

***DAM PROJECTS AND
ENVIRONMENTAL SUCCESS***

**UNE REUSSITE
LES BARRAGES ET L'ÉCOLOGIE**



***DAM PROJECTS AND
ENVIRONMENTAL SUCCESS***

**UNE REUSSITE
LES BARRAGES ET L'ÉCOLOGIE**



*Report prepared by the Committee on the Environment
and approved by the 48th Executive Meeting
Rome - October 1980*

Rapport préparé par le Comité de l'Environnement
et approuvé par la 48^e Réunion Exécutive
Rome - octobre 1980

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.

**TABLE
OF CONTENTS**

**TABLE
DES MATIÈRES**

| | | |
|--|----|---|
| <i>FOREWORD</i> | 5 | AVANT-PROPOS |
| <i>INTRODUCTION</i> | 7 | INTRODUCTION |
| <i>PLANNING THE PROJECT</i> | 8 | CONCEPTION DU PROJET |
| <i>ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND REMEDIES</i> | 11 | LES PROBLÈMES D'ENVIRONNE- MENT ET LEURS SOLUTIONS |
| <i>Passage Past the Dam</i> | 11 | Franchissement du barrage |
| <i>Sediments</i> | 11 | Sédiments |
| <i>Water Releases</i> | 13 | Lâchures |
| <i>Animals</i> | 15 | Animaux |
| <i>Climate</i> | 15 | Climat |
| <i>Water Temperature</i> | 15 | Température de l'eau |
| <i>Gases</i> | 15 | Gaz |
| <i>Salts</i> | 17 | Sels |
| <i>Eutrophication</i> | 17 | Eutrophisation |
| <i>Flora</i> | 19 | Flore |
| <i>Fauna</i> | 19 | Faune |
| <i>Groundwater</i> | 19 | Nappes souterraines |
| <i>Landslides</i> | 21 | Glissements de terrain |
| <i>Earthquakes</i> | 21 | Tremblements de terre |
| <i>Population Movements</i> | 21 | Déplacements de population |
| <i>Agriculture</i> | 23 | Agriculture |
| <i>Archaeology</i> | 23 | Archéologie |
| <i>HEALTH PROBLEMS IN TROPICAL AND SUB-TROPICAL AREAS</i> | 23 | LES PROBLÈMES DE SANTÉ EN ZONES TROPICALES ET SUBTRO- PICALES |
| <i>BENEFICIAL SIDE EFFECTS</i> | 25 | EFFETS SECONDAIRES BÉNÉFIQUES |
| <i>LATER MONITORING AND CONTROL</i> | 27 | SURVEILLANCE ET CONTRÔLE UL- TÉRIEURS |
| <i>THE ENVIRONMENT AND MANAGE- MENT OF WATER RESOURCES</i> | 27 | L'ENVIRONNEMENT ET LA GES- TION DES RESSOURCES EN EAU |
| <i>BIBLIOGRAPHY</i> | 29 | BIBLIOGRAPHIE |

FOREWORD

ICOLD is fully aware of the importance and sensitivity of environmental issues and established one of its technical committee to deal specifically with this subject. This Committee published its report in 1980 and this is already being used by practising dam engineers to help ensure their projects are environmentally advantageous (Bulletin 35). However, it was realised additionally that the material within such a technical report may not be readily assimilated by the general public interested in a particular dam project and its impact on their environment. ICOLD therefore asked its Committee on the Environment to produce a further paper which could be easily understood by interested non-technical parties. This volume is the resulting paper for the general public.

**MEMBERS OF THE COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT
WERE AS FOLLOWS :
LA COMPOSITION DU COMITÉ DE L'ENVIRONNEMENT
ÉTAIT LA SUIVANTE :**

| | | |
|------------------------|-------------------------------------|--|
| E.T. HAWS | (Great Britain/ Grande-Bretagne) | Chairman/Président |
| R. FENZ | (Austria/Autriche) | |
| J.A. BANDEIRA DE MELLO | (Brazil/Brésil) | |
| M. KUUSKOSKI | (Finland/Finlande) | |
| C. GEMAEHLING | (France) | |
| S. AKI | (Japan/Japon) | |
| H. ENGEL | (Netherlands/Pays-Bas) | |
| E.R. PARADINAS | (Spain/Espagne) | |
| V. WANHAINEN | (Sweden/Suède) | |
| N. SCHNITTER | (Switzerland/Suisse) | |
| R.D. HARZA | (USA/Etats-Unis) | |
| L.P. MIKHAILOV | (USSR/URSS) | |
| M. MRVOS | (Yugoslavia/Yougoslavie) | |
| A. GONCALVES | (Portugal) | Co-opted specialist/ spécialiste coopté |

AVANT-PROPOS

Pleinement consciente de l'importance des problèmes d'environnement et de la sensibilité du public à leur sujet, la CIGB a créé un comité technique pour traiter spécialement de ce sujet. Ce Comité a publié un rapport en 1980 qui constitue depuis un outil remarquable pour les ingénieurs chargés des projets de barrages et qui s'intéressent aux effets bénéfiques de ceux-ci sur l'environnement (Bulletin 35). On s'est cependant rendu compte ultérieurement qu'un tel rapport technique n'était pas facilement assimilable par le grand public intéressé par les projets de barrages et leur impact sur l'environnement. Le Comité de l'Environnement a donc été prié d'établir un autre rapport destiné plus spécialement à un public averti mais non technicien. Ce rapport fait l'objet de la présente brochure.

INTRODUCTION

Water is vital to the very existence of man, animals and plants. The colonisation by man of various regions of the Earth has always taken account of the supply of water, along with food, warmth and shelter. Now the world population has reached levels where, in many places, water availability is critical to further development and even to the continued thriving or survival of existing communities.

In addition, the shortage of energy is having an increasing impact and renewable resources such as water power are much in demand.

Water resources can be developed for domestic and industrial consumption, for irrigation and for hydro-electricity, and such projects very often involve construction of dams. Dams may also be used for other water control projects with aims such as conservation, flood alleviation, coastal reclamation or protection, navigation and recreational facilities. The great majority of such dam projects are an obvious success.

Increasing sensitivity to environmental effects is an important development of the twentieth century. Dam engineers are very aware of the importance of environmental requirements and give full and early consideration to possible difficulties of this type. Dam construction causes environmental changes, but there are both beneficial and detrimental effects. In general, satisfactory and economic solutions are developed to deal with any significant detrimental effects, but on occasion, a project may be abandoned if no such solutions can be found by the responsible engineers.

A significant problem arises from the difficulty of predicting the level of some

INTRODUCTION

L'eau est indispensable à toute vie, qu'il s'agisse de l'homme, des animaux ou des plantes. La colonisation par l'homme des diverses régions du globe a toujours pris en compte l'approvisionnement en eau tout autant que la nourriture, la température et les moyens d'abri. Actuellement, la population mondiale a atteint des niveaux tels qu'en bien des points la quantité d'eau disponible conditionne le développement et même la continuité du bien-être actuel ou la survie des communautés existantes.

En outre, la pénurie d'énergie aura un impact croissant et les ressources renouvelables telles que l'énergie hydraulique feront l'objet d'une demande toujours plus grande.

On peut utiliser les ressources en eau en vue de la consommation domestique, de l'irrigation et de la production d'électricité et les projets de ce genre impliquent très souvent la construction de barrages. On peut aussi utiliser les barrages pour contrôler les débits par exemple en vue de la protection des sols, la réduction des crues, la récupération de zones côtières ou leur protection, la navigation et la création de zones de loisirs. Dans la plupart des cas, de tels projets d'aménagement obtiennent un succès évident.

La sensibilité croissante de l'opinion publique aux atteintes à l'environnement constitue un fait marquant du XX^e siècle. Les ingénieurs spécialistes de barrages sont parfaitement conscients de l'importance des exigences pour la protection de l'environnement ; aussi consacrent-ils très tôt leur attention sur les difficultés qui peuvent surgir dans ce domaine. La construction de barrages apporte des modifications à l'environnement mais les effets peuvent être à la fois bénéfiques et néfastes. En général, on s'efforce de trouver des solutions satisfaisantes et économiques pour éviter les effets néfastes, mais, lorsque les circonstances l'exigent, on peut renoncer à un projet si les ingénieurs responsables ne peuvent trouver une solution acceptable.

Le véritable problème provient de la difficulté à prévoir la portée de certains

environmental impacts, although their possible importance is apparent. On account of this, some mistakes have been made in the past. These have generally come about by one of two causes. Either there has been underestimation of detrimental impacts (usually by the Owner or his advisers) or else there has been overestimation (usually by public reaction, perhaps arising from a lack of full understanding). The latter may have led to abandonment of some projects of considerable overall benefit to the population, where a fuller study might have produced solutions which could have been shown to be satisfactory to all interested parties. The formation of the ICOLD Committee on the Environment was aimed at minimising the chance of errors from either cause.

This paper is intended to illustrate the concern and knowledge of dam engineers related to environmental matters.

It describes procedures commonly adopted by dam engineers throughout the world to ensure the environmental safety of their projects. It enumerates the majority of known aspects of possible difficulty, with established solutions which have been successful in practice.

However, a short paper such as this cannot be comprehensive and those seeking information in depth have a wealth of literature to choose from, the details of which can be obtained from leading libraries or from ICOLD. A limited bibliography is also included at the end of this paper.

PLANNING THE PROJECT

The conception of a dam project usually originates with its intended owner or operator, though they may act through consultants or an externally funded study, which may be arranged internationally. The owner generally has economic criteria which must be met for the main aims of the project if it is to proceed. The feasibility

effets sur l'environnement bien que leur importance possible soit manifeste. C'est l'une des raisons pour lesquelles on a commis des erreurs dans le passé. Ces erreurs ont généralement été causées : soit par une sous-estimation par le maître d'ouvrage ou ses conseillers des effets néfastes, soit par une surestimation de ces effets par le public, (peut-être par suite d'un manque de compréhension réciproque). Il est possible que dans ce dernier cas on ait été conduit à abandonner certains projets d'un intérêt global considérable pour la population, là où une étude plus poussée aurait pu fournir des solutions qui auraient pu se révéler satisfaisantes pour tous les intéressés. La création du Comité de l'Environnement à l'intérieur de la CIGB visait à réduire le risque d'erreurs dû à l'une de ces deux causes.

Cette note vise à mettre en lumière les préoccupations et le savoir des ingénieurs de barrages en matière d'environnement.

Elle décrit les procédés communément adoptés un peu partout dans le monde par les ingénieurs de barrages pour assurer dans leurs aménagements la protection de l'environnement. Elle énumère la plupart des aspects connus des difficultés possibles, en les accompagnant des solutions adoptées qui ont donné satisfaction dans la pratique.

Cependant, un court exposé comme celui-ci ne peut être à la fois détaillé et complet ; ceux qui recherchent une documentation approfondie ont, pour faire leur choix, une riche littérature sur laquelle on peut obtenir des précisions auprès des principales bibliothèques ou auprès de la CIGB. Une bibliographie sommaire est indiquée in fine.

CONCEPTION DU PROJET

L'idée d'un projet de barrage vient habituellement du futur maître d'ouvrage ou du futur exploitant bien que ceux-ci puissent faire appel à des ingénieurs conseils ou que l'étude soit financée par des fonds extérieurs à l'échelle internationale. Le maître d'ouvrage a généralement des critères économiques auxquels doivent

study assesses the problems and gives an economic analysis for a range of feasible solutions. The study should take account of dealing with any potential environmental problems as, otherwise, the economic analysis is unrealistic. To assist the engineer at the feasibility stage and later, ICOLD has developed a matrix which acts as a checklist of all significant recognised environmental effects and allows interactions and possible solutions to be set out clearly, thus helping in their assessment.

In many countries, a dam project is subject to independent licensing procedures. These would normally be under the control of a Government department, separate from the owner and, in some countries, a Parliamentary Bill may have to be promoted. It is at this stage that independent experts and the affected public may comment on environmental aspects, among others, through special meetings, panels of enquiry and the communications media. It is at this stage, too, that the Owner should be able to present his feasibility study or separate environmental impact study and in some countries, the latter is required by law. Such studies should satisfy all concerned that adequate measures will be taken to deal satisfactorily with any possible environmental difficulties.

Licences granted to the Owner after the enquiry or other licensing procedure will usually specify the environmental safeguards required and be backed by a power of enforcement.

During the construction, commissioning and operation of the project, the engineers and other specialists will be monitoring environmental factors and comparing performance with prediction. Flexibility is necessary to deal with any variation from prediction and, in this aspect, the ICOLD matrix is again of assistance in pointing out interactions. Reporting back to the independent licensing authority, or moni-

répondre les principaux buts du projet pour que celui-ci puisse être poursuivi. L'étude de faisabilité évalue les problèmes techniques et fournit une analyse économique pour un ensemble de solutions réalisables. L'étude doit prendre en considération tout problème d'environnement pouvant éventuellement se poser, faute de quoi l'analyse économique serait irréaliste. Pour aider l'ingénieur à ce stade et aussi ultérieurement, la CIGB a établi une sorte de « matrice » qui joue le rôle d'aide-mémoire en énumérant tous les effets significatifs connus sur l'environnement, ce qui permet d'évaluer les interactions et les solutions possibles.

Dans de nombreux pays, un projet de barrage est soumis à une procédure d'autorisation spéciale. Celle-ci est normalement sous le contrôle d'un ministère, distinct du maître d'ouvrage, et dans certains pays, il est nécessaire de promulguer une loi. C'est à ce stade que des experts indépendants et le public concerné ont la possibilité de faire des observations, notamment sur les aspects relatifs à l'environnement lors de réunions spéciales, par les commissions d'enquête et par la presse. C'est à ce stade aussi que le maître d'ouvrage doit pouvoir présenter son étude de faisabilité ou une étude particulière d'impact ; dans certains pays cette dernière est exigée par la loi. De telles études doivent assurer toutes les personnes en cause que des mesures adéquates seront prises pour traiter de manière satisfaisante toutes les difficultés possibles concernant l'environnement.

Les autorisations accordées au maître d'ouvrage après enquête ou autres procédures précisent généralement les mesures de protection de l'environnement exigées et sont sanctionnées par une décision réglementaire.

Durant la construction, la mise en service et l'exploitation de l'aménagement, les ingénieurs et autres spécialistes surveilleront les effets sur l'environnement et compareront les résultats aux prévisions. Il est nécessaire de faire preuve d'une certaine souplesse quand on trouve des écarts par rapport aux prévisions et c'est alors qu'est utile la matrice de la CIGB pour aider à nouveau à mettre en lumière

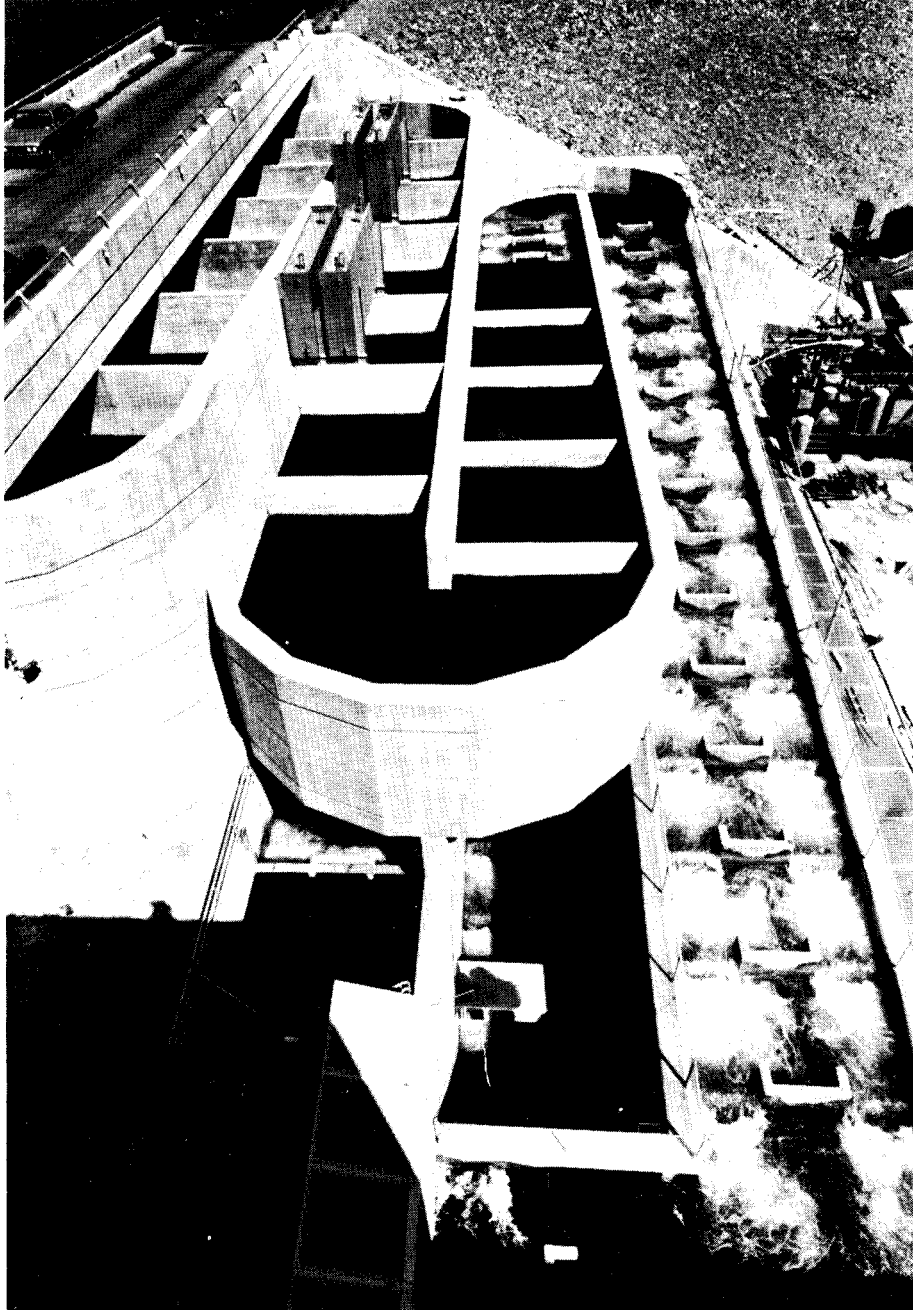


Photo 1

Fish ladders, generating stations and dams can often be great tourist attractions in themselves. Priest Rapids, USA.

Echelles à poissons, centrales électriques et barrages peuvent souvent constituer d'importants attraits touristiques. Rapides de Priest, Etats-Unis.

toring by it, will probably be recognised procedure.

For a dam project planned, commissioned and operated generally along these administrative lines, the prospects of an environmental success should be maximised.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND REMEDIES

Passage Past the Dam

A dam is an obstacle to the passage of flotsam, logs, ice, fish and shipping. This can be overcome by the provision of chutes and/or rakes for floating debris; fish ladders or lifts; and locks (see photograph 1).

Sediments

Sediment and bed load is normally deposited in a reservoir instead of continuing downstream. Water discharged at the dam with no such load is « hungry » and river training works may be built downstream to prevent or control erosion of banks and river bed. Silt previously deposited on arable land may have to be replaced by fertiliser and this could have some advantages if applied with care. Under certain hydrological conditions, many of these effects can be partially overcome by passing silt-laden water through a low level spillway or sluice at the start of a flood and closing the gates to impound the cleaner flows later in the flood. This latter procedure could also be advantageous related to suspended nutrients which may be of importance to downstream fish life (see photograph 2). The problem of sediment accumulation in a reservoir is often alleviated by erosion control measures in the upstream catchment, such as reafforestation and soil conservation (see photograph 3).

les interactions. La procédure normale consisterait à en référer à l'autorité responsable qui a donné l'autorisation.

Pour un barrage projeté, mis en service et exploité conformément à ces exigences administratives, la perspective d'une réussite pour l'environnement devrait être assurée.

LES PROBLÈMES D'ENVIRONNEMENT ET LEURS SOLUTIONS

Franchissement du barrage

Un barrage constitue un obstacle au passage des corps flottants, des troncs d'arbres, des glaces, des poissons, des bateaux. On peut surmonter cette difficulté par l'adjonction d'évacuateurs et (ou) de dégrilleurs pour les corps flottants, d'échelles ou ascenseurs à poissons et d'écluses (voir photo 1).

Sédiments

Les sédiments et le débit solide sont normalement déposés dans la retenue au lieu de continuer leur course vers l'aval. L'eau évacuée par le barrage sans ce débit solide est trop pure et il peut être nécessaire de réaliser, en aval, des ouvrages de régularisation du cours d'eau pour empêcher ou contrôler l'érosion des rives et du lit du fleuve. On peut aussi compenser par des engrais le limon qui se déposait antérieurement sur les terres arables, ce qui peut présenter quelques avantages si cet apport est fait avec soin. Dans certaines conditions hydrologiques, on peut en partie surmonter un grand nombre de ces effets en faisant passer l'eau chargée de limon, au début d'une crue, à travers un évacuateur de fond ou des pertuis de chasse et en fermant, ensuite, les vannes pour retenir les eaux plus claires qui s'écoulent ultérieurement au cours de la crue. Ce dernier procédé pourrait également offrir certains avantages si on considère les substances nutritives en suspension qui peuvent avoir une importance pour la vie des poissons en aval (voir photo 2). On réduit souvent les difficultés causées par l'accumulation des sédiments dans une retenue par des



Photo 2

Barrages like those on the Indus River in Pakistan are operated to control, as much as possible, the movement and deposition of silt.

Des barrages comme ceux de l'Indus au Pakistan peuvent être exploités pour maîtriser, dans la mesure du possible, le mouvement et le dépôt des sédiments.



Photo 3

Local inhabitants can get employment in different kinds of work, for example, soil conservation. Grundfors power project, Sweden.

Les habitants de la région peuvent trouver des emplois dans différentes activités, comme par exemple la protection des sols. Aménagement de Grundfors, Suède.

Measurement, prediction and control of sedimentation in reservoirs is under study by a multi-national technical committee of ICOLD. The committee's report will provide guidance for dam engineers in solving sedimentation problems.

Water Releases

Generally, a large reservoir serves as a settling basin and the cloudiness or turbidity of water released to the river downstream is reduced. However, there are cases where a large quantity of fine particles of low settling velocity is suspended in the inflowing water at times of high run off. Retention in the reservoir then results in longer term persistence of turbidity in water released to the river downstream. Such a condition can create problems with recreation, fisheries and water use as well as marring river side amenities.

As the turbid water is often retained within a reservoir as a discreet horizontal layer, an intake with selective outlet levels is effective for the discharge of cleaner water (see photograph 4).

Minor floods along a waterway can be important, especially to downstream fish life, and these can be continued by special releases of compensation water through the dam. Larger releases may be required for periodic scouring of river or estuary banks or bars where such features develop because of the dam's regulating effect on large natural floods.

Dried river beds below dams are unsightly and detrimental to fishing. In many cases, agreed compensation water releases through the dam avoid this problem.

mesures permettant de maîtriser l'érosion du bassin versant amont, comme le reboisement et la protection des sols (voir photo 3).

Un comité technique multi-national de la CIGB, recherche les méthodes permettant de mesurer, prévoir et contrôler la sédimentation dans les retenues. Le rapport de ce comité servira de guide aux ingénieurs de barrages pour résoudre leurs problèmes de sédimentation.

Lâchures

Une retenue importante fait en général fonction de bassin de décantation de sorte que la teneur en matériaux solides ou la turbidité de l'eau libérée à l'aval se trouve réduite. Il existe cependant de rares cas où une grande quantité de fines particules à faible vitesse de décantation reste en suspension dans l'eau affluente durant les périodes de fortes eaux. La rétention de ces particules dans la retenue a alors pour résultat la persistance d'une certaine turbidité dans l'eau libérée à l'aval. Une telle situation peut créer des problèmes au niveau des loisirs, des stations piscicoles, des utilisateurs divers, ou apporter des troubles à toutes les installations riveraines.

Comme l'eau turbide qui se trouve dans une retenue se présente souvent sous l'aspect d'une couche horizontale discontinue, il est utile d'installer des prises d'eau à des niveaux différents pour évacuer de l'eau plus propre (voir photo 4).

De petites crues tout au long d'une rivière peuvent avoir de l'importance, surtout pour la vie des poissons en aval ; on peut les maintenir grâce à des lâchures spéciales. On peut avoir besoin de faire des déversements encore plus importants pour le nettoyage périodique du lit du fleuve, des rives de l'estuaire ou des seuils qui se remblaient en raison de l'effet de régularisation des grandes crues naturelles par le barrage.

Les lits asséchés des cours d'eau en aval des barrages ne sont pas agréables à voir et portent préjudice à la pêche. Dans bien des cas un débit réservé permet d'éviter cet inconvénient.

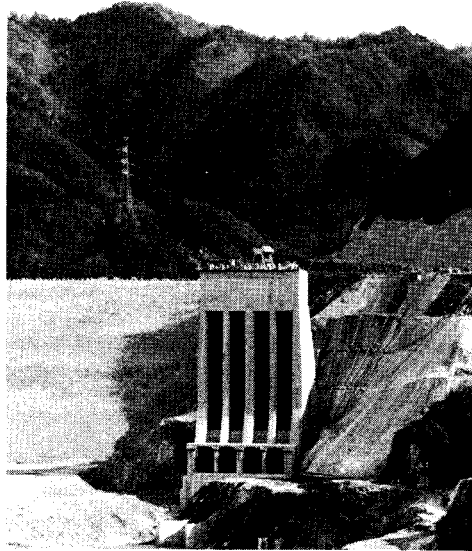


Photo 4

Withdrawal outlet tower, effective at selective levels throughout the reservoir depth. Iwaya Dam, Japan.

Tour avec orifices de prise situés judicieusement à divers niveaux, sur toute la hauteur du barrage. Barrage d'Iwaya, Japon.



Photo 5

Game capture and rescue. Kariba lake, Zimbabwe (photo by permission of Ministry of Information, Zimbabwe).

Capture et sauvetage du gibier. Lac Kariba, Zimbabwe (photo autorisée par le Ministère de l'Information du Zimbabwe).

Animals (see photograph 5)

Land animals trapped by rising reservoir waters can be rescued by « Noah's Ark » type operation. Water fowl and fish, on the other hand, benefit from new reservoirs and flourish, as may migrating geese and similar species taking advantage of a new stopover area (see photograph 6a and 6b). On the other hand, migrating routes of land animals may be impeded and alternatives may need to be provided with suitable

Climate

New microclimates are created by large, new reservoirs and these have a variety of effects, including possible fog formation and, also, somewhat modified or increased rainfall patterns. Predictions of these effects are possible based largely on air and water temperature.

Water Temperature

Temperature differentials occur in deep reservoirs with the upper levels being more variable and warmer in warm seasons. Offtakes at several levels permit selection of warmer or colder water. Similarly, dissolved oxygen content varies with depth and can become deficient at deeper levels. Again, offtakes at various levels permit selection and, in any case, released water recovers its normal oxygen content by contact with the atmosphere very quickly.

Temperature problems related to releases from cooling water systems for power stations and other industrial installations can often be alleviated by judicious use of reservoirs.

Gases

In rare instances, supersaturation of reservoir releases with nitrogen and oxygen is

Animaux (voir photo 5)

Les animaux terrestres pris au piège par l'élévation du niveau de la retenue peuvent être sauvés par une opération du type « Arche de Noë ». Le gibier d'eau et les poissons, par contre, tirent profit des nouvelles retenues et se développent ; de même, les oies migratrices et autres espèces semblables peuvent tirer profit d'une nouvelle zone d'étape (voir photos 6a et b). D'autre part, les retenues peuvent être un obstacle aux voies de migration des animaux terrestres et il peut être nécessaire de fournir à ceux-ci d'autres possibilités de passage en les incitant à les utiliser.

Climat

Les grandes retenues récentes ont créé de nouveaux microclimats qui entraînent nombre de conséquences comprenant la formation possible de brouillard, la modification ou l'augmentation des précipitations. Il est possible de prévoir ces conséquences qui sont en grande partie basées sur les températures de l'air et de l'eau.

Température de l'eau

Il se produit des différences de température dans les retenues profondes, les températures des niveaux supérieurs étant plus variables et plus élevées en saison chaude. Des prises d'eau à plusieurs niveaux permettent de sélectionner des eaux plus chaudes ou plus froides. De la même manière la quantité d'oxygène dissous varie avec la profondeur et peut devenir insuffisante à des niveaux profonds. Là aussi, des prises d'eau à divers niveaux permettent la sélection et, de toute façon, l'eau libérée retrouve très rapidement sa quantité normale d'oxygène au contact de l'atmosphère.

Grâce à un usage judicieux des retenues, on peut souvent réduire les problèmes de température liés au déversement des eaux de refroidissement des centrales et autres installations industrielles.

Gaz

Dans des cas peu fréquents, en aval des déversoirs de grande hauteur comportant



Photo 6a

Colonisation by water fowl. Santillana Reservoir, Spain.

Colonies constituées par le gibier d'eau et postes d'observation. Retenue de Santillana, Espagne.



Photo 6b

Hide provided for observation. Santillana Reservoir, Spain.

Colonies constituées par le gibier d'eau et postes d'observation. Retenue de Santillana, Espagne.

possible below high spillways with submerged buckets, particularly close to the water surface. This condition can be detrimental to fish life, but properly designed deflectors will alleviate the condition.

Salts

Dissolved salts entering a reservoir by intermittent « slugs » in an upstream river are diluted by the reservoir and the releases will normally be less concentrated. However, evaporation from such a reservoir in hot climates can cause gradual salt concentration. These effects can be modelled mathematically for prediction purposes.

Eutrophication (*)

Eutrophication can develop, particularly in new reservoirs. An excess of nutrients produces a bloom of plankton, algae and weed growth. These growths die and, when rotting on the bottom, use up all available oxygen at depth. Sulphuretted hydrogen is formed and the water is unfit for domestic use. In the river stretch immediately downstream, fish biota may be threatened. The first remedy is the thorough clearance of new reservoir areas prior to impounding. Trees removed from the reservoir bed can often be used for timber or fuel. Other

(*) The condition known as « eutrophication » (from the Greek « trephein » to nourish) involves the water and bottom sediments becoming enriched with nutrients to a point where the water quality deteriorates : the nutrient content of the lake rises to a dangerous level, sometimes known as the « trophic » level.

Until recent times, eutrophication was a slow process, comparable to ageing, affecting natural as well as man-made lakes, but in the last few decades, more widespread use of fertilizers and detergents and growing quantities of waste water have speeded it up. Phosphorous and nitrogen are the main factors.

des auges de dissipation d'énergie, il est possible d'avoir dans les déversements de la retenue une sursaturation en azote et en oxygène, particulièrement près de la surface de l'eau. Cette situation peut être préjudiciable à la vie des poissons, mais on peut y remédier à l'aide de déflecteurs de conception convenable.

Sels

Les sels dissous, pénétrant dans une retenue avec les flots intermittents de la rivière venant de l'amont, se répandent uniformément dans le réservoir de sorte que les eaux en sortiront normalement moins concentrées. Cependant, l'évaporation d'une retenue de ce type sous des climats chauds peut créer une concentration progressive en sel. Les conséquences qui en découlent peuvent faire l'objet d'un modèle mathématique dans des buts de prévision.

Eutrophisation (*)

L'eutrophisation peut se développer, particulièrement dans les retenues récentes. Un excès de substances nutritives produit un épanouissement du plancton, la croissance des algues et des herbes aquatiques. Toute cette matière vivante meurt et quand elle pourrit au fond, elle épuise tout l'oxygène disponible en profondeur. De l'hydrogène sulfuré se forme et l'eau devient impropre aux usages domestiques. Il se peut que dans toute la partie de rivière située immédiatement en aval, les conditions de vie des poissons soient

(*) Le phénomène nommé « eutrophisation » (du grec trophé = nourriture) consiste en l'enrichissement en éléments nourriciers de l'eau et des sédiments d'un lac au-delà d'une limite à partir de laquelle il y a détérioration des qualités de l'eau : c'est l'élévation jusqu'à une valeur dangereuse du niveau nutritif d'un lac, appelé aussi niveau trophique.

C'était, jusqu'à une époque récente, un processus lent, assimilable à un vieillissement, affectant aussi bien les lacs naturels que les retenues artificielles. Mais pendant ces dernières décennies, l'emploi intensif des engrais et des détergents et l'accroissement du volume des eaux usées, ont accéléré fortement ce processus. Le phosphore et l'azote en sont les principaux agents.



Photo 7

Shown here is the 40 000 hectare Gotvand Irrigation Project in Iran which is made possible by the 200 metre high dam of the Karun River Hydro-electric Project upstream.

Aperçu du projet d'irrigation couvrant 40 000 ha à Gotvand, Iran, rendu possible grâce au barrage de 200 m de hauteur faisant partie de l'aménagement hydro-électrique amont de la rivière Karun.

useful lines of action include water aeration, purifying inflow and building interception ditches to carry away from the reservoir any land run-off liable to contain traces of fertiliser, particularly compounds of nitrogen and phosphorus.

A separate approach is the introduction of plant eating fish such as the Chinese carp, but considerable care is always necessary that exotic species do not upset the balance of natural fauna.

Flora

Aquatic plant life can thrive in a reservoir to a level which hampers water abstraction, power production, navigation and fishing.

Some controls are available such as the dropping of reservoir levels and the spray application of selective herbicides on the dried roots ; mechanical removal of infestations at the very beginning of their development ; and the use of plant parasites for biological control.

Fauna

Aquatic fauna thrive in many new reservoirs and this is generally advantageous. However, the effect of introducing any new species requires careful consideration.

Groundwater

Groundwater levels may be raised or lowered in different areas affected by dam schemes and this may be particularly significant with dams and storages on lowland rivers. Water supply and agriculture can be affected by such changes. If required, a raising can be controlled by

menacées. La première chose à faire consiste à nettoyer à fond, avant leur submersion, la surface des nouvelles retenues. Les arbres enlevés dans la retenue peuvent souvent être utilisés comme bois de construction ou comme combustible. D'autres actions utiles consistent à oxygéner l'eau, à purifier les apports d'eau et construire des fosses pour intercepter et rejeter hors de la retenue tout ruissellement susceptible de contenir des traces d'engrais, particulièrement des composés d'azote et de phosphore.

Une action parallèle consiste à introduire des poissons se nourrissant de plantes comme la carpe de Chine mais il est toujours nécessaire de veiller soigneusement à ce que les espèces exotiques ne bouleversent par l'équilibre de la faune naturelle.

Flore

Les plantes aquatiques peuvent atteindre dans une retenue un développement tel qu'il apporte une gêne au retrait d'un certain volume d'eau, à la production d'énergie, à la navigation et à la pêche.

Certains moyens préventifs sont valables, à savoir l'abaissement du niveau de la retenue et la vaporisation d'herbicides sélectifs sur les racines sèches, la suppression par des moyens mécaniques de cette prolifération au début même de son développement et l'emploi de plantes parasites comme régulateur biologique.

Faune

La faune aquatique prospère souvent dans les nouvelles retenues ce qui est généralement un avantage. On doit cependant toujours considérer avec soin l'influence causée par l'introduction de nouvelles espèces.

Nappes souterraines

Les nappes souterraines peuvent être élevées ou abaissées dans les différentes zones influencées par les aménagements, notamment dans le cas des barrages et retenues construits sur des rivières de plaine. L'alimentation en eau et l'agriculture peuvent être affectées par ces varia-



Photo 8a

Re-siting and protection of the Abu Simbel temples on the shores of the Aswan Reservoir, Egypt. Work in progress.

Nouvel emplacement et protection des Temples d'Abou Simbel sur les rives des Retenues d'Assouan, Egypte. Travail en cours.



Photo 8b

Re-siting and protection of the Abu Simbel temples on the shores of the Aswan Reservoir, Egypt. Work in progress.

Nouvel emplacement et protection des Temples d'Abou Simbel sur les rives des Retenues d'Assouan, Egypte. Travail en cours.

drainage measures and a lowering can be remedied by control weirs, cutoffs or artificial recharge.

Landslides

In steep valleys which are to be flooded, care is required to assess the potential for landslips into the new reservoir, generally caused by changed groundwater conditions or rapid reservoir drawdown. A soil mechanics and geological investigation can detect such areas. Drainage and stabilising works are generally possible and instrumentation can be established to detect incipient movements and water pressure changes.

Earthquakes

For high dams impounding large volumes of water, and in some other particular cases, special investigations should be carried out concerning possible risks of induced earthquakes. The state of rock stress should be assessed and evidence of any geologically recent volcanic formations should be looked for along with any recently active faults, particularly of large displacements or lengths. A technical committee of ICOLD has been set up to study this subject specifically.

Population Movements

Population movements from reservoir areas may be brought about by dam projects. Although displacement as such is disruptive, the opportunity is normally taken of providing improved housing, social amenities and, often, work prospects in the new settlements. Sociological surveys and studies should be undertaken and the affected population should be kept well informed with an appropriate communications and consultative programme.

tions. Si nécessaire, une surélévation de la nappe peut être maîtrisée par des moyens de drainage, et un abaissement peut être évité par des déversoirs, des écrans d'étanchéité ou une réalimentation artificielle.

Glissements de terrain

Dans les vallées aux pentes abruptes qui doivent être inondées, on doit tenir compte des glissements de terrain susceptibles de se produire dans la nouvelle retenue, causés généralement par une modification de la nappe phréatique ou par l'abaissement rapide de la retenue. On peut détecter des zones de ce genre en étudiant la mécanique des sols et la géologie des lieux. Il est généralement possible d'effectuer des travaux de drainage et de stabilisation et d'établir un dispositif permettant de détecter les mouvements dès leur origine ainsi que les changements de pression d'eau.

Tremblements de terre

Pour les barrages de grande hauteur retenant un important volume d'eau, et dans quelques autres cas particuliers, il faut effectuer des recherches spéciales concernant les risques possibles de sismicité induite. On doit estimer l'état de contrainte des roches et rechercher la présence de toute formation volcanique géologiquement récente accompagnée de failles actives, particulièrement celles de grand rejet ou de grande longueur. Un comité technique de la CIGB a été créé pour étudier plus spécialement ce sujet.

Déplacements de population

Les projets d'aménagement de barrages peuvent provoquer des déplacements de population hors de l'emprise de la retenue. Bien que de tels déplacements constituent une rupture, on profite de l'occasion pour améliorer l'habitat, les aménagements sociaux et souvent apporter des perspectives de travail dans les nouveaux lieux d'habitation. Il est nécessaire d'entreprendre des enquêtes et des études d'ordre sociologique et faire en sorte que la population touchée soit bien informée grâce à des communications appropriées et un programme de consultation.



Photo 8c

Re-siting and protection of the Abu Simbel temples on the shores of the Aswan Reservoir, Egypt. The finished facade.

Nouvel emplacement et protection des Temples d'Abou Simbel sur les rives des Retenues d'Assouan, Egypte. Travail en cours.

Agriculture

Agriculturally productive valley bottoms are sometimes inundated by dam projects. On the other hand, larger areas downstream are equally often brought into agricultural production because of assured water supplies for irrigation or because of new protection, provided by the dam, from previously damaging flooding (see photograph 7).

Archaeology

Archaeological sites are sometimes threatened by new reservoirs. In very important cases, such as Abu Simbel in Egypt, internationally financed projects for protection or moving have been arranged. In other cases, the programme allows for prior documentation and recording of the sites and the removal of valuable artefacts (see photographs 8a, b, and c).

HEALTH PROBLEMS IN TROPICAL AND SUB-TROPICAL AREAS

Tropical and sub-tropical diseases such as malaria, bilharzia and onchocerciasis (filariasis), are often endemic in hot, damp regions where new reservoirs are planned and built. These diseases involve « host » or « vector » organisms in which a parasite lives for part of its life, subsequently being transmitted to man. These hosts and vectors require fresh water at certain stages of their life cycle and a new reservoir may increase the size of the hosts' habitat, promoting their expansion.

The mosquito vector for malaria uses auxiliary water systems and marginal areas for breeding, not the main reservoir, and the black fly vector for onchocerciasis develops in fast flowing water such as found near spillways or tailrace outlets. The bilharzia vector is an aquatic snail,

Agriculture

Il arrive quelquefois que des fonds de vallées à riche production agricole, soient inondés par des barrages. Mais d'un autre côté, on ouvre souvent à l'agriculture des zones plus vastes, en aval, parce que la fourniture en eau d'irrigation est assurée ou parce que le barrage apporte une nouvelle protection contre des inondations antérieurement dommageables (voir photo 7).

Archéologie

Des sites archéologiques sont quelquefois menacés par les nouvelles retenues. Dans des cas très importants comme Abu Simbel en Egypte, un financement international permet d'effectuer des travaux de protection ou de déplacement. Dans d'autres cas, le programme prévoit un relevé détaillé, et le déplacement des ouvrages de grande valeur artistique (voir photos 8a, b et c).

LES PROBLÈMES DE SANTÉ EN ZONES TROPICALES ET SUBTROPICALES

Les maladies tropicales et subtropicales comme le paludisme (malaria), la bilharziose, l'onchocercose (filariose) sont souvent endémiques dans les régions chaudes et humides, précisément celles où l'on projette et établit de nouvelles retenues. Ces maladies se transmettent par l'intermédiaire d'organismes appelés en biologie « hôtes » ou « vecteurs » et dans lesquels un parasite passe une partie de sa vie pour se transmettre par la suite à l'homme. A un certain stade du cycle de leur vie, ces hôtes et vecteurs ont besoin d'eau fraîche de sorte qu'une nouvelle retenue peut augmenter les dimensions de leur habitat et favoriser leur expansion.

Le moustique, vecteur du paludisme, n'utilise pas, pour procréer, la retenue principale, mais des systèmes hydrauliques secondaires et des zones marginales et le thrips (mouche noire), vecteur de l'onchocercose, se développe dans les eaux à courant rapide comme celles qu'on



Photo 9a

In addition to being the chief source of water supply for the city of Jackson, Mississippi, this reservoir is also a popular outdoor recreation centre for the people of the area.

Principale source d'alimentation en eau de la ville de Jackson, Mississippi, cette retenue est également un centre populaire de loisirs de plein air pour les habitants de ce secteur.



Photo 9b

Watersport and camping area after power and navigation development on the River Danube in Austria.

Centre nautique et zone de camping créés à l'occasion d'un aménagement du Danube, Autriche, réalisé pour la production d'électricité et la navigation.

thriving on aquatic plants in still or slow-flowing water. Man is contaminated by fluke larvae leaving the snails and entering parts of the human body exposed in the water. Marginal lake areas are, therefore, critical.

New reservoirs can also, in certain circumstances, encourage amoebiasis, and other infections, which do not involve an intermediate host.

Prevention or substantial alleviation of colonisation of new reservoirs by host flies, mosquitoes and molluscs can be achieved by :

a) Educating local population in health, hygiene, community awareness and medical prophylaxis ;

b) Clearance of vegetation before lake filling ;

c) Filling, deepening, or draining of marginal areas which might become swampy during reservoir drawdown ;

d) Raising and lowering reservoir level weekly during egg-laying season ;

e) Using pesticides. These must be sprayed and spread frequently and they must not be toxic to man or edible fish ;

f) Growing of vegetation known to be toxic to bilharzia snails.

BENEFICIAL SIDE EFFECTS

A dam project may be truly multi-purpose (e.g. hydro-electricity, flood control and irrigation), or it may be mainly for a single

trouve près des déversoirs ou à l'origine d'un canal de fuite. Le vecteur de la bilharziose est un escargot aquatique (hélice aquatique) qui se développe sur des plantes aquatiques en eau calme ou au rythme d'écoulement lent. L'homme est contaminé par les larves de la trématode (douve) qui abandonnent les escargots pour pénétrer dans les parties du corps humain exposées à l'eau. Les zones marginales d'un lac sont, de ce fait, encore dangereuses.

Les nouvelles retenues peuvent dans certains cas faciliter le développement des amibiases et autres infections qui n'impliquent pas de vecteur intermédiaire.

Pour prévenir ou réduire substantiellement la colonisation des nouvelles retenues par les mouches, moustiques et mollusques en tant que vecteurs de maladies, on peut procéder de la façon suivante :

a) Apprendre à la population locale à être consciente de sa santé, à observer des règles d'hygiène et à accepter les règles de la vie en société et une médecine préventive ;

b) Evacuer la végétation avant la mise en eau de la retenue ;

c) Remplir, approfondir ou drainer les zones marginales qui pourraient devenir marécageuses pendant l'abaissement du plan d'eau de la retenue ;

d) Elever et abaisser le niveau de la retenue chaque semaine pendant la période de ponte ;

e) Utiliser des pesticides à vaporiser et répandre fréquemment, mais ces produits ne doivent pas être toxiques pour l'homme ou les poissons comestibles ;

f) Cultiver des végétaux reconnus toxiques pour les escargots de la bilharziose.

EFFETS SECONDAIRES BÉNÉFIQUES

Un aménagement de barrage peut être vraiment à buts multiples (par exemple production d'électricité, contrôle des

purpose, such as potable water supply. In most instances, there will be at least one secondary water control or water resource advantage (e.g. a water supply project may have a subsidiary flood control effect). These water control or water resource secondary effects are considered part of the main project's economics and are excluded from these remarks. However, other spin-off effects of dam projects can be significantly advantageous.

Although dam projects sometimes submerge waterfalls, cascades and gorges, it is often the case that reservoirs add interest and beauty to a landscape. The dam itself can be a great tourist attraction and appurtenant works such as fish ladders, locks, power stations and channels add further interest. Tourism and leisure pursuits can be encouraged by establishing parks, camps, water sport and swimming areas, subject to health requirements. There need be no restriction to public access if proper safety measures, sanitary facilities and supervisory control are provided (see photographs 9a and b).

Road realignments because of a new reservoir and access roads to the project area, give opportunity of upgrading communications and opening up new areas for economic or tourist development, and new water navigation is also sometimes effective in this respect.

Fresh water fishery opportunities are substantial in new reservoirs, both for sporting and commercial exploitation. The latter can take the form of fish farming.

New reservoirs can provide very significant fire break advantages in areas where bush and forest fires are a risk.

crues, irrigation), ou il peut être à but unique, tel que la production d'eau potable. Dans la plupart des cas, il y aura au moins un avantage secondaire concernant la régularisation des débits ou une meilleure gestion des ressources en eau, (par exemple un projet conçu pour l'alimentation en eau peut avoir pour effet annexe le contrôle des crues). On considère que ces effets secondaires (régularisation ou meilleure gestion des ressources) font partie de l'économie du projet initial et ne sont pas intéressés par ces remarques. Cependant d'autres conséquences peuvent avoir un avantage significatif.

Bien que parfois les aménagements des barrages engloutissent par submersion, chutes d'eau, cascades et gorges, il arrive souvent que les retenues augmentent l'intérêt et la beauté d'un paysage. Le barrage lui-même peut constituer une grande attraction touristique, et les ouvrages annexes tels qu'échelles à poissons, écluses, usines hydroélectriques, canaux, ajoutent un intérêt supplémentaire. On peut encourager les efforts pour le tourisme et les loisirs en créant des parcs, des terrains de camping, des zones réservées aux sports nautiques et à la natation répondant aux exigences sanitaires. Aucune restriction d'accès au public n'est nécessaire si toutes les mesures convenables de sécurité, aménagements sanitaires et contrôle de surveillance ont été prises (photos 9a et 9b).

Les raccordements routiers nécessités par une nouvelle retenue ainsi que les routes d'accès à la zone d'aménagement fournissent l'occasion d'améliorer les communications et d'ouvrir de nouvelles aires au développement économique ou touristique. Il en va de même pour de nouvelles possibilités de navigation.

Les nouvelles retenues fournissent en eau douce des possibilités substantielles de pêche sportive ou commerciale. Cette dernière peut donner lieu à un élevage piscicole.

Les nouvelles retenues peuvent apporter des avantages significatifs dans les zones où les feux de broussailles et de forêt présentent un danger.

LATER MONITORING AND CONTROL

During study, design, construction and commissioning, engineers representing the Owner and the Licensing Authority are actively engaged on the dam project. Environmental requirements are monitored effectively and there can be prompt response to any variations from predicted performance.

For later stages of the life of the project, monitoring should be maintained, although clearly a less continuous system is satisfactory.

The Owner normally has some permanent professional or technical staff stationed at or responsible for the dam project and included in their duties should be monitoring of specific environmental effects. In addition, such staff should be briefed to observe keenly and record any other items or events which could be of significance. Excursions from predicted behaviour and unusual events should be brought to the immediate attention of the authorities so that an expert can investigate.

In addition to these continuing monitoring activities by the Owner, there may be independent inspections at specified time intervals. These may be made by an individual or by a team of experts in various disciplines and could be specified in the licensing approval.

Such procedures act as a considerable long-term safeguard and are generally economic. Problems can often be dealt with at the incipient stage rather than when they become intractable.

THE ENVIRONMENT AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES

Water is a very significant element of the environment. It is also essential to man and to man's niche in world ecology.

SURVEILLANCE ET CONTROLE ULTÉRIEURS

Durant la période d'étude, de conception, de construction et de mise en service, les ingénieurs représentant le maître d'ouvrage et l'Autorité Responsable participent activement à l'aménagement du barrage. Les exigences de l'environnement sont parfaitement contrôlées et on peut obtenir rapidement une réponse à toute modification par rapport aux performances attendues.

L'auscultation doit être maintenue pendant les périodes postérieures à la mise en service bien qu'un système de surveillance moins continu soit satisfaisant.

Le maître d'ouvrage dispose normalement d'un personnel technique spécialisé travaillant en permanence sur les lieux ou responsable de l'aménagement, et dont les obligations doivent comprendre la surveillance des effets spécifiques à l'environnement. De plus, un tel personnel doit être entraîné à fournir des observations précises et à consigner tout élément ou événement qui pourrait être significatif. Si le fonctionnement n'est pas conforme aux prévisions et si des phénomènes inhabituels se produisent, il faut les porter immédiatement à l'attention des responsables de façon qu'un expert puisse en rechercher les causes.

De plus, à ces activités d'auscultation continue par le maître d'ouvrage peuvent s'ajouter des visites indépendantes à des intervalles de temps déterminés. Celles-ci doivent être faites par un individu ou par une équipe d'experts dans des disciplines diverses et pourraient être précisées lors de l'approbation du projet.

Des procédés de ce genre jouent le rôle d'une garantie à long terme et sont généralement économiques. Il vaut souvent mieux traiter des problèmes à leur début que d'attendre qu'ils soient devenus insolubles.

L'ENVIRONNEMENT ET LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

L'eau est un élément très significatif de l'environnement. Elle est aussi un élément essentiel pour l'homme et pour son habitat dans l'écologie mondiale.

Man's need for water increases and dams and reservoirs are an outcome which is inevitable.

By a combination of scientific study, engineering and management, dam projects can be achieved in a manner dedicated equally to maximisation of success of main project aims and of environmental protection and improvement. Environmental changes will occur, but change does not mean destruction. The impact of the changes can be controlled successfully and, on balance, rendered beneficial.

Les besoins en eau de l'homme sont en augmentation de sorte que les barrages et les retenues sont une nécessité inévitable.

En combinant les études scientifiques, les techniques de l'ingénieur et la gestion, des projets d'aménagement peuvent obtenir le maximum de succès dans les principaux objectifs recherchés et dans la protection et l'amélioration de l'environnement. Il pourra se produire des changements dans l'environnement mais changement ne signifie pas destruction. Les conséquences de ces changements peuvent être maîtrisées avec succès, et, à tout prendre, devenir profitables.

Photos by courtesy of Werkfoto, Österreichische Donaukraftwerke A.G., Werkfoto, Hochtief A.G., Fernando Gordillo and of some members of the Committee on the Environment.

Ces photos sont de Werkfoto, Österreichische Donaukraftwerke A.G., de Werkfoto, Hochtief A.G. et de Fernando Gordillo ou ont été communiquées aimablement par les membres du Comité de l'Environnement.

BIBLIOGRAPHY / BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN, W.C. et al.* « *Man-made Lakes : Their problems and Environmental Effects* », *American Geophysical Union, Washington D.C. 1973.*
« Les lacs artificiels : leurs problèmes et leurs effets sur l'environnement », Association Américaine de Géophysique, Washington D.C. 1973.
- American Society of Civil Engineers* « *Environmental Effects of Large Dams* », *New York 1978.*
- Société Américaine des Ingénieurs Civils* « Les effets des grands barrages sur l'environnement », *New York 1978.*
- ICOLD / CIGB* « *The Consequences on the Environment of Building Dams* », *Question 40, Proc. 11th Congress, Madrid 1973.*
« Conséquences de la construction des barrages sur l'environnement », *Question 40, Comptes Rendus 11^e Congrès, Madrid 1973.*
- ICOLD / CIGB* « *The Effects on Dams and Reservoirs of some Environmental Factors* », *Question 47, Proc. 12th Congress, Mexico 1976.*
« Les effets de quelques facteurs d'environnement sur les barrages et les retenues », *Question 47, Comptes Rendus 12^e Congrès, Mexico 1976.*
- ICOLD/CIGB* *Bulletin 35 - June/juin 1980.*
- Int. Bank for Reconstruction and Development* « *Environmental Health and Human Ecologic Considerations in Economic Development Projects* », *Washington D.C. 1974.*
- Banque Int. pour la reconstruction et le développement* « *Considérations sur la préservation de l'environnement et l'écologie humaine dans les projets de développement économique* », *Washington D.C. 1974.*
- LAGLER, Karl F.* « *Man-made Lakes : Planning and Development* » *UNDP/FAO, Rome 1969.*
« Les lacs artificiels : programmation et développement » *PNUD/FAO, Rome 1969.*
- Scientific Committee on Water Research* *International Symposium on made-made lakes, Knoxville, Tennessee 1971.*
- Comité Scientifique de Recherche Hydraulique* *Symposium International sur les lacs artificiels, Knoxville, Tennessee 1971.*
- SCOPE Report 2* « *Man-made Lakes as Modified Ecosystems* », *Int. Council of Scientific Unions, Scientific Committee on Problems of the Environment, Paris 1972.*
- SCOPE Rapport n° 2* « Les lacs artificiels en tant que systèmes écologiques modifiés », *Conseil Int. des Associations Scientifiques, Comité Scientifique sur les problèmes d'Environnement (SCOPE), Paris 1972.*

SYMONS, J.H.

« Water Quality Behaviour in Reservoirs », U.S. Dept. of Health, Education and Welfare, () Cincinnati 1969.*

« Qualité de l'eau dans les retenues », Ministère Américain de la Santé, de l'Education et des Services Sociaux, () Cincinnati 1969.*

() This wording is no longer valid in 1980.
Ce libellé n'est plus valable en 1980.*

IMPRIMERIE MARCEL BON - VESOUL
DÉPÔT LÉGAL - N° 2494
ISSN 0534 - 8293
2^e tirage - Décembre 1985

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>