indépendante est disponible en permanence.

6.1.4. Si des problèmes de glace affectent la maîtrise des crues, on doit tenir compte des conditions d'exploitation en résultant. Dans ce cas, un fond explosible peut être préférable à un évacuateur de secours de crête. Dans les régions sujettes à des avalanches, les conséquences éventuelles sur la formation et l'évacuation des crues doivent être étudiées.

6.2. STABILITÉ DES VERSANTS DE LA RETENUE

6.2.1. Les zones critiques du pourtour de la retenue nécessiteront la surveillance des versants qui sont susceptibles de devenir instables pendant ou après le remplissage ou la vidange de la retenue, et dont l'effondrement peut affecter la sécurité du barrage ou de tout autre ouvrage situé à proximité de la retenue.

6.2.2. Le bureau de projet détermine les moyens appropriés de protection contre l'instabilité des versants, dans le cas où un glissement de ceux-ci peut mettre en danger le barrage ou la sécurité publique. Si un risque de glissements importants et dangereux dans la retenue existe, les mesures de protection, telles que ancrages, drainage, etc., sont complétées par un dispositif d'auscultation approprié.

6.2.3. Si cela est nécessaire, le bureau de projet arrête des mesures appropriées pour parer à l'érosion des rives.

6. RESERVOIR PLANNING AND DESIGN

6.1. FLOOD HANDLING

6.1.1. The discharge from or through a power plant, lock or any other production facility should not be taken into account when determining or checking the spillway capacity. If no allowance for partial blockage or operational failure of gates is made when determining the spillway capacity, the outlet capacity of such production facilities may be considered for emergency discharge. Such emergency or « alternate » outlet capacity should be provided to an extent to be determined jointly by the designer and operator, and approved by the government agency, in accordance with the risks involved.

6.1.2. The design documents should include detailed operating instructions for the spillway and other outlet devices. Such items as gate opening, closure time and sequence should be subject to full scale field testing.

6.1.3. Besides the primary power supply system for the operation of all flood control and shut-off devices, a completely independent auxiliary power supply source should be permanently available.

6.1.4. If ice conditions could affect flood control, the operation under extraordinary ice flooding must be taken into account. For ice flood handling, a fuse plug section might be considered rather than a crest type emergency spillway. In regions subject to avalanches, the possible consequences on flood buildup and discharge should be investigated.

6.2. RESERVOIR BANK STABILITY

6.2.1. Critical reservoir rim areas should be surveyed for banks which may become unstable during or after reservoir filling or drawdown the collapse of which may affect the safety of the dam or any other facility in the vicinity of the reservoir.

6.2.2. An adequate means of protection of unstable banks should be determined by the designer, in case sliding would endanger the dam or public safety. If the danger of large slides into the reservoir should exist, a means of protection such as anchoring, drainage, etc., should be complemented by a suitable monitoring system.

6.2.3. If and where necessary, the designer should determine adequate measures to prevent bank erosion.

6.3. ALLUVIONNEMENT DE LA RETENUE

6.3.1. Les études portant sur la retenue comprennent les études des transports solides par la rivière et de leur provenance à l'intérieur du bassin versant situé à l'amont du barrage. Si c'est nécessaire et réalisable, des mesures appropriées sont définies pour prévenir l'alluvionnement excessif de la retenue.

6.3.2. La précision et la valeur des données sur les débits de matériaux en suspension et de matériaux de fond charriés par la rivière, tirées de la documentation, sont vérifiées par comparaison avec les données provenant de bassins versants voisins présentant les mêmes caractéristiques géomorphologiques et géologiques.

L'origine et la valeur de toutes les données sont vérifiées en vue d'écarter des erreurs fondamentales qui auraient pu se glisser dans les observations et dans les méthodes et dispositifs de traitement des données.

6.3.3. Une prévision du degré d'alluvionnement de la retenue sert pour l'étude des dispositifs de chasse et pour la prise en compte, dans les calculs du barrage, de la poussée des matériaux déposés. Dans le cas de rivières avec transports solides importants, en particulier dans les régions semi-arides, le dépôt de sédiments peut complètement changer les caractéristiques de la retenue en un temps relativement court. Cela peut entraîner une remontée non négligeable des niveaux de la ligne de remous et une augmentation de la zone amont sujette à submersion par suite de la présence du barrage. Si de telles conséquences risquent de survenir, le bureau de projet indique au maître d'ouvrage (propriétaire) les dispositions éventuelles à prendre pour prévenir des dégâts futurs.

6.3.4. Dans les régions où une activité sismique est possible, des mesures de protection, telles que murs de captage, etc., sont étudiées pour empêcher les matériaux déposés à l'amont immédiat du barrage de venir obstruer les ouvrages d'évacuation de fond par suite de leur liquéfaction durant le séisme.

6.3.5. Les pertuis et les ouvrages d'évacuation de fond sont conçus et leur mode d'exploitation défini de manière à réduire ou à maîtriser le dépôt de matériaux charriés, à proximité des prises d'eau. Les études comprennent un examen des problèmes d'érosion du béton et de l'acier résultant du passage, à travers les ouvrages d'évacuation, de sédiments abrasifs, en fortes concentrations, et indiquent les mesures de protection éventuelles.

6.4. GLACE ET CORPS FLOTTANTS

6.4.1. Dans les régions où une couverture de glace peut se former sur la retenue, l'évacuateur de crues doit être conçu pour le passage de plaques de glace. Dans les régions aux hivers rigoureux, l'évacuateur de crues est équipé, si besoin est, de dispositifs pour casser la glace en plus petits morceaux pouvant passer par les vannes, en vue d'éviter les embâcles de glace susceptibles de réduire la capacité de l'évacuateur. Les étanchéités des vannes sont munies de dispositifs de chauffage pour assurer leur fonctionnement en période de gel. On doit prendre en compte, dans le projet, la poussée exercée par la glace sur les ouvrages et les vannes.

6.4.2. Les études doivent comprendre une analyse du type, des dimensions et de la quantité des corps flottants ou immergés pouvant se présenter, en particulier

6.3. RESERVOIR SEDIMENTATION

6.3.1. Planning of the reservoir should include the investigation of the transport action of solids by the river and of potential sources of sediments within the drainage area upstream of the dam site. If necessary and feasible, adequate means should be established to forestall excessive sedimentation of the reservoir.

6.3.2. The accuracy and reliability of suspended silt and solid bed flow data derived from historical records should be checked by comparison with data from neighboring drainage areas with similar geomorphologic characteristics and situated within the same geological formation. Origin and reliability of all data should be checked to avoid reliance on basic errors which may have been introduced into observation and data processing systems and procedures.

6.3.3. A forecast of the rate of sedimentation of the reservoir should be used to consider the design of flushing facilities and take into account the thrust of the layer of sediments on the design load of the dam. In the case of rivers with high sediment loads, particularly in semi-arid regions, the deposition of sediment may completely change the characteristics of the reservoir in a relatively short time. This could have the result of substantially raising backwater levels and increasing the upstream area which will be subject to flooding as the result of the dam. If such consequences are to be expected, the designer should inform the owner accordingly for possible provisions to forestall future damage.

6.3.4. In regions where seismic activity may be expected, protective measures such as intake walls should be considered to prevent material from sediment deposits lying in the upstream vicinity of the dam from choking low level outlets upon its liquefaction during earthquakes.

6.3.5. Sluices and low level outlets should be designed and their operation scheduled in such manner as to reduce the rate or to control the pattern of silt and bed load deposition in the vicinity of intakes. Design should include an analysis of the likely future problems of concrete and steel abrasion when erosive sediments pass through the outlet in large concentrations and should indicate possible remedial measures.

6.4. ICE AND FLOATING DEBRIS

6.4.1. In regions where an ice cover may build up on the reservoir, the spillway should be designed to discharge pieces of ice. If required in regions of severe winter conditions, the spillway should be equipped with devices to break up large masses of ice into smaller pieces that may pass through the gates to avoid ice jams which could reduce the discharge capacity. Seals of spillways gates should be equipped with heating devices to ensure spillway operation when freezing conditions prevail. Ice pressure on structures and gates must be taken into account in structural design.

6.4.2. Design should include an analysis of the type, dimensions and amount of floating or submerged debris which may appear, especially during major floods.

lors des grandes crues. Si des renseignements dignes de foi ne sont pas disponibles ou suffisants pour une telle analyse, des bassins versants voisins présentant le même environnement naturel peuvent en fournir. La conception du barrage et de ses ouvrages annexes doit permettre, soit le captage et la mise en dépôt de tels transports solides, soit leur libre passage sans gêner ou compromettre le fonctionnement des évacuateurs de crues et des prises d'eau.

6.5. PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.5.1. Le projet doit inclure une étude de la protection de l'environnement, dans la zone entière de la retenue, ses abords immédiats et dans le bassin de la rivière à l'aval du barrage. L'étude porte sur des points tels que (liste non exhaustive) : nettoyage de la retenue, préservation de la qualité de l'eau, problèmes de santé, pêche et sécurité pour la navigation.

6.5.2. Si des conditions d'environnement défavorables sont susceptibles de se présenter dans la retenue, des mesures appropriées sont prises par le bureau de projet pour les prévenir.

6.6. ANNONCE DES CRUES

6.6.1. Un système d'annonce des crues est installé avec la collaboration du maître d'ouvrage (propriétaire), de l'exploitant et du bureau de projet, après approbation par l'organisme public, à moins qu'un système d'annonce des crues sûr, établi par d'autres organismes, puisse être utilisé.

6.6.2. L'étude des dispositions relatives à l'annonce des crues fait partie du projet; elle tient compte des caractéristiques particulières du bassin versant et de la vallée.

If reliable data required for such an analysis is unavailable or insufficient, it may be obtained from neighboring drainage areas situated in a similar natural environment. The design of the dam and its appurtenant structures should permit either the collection and disposal of such debris or its free discharge without hampering or endangering the operation of the spillways and intakes.

6.5. ENVIRONMENTAL SAFETY

6.5.1. Design should include an environmental safety assessment for the entire reservoir area and its immediate surroundings and for the river basin downstream of the dam. The assessment should include, but not be limited to, such items as : reservoir clearing, preservation of water quality, health hazards, fishing and safety for navigation.

6.5.2. If adverse environmental conditions are to be expected in the reservoir, the occurrence should be forestalled by appropriate measures determined by the designer.

6.6. FLOOD WARNING

6.6.1. A flood warning scheme should be established cooperatively by the owner, operator and designer, subject to approval by the government agency, unless a reliable warning scheme established by other organizations can be used.

6.6.2. Specific flood warning provisions should be included in the design documents taking into account the particular characteristics of the drainage area and the river valley.

7. INSTRUCTIONS POUR LES INSPECTIONS DE SÉCURITÉ

7.1. PROGRAMME D'INSPECTION

7.1.1. Un manuel ou plan pour l'inspection pendant la construction, incluant le contrôle de qualité, est préparé par l'organisme chargé du contrôle général des travaux; ce document s'appuie sur les spécifications fournies par le bureau de projet et sur d'autres documents de projet.

7.1.2. Le bureau de projet fournit des instructions détaillées pour les inspections régulières de sécurité du barrage et de la retenue pendant le premier remplissage et en exploitation normale, tel que mentionné au chapitre 2.3. Ces instructions comprennent un plan d'action dans le cas où les observations laissent présager des situations critiques.

7.1.3. Tous les éléments à inspecter sont définis par le bureau de projet, tandis que les opérations courantes d'inspection sont définies conjointement par le bureau de projet et l'exploitant.

7.2. MÉTHODES ET PROCÉDURES D'INSPECTION

7.2.1. Les instructions relatives à l'inspection de sécurité définissent clairement les objectifs, les buts à atteindre, dans chaque domaine, plutôt que des méthodes et procédures rigides, celles-ci pouvant être sujettes à modification pendant la vie du barrage.

7.2.2. En collaboration avec l'exploitant et l'organisme public, le bureau de projet met au point des instructions pour le dépouillement, l'analyse et la transmission des résultats et des informations fournis par l'inspection.

7. INSTRUCTIONS FOR SAFETY INSPECTIONS

7.1. INSPECTION SCHEDULE

7.1.1. A manual or plan for inspection during construction, including quality control, should be prepared by the organization in charge of construction supervision based on the designer's specifications and other design documents.

7.1.2. The designer should provide detailed instructions for inspection of the dam and reservoir during operation and the first filling, as defined in 2.3. This provision should include a plan of action in case observations indicate that a critical condition could occur.

7.1.3. All items to be inspected should be determined by the designer, while the sequence and routines of inspection should be established jointly by the designer and operator.

7.2. INSPECTION METHODS AND PROCEDURES

7.2.1. The instructions for safety inspection should clearly define the purpose, objective and intent for each item rather than specifying rigid methods or procedures which may become subject to change during the service life of the dam.

7.2.2. In cooperation with the operator and the government agency, the designer should develop instructions for the handling, processing and circulation of data and information obtained from the inspection.

8. PLAN ET PROCÉDURES D'ALERTE

8.1. PLAN D'ALERTE

8.1.1. Le bureau de projet doit porter une très grande attention aux situations critiques susceptibles d'affecter la sécurité du barrage, et aux mesures de sécurité nécessaires qui en résultent. Des dispositions correspondantes sont prises dans le projet. En collaboration avec l'organisme public et l'exploitant, le bureau de projet examine la nécessité — et la possibilité — de prendre des dispositions pour la vidange d'urgence de la retenue. S'il est déterminé que la vidange de la retenue n'est pas nécessaire, cela doit être justifié et faire l'objet de rapports détaillés. Il faut également porter l'attention sur des points tels que (liste non exhaustive) : fourniture d'énergie de secours ; accès de secours au site ; moyens de communication de secours, internes et à longue distance ; routes d'évacuation pour le personnel d'exploitation.

8.1.2. Un plan d'alerte détaillé est établi par le bureau de projet, en collaboration avec l'exploitant, pour autant que l'exploitation dans les conditions critiques est concernée, et par le bureau de projet et/ou d'autres organismes compétents, en collaboration avec l'exploitant et l'organisme public, en ce qui concerne la sécurité publique. Ce plan est disponible lorsque l'exploitation du barrage et de la retenue débute (voir chapitre 21).

8.2. SYSTÈME D'ALERTE

8.2.1. Un système d'alerte est établi conjointement par le bureau de projet, l'exploitant et l'organisme public.

8.2.2. L'étude des dispositifs d'alerte fait partie du projet.

8.2.3. Il est fortement recommandé que les études théoriques visant à déterminer les exigences du système d'alerte comprennent une étude de rupture du barrage.

8. EMERGENCY PLAN AND PROCEDURES

8.1. EMERGENCY OPERATIONS PLAN

8.1.1. Due consideration should be given by the designer to possible emergency situations that would affect the dam's safety and the resulting necessity for emergency operations. Corresponding provisions should be made in the design. In cooperation with the government agency and the operator, the designer should examine the necessity for, and feasibility of, providing facilities for emergency emptying of the reservoir. If it is determined that reservoir evacuation is not required, such determination should be justified and documented. Attention should also be given, but not be limited, to such items as : emergency power supply; emergency access to the site; internal and long-distance emergency communication; and escape routes for the operating personnel.

8.1.2. A detailed emergency operations plan should be developed by the designer in cooperation with the operator as far as operation under emergency conditions is concerned and by the designer and/or other competent organizations in cooperation with the operator and the government agency with respect to public safety. This plan should be available when the dam and reservoir go into operation. For details see 21.

8.2. EMERGENCY WARNING

8.2.1. An emergency warning system should be established cooperatively by the designer, operator and government agency.

8.2.2. Specific provisions for emergency warning should be incorporated in the design.

8.2.3. It is highly recommended that the theoretical investigations for establishing the requirements of the emergency warning system include a dam breach analysis.

9. PROBLÈMES SPÉCIFIQUES AUX RIVIÈRES INTERNATIONALES

9.1. SÉCURITÉ DE L'OUVRAGE ET DE SON EXPLOITATION

9.1.1. Les aspects relatifs à la sécurité des projets de tous les barrages et retenues devant être construits sur une rivière internationale doivent être compatibles entre eux. C'est pourquoi le bureau de projet, lorsqu'il définit la conception et les critères de projet, doit avoir une parfaite connaissance des exigences, normes, restrictions et réglementations particulières, fixées dans la convention relative à l'aménagement de la rivière. Si aucune convention n'existe, le bureau de projet demande l'avis des organismes publics compétents qui, de leur côté, prennent toutes les dispositions utiles pour déterminer les critères susceptibles d'être acceptés par toutes les parties concernées.

9.1.2. La convention relative à l'aménagement d'une rivière internationale porte, pour autant que le projet est concerné, sur les points suivants (liste non exhaustive) :

- dispositifs, méthodes et appareils de mesures hydrographiques, de même que la transmission, le traitement et la mise à disposition des données hydrologiques;
- détermination des crues de projet et dimensionnement des évacuateurs de crues;
- utilisation des plaines inondées pour des activités;
- philosophie fondamentale du projet et critères de sécurité;
- utilisation de l'eau et activités en bordure de la rivière;
- critères fondamentaux relatifs à l'exploitation des retenues et à l'évacuation des débits;
- protection de l'environnement;
- précautions dans les situations critiques.

9.1.3. Si aucun avis ni instructions spécifiques ne peuvent être obtenus, le bureau de projet prend, de sa propre initiative, les dispositions nécessaires pour éviter de transférer des risques et périls importants aux autres riverains.

9.2. COORDINATION DANS L'ÉTUDE DES SYSTÈMES D'ALERTE

9.2.1. Un système d'alerte pour la vallée à l'aval du barrage situé le plus à l'amont est défini en collaboration avec les organismes publics de tous les pays, états ou provinces concernés. Un organisme public peut déléguer tout ou partie de cette tâche à un groupe de travail ou à une commission spéciale, mais reste responsable de la conduite et de la surveillance ainsi que des résultats obtenus.

9. SPECIFIC ASPECTS RELATED TO BOUNDARY RIVERS

9.1. STRUCTURAL AND OPERATIONAL SAFETY

9.1.1. Safety related aspects of the design of all dams and reservoirs to be built on a boundary river should be compatible with each other. Therefore, the designer, when fixing the design concept and criteria, must be well aware of special requirements, standards, restrictions and regulations established by agreement for the development of the river. If no such agreement exists, the designer should seek advice from the cognizant government agencies which should take the necessary steps to determine criteria that would be acceptable to all parties involved.

9.1.2. The agreement for the development of a boundary river should as far as design is concerned include, but not be limited to, the following items :

- Hydrographic observation systems, procedures and equipment, as well as transmission, processing and availability of hydrologic data;
- Determination of design floods and spillway capacity;
- Utilization of flood plains;
- Basic design philosophy and safety criteria;
- Water use and river-bound activities;
- Basic criteria for the operation of, and the release of water from, the reservoirs;

- Environmental protection;
- Emergency precautions.

9.1.3. If no specific advice or instructions can be obtained, the designer should on his own initiative take the necessary precautions to avoid the transfer of unreasonable risk or hazard to other riparian entities.

9.2. COORDINATION OF EMERGENCY WARNING SYSTEMS

9.2.1. An emergency warning system for the river valley downstream of the uppermost dam should be set up through direct cooperation of the government agencies of all countries, states or provinces involved. A government agency may delegate all or part of this task to a working group or special commission but should remain responsible for guidance and overview and for formal representation.

9.2.2. Si un barrage et une retenue en cours d'étude nécessitent l'adaptation ou la modification des dispositifs d'alerte existant dans d'autres pays, états ou provinces, le maître d'ouvrage (propriétaire) et le bureau de projet de l'ouvrage, à la requête de l'organisme public, fournissent toutes les données et informations utiles. Les contacts ont lieu, de préférence, par l'intermédiaire de l'organisme public.

9.2.3. Le dispositif d'alerte est établi ou révisé le plus tôt possible, afin de disposer d'un temps suffisant pour sa mise au point en commun. Il est en service dès le début de la construction.

9.2.2. If a dam and reservoir under design should require the adaptation or modification of existing emergency warning systems in other countries, states or provinces, the owner and designer of the project should, on request of the government agency, supply all relevant data and information. Contacts should preferably be through the government agency.

9.2.3. The emergency warning system should be established or revised as early as possible in order to have time enough for mutual adaptation. It should be operational when construction of the dam is started.

10. AGRANDISSEMENT, MODIFICATION, RESTAURATION, RÉPARATION ET ABANDON

10.1. PROCÉDURES D'ÉTUDE

10.1.1. Pour tout agrandissement, modification, restauration, réparation ou abandon d'ouvrages ou dispositifs existants, les documents du projet initial et tous les renseignements disponibles enregistrés sur la construction et l'exploitation sont soigneusement revus. Il est très important, en effet, de comprendre les principes et critères du projet initial avant d'entreprendre toute modification importante. Le comportement, le fonctionnement et l'intégrité des ouvrages existants sont soigneusement vérifiés au moyen d'observations détaillées *in situ* et en consultant les rapports des anciennes inspections.

10.1.2. Si l'agrandissement ou la modification exige des modifications importantes de la structure, ou si les hypothèses de base et les conditions d'environnement sur lesquelles s'appuyait le projet initial ont considérablement changé, l'ouvrage tout entier fait l'objet d'un nouveau calcul de stabilité.

10.2. PRINCIPES ET CRITÈRES DE PROJET

10.2.1. Les principes et critères de projet exposés dans les chapitres précédents guident l'étude d'agrandissement, de modification, de restauration, de réparation ou d'abandon des barrages et retenues, dans tous les cas où ces principes et critères sont applicables.

10.2.2. Avant d'entreprendre les études détaillées, les parties ou éléments de l'ouvrage devant être agrandis, modifiés ou réparés sont soumis à des visites approfondies; des rapports précis sur l'état de ces parties ou éléments de l'ouvrage sont établis. Cette documentation fait partie des archives de l'ouvrage.

10.2.3. La restauration, l'agrandissement ou la modification d'un barrage existant offre la bonne opportunité d'installer un nouveau dispositif d'auscultation ou de réviser l'ancien dispositif, ce qui permet d'améliorer la sécurité. Cette installation ou cette amélioration du dispositif s'appuiera sur les principes et critères indiqués dans les présentes recommandations.

10. ENLARGEMENT, ALTERATION, REHABILITATION, REPAIR AND ABANDONMENT

10.1. DESIGN PROCEDURES

10.1.1. For any enlargement, alteration, rehabilitation, repair or abandonment of existing structures or facilities, the original design documents and all available construction and operation records should be carefully reviewed. Most important in this context is the understanding of the original design principles and criteria before introducing any substantial alterations. The behavior, operational performance and structural integrity of the existing works should be carefully examined by detailed field investigation and consultation of former inspection reports.

10.1.2. If the enlargement or alteration would require substantial structural modifications, or if basic assumptions and environmental conditions which formed the basis of the original design have considerably changed, the whole structure should undergo a new stability analysis.

10.2. PRINCIPLES AND CRITERIA OF DESIGN

10.2.1. The principles and criteria of design outlined in the foregoing sections should guide the design of enlargement, alteration, rehabilitation, repair and abandonment of dams and reservoirs wherever they are applicable.

10.2.2. Before starting detailed design work, the actual state of those parts or components of the structure that will be enlarged, modified or repaired should be carefully surveyed and documented. The resulting documentation should be included in the record files of the dam.

10.2.3. Rehabilitation, enlargement or alteration of an existing dam offers a good opportunity to install new or upgrade old monitoring equipment as an effective means to improve safety. Installation or upgrading should be guided by the principles and criteria outlined in these guidelines.

11. APPROBATION DU PROJET

11.1. PROJET INITIAL

11.1.1. La procédure et les conditions requises pour l'approbation officielle des documents de projet et l'obtention du permis de construire peuvent être soumises à une réglementation nationale ou régionale. Toutefois, l'organisme public participe, directement ou indirectement, au moins à l'approbation officielle des documents de base du projet et à l'obtention du permis de construire, ce qui rentre dans ses fonctions de contrôle.

11.1.2. Dans les pays où il n'y a pas de règlements exigeant le contrôle de la qualité et l'approbation officielle des documents de détail, une procédure courante mais efficace de contrôle est établie, de préférence après accord mutuel entre l'organisme public, le maître d'ouvrage (propriétaire) et le bureau de projet. De tels contrôle et approbation portent au moins sur les critères de projet, les concepts de projet, les méthodes de projet, les paramètres intervenant, les décisions principales, les coefficients de sécurité et les détails s'y rapportant. Les documents détaillés de projet font l'objet d'un contrôle interne indispensable par le propre personnel du bureau de projet. Si cela s'avère nécessaire, un contrôle complémentaire par un service spécialisé de l'organisme du maître d'ouvrage (propriétaire), ou par des ingénieurs conseils indépendants choisis par le maître d'ouvrage (propriétaire), peut être admis.

11.1.3. Il est conseillé, en particulier pour les projets d'ouvrages de dimensions exceptionnelles ou présentant des problèmes inhabituels, de soumettre, toutes les fois que c'est nécessaire, les techniques de projet et de construction à l'examen d'un groupe d'ingénieurs conseils indépendants. La nécessité d'un tel examen et sa fréquence sont déterminées conjointement par le maître d'ouvrage (propriétaire), le bureau de projet et l'organisme public, compte tenu de la complexité et des particularités du projet. Tous les membres de ce groupe d'experts sont tenus au courant, à intervalles réguliers, des résultats des reconnaissances et essais, des critères de projet, des décisions, des procédés de construction, de l'avancement des études et des travaux, des résultats de l'inspection des travaux, des changements dans les conditions ou les méthodes, du projet de dérivation de la rivière, du projet de remplissage et d'exploitation de la retenue, des plans d'alerte, et de tous autres éléments qui peuvent avoir une influence directe ou indirecte sur la sécurité de l'ouvrage. Le groupe d'ingénieurs conseils adresse ses rapports au maître d'ouvrage (propriétaire) qui, de son côté, informe l'organisme public et le bureau de projet des constatations et conclusions du groupe d'ingénieurs conseils. Bien que les membres de ce groupe aient, chacun, des connaissances et expériences différentes, leurs travaux doivent parvenir à un consensus. Un tel consensus est obtenu grâce à une discussion approfondie des problèmes portant sur l'ensemble de l'ouvrage. L'intervention du groupe d'ingénieurs conseils ne doit pas diminuer la responsabilité du bureau de projet, de l'entrepreneur, du maître d'ouvrage (propriétaire) ou de l'exploitant.

11.1.4. La vérification des documents et des méthodes d'études ne doit pas se

11. APPROVAL OF DESIGN

11.1. ORIGINAL DESIGN

11.1.1. The procedure and requirements for the formal approval of design documents and authorization of construction may be the subject of national or state legislation. As part of its regulatory function, however, the government agency should directly or indirectly participate at least in the formal approval of the basic design documents and in the issue of the construction authorization.

11.1.2. In countries where there are no legal requirements that call for checking of the quality and formal approval of all detailed documents, an efficient routine checking procedure should be established, preferably by mutual agreement between the government agency, the owner and the designer. Such checking and approval should include at least the design criteria, design concepts, design methods, input parameters, major decisions, factors of safety and relevant details. Detailed design documents should undergo essential in-house checking by the designer's own staff. Additional checking by a specialized unit of the owner's organization or by independent consultants retained by the owner may be agreed upon if deemed necessary.

11.1.3. It is advisable to have design and construction practices, especially for projects of unusual size or with unusual features, reviewed whenever necessary by a board of independent consultants. The need for such review and its frequency should be determined jointly by the owner, designer and the government agency, after due consideration of the complexity and the specific features of the project. All board members should be informed at regular intervals of the exploration and testing results, design criteria and decisions, construction procedures, progress of design and construction, construction inspection results, change of conditions or methods, the river diversion scheme, reservoir regulation and impoundment scheme, emergency plans and any other features that may have direct or indirect influence on the safety of the project. The board should report to the owner who, on his part, should inform the government agency and the designer about the findings and conclusions of the board. One of the accomplishments expected from a board of consultants is the arrival at a consensus even though the individual board members have different backgrounds and experience. Such consensus should be reached by thorough discussion of pending problems under due consideration of the project as a whole. The board's activity should not reduce the responsibility of the designer, contractor, owner or operator.

11.1.4. Verification of design documents and procedures must not be limited

limiter aux calculs numériques et détails de l'ouvrage. Une attention spéciale est portée à l'examen critique des critères de projet, à la conception d'ensemble de l'ouvrage, aux problèmes hydrauliques et de structure, de même qu'à la sûreté de l'exploitation. Cet examen porte (limite non exhaustive) sur les aspects hydrologiques et géotechniques qui déterminent la conception du projet, sur l'uniformité des critères, sur l'approche méthodologique et les décisions prises au cours du projet, sur les redondances dans l'ouvrage, sur la nécessité d'une deuxième ligne de défense dans les dispositifs essentiels à la sécurité, sur la continuité dans le traitement des surfaces de contact entre ouvrages, et sur d'autres questions qui normalement ne sont pas directement traitées dans les calculs du projet.

11.2. ÉTUDES CONCERNANT L'AGRANDISSEMENT, LA MODIFICATION, LA RÉPARATION

11.2.1. Pour le contrôle et l'approbation des documents de projet concernant l'agrandissement, la modification ou la réparation de barrages et de retenues existants, les principes exposés dans le chapitre précédent (11.1) sont appliqués de la même façon que dans le cas de la construction d'un nouvel ouvrage.

11.2.2. Si, dans le cas d'un barrage présentant un danger, l'exploitant ou le maître d'ouvrage (propriétaire) n'exécute pas les réparations nécessaires, l'organisme public arrête les mesures destinées à rétablir les conditions d'exploitation sûre. Ces mesures sont étudiées et exécutées dans le délai fixé par l'organisme public.

11.2.3. Les incidents et accidents affectant la sécurité d'un barrage ou d'une retenue font l'objet de rapports détaillés pour l'étude des mesures et travaux de réparation. Les projets des barrages nouveaux, de même que les restaurations et réparations d'ouvrages existants, tiennent compte des enseignements tirés de tels incidents et accidents.

to the checking of numerical computations and structural details. Special attention should be paid to a critical review of design criteria, the concept of arrangement, hydraulic and structural features, as well as operational reliability of the project. It should include, but not be limited to, hydrologic and geotechnical aspects that determine the design concept, uniformity of criteria, methodological approach and decisions in the design process, structural redundancy, necessity for a second line of defense in arrangements and details essential for overall safety, continuity in the treatment of structural interfaces, and other issues that normally are not directly dealt with in design calculations.

11.2. DESIGN WORK FOR ENLARGEMENT, ALTERATION AND REPAIR

11.2.1. For the checking and approval of design documents referring to the enlargement, alteration and/or repair of existing dams and reservoirs, the principles outlined in 11.1 should be applied in the same way as for the construction of a new structure.

11.2.2. If in the case of an unsafe dam the operator or owner fails to carry out the necessary remedial work, the government agency should decide what corrections are to be made for restoration to safe operating conditions. These corrections should be designed and carried out within the time established by the government agency.

11.2.3. Incidents and accidents that affect the safety of a dam or reservoir should be carefully documented for study of remedial actions and measures. The lessons learned from such an occurrence should be duly considered in the design of new dams, as well as in the rehabilitation and repair of existing structures.

C. CONSTRUCTION

C. CONSTRUCTION

12. PROBLÈMES DE CONSTRUCTION LIÉS AU PROJET

12.1. MODIFICATIONS APPORTÉES AU PROJET EN COURS DE TRAVAUX

12.1.1. Toutes modifications du projet initial résultant de conditions différentes constatées *in situ*, ou toutes modifications souhaitées pour faciliter la construction, sont effectuées exclusivement par le bureau de projet.

12.1.2. Les modifications apportées à des détails mineurs par le représentant du bureau de projet sur le site sont soumises à l'approbation de la direction du bureau de projet. Ces modifications doivent être en parfaite conformité avec les critères, concepts et principes adoptés dans le projet initial. Les changements et modifications qui touchent les décisions fondamentales du projet ne sont pas effectués ou approuvés sans qu'une analyse en due forme et bien documentée ait été faite par la direction du bureau de projet.

12.1.3. Les reconnaissances géotechniques se poursuivent avec l'avancement des fouilles, soit pour confirmer les hypothèses de projet, soit pour fournir les données et les informations requises du fait des changements demandés sur le projet.

12.2. MÉTHODES ET MATÉRIELS DE CONSTRUCTION

12.2.1. Les méthodes et matériels de construction doivent permettre d'obtenir la qualité spécifiée pour les ouvrages. Si cela ne peut être obtenu pour n'importe quelle raison, des modifications peuvent être proposées au bureau de projet. Elles n'entrent, toutefois, en vigueur qu'après avoir été formellement approuvées par le bureau de projet.

12.2.2. De préférence, le bureau de projet entretient des relations continues avec le personnel de chantier de l'entrepreneur afin d'éviter tous risques inutiles résultant d'une discordance éventuelle entre le projet et les capacités et méthodes de construction.

12.2.3. Même si le bureau de projet n'est pas chargé du contrôle général des travaux, il a, au moins, comme tâche assignée, de donner des recommandations techniques à l'organisme chargé de ce contrôle. Cela entraîne un rôle continu de conseil avec visites périodiques fréquentes du chantier, et, de préférence, un représentant permanent de ce bureau résidera sur le chantier pour assurer des liaisons directes avec le bureau.

12.3. CONTRÔLE GÉNÉRAL ET INSPECTION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION

12.3.1. Le contrôle général et l'inspection des travaux de construction sont

12. DESIGN-RELATED CONSTRUCTION ASPECTS

12.1. FIELD CHANGES TO DESIGN

12.1.1. Any alteration of the original design due to changed conditions found in the field, or changes desirable to facilitate construction, should be made exclusively by the designer.

12.1.2. Field changes of minor details made by the field representative of the designer should be subject to approval by the design staff. Such changes must be in strict accordance with the criteria, concept and principles of the original design. Changes and alterations that affect basic design decisions should not be made or approved without a formal, documented analysis by the design staff.

12.1.3. Geotechnical exploration should continue with the advance of excavation to either confirm the design assumptions or to provide the data and information needed for the required design changes.

12.2. CONSTRUCTION METHODS AND EQUIPMENT

12.2.1. Construction methods and equipment must be suitable to obtain the specified quality of work. If this cannot be achieved for any reason, possible changes may be proposed to the designer. They should not, however, become effective before being formally approved by the designer.

12.2.2. Preferably, the designer should maintain continuous contact with the contractor's construction staff to avoid unnecessary risks from a possible gap between the design intent and the capacity and practice of construction.

12.2.3. Even if the designer is not entrusted with construction supervision, he should at least have an assignment for providing technical guidance to the organization in charge of construction supervision. This should include involvement as a continuous advisor, making frequent periodic visits to the site, and, preferably, being a permanent representative at the construction site for direct liaison with the design staff.

12.3. CONSTRUCTION SUPERVISION AND INSPECTION

12.3.1. Construction supervision and inspection should be carried out under

exercés sous la direction d'un « généraliste » en ingénierie de barrages, ayant suffisamment d'expérience en matière, à la fois, de construction et d'étude de barrage pour comprendre les relations entre la pratique de construction et les principes et buts du projet.

12.3.2. Pendant la construction, des liaisons étroites sont maintenues entre le personnel des études et le personnel des travaux. Le chantier est fréquemment visité par le personnel des études pour l'examen général des conditions du site, de l'avancement et de la qualité de la construction. Le personnel des travaux est continuellement informé, par le bureau de projet, de la philosophie du projet, des critères de projet, des décisions, afin de mieux comprendre la conception et les détails du projet, ainsi que les prescriptions spéciales. Le personnel de chantier informe le bureau de projet de toute situation critique, des déficiences ou modifications de la qualité ou des propriétés des matériaux de construction, ou de toutes modifications présumées de conditions qui pourraient être incompatibles avec le projet.

12.3.3. Quel que soit l'organisme chargé du contrôle général des travaux — bureau de projet, maître d'ouvrage (propriétaire) ou tiers — l'équipe de contrôle doit veiller, avec soin, à ce que la qualité de la construction soit conforme aux spécifications et documents du projet, et que les conditions du site soient compatibles avec les hypothèses adoptées dans le projet. L'équipe de contrôle doit être capable de déceler toute incompatibilité de ces hypothèses avec les conditions rencontrées sur le site. L'équipe de contrôle doit également veiller à ce que les règles de sécurité de construction soient bien observées afin d'éviter des accidents.

12.3.4. La carte de la structure et des accidents géologiques continue d'être dressée pendant l'exécution des fouilles et est soumise à l'analyse et au jugement du bureau de projet. Une réception des fondations et du traitement des fondations a lieu avant la mise en place des matériaux de remplissage des fouilles.

12.3.5. Les déformations des structures, fondations et appuis, sous l'augmentation du poids propre du barrage, ainsi que les contraintes et déformations unitaires, sont continuellement mesurées et comparées avec les valeurs prévues par les calculs du projet, dans tous les cas où un tel contrôle est exigé en raison des conditions de fondation ou de l'importance du barrage.

12.3.6. Durant la construction, les débits et pressions de percolation sont mesurés et comparés avec les résultats des calculs de perméabilité et de sous-pression. Les origines et la qualité (claire ou chargée) des eaux de percolation sont étudiées par le bureau de projet. Une analyse chimique en vue de déterminer la teneur en matières dissoutes peut s'avérer nécessaire s'il y a danger de délavage, par exemple d'un rideau d'injection. Le débit de percolation est surveillé afin d'évaluer l'efficacité des injections de fondation.

12.3.7. Un programme de contrôle de qualité — définissant les rôles, responsabilités et procédures — est établi, comme faisant partie de l'organisation du contrôle général des travaux. Les contrôles courants, les méthodes d'essai et les critères pour l'approbation des travaux sont fixés conjointement par le bureau de projet et le maître d'ouvrage (propriétaire). Si l'inspection des travaux de construction n'est pas soumise à une réglementation, les qualifications exigées pour l'équipe d'inspection doivent être agréées par le bureau de projet et le maître d'ouvrage (propriétaire).

the management of a dam engineering « generalist » with enough experience in both construction and design to understand the interdependence of construction practice and the principles and goals of design.

12.3.2. During construction close liaison should be maintained between the design and construction staffs. The construction site should be frequently visited by the design staff for general inspection of site conditions, construction progress and quality. The construction staff should be continuously informed by the designer of design philosophy, criteria and decisions in order to improve the understanding of the design concept and details and the significance of special requirements. The field personnel should inform the designer of any critical situation, of deficiencies or alterations of the quality or properties of construction materials, or of any suspected changed conditions that might be incompatible with design.

12.3.3. Irrespective of which organization is entrusted with the supervision of construction — designer, owner or a third party — the supervising staff should carefully watch the compliance of construction quality with the specifications and design documents as well as the compatibility of field conditions with the assumptions of design. The supervising staff must be able to recognize when the latter are not compatible with the conditions being encountered. The supervising staff should also watch for compliance with construction safety regulations to avoid accidents.

12.3.4. Mapping of geologic structure and features should be continued during excavation and submitted for the designer's appraisal and analysis. Foundations and foundation treatment should be formally approved before placing of fill material.

12.3.5. Deformation of structures, foundations and abutments under the increasing dead load of the dam, as well as stress and strain, should be continuously checked and compared with the values predetermined by design computations, in all cases in which such checking is required because of foundation conditions or the magnitude of the dam.

12.3.6. During construction, seepage volumes and pressure should be measured and compared with the results of permeability and uplift pressure computations. Sources and clarity of seepage water should be investigated by the designer. A chemical analysis to determine the content of dissolved substances may become necessary if the danger of washout, for instance of a grout curtain, exists. Seepage flow should be watched to evaluate the efficiency of foundation grouting.

12.3.7. A working scheme for, as well as functions, responsibility and procedures of, quality control should be formally established as part of the construction supervision organization. Routines, test methods and criteria for approval of work should be fixed jointly by the designer and owner. If construction inspection is not regulated by law, the designer and owner should agree upon the required qualifications of the field inspection staff.

12.3.8. Le contrôle de qualité et l'inspection des travaux de construction sont exclusivement régis par les prescriptions de construction, les documents de projet et les normes précisées par le bureau de projet. Ce contrôle et cette inspection sont exercés en parallèle avec l'entrepreneur, mais de manière indépendante. Les résultats du contrôle de qualité et de l'inspection des travaux font l'objet de rapports détaillés qui seront classés comme documents de construction. De tels documents comprennent (liste non exhaustive) : des renseignements sur les matériaux et procédés de construction, les résultats des reconnaissances et essais, la carte géologique des fouilles, et les rapports sur le traitement et l'inspection des fondations.

12.3.9. Les lectures des appareils d'auscultation commencent le plus tôt possible afin de contrôler le fonctionnement et la fiabilité du dispositif d'observations et de fournir le maximum de résultats comparatifs. Les lectures des appareils font l'objet de rapports adressés au bureau de projet afin que celui-ci puisse réviser le projet si c'est justifié.

12.3.10. Tout changement par rapport au projet initial est immédiatement enregistré sur les plans conformes à l'exécution. Sont notés, sur ces plans, des renseignements susceptibles d'être utiles pour les travaux de réparation, pour la détection de chemins éventuels de fuites ou pour d'autres considérations futures de sécurité, de tels renseignements pouvant être : type, qualité et marque des matériaux de construction; interruption irrégulière dans la mise en place du béton ou du remblai; fissures détectées, etc. Un jeu complet et soigneusement identifié de photographies du chantier et des plans conformes à l'exécution est classé avec les documents de construction.

12.3.11. Les travaux d'injection sont contrôlés et font l'objet de rapports précis. Des caractéristiques spécifiques, telles que : logs des sondages, résultats des essais d'eau, durée des opérations, température ambiante, coulis d'injection, pressions d'injection, quantités absorbées, phases d'injection, injections passant par les événements, déformations ou fissurations éventuelles des ouvrages ou des fondations injectés, résultats d'essais complémentaires de pression, sont enregistrées et classées pour des besoins futurs éventuels.

12.3.12. Le contrôle et l'inspection sont étendus aux montages et aux essais du matériel d'exploitation.

12.3.13. Une inspection spéciale a lieu immédiatement après tous événements exceptionnels pouvant survenir pendant la période de construction, tels que : forte crue, séisme, incendie ou changement brusque dans les lectures des appareils.

12.3.8. Quality control and construction inspection should be exclusively governed by the construction specifications, design documents and/or standards specified by the designer and should be exercised parallel with, but independent of, contractor or vendor management. Results of quality control and construction inspection should be documented and filed as construction records. Such records should include, but not be limited to, information on materials and construction methods, results of exploration and testing, geological mapping of excavations, and reports on foundation treatment and inspection.

12.3.9. Reading of monitoring instruments should be started as early as possible to check the functioning and the reliability of the observation system and to provide maximum comparative data. The instrument readings should be reported to the designer to enable the latter to review the design if warranted.

12.3.10. Any deviation from original design should be immediately recorded on construction record drawings for future reference. Information which might be useful for possible repair work, for the detection of possible leakage paths, or for any other future safety considerations, such as : type, quality and brand of material; irregular interruption of concrete pouring or placing of fill material; detected cracks, etc., should be noted on the construction record drawings. The complete and carefully identified set of construction photographs and record drawings should be filed with the construction records.

12.3.11. Grouting operations should be supervised and documented. Specific features, such as drill logs, results of initial water pressure test, duration of operations, ambient temperature, grout mix, grout pressures, grout take, stages of grouting, grout return through vents, deformation or cracking, if any, of grouted structures or foundation, and the results of subsequent pressure testing should be recorded and filed for possible future reference.

12.3.12. Supervision and inspection should extend to the erection and testing of operating equipment.

12.3.13. A special inspection should be carried out following unusual events that may occur during the construction phase such as large floods, earthquakes, fire or sudden changes of instrument readings.

13. MAITRISE DE LA RIVIÈRE ET REMPLISSAGE DE LA RETENUE

13.1. DÉRIVATION DE LA RIVIÈRE

13.1.1. Les critères et concepts fondamentaux sur lesquels s'appuie le projet de dérivation de la rivière, tels que : probabilité de retour de la crue, hydrogramme de la crue, risques acceptables, etc., sont définis par le bureau de projet et le maître d'ouvrage (propriétaire), en collaboration avec l'entrepreneur si nécessaire, et soumis à l'approbation de l'organisme public.

13.1.2. Le projet de dérivation de la rivière est basé sur les enregistrements disponibles des caractéristiques des crues et de leur écoulement et sur les enregistrements des précipitations dont on dispose.

13.1.3. Comme les diverses phases de la dérivation de la rivière sont étroitement liées aux étapes de construction prévues et aux débits saisonniers, la conformité de chacun de ces facteurs avec le projet de dérivation établi doit être contrôlé au moment de passer à une phase suivante de dérivation. Tout changement par rapport aux dispositions prévues, tel que : retard dans la construction, changement dans les dates des opérations de dérivation et dans les opérations proprement dites, ou diminution de la capacité de débit du canal ou conduit de dérivation, modifie les risques. Si un tel changement se présente, ses conséquences éventuelles doivent être analysées pour décider si ce changement peut être accepté sans apporter de modification aux dispositifs de dérivation.

13.2. PREMIER REMPLISSAGE DE LA RETENUE

13.2.1. Les opérations de remplissage de la retenue ne commencent pas avant d'être approuvées par l'organisme public.

13.2.2. Avant de solliciter l'autorisation pour le remplissage, tous les travaux dans la zone de la retenue doivent être achevés conformément aux spécifications du projet et aux exigences de sécurité. Une attention spéciale est portée à l'élimination ou au recouvrement effectif des dépôts d'ordures ou de matières dangereuses. En particulier, dans le cas de la mise en eau des grandes retenues, des plans de sauvegarde pour l'homme et la faune sont établis. Immédiatement avant le début du remplissage, la cuvette de la retenue fait l'objet d'une visite du bureau de projet et des représentants de l'organisme responsable du contrôle général des travaux dans la zone devant être recouverte par la future retenue.

13.2.3. Pendant la mise en eau, le barrage et sa fondation sont continuellement auscultés et tous les ouvrages surveillés pour détecter les mouvements, percolations, fuites, sous-pressions ou tout comportement anormal éventuel, conformément aux instructions fournies par le bureau de projet. L'opération de remplissage complet

13. RIVER HANDLING AND RESERVOIR IMPOUNDMENT

13.1. RIVER DIVERSION

13.1.1. Criteria and the basic concepts upon which the design of the river diversion scheme will be based, such as : probability of flood recurrence, diversion design flood hydrograph, acceptable risks, etc., should be determined by the designer and owner in cooperation with the contractor, if necessary, and approved by the government agency.

13.1.2. The river diversion should be based on the available records of flood characteristics and runoff and precipitation records.

13.1.3. Since the various phases of the river diversion scheme are closely linked to predetermined stages of construction and seasonal runoff conditions, the conformity of each of these factors with the established diversion plan must be checked every time diversion is to be shifted from one phase to the next. Any deviation from the preestablished plan such as delay in construction, change in timing of diversion operations, or diminution of the discharge capacity of the diversion channel or conduit will change the risk. If any such deviation should occur, possible consequences have to be analyzed to decide if the deviation can be accepted without modification of the diversion scheme.

13.2. FIRST RESERVOIR FILLING

13.2.1. Reservoir filling operations should not be started before authorization by the government agency.

13.2.2. Before applying for authorization of impoundment, all work in the reservoir area must be completed in accordance with design specifications and safety requirements. Special attention should be paid to elimination or effective sealing of garbage, sanitary and/or hazardous waste dumps. Especially in the case of the filling of large reservoirs, rescue schemes for man and wildlife should be set up. Immediately prior to starting the filling operation, the reservoir should be inspected by the designer and/or representatives of the organization responsible for the supervision of work in the area to be covered by the future reservoir.

13.2.3. During impoundment the structural behavior of the dam and its foundation should be continuously monitored and all structures inspected for movement, seepage, leakage, uplift pressure or any possible irregular performance in accordance with detailed instructions issued by the designer. The whole filling operation

fait l'objet d'un programme détaillé. Si c'est possible, le remplissage est réalisé par étapes, comprenant des paliers pour des visites approfondies. L'opération complète de remplissage donne lieu à des rapports détaillés. Les rapports comprennent (liste non exhaustive) la description détaillée des conditions et procédure de remplissage, la justification des modifications par rapport aux dispositions premières, les résultats, constatations et conclusions des visites, les résultats d'auscultation et leur interprétation, une documentation photographique.

13.2.4. Si l'on s'attend à une sismicité induite par la retenue, le dispositif d'auscultation sismique est continuellement observé. L'expérience a montré qu'une forte sismicité induite se manifestait, pendant des semaines et des mois, par une augmentation de l'activité sismique du site.

should follow a predetermined detailed plan. If possible, impoundment should be carried out in stages with interpolated delays for careful inspection. The whole operation should be well documented. Records should include, but not be limited to, a detailed description of the filling conditions and procedure, justification of deviations from the original plan, results and findings of inspection, monitoring data and their interpretation, and photographic documentation.

13.2.4. If reservoir-induced seismicity is expected, the seismographic monitoring system should be continuously observed. Experience has shown that a major reservoir-induced earthquake may announce itself over weeks or months by increasing seismic activity.

14. PRÉCAUTIONS DANS LES SITUATIONS CRITIQUES PENDANT LA CONSTRUCTION

14.1. MESURES PRÉVENTIVES DANS LES SITUATIONS CRITIQUES

14.1.1. Avant le début des activités principales du chantier, les mesures préventives à prendre dans les situations critiques sont définies conjointement par l'entrepreneur, le bureau de projet et le maître d'ouvrage (propriétaire) et soumises à l'approbation de l'organisme public.

14.1.2. L'étude des mesures préventives porte sur les points suivants :

- situations critiques et sécurité du chantier;
- risques et situations critiques qui peuvent résulter des travaux sous la forme d'une menace aux tiers;
- situations catastrophiques causées par des sinistres naturels (cas de force majeure);
- situations exceptionnelles causées par des émeutes, sabotages ou autres actions criminelles.

Outre les instructions relatives aux opérations et actions à entreprendre dans les situations critiques, aux plans de sauvetage, à la disponibilité et à l'utilisation du matériel de secours, aux soins médicaux d'urgence, au maintien de la sécurité publique dans les situations exceptionnelles, le plan d'alerte précise les procédures à suivre, dans les situations critiques, pour l'obtention des autorisations et la prise des décisions.

14.1.3. Les instructions détaillées relatives aux périodes d'alerte sont rédigées en termes parfaitement compréhensibles et distribuées à chaque équipe de travail. Le personnel affecté aux opérations en période d'alerte reçoit un entraînement approprié.

14.2. SURVEILLANCE ET AVIS D'ALERTE

14.2.1. Avec l'aide de l'organisme public, l'entrepreneur et le maître d'ouvrage (propriétaire) établissent un plan d'annonce des crues afin que le personnel du chantier soit prévenu immédiatement de leur formation et puisse prendre, le plus tôt possible, toutes les mesures utiles.

14.2.2. L'organisme public coordonne l'incorporation du plan d'alerte « construction » à l'ensemble des plans d'alerte publics existants (par exemple, organisation de la protection civile, plan ORSEC). Si le chantier est situé sur une rivière internationale, une telle coordination se fait suivant les principes indiqués au chapitre 2.5 des présentes recommandations.

14. EMERGENCY PRECAUTIONS

14.1. EMERGENCY PREVENTION

14.1.1. Before initiating major activities at the construction site, preventive measures to be taken in case of the development of a possible emergency should be planned jointly by the contractor, designer and owner and submitted to the government agency for approval.

14.1.2. Emergency prevention planning should deal with :

- Emergency situations and occupational safety at the construction site;
- Hazard and emergency situations which may evolve from the construction activities as a threat to the safety of third parties;
- Catastrophic situations caused by natural disasters (force majeure);
- Exceptional situations caused by riots, sabotage or other criminal action.

Besides instructions for emergency operations and actions, rescue schemes, availability and use of emergency equipment, emergency medical care, maintenance of public safety in exceptional situations, etc., the plan should contain a clear definition of authority and decision-making procedures to be followed in emergency situations.

14.1.3. Detailed emergency instructions written in easily understandable language should be issued to every working unit and distributed in such a way that they will be readily available. Personnel assigned to emergency operations should receive proper training.

14.2. EMERGENCY SURVEILLANCE AND NOTICE

14.2.1. With the help of the government agency, the contractor and owner should jointly set up a reliable surveillance scheme by which the construction staff will be informed immediately of floods developing upstream of the project site, to enable taking the necessary precautionary steps as early as possible.

14.2.2. The government agency should coordinate the incorporation of the construction emergency plan into existing public emergency frameworks (e.g., civil defense system) and related emergency warning schemes. If the construction site is located on a boundary river, such coordination should be done within the principles outlined in 2.5 of these guidelines.

15. RISQUES CONCERNANT LA SANTÉ PUBLIQUE ET L'ENVIRONNEMENT

15.1. HYGIÈNE

15.1.1. Dans les régions exposées aux maladies endémiques (maladies transmises par l'eau ou liées à l'eau, etc.), la responsabilité du contrôle médical rigoureux est définie, avant le début des activités sur le chantier.

15.1.2. Tout le personnel de chantier, ainsi que leurs familles résidant dans la zone du chantier, sont soumis aux contrôles médicaux obligatoires pour éviter la transmission et la dissémination des maladies endémiques. Si nécessaire (et si possible), ce contrôle est étendu à la population autochtone.

15.1.3. S'il existe, sur le site du chantier ou dans ses environs, des vecteurs de maladies, l'entrepreneur, en liaison avec un organisme public de santé s'il existe, prend les mesures nécessaires à leur élimination.

15.1.4. Un service médical approprié est prévu pour les populations déplacées de la zone de la retenue, pendant les opérations de relogement, dans le cadre du programme de réinstallation.

15.2. PRÉCAUTIONS SANITAIRES

15.2.1. Dans la cité du chantier et sur le chantier lui-même, il convient de prévoir tous les services communs nécessaires : traitement de l'eau, collecte et traitement des eaux usées, collecte et évacuation des ordures, etc. Si les collectivités locales risquent de connaître une importante augmentation de leur population (même temporairement), liée directement au projet, leurs infrastructures sanitaires (équipements sanitaires, organisations de santé, etc.) sont développées pour y faire face; pour cela, l'entrepreneur et le maître d'ouvrage (propriétaire) agissent d'un commun accord. Si nécessaire, compte tenu des conditions locales, un programme de santé et d'hygiène est mis en place.

15.2.2. Avant le démarrage des travaux, des équipements de traitement des eaux usées, etc., sont installés. Leur type et leur dimensionnement sont choisis pour empêcher la pollution de l'environnement par des effluents dangereux ou contaminés et pour protéger ainsi l'alimentation en eau des collectivités à l'aval.

15.2.3. Les différents chantiers sur le site sont alimentés en eau potable et équipés de sanitaires convenables.

15. PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS

15.1. HEALTH CARE

15.1.1. In regions where water-borne, water-related or other diseases occur endemically, responsibility for strict medical control should be determined prior to starting any activities at the site.

15.1.2. All construction forces and their families residing in the construction area should be subject to obligatory control to avoid the transmission and dissemination of endemic diseases. If necessary and possible, medical control should be extended to the local native population.

15.1.3. If disease transmitting vectors are already present at, or in the surroundings of, the construction site and camp, the contractor and, if existent, a public health organization should provide for the necessary means and steps for their elimination.

15.1.4. Adequate health care service should be provided for the population displaced from the reservoir area during relocation operations and as part of resettlement projects.

15.2. SANITARY PRECAUTIONS

15.2.1. The construction camp as well as the construction site should be equipped with all necessary facilities, equipment and services, such as : water treatment, sewage collection and treatment, garbage and waste collection and controlled disposal, etc. If existing local communities may become subject to a substantial increase in population, even though temporary, as a direct consequence of the project, their sanitary and public health facilities, equipment and services should be enlarged to cope with the expected population growth on the basis of an agreement with the contractor and the owner. A health and hygiene education program should initiated, if so required by local conditions.

15.2.2. Treatment facilities for sewage and other project waste should be scheduled for installation at the earliest stage of preconstruction. These shall be of a type and capacity to insure against the discharge of hazardous and/or contaminated effluents and, thus, against adverse effects upon the water supply of downstream communities.

15.2.3. Work sites should be supplied with treated drinking water and equipped with sanitary toilet facilities.

16. MODIFICATION OU RÉPARATION DE BARRAGES ET DE RETENUES EXISTANTS

16.1. CHANTIERS IMPORTANTS

16.1.1. Les grands chantiers pour l'agrandissement, la modification ou la réparation des barrages et des retenues existants, qui exigent des moyens importants en personnel et en matériel, sont soumis aux principes précisés dans les chapitres précédents concernant la construction des barrages et retenues nouveaux.

16.1.2. Une attention particulière est portée à la protection des ouvrages et dispositifs existants contre les risques et dégâts qui pourraient résulter des travaux (tirs, fouilles, etc.).

16.1.3. Si les travaux nécessitent la vidange (totale ou partielle) de la retenue, cette vidange et le nouveau remplissage sont soumis à l'autorisation de l'organisme public.

16.2. RÉPARATIONS MINEURES

16.2.1. En ce qui concerne la sécurité, les considérations exposées dans les chapitres précédents (normes techniques, médecine du travail, etc.), s'appliquent, selon le cas, aux travaux mineurs de réparation exécutés par un entrepreneur ou par le personnel d'entretien de l'exploitant. Cependant, il faut proportionner les règles de sécurité à l'importance des travaux.

16.2.2. Si les réparations ont été nécessaires pour rétablir la sécurité d'exploitation, l'organisme public doit approuver les travaux achevés.

16. ALTERATION OR REPAIR OF EXISTING DAMS AND RESERVOIRS

16.1. MAJOR CONTRACTS

16.1.1. Major construction activities for the enlargement, alteration or repair of existing dams and reservoirs requiring substantial equipment and manpower and resulting in extensive site operations should be governed by the principles outlined in the foregoing sections for the construction of new dams and reservoirs.

16.1.2. Special care and precautions should be taken to protect existing structures and facilities from hazards and damage which may result from construction activities such as blasting, excavation, etc.

16.1.3. If the work carried out under the contract required the emptying or partial drawdown of the reservoir, the latter should not be drained or refilled before authorized by the government agency.

16.2. MINOR REPAIR WORK

16.2.1. Minor repair work carried out either by a contractor or by the operator's maintenance force should be governed, with respect to safety requirements, by relevant technical standards, occupational health regulations and the principles outlined in the foregoing sections, as far as applicable. However, safety requirements should be kept within reasonable limits.

16.2.2. If the repair work has been necessary to restore operational safety, the completed work should be approved by the government agency.

D. EXPLOITATION

D. OPERATION

17. EVACUATION ET MAITRISE DES CRUES

17.1. RÉGIME DES CRUES ET EXPLOITATION DE LA RETENUE

17.1.1. Il convient de réévaluer périodiquement : les transports solides (charriage, suspension), le régime hydrologique naturel, le régime des crues, l'hydrogramme de crué (CMP). Une attention particulière est à porter aux modifications éventuelles survenues dans le bassin versant et susceptibles de changer les conditions d'écoulement superficiel, les transports solides (charriage, suspension), et l'hydrogramme de la crue de projet. Les résultats de cette réévaluation sont ensuite comparés avec les hypothèses de calcul et les données de base. Si le résultat de cette analyse montre des pointes de crues sensiblement plus élevées que celles prévues dans le projet initial, il faut envisager un renforcement des moyens d'évacuation (évacuateur, vidange).

17.1.2. Les relevés des niveaux d'eau de la retenue, des débits entrant, des débits évacués par le barrage et des dépôts de sédiments dans la retenue sont maintenus afin de confirmer ou de corriger les hypothèses initiales ayant servi de bases à l'établissement du projet du barrage et des consignes d'exploitation de la retenue.

17.1.3. Les consignes d'exploitation de la retenue, mises au point pour répondre au but principal de celle-ci, sont à réexaminer et à modifier pour tenir compte d'autres facteurs, tels que nuisances (algues ou vecteurs de maladies), envasement, conditions de sécurité des fonctions secondaires.

17.2. ÉVACUATION DES CRUES

17.2.1. Les évacuateurs de crues et les autres ouvrages d'évacuation doivent être débarrassés de toute installation ou tout dispositif qui risque de réduire le débit maximal évacué ou la fiabilité de fonctionnement.

17.2.2. Malgré un fonctionnement satisfaisant depuis longtemps, l'exploitation de la retenue ou des ouvrages associés (usine, écluses, prises d'irrigation ou d'alimentation en eau) peut imposer une limitation des débits d'évacuation des crues. Dans ce cas, les causes d'une telle limitation sont supprimées sans attendre. L'organisme public est saisi de cette situation et des mesures prises pour rétablir la capacité maximale d'évacuation des crues.

17.2.3. La zone à l'aval du barrage est inspectée périodiquement. En cas de besoin, on procède à des travaux d'élimination des dépôts qui risquent de provoquer des érosions ou de gêner le passage des débits de crue.

17. FLOOD DISCHARGE AND FLOOD CONTROL

17.1. FLOOD PATTERN AND RESERVOIR OPERATION

17.1.1. Bed load and suspended load, natural runoff conditions, flood pattern and the probable maximum flood hydrograph should be periodically reassessed. Special attention is to be paid to possible alterations in land use that may have occurred in the drainage area and will, consequently, affect the surface drainage conditions, the flow of bed load and suspended load and the design flood hydrograph. Results of the reassessment should be compared with the criteria and input data of the original design. If there is a substantial increase of flood peaks, the need for, and feasibility of, an enlargement of the spillway and outlet facilities are to be investigated.

17.1.2. Records of water levels in the reservoir, river flow entering the reservoir, discharges over and through the dam, and sediment deposition in the reservoir should be maintained to confirm or amend the original assumptions on which the design of the dam and the reservoir operating regulations had been based.

17.1.3. Reservoir operating regulations and procedures should be reviewed if nuisance control (waterweeds, disease vectors), sedimentation or safety requirements of a secondary function of the reservoir demand the modification of routines established in accordance with its principal purpose.

17.2. FLOOD DISCHARGE

17.2.1. Spillways and outlet structures should be free of any unauthorized installations or of devices which could reduce their discharge capacity or affect their operational reliability.

17.2.2. Even after a long time of satisfactory service, the operation of the reservoir or its production facilities (power plant, locks, water supply or irrigation intakes) can begin to impose restrictions on flood discharge. If this happens, the causes of such restrictions shall be removed without delay. The occurrence of restraining conditions as well as the restoration to full flood discharge capacity should be reported to the government agency.

17.2.3. The tailwater should be periodically inspected and, if required, cleared of accumulated debris that may cause erosion or affect the safe discharge of floods.

17.3. DISPOSITIF D'ANNONCE DES CRUES ET MAITRISE DES CRUES

17.3.1. Toute modification des caractéristiques des apports, des conditions d'envasement de la retenue, ou des utilisations des terres à l'aval, peut nécessiter une adaptation du volume de la tranche d'amortissement des crues dans la retenue à ces nouvelles conditions. Aussi est-il nécessaire de réévaluer, de temps en temps, le volume disponible ainsi que le volume nécessaire; on peut être amené à apporter des modifications aux consignes d'exploitation et de réglage du niveau amont. L'organisme public est informé de ces modifications, si la loi l'exige.

17.3.2. Les retenues situées sur divers affluents d'une rivière sont, si possible, exploitées de façon à éviter la synchronisation des pointes de crues.

17.3.3. L'inspection périodique de la zone aval permet de déceler les changements éventuels (nouvelles utilisations des terres, obstructions dans le lit majeur), comportant des risques de dégâts matériels ou d'accidents corporels lors du fonctionnement de l'évacuateur à son débit maximal. L'organisme public est avisé de tout changement intervenu par rapport aux conditions initiales. L'élimination des obstacles situés dans le lit majeur peut être évitée en abaissant le niveau normal de retenue afin d'augmenter le volume disponible dans la tranche d'amortissement des crues, et, ainsi, de réduire les pointes des débits de crues évacués. Mais cette solution doit faire l'objet d'un accord explicite entre les organismes concernés et doit également être approuvée par l'organisme public.

17.3.4. Le fonctionnement des dispositifs d'annonce des crues est vérifié au début de chaque saison de crues.

17.3. FLOOD WARNING AND FLOOD CONTROL

17.3.1. Changing characteristics of the inflows, reservoir sedimentation and alterations in the land use along the downstream reach of the river may require the adaptation of the flood retaining reserve capacity of the reservoir to the changed conditions. It is, therefore, necessary to reassess the flood retaining capacity and requirements periodically and change drawdown and operating regulations accordingly if necessary. Changes of operating regulations and reserve storage capacity should be reported to the government agency if required by law.

17.3.2. Reservoirs on different tributaries of a main river should, if possible, be operated in such a way that synchronizing of flood peaks is avoided.

17.3.3. The downstream reach of the river should be periodically inspected for possible alterations of land use or obstruction of the flood plain and the possibility of damage to life and property that may occur if it should become necessary for the spillway to discharge at full capacity. Any detected modification with respect to previous conditions should be reported to the government agency. Removal of obstruction in the flood plains may be avoided by lowering the normal reservoir level to increase the flood retaining capacity and thus reduce flood peaks. Such an arrangement should be subject to formal agreement between the organizations concerned and approval by the government agency.

17.3.4. The functioning of flood warning procedures and devices should be checked at the beginning of every flood season.

18. TENUE DU BARRAGE ET SÉCURITÉ DE FONCTIONNEMENT

18.1. CHARGES ET DÉFORMATIONS DES OUVRAGES

18.1.1. On doit examiner le comportement du barrage, avec mesure de ses déformations, lorsque celui-ci est soumis aux charges maximales à retenue pleine. Les barrages en remblai doivent être surveillés lors de vidanges rapides.

18.1.2. Après un certain nombre d'années (par exemple, de l'ordre de 10 à 20 ans), ou lors d'un changement dans le contexte général (nouvelles conditions externes, progrès techniques, expériences acquises, etc.), les charges réellement appliquées à l'ouvrage (charges élémentaires, combinaison des charges) sont comparées à celles adoptées dans le projet initial. En même temps, on examine de nouveau les hypothèses de calcul et les conditions de sécurité, en fonction notamment de la technologie la plus récente. Les résultats de cet examen sont résumés dans un rapport remis à l'organisme public.

18.1.3. Les déformations de la fondation, des appuis et des ouvrages sont contrôlées périodiquement. La validité des lectures fournies par les dispositifs de mesures des déformations est vérifiée chaque année pendant une période de deux ou trois ans suivant la mise en exploitation du barrage et, ensuite, à des intervalles plus espacés. Ces contrôles sont effectués en hiver et en été, par mesures topographiques de précision (nivellement, triangulation, etc.), rattachées à des points de référence fixes. Le dispositif topographique de surveillance doit être établi et installé avant le premier remplissage de la retenue et est contrôlé par mesures de précision, à une fréquence ne dépassant pas 10 ans.

18.2. OBSERVATIONS VISUELLES DES OUVRAGES

18.2.1. Les surfaces visibles d'un barrage en béton ou en maçonnerie et de ses ouvrages annexes en béton sont observées visuellement pour déceler les incidents éventuels (fissures, éclats, lessivage, fuites, indications de détérioration ou de réactions chimiques, dommages causés par l'érosion ou la cavitation).

Les joints de retrait et de construction sont examinés pour s'assurer de leur étanchéité et pour rechercher les signes de mouvements excessifs (écartement ou fermeture, mouvement différentiel des plots). L'alignement du couronnement, des consoles, des contreforts, des poteaux ou des murs est comparé aux résultats des mesures antérieures, pour déceler les déplacements éventuels. Les reniflards et les dispositifs d'aération de l'écoulement, dans le coursier de l'évacuateur et dans les rainures des vannes, doivent être exempts de vase et de débris. Si possible, les ouvrages de dissipation d'énergie (bassin d'amortissement, fosse d'amortissement, etc.), ainsi que le canal de fuite, sont vidangés périodiquement pour permettre leur inspection visuelle. Une attention particulière est à porter aux problèmes d'érosion

18. STRUCTURAL INTEGRITY AND OPERATIONAL SAFETY

18.1. LOADING AND DEFORMATION OF STRUCTURES

18.1.1. The structural performance of the dam should be examined and structural deformations measured when the reservoir is full and the structures are fully loaded. Fill dams should also be inspected during rapid drawdown.

18.1.2. At adequate intervals (10 to 20 years may be considered a guiding value) or whenever substantial alterations of external conditions or a significant advance in relevant technical knowledge or experience has occurred, the actual loads and loading combinations acting upon the structure should be compared with those of the original design. At the same time, the original design criteria and safety strategy should be reviewed with emphasis on the compatibility with current technology. The findings should be summarized in a formal report to the government agency.

18.1.3. The deformation of foundation, abutments and structures should be checked periodically. The accuracy of data obtained from the readings of built-in deformation monitoring devices should be checked yearly for two or three years after commissioning of the dam and later at longer intervals, in summer and winter, by precision leveling, triangulation and/or other precision surveying methods, based on a system of fixed reference points. This system is to be established and installed prior to first reservoir impoundment and should be checked by means of a precision survey at intervals not longer than 10 years.

18.2. VISUAL EXAMINATION OF STRUCTURES

18.2.1. The exposed surfaces of a concrete or masonry dam and appurtenant concrete structures should be visually examined for cracks, spalling, leaching, leakage, indication of deterioration or chemical reactions, and damage from erosion or cavitation.

Contraction and construction joints should be examined for watertightness, evidence of excessive expansion or contraction and differential movement of adjacent blocks. The alignment of the dam crest, cantilevers, buttresses, columns or walls should be checked with reference to the plotted readings of plumbness to detect any displacement of structures. Aeration ducts and openings in spillway chutes or gate recesses should be free of silt and debris. If possible, stilling basins, plunge pools and other energy dissipation works, as well as tailrace channels, should be dewatered periodically for visual inspection. Attention should be paid to probable problems from erosion and abrasion. A complete drawdown of the reservoir at intervals of about 10 years for visual inspection of the upstream face (or

et d'abrasion. Une vidange complète de la retenue tous les 10 ans est recommandée, pour permettre l'inspection visuelle du parement (ou talus) amont du barrage, si les contraintes techniques et économiques le permettent.

18.2.2. Les digues en terre et en enrochement sont examinées pour détecter les fissures, les fuites, les zones humides, les suintements, les résurgences, les trous d'effondrement, les renards, les érosions, la croissance excessive de végétation, les soulèvements dus au gel, les défauts d'alignement de la ligne de crête, les bosses ou les creux sur les talus ou sur les risbermes, les trous d'animaux et la détérioration des protections des talus (rip-rap, etc.).

18.2.3. Si cet examen visuel met en évidence une détérioration des matériaux, ou un comportement dangereux de l'ouvrage, ou soulève des doutes sur la sécurité de l'ouvrage proprement dit ou de son exploitation, on procède immédiatement à une reconnaissance plus approfondie par des moyens appropriés (sondages carottés, puits, essais *in situ* non destructifs, etc.).

18.2.4. La périodicité des inspections est fixée d'un commun accord entre le bureau de projet, le maître d'ouvrage (propriétaire) et l'exploitant, selon l'expérience antérieure et les conditions locales. De toute façon, l'intervalle entre les inspections ne dépasse pas cinq ans.

18.3. INSPECTION DES PARTIES IMMERGÉES

18.3.1. Pour la partie du parement (ou talus) amont d'un barrage, qui reste toujours immergée, même lors de la vidange maximale de la retenue, et qui, par conséquent, n'est jamais accessible à l'observation visuelle, il convient de procéder à l'inspection périodique par sondes, plongeurs, ou caméra de télévision subaquatique.

18.3.2. On effectue régulièrement une inspection des parties immergées des bassins et des fosses d'amortissement pour déceler, notamment, les signes d'érosion ou d'affouillement; pour les talus amont des digues, on recherche les trous d'effondrement, les glissements et les détériorations des revêtements ou des protections de talus.

18.3.3. L'examen du parement amont d'un barrage en béton ou en maçonnerie devient nécessaire en cas d'augmentation du débit de fuite, pouvant résulter de fissures, de la détérioration des matériaux, ou de l'ouverture des joints.

18.4. PERCOLATION ET DRAINAGE

18.4.1. L'examen des dispositifs de drainage et de décharge des sous-pressions vise à déceler les obstructions, les détériorations ou les dégâts provoqués par l'action chimique ou bactériologique. La localisation exacte des zones de percolation et l'étude des débits et de la qualité des eaux (claires ou chargées) permettent la comparaison avec les observations antérieures et les résultats des calculs de perméabilité.

slope) of the dam is recommended when such drawdown is technically possible and economically feasible.

18.2.2. Earth and rock fill embankments should be examined for cracks, leakage, saturated areas or wet spots, springs, sinkholes, evidence of piping, erosion, excessive growth of vegetation, frost heave, crest alignment, bulging or depression of slopes and berms, animal burrows, and the deterioration of riprap or other slope protection materials.

18.2.3. If the visual examination reveals evidence of material deterioration or unsafe structural behavior, or yields doubts about the structural and/or operational safety, a more in-depth investigation by core drilling, excavation of observation pits, non-destructive field testing and/or other appropriate methods should be initiated immediately.

18.2.4. Intervals of inspection should be determined jointly by the designer, the owner and the operator based on previous experience and local conditions but should not exceed five years.

18.3. UNDERWATER INVESTIGATION

18.3.1. That part of the upstream slope or face of a dam which remains permanently submerged, even during periods of maximum drawdown of the reservoir, and which is, therefore, excluded from visual examination, should be periodically inspected by sounding, examination by divers and/or observation by means of an underwater television camera.

18.3.2. Regular underwater inspection should be made of stilling basins and plunge pools with emphasis on erosion and scouring, and of the upstream slope of embankment dams with special attention to the possible formation of sinkholes, slides and deterioration of slope protection or slope lining.

18.3.3. The examination of the upstream face of a concrete or masonry dam will become necessary if increasing seepage or leakage indicates the possible development of cracks, material deterioration or the opening of joints.

18.4. SEEPAGE AND DRAINAGE

18.4.1. Drainage systems and uplift pressure relief devices should be examined for possible obstruction, deterioration or damage by chemical reactions or bacterial growth. Sources of seepage should be pinpointed and flow rate and clarity should be investigated for comparison with previous observations and the results of permeability computations.

18.4.2. L'étude du volume des percolations et des débits des drains doit tenir compte des variations du niveau de la retenue. Toute variation anormale du volume des percolations et des sous-pressions est immédiatement analysée.

18.5. MATÉRIELS ÉLECTRIQUE ET MÉCANIQUE

18.5.1. Le bon fonctionnement et l'état d'entretien de l'ensemble des matériels mécanique et électrique du barrage sont examinés. En plus de la précision de fonctionnement de ces matériels, l'inspection porte également sur le système de lubrification. Les pièces défectueuses (corrosion, usure, etc.) sont remplacées. Pendant toute la vie de l'ouvrage, on doit disposer d'un stock approprié de pièces de rechange.

18.5.2. L'inspection des matériels porte plus particulièrement sur les éléments suivants (liste non exhaustive) :

- grilles et dégrilleurs;
- vannes (y compris les pièces fixes et les étanchéités);
- batardeaux (y compris les mécanismes de levage);
- treuils et moteurs;
- câbles, chaînes;
- circuits hydrauliques et pneumatiques;
- systèmes de ventilation;
- motopompes;
- dispositifs anti-glace;
- alimentation en énergie et circuits d'alimentation;
- transformateurs, postes;
- dispositifs et systèmes de contrôle-commande (local et à distance);
- éclairage normal et de secours;
- système incendie;
- systèmes et appareils de télécommunications;
- matériel mobile (véhicules, grues, bateaux, etc. nécessaires à l'entretien et aux opérations de secours).

18.5.3. Lors de l'examen des sources d'alimentation en énergie (normale et de secours) et des circuits de distribution, une attention particulière est portée à la sécurité d'alimentation en cas de catastrophe naturelle à l'échelle régionale (incendie de forêt, inondation, tempête de neige, etc.). Un démarrage des groupes électrogènes de secours est effectué chaque mois.

18.5.4. Les consignes d'utilisation de tous les matériels de service et de secours, d'une rédaction claire et facile à suivre, doivent être immédiatement disponibles à chaque poste d'exploitation. Les matériels de commande seront protégés par des cadenas (ou autres dispositifs) pour interdire les manœuvres accidentelles ou non autorisées.

18.4.2. The examination of seepage volumes and the flow rate of drains should be related to the variation of the reservoir level. Any anomalous changes in seepage volume and uplift pressure shall be investigated immediately.

18.5. ELECTRICAL AND MECHANICAL EQUIPMENT

18.5.1. All mechanical and associated electrical equipment of the dam should be examined for proper functioning and adequate maintenance. Besides the accuracy of operating performance, inspection should extend to lubrication and the functional integrity of the equipment. Corroded, damaged or worn parts shall be replaced. An adequate stock of spare parts must be maintained throughout the dam's service life.

18.5.2. The inspection of equipment should include, but not be limited to, the following items :

- trash racks and trash rack cleaners;
- gates (inclusive of seals and seats) and valves;
- bulkheads, stop logs and their lifting devices;
- hoists and hoist motors;
- wire ropes and chains;
- hydraulic and compressed air systems;
- ventilating equipment;
- pumps;
- ice prevention systems;
- emergency power generators and transmission systems;
- transformers and switching stations;
- local and remote control devices and systems;
- normal and emergency lighting;
- fire fighting equipment;
- telecommunication devices and systems;
- mobile equipment, inclusive of vehicles, cranes, boats, etc. needed for maintenance and emergency operations.

18.5.3. The service and emergency power sources and transmission should be examined, with special attention to the power supply, under region-wide natural catastrophic conditions such as forest fires, inundation or snow storms. Monthly start up of emergency power generators should be required.

18.5.4. Clear and easily understandable operating instructions of all service and emergency equipment should be readily available at all operating stations. Equipment controls should be locked or otherwise protected from unauthorized or accidental activation.

18.6. FONDATIONS ET APPUIS

18.6.1. En l'absence de moyens directs de surveillance du comportement et des déformations des fondations et des appuis (galeries et puits de drainage, d'injection ou de reconnaissance), il est fait appel à l'observation indirecte. Les tassements excessifs, les défauts d'alignement du barrage ou les décrochements dans les joints des ouvrages en béton peuvent traduire un affaissement de la fondation.

18.6.2. La résurgence des percolations dans la zone du pied aval, ou un débit excessif des drains de fondation, peuvent indiquer l'ouverture de fissures ou de plans de discontinuité dans le rocher de fondation; une variation importante du débit des drains de fondation peut être le signe de déformation de la fondation. Si l'eau des fuites est chargée, cela peut traduire un lessivage des fines dans la fondation ou dans les appuis et la formation de renards.

18.6.3. L'examen des appuis permet de déceler les résurgences, les glissements et les fissures de surface, traduisant parfois un début d'instabilité des versants de la vallée.

18.7. RÉPONSE AUX SÉISMES

18.7.1. Si l'on dispose d'un dispositif d'auscultation sismique installé en prévision d'une éventuelle sismicité induite, les observations sont poursuivies pendant au moins 20 ans après la mise en eau, même si aucune activité sismique n'est décelée. L'expérience montre que la sismicité induite peut apparaître, pour la première fois, plusieurs années après la mise en eau.

18.7.2. Le fonctionnement des dispositifs de télémessure et de télétransmission associés aux appareils d'auscultation sismique est vérifié périodiquement.

18.7.3. Pour les vieux barrages qui risquent de subir les effets d'un tremblement de terre, leurs réponses aux séismes sont réévaluées par les méthodes modernes correspondant aux techniques actuelles (voir chapitre 4.7).

18.8. SYSTÈMES DE COMMUNICATION

18.8.1. Les systèmes de communication entre le centre de contrôle de l'exploitant et les personnels régional et local d'exploitation, sont conçus, installés et exploités de telle façon que les communications soient assurées en toutes circonstances raisonnablement prévisibles, y compris les situations très critiques.

18.8.2. Au moins deux systèmes différents de communication, indépendants l'un de l'autre, fonctionnent simultanément entre toutes les unités de contrôle et d'exploitation.

18.8.3. Un contrôle permanent est exercé sur les systèmes de communication utilisés en exploitation normale, de même que sur ceux utilisés dans les situations critiques.

18.6. FOUNDATION AND ABUTMENTS

18.6.1. Unless drainage, grouting or exploration galleries and shafts underneath the dam or in the abutments permit the direct monitoring of the behavior and deformation of foundation and abutments, inspection must rely on indirect observation. Excessive settlement, misalignment of the dam or the offset of joints of concrete structures may be an indication of foundation yielding.

18.6.2. The surfacing of seepage water at or near the downstream toe or excessive seepage through foundation drains may indicate the opening of cracks or seams in the foundation rock, while rapid and substantial change of flow from foundation drains may offer evidence of foundation deformation. Muddy seepage water may indicate washout of fines from the foundation or abutments and the development of piping.

18.6.3. The abutments should be examined for the appearance of springs, slides or surface cracks which may indicate the development of instability in the valley slopes.

18.7. RESPONSE TO SEISMIC ACTIVITY

18.7.1. If a seismologic monitoring system has been installed because of possible reservoir-induced seismicity, observation should continue for at least 20 years after the first reservoir filling, even if no seismic activity has been detected. Experience has shown that reservoir-induced seismicity may occur for the first time several years after the initial reservoir filling.

18.7.2. The functioning of telemetering and telecommunication devices of seismic monitoring systems should be checked periodically.

18.7.3. The response to earthquakes of old dams that may be exposed to seismic activity should be reassessed by modern methods in accordance with current technology (see 4.7).

18.8. COMMUNICATION SYSTEMS

18.8.1. Communication systems between the operator's central control unit and the regional, as well as local operation staffs, should be designed, installed and operated in such a way that communication will be ensured under all reasonably predictable circumstances including severe emergency situations.

18.8.2. At least two separate communication modes independent of each other should be in operation simultaneously between all control and operating units.

18.8.3. Permanent surveillance should be exercised on normal operating as well as emergency communication systems.

19. SÉCURITÉ DE L'EXPLOITATION DE LA RETENUE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

19.1. SÉCURITÉ DE L'EXPLOITATION DE LA RETENUE

19.1.1. Le bon fonctionnement de l'évacuateur de crues et des ouvrages de vidange (y compris les alimentations en énergie primaire et de secours nécessaires au fonctionnement des vannes) est contrôlé avant le début de chaque saison des crues.

19.1.2. L'inspection des zones critiques des berges de la retenue a lieu annuellement pendant les cinq premières années; elle fait, ensuite, partie de l'inspection générale du barrage (voir 2.3). Il s'agit de rechercher les glissements, les zones de tassement des remblais de chemins de fer et de routes, les trous d'effondrement, et tout autre signe d'anomalie, risquant de compromettre la sécurité du barrage ou de la retenue (par exemple : risque d'instabilité de versants importants). Une attention particulière est portée au phénomène d'envasement de la retenue. Les zones suspectes sont étudiées après chaque abaissement important du niveau de la retenue (surtout après une vidange rapide).

19.1.3. Dans les zones de loisirs autour de la retenue et à l'aval du barrage, des panneaux indiquant les consignes de sécurité sont installés dans des endroits visibles. Des dispositifs d'alerte et des signalisations sont placés à l'amont des prises d'eau, ainsi qu'à l'amont et à l'aval des évacuateurs de crues et des organes de vidange. Avant la montée exceptionnelle du niveau d'eau au-dessus du niveau normal, les zones de loisirs contiguës à la retenue en sont averties.

19.2. SURVEILLANCE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

19.2.1. L'ensemble de la zone de la retenue et de ses environs est placé sous surveillance permanente, en ce qui concerne les problèmes éventuels de santé (notamment dans les régions tropicales et subtropicales). En cas de développement de foyers de maladies transmises par l'eau ou liées à l'eau, il faut avoir recours immédiatement aux services médicaux spécialisés. La prolifération des vecteurs de maladies est maîtrisée, de préférence, par des moyens biologiques, car l'efficacité à long terme de ces moyens a peu de chance d'être compromise par l'évolution d'espèces résistant aux méthodes d'éradication chimiques. Cependant, en cas de contamination massive, des résultats rapides et efficaces ne sont parfois possibles qu'avec l'aide de produits chimiques.

19.2.2. La pollution et l'eutrophisation de la retenue risquent de rendre l'eau impropre à la consommation humaine ou animale, et de détruire la flore et la faune nécessaires aux poissons et aux autres animaux aquatiques. Bien que la pollution ne soit pas normalement une conséquence directe de l'exploitation de la retenue ou

19. RESERVOIR OPERATION AND ENVIRONMENTAL SAFETY

19.1. SAFETY OF RESERVOIR OPERATION

19.1.1. The proper functioning of the spillway and outlet works, inclusive of both the primary and auxiliary power supply for the operation of gates and valves, should be checked before the beginning of every flood season.

19.1.2. Critical areas of the reservoir rim should be inspected annually for five years and later as part of the general inspections of the dam (see 2.3), for landslides, settlement of highway or railroad embankments, the appearance of sinkholes and the indication of the development of problems that might affect the safety of the dam or reservoir, such as major slopes that could become unstable. Special attention should be paid to siltation of the reservoir. Potential problem areas should be investigated after major and especially after rapid drawdown operations.

19.1.3. Safety instructions should be posted at visible locations in recreational areas around the reservoir and downstream of the dam, and safety warning devices and signs should be installed upstream of intakes as well as upstream and downstream of spillway and outlets. Warning should be issued to recreational areas at the reservoir rim before storage rises above the normal reservoir water level.

19.2. SURVEILLANCE OF ENVIRONMENTAL SAFETY

19.2.1. The whole reservoir and its surroundings, especially in tropical and subtropical countries, should remain under permanent surveillance with respect to possible health problems. If foci of water-borne or water-related diseases should develop, they must be brought under specialized medical control immediately. The proliferation of disease vectors should preferably be controlled by biological means because the long term effectiveness of such means is not likely to be affected by the evolution of species resistant to chemical eradication methods. In case of massive contamination, however, necessary, quick and effective results may only be achieved by the use of chemical products.

19.2.2. Pollution and eutrophication of the reservoir can preclude the water from being used for human and animal consumption and can destroy the biota for fish and other aquatic fauna. Though pollution is normally not a direct consequence of reservoir or dam operation, every reasonable effort should be made to detect

du barrage, on doit prendre toutes les mesures raisonnables pour déceler les origines de la pollution, en vue de permettre aux services de la santé publique et autres services publics d'appliquer les règlements sur la réduction de la pollution.

19.2.3. Dans les régions aux hivers rigoureux, les prises d'eau et les canaux de fuite doivent être toujours débarrassés de la glace.

19.2.4. Les dépôts de stériles abandonnés donnent lieu parfois à des poussières gênantes. On peut éviter ce problème par des mesures appropriées, mises en œuvre à la fin du chantier (stabilisation superficielle par ensemencements, plantations, etc.). Les dépôts de stériles contenant des substances toxiques doivent être aménagés de façon à protéger le public. La présence de matières à haute toxicité exige des mesures de protection, ainsi qu'une surveillance permanente, pour s'assurer que ces produits ne peuvent pas polluer la nappe phréatique ou l'atmosphère tant qu'ils restent nuisibles, ce qui peut parfois durer très longtemps. Pour cette raison, les organismes initialement responsables de l'étude et de la mise en œuvre des mesures de protection doivent assurer la transmission des résultats des études, des plans et des instructions à leurs successeurs. Les dispositions destinées à garantir la continuité des mesures de protection sont soumises à l'approbation explicite de l'organisme public et contrôlées par celui-ci.

sources of pollution in order to enable the public health and other government authorities to enforce pollution control.

19.2.3. In regions with severe winter conditions, intakes and tailrace channel should be kept free of ice accumulation.

19.2.4. After closure tailings deposits can cause a dust hazard which should be prevented by adequate post-construction measures such as surface stabilization by seeding, landscaping, etc. Tailings deposits containing toxic substances must be controlled in such a way that the public is protected. Dangerously toxic matters require measures of protection as well as constant and effective surveillance to ensure that the materials are contained in such manner that they cannot contaminate underground water or the atmosphere as long as these materials remain harmful. This could involve extremely long periods of time. Therefore, the organizations initially involved in planning and responsible for the measures of protection should be obliged to provide for passing on concepts, plans and instructions to their successors. Schemes to warrant the continuity of protection measures should be formally approved and supervised by the government agency.

20. AUSCULTATION ET INSPECTION

20.1. AUSCULTATION COURANTE

20.1.1. Il est souhaitable que le bureau de projet participe aux inspections et aux évaluations de la sécurité. En cas d'impossibilité, celui-ci est informé des résultats de toutes les inspections et évaluations auxquelles il ne participe pas. De plus, si c'est possible et faisable, il donne son avis sur les travaux de réparation et de restauration tout au long de la vie du barrage et de la retenue.

20.1.2. Au moins tous les deux ans, suivant un programme préétabli, on vérifie si les appareils et dispositifs d'auscultation sont suffisants et fonctionnent bien. La précision et le fonctionnement correct du réseau d'observations hydrographiques (y compris les dispositifs de télémessure et de télétransmission) sont vérifiés avant le début de chaque saison des crues.

20.1.3. L'ordre et la fréquence des lectures des appareils de mesures et des dispositifs d'observations sont conformes aux consignes spécifiques données par le bureau de projet. Ces consignes peuvent, le cas échéant, être adaptées au changement de priorités lié à l'âge de l'ouvrage.

20.1.4. Les résultats des lectures des appareils de mesures et des dispositifs d'observations sont adressés immédiatement au centre de dépouillement. Le dépouillement et l'interprétation des résultats sont effectués sans délai. Les résultats des mesures et les autres informations sont soigneusement répertoriés et classés en vue de constituer des éléments de référence pour les inspections périodiques. L'équipe d'inspection est immédiatement informée de tout écart important par rapport aux observations antérieures ou aux prévisions de comportement de l'ouvrage.

20.2. INSPECTION COURANTE

20.2.1. Un programme d'inspection est établi d'un commun accord entre l'exploitant et l'équipe d'inspection. Chaque fois que cela est possible, ce programme tient compte des facilités et des exigences d'exploitation. Il est avantageux de prévoir les inspections principales en même temps que les travaux principaux d'entretien afin de faciliter l'inspection des matériels et la mise à sec des conduits hydrauliques, des puisards d'exhaure, etc. Les inspections sont effectuées alternativement à niveau haut et à niveau bas de retenue, si cela est compatible avec les exigences de l'exploitation.

20.2.2. L'inspection définie au paragraphe 2.3 doit être étendue aux diverses structures du barrage, à sa fondation et à ses appuis, ainsi qu'aux matériels électriques et mécaniques, à la zone aval et à la retenue. Les outils, appareils et matériels nécessaires à l'exécution rapide et efficace de cette tâche doivent être disponibles dès le début de l'inspection.

20. MONITORING AND INSPECTION

20.1. MONITORING ROUTINES

20.1.1. It is desirable that the designer participate in safety inspections and evaluations. If this should not be possible, he should be kept informed of the findings of all safety inspections and evaluations with which he has not been associated. Also, he should be consulted on repair or rehabilitation work, if possible and practicable, throughout the service life of the dam and reservoir.

20.1.2. The adequacy and proper functioning of monitoring instruments and devices should be checked at least every two years in accordance with a predetermined schedule. The accuracy and correct functioning of the hydrographic observation system, inclusive of telemetering and transmission devices, should be checked before the beginning of every flood season.

20.1.3. The sequence and frequency of the reading of monitoring instruments and observation devices should follow the specific instructions given by the designer. These instructions may eventually be adapted to priorities shifting with the age of the structure.

20.1.4. The readings of monitoring instruments and observation devices should be immediately transmitted to the processing unit. Processing and interpretation of processed data should be done without delay. Data and information should be carefully identified and filed for appraisal and reference during the periodic inspections. Any substantial deviation from previous observations or the anticipated behavior of the structure shall be brought immediately to the attention of the inspection team.

20.2. INSPECTION ROUTINES

20.2.1. An inspection schedule should be established jointly by the operator and the inspection team. This schedule should be set up, whenever possible, in accordance with the convenience and requirements of operation. It would be advantageous to schedule the principal inspection activities to coincide with major maintenance operations to facilitate the inspection of equipment and the dewatering of water conduits, pump pits, etc. If compatible with operation requirements, inspections should be carried out alternatively at high and low reservoir levels.

20.2.2. Inspection as defined in 2.3 should extend to the structural components of the dam, its foundation and abutments, the electrical and mechanical equipment, the tailwater and the reservoir. Tools, instruments and equipment needed for an expeditious and efficient performance of work should be available when inspection is started.

20.2.3. L'analyse des rapports des inspections antérieures et la définition du programme à suivre précèdent chaque inspection. A cette fin, il est souhaitable d'établir une fiche détaillée mentionnant tous les points à inspecter et les essais ou examens à effectuer dans chaque cas. Cette fiche est soigneusement revue et mise à jour avant chaque inspection importante, en portant une attention spéciale aux incidents, modifications ou changements de fonctionnement intervenus depuis l'inspection précédente. L'équipe d'inspection vérifie la mise en application des recommandations antérieures. Si ces recommandations n'ont pas été prises en compte, les raisons en sont données et consignées dans le rapport d'inspection.

20.2.4. La description des méthodes et procédures utilisées pour l'inspection, ainsi que les résultats obtenus et les recommandations qui en découlent, sont résumés dans le rapport d'inspection (voir paragraphe 2.3). Selon le cas, la pièce écrite est complétée par des plans, croquis ou graphiques, avec une large utilisation de documents photographiques. Le rapport présente la description des accidents et incidents, avec une analyse de leurs causes et de leurs conséquences. Les anomalies constatées sont relevées pour servir de références aux comparaisons futures. Si des réparations sont jugées nécessaires, celles-ci sont proposées au moyen de recommandations claires. Le rapport est établi immédiatement à la fin de l'inspection et diffusé sans délai.

20.2.3. Every inspection should be preceded by the appraisal of previous inspection reports, and the determination of the sequence to be followed in the field. For this purpose it would be advisable to prepare a detailed checklist including all items to be inspected and the testing or examination each item shall undergo. The checklist should be carefully reviewed and updated before every major inspection, with special attention to incidents, alterations and/or operational modifications that may have occurred since the last inspection. The inspection team should check to see whether previous recommendations have been carried out. If this has not been done, the reasons should be documented and recorded in the inspection report.

20.2.4. A description of the methods and procedures employed for inspection and the findings and resulting recommendations should be summarized in the inspection report (see 2.3). Wherever suitable, the text should be complemented by drawings, sketches or graphs, and photographic documentation should be used extensively. Records of incidents or accidents that may have occurred recently should be enclosed and an analysis of their causes and consequences included in the report. Detected irregularities should be mapped for future reference and comparison. If any remedial actions are deemed necessary, they should be proposed by clear recommendations. The report should be prepared immediately after finishing the inspection and issued without delay.

21. PRÉCAUTIONS ET OPÉRATIONS DANS LES SITUATIONS CRITIQUES

21.1. MESURES PRÉVENTIVES ET PRÉCAUTIONS

21.1.1. Un plan d'alerte détaillé est établi pour chaque barrage à l'intérieur du bassin versant ou de la zone d'exploitation (compagnie d'exploitation, réseau de transmission, etc.), ainsi que pour l'ensemble de la zone. Si le bassin versant comporte plusieurs ensembles distincts d'exploitation, les plans d'alerte sont coordonnés par un comité composé de représentants de chaque organisme d'exploitation. Tous les plans d'alerte sont approuvés par l'organisme public.

21.1.2. Les risques d'accident de barrage, ainsi que les épreuves qui peuvent en résulter, augmentent avec l'aménagement progressif d'une vallée. Pour cette raison, les plans d'alerte sont revus périodiquement pour les mettre à jour et les adapter, si c'est nécessaire, aux changements intervenus dans l'environnement physique et social. Un tel examen pourra être effectué au moins tous les cinq ans dans les pays en voie de développement rapide, et tous les dix ans environ dans tous les autres cas.

21.1.3. Les plans d'alerte concernent les aspects suivants (liste non exhaustive) :

- observation hydrographique et dispositifs d'annonce des crues;
- baisse du niveau de la retenue (ou des retenues), et consignes d'évacuation des crues;
- vidange d'urgence de la retenue (ou des retenues);
- carte des zones d'inondation pour les débits allant jusqu'à la crue de projet, et pour les conditions catastrophiques provoquées par une rupture de barrage, y compris les analyses des risques;
- évacuation des zones menacées par les crues;
- accidents écologiques (par exemple, déversements d'huile, contamination par des substances dangereuses);
- actions de sauvetage et autres mesures d'urgence, ainsi que la définition des responsabilités relatives à ces actions et mesures;
- matériels, accessoires, moyens logistiques prévus pour les opérations de secours;
- coordination des opérations de secours avec les tiers (par exemple : protection civile, police, hôpitaux, etc.);
- alimentation en énergie de secours, etc.;
- exploitation de l'usine, des ouvrages d'alimentation en eau potable et d'irrigation, des écluses, etc., associés au barrage (ou aux barrages);
- avis d'alerte;
- communications de secours;
- transports d'urgence;

21. EMERGENCY PRECAUTIONS AND OPERATIONS

21.1. PREVENTIVE AND PRECAUTIONARY MEASURES

21.1.1. A detailed emergency action plan should be established for each dam within the drainage area or operating system (operating company, power system, etc.), as well as for the system as a whole. If there is more than one system operating within the same drainage area, the emergency plans should be coordinated by a joint committee on emergency operation composed of representatives of all operating organizations. All emergency action plans should be approved by the government agency.

21.1.2. Risks from, and hardships that may be caused by, possible dam accidents increase with the development of the river valley. Emergency action plans should, therefore, be reviewed at regular intervals for the need of updating and for adaptation to alterations of the physical and social environment, if necessary. Appropriate intervals for the review may be periods of not more than five years in fast developing regions, and about 10 years in all other cases.

21.1.3. Emergency action plans should deal with, but not be limited to, the following aspects :

- Hydrographic observation and flood warning schemes;
- Drawdown and flood control operation of reservoir or reservoirs;

- Emergency emptying of the reservoir or reservoirs;
- Inundation maps for flows up to the design flood, and for catastrophic conditions caused by dam failure, inclusive of the corresponding risk analyses;

- Evacuation of flood-threatened areas;
- Environmental accidents (for instance : oil spills, contamination by hazardous substances);
- Rescue operations and other emergency provisions, as well as definition of responsibility for such operations and provisions;
- Equipment, material and support available for emergency relief;
- Coordination of emergency relief actions with third parties (for instance : civil defense, police, hospitals, etc.);
- Emergency standby of public utilities;
- Emergency operation of power plant, water supply or irrigation scheme, locks, etc., associated with the dam or dams;
- Emergency warning;
- Emergency communication;
- Emergency transportation;

- accès de secours aux sites éloignés;
- procédés et procédures de décisions d'urgence.

Le plan doit tenir compte des conséquences éventuelles de la rupture des barrages amont.

21.1.4. Les plans d'alerte peuvent être étudiés pour différentes situations critiques, comprenant toujours le cas le plus sévère, c'est-à-dire la rupture du barrage (guerre, sabotage), instantanée (barrage en béton ou en maçonnerie), ou presque instantanée (barrage en remblai).

21.1.5. Le plan traite des précautions d'urgence et des réparations éventuelles d'urgence sur le site du barrage, ainsi que des actions d'alerte et de secours à l'aval. S'il existe plusieurs barrages sur le même cours d'eau, l'analyse du risque porte sur le cas de la rupture progressive en série des barrages.

21.1.6. Il faut considérer l'étendue des inondations, l'aménagement et l'occupation des terres inondables, et le temps disponible pour l'exécution des actions d'urgence. Si le cas l'exige, des informations sur les risques associés à la rupture du barrage sont rassemblées et remises aux organismes de protection civile. Les résultats des calculs de risques de submersion sont mis à la disposition des organismes et services chargés de l'aménagement de la vallée.

21.1.7. La fiabilité et l'efficacité des dispositifs d'annonce des crues et d'alerte des populations sont vérifiées avant le début de chaque saison des crues.

21.1.8. Des mesures préventives et des précautions de sécurité sont établies pour les situations critiques provoquées par les émeutes, le terrorisme, le sabotage ou la guerre.

21.1.9. Le plan d'alerte comporte les consignes à suivre par le personnel local d'exploitation, en cas de perte de moyens de communications avec le centre de contrôle.

21.2. MESURES D'URGENCE EN EXPLOITATION

21.2.1. En cas de danger imminent ou d'un accident important, des actions sont entreprises immédiatement et indépendamment des voies administratives normales. L'échelon supérieur du personnel technique de l'exploitant est investi des pouvoirs nécessaires pour mettre en œuvre les mesures préventives ou de réparation d'urgence qui s'imposent, sans en référer à la direction.

21.2.2. Des consignes claires et faciles à comprendre sont diffusées à tous les unités et postes d'exploitation, concernant la conduite à tenir en cas d'alerte. Ces consignes, précisant, entre autres, les services de surveillance autorisés ou chargés d'émettre des ordres dans les situations critiques, sont disponibles à tous. Périodiquement, on examine la nécessité d'une mise à jour, celle-ci étant toujours obligatoire à la suite d'une modification quelconque au niveau de l'organisation, de l'exploitation ou de l'administration. Un exemplaire des consignes d'urgence est disponible au bureau et au domicile de chaque personne concernée par une tâche d'exploitation en période critique.

21.2.3. Le bon fonctionnement des équipements de secours est vérifié à des

- Emergency access to remote sites;
- Emergency decision-making process and procedures.

The plan should take into account the possible effects of the failure of upstream dams.

21.1.4. Planning of emergency actions may be done for several types and modes of emergency but should include the analysis of the most severe possibility; that is, the instantaneous (concrete or masonry structures) or almost instantaneous (embankment) failure of the dam (war, sabotage).

21.1.5. The plan should cope with emergency precautions and possible emergency repair measures at the dam site and with warning and emergency relief action downstream of the dam. Where there are several dams on the same river, the hazard analysis should consider the possibility of progressive failure in series of the dams.

21.1.6. Consideration should be given to the extent of inundation, the development and occupation of the land that would be flooded, and the time available for emergency action. Information regarding risks from failure of the dam should be developed and released to disaster relief organizations if so required by circumstances. Organizations and agencies in charge of public planning in the river valley should have access to the results of flooding risk analyses.

21.1.7. Flood warning and emergency warning schemes should be checked for reliability and efficiency before the beginning of every flood season.

21.1.8. Preventive measures and safety precautions should be prepared for possible emergency situations caused by riots, terrorism, sabotage or war.

21.1.9. The emergency plan should include instructions to be followed by the local operating staff in the event of loss of communications with the central control unit.

21.2. EMERGENCY OPERATION REQUIREMENTS

21.2.1. In case of imminent danger or of a major accident, corrective action must be taken immediately and independently of normal administrative procedures. Enough authority should be vested in the operator's top level technical personnel to order emergency preventive or repair measures without asking for special authorization from management.

21.2.2. Clear and easily understandable emergency instructions should be issued to all operating units and stations. These emergency instructions, which must include a definition of the supervising units authorized or obliged to issue orders under emergency conditions, should be easily accessible. The need for updating should be checked periodically and always after institutional, operational and administrative changes. Copies of emergency instructions should be available in the office and home of each person involved in an emergency operation assignment.

21.2.3. The proper functioning of emergency equipment should be checked at

intervalles à définir en fonction de l'importance, de la complexité et de la fiabilité de chaque élément.

21.2.4. Le personnel d'exploitation reçoit une formation continue en matière d'actions en période d'alerte. Les programmes et procédures de formation sont mis à jour en fonction des progrès techniques et des modifications apportées au plan d'alerte.

21.3. COORDINATION DES OPÉRATIONS D'URGENCE DANS LES BASSINS DES RIVIÈRES INTERNATIONALES

21.3.1. Selon les principes indiqués dans les paragraphes 21.1, 21.2 et 2.5, un plan d'alerte et d'intervention d'urgence est établi et maintenu sous la coordination des organismes publics des pays riverains.

21.3.2. La compatibilité des dispositions et des précautions à prendre, en cas d'alerte, pour chaque collectivité riveraine est périodiquement vérifiée. La frontière séparant les collectivités ne doit pas gêner le bon déroulement des actions d'urgence.

intervals to be established in relation with the importance, complexity and reliability of every item.

21.2.4. Operating staff should be trained and periodically retrained in emergency operations. Training programs and procedures should be updated in accordance with advancing technology and alterations introduced in the emergency plan.

21.3. COORDINATION OF EMERGENCY OPERATIONS IN RIVER BASINS CROSSING BOUNDARIES

21.3.1. Based on the principles outlined in 21.1, 21.2 and 2.5, an emergency warning and operating scheme should be established and maintained under the joint coordination of the government agencies of the riparian entities.

21.3.2. The compatibility of the emergency requirements and precautions of each of the riparian entities should be checked periodically. Emergency operations should not be hindered by entity boundaries.

22. CLASSEMENT DES RISQUES; INCIDENTS ET ACCIDENTS

22.1. NIVEAUX DE RISQUES DES BARRAGES EXISTANTS

22.1.1. En tant que méthode contribuant à définir les dispositions de sécurité relatives aux barrages existants, le classement des risques constitue une approche utile mais parfois illusoire. Puisque les conditions et les constatations ayant servi de bases à ce classement peuvent changer rapidement, notamment dans les régions en voie de développement rapide, cette méthode exige un schéma de classement dynamique et une réappréciation, à intervalles rapprochés, des caractéristiques déterminantes intervenant dans le processus de classement. Même les modifications locales des caractéristiques fondamentales d'une vallée, relatives, notamment, à l'habitat et à l'utilisation des terres, conduisent à réévaluer les risques et aboutissent parfois à la remise en question du classement antérieur. La négligence ou l'oubli de cette réévaluation périodique peut aggraver les conséquences d'un éventuel accident de barrage.

22.1.2. En ne perdant pas de vue les remarques critiques précitées, le classement des risques peut constituer un outil très utile pour l'établissement des priorités dans l'étude et la restauration des barrages anciens. Cependant, le classement des risques ne doit jamais être erroné pour l'évaluation de la sécurité des barrages concernés.

22.1.3. Les critères utilisés pour le classement des risques doivent être homogènes sur l'ensemble du bassin versant. Ce point est particulièrement important lorsque le bassin s'étend sur plusieurs juridictions.

22.2. INCIDENTS ET ACCIDENTS

22.2.1. Les incidents et les accidents, leurs causes et leurs conséquences, doivent être étudiés. Les résultats et les conclusions d'une telle étude sont consignés dans un rapport mis à la disposition de tous les organismes intervenant dans le programme de surveillance. Si les conclusions présentent un intérêt d'ordre général, le maître d'ouvrage (propriétaire) doit examiner l'intérêt de publier ce rapport comme contribution à la sécurité des barrages, en vue d'aider à éviter la répétition des erreurs ou à éliminer les conditions pouvant conduire au même type d'incident ou d'accident sur d'autres barrages ou retenues.

22.2.2. Si une partie quelconque du barrage est endommagée par un incident ou accident, celle-ci doit être remise en bon état de fonctionnement le plus tôt possible.

22. HAZARD RATING; INCIDENTS AND ACCIDENTS

22.1. HAZARD RATING OF EXISTING DAMS

22.1.1. Hazard rating as a method of determining safety requirements related to existing dams is a useful though sometimes misleading procedure. As the conditions and facts upon which the hazard classification of a dam have been based may change quickly, especially in regions of rapid development, the method demands a dynamic classification scheme and the reassessment at short intervals of the determining features of the classification process. Even local alterations of the basic characteristics of the river valley, especially regarding population settlement and land use, require a reevaluation of risks involved and may demand a revision of hazard classification. Negligence or failure of the periodic assessment may aggravate the consequences of a possible dam accident.

22.1.2. Keeping the foregoing critical remarks in mind, a hazard rating may be considered a very useful tool for the establishment of priorities for examining and rehabilitating older dams. Hazard rating should, however, never be mistaken for safety assessment of the dams concerned.

22.1.3. The criteria used for hazard rating and risk classification must be uniform throughout the drainage area. This is especially important if the drainage area extends over more than one jurisdiction.

22.2. INCIDENTS AND ACCIDENTS

22.2.1. Incidents and accidents, their causes, and their consequences should be investigated. The results and findings of such an investigation should be recorded in a formal report and made available to all parties involved in the safety surveillance scheme. If the findings are of general importance, the owner should consider publishing the report as a contribution to dam safety, to assist in avoiding repetition of mistakes or errors or eliminating conditions that could lead to the same kind of incident or accident at other dams or reservoirs.

22.2.2. If any part of a dam has been damaged by an incident or accident, it must be restored to a safe operating condition as quickly as possible.

E. ABANDON

E. ABANDONMENT

23. OUVRAGES RESTANTS

23.1. AUTORISATION D'ABANDON

23.1.1. Un barrage ou une retenue ne doit pas être abandonné sans l'approbation, par l'organisme public, d'un programme détaillé de mise hors service et de démolition. Lors de la demande de mise hors service, les responsabilités techniques et financières relatives à la sécurité des ouvrages restant sur le site sont définies de manière contractuelle et sans ambiguïté.

23.1.2. En plus de l'analyse de la stabilité des ouvrages restants, le programme de mise hors service présente les conclusions et les recommandations qui découlent des études détaillées des conséquences hydrologiques et hydrauliques résultant de l'abandon de l'aménagement, notamment : le creusement, par la rivière, d'un nouveau lit dans la retenue vide; la maîtrise des crues; les effets des crues et des étiages dans la vallée à l'aval du barrage abandonné; les nouveaux risques qui peuvent apparaître par suite de l'augmentation du débit solide (charriage et matériaux en suspension, en temps de crue notamment) résultant des dépôts de matériaux dans l'ancienne retenue.

23.1.3. On vérifie soigneusement que les ouvrages restants ne seront pas soumis à des charges ou combinaisons de charges non prévues dans le projet initial, ni à d'autres conditions inacceptables.

23.1.4. Des mesures sont prises pour interdire l'accès du public aux ouvrages restants.

23.1.5. Les conséquences éventuelles de l'abandon sur l'exploitation des barrages et retenues à l'aval sont étudiées en commun avec les exploitants concernés. Une attention particulière est portée à la sécurité en période d'alerte.

23.1.6. Tant que la mise hors service n'a pas été formellement approuvée, la sécurité d'exploitation du barrage doit être maintenue, même si la retenue a déjà été vidée.

23.2. DÉMOLITION DES OUVRAGES

23.2.1. Les travaux de démolition du barrage ou des parties constitutives ne peuvent commencer avant la vidange complète de la retenue, à moins que des dispositions spéciales empêchent définitivement la remise en eau de la retenue partiellement vidée. Dans ce cas, la démolition ne doit pas affecter la sécurité de la partie du barrage retenant l'eau non encore évacuée. Au fur et à mesure de l'avancement de la démolition, le niveau d'eau sera abaissé jusqu'à la vidange complète de la retenue.

23.2.2. Les travaux de démolition sont exécutés selon des pratiques sûres et sans danger, notamment pour la stabilité ou la tenue des ouvrages laissés en place.

23. REMAINING STRUCTURES

23.1. APPROVAL OF DEACTIVATION

23.1.1. No dam or reservoir should be abandoned unless its deactivation and a detailed plan for withdrawal from service and for demolition have been formally approved by the government agency. When applying for approval of deactivation, technical and financial responsibility for the safety of remaining structures must have been established in a clear and binding form.

23.1.2. Besides the analysis of the stability of remaining structures, the deactivation plan should contain the findings and recommendations resulting from detailed investigations of the hydrologic and hydraulic consequences of the abandonment, especially regarding the establishment of a new river channel in the empty reservoir, flood control, the effects of floods and droughts along the river valley downstream of the abandoned dam, and new risks that may develop from the increased bed load and suspended load of the flow — particularly during flood periods — caused by the silt deposits in the abandoned reservoir.

23.1.3. The possibility of exposure of the remaining structures to loads or combinations of loads not foreseen in the original design, or to otherwise unacceptable conditions, should be checked in detail.

23.1.4. Access to the public to remaining structures should be blocked.

23.1.5. The possible consequence of the abandonment on the operation of downstream dams and reservoirs should be examined jointly with the operators, with special attention to emergency-related aspects.

23.1.6. As long as deactivation has not been formally approved, the dam must be maintained in safe operating conditions, even if the reservoir has already been emptied.

23.2. REMOVAL OF STRUCTURES

23.2.1. Demolition of the dam or removal of any of its structural components or equipment should not be started before the reservoir has been emptied, unless special provisions preclude definitely the refilling of the partly drained reservoir. In this case demolition must not affect the safety of that portion of the dam which holds back the water not yet drained from the reservoir. As demolition proceeds the water level must be gradually lowered until the reservoir is completely emptied.

23.2.2. Demolition operations should be based on sound and safe practice and carried out without affecting the stability and integrity of the remaining structures.

23.2.3. En aucun cas, les travaux de démolition ne doivent gêner le libre passage des crues naturelles.

23.2.4. La stabilité des ouvrages restants, compte tenu des effets éventuels des phénomènes d'affouillement, d'érosion ou de détérioration de la fondation, est vérifiée.

23.2.3. Demolition operations shall not block or restrict the safe discharge of natural floods at any time or under any circumstances.

23.2.4. The stability of remaining structures should be examined taking into account the possible effects and consequences of scouring, erosion and/or deterioration of the foundation.

24. ÉCOULEMENT DE LA RIVIÈRE ET PASSAGE DES CRUES

24.1. RÉTABLISSEMENT DES CONDITIONS NATURELLES

24.1.1. La partie du barrage et des ouvrages annexes qui pourrait gêner l'écoulement naturel de la rivière, pour des débits allant jusqu'à la crue maximale probable, est éliminée complètement.

24.1.2. En l'absence de textes réglementaires, l'organisme public décide de l'étendue des travaux de rétablissement des conditions naturelles du site, au-delà des dispositions exigées uniquement par les conditions de sécurité. Les obstructions naturelles, existant dans le lit mineur ou le lit majeur avant la construction du barrage, ne sont pas rétablies.

24.2. MESURES PRÉVENTIVES DE SÉCURITÉ A L'AVAL

24.2.1. Lors du rétablissement du régime naturel de la rivière, au moins partiellement — en fonction de l'amortissement des crues exercé par les barrages amont —, la pointe de la crue peut augmenter en volume et en durée. Il faut en tenir compte dans l'étude des conséquences possibles de la suppression du barrage sur la rivière à l'aval.

24.2.2. La suffisance et l'efficacité des dispositifs d'annonce des crues et d'alerte sont vérifiées en insistant sur les conséquences de la suppression du barrage et de la retenue.

24. RIVER FLOW AND FLOOD DISCHARGE

24.1. RESTORATION OF NATURAL CONDITIONS

24.1.1. That part of the dam and its appurtenant structures which may obstruct the discharge of the natural river flow up to the probable maximum flood must be completely removed.

24.1.2. If not determined by law, the government agency should decide to what extent, beyond the requirements dictated exclusively by safety aspects, the site should be restored to original conditions. Natural obstructions that might have existed in the river bed or flood plain before the dam was built should not be restored.

24.2. DOWNSTREAM SAFETY PRECAUTIONS

24.2.1. As the river flow returns after the abandonment of the dam, at least partly — depending on the flood control exercised by upstream dams — to its uncontrolled natural regime, the volume and duration of peak floods may increase. This should be taken into account when investigating the possible consequences of the removal of the dam on the downstream reach of the river.

24.2.2. Suitability and efficiency of established flood and emergency warning schemes should be checked with special attention to the consequences of the removal of the dam and reservoir.

25. SURVEILLANCE DES SITES ABANDONNÉS

25.1. INSPECTION

25.1.1. Sauf en cas de démolition complète de l'ensemble du barrage et de ses ouvrages annexes, la surveillance du site doit être poursuivie après l'abandon du barrage, afin de contrôler les conditions de sécurité.

25.1.2. Les ouvrages laissés en place sont visités au moins tous les cinq ans pour déceler les déformations excessives, la dégradation des matériaux et la détérioration de la qualité de la fondation. Cette visite est effectuée selon les mêmes principes que ceux indiqués ailleurs dans le présent document.

25.1.3. Si cette visite met en évidence des conditions dangereuses, il est préférable de supprimer l'ouvrage affecté, plutôt que de le réparer.

25.2. DOCUMENTATION

25.2.1. Les résultats de l'inspection des ouvrages restants sont consignés dans un rapport, diffusé immédiatement auprès des responsables de la sécurité.

25.2.2. Tous les documents relatifs au barrage sont soigneusement archivés jusqu'à l'enlèvement complet des derniers vestiges du barrage.

25. SAFETY SURVEILLANCE OF ABANDONED DAM SITES

25.1. SAFETY INSPECTION

25.1.1. Unless the dam and all appurtenant structures have been completely removed, safety surveillance of the site should be continued after the abandonment of the dam.

25.1.2. Remaining structures should be inspected at intervals not longer than five years for indications of excessive deformation, material disintegration and deterioration of the foundation. Inspection should follow the principles outlined elsewhere in these guidelines.

25.1.3. If inspection reveals the development of unsafe conditions, the affected structure should be removed rather than repaired.

25.2. SAFETY RECORDS

25.2.1. The results of the inspection of the remaining structures of an abandoned dam should be documented and recorded in a formal report circulated without delay among persons and units responsible for the safety.

25.2.2. The complete file of records of a dam should be kept in orderly condition until the last remains of the dam have been removed.

ANNEXE

RÉPERTOIRE POUR LE CONTRÔLE DE LA SÉCURITÉ DES BARRAGES

- Dispositions générales
- Étude et projet
- Construction (y compris le premier remplissage)
- Exploitation et entretien
- Abandon

RÉPERTOIRE POUR LE CONTRÔLE DE LA SÉCURITÉ DES BARRAGES

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Le répertoire suivant comprend les opérations principales relatives à la doctrine générale en matière de sécurité, aux méthodes et procédures de surveillance et aux travaux courants s'y rapportant, plutôt que les détails des pratiques spécifiques à l'étude, à la construction, à l'exploitation et à l'entretien des barrages et retenues. Ces pratiques sont du ressort des Comités techniques de la CIGB chargés d'étudier ces différentes spécialités dans le domaine des ouvrages et des matériaux, y compris les considérations de sécurité les concernant.

Ce répertoire est établi dans le but de servir d'aide-mémoire à ceux qui sont chargés de la surveillance et de la sécurité des barrages et retenues. Il ne s'agit pas d'un guide pour la conception, les études, la construction, l'exploitation, l'entretien ou la restauration des barrages, de leurs ouvrages annexes ou de leurs équipements. Il comporte la liste des principaux points dont il faut tenir compte en matière de sécurité. L'inspection d'un barrage en service, ou l'examen de la sécurité d'un projet donné, nécessitent l'établissement d'un catalogue détaillé des points à vérifier, compte tenu des caractéristiques et problèmes particuliers du site et des ouvrages. Pour un tel travail, le présent répertoire est destiné à servir de guide et de modèle.

L'établissement du répertoire est motivé par les nécessités pratiques de la surveillance d'un barrage ou d'un ensemble de barrages relevant de la même administration, et non par des nécessités éventuelles d'étude concernant la sécurité des barrages ou des problèmes d'ordre plus scientifique s'y rapportant, ni par des aspects de caractère administratif ou de gestion imposée.

APPENDIX

CHECKLIST FOR DAM SAFETY

- General instructions
- Design
- Construction, including first filling
- Operation and maintenance
- Abandonment

CHECKLIST FOR DAM SAFETY

GENERAL INSTRUCTIONS

The following checklist is composed of principal items dealing with general safety philosophy, safety surveillance methods and procedures and related routines, rather than with specific design, construction, operating or maintenance details and practices. The latter are part of the work of those technical committees of ICOLD that deal with particular fields of specialization, structures and materials, inclusive of pertinent safety-related aspects.

The checklist has been prepared with the intent that it be used as a reminder by those responsible for the safety surveillance of dams and reservoirs. It is not intended to serve as a guide for the planning, design, construction, operation, maintenance or rehabilitation of dams and appurtenant structures or facilities. It constitutes a list of main items to be taken into account when dealing with dam safety. The inspection of a dam in operation or the review of safety aspects of the design of a particular dam require the preparation of a detailed catalog of items to be checked, taking into account the individual properties and problems of the site and structures concerned. For such task the present checklist is intended to serve as a guide and model.

Preparation of the checklist is based upon the practical necessities of the safety surveillance of a typical dam or a series of dams under common administration, rather than on possible requirements of research into dam safety or more science-related questions, or on purely administrative or superimposed management aspects.

Dans ce répertoire, le terme « barrage » désigne, en plus du barrage proprement dit, l'ensemble des ouvrages annexes, la fondation, les appuis, les matériels électriques et mécaniques et la retenue.

Les différentes rubriques du répertoire concernent également, selon le cas, l'étude, la construction, l'exploitation et l'entretien des barrages de stériles.

Les rubriques libellées « projet de barrages » et « construction de barrages » s'appliquent également, respectivement et identiquement, aux « projets de modification, d'agrandissement et de réparation de barrages existants » et aux « travaux de modification, d'agrandissement et de réparation de barrages existants ».

L'abandon d'un barrage correspond à sa mise hors service bien déterminée, caractérisée par la vidange complète et permanente de la retenue et le rétablissement du régime hydrologique naturel, avec ou sans démolition du barrage.

Pour les pays dans lesquels la sécurité des barrages est l'affaire des états (ou des provinces) et non de l'administration fédérale, les rubriques relatives aux rivières internationales s'appliquent également aux cours d'eau matérialisant la frontière entre les états ou les provinces.

Enfin, il est à noter que le répertoire est une liste de points dont la vérification est en général recommandée. Il ne saurait être utilisé comme un ensemble immuable de questions et d'instructions à suivre strictement en toutes circonstances. Dans la pratique, il faut tenir compte des conditions spécifiques à chaque cas et du jugement quant à son utilisation. Ce répertoire sera toujours associé aux recommandations contenues dans les précédents chapitres des recommandations.

In this checklist, the term « dam » is intended to include, besides the dam proper, all its appurtenant structures and works, its foundation and abutments, the electrical and mechanical equipment, and the reservoir.

As far as applicable, the various items of this checklist include the design, construction, operation and maintenance of tailings dams.

Those items of the checklist related to the « design of dams » and « construction of dams » apply, respectively and analogously, also to the « design of alterations, enlargement and repairs to existing dams » and « construction activities for alteration, enlargement and repair of existing dams ».

The abandonment of a dam is intended as its definite withdrawal from service characterized by the complete and permanent emptying of the reservoir and the return of the river to its natural flow regime, with or without demolition of the dam.

In countries in which dam safety falls under the jurisdiction of states (or provinces), and not of the Federal administration, those items dealing with boundary rivers may also refer to inter-state rivers if and where applicable.

Finally, it is stressed that this checklist is a compilation of safety-related items the checking of which is generally recommended. It should in no way be intended as a rigid series of questions and instructions to be strictly followed under any circumstances. Its utilization in practice depends on the specific conditions of every particular case and should be guided by the judgement of the user. The checklist should always be used together with the recommendations contained in the foregoing sections of the Guidelines.

RÉPERTOIRE

D = Étude et projet
 C = Construction (y compris le premier remplissage)
 O = Exploitation et entretien
 A = Abandon

ÉLÉMENTS A VÉRIFIER	D	C	O	A
1 ÉTUDE HYDROLOGIQUE				
1.1 Méthodes, critères de projet	x			x
1.2 Caractéristiques hydrologiques, régime des crues, conditions d'écoulement, transports solides (charriages de fond et matériaux en suspension)	x	x	x	x
1.3 Contraintes d'exploitation			x	
1.4 Conditions à l'aval	x		x	
1.5 Contraintes concernant les inondations à l'aval du barrage	x		x	
1.6 Gestion du bassin versant et de la rivière	x	x	x	
2 PROJET ET COMPORTEMENT DES OUVRAGES				
2.1 Méthodes, critères de projet	x	x	x	x
2.2 Cas de charge, coefficients de sécurité	x	x	x	x
2.3 Stabilité de la fondation	x	x	x	x
2.4 Déformations des ouvrages	x	x	x	x
2.5 Détérioration des matériaux	x		x	x
2.6 Percolations et sous-pressions	x	x	x	
2.7 Réponse aux séismes	x	x	x	
2.8 Matériels mécanique et électrique	x		x	
3 DISPOSITIFS DE MESURES				
3.1 Réseau d'observations hydrologiques	x	x	x	
3.2 Auscultation des ouvrages	x	x	x	x
3.3 Auscultation sismique	x	x	x	
3.4 Auscultation des appuis	x	x	x	
3.5 Contrôle de l'alluvionnement	x		x	
3.6 Surveillance de la fosse d'amortissement de l'évacuateur de crues	x		x	
4 EXPLOITATION DE LA RETENUE				
4.1 Évacuation des crues et exploitation de l'évacuateur	x		x	

CHECKLIST

D = Design
 C = Construction, including first filling
 O = Operation and maintenance
 A = Abandonment

ITEM TO BE CHECKED	D	C	O	A
1 HYDROLOGIC DESIGN				
1.1 Design methods and criteria	x			x
1.2 Hydrological characteristics, flood patterns, runoff conditions and transport of bed load and/or suspended load	x	x	x	x
1.3 Operational restrictions				x
1.4 Tailwater conditions	x		x	
1.5 Restrictions on flooding downstream of dam	x		x	
1.6 Catchment and river management	x	x		x
2 STRUCTURAL DESIGN AND BEHAVIOR				
2.1 Design methods and criteria	x	x	x	x
2.2 Load conditions and safety factors	x	x	x	x
2.3 Foundation stability	x	x	x	x
2.4 Deformation of structures	x	x	x	x
2.5 Deterioration of materials	x		x	x
2.6 Seepage and uplift	x	x	x	
2.7 Response to seismic activity	x	x	x	
2.8 Mechanical and electrical equipment	x		x	
3 INSTRUMENTATION				
3.1 Hydrologic observation system	x	x	x	
3.2 Structural monitoring	x	x	x	x
3.3 Seismic monitoring	x	x	x	
3.4 Abutment behavior monitoring	x	x	x	
3.5 Sedimentation monitoring	x		x	
3.6 Spillway plungepool monitoring	x		x	
4 RESERVOIR OPERATION				
4.1 Flood discharge and spillway operation	x		x	

ÉLÉMENTS A VÉRIFIER**D C O A**

4.2 Stabilité des rives de la retenue	x		x	
4.3 Protection de l'environnement	x	x	x	x
4.4 Dispositif d'annonce des crues		x	x	x
4.5 Problèmes liés aux conditions hivernales	x	x	x	
5 INSPECTION				
5.1 Inspecteurs, équipes d'inspection	x	x	x	x
5.2 Programme d'inspection, éléments à contrôler	x	x	x	
5.3 Méthodes d'inspection, inspections courantes	x	x	x	x
5.4 Dépouillement et analyse des résultats		x	x	
5.5 Transmission des résultats, rédaction et transmission des rapports		x	x	
5.6 Procédure de décision		x	x	
6 ARCHIVES				
6.1 Enregistrement et archivage	x	x	x	
6.2 Disponibilité et accessibilité	x	x	x	x
7 PLAN ET PROCÉDURES D'ALERTE				
7.1 Classement des situations critiques				x
7.2 Plan d'alerte dans les situations critiques	x	x	x	
7.3 Dispositif d'alerte		x	x	x
7.4 Système de communication de secours		x	x	
7.5 Procédure de décision en cas d'alerte		x	x	
7.6 Formation spéciale pour les opérations d'alerte		x	x	
8 CAS DES RIVIÈRES INTERNATIONALES				
8.1 Sécurité des ouvrages	x		x	
8.2 Maîtrise des crues et évacuation des débits	x		x	x
8.3 Exploitation et gestion bilatérales des bassins versants	x		x	x
8.4 Alerte dans les situations critiques	x	x	x	
9 NIVEAUX DE RISQUES DES BARRAGES EXISTANTS				
9.1 Critères de classement	x		x	
9.2 Souplesse du classement, modifications du classement				x
10 INCIDENTS ET ACCIDENTS				
10.1 Enquête et analyse		x	x	
10.2 Rétablissement des conditions de sécurité pour l'exploitation du barrage				x
10.3 Prévention des accidents	x	x	x	
11 FINANCEMENT				
11.1 Estimation				x
11.2 Financement				x x

ITEM TO BE CHECKED**D C O A**

4.2 Reservoir bank stability	x	x		
4.3 Environmental safety aspects	x	x	x	x
4.4 Flood warning		x	x	x
4.5 Winter problems	x	x	x	
5 INSPECTION				
5.1 Inspectors and inspection teams	x	x	x	x
5.2 Inspection schedule and items of inspection	x	x	x	
5.3 Inspection methods and routines	x	x	x	x
5.4 Processing and evaluation of results		x	x	
5.5 Data flow, reports and reporting		x	x	
5.6 Decision-making process and procedures		x	x	
6 RECORDS				
6.1 Recording and filing	x	x	x	
6.2 Availability and accessibility	x	x	x	x
7 EMERGENCY PLAN AND PROCEDURES				
7.1 Emergency classification				x
7.2 Emergency operations plan	x	x	x	
7.3 Emergency warning system		x	x	x
7.4 Emergency communication scheme		x	x	
7.5 Emergency decision-making process and procedure		x	x	
7.6 Training for emergency operations		x	x	
8 SPECIAL ASPECTS RELATED TO BOUNDARY RIVERS				
8.1 Structural safety	x		x	
8.2 Flood and discharge control	x		x	x
8.3 Joint operation and management of drainage areas	x		x	x
8.4 Emergency warning	x	x	x	
9 HAZARD RATING OF EXISTING DAMS				
9.1 Classification criteria	x		x	
9.2 Flexibility of classification and classification changes				x
10 INCIDENTS AND ACCIDENTS				
10.1 Investigation and evaluation		x	x	
10.2 Restoration to safe operating conditions				x
10.3 Forestalling accidents	x	x	x	
11 FINANCING				
11.1 Estimating				x
11.2 Funding				x x

D. ÉTUDE ET PROJET

D.1.1. Méthodes et critères pour les études hydrologiques

Vérifier :

- les données de base (quantité, qualité);
- les méthodes d'étude et de calcul (adaptation aux problèmes);
- la conformité des résultats avec les critères imposés;
- la validité des options techniques retenues.

S'assurer que les ingénieurs comprennent parfaitement les programmes de calcul sur ordinateur utilisés.

D.1.2. Caractéristiques hydrologiques, régime des crues, conditions d'écoulement, transports solides (matériaux charriés et matériaux en suspension)

Confronter les valeurs des critères et les données fournies par les calculs avec les enregistrements historiques, et vice versa. Si ceux-ci sont insuffisants ou non valables, essayer les méthodes utilisant les corrélations. Vérifier que les résultats obtenus sont corrects.

D.1.4. Conditions à l'aval

Ne pas oublier l'étude des conditions d'écoulement à l'aval du barrage et prévoir, si nécessaire, les aménagements pour garantir un écoulement libre, sans remous, notamment en cas de fonctionnement de l'évacuateur de crues à grand débit. S'assurer que les conditions correspondant au niveau aval minimal ne nuisent pas à la dissipation correcte de l'énergie.

D.1.5. Contraintes concernant les inondations à l'aval

Recenser les obstacles à l'aval (existants ou prévus) et l'utilisation actuelle des terres dans le lit majeur; évaluer les risques aux personnes et aux biens en cas d'inondation. Vérifier les mesures de sécurité prévues pour les objets présentant des risques dans le lit majeur. Vérifier les consignes d'exploitation de l'évacuateur de crues et de la retenue.

D.1.6. Gestion du bassin versant et de la rivière

Vérifier la compatibilité de la gestion actuelle avec les critères utilisés pour l'étude du barrage et de la retenue.

D.2.1. Méthodes et critères de projet (barrage et ouvrages annexes)

Vérifier la stratégie d'établissement du projet, les données de base et les résultats d'essais (quantité, qualité), la conformité du projet avec les critères imposés, la validité des options techniques retenues, compte tenu des progrès techniques. Vérifier la validité des résultats. S'assurer qu'il est prévu des moyens d'accès aux endroits critiques et aux éléments principaux du barrage aux fins de réparation et de restauration. S'assurer de la bonne ventilation des galeries, puits, conduits hydrauliques et autres enceintes visitables ou pouvant accumuler des gaz inflammables. S'assurer que les ingénieurs comprennent parfaitement les programmes de calcul sur ordinateur utilisés.

D.2.2. Cas de charge, coefficients de sécurité

Vérifier les charges élémentaires, les combinaisons de charges et les coefficients de sécurité utilisés dans les calculs du projet pour les conditions maximales de

D. DESIGN

D.1.1. Design Methods and Criteria (Hydrologic)

Check adequacy and accuracy of design data, appropriateness of methods used in design and analysis, adherence to design standards and appropriateness and validity of design decisions. Ensure computer programs employed for design are fully understood by users.

D.1.2. Hydrological Characteristics, Flood Patterns, Runoff Conditions and Transport of Bed Load and/or Suspended Load

Check design criteria and basic design values derived from theoretical computations against historical records and vice versa. If latter are insufficient or unavailable, try procedures based on correlation. Check correctness of results.

D.1.4. Tailwater Conditions

Ensure that design includes investigation and, if necessary, improvement of tailwater discharge conditions to provide unrestricted flow and avoid eddy currents, especially with large flow over spillway. Check that minimum tailwater conditions do not lead to deficient energy dissipation.

D.1.5. Restrictions on Flooding Downstream of Dam

Investigate existing or planned obstacles and actual land use in the flood plain, as well as possible damage from flooding to life and property downstream of dam. Check on safety measures for endangered objects in flood plain. Check on adequate spillway operation scheme and reservoir operation instructions.

D.1.6. Catchment and River Management

Check compatibility of drainage basin and river management practiced in the river valley with design criteria for the dam and reservoir.

D.2.1. Design Methods and Criteria (Structural)

Check design strategy, adequacy and accuracy of design data and test results, appropriateness of methods used in design and analysis, adherence to design standards and validity of design decisions, with special attention to compatibility with current technology. Check correctness of results. Ensure design includes provisions for adequate access to all critical areas and structural components of dam for possible repair or rehabilitation. Check for adequate ventilation of galleries, shafts, water-carrying ducts and other enclosed spaces that can be entered for inspection or repair or in which flammable gases may concentrate. Ensure computer programs employed for design are fully understood by users.

D.2.2. Load Conditions and Safety Factors

Check loads and combination of loads as well as safety factors applied in design computations for extreme loading conditions including those that could occur

charge (y compris celles qui pourraient apparaître pendant la construction). En cas d'utilisation de concepts de projet nouveaux ou de matériaux nouveaux, s'assurer que ceux-ci ont été justifiés par des études approfondies, théoriques et expérimentales.

D.2.3. Stabilité de la fondation

Vérifier la compatibilité de la profondeur et de l'étendue des reconnaissances *in situ*, des essais en laboratoire et de l'analyse des données disponibles, avec les conditions géologiques du site et l'importance des ouvrages. Vérifier les traitements prévus, compte tenu de la nature et de la qualité des matériaux de la fondation.

D.2.4. Déformations des ouvrages

Vérifier les calculs de déformations des ouvrages sous le chargement progressif pendant la construction et sous le chargement final, en vue d'une comparaison ultérieure avec les valeurs mesurées. Vérifier les contraintes et les déformations unitaires qui en résultent.

D.2.5. Détérioration des matériaux

Vérifier les méthodes utilisées et l'importance de l'étude des matériaux de construction, pour éviter les effets nuisibles à long terme.

D.2.6. Percolations et sous-pressions

S'assurer que le projet comporte des dispositifs suffisants de drainage, de détection des percolations, de collecte, de mesure et d'évacuation des fuites.

D.2.7. Réponse aux séismes

Vérifier si une activité sismique naturelle ou induite peut se manifester. Dans l'affirmative, veiller à la mise en place, au plus tôt, d'appareils de mesures sismiques pour recueillir le maximum de données de comparaison.

D.2.8. Matériels mécanique et électrique

Vérifier que le projet des matériels essentiels à la sécurité du barrage assure un fonctionnement sûr dans les conditions exceptionnelles possibles et dans les conditions critiques. Vérifier les dispositions prises pour l'entretien des matériels et l'accès à ces matériels dans les conditions hivernales sévères.

D.3.1. Réseau d'observations hydrologiques

Contrôler toutes les stations de jaugeage fournissant des données, en vue de confirmer leur bon fonctionnement et la fiabilité des mesures. Parfois, il arrive que des erreurs fondamentales (cote de référence, procédés de lecture, etc.) affectent des séries de valeurs.

D.3.2. Auscultation des ouvrages

Vérifier le dispositif d'auscultation (buts, contraintes d'installation, choix des paramètres à mesurer). La conception et le fonctionnement du dispositif doivent satisfaire aux conditions requises au projet. Il doit être limité aux seules mesures nécessaires au contrôle de la sécurité des ouvrages; il faut éviter toute complication exagérée qui pourrait soit nuire à sa fiabilité, soit réduire l'attention portée aux résultats. Vérifier que le dispositif de mesures ne réduit pas la stabilité de la section auscultée.

during construction. If new design concepts and/or unconventional materials are to be used, ensure they have been tested by careful theoretical and experimental investigation.

D.2.3. Foundation Stability

Check compatibility of depth and extent of field investigations, laboratory testing and processing of available data with geologic characteristics of dam site and size and importance of structures. Check consistency of foundation treatment with nature and quality of foundation material.

D.2.4. Deformation of Structures

Check computations for deformation under incremental construction loading and final loading conditions for future comparison with field measurement. Check strain and stress caused by deformation.

D.2.5. Deterioration of Materials

Check methods used and extent of materials investigations to avoid the use of materials that could cause deleterious effects when aging.

D.2.6. Seepage and Uplift

Ensure that design includes adequate drainage facilities and seepage detection, collection, measuring and discharge devices.

D.2.7. Response to Seismic Activity

Check whether natural or reservoir-induced seismicity can be expected. If so, ensure that monitoring system is installed as early as possible to gather a maximum of comparative data.

D.2.8. Mechanical and Electrical Equipment

Check the design of equipment vital to the dam's safety for operational reliability under possible exceptional and emergency conditions. Check provisions for maintenance and access to equipment under severe weather conditions.

D.3.1. Hydrologic Observation System

Check all measuring stations which contribute data for proper functioning and reliability of readings. Sometimes basic errors (related to datum, reading procedures, etc.) have been introduced in the data series.

D.3.2. Structural Monitoring

Check specific purpose of, requirements to be met by, and necessary scope of, the monitoring system. Check compliance of system design and its specified operation with basic requirements. Ensure system is limited to essential items necessary for satisfactory surveillance of structural safety, thus avoiding undesirable complexity which may affect reliability or reduce attention given results. Ensure that structural stability of measuring section is not reduced by instrument installation.

D.3.3. Auscultation sismique

En cas de télétransmission, vérifier fréquemment le bon fonctionnement des appareils correspondants. Voir D.2.7. ci-dessus.

D.3.4. Auscultation des appuis

Vérifier l'établissement d'un réseau de références pour suivre les déformations et les mouvements éventuels des appuis et du barrage. Vérifier le projet de dispositif de mesures de la perméabilité des appuis.

D.3.5. Contrôle de l'alluvionnement

Vérifier que les données concernant les transports solides sont disponibles et précises. Vérifier que les dispositifs de mesures sont suffisants et fiables. Vérifier que des dispositions sont prévues pour le contrôle de l'alluvionnement de la retenue.

D.3.6. Surveillance de la fosse d'amortissement de l'évacuateur de crues

Vérifier les dispositions prévues pour l'inspection périodique de la fosse d'amortissement, destinée à suivre les phénomènes d'érosion et d'affouillement et l'influence éventuelle de ceux-ci sur la stabilité des ouvrages voisins.

D.4.1. Évacuation des crues et exploitation de l'évacuateur

Vérifier que le projet comprend l'établissement des consignes d'exploitation de l'évacuateur de crues et des vidanges, compte tenu des contraintes concernant : la stabilité des ouvrages et de l'écoulement, l'érosion des rives, l'affouillement du bassin d'amortissement ou de la zone de restitution. Voir D.1.5. ci-dessus. Vérifier les courbes d'étalonnage de l'évacuateur et de la zone de restitution à l'aval.

D.4.2. Stabilité des rives de la retenue

Veiller à ce que l'étude de stabilité des rives, ainsi que l'installation des appareils de mesures et, le cas échéant, les travaux de confortement, soient terminés avant la mise en eau.

D.4.3. Protection de l'environnement

Vérifier que les études de projet comprennent une analyse des risques pour l'environnement, tels que : maladies transmises par l'eau, qualité des eaux, survie de la faune, de la flore, etc. Si nécessaire, établir des mesures adéquates de protection.

D.4.4. Problèmes liés aux conditions hivernales

Vérifier la prise en compte, dans les calculs de stabilité du barrage et dans l'étude de l'exploitation de la retenue, des contraintes hivernales : embâcle de glace, rupture de glace, difficultés d'accès pendant les tempêtes de neige, efforts appliqués par la neige, blocage par le gel des mécanismes de commande, etc.

D.5.1. Inspecteurs, équipes d'inspection

Vérifier que les méthodes et les règles d'inspection courante sont compatibles avec les compétences du personnel local de surveillance (notamment pour les barrages situés dans les pays en voie de développement).

D.5.2. Programme d'inspection, éléments à contrôler

D.5.3. Méthodes d'inspection et inspections courantes

Vérifier que le manuel de consignes explique parfaitement tous les aspects et

D.3.3. Seismic Monitoring

If monitoring system is operated by remote control, check functioning of telemetering devices frequently. See D.2.7.

D.3.4. Abutment Behavior Monitoring

Check establishment of reference system for monitoring of deformation and possible movement of abutment and dam. Check design of monitoring system for measuring abutment permeability.

D.3.5. Sedimentation Monitoring

Check availability and accuracy of solid load flow data. Check adequacy and reliability of solid load flow measuring system and devices. Check provisions for monitoring of reservoir sedimentation.

D.3.6. Spillway Plungepool Monitoring

Check provisions for periodic plungepool inspection to monitor erosion and scouring and the possible influence on the stability of adjacent structures.

D.4.1. Flood Discharge and Spillway Operation

Ensure that design includes preparation of operating rules for spillway and outlet devices regarding hydraulic and structural stability requirements, avoidance of bank erosion, prevention of scouring of stilling basin and/or tailwater channel. See D.1.5. Check accuracy of spillway and tailwater rating curves.

D.4.2. Reservoir Bank Stability

Ensure that reservoir bank stability survey and analysis as well as resulting monitoring and/or stabilization measures, if required, will be completed before reservoir filling.

D.4.3. Environmental Safety Aspects

Ensure that design includes analysis of risks to environmental safety; such as dissemination of water-borne diseases, degradation of water quality, endangered species, etc. Establish adequate protection measures and procedures, if required.

D.4.4. Winter Problems

Ensure that potential problems from winter conditions; such as, ice jams, ice breakup, difficulty of access caused by snow storms, snow load, freezing of operating devices and others have been taken into account when analyzing dam stability and reservoir operation.

D.5.1. Inspectors and Inspection Teams

Ensure that specified inspection routines and methods are compatible with available know-how and capacity of local staff, especially for dams in developing countries.

D.5.2. Inspection Schedule and Items of Inspection, and

D.5.3. Inspection Methods and Routines

Ensure that operations manual includes complete safety instructions and deals

les tâches relatifs à la sécurité afin de garantir une surveillance correcte de la sécurité globale. Les consignes porteront sur l'exploitation courante, l'inspection, l'entretien, la transmission des informations (tâches qui incombent à l'exploitant de l'ouvrage), et sur la surveillance minimale (fréquence des visites, méthodes) à exercer par les équipes d'inspection du maître d'ouvrage (propriétaire) ou de l'autorité responsable. Les consignes préciseront, pour chaque élément à inspecter, les buts à atteindre plutôt que des règles ou méthodes rigides qui risquent d'être périmées après un certain temps d'exploitation du barrage. Vérifier si les dispositions prévues pour la mise à sec du parement amont du barrage, du bassin ou de la fosse d'amortissement, des conduits hydrauliques, etc., en vue de leur inspection visuelle sont suffisants et praticables.

D.6.1. Enregistrement et archivage

Vérifier le bon repérage et l'archivage en ordre de l'ensemble des documents de projet : plans, notes de calculs, spécifications techniques, documents relatifs aux reconnaissances du site et aux reconnaissances des zones d'emprunt et études des matériaux, essais en laboratoire, étude sur modèle, méthodes et hypothèses de projet, etc.

D.6.2. Disponibilité et accessibilité des documents

S'assurer que les documents sont correctement repérés et enregistrés, disponibles en permanence et facilement accessibles, pour répondre aux questions relatives à la sécurité.

D.7.2. Plan d'alerte dans les situations critiques

S'assurer de l'existence d'un plan d'alerte préétabli et des moyens matériels correspondants. Vérifier les dispositions concernant la vidange d'urgence de la retenue (possibilité, nécessité, capacité de débit d'évacuation). S'assurer que les exploitants recevront des instructions claires. Vérifier les dispositions concernant l'alimentation en énergie de secours et les autres dispositifs d'exploitation de secours (exploitation manuelle) des vannes de l'évacuateur de crues et des ouvrages de vidange. Examiner l'ensemble du circuit d'alimentation en énergie pour déceler les points faibles éventuels qui risquent de céder en situation critique.

D.8.1. Sécurité des ouvrages (rivières internationales)

Examiner les codes de sécurité, les critères fondamentaux de projet concernant la sécurité et les méthodes fondamentales d'étude utilisés par les organismes dont les territoires s'étendent dans le bassin versant, pour s'assurer de leur compatibilité.

D.8.2. Maîtrise des crues et évacuation des débits (rivières internationales)

S'assurer de la compatibilité des méthodes, procédures, critères, etc., utilisés par les organismes dont les territoires s'étendent sur le bassin versant, dans les domaines suivants :

- observations hydrographiques (méthodes, matériel);
- calcul des crues de projet et du débit maximal de l'évacuateur;
- réglementation de l'utilisation des terres dans le lit majeur;
- activités et utilisation des eaux (navigation, alimentation en eau potable, irrigation, hydro-électricité), le long de la rivière à l'aval, ainsi que nouveaux aménagements prévus.

with operationally relevant aspects to ensure proper surveillance of the overall safety. Instructions should include detailed requirements for routine operation, inspection, maintenance and reporting by the project operator and minimum requirements for inspection schedules and methods to be used by inspection teams of the owner or responsible authority. Ensure that manual specifies purpose, objects of inspection and intended end to be attained, for each item, rather than rigid instructions and/or procedures that may become obsolete or inadequate during service life of dam. Check adequacy and feasibility of unwatering for visual inspection of upstream face of dam, stilling basin or plungepool, water-carrying conduits, etc.

D.6.1. Recording and Filing

Check for proper and complete recording and orderly filing of design drawings, calculations and computations, specifications and documents referring to site investigation and exploration, materials research and investigation, laboratory and model testing, and design methods and criteria used.

D.6.2. Availability and Accessibility of Records

Ensure that records are identified, permanently available and easily accessible for safety surveillance purposes.

D.7.2. Emergency Operations Plan

Examine design for provision of predetermined emergency procedures and devices. Check feasibility and necessity of, and available outlet capacity for, emergency evacuation of reservoir. Ensure that clear emergency instructions will be issued to project operators. Check provisions for emergency power supply or other emergency operating devices (manual operation) for outlet works and spillway gates. Examine entire power supply system for weak points that could fail during emergency situations.

D.8.1. Structural Safety (Boundary Rivers)

Examine safety codes, basic design criteria affecting safety, and basic design methods in use in those entities whose territory extends into the drainage area for compatibility with each other.

D.8.2. Flood and Discharge Control (Boundary Rivers)

Examine the compatibility with each other of the following in those entities whose territory extends into the drainage area :

- hydrographic observation procedures and equipment;
- determination of design floods and spillway capacity;
- occupational control of flood plains;
- activities and use of water (river navigation, water supply, irrigation, power generation) along downstream reach of river, as well as plans for future development.

D.8.3. Exploitation et gestion bilatérales des bassins versants (rivières internationales)

S'assurer d'une coordination efficace de la gestion et de l'exploitation bilatérales du bassin. Vérifier les conséquences du barrage en projet sur l'exploitation et la gestion du bassin.

D.8.4. Alerte dans les situations critiques (rivières internationales)

S'assurer de l'existence et de la fiabilité des dispositifs d'alerte utilisés par les organismes riverains, ainsi que de la nécessité de modifications résultant de la création du barrage.

D.9.1. Critères de classement (niveaux de risques des barrages existants)

Vérifier les critères définissant les niveaux de risques acceptables.

D.10.3. Prévention des accidents

S'assurer qu'on a tenu compte, dans le projet, des enseignements tirés des accidents et incidents de barrages.

D.8.3. Joint Operation and Management of Drainage Areas (Boundary Rivers)

Check effectiveness of joint basin operations coordination. Check consequences of implementation of dam under design to basin operations and management scheme.

D.8.4. Emergency Warning (Boundary Rivers)

Check the existence and reliability of emergency warning schemes in the riparian entities, as well as the necessity for modifications to be introduced as a consequence of the implementation of the dam under design.

D.9.1. Classification Criteria (Hazard Rating of Existing Dams)

Check criteria for defining levels of acceptable risk.

D.10.3. Forestalling Accidents

Ensure that lessons learned from dam incidents and accidents have been properly incorporated into design.

C. CONSTRUCTION

C.1.2. Caractéristiques hydrologiques, régime des crues, conditions d'écoulement, transports solides

Vérifier le dimensionnement de la dérivation provisoire compte tenu des dernières valeurs mesurées de débits de crues et des modifications éventuelles apportées aux conditions d'écoulement dans le bassin versant, juste avant et pendant le chantier. De temps en temps, pendant le chantier, comparer le schéma de dérivation et chacune de ses phases avec le débit maximal à évacuer et les risques correspondants, en portant une attention particulière à la compatibilité de l'avancement des travaux avec le programme de dérivation.

C.1.6. Gestion du bassin versant et de la rivière

S'assurer que les conditions d'hygiène sur le chantier sont compatibles avec les conditions de gestion de la rivière.

C.2.1. Méthodes et critères de projet (barrage et ouvrages annexes)

S'assurer que la construction est conforme au projet. Vérifier que les modifications apportées au projet, compte tenu des conditions locales, satisfont aux critères de sécurité imposés. Vérifier que les méthodes de construction et les matériaux sont conformes aux spécifications techniques. Vérifier le programme de contrôle de qualité (existence, portée, mise en œuvre). A la fin du chantier, vérifier la bonne exécution des ouvrages.

C.2.2. Cas de charge, coefficients de sécurité

Pour les charges critiques apparaissant pendant la construction, vérifier qu'elles sont conformes aux hypothèses de calcul.

C.2.3. Stabilité de la fondation

Poursuivre l'étude géologique et géotechnique pendant les fouilles et comparer les résultats avec les données du projet. Contrôler les déformations de la fondation soumise au chargement progressif.

C.2.4. Déformations des ouvrages

Vérifier ces déformations au fur et à mesure de la construction et comparer les valeurs avec celles calculées dans le projet.

C.2.6. Percolations et sous-pressions

Comparer les débits des percolations avec les résultats des calculs de perméabilité. Pour les percolations détectées, notamment pendant le premier remplissage, déterminer les origines, la qualité (eaux claires ou chargées) et les pressions.

C.2.7. Réponse aux séismes

Si le risque d'activité sismique (naturelle ou induite) a conduit à mettre en place un réseau de mesures, s'assurer que la lecture est soigneusement exécutée tout au long du chantier, notamment au cours du remplissage de la retenue et quelque temps après; en effet, les séismes induits sont souvent précédés, sur une période plus ou moins longue, d'une augmentation de l'activité sismique.

C.3.1. Réseau d'observations hydrologiques

Vérifier souvent le bon fonctionnement des dispositifs d'observations, y compris

C. CONSTRUCTION

C.1.2. Hydrological Characteristics, Flood Patterns, Runoff Conditions and Transport of Bed Load and/or Suspended Load

Check river diversion capacity against latest available records of flood patterns and possible alterations to runoff conditions in drainage area, immediately before starting and during construction. Compare periodically during construction the predetermined river diversion scheme and its various phases with actual discharge capacity and related risks, with special attention to the compatibility of actual construction progress with the diversion schedule.

C.1.6. Catchment and River Management

Ensure hygienic conditions at construction site are compatible with river management requirements.

C.2.1. Design Methods and Criteria (Structural)

Ensure project construction fulfills design intent. Check compliance with design safety criteria of site-induced design modifications due to construction problems. Check compliance of construction methods and materials with specifications and on the existence, extent and performance of the quality control program. Check adequacy and accuracy of completed construction.

C.2.2. Load Conditions and Safety Factors

Check critical loads arising during construction for compatibility with design parameters.

C.2.3. Foundation Stability

Continue geologic and geotechnic investigations during excavation and compare results with data upon which design has been based. Check foundation deformation under increasing loading.

C.2.4. Deformation of Structures

Check deformation during construction and compare with values predetermined during design.

C.2.6. Seepage and Uplift

Check seepage volumes against results of permeability computations. Investigate sources, quality (clear or muddy water) and pressure of detected seepage, especially during first filling of reservoir.

C.2.7. Response to Seismic Activity

If a monitoring system had been installed because of possible natural or reservoir-induced seismicity, ensure careful observation continues throughout construction, with emphasis on observation during and soon after reservoir filling. Reservoir-induced earthquakes are often preceded by increasing seismic activity over a longer period of time.

C.3.1. Hydrologic Observation System

Check frequently proper functioning of observation system, including tele-

les dispositifs de télémesure et de télétransmission, pour que l'alerte éventuelle soit donnée le plus tôt possible.

C.3.2. Auscultation des ouvrages

Vérifier le bon fonctionnement des appareils de mesures et les exploiter le plus tôt possible, afin de disposer d'une série complète de données comparatives. Pendant le remplissage, contrôler les déformations de la fondation et les déplacements du barrage.

C.3.3. Auscultation sismique

Si le réseau de mesures comporte un dispositif de télémesure et de télétransmission, vérifier fréquemment le fonctionnement des appareils. Voir C.2.7 ci-dessus.

C.3.4. Auscultation des appuis

Contrôler les déformations des appuis au fur et à mesure de la construction. Contrôler la perméabilité des appuis et les déplacements différentiels du barrage et des appuis pendant le remplissage de la retenue.

C.4.3. Protection de l'environnement

S'assurer de l'exécution des programmes de déboisement et de débroussaillage de la retenue, de protection de la flore et de la faune, de contrôle des maladies et des vecteurs de maladies, ainsi que des travaux de nettoyage de la zone de la retenue (élimination ou recouvrement des dépôts d'ordures ou de matières dangereuses), avant le remplissage de la retenue. Vérifier que les travaux de construction et les conditions du chantier sont conformes aux règlements relatifs à la protection de l'environnement.

C.4.4. Dispositif d'annonce des crues

Vérifier que le dispositif d'annonce de crues est installé, en bon état de fonctionnement et efficace. S'assurer que tout est prêt pour la maîtrise des crues pendant le chantier.

C.4.5. Problèmes liés aux conditions hivernales

Vérifier les précautions prises pour résoudre les problèmes posés par la neige et par la glace, tels que embâcles de glace, tempêtes de neige, en particulier sur les chantiers où les activités sont interrompues ou réduites en hiver.

C.5.1. Inspecteurs, équipes d'inspection

Vérifier la formation et les qualifications des inspecteurs des travaux et l'organisation des inspections et du contrôle de qualité pendant les travaux.

C.5.2. Programme d'inspection, éléments à contrôler

S'assurer que le contrôle de qualité est conforme aux dispositions prévues dans le projet (cahier des prescriptions, plans). Vérifier qu'il existe un programme (avec calendrier) d'inspection et d'auscultation, ainsi que des consignes de sécurité. Vérifier que les dispositions prévues pour le remplissage et la mise en service de l'ouvrage sont conformes aux règlements.

metering and telecommunication devices, to ensure flood warning as early as possible.

C.3.2. Structural Monitoring

Check functioning and start operation of installed instruments as early as possible to obtain a maximum of comparative data series. Check deformation of foundation and movement of dam during first filling of reservoir.

C.3.3. Seismic Monitoring

If monitoring system is operated by remote control, check functioning of telemetering and telecommunication devices frequently. See C.2.7.

C.3.4. Abutment Behavior Monitoring

Check deformation of abutment during construction. Check abutment permeability and differential movement of dam and abutment during first filling of reservoir.

C.4.3. Environmental Safety Aspects

Ensure that programs for reservoir clearing, protection of flora and fauna, and disease and vector control have been completed and that garbage, sanitary and/or hazardous waste dumps in reservoir area have been eliminated or properly sealed before reservoir filling. Check construction activities and site conditions for compliance with environmental protection regulations.

C.4.4. Flood Warning

Check availability, operability and effectiveness of the flood warning scheme and preparedness for flood handling during construction.

C.4.5. Winter Problems

Check precautions for solving problems caused by snow and ice, such as ice jams and snow storms, especially at sites where construction activities are reduced or interrupted during winter.

C.5.1. Inspectors and Inspection Teams

Check training and qualification of construction inspectors and adequacy of construction inspection and quality control organization.

C.5.2. Inspection Schedule and Items of Inspection

Ensure quality control follows design specifications and drawings. Check availability of, and compliance with, schedule, inspection and monitoring program, and safety instructions. Check compliance with formally approved procedures for first reservoir filling and start of operation of project.

C.5.3. Méthodes d'inspection et inspections courantes

Vérifier la disponibilité du programme et des consignes relatifs au contrôle de la qualité. La détermination des méthodes d'inspection et des inspections courantes pendant le chantier doit permettre l'établissement d'une base de données pour les surveillances ultérieures.

C.5.4. Dépouillement et analyse des résultats d'inspection

Vérifier que le dépouillement et l'analyse des résultats d'inspection et de contrôle de la qualité sont appropriés.

C.5.5. Transmission des résultats, rédaction et transmission des rapports

Vérifier que les résultats d'inspection et de contrôle de la qualité sont analysés sans délai et que les mesures que peuvent imposer ces résultats sont prises immédiatement.

C.5.6. Procédure de décision

Si l'inspection décèle des défauts de construction ou des difficultés pour satisfaisant aux spécifications de construction, s'assurer que les causes de ces problèmes sont étudiées et que les décisions qui s'imposent sont prises sans délai.

C.6.1. Enregistrement et archivage

S'assurer que les documents et plans, conformes à l'exécution, les documents sur les méthodes de construction, les rapports d'inspection des travaux, les résultats des essais sur les matériaux et du contrôle de la qualité, sont complets, bien enregistrés et archivés.

C.6.2. Disponibilité et accessibilité des documents

S'assurer que les documents sont convenablement repérés, disponibles en permanence et facilement accessibles pour répondre aux questions relatives à la sécurité.

C.7.2. Plan d'alerte dans les situations critiques

S'assurer que le plan d'alerte pendant la construction est disponible et facilement accessible.

C.7.3. Dispositif d'alerte

Vérifier que le chantier est prêt à réagir en cas d'alerte, notamment pendant les phases de dérivation provisoire et de premier remplissage de la retenue.

C.7.4. Système de communication de secours

Vérifier la disponibilité et le bon fonctionnement des méthodes et des appareils de communication de secours.

C.7.5. Procédure de décision en cas d'alerte

Vérifier qu'il existe des consignes claires relatives à la prise de décisions dans les situations critiques et que l'ensemble des personnes et des services concernés sont parfaitement au courant de ces consignes.

C.7.6. Formation spéciale pour les opérations d'alerte

Vérifier qu'il existe un personnel suffisant, formé pour les opérations d'alerte. Voir si un complément de formation est nécessaire.

C.5.3. Inspection Methods and Routines

Check availability of schedule and instructions for quality control. Ensure that determination of construction inspection methods and routines takes into account the necessity of proper recording for future safety surveillance.

C.5.4. Processing and Evaluation of Results of Inspection

Check expediency of processing and evaluation of results of construction inspection and quality control.

C.5.5. Data Flow, Reports and Reporting

Check for prompt analysis of results of construction inspection and quality control and for immediate action if corrective measures are necessary.

C.5.6. Decision Making Process and Procedure

If inspection reveals shortcomings in construction quality or difficulties in complying with construction specifications, ensure that causes are investigated and necessary decisions taken without delay.

C.6.1. Recording and Filing

Check for proper and complete recording and orderly filing of construction record documents and drawings, documentation of construction methods, procedures and inspection, and of materials testing and quality control data.

C.6.2. Availability and Accessibility of Records

Ensure that records are identified, permanently available and easily accessible for safety surveillance purposes.

C.7.2. Emergency Operations Plan

Check for availability and easy access to construction emergency action plan.

C.7.3. Emergency Warning System

Check preparedness for emergency warning with special attention to risks from and during river diversion and first filling of reservoir.

C.7.4. Emergency Communication Scheme

Check availability and functioning of emergency communication equipment and procedures.

C.7.5. Emergency Decision Making Process and Procedure

Check existence of clearly defined process and procedures for decision-making under emergency conditions and ensure that all persons and units involved are fully aware of them.

C.7.6. Training for Emergency Operations

Check on availability of sufficient personnel trained in emergency operations. Check on necessity of complementing and/or updating emergency training.

C.8.4. Alerte dans les situations critiques (rivières internationales)

Avant le démarrage du chantier, vérifier la fiabilité des dispositifs d'annonce des crues et d'alerte en cas de danger, qui sont en vigueur au sein des organismes riverains. S'assurer qu'un système d'alerte efficace fonctionne dans toutes les zones pouvant être concernées par une situation critique affectant le chantier.

C.10.1. Enquête et analyse des incidents et des accidents

En cas d'accidents en cours de travaux, s'assurer de l'exécution d'une enquête complète sur leurs causes et leur importance, d'une analyse des conséquences et des réparations nécessaires.

C.10.3. Prévention des accidents

S'assurer que l'on a pris connaissance des enseignements tirés des incidents et accidents provoqués par des méthodes de construction défectueuses ou une négligence des consignes de sécurité, et que l'on tient compte de ces enseignements dans l'organisation et l'exécution des travaux. S'assurer du respect des règlements concernant la sécurité pendant les travaux.

C.8.4. Emergency Warning (Boundary Rivers)

Check reliability of flood and emergency warning systems in use in riparian entities before starting construction. Ensure that an efficient warning scheme is operational in all locations that may be affected by an emergency situation developing at the job site.

C.10.1. Investigation and Evaluation of Incidents and Accidents

In case of construction accidents, check on thoroughness of investigation into causes and extent, and on evaluation of consequences and remedial action.

C.10.3. Forestalling Accidents

Ensure that lessons from incidents and accidents caused by improper construction methods or negligence of safety precautions have been learned and are properly considered in construction planning and performance. Check compliance with construction safety regulations.

O. EXPLOITATION ET ENTRETIEN

O.1.2. Caractéristiques hydrologiques, régime des crues, conditions d'écoulement, transports solides

Périodiquement, vérifier le bon accord entre, d'une part, le régime des crues (observées ou calculées) et la hauteur de l'onde, et, d'autre part, les critères de projet, en tenant compte des modifications éventuelles intervenues dans le bassin versant et susceptibles de modifier les conditions d'écoulement. Comparer la crue de projet et l'hydrogramme de crue (après mise à jour) avec la capacité de débit de l'évacuateur de crues et des ouvrages de vidange. De temps en temps, étudier les transports solides et l'alluvionnement de la retenue. Vérifier l'influence des silts en suspension et des charriages de fond sur la stabilité et l'exploitation du barrage.

O.1.3. Contraintes d'exploitation

Périodiquement, vérifier si l'exploitation des ouvrages (barrage, retenue, usine, ouvrages d'alimentation en eau potable ou d'irrigation, écluses, etc.) n'impose pas des contraintes sur l'évacuation des débits de crues. Dans l'affirmative, comparer le débit maximal des organes d'évacuation, compte tenu des contraintes imposées, avec la crue maximale qui pourrait apparaître dans les conditions réelles.

O.1.4. Conditions à l'aval

Périodiquement, visiter la zone immédiatement à l'aval du barrage pour noter les obstructions (amas de débris, etc.) ou les modifications qui pourraient compromettre le passage des crues.

O.1.5. Contraintes concernant les inondations à l'aval

Périodiquement, visiter la section de la rivière à l'aval du barrage pour noter les modifications éventuelles (utilisation des terres, obstructions dans le lit majeur) et les dangers pour les personnes ou pour les biens en cas d'inondation, en portant une attention particulière aux modifications intervenues depuis la construction du barrage et risquant de créer des problèmes compte tenu de la capacité d'évacuation du barrage.

O.1.6. Gestion du bassin versant et de la rivière

Périodiquement, vérifier la compatibilité des modalités de cette gestion avec les consignes d'exploitation de la retenue.

O.2.1. Méthodes et critères de projet (barrage et ouvrages annexes)

A chaque progrès technique important, vérifier que le projet initial (critères de sécurité, méthodes de calcul, hypothèses, etc.) répond bien aux connaissances et aux techniques actuelles. Voir si une nouvelle évaluation des critères de sécurité est nécessaire.

O.2.2. Cas de charge, coefficients de sécurité

A chaque progrès technique important ou après chaque modification importante des conditions de charge, comparer les charges actuelles avec les charges et les coefficients de sécurité adoptés dans le projet initial.

O. OPERATION AND MAINTENANCE

O.1.2. Hydrological Characteristics, Flood Patterns, Runoff Conditions and Transport of Bed Load and/or Suspended Load

Check periodically the compatibility of observed and/or theoretically computed actual flood pattern and wave height with original design criteria, with special attention to possible alterations introduced in the drainage area that may modify runoff conditions. Compare updated inflow design flood and flood hydrograph with capacity of existing spillway and outlet works of dam. Investigate periodically the transport of solid load and the sedimentation of the reservoir. Check influence of suspended silt and flow of solid bed load on stability and operation of dam.

O.1.3. Operational Restrictions

Check periodically if operation of dam, reservoir or production facilities (power plant, irrigation or water supply installations, locks, etc.) impose restrictions on flood discharge. If so, compare available discharge capacity, under due consideration of imposed restrictions, with maximum flood to be expected under actual conditions.

O.1.4. Tailwater Conditions

Inspect tailwater area immediately downstream of dam periodically for accumulation of debris or other obstructions and/or alterations which may affect safe discharge of floods.

O.1.5. Restrictions to Flooding Downstream of Dam

Inspect river reach downstream of dam periodically for alterations in land use or obstruction of flood plain and/or possible danger of damage from flooding to life and property, with particular attention to alterations that may have occurred since construction of the dam and that may not be compatible with the designed flood discharge capacity.

O.1.6. Catchment and River Management

Check periodically on compatibility of drainage basin and river management practices with reservoir operation routines.

O.2.1. Design Methods and Criteria (Structural)

Check the compatibility of safety strategy and analytical methods and criteria of the original design with current knowledge and technological practice when a major breakthrough of methodology has occurred. Check necessity of reevaluation of safety criteria.

O.2.2. Loading Conditions and Safety Factors

Check the actual loads against loads and safety factors assumed in original design, whenever a major breakthrough of methodology or a major alteration of loading conditions has occurred.

O.2.3. Stabilité de la fondation

Périodiquement, vérifier la perméabilité et la tenue de la fondation et des appuis. Comparer ces résultats avec les observations antérieures et avec les hypothèses de calcul.

O.2.4. Déformations des ouvrages

Périodiquement, vérifier les déformations de la fondation, des appuis et des ouvrages. Comparer ces résultats avec les résultats antérieurs et les déformations prévues par les calculs du projet.

O.2.5. Détérioration des matériaux

Périodiquement, vérifier le comportement et la tenue des ouvrages, en particulier, les phénomènes de détérioration des matériaux résultant du vieillissement.

O.2.6. Percolations et sous-pressions

Périodiquement, visiter tous les ouvrages pour déceler les percolations éventuelles (résurgences, volumes, qualité des eaux — claires ou chargées). Comparer ces résultats avec les observations antérieures et les résultats des calculs de perméabilité effectués lors du projet. Vérifier les sous-pressions. Veiller à ce que toute modification brusque des sous-pressions et des percolations (débit, qualité des eaux), qui n'est pas liée au marnage de la retenue, soit étudiée immédiatement.

O.2.7. Réponse aux séismes

Si le risque de séismes induits par la retenue a conduit à la mise en place d'un réseau d'auscultation sismique, les observations sont poursuivies pendant 20 ans au moins après le premier remplissage, que l'activité sismique se manifeste ou non. Pour les barrages anciens, examiner s'il faut prévoir une étude sismique conduite selon les méthodes actuellement en vigueur.

O.2.8. Matériels mécanique et électrique

Vérifier périodiquement la disponibilité et le bon fonctionnement des sources d'énergie et des lignes d'alimentation. S'assurer que les dispositifs de contrôle des matériels sont accessibles et exploitables dans les situations critiques éventuelles. Vérifier que l'entretien est effectué.

O.3.1. Réseau d'observations hydrologiques

Vérifier le bon fonctionnement de ce réseau avant le début de chaque période de crues (appareils de mesure, appareils de télémessure et de télétransmission).

O.3.2. Auscultation des ouvrages

Vérifier le bon fonctionnement des appareils de mesures. Périodiquement, s'assurer que les valeurs mesurées sont exemptes d'erreurs, afin d'éviter de transmettre des données fausses.

O.3.3. Auscultation sismique

Si le réseau de mesures comporte un dispositif de télémessure et de télétransmission, vérifier périodiquement le bon fonctionnement des appareils. Voir O.2.7 ci-dessus.

O.3.4. Auscultation des appuis

Périodiquement, vérifier la position des points de référence installés pour suivre les déformations et les déplacements éventuels des appuis et du barrage. Si le réseau

O.2.3. Foundation Stability

Check periodically the permeability and structural integrity of foundation and abutments and compare obtained data with previous data and design parameters.

O.2.4. Deformation of Structures

Check periodically the deformation of foundation, abutments and structures and compare obtained data with previous data and those predetermined by design.

O.2.5. Deterioration of Materials

Check periodically on structural performance and integrity of project works, with special attention to deterioration of materials caused by aging.

O.2.6. Seepage and Uplift

Inspect all structures periodically for seepage emergence, amount and quality (clear or muddy water) and compare results with previous observations and with results of permeability computations of original design. Check on uplift pressure. Ensure that any sudden change in uplift pressure and quantity or quality of seepage, if not related to variation of reservoir level, is investigated immediately.

O.2.7. Response to Seismic Activity

If a monitoring system had been installed because of possible reservoir-induced seismicity, observation should continue for at least twenty years after first reservoir filling, even if no seismic activity has been detected. In case of old dams, check on necessity for seismic investigation and analysis by modern methods.

O.2.8. Mechanical and Electrical Equipment

Check periodically the availability and functioning of emergency power sources and supply lines. Make sure equipment controls are accessible and operable under possible emergency conditions. Check on preventive maintenance.

O.3.1. Hydrological Observation System

Check functioning of measuring, telemetering and telecommunication devices before the beginning of every flood season.

O.3.2. Structural Monitoring

Check proper functioning of monitoring devices and compare correctness of readings periodically to avoid relying on erroneous data.

O.3.3. Seismic Monitoring

If monitoring system is operated by remote control, check proper functioning of telemetering and telecommunication devices periodically. See O.2.7.

O.3.4. Abutment Behavior Monitoring

Check periodically the position of reference points established for monitoring of deformation and possible movement of abutment and dam. If monitoring system

d'observations comporte un dispositif de télémessure et de télétransmission, vérifier périodiquement le bon fonctionnement des appareils.

O.3.5. Contrôle de l'alluvionnement

Périodiquement, contrôler l'évolution de l'alluvionnement de la retenue, notamment au pied du barrage.

O.3.6. Surveillance de la fosse d'amortissement de l'évacuateur de crues

Périodiquement, vérifier l'évolution de la fosse d'amortissement (érosion, affouillement) et ses conséquences éventuelles sur la stabilité des ouvrages voisins.

O.4.1. Évacuation des crues et exploitation de l'évacuateur

Périodiquement, vérifier la compatibilité des consignes d'exploitation de la retenue, notamment celles relatives à la vidange et à la maîtrise des crues, avec les nouvelles conditions hydrologiques (modification du régime de crues, etc.). Avant le début de chaque saison de crues, vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des ouvrages d'évacuation, y compris les alimentations en énergie normale et de secours et les dispositifs de commande de secours. Voir O.1.2, O.1.3, O.1.4, O.1.5 et O.1.6 ci-dessus).

O.4.2. Stabilité des rives de la retenue

Périodiquement, examiner les grands talus qui pourraient devenir instables par suite du marnage de la retenue ou d'actions de la nature ou de l'homme.

O.4.3. Protection de l'environnement

Périodiquement, notamment en cas d'utilisation des eaux de la rivière pour l'alimentation des collectivités à l'aval, vérifier l'absence de zones de développement de maladies transmises par l'eau ou de pollution en général, ainsi que l'état de croissance de plantes aquatiques et les conséquences nuisibles éventuelles sur la flore et la faune.

O.4.4. Dispositif d'annonce des crues

Avant le début de chaque saison des crues, vérifier que le dispositif d'annonce des crues (méthodes, appareillage) est en bon état de fonctionnement et efficace.

O.4.5. Problèmes liés aux conditions hivernales

Avant le début de l'hiver, vérifier les dispositions prévues pour résoudre les problèmes spécifiques hivernaux.

O.5.1. Inspecteurs, équipes d'inspection

S'assurer que l'équipe d'inspection comprend des représentants du bureau de projet et de l'exploitant, ayant tous une bonne connaissance des caractéristiques particulières du barrage à inspecter. Vérifier les actions entreprises pour la formation périodique du personnel d'inspection courante et l'amélioration des connaissances des inspecteurs. Vérifier la possibilité d'avoir recours à des experts pour l'étude de problèmes spéciaux.

O.5.2. Programme d'inspection, éléments à contrôler

Vérifier le programme de surveillance (existence, importance, mise en œuvre). Périodiquement, examiner le programme et la liste des éléments à contrôler, pour s'assurer qu'ils restent adaptés aux nouvelles conditions et que le vieillissement du

is operated by remote control, check proper functioning of telemetering and telecommunication devices periodically.

O.3.5. Sedimentation Monitoring

Check periodically the evolution of reservoir sedimentation and the buildup of silt deposits near the dam.

O.3.6. Spillway Plungepool Monitoring

Check periodically erosion and scouring in the plungepool and its possible effect on the stability of adjacent structures.

O.4.1. Flood Discharge and Spillway Operation

Check periodically the compatibility of reservoir operating rules, especially drawdown and flood control procedures, with changing flood pattern and hydrologic conditions. Check proper functioning of all spillway and outlet works, including normal and emergency power supply system and emergency operating devices before the beginning of every flood season. See O.1.2, O.1.3, O.1.4, O.1.5 and O.1.6.

O.4.2. Reservoir Bank Stability

Examine periodically major slopes that could become unstable because of reservoir operation or action of nature or man.

O.4.3. Environmental Safety Aspects

Check periodically on possible development of foci of water-borne diseases and water pollution, especially if downstream communities depend on water supply from river, as well as on growth of water weeds and possible harmful affects to flora and fauna.

O.4.4. Flood Warning

Check adequacy of regular flood warning procedures and facilities before the beginning of every flood season.

O.4.5. Winter Problems

Check prior to the onset of winter on precautions to solve specific winter problems.

O.5.1. Inspectors and Inspection Teams

Ensure that inspection team includes representatives of design office as well as of operating unit or company, all familiar with the particulars of the dam to be inspected. Check periodic training of routine inspection personnel and updating of professional competence of inspectors. Check availability of expertise for investigation of special problems.

O.5.2. Inspection Schedule and Items of Inspection

Check existence, extent and performance of monitoring program. Periodically review inspection schedule and list of items to be inspected to ensure that they remain relevant under changed conditions, and that the increasing age of the dam

barrage est pris en compte. L'inspection doit porter également sur les équipements électriques et mécaniques. Vérifier qu'il existe un manuel d'exploitation et d'entretien, et que les responsables concernés le possèdent.

O.5.3. Méthodes d'inspection et inspections courantes

Périodiquement, vérifier les méthodes d'inspection et les inspections courantes pour voir, en particulier, s'il ne faut pas les mettre à jour, compte tenu de l'évolution des méthodes et des techniques. S'assurer que l'accès à l'ensemble des ouvrages et des organes est bien dégagé. Vérifier la bonne ventilation des espaces fermés à inspecter.

O.5.4. Dépouillement et analyse des résultats d'inspection

S'assurer que les lectures des appareils d'auscultation courante sont dépouillées immédiatement, que les données ainsi obtenues sont interprétées régulièrement et que les résultats sont archivés en vue de constituer des données de référence pour les inspections périodiques et pour l'évaluation de la sécurité du barrage. S'assurer que tout écart par rapport aux observations antérieures ou au comportement normal est porté immédiatement à l'attention des personnes et des services responsables de la sécurité du barrage. Étudier la nécessité d'une mise à jour des méthodes d'interprétation des données et d'évaluation de la sécurité, compte tenu des progrès techniques.

O.5.5. Transmission des résultats, rédaction et transmission des rapports

S'assurer que les résultats d'inspection sont régulièrement consignés dans des rapports. S'assurer que les résultats des observations et des inspections courantes sont immédiatement mis à la disposition des personnes et des services concernés et responsables de la sécurité du barrage.

O.5.6. Procédure de décision

Vérifier qu'il existe une procédure clairement établie pour la prise de décisions relatives à la sécurité. Étudier la nécessité d'une mise à jour après des modifications importantes des dispositions institutionnelles, opérationnelles ou administratives.

O.6.1. Enregistrement et archivage

Vérifier que les documents de projet sont toujours disponibles. Vérifier que les documents relatifs aux inspections, ainsi qu'aux événements qui auraient pu affecter la sécurité du barrage, sont complets, bien repérés et archivés.

O.6.2. Disponibilité et accessibilité des documents

S'assurer que les documents sont convenablement repérés, disponibles en permanence et facilement accessibles pour répondre aux questions relatives à la sécurité.

O.7.1. Classement des situations critiques

Vérifier périodiquement s'il est nécessaire d'adapter le classement des situations critiques aux modifications des conditions d'exploitation de l'ensemble du système (bassin versant, organisme, réseau d'énergie interconnecté, etc.), ainsi qu'aux modifications de l'environnement physique et social.

is duly taken into account. Ensure that inspection of mechanical and electrical equipment is included. Check existence, adequacy and distribution of comprehensive operation and maintenance manual.

O.5.3. Inspection Methods and Routines

Check periodically on inspection methods and routines and on necessity for their updating in accordance with evolution of procedures and techniques. Check for unrestricted access to all components of dam. Check for adequate ventilation of enclosed spaces to be inspected.

O.5.4. Processing and Evaluation of Results of Inspection

Ensure that routine observation instrument readings are processed immediately and resulting data interpreted regularly and filed for appraisal during periodic inspection and safety evaluation of dam. Ensure that any detected deviation from former observations or normal behavior is brought immediately to the attention of the persons and units responsible for the safety of the dam. Check the necessity for updating data interpretation and safety evaluation methods with respect to advancing technology.

O.5.5. Data Flow, Reports and Reporting

Ensure that inspection is regularly documented by formal reports. Ensure that results of routine observations and inspection become immediately available to persons and units concerned with, and responsible for, the safety of the dam.

O.5.6. Decision Making Process and Procedure

Check the existence of a clearly defined decision-making process and procedure regarding safety matters. Check necessity for updating after major institutional, operational or administrative changes.

O.6.1. Recording and Filing

Check availability of design documents. Check for proper and complete recording and orderly filing of documentation of inspection as well as of events that could have affected the safety of the dam.

O.6.2. Availability and Accessibility of Records

Ensure that records are identified, permanently available and easily accessible for safety surveillance purposes.

O.7.1. Emergency Classification

Check periodically on necessity for adapting emergency classification to changing operating conditions of overall system (drainage area, company, interconnected power system, etc.) as well as to alterations in physical and social environment.

O.7.2. Plan d'alerte dans les situations critiques

Vérifier que la documentation nécessaire est disponible : cartes des zones inondables, consignes d'évacuation de la population de ces zones, opérations de sauvetage, autres dispositions en cas de sinistre, catalogue des équipements, matériels et moyens de secours. Périodiquement, examiner le plan pour étudier l'opportunité d'une révision, compte tenu des nouvelles conditions d'exploitation de l'ensemble du système (bassin versant, réseau électrique interconnecté, etc.), des méthodes modernes d'exploitation et de contrôle, du matériel de secours disponible et des modifications survenues dans l'environnement physique et social. Périodiquement, vérifier la coordination des actions avec les tiers concernés (protection civile). S'assurer que le plan est mis à l'essai périodiquement. Vérifier que les consignes, dans les situations critiques, sont disponibles et facilement accessibles dans tous les unités et postes opérationnels.

O.7.3. Dispositif d'alerte

Périodiquement, vérifier le bon fonctionnement du dispositif d'alerte et d'évacuation; étudier la nécessité d'une mise à jour. Vérifier la sensibilisation du public et la coordination avec les tiers (protection civile, police, etc.).

O.7.4. Système de communication de secours

Périodiquement, vérifier le bon état de fonctionnement du système de communication de secours. Étudier la nécessité d'une mise à jour ou d'une redondance.

O.7.5. Procédure de décision en cas d'alerte

Vérifier l'existence de consignes claires relatives aux modalités de prise de décisions dans les situations critiques. S'assurer que tous les unités et postes opérationnels de l'organisation sont au courant de ces consignes. Périodiquement, et après chaque modification d'ordre institutionnel, opérationnel ou administratif, étudier l'opportunité d'une mise à jour.

O.7.6. Formation spéciale pour les opérations d'alerte

Périodiquement, vérifier qu'il existe, en nombre suffisant, à tous les niveaux, un personnel préparé aux opérations d'alerte dans les situations critiques. Périodiquement, examiner si la mise à jour du programme de formation ou l'organisation de stages de perfectionnement sont nécessaires.

O.8.1. Stabilité des ouvrages (rivières internationales)

Vérifier les règlements relatifs à la surveillance et à l'inspection, ainsi que les méthodes utilisées par les organismes riverains à l'amont, en ce qui concerne leur compatibilité avec les critères de sécurité appliqués au barrage.

O.8.2. Maîtrise des crues et évacuation des débits (rivières internationales)

Périodiquement, s'assurer de la compatibilité des différentes méthodes, procédures, pratiques, etc., utilisées dans les pays riverains, dans les domaines suivants :

- exploitation des retenues lors des vidanges et en période de crues;
- observations hydrographiques et dispositifs d'annonce des crues;
- limitation (maximale et minimale) des volumes évacués, compte tenu des contraintes résultant de l'utilisation des eaux et d'autres activités liées à la rivière.

O.7.2. Emergency Operations Plan

Check availability of inundation maps, instructions for evacuation of flood-threatened areas, rescue operations and other emergency provisions, as well as having a catalog of available equipment, material and support for emergency relief. Check emergency operations plan periodically for modifications necessary due to changing operating conditions of overall system (drainage area, interconnected power system, etc.), to advanced operating and control procedures, to availability of material resources of emergency relief, as well as to alterations in physical and social environment. Check periodically the coordination with other parties involved (civil defense). Check periodic testing of emergency plan. Check availability of, and easy access to, emergency instructions at all operating units and stations.

O.7.3. Emergency Warning System

Check warning system and evacuation schemes periodically for proper functioning, as well as for the need for updating. Check public awareness and coordination with third parties (civil defense, police, etc.).

O.7.4. Emergency Communication Scheme

Check emergency communication scheme periodically for proper functioning, as well as for the need for updating and redundancy.

O.7.5. Emergency Decision Making Process and Procedure

Check for existence of clearly defined process and procedures of decision-making under emergency conditions and make sure that all operating units and stations within the system are well aware of them. Check periodically and always after institutional, operational or administrative changes, on necessity for updating.

O.7.6. Training for Emergency Operations

Check periodically on availability of sufficient number of staff of all levels trained in emergency operation. Check periodically on necessity for updating of training program and procedure as well as on retraining of staff.

O.8.1. Structural Safety (Boundary Rivers)

Check on safety surveillance and inspection regulations as well as methods in use in upstream riparian entities regarding compatibility with criteria or structural safety of dam concerned.

O.8.2. Flood and Discharge Control (Boundary Rivers)

Check periodically on compatibility with each other of the following in the riparian entities :

- drawdown and flood control operation of reservoirs;
- hydrographic observation and flood warning schemes;
- limiting of maximum and minimum discharge volumes, due to requirements resulting from use of water and river-bound activities.

O.8.3. Exploitation et gestion bilatérales du bassin versant (rivières internationales)

Périodiquement, et en liaison avec les représentants des autres organismes riverains, étudier la nécessité d'améliorer les règlements et les critères de sécurité, compte tenu de l'exploitation en commun du bassin versant; une attention particulière sera portée aux problèmes suivants : modification des conditions d'écoulement, exploitation dans les situations critiques, modalités de prise de décision dans les situations critiques.

O.8.4. Alerte dans les situations critiques (rivières internationales)

Périodiquement, et en liaison avec les autres organismes riverains, vérifier le bon fonctionnement et la fiabilité des dispositifs d'alerte établis dans les différents organismes riverains pouvant être concernés par des sinistres.

O.9.1. Critères de classement (niveaux de risques des barrages existants)

Si le bassin versant s'étend sur plusieurs juridictions, ou lorsqu'un nouveau barrage est implanté, vérifier l'homogénéité des critères de classement.

O.9.2. Souplesse du classement, modifications du classement (niveaux de risques des barrages existants)

Périodiquement, vérifier la nécessité d'une révision du classement des barrages, compte tenu notamment des modifications intervenues dans les milieux physique et socio-économique.

O.10.1. Enquête et analyse des incidents et des accidents

Vérifier que l'enquête et l'étude des causes et de l'importance des incidents ou accidents sont effectuées à fond.

O.10.2. Rétablissement des conditions de sécurité d'exploitation

S'assurer que tous les éléments endommagés du barrage sont remis en état de fonctionnement sûr au plus vite.

O.10.3. Prévention des accidents

S'assurer que les causes et les conséquences des incidents ou des accidents sont analysées, avec l'objectif principal de réduire au minimum la répétition de ceux-ci.

O.11.1. Estimation du coût

Vérifier périodiquement les coûts relatifs à la surveillance de la sécurité. Vérifier qu'il existe des arguments bien fondés pour justifier le coût et la nécessité du programme de surveillance proposé.

O.11.2. Financement

Périodiquement, vérifier que les fonds nécessaires au financement du programme du contrôle de sécurité sont disponibles et que la source de ces fonds est sûre.

O.8.3. Joint Operation and Management of Drainage Area (Boundary Rivers)

Check periodically and jointly with representatives of the other riparian entities, on the necessity for upgrading safety requirements and regulations resulting from, or introduced by, joint operation of drainage area, with special attention to changing runoff conditions, emergency operation and emergency decision-making process and procedures.

O.8.4. Emergency Warning (Boundary Rivers)

Check jointly and periodically the proper functioning and reliability of emergency warning schemes established in the various riparian entities that may be affected by an emergency situation.

O.9.1. Classification Criteria (Hazard Rating of Existing Dams)

Check uniformity of classification criteria, if drainage area extends over more than one jurisdiction, or when new dams are added to the system.

O.9.2. Flexibility of Classification and Classification Changes (Hazard Rating of Existing Dams)

Check periodically on necessity for reviewing classification of dam, with special attention to changing physical and socio-economic environment.

O.10.1. Investigation and Evaluation of Incidents and Accidents

Check thoroughness of investigation into, and evaluation of, causes and extent of incident or accident.

O.10.2. Restoration of Safe Operating Conditions

Ensure that all damaged components of the dam are restored to full functioning and safe operating conditions as fast as possible.

O.10.3. Forestalling Accidents

Ensure that causes and consequences of incidents or accidents are analyzed with the principal objective of minimizing recurrence.

O.11.1. Estimating

Check periodically on cost estimates for safety surveillance. Check preparedness to justify estimated cost and rationale for proposed safety surveillance program.

O.11.2. Funding

Check periodically on availability of funds and on reliability of sources of financing for safety surveillance program.

A. ABANDON

A.1.1. Méthodes et critères de projet (étude hydrologique)

Vérifier que les contraintes liées à l'abandon ont été prises en considération.

A.1.2. Caractéristiques hydrologiques, régime des crues, conditions d'écoulement, transports solides

Vérifier la compatibilité entre, d'une part, les conditions hydrauliques du site du barrage abandonné et des ouvrages restants et, d'autre part, les conditions hydrologiques probables après mise hors service du barrage. Vérifier les conséquences de l'abandon sur la sécurité et sur l'exploitation des barrages et retenues à l'aval, en étudiant plus particulièrement le passage des crues et l'érosion des sédiments déposés dans la retenue vide.

A.2.1. Méthodes et critères de projet (barrage et ouvrages annexes)

Vérifier que les contraintes liées à l'abandon ont été prises en considération.

A.2.2. Cas de charge, coefficients de sécurité

Vérifier les charges agissant sur les ouvrages restants après l'abandon du barrage et les comparer à celles prises en compte dans le projet. Si nécessaire, vérifier la stabilité des ouvrages restants.

A.2.3. Stabilité de la fondation

Avant de décider du maintien ou de la démolition du barrage, en totalité ou en partie, vérifier la stabilité de la fondation et des appuis.

A.2.4. Déformations des ouvrages

Vérifier les déformations des ouvrages restants sous l'action des charges agissant après l'abandon du barrage, et les comparer aux valeurs admissibles déterminées lors du projet.

A.2.5. Détérioration des matériaux

Examiner si la détérioration, actuelle ou future, des matériaux ou la perte de stabilité des ouvrages sont sources de danger pour la vie et les biens. Dans l'affirmative, déterminer les mesures préventives nécessaires.

A.3.2. Auscultation des ouvrages

S'assurer de la poursuite de la surveillance des ouvrages jusqu'à leur démolition totale.

A.4.3. Protection de l'environnement

Vérifier les effets de l'abandon du barrage et de la retenue sur les points suivants : transports solides — prolifération des vecteurs de maladies — stabilité des rives de la retenue, etc.

A.4.4. Dispositif d'annonce des crues

Vérifier les conséquences, pour l'exploitation des retenues à l'aval, du retrait du barrage du dispositif général d'annonce des crues.

A.5.1. Inspecteurs, équipes d'inspection

Avant l'autorisation de mise hors service du barrage, vérifier quel organisme reste responsable de l'inspection et de l'entretien des ouvrages restants.

A. ABANDONMENT

A.1.1. Design methods and Criteria (Hydrologic)

Ensure requirements for abandonment have been taken into consideration.

A.1.2. Hydrological Characteristics, Flood Patterns, Runoff Conditions and Transport of Bed Load and/or Suspended Load

Check compatibility of hydraulic behavior of abandoned dam site and remaining structures with hydrological conditions to be expected after the dam has been taken out of service. Check consequences of abandonment on safety and operation of downstream dams and reservoirs with special attention to floods and erosion of bed load accumulated in the drained reservoir.

A.2.1. Design Methods and Criteria (Structural)

Ensure requirements for abandonment have been taken into consideration.

A.2.2. Load Conditions and Safety Factors

Check loads to be expected on remaining structures after abandonment of dam and compare with loads of original design. If necessary, check stability of remaining structures.

A.2.3. Foundation Stability

Check stability and integrity of foundation and abutments before deciding about preservation or demolition of the dam or part of it.

A.2.4. Deformation of Structures

Check deformation of remaining structures under loads acting after abandonment of dam and compare results with allowable values of original design.

A.2.5. Deterioration of Materials

Investigate if actual or future deterioration of materials or loss of structural integrity may endanger life and/or property. If so, determine appropriate precautionary measures.

A.3.2. Structural Monitoring

Check continuity of structural monitoring of remaining structures until their complete demolition.

A.4.3. Environmental Safety Aspects

Check impact and consequences of abandoning dam and reservoir on such items as sediment load, proliferation of disease vectors, reservoir bank stability, etc.

A.4.4. Flood Warning

Check on consequences of elimination of dam from overall flood warning system on operation of downstream reservoirs.

A.5.1. Inspectors and Inspection Teams

Check responsibility for safety inspection and maintenance of remaining structures before approving the deactivation of a dam.

A.5.3. Méthodes d'inspection, inspections courantes

Vérifier la nécessité d'inspecter les ouvrages ou les installations restants, après l'abandon du barrage.

A.6.2. Disponibilité et accessibilité des documents

Vérifier que les documents relatifs au projet, à la construction et à l'exploitation restent disponibles après l'abandon du barrage, dans le cas où une partie du barrage reste en place.

A.7.3. Dispositif d'alerte

Étudier les conséquences du retrait du barrage du système général d'alerte sur les dispositifs d'alerte et sur l'exploitation des barrages aval, en période critique.

A.8.2. Maîtrise des crues et évacuation des débits (rivières internationales)

Examiner les conséquences éventuelles de l'abandon du barrage sur les méthodes de maîtrise des crues dans les retenues aval.

A.8.3. Exploitation et gestion bilatérales du bassin versant (rivières internationales)

Étudier les conséquences éventuelles de l'abandon du barrage sur l'exploitation bilatérale du bassin versant, notamment dans les situations critiques.

A.11.2. Financement

Avant l'autorisation d'abandon du barrage, vérifier quel organisme reste responsable du financement des opérations de contrôle de la sécurité des ouvrages restants.

A.5.3. Inspection Methods and Routines

Check necessity for inspection of remaining structures or facilities after abandonment of dam.

A.6.2. Availability and Accessibility of Records

Check availability of design, construction and operating records, after abandonment of dam, in case part of structure remains in place.

A.7.3. Emergency Plan and Procedures

Examine consequences of elimination of dam from overall emergency warning system on established warning procedures and emergency operating scheme of downstream dams.

A.8.2. Flood and Discharge Control (Boundary Rivers)

Check possible consequences of abandonment of dam on flood control procedures of downstream reservoirs.

A.8.3. Joint Operation and Management of Drainage Area (Boundary Rivers)

Check possible consequences of abandonment of dam on joint operation of drainage area, with special attention to emergency-related aspects.

A.11.2. Funding

Check on financial responsibility for safety of remaining structures before approving the deactivation of a dam.

Imprimerie de Montlignon
61400 La Chapelle Montlignon
Dépôt légal : février 1987
N° 13175
ISSN 0534-8293
Couverture : TILT



*INTERNATIONAL COMMISSION
ON LARGE DAMS*

151, BOULEVARD HAUSSMANN - 75008 PARIS - FRANCE
TELEPHONE : 47 64 68 24 - 47 64 67 33 - TELEX 641320 F

COMMISSION INTERNATIONALE
DES GRANDS BARRAGES

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées en ligne



Computerized Archives on line

***The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004***



**International Commission on Large Dams
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008**
<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>