

DAMS AND THE ENVIRONMENT

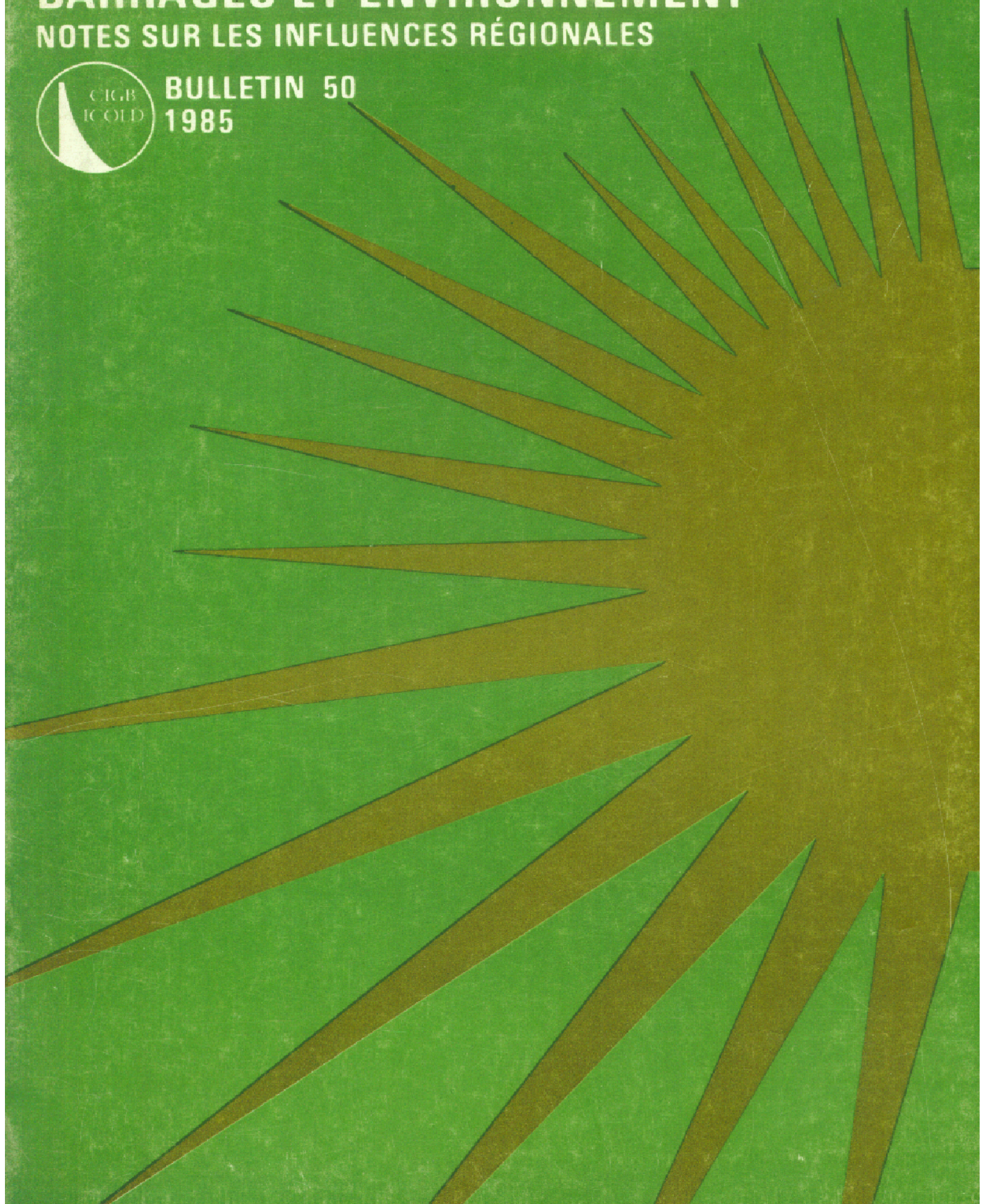
NOTES ON REGIONAL INFLUENCES

BARRAGES ET ENVIRONNEMENT

NOTES SUR LES INFLUENCES RÉGIONALES



BULLETIN 50
1985



*Editor and co-author, E. T. Haws,
Chairman, Committee on the Environment
Editor and co-author, Mini Report 1 (Temperate)
C. Gemaehling, Chairman Sub-Committee 1
Editor and co-author, Mini Report 2 (Tropical, Sub-Tropical and Arid)
J. A. Bandeira de Mello, Chairman Sub-Committee 2
Editor and co-author, Mini Report 3 (Severe Winters)
N. J. Schnitter, Chairman Sub-Committee 3
For Mini Reports 2 and 3 the original text was in English and
the French translation was by C. Gemaehling (France)
For Mini Report 1, the original text was in French and the
final editing in English was by E. T. Haws*

Responsable et coauteur : E. T. Haws,
Président du Comité de l'Environnement
Responsable et coauteur du mini-rapport n° 1 (régions tempérées) :
C. Gemaehling, Président du Sous-Comité n° 1
Responsable et coauteur du mini-rapport n° 2
(régions tropicales, subtropicales et arides) :
J. A. Bandeira de Mello, Président du Sous-Comité n° 2
Responsable et coauteur du mini-rapport n° 3
(régions à hivers rigoureux) :
N. J. Schnitter, Président du Sous-Comité n° 3
Pour les mini-rapports nos 2 et 3, le texte original a été rédigé
en anglais et la traduction en français a été assurée par C. Gemaehling (France)
Pour le mini-rapport n° 1, le texte original a été rédigé
en français et la version définitive a été supervisée par E. T. Haws

DAMS AND THE ENVIRONMENT
NOTES ON REGIONAL INFLUENCES

BARRAGES ET ENVIRONNEMENT
NOTES SUR LES INFLUENCES RÉGIONALES



BULLETIN 50
1985

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.



Photo 1

Chevalier gambette dans une colonie d'oiseaux à proximité d'un plan d'eau.

Redshank in a bird colony on waterside area.

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

GENERAL TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	4/5	INTRODUCTION
GÉNÉRALITÉS	6/7	GENERAL
RAPPORT N° 1 : RÉGIONS TEMPÉRÉES	11	REPORT No. 1 : TEMPERATE
RAPPORT N° 2 : RÉGIONS TROPICALES, SUBTROPICALES ET ARIDES	39	REPORT No. 2 : TROPICAL, SUB-TROPICAL AND ARID
RAPPORT N° 3 : RÉGIONS A HIVERS RIGoureux	69	REPORT No. 3 : SEVERE WIN- TERS
CONCLUSIONS	88/89	CONCLUSIONS

N.B. : Une bibliographie figure à la fin de chaque mini-rapport.

Note : A bibliography is presented at the end of each mini report.

INTRODUCTION

Le Comité Technique de l'Environnement de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB) a déjà publié deux bulletins (référence 3 A et 3 B), le premier ayant un caractère largement technique et le second étant destiné à une meilleure information du grand public.

Il a par la suite paru utile de rassembler et d'analyser les expériences d'ingénieurs travaillant sur les projets de barrages dans les grandes régions climatiques du monde. On a distingué pour cela :

1. Les régions tempérées.
2. Les régions tropicales, subtropicales et arides.
3. Les régions à hivers rigoureux.

Trois sous-comités, présidés par MM. C. Gemaehling, France (n° 1), J. A. Bandeira de Mello, Brésil (n° 2), et N. J. Schnitter, Autriche (n° 3), ont été chargés chacun d'une région et invités à collecter et à présenter, dans des mini-rapports, des informations sur les impacts sur l'environnement propres à leur région. Ce travail a été réalisé sous la responsabilité de M. E. T. Haws (Grande-Bretagne), Président du Comité de l'Environnement, qui en a assuré la direction et la mise en forme.

Les régions elles-mêmes étant différentes, les approches adoptées par les sous-comités le sont également dans une certaine mesure. C'est sans doute pourquoi les mini-rapports constituent le reflet de la grande diversité des régions. Aucun d'entre eux ne doit être considéré comme un dossier technique définitif ni même comme un aide-mémoire exhaustif. On peut néanmoins espérer que l'ingénieur ou le maître d'ouvrage confronté au problème de l'insertion d'un nouveau barrage ou d'une nouvelle retenue dans l'une des catégories de régions citées trouvera des informations utiles dans le mini-rapport correspondant. L'intérêt de ces documents sera encore plus grand pour l'ingénieur quittant une région, avec laquelle il était pleinement familiarisé, pour une autre où il devra relever de nouveaux défis en matière de protection de l'environnement.

Si l'on veut disposer d'un aide-mémoire complet et d'une approche méthodologique exhaustive pour les études d'impact sur l'environnement, il est recommandé d'utiliser la matrice contenue dans le bulletin de référence 3 A; il est à noter que cette matrice peut être fournie séparément, par lots.

Les mini-rapports soulignent chacun quelques grands principes qui sont en fait applicables à l'ensemble des régions et qui ont été rassemblés dans la section générale figurant ci-après, juste avant les mini-rapports individuels eux-mêmes.

INTRODUCTION

The Technical Committee on the Environment of the International Commission on Large Dams (ICOLD) has previously published two bulletins (Ref 3 A and 3 B), the first largely of a technical nature, and the second for the better information of the general public.

It has subsequently been thought useful to record and distil the experiences of engineers involved with dam projects located in broadly defined climatic regions of the world. The regions chosen have been designated as :

1. Temperate.
2. Tropical, sub-tropical and arid.
3. Severe Winter.

Sub-committees under the chairmanship of C. Gemahling, France (1); J. A. Bandeira de Mello, Brazil (2); and N. J. Schnitter (3) were assigned a region each and invited to assemble and present environmental impact information of a regionally dependent nature in a set of mini reports. General guidance and editing was the responsibility of E. T. Haws, Great Britain, Chairman of the Environment Committee.

As the regions themselves vary, so to a certain extent do the approaches of the sub-committees. The mini reports therefore perhaps reflect the wide diversity of the regions. None is intended as a definitive technical paper or even as a comprehensive aide memoire. Nevertheless, it is hoped that the relevant one will be useful reading for an engineer, or owner, contemplating involvement in a new dam or reservoir project in one of the regions. The benefit may be greater for someone moving from operations in one region, with which he is fully familiar, to another with its new challenges for environmental protection.

For a comprehensive aide memoire and methodology approach for environmental impact studies, the matrix of Ref 3 A is recommended, and it may be noted that the matrix is available in batches as a separate set.

The mini reports each made some points of principle which are in fact applicable across the spectrum of regions, and these have been assembled in the following General section before the commencement of the individual mini reports.

GÉNÉRALITÉS

Lorsqu'on parle de modifications de l'environnement, il convient de distinguer clairement deux termes utilisés souvent, à tort, comme synonymes alors qu'ils ont, en fait, des significations distinctes : préservation et conservation. *Préservation* signifie que l'on garde quelque chose — en l'occurrence l'environnement — en son état d'origine, à l'abri de toute atteinte et modification, alors que *conservation* admet, dans ce cas, une certaine évolution vers un équilibre nouveau, mais équivalent ou amélioré, qui doit être maintenu.

L'homme dépend de plus en plus de l'aménagement et de l'exploitation des ressources naturelles. La nature ne peut donc être maintenue à l'abri de toute altération. Il est, d'autre part, de la plus haute importance d'assurer la conservation de la nature et de ses ressources et de protéger l'environnement physique contre les nuisances et les perturbations qui peuvent être évitées.

Autrefois, les réalisations des hommes étaient généralement bien accueillies et on fondait de grands espoirs sur les progrès dans les nouveaux domaines de développement. L'opinion publique penche aujourd'hui pour la conservation et il est clair que les aménageurs doivent désormais porter la plus extrême attention aux problèmes écologiques et à tout ce qui peut apparaître comme une atteinte à l'environnement. Il doit être possible de tirer parti des ressources naturelles sans détruire la nature. Ce souci doit se manifester avant et pendant la réalisation des travaux, et durant toute la vie et l'exploitation des ouvrages.

L'expérience a montré que négliger les questions d'environnement liées à la construction des grands barrages et retenues, par exemple en forêt tropicale, pouvait conduire facilement à un désastre écologique. La technologie moderne s'est pourtant avérée capable de planifier, concevoir, construire et exploiter des barrages ne donnant lieu qu'à un minimum d'impact imprévu ou inacceptable sur l'environnement.

Cependant, il s'agit d'abord de mettre en balance les effets et impacts sur l'environnement et les bienfaits attendus du barrage.

Il faut nécessairement pour cela prendre en compte les besoins physiques et la situation économique du pays en question. Ainsi, par exemple, une nation manquant vraiment d'énergie et ne disposant, pour en produire, que de ressources hydrauliques aura-t-elle davantage tendance à modifier l'environnement d'une espèce menacée qu'une autre nation ayant le choix entre différentes ressources énergétiques. Les aménagements nécessaires devront néanmoins toujours être conçus pour s'intégrer au mieux dans l'environnement.

La rareté de l'eau et des conditions économiques difficiles imposent, cependant, que l'on tire le meilleur avantage possible d'une retenue en utilisant les eaux endiguées à autant de fins qu'on peut raisonnablement en envisager. Même lorsqu'un barrage est construit au départ pour un seul usage, les autorités responsables de la retenue doivent intégrer d'autres usages futurs dans ses conditions d'exploitation.

GENERAL

When dealing with environmental alteration, it is necessary to clearly distinguish between two terms which are often and erroneously being used as synonyms while, in fact, they have a distinct meaning; preservation and conservation. *Preservation* means to keep something — in this case the environment — free from injury and alteration in its original state, while *Conservation* admits, in this context, some adaptation to a new though equivalent or improved equilibrium that is to be maintained.

Mankind depends more and more on the development and exploitation of natural resources. Consequently, nature cannot be preserved in an unaltered condition. On the other hand, it is of utmost importance to conserve nature and its resources and to protect the physical environment from avoidable harm and disturbances.

Formerly, man's achievements were welcomed, and great hopes were held for continuing the advance into new areas of development. Recent public awareness has leaned towards conservation and developers must now clearly pay the greatest attention to ecological problems, and to any aspect of a scheme which may appear as a threat to the environment. It must be possible to take advantage of natural resources without destroying nature. This concern must be manifest both before and during the implementation of works, and during the entire operating life of the structures.

Experience has shown that neglect of environmental aspects linked to the construction of large dams and reservoirs, for example in tropical forest, can easily lead to an ecological disaster. However, modern engineering science now provides the proven capability to plan, design, build and operate dam projects with minimum unexpected or unacceptable environmental effects.

The immediate question is, however, to assess the balance between effects and impacts on the environment and the benefits expected from the dam.

The answer to this question necessarily takes into account the physical needs and economic situation of the country concerned. A nation starving for energy with water power as the only available source, for instance, is certainly more inclined to change the environment of an endangered species than another which has the choice between several viable power alternatives. Nevertheless necessary dam projects should always be engineered to fit into the environment in an optimum way.

Scarcity of water, however, and a strained economy require that the best possible advantage be taken of a reservoir by using the dammed waters for as many purposes as reasonably feasible. Even when a dam is built initially for a single purpose, those who have the responsibility for the management of the water retained in the reservoir, should evaluate the operating conditions taking into account other future uses of the dam.

Ces rapports constituent des présentations succinctes des principales conséquences sur l'environnement de la construction des barrages. Ils contiennent également quelques recommandations tirées de l'expérience acquise dans plusieurs pays pour connaître les causes et les effets des impacts sur l'environnement. Ces rapports ne sauraient être considérés comme exhaustifs, mais constitueront une base utile pour l'action que doivent engager les ingénieurs, les biologistes, les botanistes et les spécialistes de l'écologie et des sciences humaines. Tous doivent œuvrer ensemble à l'amélioration du niveau de vie des gens et à la conservation de la nature et de ses ressources, qui sont essentielles pour la survie et le bien-être de l'homme.

The papers are summarised presentations of the principal environmental consequences of the construction of dams. They also present some recommendations derived from the experience gained in several countries recognising causes and effects in environmental impacts. The papers are in no way all embracing, but are considered a useful starting point of an effort to be developed by engineers, biologists, botanists, ecologists and social scientists. All must work together to improve mankind's standard of living and to conserve nature and its resources, vital to man's survival and well being.

RAPPORT N° 1/REPORT No. 1
par le Sous-Comité n° 1/by the Sub-Committee No. 1

BARRAGES ET ENVIRONNEMENT EN RÉGIONS TEMPÉRÉES
DAMS AND THE ENVIRONMENT IN TEMPERATE REGIONS

PAYS MEMBRES DU SOUS-COMITÉ N° 1
MEMBER COUNTRIES OF SUB-COMMITTEE No. 1

France/*France* : C. GEMAEHLING (Président/*Chairman*)
Autriche/*Austria* : R. FENZ
Japon/*Japan* : S. AKI
Pays-Bas/*Netherlands* : H. ENGEL

TABLE DES MATIÈRES

1.1. INTRODUCTION	14/15
1.1.1. Aménagements hydrauliques et environnement	14/15
1.1.2. Transformation de la nature	14/15
1.1.3. Protection de l'environnement - Autorisation des travaux	16/17
1.2. INCIDENCES SUR LE MILIEU	16/17
1.2.1. Les retenues d'eau douce	16/17
1.2.2. Aménagement des côtes et estuaires	18/19
1.2.3. Eaux souterraines	22/23
1.2.4. Qualité des eaux de surface	22/23
1.2.5. Matières en suspension	24/25
1.3. INCIDENCES SUR LE MONDE ANIMAL ET VÉGÉTAL	24/25
1.3.1. Les poissons	24/25
1.3.2. Les oiseaux	28/29
1.3.3. La faune terrestre	30/31
1.3.4. La végétation	30/31
1.4. INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT HUMAIN	34/35
1.4.1. Paysage et environnement	34/35
1.4.2. Conséquences économiques et socio-culturelles (agriculture, pêche, transports, industrie, loisirs, urbanisation)	34/35
1.5. CONCLUSIONS	36/37
RÉFÉRENCES	36

TABLE OF CONTENTS

1.1. INTRODUCTION	
1.1.1. Hydraulic schemes and the environment	
1.1.2. Transformation of nature	
1.1.3. Protection of the environment - Authorisation for works	
1.2. EFFECTS ON THE NATURAL ENVIRONMENT	
1.2.1. Fresh water reservoirs	
1.2.2. Development of coasts and estuaries	
1.2.3. Ground water	
1.2.4. Quality of surface water	
1.2.5. Suspended material	
1.3. EFFECTS ON ANIMAL AND PLANT LIFE	
1.3.1. Fish	
1.3.2. Birds	
1.3.3. Terrestrial fauna	
1.3.4. Vegetation	
1.4. EFFECTS ON THE HUMAN ENVIRONMENT	
1.4.1. Landscape and the environment	
1.4.2. Economic and socio-cultural consequences (agriculture, fishing, transport, industry, leisure, urban development)	
1.5. CONCLUSIONS	
REFERENCES	

1. BARRAGES ET ENVIRONNEMENT EN RÉGIONS TEMPÉRÉES

1.1. INTRODUCTION

1.1.1. Aménagements hydrauliques et environnement

Dans les régions tempérées (souvent économiquement développées), on a procédé depuis quelques décennies à des aménagements hydrauliques importants qui ont transformé la nature de façon spectaculaire : des fleuves et des rivières ont été entièrement canalisés sur des centaines de kilomètres de longueur; prairies, forêts et cultures ont été noyées sur des surfaces considérables par les retenues de grands barrages; des estuaires autrefois battus par la marée ont été transformés en lacs d'eau douce ou d'eau salée et polders, tandis que des golfes marins, des lacs et des marais ont été asséchés et mis en culture.

Les objectifs de ces aménagements ont été des plus variés : hydro-électricité; protection contre les crues (ou les marées) et soutien des étiages; navigation commerciale ou loisirs nautiques; distribution d'eau pour l'irrigation, l'industrie ou l'alimentation en eau potable; mise en valeur agricole.

Ces ouvrages qui répondaient à des besoins vitaux pour les pays concernés ont, la plupart du temps, rempli parfaitement les objectifs assignés. Ils ont eu des effets très favorables dans les domaines économique et social et ont été appréciés à ce titre. Mais le paysage traditionnel de bien des régions a été modifié; dans certains cas, la qualité de la vie a été affectée et certains inconvénients, difficilement prévisibles, sont apparus qui ont ému l'opinion et alerté les pouvoirs publics.

1.1.2. Transformation de la nature

Nous allons évoquer succinctement certains des problèmes d'environnement en région tempérée posés par la construction des grands barrages, qu'il s'agisse d'aménagements fluviaux ou côtiers avec ou sans constitution de grandes retenues.

Les aménagements dont il sera ici question peuvent comporter divers types d'ouvrages :

- des barrages, à bouchures fixes ou mobiles, créant des retenues plus ou moins importantes;
- des tronçons de rivières ou lacs aménagés par endiguement ou dragage, et alimentés en eau par des dérivations de façon gravitaire ou par pompage;
- des golfes marins, lacs, marais que l'on isole de la mer ou du réseau orographique par des endiguements et que l'on assèche par drainage ou remblaiement en vue d'une autre utilisation (cultures, forêts, industrie, urbanisation).

Ces interventions modifient les caractéristiques du réseau hydrographique. Les rivières, qui ne sont pas des systèmes stables et inertes, verront leur équilibre

1. DAMS AND THE ENVIRONMENT IN TEMPERATE REGIONS

1.1. INTRODUCTION

1.1.1. Hydraulic schemes and the environment

In temperate regions (often economically developed), the large-scale hydraulic development works carried out over the last few decades have changed nature in a spectacular manner : rivers have been fully canalised over hundreds of kilometres; meadows, forests and agricultural land have been submerged over considerable areas by the reservoirs of large dams; estuaries formerly subjected to tides have been transformed into fresh water or salt water lakes and polders, while marine gulfs, lakes and marshes have been drained and brought under cultivation.

The objectives of all these development schemes have been extremely varied : hydroelectricity; protection against floods (or tides) and increasing of low flows; commercial navigation or pleasure boating; water distribution for irrigation, industry or drinking water supply and agricultural development.

These structures, corresponding to the vital needs of each country, have most often met the wanted aims perfectly. They have produced very favourable results in economic and social terms, and have been appreciated for that. However, the traditional landscape of many regions has been altered; in certain cases the quality of life has been affected and certain disadvantages, which could not easily be foreseen, have appeared, causing a reaction in public opinion and alerting the public authorities.

1.1.2. Transformation of nature

This report will briefly describe certain of the environmental problems posed in temperate regions by the construction of large dams, whether in the context of river or coastal schemes, and with or without the creation of large reservoirs.

The schemes under consideration here may comprise several types of structure :

- dams, of the fixed dyke or movable gate type, creating reservoirs of varying extent;
- river sections or lakes developed by dyking or dredging, and supplied with water by surface flow diversion canals or by pumping;
- marine gulfs, lakes and marshes which are isolated from the sea or from the natural drainage network by dyking, and which are dried out by draining or infilling with a view to another use (cultivation, afforestation, industry, urban development).

These schemes modify the characteristics of the hydrographic network. Rivers are not stable, inert systems, and their physical balance will be broken if the

physique rompu si l'aménageur ne respecte pas certains processus naturels et des désordres se produiront tels que : modification du profil en long ou en travers, creusement, remblaiement ou envasement du lit; érosion du bassin versant; modification de la propagation des crues; accentuation des étiages, etc.

Les moyens techniques étant devenus considérables, les transformations peuvent être profondes, rapides et étendues.

Dans tous les cas, le milieu naturel ou traditionnel est modifié et apparaissent des transformations dans l'écologie du milieu environnant (terre, eau, air), souvent à une vaste échelle. Elles touchent certains aspects physiques, chimiques ou biologiques, qu'il s'agisse de la faune (benthique, poissons, oiseaux, insectes), de la flore (des rives ou aquatique) ainsi que du paysage et de l'environnement humain, économique et socio-culturel.

1.1.3. Protection de l'environnement - Autorisation des travaux

Dans de nombreux pays, le législateur a été amené au cours de la dernière décennie à édicter des règles précises concernant la protection de la nature ou de la ressource en eau, à organiser la consultation des populations, à imposer à l'aménageur une *étude d'impact* très fouillée, à surveiller l'exploitation des aménagements de façon à aboutir à une gestion contrôlée de l'eau et à un suivi écologique continu pendant toute la vie de l'ouvrage afin d'en apprécier les conséquences à long terme sur tous les domaines de l'environnement.

Désormais, les pouvoirs publics se réservent aussi d'examiner l'opportunité d'un aménagement et les modalités des travaux avant d'en autoriser l'exécution : on s'assure que l'objectif recherché est socialement et économiquement justifié, que les fonctions normales du cours d'eau continuent d'être assurées, sans léser les autres utilisateurs, ni créer de nouveaux dommages (aggravation des crues ou des étiages, trop importante extension de plans d'eau, par exemple).

1.2. INCIDENCES SUR LE MILIEU

1.2.1. Les retenues d'eau douce

Les aménagements fluviaux modifient les plans d'eau existants dans leurs caractéristiques morphologiques (volume, surface, niveaux) ou dynamiques (vitesse de l'eau). Dans certains cas, il en résulte une modification des caractéristiques physiques ou chimiques des eaux qui aura une incidence sur les conditions du développement biologique. La constitution de grands réservoirs favorise en général le développement des poissons dont la biomasse augmente notablement; mais ceci se fait quelquefois au détriment de la qualité.

En ce qui concerne la qualité des eaux, les retenues profondes engendrent souvent une stratification due aux différences de densité des eaux. On rencontre aussi ce phénomène dans les grands lacs naturels.

Cette stratification est due principalement au réchauffement et au refroidissement de la couche superficielle (épilimnion) dus aux échanges thermiques saisonniers avec l'atmosphère. La concentration en matières en suspension, oxygène dissous, salinité, substances nutritives, etc., ainsi que les processus écologiques des

developer fails to respect natural processes. The kinds of disorder which may be produced are : alteration of the longitudinal profile or cross-section, degradation, aggradation or siltation of the river bed; erosion of the catchment area; modification of flood propagation; accentuation of low flows, etc.

The technical resources of contractors have become considerable, and in a short space of time such works may give rise to thorough and wide-ranging transformations.

In all cases the natural or traditional environment is modified, and transformations appear in the surrounding elements (earth, water, air), often on a large scale. They produce certain physical, chemical or biological effects, concerning both the fauna (benthos, fish, birds, insects) and the flora (species growing on the banks or in the water) as well as the landscape and the human, economic and socio-cultural environment.

1.1.3. Protection of the environment - Authorisation for works

In the last decade, the governments of numerous countries have had to meet these new concerns by promulgating precise legislation on protection of nature or water resources, by organising public consultations and by imposing thorough *impact studies* of all development projects. They also supervise the operation of completed projects, in order to ensure effective water management control and continuous ecological monitoring throughout the life of the structure; thus its long-term consequences on all aspects of the environment can be assessed.

Public authorities also now reserve the right to examine the appropriateness of a scheme and the construction methods before authorising works to proceed : it is checked whether the objective is socially and economically justified, and whether the normal functions of the river continue to be ensured, without penalising other users nor causing new damaging effects (aggravation of floods or low flows, too large extension of water areas, for example).

1.2. EFFECTS ON THE NATURAL ENVIRONMENT

1.2.1. Fresh water reservoirs

River engineering schemes alter existing water areas in terms of their morphological characteristics (volume, surface area, water levels) and their dynamics (water velocity). In certain cases the resulting changes in the physical or chemical characteristics of the water will have an effect on the conditions of biological development. The constitution of large reservoirs generally encourages the development of fish, whose biomass increases significantly; however, this growth occasionally occurs to the detriment of quality.

As far as water quality is concerned, deep reservoirs are often subject to stratification due to water density differences. This phenomenon is also encountered in large natural lakes.

This stratification is mostly caused by the heating and cooling down of the surface layer (epilimnion) of the lake due to seasonal variation in the heat exchange with the atmosphere. The concentration of suspended material, oxygen, salinity,

couches profondes (hypolimnion) peuvent être très différents de ceux des couches superficielles. Le manque d'oxygène des couches profondes conduit à des processus anaérobies qui produisent l'ammonium et le phosphore. Ces substances peuvent provoquer des nuisances lorsque les couches d'eau s'échangent.

Les conditions d'exploitation de ces retenues (à l'aide de prises d'eau superficielles ou profondes) conduisent à une modification des caractéristiques de l'eau lâchée en aval qui peut avoir des incidences sur la vie animale (poissons) ou végétale (eau d'irrigation).

Les variations du *niveau* des retenues en fonction des apports saisonniers et de l'utilisation des eaux engendrent des marnages qui nuisent à la vie biologique des rives. La disparition de la ceinture de végétation donne aux rives un aspect artificiel. En l'absence d'enrochements naturels ou de revêtements artificiels, peu esthétiques et accueillants pour l'environnement biologique, les vagues et le batillage provoquent une érosion qui alimente la retenue en matières en suspension. De plus, la disparition de la végétation aquatique et subaquatique prive la retenue des biotopes très favorables qui sont des milieux nourriciers et de reproduction privilégiés pour les poissons (frayères) et certains oiseaux (nidification).

Les conditions d'exploitation influent sur la *vitesse de l'eau* : dans les retenues, la vitesse est souvent réduite voire annulée. Dans les dérivations (souterraines, canaux à l'air libre) le milieu devient artificiel. En aval des barrages ainsi que dans les tronçons de rivières court-circuités, l'écoulement dans l'ancien lit est modifié, les niveaux et débits s'écartant notablement des conditions antérieures. La stabilité du profil en long du cours d'eau peut être mise en cause. En l'absence de chasses, la réduction du débit des crues peut par exemple provoquer de véritables obstructions du lit auxquelles il convient de remédier.

La définition d'un débit garanti ou réservé est un élément important qui conditionne le niveau des nappes phréatiques et assure au paysage et à la vie aquatique une qualité suffisante. Le lit du cours d'eau aménagé peut être saisonnièrement asséché, ou au contraire parcouru par les chasses. La vitesse de l'eau, très variable suivant les circonstances, peut tour à tour éroder le manteau biologique du lit naturel puis véhiculer et déposer plus en aval des matériaux de charriage et des matières en suspension. Il faut donc définir avec soin les conditions d'un nouvel équilibre biologique qui dépend en particulier de la vitesse et de la température de l'eau.

1.2.2. Aménagements des côtes et estuaires

Grâce à des digues, ces aménagements isolent de la mer certains plans d'eau qui sont ainsi soustraits à l'effet des marées, des courants ou des vagues. Aux Pays-Bas, en l'espace de 30 ans, plus de 4 500 km² d'estuaires, soit 13 % de la surface du pays, ont été transformés en polders (1 700 km²), en lacs d'eau douce (2 300 km²) ou salée (500 km²). Les transformations effectuées pendant les cinq siècles précédents n'avaient porté que sur des surfaces bien moindres.

Compte tenu des apports respectifs en eau douce et salée, la composition chimique du milieu liquide et toute la chaîne biologique (algues, mollusques, poissons, oiseaux) se trouvent modifiées.

Dans les nouveaux lacs d'eau douce on trouve souvent des conditions favorables à l'excessive prolifération de quelques espèces d'algues (eutrophisation). De

nutrients, etc., as well as the ecological processes in the lower layers (hypolimnion) can be very different from those of the surface layers. The lack of oxygen in the lower layers leads to anaerobic processes which produce ammonium and phosphorus, substances that can be a nuisance when water layers exchange.

The conditions of operation of these reservoirs (involving surface or deep water intakes) result in modification of the characteristics of the water released downstream, which may have an effect on animal life (fish) or vegetal life (through irrigation water).

Reservoir *level* variations due to seasonal inflows and use of the water produce a negative effect on the biological life of the banks. The disappearance of the belt of vegetation gives the banks an artificial appearance. In the absence of natural riprap or artificial linings, which are unaesthetic and unwelcoming for the biological environment, waves and wash cause erosion which adds to the suspended solids in the reservoir. Moreover, the disappearance of aquatic and subaquatic vegetation deprives the reservoir of the very favourable habitats which are privileged environments for nourishment and reproduction of fish (spawning grounds) and certain birds (nesting).

Operating conditions affect the *water velocity* : in reservoirs, the current is often reduced or even eliminated. In river diversions (in the form of tunnels or free-surface canals), the environment becomes artificial. Downstream of dams and in the bypassed river sections, the flow in the former bed is modified, and levels and discharges deviate significantly from the former conditions. The stability of the river longitudinal profile may be affected. Without any flushing out, the decrease in flood flows may for instance create in the river bed real obstruction which will necessitate remedial measures.

Determination of a guaranteed or reserved flow is an important aspect which conditions water table levels and ensures a sufficient quality of landscape and aquatic life. The bed of the developed river may be seasonally dried out or on the contrary be flushed out. The water velocity, very variable according to the circumstances, may in turn erode the biological cover of the natural bed and then convey and deposit downstream the bedload and the suspended material. It is therefore necessary to define carefully the conditions of a new biological equilibrium which depends in particular on the velocity and temperature of the water.

1.2.2. Development of coasts and estuaries

The development works under consideration here are based on dyking, which isolates from the sea certain water areas which are thus freed from the effects of tides, currents or waves. In the Netherlands, in the space of 30 years, more than 4,500 km² of estuaries, or 13 % of the surface area of the country, have been transformed into polders (1,700 km²), fresh water lakes (2,300 km²) or salt water lakes (500 km²). The transformations made during the previous five centuries covered a much smaller area.

As a result of the respective inflows of fresh or salt water, the chemical composition of the liquid environment and its complete biological chain (seaweed, molluscs, fish, birds) are modified.

In the new fresh water lakes, the conditions are often created for the excessive proliferation of a few species of algae (eutrophication). In addition, as a conse-



Photo 2

La transformation de vastes zones d'estuaires en polders et en lacs d'eau douce
a une incidence profonde sur l'équilibre écologique.

*The change of large estuarine areas into polders and fresh water lakes
has a profound effect on the ecological equilibrium.*



Photo 3

Une distraction rentable.
Ramassage de savoureux coquillages sur le sol humide d'une zone de marée.
Rewarding recreation.
Finding tasty shellfish in the wetlands of a tidal area.

plus, par suite de la décantation des rivières affluentes, il peut y avoir accumulation de métaux lourds et agents polluants organiques. D'où une réduction regrettable du nombre et de la diversité des végétaux et des poissons.

Dans les lacs d'eau salée, la diversité des espèces est également menacée, d'autant plus que les apports de la pluie et du ruissellement tendent à diminuer la concentration en chlorure. Or, on sait que les lacs d'eau saumâtre présentent moins de diversité biologique que l'eau qui est nettement douce et salée.

Pour garder toutes les possibilités d'un environnement diversifié, on a corrigé le Plan Delta : la fermeture complète de l'un des estuaires est remplacée par un barrage qui peut être fermé pendant les tempêtes et qui, en temps ordinaire, n'élimine pas les effets des marées mais les atténue seulement.

La destination des plans d'eau et des terrains asséchés doit être choisie avec discernement en fonction des nécessités économiques ou sociales et du respect des équilibres écologiques. Pour les premiers (plans d'eau) : élevage de poissons, huîtres et moules, pêche d'anguilles et récolte d'algues; stockage d'eau pour l'énergie, l'agriculture ou l'eau potable; tourisme aquatique, réserves naturelles d'oiseaux. Pour les terres récupérées : cultures, élevage et forêts; urbanisation, voies de communications et aéroports; loisirs, etc.

1.2.3. Eaux souterraines

Il faut bien entendu éviter que le niveau des nappes phréatiques et la qualité des eaux souterraines ne soient défavorablement influencés par les modifications apportées au niveau des eaux superficielles (retenues surélevées ou territoires drainés). Des dispositions d'étanchement du sous-sol, l'installation de contre-canaux et de forages de décompression en bordure des plans d'eau permettent en général d'éviter de perturber les niveaux phréatiques et de maintenir la qualité des eaux souterraines. Si on ne peut éviter l'abaissement de la nappe phréatique, certaines mesures compensatoires peuvent être prévues (irrigation, distribution d'eau potable par exemple).

1.2.4. Qualité des eaux de surface

Les changements apportés aux écoulements modifient parfois la qualité des eaux courantes et stagnantes : il faut suivre attentivement les conditions d'oxygénation et de salure du milieu liquide, la pollution chimique (déchets industriels, pesticides de l'agriculture, métaux lourds, produits organiques de synthèse) ainsi que la pollution organique favorisée par les milieux trop riches (nitrates et nitrites, phosphates, ammoniac) et qui conduit parfois à la prolifération végétale (eutrophisation).

Les aménagements, en augmentant le temps de rétention (création des retenues, augmentation des surfaces, ralentissement des vitesses), ont, en général, un impact favorable en réduisant la pollution. Le temps de parcours et la sédimentation étant accrus, l'autoépuration est meilleure (diminution des matières organiques et des germes pathogènes).

Pour lutter contre les effets de la pollution et de l'eutrophisation qui sont désagréables pour les riverains et peuvent conduire à des inconvénients très sérieux au point de vue sanitaire, il faut s'attaquer à leurs causes. Notamment :

quence of the decantation of the inflowing rivers, heavy metals and organic pollutants can accumulate. Hence a regrettable reduction in the number and diversity of plants and fish.

In the salt water lakes, the species diversity is also threatened, more especially as the rain and run-off water tend to reduce the chloride concentration. It is a well-known fact that brackish water lakes exhibit less biological diversity than water which is distinctly fresh or saline.

In order to maintain all the possibilities of a diversified environment, the « Delta Plan » has been revised : the complete closure of one of the estuaries is replaced by a storm surge barrier which can be closed when necessary and which, in ordinary times, does not eliminate the effects of tides, but only attenuates them.

The intended uses of water areas and dried out land areas must be chosen judiciously in accordance with the economic and social requirements and respecting ecological balances. In the first case (water areas), the types of use may be : fish farming, oyster and mussel beds, eel fishing and seaweed harvesting; water storage for energy, agriculture or drinking water; water sports, or natural bird reserves. The uses of reclaimed land may be : crop-growing, stock farming and afforestation; urban development, transport routes and airports; leisure, etc.

1.2.3. Ground water

It is of course necessary to avoid affecting unfavourably level of water tables and the quality of the underground water by the changes made to the level of surface water (levels raised in reservoirs or lowered in drained land). Provision may be made for sealing off the underground formations, excavating lateral drainage canals or boring pressure relief holes on the edge of water areas. All these techniques may generally be applied to avoid disturbing the water table and to maintain ground water quality. If the lowering of the water table cannot be avoided, certain compensatory measures may be taken (irrigation, drinking water supply, for example).

1.2.4. Quality of surface water

The changes made to natural flow patterns occasionally alter the quality of flowing and stagnant water. It is important to monitor carefully the conditions of oxygenation or salination of the liquid environment, chemical pollution (by industrial wastes, agricultural pesticides, heavy metals or synthetic organic products), and organic pollution, which occurs in environments that are too rich (nitrates and nitrites, phosphates, ammonia), occasionally leading to vegetal proliferation (eutrophication).

By increasing the retention time (creation of reservoirs, increase in surface area, reduction in speed), development schemes generally have a favourable impact as they reduce pollution. Since travelling time and sedimentation are increased, self-purification is better (reduction in organic matter and pathogenic germs).

To control the effects of pollution and eutrophication, which are unpleasant for the riparian population and may give rise to serious sanitary problems, it is necessary to attack their causes. More particularly :

- on veillera à préserver la qualité initiale de l'eau dans les retenues en enlevant soigneusement, avant mise en eau, toute la végétation qui risquerait de s'y décomposer ou les matériaux susceptibles de polluer le milieu;
- on épurera systématiquement les résidus industriels et urbains, et dérivera s'il y a lieu les effluents vers des milieux moins sensibles.

L'eutrophisation étant due à un ensemble de facteurs de croissance, il est souhaitable d'éliminer le plus possible d'éléments fertilisants (nitrate, phosphate, etc.). Mais, à défaut de pouvoir être complet, le traitement permettant de réduire l'un des facteurs conduit déjà à une amélioration de la situation.

On peut aussi remédier à certains effets de la pollution par la reconstitution de roselières favorisant l'oxygénation des eaux, par le faucardage, l'introduction de canards, oies ou poissons voraces détruisant la végétation, éventuellement par des traitements chimiques sélectifs, mais ceux-ci doivent être utilisés avec beaucoup de précautions.

1.2.5. Matières en suspension

Les modifications de l'équilibre morphologique des cours d'eau peuvent conduire à des altérations du profil d'équilibre entraînant des érosions, creusements et remblaiements.

Il en résulte non seulement une destruction du tapis végétal et biologique couvrant le lit des cours d'eau ou le bord des réservoirs, mais un accroissement du débit solide de suspension ou de charriage qui perturbe en aval toute la vie végétale et animale. La turbidité des eaux nuit au développement des poissons qui périssent par obstruction des branchies; la diminution de la transparence du milieu liquide réduit l'effet bénéfique de la photosynthèse.

Les dragages, l'extraction de graviers, la pratique de chasses ou de purges, l'exploitation des réservoirs en éclusées (avec marnage systématique dans la retenue et fortes vitesses en aval lors des chasses) peuvent conduire à des inconvénients similaires.

Inversement, la décantation des sédiments dans les retenues peut réduire la turbidité de l'eau en aval, ce qui peut avoir des conséquences sur la flore et la faune aquatiques ainsi que sur la stabilité du lit ou des estuaires.

1.3. INCIDENCES SUR LE MONDE ANIMAL ET VÉGÉTAL

1.3.1. Les poissons

Les transformations du lit et des conditions de l'écoulement, ainsi que les modifications physiques et chimiques corrélatives du milieu aquatique, conditionnent les équilibres biologiques.

La flore et la faune benthique qui tapissent les fonds retentissent directement sur la vie et le développement des poissons. Une étude statistique de cette faune benthique permet de définir un « indice biotique » qu'il est commode d'utiliser pour caractériser la pureté des eaux et son aptitude d'accueil biologique.

- before flooding a future reservoir, special attention should be paid to preserving initial water quality in the reservoir by carefully removing all vegetation that could decompose in the water or materials likely to pollute the environment;
- industrial and urban sewage should be systematically treated, and, if necessary, the effluents should be diverted to less sensitive receiving environments.

Since eutrophication is caused by a set of growth factors, it is advisable to eliminate the maximum amount of fertilising elements (nitrates, phosphates, etc.). However, even if incomplete, any treatment enabling one of the factors to be reduced leads to an improvement in the situation.

Certain effects of pollution may also be remedied by reconstituting reed beds, which improve the oxygenation of the water, by weed-cutting, by introducing ducks, geese or voracious fish which destroy the vegetation, or possibly even by selective chemical treatment, although such treatment must be handled with considerable care.

1.2.5. Suspended material

Changes in the morphological equilibrium of rivers may involve alteration of the equilibrium profile, resulting in erosion, degradation and aggradation of the bed.

This results not only in destruction of the vegetal and biological cover which forms on the beds of rivers and on the edge of reservoirs, but also in an increase in the solid discharge of suspended material and bed load, which disturbs all vegetal and animal life downstream. Water turbidity is harmful to the growth of fish, which perish through obstruction of their gills; the reduced transparency of the liquid environment also reduces the beneficial effect of photosynthesis.

Similar harmful effects may be produced by dredging, gravel extraction, flushing or draining operations, or the operation of reservoirs in successive releases of large volumes of water (with systematic rise and fall of the reservoir level and high velocities downstream during the release operations).

On the contrary, the sediment decantation in the reservoirs can reduce the water turbidity downstream, affecting the aquatic flora and fauna, as well as the river bed and estuary stability.

1.3. EFFECTS ON ANIMAL AND PLANT LIFE

1.3.1. Fish

Changes in the bed and flow conditions, together with the correlative physical and chemical modifications of the aquatic environment, condition biological balances.

The flora and benthic fauna which cover the bed directly condition the life and growth of fish. A statistical study of benthic fauna leads to determination of a « biotic index » which is a convenient means of characterising water purity and its biological reception capacity.



Photo 4

La flore et la faune benthique sont indispensables à la vie et à la croissance des poissons.
Anémone de mer sur un revêtement de pierre dans les eaux de l'Escaut Oriental.

*Flora and benthic fauna are vital for the life and growth of fish.
Sea-anemone on Easter Scheldt underwater stone revetments.*



Photo 5

Effets sur les animaux et les plantes. Des pertuis peuvent avoir un effet bénéfique sur la qualité de l'eau et permettre la migration des poissons.

Effects on animal and plant life. Sluices may favourably influence water quality and permit fish migration.

La croissance et le développement relatif des différentes espèces de poissons sont conditionnés par la température et la vitesse de l'eau, par la pureté chimique et la turbidité du milieu, par la nature et l'abondance du plancton qui s'y développe.

L'extension des plans d'eau peut conduire à une croissance de la quantité et de la taille des poissons. Dans certains cas, il y a maintien voire amélioration de la qualité des poissons dans les rivières aménagées. Mais inversement, si certaines conditions de vitesse et de température ne sont pas respectées, il y a régression dans l'échelle des valeurs de la qualité des poissons. Les espèces nobles (par exemple les salmonidés qui se développent dans les eaux fraîches, claires et turbulentes) régressent alors au profit d'espèces moins intéressantes (par exemple les diverses catégories de cyprinidés) vivant dans des milieux plus tièdes ou pollués, dans les eaux moins courantes voire stagnantes.

Tous les ouvrages (barrages, seuils, écluses, usines) constituent des obstacles difficilement franchissables par les poissons migrateurs :

- à la remonte, les poissons ne peuvent franchir les fortes dénivellations ou vitesses;
- à la descente, les jeunes poissons supportent mal la décompression brutale due au passage des turbines ou à la suraération de l'eau par les grands déversoirs à air libre qui peut provoquer la mort par embolie gazeuse.

Des échelles, écluses, ascenseurs à poissons ou autres moyens spéciaux permettent de remédier à ces inconvénients s'ils sont bien conçus et si l'obstacle n'est pas trop grand. Si on veut être efficace, il faut que les problèmes piscicoles de l'ensemble du cours d'eau soient examinés en détail depuis l'embouchure jusqu'à la source.

Dans le cas de certains projets de dérivation comportant des barrages, des galeries ou canaux d'adduction peuvent permettre aux poissons d'émigrer d'un système hydrographique à l'autre. Il faut prendre soin d'éviter que des espèces prédatrices ou indésirables ne soient introduites dans un système comportant normalement des espèces productives ou intéressantes pour la pêche de loisir. L'installation de grilles peut être efficace dans beaucoup de cas.

Mais le développement de la faune s'accommode mal de conditions de vie trop artificielles : un soin particulier doit être apporté au maintien et à la reconstitution des frayères dans le lit principal et dans les affluents dont l'accès doit rester aisé.

Dans certains cas, la pérennité du cheptel piscicole peut être assurée par des alevinages auxquels contribue l'aménageur qui prend également en charge, le cas échéant, la création et l'exploitation d'écloseries.

1.3.2. Les oiseaux

Les milieux humides naturels (lacs, marais, cours d'eau) sont en général accueillants pour l'avifaune car ils favorisent la nidification, la nourriture et le développement des oiseaux sédentaires ou migrateurs. Il en est de même des lacs et voies d'eau artificiels si les rives sont rendues accueillantes par le développement de la végétation et par des niveaux d'eau peu variables.

Le développement de la faune aviaire est d'autant mieux assuré que l'étendue disponible est plus vaste avec un biotope varié et diversifié, les plans d'eau et les marécages alternant avec les roselières et les zones émergées. On voit alors s'installer

The growth and relative development of the different species of fish are conditioned by the temperature and velocity of water, by the chemical purity and turbidity of the water, and by the nature and abundance of the plankton which develops in it.

The extension of water areas may lead to an increase in the quantity and size of fish. In certain cases, the quality of fish in developed rivers is maintained or even improved. Conversely, if certain conditions of velocity and temperature are not respected, there is a regression in the scale of fish quality values. The noble species (for example the salmonidae, which develop in cool, clear and turbulent water) then decline to the benefit of less interesting species (for example the various categories of cyprinidae) which live in warmer or more polluted environments, in water flowing more slowly or even stagnating.

All structures (dams, weirs, locks, hydropower plants) constitute obstacles which cannot easily be passed by migrating fish :

- heading upstream, fish cannot overcome important differences in level and high speeds,
- heading downstream, young fish suffer from the brutal decompression due to the passage through turbines or from the excessive aeration of the water on surface spillways, which may cause death by air embolism.

Fish ladders, fish locks, fish lifts or other special means may remedy these disadvantages if they are well designed and if the obstructions are not too large. If positive results are to be obtained, the problems of fish resources in an entire river must be examined in detail from the river mouth to its source.

In the case of certain diversion projects involving dams, tunnel or canal aqueducts may permit migration of fish species from one river system to another. Care is needed to avoid predatory or undesirable fish species being introduced into a river system previously containing productive or sporting fish species. Screens may be effective in many cases.

In any event, fauna cannot easily develop when its living conditions are too artificial : particular attention must be paid to the maintenance and reconstitution of spawning grounds in the main bed and in the tributaries, to which access must be kept open.

In some cases, the continuation of fish resources may be ensured by stocking with young fish. The development authority may contribute to this stocking, and may also in certain cases assume responsibility for the construction and operation of hatcheries.

1.3.2. Birds

Natural wet environments (lakes, marshes, rivers) generally offer a favourable habitat for the avifauna, since they lend themselves to nesting, nourishment and growth of sedentary or migratory bird species. The same is true of man-made lakes and waterways if the banks are made hospitable by the development of vegetation and if the water level variations are slight.

Development of the avifauna is ensured all the more effectively if the available area is vast, with a varied biotope, water areas and marshland alternating with reed beds and land areas. Under these conditions, bird colonies will spontaneously

spontanément au bord de l'eau des colonies d'anatidés (canards), de rallidés, de cygnes et d'échassiers ainsi que des rapaces et prédateurs.

Bien entendu, la prolifération des oiseaux sur un espace limité peut aussi favoriser le développement des épizooties (botulisme) alors que l'extension des plans d'eau à niveau constant favorise le développement des moustiques. Des précautions appropriées permettent d'éviter ces dangers.

Le développement de la vie sauvage au bord des plans d'eau artificiels est lié à la présence de la végétation et au respect de certaines contraintes dont il faut tenir compte. Il contribue à donner aux plans d'eau un agrément tout particulier qui est conforté par l'éloignement des chasseurs et la création de véritables réserves naturelles.

1.3.3. La faune terrestre

Cette faune se trouve également affectée par la constitution de grands plans d'eau, surtout si des forêts de remplacement ou des friches sauvages ne subsistent pas aux alentours des emprises des ouvrages. Il est souhaitable que les berges des plans d'eau restent accueillantes pour certaines espèces riveraines (castors, loutres) qui sont souvent en régression ou menacées de disparition.

Ceci suppose la présence de zones de calme et de tranquillité et que le talus des berges, par ses aspérités, sa faible pente et la végétation, n'empêche pas les animaux (y compris le grand gibier) de venir se nourrir et boire ou de traverser à la nage.

1.3.4. La végétation

Elle joue aussi un rôle important dans les équilibres biologiques.

Dans le milieu aquatique et en bordure de celui-ci, les plantes (phytoplancton, algues, roselières, renoncules flottantes, lentilles d'eau) jouent en général un rôle utile et important à condition de ne pas tout envahir. Elles contribuent à l'oxygénation et l'épuration des eaux. Elles servent d'abri (frayères à poissons, nidification des oiseaux) et de milieu nourricier pour la microfaune (larves d'insectes et d'invertébrés), pour les poissons et oiseaux. Par contre, une végétation exubérante (exemple des jacinthes d'eau) se développant dans un milieu benthique, sans courant qui puisse entraîner au loin les déchets végétaux, peut se révéler nuisible.

Il faut que les milieux plus ou moins artificiels créés par les ouvrages (lacs, canaux, rivières canalisées) et leurs conditions d'exploitation (marnage, variations de vitesse), se rapprochent sensiblement des conditions naturelles de façon à maintenir l'abondance et la variété des espèces végétales et animales.

Avant d'implanter définitivement les ouvrages, il est utile de procéder à un inventaire de la végétation existante (à l'aide de cartes phytosociologiques) afin de préserver si possible les espèces rares et les sites botaniquement intéressants. Sur les rives et au voisinage des ouvrages en terre, toutes les précautions doivent être prises pour que la terre végétale soit soigneusement récupérée; les terre-pleins et talus seront systématiquement semés et complantés d'espèces variées et adaptées aux terrain, climat et site, en conservant si possible aux arbres leur port naturel.

On reconstituera ainsi une couverture faite d'associations végétales naturelles s'insérant harmonieusement dans le paysage et permettant un équilibre biologique riche et diversifié.

occupy the waterside areas : anatidae (ducks), rallidae, swans and waders, as well as birds of prey.

Of course, the proliferation of birds in a limited space may also encourage the spread of epizootic disease (botulism), while the extension of constant-level water areas encourages the development of mosquitoes. These dangers can be avoided by appropriate precautions.

The development of wild life on the edges of artificial water areas is related to the presence of vegetation and is subject to certain limiting factors which must be taken into account. It makes an important contribution to the attractiveness of water areas, which is consolidated by keeping hunters away and creating veritable nature reserves.

1.3.3. Terrestrial fauna

This fauna is also affected by the creation of large water areas, especially if its habitat is not replaced by forest or natural waste land remaining around these areas. It is desirable to ensure that the banks of water areas represent favourable conditions for certain riparian species (such as beavers and otters) which are often in decline or risk disappearing altogether.

This presupposes the presence of calm areas in which the banks, by their roughness, steepness and vegetation, do not prevent animals (including big game) from coming to feed and drink at the edge of the water or from swimming across the water area.

1.3.4. Vegetation

Vegetation also plays an important role in biological balances.

In the aquatic environment and the bordering land, plants (phytoplankton, algae, reed beds, water crowfoot, duckweed) generally play a useful and important role provided that they do not invade the environment entirely. They contribute to oxygenation and purification of the water. They serve to provide shelter (fish spawning grounds and birds' nests) and food for the microfauna (larvae of insects and invertebrates), for fish and for birds. On the other hand, luxuriant vegetation (e.g. water hyacinths) developing in a benthic environment, without any current for removing decayed vegetation, may prove to be harmful.

The more or less artificial environments created by structures (lakes, canals, canalised rivers) and their operating conditions (variations in levels and water velocity) must be kept as close as possible to natural conditions so as to maintain the abundance and variety of vegetation and animal species.

Before the definitive implementation of works, it is useful to draw up an inventory of the existing vegetation (with phytosociological maps) in order to preserve, if possible, rare species and sites which are interesting from a botanical point of view. On the banks and in the vicinity of earthfill structures, all precautions must be taken for careful recovery of the loam; platforms and banks must be systematically seeded and planted with trees, using varied species adapted to the terrain, climate and site, and retaining if possible the natural aspect of trees. In this way the vegetal cover will be reconstituted with natural plant associations, integrating harmoniously with the landscape and allowing a rich and diversified natural equilibrium.



Photo 6

Oiseaux.

Prédateurs d'huîtres et échassiers sur les terres humides de l'Escaut Oriental.

Birds.

Oyster-catchers and waders on Easter Scheldt wetlands.



Photo 7



Photo 8

Terrain de jeux aquatiques pour enfants sur la retenue
d'un aménagement hydro-électrique au Japon.
*Children's water playground constructed
at Japanese hydro-electric lake.*

1.4. INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

1.4.1. Paysage et environnement

Ces incidences sont nombreuses et touchent des aspects très variés. Les travaux hydrauliques, même s'ils ont été effectués avec toutes les précautions utiles pour maintenir un équilibre biologique satisfaisant entre la vie animale et végétale, transforment profondément le paysage. Ils conduisent d'abord à insérer dans le paysage des ouvrages très visibles quelquefois monumentaux, volumineux ou étendus. A un paysage traditionnel assez varié, avec ses cultures, ses friches et ses forêts, ils substituent ensuite un plan d'eau à l'aspect souvent agréable mais uniforme, même s'il est nuancé de reflets et animé par des rides. De ce fait, le paysage peut prendre un caractère artificiel qu'il faut s'efforcer d'atténuer par un souci architectural et par des études paysagères détaillées.

Il faut rester attentif aux possibilités de modifications locales du microclimat, favorables ou non (humidité de l'air, brouillards, couloirs à vent dus à des déboisements excessifs, réduction des écarts de température, gelées nocturnes), et même à la génération de séismes ou microséismes dans les régions sensibles, si les ouvrages et retenues d'eau sont de grande hauteur ou étendue. Il faut aussi penser aux bruits générés non seulement par les travaux mais aussi par certaines activités induites (industries, transports, urbanisation).

1.4.2. Conséquences économiques et socio-culturelles

Quels que soient les objectifs, les ouvrages ont des conséquences économiques et sociales considérables qui, selon le cas et les précautions prises, peuvent être bénéfiques ou non :

- sur *l'agriculture* : suppression des surfaces cultivées au profit des emprises ou des plans d'eau, protection des cultures contre les crues dévastatrices, stabilisation des nappes phréatiques, relèvement des étiages, possibilités nouvelles d'irrigation ou de drainage;
- sur *la pêche et la chasse, l'aquaculture, la sylviculture* et leurs activités associées;
- sur les facilités de *transport* offertes par les ouvrages (navigation, routes ouvertes à la faveur des chantiers, zones portuaires);
- sur *l'industrie* : par le développement d'une industrie hydro-électrique ou thermo-électrique (grâce aux possibilités de refroidissement données par les plans d'eau) et l'installation des industries qui découlent des activités précédentes;
- sur le développement des *loisirs* liés aux plans d'eau (motonautisme, bateaux et planches à voiles, canoé-kayak, baignade, pêche);
- sur le développement de *l'urbanisation* qui peut être lié à l'ouverture de chantiers et aux retombées économiques et sociales qui viennent d'être énumérées.

Même lorsqu'ils ont un objectif bien limité (navigation, énergie ou stockage de l'eau par exemple), les aménagements hydrauliques donnent lieu à des équipements complémentaires à buts multiples qui par leur diversité améliorent la qualité de la vie et constituent souvent une contrepartie très positive aux modifications imposées au milieu naturel. Mais certains développements induits par les aménagements

1.4. EFFECTS ON THE HUMAN ENVIRONMENT

1.4.1. Landscape and the environment

These effects are numerous and cover a wide variety of aspects. Hydraulic works, even if they are carried out with all useful precautions to maintain a satisfactory biological equilibrium between animal and vegetal life, completely transform the landscape. In the first place, they involve insertion into the landscape of structures that are often monumental, voluminous or extensive, and in any case highly visible. Then, in place of a varied traditional landscape made up of cropped land, waste land and forests, they create a water area with an often pleasant but uniform aspect, even if it is varied by reflections or movement in the form of wavelets. The landscape may thus assume an artificial character, which the developer must try to attenuate by careful architecture and by detailed landscaping studies.

Attention must be paid to the possibility of local changes, favourable or not, in the microclimate (air humidity, fog, wind corridors due to excessive tree clearing, reduction of temperature variations, night frost), and even to the possible generation of earthquakes or microearthquakes in sensitive regions, if the structures and reservoirs are particularly high or extensive. Thought must also be given to the noise generated not only by the works but also by certain induced activities (industry, transport, urban development).

1.4.2. Economic and socio-cultural consequences

Whatever their objectives, the structures under consideration have far-reaching economic and social consequences which, depending on the case and the precautions taken, may or may not be beneficial. By way of example, there are consequences :

- on *agriculture* : elimination of cultivated areas to build structures or create water areas, protection of crops against flood damage, stabilisation of water table levels, consolidation of low flows, creation of new irrigation or drainage possibilities;
- on *fishing and hunting, hydro-culture, forestry* and their associated activities;
- on *transport* facilities offered by the structures (navigation, roads opened thanks to the requirements of site access, port areas);
- on *industry* : by the development of hydroelectric power plants or thermal power stations (thanks to the cooling potential offered by water) and the installation of industries taking advantage of the potential offered by the above activities;
- on the development of *leisure* uses of water areas (motor boating, yachting, windsurfing, canoeing, swimming, fishing);
- on *urban development* which may be related to the opening of work sites and to the above-mentioned economic and social spinoff.

Even when their objective is limited to a specific function (navigation, energy or water storage, for example), hydraulic development schemes provide the occasion for developing complementary multipurpose facilities which, by their diversity, improve the quality of life and often form a very positive counter-effect to the modifications imposed on the natural environment. But certain activities induced

hydrauliques (industries, loisirs, urbanisation) peuvent, à leur tour, engendrer des risques de pollution.

Il appartient en définitive aux pouvoirs publics de chaque pays de bien mesurer toutes les conséquences directes ou indirectes des aménagements hydrauliques projetés, et de mettre en balance les avantages et inconvénients économiques et sociaux avec les modifications inévitables apportées à la nature.

1.5. CONCLUSIONS

L'attention des aménageurs est maintenant attirée sur le respect de la nature, de la ressource en eau et la protection de l'environnement. Des précautions sont prises pour éviter de bouleverser les équilibres naturels aussi bien lors de l'exécution des travaux que pendant l'exploitation des ouvrages.

Dans les réaménagements liés à la construction de barrages, l'aménageur doit se transformer en un promoteur responsable qui s'assure de l'évolution écologique des territoires et plans d'eau transformés, sauvegarde les conditions naturelles et optimise la gestion de l'ensemble. Dans certains cas, les dommages inévitables à l'environnement pourront être compensés par certaines actions spécifiques de protection de la nature, par exemple la création de réserves naturelles, la reconstitution de milieux naturels, l'exécution de travaux de reboisement ou de restauration des sols.

Si le progrès économique et social impose l'exécution de grands travaux, en contrepartie il paraît indispensable de réserver et protéger des espaces sauvages où la nature reprend ses droits, où plantes et animaux s'épanouissent librement et où les hommes peuvent respirer et rêver loin de certaines contraintes imposées par le monde moderne.

REFERENCES

DOCUMENTS GÉNÉRAUX - GENERAL DOCUMENTS

1. A. ARRIGNON, J., 1976. *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces*, Éd. Gauthier-Villars, Paris, 320 pages.
1. B. CANADIAN DEPARTMENT OF FISHERIES AND OCEANS-BULLETIN 205. *Environmental effects of dams and impoundments in Canada*.
1. C. FECKINGER, R., 1981. *Incidence de la construction des barrages sur les écosystèmes des eaux courantes continentales*. Bulletin technique d'information n^{os} 364-365, Éd. Ministère de l'Agriculture, Paris, 61 pages.
1. D. GINOCCHIO, R. et al., 1980. *Énergie électrique et environnement* (notamment chapitre 5 par J. Chevalier, pages 153 à 255), Éd. Eyrolles, Paris, 667 pages.

by hydraulic schemes (industry, leisure, urban development) may themselves give rise to pollution risks.

Finally, it is the public authorities of each country which must carefully measure every direct or indirect consequence of hydraulic development projects and put in balance economic and social advantages and disadvantages with the inevitable modifications on nature.

1.5. CONCLUSIONS

The attention of development authorities is now drawn to the need to respect nature, preserve water resources and protect the environment. Precautions are taken to avoid upsetting natural balances, both during implementation of the works and during subsequent operation of the completed schemes.

In the development work associated with dam construction, the development authority must fulfil the role of the responsible promoter, ensuring the ecological evolution of the transformed land and water areas, preserving natural conditions and optimising management of the scheme as a whole. In certain cases, the inevitable damage caused to the environment could be compensated for by specific nature protection measures, such as the creation of nature reserves, the reconstruction of natural environments and reforestation or soil restoration measures.

Although the implementation of large schemes is a prerequisite for economic and social progress, it is indispensable on the other hand to reserve and protect wild areas where nature has its own way, where plants and animals develop freely and where mankind can breathe and escape from some stresses imposed by the modern world.

1. E. LESEL, R. et ASSOCIATION FRANÇAISE DE LIMNOLOGIE, 1983. *Travaux français de limnologie*, Éd. I.N.R.A., France, 277 pages.
1. F. SAEIJS, H.L.F., 1982. *A review and new strategy for management and design on coastal engineering*, Ed. Rijkswaterstaat Communications, The Hague, 413 pages.
1. G. SOCIETAS INTERNATIONALIS LIMNOLOGIAE. 1984. *Proceedings 22nd Congress SIL* (Lyon, Aug. 1983). Verh. Internat. Verein. Limnol., Vol. 22 (in preparation), Ed. Schweizerbart'sche Verlag, Stuttgart, ≈ 1 500 pages.
1. H. SYMPOSIUM ECOLOGICAL ASPECTS IN COASTAL ENGINEERING, 1983. *Proceedings Symposium June 1983*, Rotterdam, The Netherlands. Integration of ecological aspects in coastal engineering projects, by Bannink, B.A., Ed. Pergamon Press, in preparation, ≈ 700 pages.
1. I. UNIVERSITY OF WISCONSIN AND DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 1974. *Survey of lake rehabilitation techniques and experiences* (Upper Great Lakes Commission), 138 pages.

- 1. J. UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION, 1972. *Environmental evaluation system for water resource planning*.
- 1. K. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, July 1974. *An assessment methodology for the environmental impact of water resources projects*.
- 1. L. *Comments received from the National Committees of Canada, India, Netherlands, New Zealand, Rumania, Spain and Yugoslavia*.

ÉTUDES PARTICULIÈRES - PARTICULAR SURVEYS

- 1. M. AKI, S. *et al.*, 1982. *Reservoir Water Quality*, Technical Report n° 302, Ed. Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan (See also River Law, July 1964, Art. 1, 2, 16 and 23, Ed. Japanese Government).
- 1. N. COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE, Oct. 1981. *Impact sur l'environnement de la chute de Sault-Brénaz sur le Rhône*, Ronéotypé, Éd. C.N.R., Lyon, 176 pages.
- 1. O. DORNBOS, G., 1981. *Expectations for the development of the abundance of fishes in a salt or fresh water Lake Grevelingen to the background of the changes in the fish fauna during 1960-1980* (in Dutch), Report 2.81.III.6, Ed. Delta Institute for Hydrobiological Research, Yerseke, The Netherlands.
- 1. P. FENZ, Dr. Ing. R., June 1975. *Run-of-river power and environment*, Ed. Österreichische Wasserwirtschaft.
- 1. Q. GEMAEHLING, Cl. et NIEL, J.-F., Janv. 1982. *Barrages et environnement en France*, Ronéotypé, Éd. C.N.R., Lyon, 35 pages.
- 1. R. GRÉGOIRE, A., Oct. 1981. *Contribution à l'étude hydrobiologique d'une rivière aménagée : Le Verdon*, Thèse Doctorat, Éd. Université Aix-Marseille I, 213 pages plus Vol. figures.
- 1. S. NAOMURA, T. *et al.*, 1976. *Long-term persistence of turbid water phenomenon in Hitotsuse reservoir*, 12th Congress on Large Dams, Mexico, 1976, Vol. III, p. 813-839, Ed. ICOLD.
- 1. T. SAVEY P., COTTEREAU Cl. et NIEL J.-F., Sept. 1983. *Influence de l'aménagement du Rhône sur l'autoépuration*, Ronéotypé, Éd. C.N.R., Lyon, 31 pages.
- 1. U. STORTELDER, P. B. M. AND HAMER, F. C., 1982. *Principal environmental consequences of dams in the Netherlands*, Typewritten, Ed. Rijkswaterstaat, Delta Dienst, S'Gravenhage, The Netherlands, 18 pages.

RAPPORT N° 2/REPORT No. 2

par le Sous-Comité n° 2/*by the Sub-Committee No. 2*

**BARRAGES ET ENVIRONNEMENT
EN RÉGIONS TROPICALES, SUBTROPICALES ET ARIDES**

**DAMS AND THE ENVIRONMENT
IN TROPICAL, SUB-TROPICAL AND ARID REGIONS**

PAYS MEMBRES DU SOUS-COMITÉ N° 2
MEMBER COUNTRIES OF SUB-COMMITTEE No. 2

Brésil/ *Brazil* : J. A. BANDEIRA DE MELLO (Président/ *Chairman*)
Portugal/ *Portugal* : A. GONÇALVES
Espagne/ *Spain* : E. RODRIGUES PARADIÑAS
États-Unis/ *U.S.A.* : R. HARZA
Yougoslavie/ *Yugoslavia* : M. MRVOS

TABLE DES MATIÈRES

TABLE OF CONTENTS

2.1. INTRODUCTION	42/43	2.1. INTRODUCTION
2.2. DOMAINES D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	42/43	2.2. AREAS OF ENVIRONMENTAL IMPACT
2.3. EFFETS SUR L'EAU	42/43	2.3. EFFECTS ON WATER
2.4. EFFETS SUR LES TERRES	44/45	2.4. EFFECTS ON LAND
2.5. EFFETS SUR LA FAUNE ET LA FLORE	46/47	2.5. EFFECTS ON FAUNA AND FLORA
2.6. EFFETS SUR LE CLIMAT	50/51	2.6. EFFECTS ON CLIMATE
2.7. EFFETS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX	50/51	2.7. ECONOMIC AND SOCIAL EFFECTS
2.8. EFFETS SUR L'HOMME	52/53	2.8. EFFECTS ON MAN
2.9. CONCLUSIONS ET RECOM- MANDATIONS	56/57	2.9. CONCLUSIONS AND RECOM- MENDATIONS
2.9.1. Santé	56/57	2.9.1. Health
2.9.2. Déboisement	58/59	2.9.2. Deforestation
2.9.3. Envasement	60/61	2.9.3. Siltation
2.9.4. Production de protéines	62/63	2.9.4. Protein
2.9.5. Tourisme	62/63	2.9.5. Tourism
2.9.6. Sauvetage de la faune	62/63	2.9.6. Fauna rescue
2.9.7. Réinstallation de la population	62/63	2.9.7. Resettlement
2.9.8. Problèmes de formation	66/67	2.9.8. Education
RÉFÉRENCES	66	REFERENCES

2. BARRAGES ET ENVIRONNEMENT EN RÉGIONS TROPICALES, SUBTROPICALES ET ARIDES

2.1. INTRODUCTION

Presque tous les pays des régions tropicales, subtropicales et arides du monde encouragent la construction de barrages pour faire face à des besoins urgents en énergie, irrigation, contrôle des crues et alimentation en eau. En zones arides, le point crucial est, naturellement, l'alimentation en eau et l'irrigation alors qu'on mettra davantage l'accent, en zones tropicales, sur le contrôle des crues. La production d'énergie peut se greffer sur chacune de ces fonctions. La réalisation de toute infrastructure importante telle que barrage, port, zone d'irrigation ou de plantation, zone industrielle, mine à ciel ouvert ou zone d'urbanisme affecte évidemment l'environnement. Dans le cas de barrages, des problèmes particuliers d'environnement peuvent surgir et il existe des méthodes efficaces pour y remédier. Les problèmes d'environnement dus aux barrages (en zones tropicales, subtropicales et arides) ainsi que certaines des solutions qu'on peut leur apporter font l'objet du présent document.

2.2. DOMAINES D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

En zones tropicales, subtropicales et arides, les barrages sont construits principalement pour la production d'hydro-électricité, le contrôle des crues, le stockage de l'eau et l'irrigation. Comme indiqué précédemment, la construction des barrages entraîne inévitablement une altération de l'environnement. Eu égard aux caractéristiques des régions mentionnées ci-dessus, l'impact peut être scindé en effets sur l'eau, effets sur les terres, effets sur la faune et la flore, effets sur le climat, effets économiques et sociaux et effets sur l'homme.

2.3. EFFETS SUR L'EAU

Construire des barrages signifie stocker de l'eau et créer ainsi une ressource naturelle disponible pour un grand nombre d'usages. Afin de préserver la qualité de l'eau dans les retenues, il est nécessaire de contrôler à la fois la pollution due à l'homme et le processus naturel d'eutrophisation.

La rétention de l'eau dans les réservoirs intensifie le dépôt des matières en suspension. La qualité de l'eau se trouve améliorée par la diminution de la turbidité, mais le dépôt des matières minérales et organiques peut engendrer des problèmes d'envasement et d'appauvrissement en oxygène.

Il peut éventuellement se produire une augmentation de la concentration en éléments nutritifs végétaux à cause du lessivage, sur les terres inondées, des cendres de la végétation brûlée et des matières organiques en décomposition, ce qui peut contribuer à l'eutrophisation des eaux.

2. DAMS AND THE ENVIRONMENT IN TROPICAL, SUB-TROPICAL AND ARID REGIONS

2.1. INTRODUCTION

Almost all countries of tropical, sub-tropical and arid regions of the world are fostering the construction of dams in order to meet the urgent demand for energy, irrigation, flood control and water supply. In arid regions, the emphasis goes naturally to water supply and irrigation, while tropical regions have greater flood control needs. Energy production can be fitted to these functions additionally. Building any major infrastructure project such as a dam, harbour, irrigation or plantation project, industrial zone, surface mine or urbanized area, obviously affects the environment. In the case of dams, special environmental problems can arise, and effective methods of managing these problems exist. Dam-caused environmental problems (for tropical, sub-tropical and arid regions) and some of the available solutions to such problems are discussed in this paper.

2.2. AREAS OF ENVIRONMENTAL IMPACT

In tropical, sub-tropical and arid zones dams are mainly built for hydroelectricity, flood control, water storage and irrigation. As previously stated, building dams unavoidably causes alterations to the environment. Considering the specific characteristics of the above mentioned regions the overall impact may be broken down into : Effects on Water, Effects on Land, Effects on Fauna and Flora, Effects on Climate, Economic and Social Effects and Effects on Man.

2.3. EFFECTS ON WATER

To build dams means water storage, and this provides a natural resource available for a large number of uses. In order to conserve water quality in reservoirs, it is necessary to control both man-made pollution and the natural process of eutrophication.

Retention of water in the reservoir increases the settlement of suspended material. Water quality is improved by a decrease of turbidity, but the deposition of mineral and organic matter may cause problems by silt accumulation and oxygen depletion.

There could possibly be an increase in the concentration of plant nutrients due to leaching from the ashes of burned vegetation and from decaying organic matter on the flooded land, that might contribute to the eutrophication of the water body.

L'inondation de la forêt tropicale, si elle n'a pas été nettoyée, et la faible vitesse de l'eau entraînent une dégradation de la qualité de cette dernière par appauvrissement en oxygène et production d'hydrogène sulfuré. La teneur en substances réduites peut atteindre un niveau toxique pour les poissons, désagréable pour l'homme et corrosif pour les turbines hydro-électriques.

Les retenues profondes sont sujettes à une stratification due aux effets de la température et des sels dissous sur la densité de l'eau. En dessous de la couche où de l'oxygène est produit par photosynthèse, la teneur en oxygène dissous diminue en fonction de la profondeur. On peut même arriver à un épuisement complet de la teneur en oxygène et à une accumulation de substances réduites dans l'eau. Si des volumes importants d'eau présentant un déficit en oxygène dissous sont lâchés de la retenue, la qualité de l'eau peut s'en trouver altérée dans le bief aval de la rivière.

La mise en eau d'une retenue provoque une élévation du niveau de la nappe phréatique et risque ainsi de la mettre en contact avec des fonds perméables et pollués et d'en altérer la qualité. Dans ce cas, il faudra déplacer les puits ou prendre les dispositions nécessaires pour que l'eau soit prélevée à des niveaux précis.

En zones arides, les eaux ont souvent une haute teneur en sels, particulièrement en chlorures, carbonates et sulfates. Lorsque ces eaux sont endiguées, devenant ainsi sujettes à une forte évaporation, leur salinité peut augmenter jusqu'à ce que leur qualité devienne inacceptable. Dans ces zones, la perte d'eau par évaporation constitue un facteur négatif qu'il convient de prendre en compte.

Certains abus dans l'agriculture, l'industrie ou l'utilisation des terres, sur les berges de la retenue, peuvent affecter la qualité de l'eau.

Des aménagements appropriés ainsi que des méthodes et techniques de gestion de l'eau permettent d'atténuer efficacement ou de maîtriser presque tous ces problèmes. Il convient de les intégrer au projet lors des phases de planification, de conception, de construction et d'exploitation.

2.4. EFFETS SUR LES TERRES

La construction d'un grand barrage offre la possibilité de maîtriser les crues. La retenue permet en effet de réduire les crues sur les terres situées en aval qui, en l'absence d'aménagement, auraient souffert tantôt de sécheresse, tantôt d'inondation. La mise en valeur des terres du lit majeur peut être ainsi rendue possible.

La mise en eau d'une retenue peut entraîner une perte de terres cultivables. Toutefois, elle peut aussi élever le niveau de la nappe phréatique, contribuant ainsi à améliorer la fertilité des terres agricoles et des pâturages à proximité immédiate de l'aménagement.

Le stockage de l'eau dans la retenue permet la culture par irrigation et accroît ainsi la productivité de l'agriculture.

La mauvaise utilisation des terres riveraines, y compris des îles, où l'agriculture est pratiquée au niveau de l'eau ou presque peut entraîner un accroissement de l'érosion et de la sédimentation.

L'industrialisation des bords d'une retenue peut constituer un danger potentiel pour la qualité des eaux. Elle peut également augmenter l'érosion et la sédimentation, et faire ainsi peser un risque sur les vannes d'évacuateur et les ouvrages auxiliaires.

Due to the flooding of tropical forest, if not cleared, and the low velocity of the water, the water quality becomes worse as a result of oxygen depletion and the production of hydrogen sulphide. The content of reduced substances may reach a level toxic for fish, unpleasant for humans and corrosive to turbines.

Deep reservoirs are subject to stratification due to the effects of temperature and dissolved salts on water density. Below the layer of photosynthetic oxygen production, the content of dissolved oxygen decreases with the depth of the reservoir. Eventually, oxygen may be depleted completely, and reduced substances may accumulate in the water. If large volumes of water lacking dissolved oxygen are released from the reservoir they may spoil the water quality in the downstream reaches of the river.

Due to reservoir impounding, the raising of the groundwater level may bring it in contact with permeable and polluted bed thus affecting the quality of groundwater. In such cases, extraction wells would be relocated or arranged to extract from selected levels.

In arid zones the waters often have a high salt content, specially chlorides, carbonates and sulphates. When these waters are impounded and thus become subject to a high rate of evaporation the salinity can increase until the water quality becomes unacceptable. In these zones the evaporation loss of water is an adverse effect to be considered.

Bad practices of agriculture, industrialisation or bad use of lands along the reservoir's margins may affect the water quality.

Physical facilities and water management methods and techniques exist which can effectively mitigate or overcome almost all the problems mentioned above. These must be included in the dam project during the planning, design, construction and operational phases.

2.4. EFFECTS ON LAND

The construction of a large dam creates the possibility of flood control. The reservoir reduces flooding of downstream lands which under natural runoff conditions may have suffered alternately from droughts and floods. Thus the reclamation of the flood plain may be possible.

Reservoir impounding may result in a loss of farmland. However, it may also cause the groundwater table to rise thus contributing to the improvement of fertility of farmland and pasture in the immediate vicinity of the reservoir.

Water storage in the reservoir permits irrigated farming thus helping to increase agricultural productivity.

The bad use of marginal lands, including islands, where agriculture is practised at or near water level may increase erosion and sedimentation.

Industrialisation along the reservoir's margins may be a potential danger to the water quality. It may also increase erosion and sedimentation and thus create hazards to spillway gates and auxiliary structures.

Si la mise en eau de la retenue peut faire disparaître un site remarquable, le nouveau plan d'eau peut créer un paysage tout aussi beau, bien que différent.

En zones arides, le marnage dans une retenue utilisée pour un stockage temporaire fait apparaître des pentes dénudées, d'aspect désagréable. En raison de l'aridité, celles-ci produisent de la poussière, ce qui constitue un problème. On y a remédié avec un certain succès par la construction de digues basses de rétention ou par l'emploi d'herbes spéciales.

Le fait de remplir ou de vider la retenue peut déclencher le glissement de pentes instables le long des berges. Il existe des exemples d'inondations catastrophiques dues à des glissements massifs de terrain dans des retenues.

Le dépôt du limon dans la retenue entraîne une certaine perte, à l'aval, en éléments nutritifs naturels, risquant ainsi de réduire la productivité des terres inondables en aval du barrage. Les recherches menées par l'Académie Égyptienne de Recherche Scientifique montrent cependant que la teneur du limon en éléments nutritifs est insignifiante en comparaison de celle des engrais naturels et chimiques utilisés dans le delta du Nil même avant la construction du barrage d'Assouan. La réduction des inondations à l'aval présente néanmoins certains inconvénients potentiels à savoir :

- (1) l'irrigation par submersion naturelle sera moins fréquente,
- (2) la reconstitution de la nappe phréatique en aval peut se trouver freinée,
- (3) l'élimination de parasites par inondation naturelle peut être réduite.

Chacun de ces points peut nécessiter un remède propre.

Les zones d'emprunt de matériaux pour les barrages en remblai vont devenir sujettes à une érosion importante si elles ne sont pas traitées et/ou si elles ne font pas l'objet d'un réaménagement paysager.

2.5. EFFETS SUR LA FAUNE ET LA FLORE

Le dépôt des matières en suspension dans la retenue clarifie l'eau, permettant ainsi une meilleure pénétration de la lumière solaire, une photosynthèse plus importante et par là une plus forte productivité biologique, ce qui conduit à un développement de la flore, des oiseaux et de la faune aquatiques.

Cependant, la sédimentation et le dépôt de limon et de matière organique dans une retenue peuvent réduire la productivité biologique de la section du cours d'eau située immédiatement en aval.

L'érosion due au batillage peut accentuer la turbidité dans une retenue et peut également détruire des frayères potentielles dans des zones riveraines peu profondes.

En zones arides, la création d'un lac artificiel au moyen d'un barrage augmente le volume de la faune et de la flore. Le stockage de l'eau peut permettre à une rivière d'avoir un débit permanent au lieu d'un débit intermittent. Cela contribue à la croissance de la faune et de la flore, notamment des poissons et des oiseaux, grâce au développement, sur les rives, d'une végétation fournissant abri et nourriture et favorisant la reproduction des poissons et la nidification des oiseaux aquatiques.

Le maintien d'un environnement favorable aux oiseaux a une importance toute particulière lorsque la zone concernée est fréquentée par les oiseaux migrateurs.

While reservoir impounding may submerge some scenic beauty, the new lake may create scenery which many consider of different, but equal, beauty.

In arid countries the fluctuation of water level, in a reservoir used for temporary storage, creates unpleasant bare slopes. In arid conditions, dust blown from these can be a problem. Low dykes built for retention purposes or special grasses have been used successfully to combat the problem.

The filling or draw-down of the reservoir may trigger the sliding of unstable slopes along the rim. There are examples of disastrous floods resulting from massive landslides into reservoirs.

The deposition of silt in the reservoir results in some loss of natural nutrients to downstream and thus may decrease the productivity of the flood plains downstream of the dam. However, investigations by the Egyptian Academy of Scientific Research show that the content of nutrients of the silt is insignificant when compared with natural and chemical fertilisers used in the Nile delta even before the Aswan Dam was built. The reduction in downstream inundations does however have potential disadvantages in that :

- (1) natural submergence irrigation is less likely;
- (2) groundwater recharge downstream may be reduced;
- (3) removal of parasites by natural flooding may be reduced.

These factors may require some remedial action individually.

Borrow areas of fill material for embankment dams will become subject to heavy erosion unless they are treated and/or landscaped.

2.5. EFFECTS ON FAUNA AND FLORA

Settlement of suspended matter in the reservoir clarifies the water, thus leading to a better penetration of sunlight, a greater photosynthesis and therefore higher biological productivity, increasing the aquatic flora, aquatic birds and fauna.

However, the sedimentation and deposition of silt and organic matter in a reservoir may reduce biological productivity in the river immediately downstream.

Erosion due to wave action can enhance turbidity in a reservoir and also can destroy potential spawning beds in shallow areas at the margins.

In arid zones the creation of an artificial lake by damming increases the quantity of fauna and flora. Water storage may permit the transformation of an intermittent into a perennial river. This contributes to the growth of fauna and flora, in particular of fish and birds, following the increase of marginal vegetation that provides shelter and food and favours the reproduction of fish and nesting of water fowl.

The maintenance of an environment satisfactory to bird life is of particular importance when the area involved is one used by migratory birds.

Une exploitation inadéquate de la retenue avec un marnage inutilement important, entraînant l'assèchement de zones peu profondes de reproduction et de nourriture, constitue probablement la menace la plus sérieuse que fait peser sur les poissons l'endiguement de l'eau dans les régions tropicales, subtropicales et arides.

Dans les retenues profondes, la baisse de la température et l'accroissement de la teneur en sels dissous en fonction de l'augmentation de la profondeur entraînent une stratification de l'eau, stratification qui a une incidence sur la productivité en raison de ses effets sur la distribution du phytoplancton et le recyclage des éléments nutritifs.

La submersion de forêts ou d'autres végétaux contenant une forte proportion de matière organique dégradable peut contribuer à une désoxygénation importante des eaux de la retenue, phénomène responsable de la mort des poissons. Lors de l'enlèvement de la végétation du fond de la retenue, il ne faudra cependant pas éliminer les racines car elles protègent la surface du sol d'une trop forte érosion tandis que les souches d'arbres servent d'abris aux poissons.

Bien que les espèces macrophytes puissent aider les petits poissons à se protéger des prédateurs, elles peuvent également servir d'abris aux vecteurs de maladies endémiques. Un excès de plantes aquatiques émergentes dans une retenue entraîne, en augmentant l'évapotranspiration, des pertes d'eau importantes. Le développement massif d'espèces macrophytes tant submergées qu'émergentes rend la pêche pénible et difficile, et peut également provoquer un appauvrissement en oxygène.

La végétation aquatique constitue en général une gêne. Cependant, si elle s'établit d'elle-même, il convient de la considérer comme une ressource à exploiter, non seulement comme nourriture pour la faune herbivore mais aussi pour l'élevage des buffles, comme engrais, comme fourrage pour les animaux domestiques et même comme une nouvelle source d'énergie à développer.

La biomasse de végétation aquatique déshydratée, réduite en son, peut être mélangée à l'alimentation des animaux domestiques. Séchée au soleil, elle peut aussi être utilisée, avec de très bons résultats, comme combustible dans les chaudières. Déshydratée ou séchée au soleil, elle peut aussi être utilisée dans des biodigesteurs pour produire du méthane.

La jacinthe d'eau pourra être utilisée à l'avenir comme moyen naturel d'épuration des eaux polluées. Sa grande capacité d'absorption du mercure, du chrome, du cadmium, de l'argent, du strontium, du plomb, des pesticides, des phénols et des détergents est bien connue puisqu'elle retient et métabolise tous ces éléments. Les recherches menées au Brésil par l'Université de São Paulo ont montré que le traitement par la jacinthe d'eau diminuait la contamination coliforme de 99,1 % et la demande biologique en oxygène de pratiquement 100 %. Il faut toutefois noter que la prolifération de la jacinthe d'eau constitue une gêne pour la navigation, la pêche et les ouvrages hydrauliques eux-mêmes. Dans certaines retenues, on a introduit des lamantins pour contrôler sa croissance.

Les eaux usées industrielles, urbaines ou agricoles non traitées, certains aspects de la réduction des débits de crues et l'accroissement de l'eutrophisation mettent tous en danger la faune et la flore.

La présence de barrages empêche la migration des poissons. Les poissons migrateurs dépendent de leur migration vers l'amont pour leur développement sexuel, la maturation de leurs œufs et la réussite de leur frai dans les zones riveraines.

Inappropriate reservoir operation with unnecessarily high variations of the water level that results in the drying up of shallow breeding and food producing areas is probably the most serious threat of water impoundment to fish, in tropical, sub-tropical and arid regions.

In deep reservoirs the decrease of temperature and the increase of dissolved salts with increasing depth causes stratification of reservoir water influencing the productivity by effects on phytoplankton distribution and nutrient recycling.

The submergence of forest or other vegetation with high content of degradable organic matter can contribute to an extensive deoxygenation of the reservoir waters and this will be responsible for the death of fish. When clearing the reservoir area from vegetation however, roots should not be eliminated as they protect the surface soil from excessive erosion and tree stumps serve as shelter to fish.

Although macrophyte species may help protect smaller fish from predators, they also may serve as shelter to endemic disease vectors. The excess of emergent aquatic plants in the reservoir causes high water losses due to increased evapotranspiration. Mass development of both submerged and emergent macrophytes makes fishing hard and difficult, and may also lead to oxygen depletion.

Aquatic vegetation is generally undesirable. However, if it establishes itself it is a resource to be exploited not only as food for herbivorous fauna, but also for buffalo breeding, as fertilizer, as food for domestic animals and even as a new resource of energy to be developed.

The biomass from dehydrated aquatic vegetation and in the form of bran, can be mixed into the diet of domestic animals. Also, when sun dried, it may be used as fuel for boilers with very good results. Dehydrated or sun dried it may be used in biodigestors to produce methane.

Water hyacinth may be used in the future as a natural method to clean polluted water. Its high capacity of absorption for mercury, chromium, cadmium, silver, strontium, lead, biocides, phenols and detergents is well known due to these elements being restrained and metabolized by the water hyacinth. Researches carried out by the Sao Paulo University, Brazil, have shown that water treatment by water hyacinth decreases coliform contamination by 99.1 % and BOD by practically 100 %. It must also be recognised that prolific growth of water hyacinth is an impediment to navigation, fishing and the hydraulic structures themselves. In some reservoirs manatees have been introduced to control its growth.

Untreated industrial, municipal or agricultural waste waters, some aspects of the reduction of flood flows and the increase of eutrophication are all dangerous for fauna or flora.

The construction of dams blocks fish migration. The migratory fish depend on migration upstream for sexual development, egg maturation and successful spawning in riverine locations. Since the deforestation of banks, destruction of marginal

Puisque le déboisement des berges, la destruction des bras morts du cours d'eau et la pollution de l'eau imputables à la construction des barrages peuvent entraîner une réduction de l'ichtyofaune, on doit envisager diverses solutions. Parmi elles figure l'alevinage des retenues en animaux d'élevage, ou la construction d'échelles à poissons, de canaux latéraux ou même d'écluses à poissons là où c'est possible.

Les pertuis de fond peuvent servir au passage des poissons vers l'aval, avec le risque, cependant, qu'ils subissent l'effet d'un brutal changement de pression. D'autre part, la fermeture soudaine de ces pertuis de fond risque d'enfermer des poissons migrateurs dans une partie du système hydraulique. Des lâchures importantes provenant des couches inférieures de la retenue peuvent également être d'une qualité telle qu'elles risquent d'avoir des effets dommageables sur les poissons et la vie aquatique en aval.

La pratique de l'agriculture près du niveau de l'eau sur les terres riveraines, y compris sur les îles, peut entraîner l'introduction dans l'eau de la retenue de quantités non négligeables de pesticides qui vont avoir un effet sur les poissons et les rendre impropres à la consommation.

2.6. EFFETS SUR LE CLIMAT

En zones arides, il se produit une forte évaporation sur le plan d'eau d'une retenue, particulièrement aux périodes où la température diurne est élevée. En l'absence de vent, la température élevée tombe au cours de la nuit, refroidissant la masse importante d'eau évaporée restant au-dessus de la retenue, créant ainsi des nappes de brouillards. Ce brouillard se condense sur le pourtour du plan d'eau, y provoquant des changements de température. Dans le sud du Brésil, dans des zones de barrages « en cascade », on a constaté une diminution des dégâts causés aux cultures par le gel, ce qui a permis la croissance d'espèces sensibles aux basses températures.

2.7. EFFETS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX

En zones tropicales, subtropicales ou arides, un barrage est normalement construit pour la maîtrise des crues, la production d'électricité, l'irrigation ou l'alimentation en eau. Ces objectifs conduisent habituellement à une amélioration du niveau de vie, de l'agriculture et de la valeur des terres. Les retenues submergent souvent, néanmoins, des sites remarquables et de beaux paysages, des maisons, des fermes, des villages, des villes, des routes et des ponts.

C'est pourquoi, on le comprend, on se heurte à une forte opposition de la part des groupes humains concernés. Les bienfaits apportés par la maîtrise des crues, l'alimentation en eau, l'hydro-électricité ou l'irrigation doivent s'avérer bien supérieurs, pour l'ensemble de l'économie, aux pertes occasionnées par la création de la retenue. L'aménagement ne peut cependant se faire sans poser certains problèmes et l'un des plus sérieux est celui de la réinstallation de la population déplacée. Le déplacement d'une population est toujours difficile, même si on lui offre une amélioration substantielle de ses conditions de vie. Bien souvent, le prix du terrain

lagoons and water pollution associated with the damming of rivers may cause the reduction of ichthyofauna, a variety of solutions need to be considered. These include the stocking of reservoirs with fish reared in hatcheries, or the construction of fish ladders, lateral channels or even fish locks where feasible.

Low level outlets may serve for the downstream passage of fish, but with the doubtful effect of sudden pressure change. On the other hand sudden closure of low level outlets may trap migratory fishes in a part of the hydraulic system. Releases in large quantity from low levels of the reservoir may also be of such a quality as to be detrimental to fish or aquatic life downstream.

The use of marginal lands including islands, where agriculture is practised near water level, may tend to introduce biocides in significant quantities into the reservoir water affecting fish and rendering them inedible.

2.6. EFFECTS ON CLIMATE

In arid zones, evaporation from the reservoir water spread is very high, specially in those periods when the day temperature is high. If there is no wind the high temperature drops during the night and cools the large evaporated water mass which remains over the reservoir, thus creating fog banks. Such fog is condensed on the lake perimeter, there causing some changes in temperatures. In the south of Brazil, in areas of cascade dams, frost has become less damaging to agricultural plantations, permitting the growth of species that are sensitive to damage by low temperature.

2.7. ECONOMIC AND SOCIAL EFFECTS

Normally, a dam in a tropical, sub-tropical or arid zone is built for flood control, hydropower, irrigation or water supply. These benefits normally lead to the improvement of living standards, agriculture and land value. However, reservoirs often submerge local landmarks and scenic beauty, houses, farms, villages, towns, roads and bridges.

This is good reason for serious objection from affected groups. The benefits from flood control, water supply, hydropower or irrigation must be proved to be much greater to the overall economy than the losses caused by the impoundment of the reservoir. However, development cannot be carried out without some problems and one of the most serious is the resettlement of displaced population. The transfer of population to new places is always difficult, even if substantial improvement of living conditions can be offered. Very often the prices of land in the new areas are likely to be higher than those of abandoned plots in the reservoir. Relocation

dans les zones de réinstallation s'avère plus élevé que celui des terrains abandonnés dans la retenue. Le relogement se trouve fréquemment lié au problème général de l'exode rural car une partie de la population touchée préfère abandonner le milieu rural plutôt qu'être réinstallée dans une région agricole. Les projets de réinstallation doivent prendre en compte la nécessité d'améliorer les conditions de vie dans les nouvelles communautés. La population touchée par l'aménagement, dont l'existence se trouve modifiée, doit être traitée convenablement et recevoir rapidement la contrepartie de sa coopération et de sa contribution à l'intérêt général.

Si le nécessaire déplacement des routes et des ponts peut allonger les parcours entre les fermes et les villes, il offre l'occasion d'améliorer les routes existantes et d'en construire de nouvelles, ce qui développe les communications entre la campagne et la ville. Dans le cas de la construction de nouveaux ponts au-dessus d'une retenue, il faut absolument éviter de faire obstacle à la navigation fluviale même si celle-ci est encore inexistante.

Habituellement, les retenues créent ou développent des possibilités de transport économique par voie d'eau non seulement sur le plan d'eau lui-même mais également en amont et en aval grâce à des écluses. Comme la conception et la construction d'écluses sont onéreuses, il conviendra de toujours les prévoir dans les projets d'aménagement mais de ne les construire que lorsqu'elles deviendront nécessaires.

La submersion d'un site remarquable peut être compensée par l'apparition d'un nouveau paysage en bordure du plan d'eau, avec des possibilités de loisirs contribuant au développement du tourisme, qui constitue une nouvelle source de revenus pour les populations locales. Dans cette optique, le déplacement du temple d'Abou-Simbel (patronné par l'UNESCO) pour éviter qu'il ne soit noyé dans la retenue d'Assouan constitue un exemple remarquable de la préservation possible de sites archéologiques et historiques.

2.8. EFFETS SUR L'HOMME

En zones tropicales, subtropicales et arides, un barrage est normalement construit pour la production d'électricité, l'irrigation, la maîtrise des crues et la fourniture ou le stockage d'eau, apportant ainsi une amélioration globale du niveau de vie, de l'emploi, de l'industrie, des loisirs, du tourisme, de la pêche de loisir et des possibilités de transport économique par voie d'eau. Tels sont les bienfaits qui justifient l'important investissement que constitue la construction du barrage. Pour en profiter, il faut d'abord avoir une bonne connaissance de tous les coûts à prendre en compte, tant dans le domaine financier que dans celui de l'environnement. Ainsi, par exemple, la construction d'un barrage peut, à un moment ou à un autre, accroître le danger de propagation de maladies associées à l'eau ou susciter d'autres problèmes sanitaires dus à l'eau, aux modifications de l'environnement ou au déplacement et à la réinstallation de populations.

La construction de barrages entraîne une modification de l'environnement qui peut créer les conditions d'apparition ou d'aggravation de problèmes sanitaires touchant les travailleurs concernés et les communautés avoisinantes. Ces modifications, associées à des nuisances souvent présentes sur les lieux de travail et dans leur voisinage, peuvent mettre en danger l'environnement social et économique.

Il est donc essentiel, à tous les stades du projet, de prendre les mesures générales et spécifiques nécessaires à la prévention et au traitement de ces problèmes.

frequently becomes associated with the general problem of rural migration to the cities, since part of the affected population prefer to leave the rural environment rather than be resettled in an agricultural region. Resettlement projects have to consider the necessity of improving conditions in the new communities. Population local to the project, whose lives are changed by it, must receive fair treatment and early compensation in return for their cooperation and contribution to the general good achieved by the project.

While the necessary relocation of roads and bridges may increase the road distance between farms and cities, it offers an opportunity for the improvement of existing and the construction of new roads with the possibility to provide for better access from farms to cities. In the case of the construction of new bridges across the reservoir, consideration should be given to the importance of avoiding possible obstructions to river navigation even if it is not yet developed.

Reservoirs usually create or improve the possibility of cheap water transportation by river navigation not only in the lake itself but downstream and upstream through lockage. As the design and construction of locks is expensive the latter should always be foreseen in a dam project but only built at the time when they become necessary.

The submergence of local landmarks can be offset by the the new lakeside scenery and recreation opportunities that may contribute to the development of tourism as a new source of income for the local populations. In this context the relocation of the Abu-Simbell Temple (Sponsored by UNESCO) that would have been submerged by the Aswan reservoir may be remembered as a fine example of the possible preservation of archeological and historical monuments.

2.8. EFFECTS ON MAN

In tropical, sub-tropical and arid zones, a dam is normally built for water power, irrigation, flood control and water supply or water storage, thus giving a general and beneficial increment in living standards, employment, industry, recreation, tourism, fishing sports and the possibility for inexpensive transportation by river navigation.

These are the benefits which justify the large investment for the construction of the dam. To obtain these desired benefits it is first necessary to understand all of the costs including both financial and environmental which will be involved.

For instance, construction of a dam may at one stage or another intensify the danger of dissemination of water-associated diseases or create other health problems related to water or resulting from environmental changes or population movement and settlement.

The execution of dam projects is responsible for alterations of the environment which can create conditions for the appearance or aggravation of health problems affecting the workers involved and nearby communities. These changes associated with adverse factors often present at the job sites and adjacent neighbourhoods can endanger the social and economic environment.

So, it is essential in all stages of a project, to adopt general and specific measures suitable to prevent or to correct these problems.

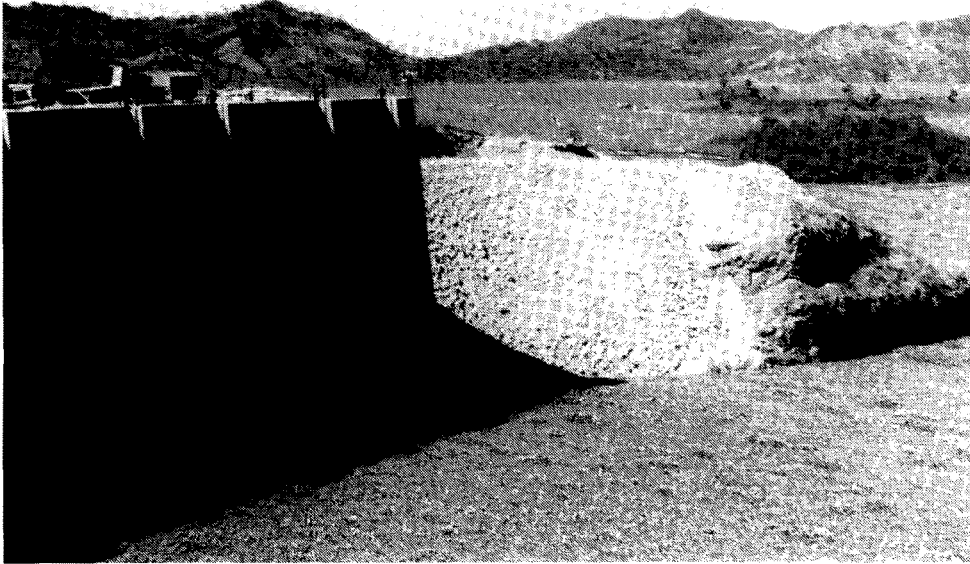


Photo 9

Jacinthes d'eau sur la retenue de Cerron Grande.
Water hyacinth on Cerron Grande Reservoir.



Photo 10

Lamantin mangeant des jacinthes d'eau - Barrage de Curuana.
Manatee eating water hyacinth, Curuana Dam.



Photo 11



Photo 12

Barrage de Tucuruí (Brésil).
Déboisement par zones; méthodes de coupe et de couverture.

*Tucuruí Dam, Brazil.
Zoned deforestation, cut and cover methods.*

Une attention toute spéciale doit être portée aux possibilités d'apparition, eu égard aux caractéristiques épidémiologiques locales, des maladies suivantes : maladies parasitaires d'origine hydrique comme la malaria; schistosomiase; filariose et onchocercose; fièvre typhoïde; autres maladies entériques parasitaires et infectieuses; hépatite virale; maladie de Chagas; fièvre jaune; leishmaniose; autres maladies contagieuses, etc.

2.9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Selon des estimations récentes, environ 50 % du potentiel hydro-électrique mondial se trouve dans les pays en voie de développement, eux-mêmes situés en majorité en zones tropicales, subtropicales et arides. Seulement 10 %, sur ces 50 %, sont aménagés. En matière de construction de barrages, l'expérience tirée de cas précis a montré que négliger les questions d'environnement pouvait conduire facilement à un désastre écologique.

Grâce, néanmoins, à la somme d'informations emmagasinées sur les aménagements existants et à une utilisation judicieuse à la fois de la technologie moderne et des connaissances écologiques, on peut assurer la conservation de la nature et de ses ressources et protéger l'environnement physique des atteintes indésirables et inacceptables. Puisque beaucoup de barrages vont, à l'avenir, trouver leur justification économique dans un seul usage, tel que la production d'électricité, il est important d'attirer l'attention des responsables de la gestion de l'eau sur le fait qu'il peut être dangereux d'exploiter une retenue avec un objectif unique en négligeant tous les autres.

Partant du fait que la remise en état est plus coûteuse que la prévention, il est nécessaire de réaliser des études sur l'environnement dès l'origine des projets d'aménagements hydrauliques. Il faut ensuite mettre en application les recommandations qui en découlent, et ce aussi bien lors des phases de conception, de construction que d'exploitation.

Les problèmes concernant plus particulièrement les zones tropicales, subtropicales et arides se trouvent résumés dans les conclusions et recommandations ci-dessous.

2.9.1. Santé

Les recommandations de base sont les suivantes :

- Évaluation initiale et périodique de l'apparition et de la fréquence des maladies ainsi que des causes de décès, avec maintien d'un système permanent de surveillance et de contrôle des données.
- Identification et contrôle des vecteurs de maladies infectieuses et parasitaires, tels que moustiques, mouches et autres insectes, escargots, etc. Des mesures de gestion de l'environnement judicieusement choisies mises au point et intégrées dans la conception d'ensemble, la construction et l'exploitation des aménagements peuvent apporter des solutions économiques et durables dans la prévention et le contrôle des problèmes sanitaires.
- Programmes de vaccination basés sur les conditions épidémiologiques locales.

Special attention should be given to the possibility of the occurrence of the following diseases, with due consideration of the local epidemiological characteristics : water-borne parasitic diseases such as malaria; schistosomiasis; filariasis and onchocerciasis; typhoid fever; other parasitic and infectious enteric diseases; viral hepatitis; Chagas disease; yellow fever; leishmaniasis; other transmissible diseases, etc.

2.9. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

According to recent estimates, approximately 50 % of the world's hydropower potential is located in developing countries, which are predominantly situated in tropical, sub-tropical and arid zones. Only 10 % of this 50 % has been developed. The experience gained from case histories in dam construction has shown that neglect of environmental aspects could easily lead to an ecological disaster.

However, based on the extensive body of information gained from experience on existing projects and by careful use of both modern engineering science and ecological knowledge, nature and its resources can be conserved and the physical environment can be protected from unexpected and unacceptable harm. As a great number of dams will be economically justified in the future for a single purpose, such as hydropower it is important to alert those who will be responsible for the water management that operating a reservoir exclusively for one single purpose neglecting all others, can be dangerous.

Taking into account that rehabilitation is more expensive than prevention it is necessary to undertake environmental studies in the early planning stages of water projects and the resulting recommendations should be implemented in the design, construction and operational phases.

The following conclusions and recommendations summarize certain problems which are particularly relevant to tropical, sub-tropical and arid zones.

2.9.1. Health

The following basic policy is recommended :

- Initial and periodic appraisals of the incidence and prevalence of diseases, as well as of causes of death, and maintenance of a constant system of data control and surveillance.
- Identification and control of vectors of infectious and parasitic diseases, such as mosquitoes, flies and other insects, snails, etc. Environmental management measures properly selected, planned and incorporated into the overall design, construction and operation of projects can provide cost effective and long lasting means for prevention and control of health problems.
- Vaccination programmes based on local epidemiological conditions.

- Éducation sanitaire soulignant l'importance d'une participation active de la communauté dans la prévention des maladies.
- Mesures sanitaires telles que système efficace de destruction des détritux et alimentation en eau de qualité satisfaisante.
- Surveillance constante, du point de vue des conditions sanitaires, du chantier et de ses environs. Entretien et conservation des zones boisées, en évitant notamment leur exploitation irrationnelle.
- Conception, construction et entretien appropriés des maisons et autres bâtiments.
- Prévention des accidents du travail et adoption d'autres mesures en matière de médecine du travail, comprenant des visites médicales périodiques et spéciales; ces examens devront tenir compte de l'épidémiologie des localités et régions d'origine des travailleurs afin d'éviter l'introduction de maladies nouvelles dans la zone considérée.
- Prévention secondaire, comprenant le diagnostic et le traitement rapides des maladies. Traitement et isolement, dès que possible, des personnes atteintes de maladies contagieuses pour réduire au minimum la propagation des maladies dans la communauté.
- Examens spécifiques tels que radiographie systématique et tests à la tuberculine pour le dépistage de la tuberculose. D'autres examens médicaux sélectifs de la population devront être prévus dans les programmes sanitaires pour permettre une détection et un traitement précoces des maladies.
- Organisation et mise en œuvre d'une assistance médicale d'urgence pour la mise en eau du barrage et le remplissage de la retenue, prévoyant notamment le traitement des morsures de serpents.
- Mise en œuvre de programmes alimentaires et diététiques.
- Autres programmes sanitaires en fonction des besoins locaux.
- Programmes de sécurité sociale et de surveillance médicale communautaire, avec le concours du personnel ayant réalisé l'aménagement. Même si, après la construction du barrage d'Assouan, on a constaté une augmentation de la population de l'escargot *Bulinus* (porteur du parasite microscopique du sang, vecteur de la schistosomiase) dans les canaux d'irrigation, les études menées récemment par les chercheurs d'Assouan montrent un déclin du nombre de personnes atteintes de cette maladie. Cette tendance, qui a commencé avant la construction du barrage, est attribuée à l'exode rural et au succès des programmes sanitaires publics.

2.9.2. Déboisement

On peut normalement envisager les solutions suivantes :

- Inonder la forêt. Dans ce cas, la décomposition de la végétation et des jeunes feuilles d'arbre, associée à la faible vitesse de l'eau dans la retenue, peut créer les conditions d'un accroissement de la teneur en hydrogène sulfuré et conduire à une désoxygénation importante de l'eau jusqu'à un niveau toxique pour les poissons, désagréable pour l'homme et corrosif pour les équipements des usines hydro-électriques. Des études menées au Brokopondo (Surinam) ont montré que le coût de réparation des dommages causés aux turbines par la pollution de l'eau

- Health education emphasising the importance of active participation of the community in the prevention of diseases.
- Sanitary measures such as an efficient waste disposal system and a qualitatively adequate water supply.
- Constant supervision of the job site and adjacent areas concerning health and sanitary conditions. Forest area maintenance and conservation, especially by avoiding irrational exploitation of forest areas.
- Appropriate planning, construction and maintenance of houses and other buildings.
- Prevention of occupational accidents and the adoption of other measures in the field of labour medicine, including periodic and special medical checkups; these examinations should include the study of the epidemiology of the localities and regions where the workers are recruited, so as to prevent the introduction of new diseases in the area.
- Secondary level of prevention, which involves the prompt diagnosis and treatment of diseases. Treatment and segregation of patients with transmissible diseases as soon as possible so that the dissemination of the diseases in the community can be minimised.
- Specific examination, such as mass radiographic examination and tuberculin tests for tuberculosis. Other selective medical examination of the population should be included in the health programmes, in order to permit early detection and treatment of diseases.
- Planning and execution of emergency medical assistance during the closing of dam gates and the filling of the reservoir, emphasising the treatment of accidents caused by snake bites.
- Execution of food and nutrition programmes.
- Other health programmes as indicated by local necessities.
- Social security and community health maintenance programmes with the participation of the personnel responsible for the execution of the project. Though after the construction of the Aswan dam an increase of the *Bulinus* snail population (the snail that carries the microscopic blood parasite which is the vector of schistosomiasis) was observed in the irrigation canals, surveys carried out recently by Aswan researchers show a decline in the number of persons infected with this disease. That trend, which began before the dam was built, is attributed to population shifts away from rural areas and to successful public health programmes.

2.9.2. Deforestation

Normally the following alternatives are considered :

- To flood the forest — In this case, the decay of vegetation and young tree leaves associated with the low velocity of the water in the reservoir can create conditions that increase the hydrogen sulphide content and lead to an extensive deoxygenation of the water to a level which is toxic to fish, unpleasant to man and corrosive to power plant equipment. Some studies have been carried out in Brokopondo, Surinam, showing that the cost of turbine repairs caused by polluted water would exceed the expense of the deforestation. Although flooding

dépassait celui du déboisement. Si l'inondation de la forêt peut réduire l'érosion due aux vagues et étendre l'habitat naturel des poissons et des oiseaux, l'absence de vagues conduit à une stratification de l'eau de la retenue tandis que les arbres à demi-submergés facilitent l'accumulation de végétation aquatique, favorisant ainsi la prolifération de vecteurs de maladies infectieuses et parasitaires tels que moustiques, escargots, etc.

- Brûler la forêt. Cette solution n'a jamais été utilisée à grande échelle. Elle doit l'être avec précautions car le feu peut échapper au contrôle. Les cendres des arbres brûlés vont, sans aucun doute, entraîner une certaine augmentation de la concentration en éléments nutritifs et du potentiel d'eutrophisation. Il y a lieu par ailleurs de contrôler l'extension des feux, éventuellement par des coupe-feu, pour éviter la destruction de la végétation riveraine qui constitue un habitat naturel pour les poissons et les oiseaux.
- Déboisement total. Les méthodes classiques de coupe et de transport du bois sont très onéreuses, même si ce dernier peut être vendu. Si les études font apparaître la nécessité d'un déboisement complet, on peut noter quelques idées nouvelles destinées à réduire le coût du transport comme, par exemple :
 - transport non conventionnel;
 - enlèvement du bois lors du remplissage de la retenue, avec abattage sous l'eau associé à un transport par barges ou par flottage;
 - abattage, avant le remplissage, de gros arbres, que l'on laissera ensuite flotter sur l'eau en train de monter. Il reste nécessaire de brûler auparavant les broussailles.

Les plans de déboisement total doivent faire soigneusement la part de l'utilisation d'équipements lourds et de l'emploi de la main-d'œuvre locale. Il faut faire attention à l'enlèvement des racines car il peut accroître l'érosion. Si le déboisement est effectué trop à l'avance, on risque de voir la végétation repousser, les jeunes feuilles augmentant le danger de désoxygénation de l'eau.

- Déboisement par zones. Cette méthode prend en compte les usages multiples de la retenue et la capacité de régénération de l'eau; elle peut être associée à l'exploitation des grumes de variétés commercialisables. L'étude de faisabilité d'un déboisement par zones et son approche économique devront tenir compte des multiples usages de la retenue, des conditions de marnage, de la conservation de l'habitat naturel des poissons et oiseaux ainsi que des inconvénients d'un déboisement total qu'on s'efforcera d'éviter ou d'atténuer. Toute opération de déboisement doit faire l'objet d'une planification aussi précoce que possible, et il faut rechercher soigneusement les possibilités de commercialisation du bois, même comme combustible ou sous forme de charbon de bois.

2.9.3. Envasement

Puisque l'envasement a des effets aussi bien dommageables que bénéfiques, une étude détaillée de l'alluvionnement de la retenue et du dépôt de limon en aval devra être prévue lors de tout projet de barrage. Un programme de gestion des sédiments, avec les équipements matériels requis, devra faire partie intégrante de tout projet. La plantation d'arbres dans le bassin versant est recommandée pour éviter l'érosion et le transport solide vers la retenue.

of forest may reduce the erosion caused by wave movement and increase the natural habitat of fish and birds, the absence of waves leads to stratification of the reservoir water and the semi-flooded trees facilitate the accumulation of aquatic vegetation, favouring the proliferation of vectors of infectious and parasitic diseases, such as mosquitoes, snails, etc.

- To burn the forest — This has never been used on a large scale. It would have to be done carefully because fire may run out of control. The ashes from the burned trees would certainly lead to some increase in the concentration of nutrients and the potential for eutrophication and there would need to be careful control such as firebreaks to prevent loss of marginal vegetation, which is a natural habitat of fish and birds.
- Total deforestation — Normal methods for the cutting and transportation of timber are very costly, even if the timber can be sold. If studies made show the necessity of a complete deforestation, some new ideas have to be developed to minimise the cost of transportation, such as :
 - unconventional transportation;
 - removing the timber while the reservoir is being filled, including underwater cutting associated with barges or rafts for transportation;
 - pre-cutting and letting the large timber float up on the rising reservoir. The brushwood still requires prior burning.

Plans for total deforestation should carefully evaluate the use of heavy equipment against the employment of local labour. Special thought should be given to the removal of roots since it may increase erosion. If the deforestation is made ahead of time there is the risk of second growth with young leaves increasing the danger of water deoxygenation.

- Zoned deforestation — This takes into consideration the multiple uses of the reservoir and the regeneration capacity of the water and can be associated with the exploitation of commercial species of timber. The evaluation of the feasibility of zoned deforestation should take into the account the variation of water level of the reservoir not only for economical reasons but also considering the multiple uses of the reservoir, the conservation of the natural habitat of fish and birds, and the desirability of avoiding or reducing the disadvantages of total deforestation.
- In any deforestation scheme, planning must start at the earliest possible time and the possible commercialisation of the timber, even as fuel or charcoal, should be carefully investigated.

2.9.3. Siltation

Since siltation is responsible for several adverse as well as beneficial effects, a detailed study of reservoir silting and downstream silt deposition should be a serious concern in any proposed dam project. A siltation management programme with the required physical facilities should become an integral part of the dam project. Forestation in catchment areas is recommended to prevent erosion and transportation of solids to the reservoir.

2.9.4. Production de protéines

Lors de la construction d'un barrage, certaines terres cultivées consacrées auparavant à la production de protéines végétales peuvent être submergées. La retenue peut cependant produire, à bas prix, des protéines animales (poissons). La production piscicole offre de nouvelles possibilités d'emploi et peut absorber une partie de la main-d'œuvre locale.

2.9.5. Tourisme

Le nouveau lac et ses rives agréables peuvent favoriser l'implantation de sports nautiques, d'activités de récréation et d'installations pour la pêche de loisir, encourageant ainsi le développement du tourisme. Cette nouvelle activité peut absorber une autre partie de la main-d'œuvre locale.

A ce propos, il est recommandé, pour l'ichtyofaune, de n'envisager le développement des loisirs que plusieurs années après le remplissage de la retenue. Ce n'est qu'une fois la qualité de l'eau stabilisée que l'on connaîtra les caractéristiques de la population de poissons et que des zones appropriées pourront être assignées définitivement aux activités de loisirs. L'utilisation des retenues pour les loisirs implique la présence d'un grand nombre de personnes et il est donc très important, lors de la mise en place de ces activités, d'assurer leur parfaite coordination avec les autres utilisations.

2.9.6. Sauvetage de la faune

Le remplissage d'une retenue peut entraîner la noyade ou la fuite incontrôlée de la faune, en particulier si le fond de la retenue n'a pas été totalement ou partiellement nettoyé. Il faut donc prévoir une opération de sauvetage de cette faune lors du remplissage de la retenue.

Lorsqu'un déboisement total est prévu, la faune locale sera réimplantée dans de nouveaux habitats. Il conviendra de faire très attention aux espèces rares et/ou menacées d'extinction. Il faut penser à la présence de serpents venimeux et mener une action préventive contre leurs morsures.

2.9.7. Réinstallation de la population

Pour dédommager la population des inconvénients liés à son déplacement et à la submersion des propriétés, il est essentiel de régler rapidement les indemnités à un bon prix et de réserver des zones pour la réinstallation des habitants touchés par la création de la retenue.

On apportera à la population déplacée une assistance portant sur les points suivants :

- explications relatives au programme et aux modalités du déplacement et précisions sur la dernière récolte à faire avant submersion;
- critères d'évaluation des indemnisations;
- explications et conseils sur les possibilités d'acquisition de terrain dans d'autres zones rurales réservées aux nouveaux arrivants, dans de nouvelles communautés ou dans les zones urbaines existant au voisinage.

2.9.4. Protein

When a dam is built, land previously used for production of protein from vegetable may be submerged. However, the reservoir can be used to produce, at cheap prices, animal protein through fish stocks. The practice of fish production is a new employment opportunity and may absorb part of the local labour force.

2.9.5. Tourism

The new lake and its beautiful shores may favour the introduction of water sports, recreational activities and sport fishing facilities and thus encourage the development of tourism. This new activity may absorb another part of the local labour force.

In this context and considering the fish population it is recommended that no recreational development be considered until the reservoir has been filled for some years. Only when the water quality has stabilised, will the characteristics of the fish population be known and then suitable areas can be assigned definitely to recreational activities. Recreational use of reservoirs involves significant numbers of people, therefore it is very important to carefully plan and coordinate recreational uses with the other uses of reservoirs.

2.9.6. Rescue of Fauna

The filling of a dam might result in the drowning or uncontrolled escape of fauna specially if the reservoir area has not been totally or partially cleared. Therefore, a wild life rescue operation should be considered for carrying out during the filling up of the reservoir.

When complete deforestation is carried out, local fauna will relocate to new habitats. Very special care must be taken with the rare species and/or the ones threatened by extinction. The appearance of poisonous snakes has to be considered and preventive action against snake bites is required.

2.9.7. Resettlement of Population

The main principle of the policy of compensation for submerged properties and relocation of population should be based on the prompt payment of indemnities at fair prices and on the appropriation of areas for the resettlement of the population affected by the construction of the reservoir.

Assistance must be given to the population about to be displaced on the following items :

- explanation about the plans and terms for moving and the last harvest on the land to be flooded;
- valuation criteria;
- explanation and guidance on alternatives for the acquisition of land in other rural areas reserved for resettlement, in new communities or in existing urban areas in the vicinity.



Photo 13 (Guri, Venezuela) - Photo 14 (Itumbiara, Brazil).

Opérations de sauvetage de la faune.

Fauna Rescue Operations.



Photo 15

Barrage de Furnas (Brésil). Vieux village partiellement noyé.
Furnas Dam, Brazil. Old village partially flooded.

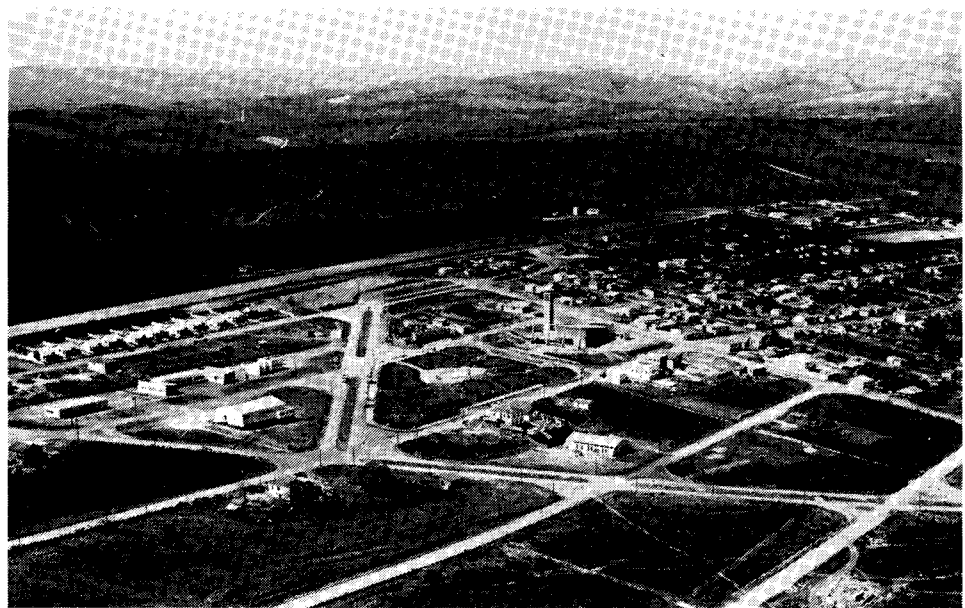


Photo 16

Barrage de Furnas (Brésil). Nouveau village construit en partie.
Furnas Dam, Brazil. New village partially constructed.

Le succès des opérations de réinstallation dépendra avant tout du degré de capacité à fournir un environnement similaire avec des conditions de vie équivalentes, sans préjudice des améliorations qui peuvent et doivent toujours être apportées dès que possible. Il est essentiel de préserver les racines traditionnelles et culturelles de la population.

2.9.8. Problèmes de formation

Pour pouvoir être mis en œuvre efficacement dans une région où sont implantés un barrage et une retenue, un programme spécial de formation devra tenir compte des facteurs suivants :

- type de population concerné;
- modifications et fluctuations du travail en fonction de l'avancement du projet;
- nouvelles conditions de vie induites par l'existence du barrage pendant et après sa construction;
- programme de développement régional mis en place pour la région concernée.

Un programme de formation efficace peut constituer un important facteur d'adaptation de la population locale au changement.

REFERENCES

2. A. GOLDMAN, Charles R., « Ecological aspects of water impoundment in the tropics », *Unasyva Magazine* No. 123.
2. B. PAIVA, Melquiades P., *Grandes Barragens do Brasil; Algumas consideracoes sobre Brokopondo; The environmental impact of man-made lakes in Amazon Regions of Brazil*, *Eletrabras* 1977/1980.
2. C. ITAIPU BINACIONAL, 1^{er} Seminario de la Itaipu Binacional sobre medio ambiente, ITAIPU, 1979.
2. D. ENR-May 6, 1982, Egypt earns high rate of return on Aswan High Dam investment, *Engineering News Record*, 1982.

The success of resettlement projects will depend mainly upon the degree to which it is possible to provide for a similar environment with equivalent basic living conditions regardless of the improvements that might have been and always should be introduced at the earliest possible time. Traditional and cultural roots must be preserved.

2.9.8. Education

To be able to be operated effectively in a region where a dam and reservoir have been located a special educational programme should take account of the following factors :

- the type of population to be taught;
- the changes and the demand for labour in relation to the various stages of the project;
- the new living conditions determined by existence of the dam during and after construction;
- the regional development programme planned for the area.

An effective education programme may be an important factor which will help the local population to adapt itself to these changes.

2. E. PEEM, *Panel of Experts on Environmental Management for Vector Control*, Second meeting, Nairobi, World Health Organization, Geneva 1982.
2. F. CBGB, Brazilian Committee on Large Dams, *Dams reservoirs and environment, The Brazilian Practice*, Brazilian Committee on Large Dams, 1979.
2. G. BANDEIRA DE MELLO, J. A., HERMANO COHEN, L. A., SOUZA BRITO, *Study of formation and filling of the Itumbaria Reservoir*, Furnas Centrais Eletricas S.A., 1980.
2. H. ROBERTS, C. P. R., Environmental constraints on water resources development, Seventh Quinquennial Convention, South Africa's Future, *Challenge to Civil Engineers*, Capetown, 1983.
2. I. JORDAN P. & WEBB G., *Schistosomiasis : epidemiology, treatment and control*, Heinemann 1982.
2. J. *Comments received from National Committees of Austria, Brazil, Canada, France, India, South Africa, Sri Lanka and Sweden*, 1983.

RAPPORT N° 3/REPORT No. 3

par le Sous-Comité n° 3/by the Sub-Committee No. 3

**BARRAGES ET ENVIRONNEMENT
EN RÉGIONS A HIVERS RIGOUREUX**

**DAMS AND THE ENVIRONMENT
IN SEVERE WINTER ENVIRONMENTS**

PAYS MEMBRES DU SOUS-COMITÉ N° 3
MEMBER COUNTRIES OF SUB-COMMITTEE No. 3

Suisse/*Switzerland* : N. J. SCHNITTER (Président/*Chairman*)
Finlande/*Finland* : M. KUUSKOSKI
Rép. Féd. d'Allemagne/*Fed. Rep. of Germany* : K. R. IMHOFF
Suède/*Sweden* : V. WANHAINEN
URSS/*USSR* : L. P. MIKHAILOV

**TABLE
DES MATIÈRES**

3.1. INTRODUCTION	72/73
3.2. IMPACTS SUR L'HOMME	72/73
3.3. IMPACTS GÉOPHYSIQUES	74/75
3.4. IMPACTS SUR L'EAU	78/79
3.5. IMPACTS SUR LE CLIMAT	78/79
3.6. IMPACTS SUR LA FLORE	78/79
3.7. IMPACTS SUR LA FAUNE	82/83
3.8. CONCLUSIONS	82/83
RÉFÉRENCES	86

**TABLE
OF CONTENTS**

3.1. INTRODUCTION	
3.2. IMPACTS ON MAN	
3.3. GEOPHYSICAL IMPACTS	
3.4. IMPACTS ON WATER	
3.5. IMPACTS ON CLIMATE	
3.6. IMPACTS ON FLORA	
3.7. IMPACTS ON FAUNA	
3.8. CONCLUSIONS	
REFERENCES	

3. BARRAGES ET ENVIRONNEMENT EN RÉGIONS A HIVERS RIGOUREUX

3.1. INTRODUCTION

Les régions présentant des hivers rigoureux, c'est-à-dire très froids, se trouvent soit à des latitudes élevées (au-delà de 60°), soit à des altitudes élevées (à proximité ou au-dessus de la limite des forêts). Une revue des maigres observations d'impacts de barrages et de retenues sur l'environnement, ou vice versa, dont on dispose pour ces régions donne les résultats suivants, présentés dans l'ordre des têtes de colonne de la matrice de la CIGB (3 A)* :

3.2. IMPACTS SUR L'HOMME

Les régions considérées sont souvent à peine peuplées, d'un accès difficile et économiquement faibles. De ce fait, la construction d'un barrage entraîne des changements importants qui sont le plus souvent favorables du point de vue économique (nouvelles voies de communication, création d'emplois, ouverture de commerces, accroissement des recettes fiscales, paiement d'indemnités, etc.) mais qui peuvent également créer des problèmes sociaux, spécialement pendant la période de construction, si une part importante de la main-d'œuvre doit être importée de l'extérieur vers la zone du projet. Ces problèmes sociaux peuvent naître soit au sein de la main-d'œuvre, soit entre celle-ci et la population locale. Dans ce dernier cas, les problèmes peuvent être atténués par une information dès le début des travaux, des consultations et une coopération avec la population locale, tout en garantissant à celle-ci un traitement équitable et des compensations pour toute forme de préjudice objectivement reconnu. Il faut définir bien à l'avance la ligne de conduite et les programmes à suivre. Ceux-ci peuvent aller d'un isolement intentionnel de la main-d'œuvre à des cours de formation professionnelle et à l'intégration de la population locale (par exemple, comme futurs exploitants de la centrale) (3 E). Les problèmes tendent à disparaître après l'achèvement de la construction.

La création d'une retenue peut couper des routes et des sentiers, destinés par exemple à l'exploitation forestière ou à la migration de troupeaux, qui doivent alors être améliorés, déplacés ou rétablis. D'autre part, les travaux préparatoires à la construction d'un barrage ou à l'aménagement d'une retenue, en particulier dans les régions où les lacs sont rares, peuvent avoir un effet favorable sur le développement du tourisme et représenter une ressource complémentaire pour la population locale ainsi qu'une possibilité de loisirs pour les non-résidents. Parfois le village construit pour le chantier peut être utilisé après la construction comme centre de loisirs, par exemple pour la chasse, la pêche ou les sports d'hiver.

(*) Voir bibliographie in fine.

3. DAMS AND THE ENVIRONMENT IN SEVERE WINTER ENVIRONMENTS

3.1. INTRODUCTION

Regions with severe, i.e. very cold winters are located either at high latitude (e.g. beyond 60°) or at high elevations (e.g. near or above the timberline). A review and analysis of the scant observational material available on the environmental impacts of and on dams and reservoirs in these regions yield the following (in the order of the column headings of the ICOLD matrix (3 A) (*) .

3.2. IMPACTS ON MAN

The regions under consideration are in many cases scarcely populated, of difficult access and economically weak. Thus, the construction of a dam entails important changes, which are mostly beneficial from an overall economic point of view (new communications, jobs, trade, taxes, compensations, etc.), but can cause social problems, especially during the construction period, if an important part of the work force has to be brought in from outside the project area. Such social problems can arise within the work force or between this one and the resident population. The latter problems can be mitigated by early information, consultation and cooperation with the inhabitants, assuring them of fair treatment and compensation for all types of demonstrated encroachments. The corresponding policies and programs must be formulated well in advance and might reach from an intentional isolation of the work force to training and integration programs for the residents (e.g. as future plant operators) (3 E). The problems tend to disappear after completion of construction.

The formation of a reservoir might on the one hand disrupt existing roads or paths, e.g. for forestry purposes or migration of herds, which have to be improved, relocated or replaced. On the other hand the opening-up works related to the construction of a dam as well as the reservoir itself, especially in regions where lakes are scarce, may constitute new and attractive features giving valuable impetus to the development of tourism as an additional source of income for the resident population and a recreational opportunity for outsiders. Sometimes the construction camp can be used after construction as a recreation center, e.g. for hunting, fishing and winter sports.

(*) See Bibliography at the end.

Dans certains cas, il est cependant de prime importance de considérer les effets négatifs qu'un développement touristique peut avoir sur une région retirée en affectant une partie de sa flore et de sa faune et en créant des problèmes sociaux avec la population locale. Ce sont là cependant des impacts secondaires qui ne sont pas directement en rapport avec le projet et qui doivent être traités de manière appropriée par la création de réserves naturelles, par la limitation de l'accès, par des campagnes de mise en garde du public, etc.

En ce qui concerne le paysage, il est possible d'éviter bien des désordres ou même des dommages dès la conception du projet, ainsi qu'en planifiant soigneusement le travail de construction, par exemple dans les carrières et les zones d'emprunt. Des mesures de restauration, comme la restructuration du paysage, le reboisement, l'ensemencement des talus (tranchées et remblais), etc., sont nécessaires dans la plupart des cas. La situation peut devenir très délicate, voire impossible, si la zone du projet fait déjà l'objet d'un développement touristique important, puisque l'impact d'un barrage et d'une retenue sur le paysage est, au fond, une question de goût. Cela dépend pour beaucoup de l'esthétique du projet et de l'implantation harmonieuse des ouvrages dans la nature.

3.3. IMPACTS GÉOPHYSIQUES

Dans les régions à hivers rigoureux, le problème de l'envasement de la retenue est généralement négligeable par suite de la rareté de sols érodables, exception faite pour de très petites retenues ou celles qui ont un bassin versant comportant une large surface de glaciers. Lorsque les sols érodables ne sont pas rares, comme par exemple dans l'Himalaya, il y a lieu d'envisager les mesures habituelles de protection (par exemple, reboisement).

La rareté des sols érodables dans la plupart des régions considérées empêche également que la stabilité des berges de la retenue ne devienne un problème majeur. La stabilité peut être mise en danger localement si les berges contiennent un pourcentage élevé de matériaux limoneux et/ou lorsque la couverture de glace attachée aux berges se libère en se cassant à la suite de fluctuations du plan d'eau (par exemple, dans les aménagements de pompage-turbinage) ou pendant le dégel printanier. Dans des zones de gel permanent du sol (permafrost), la retenue a un effet réchauffant qui peut causer des déformations du terrain non négligeables jusqu'à une certaine distance ainsi que mettre en danger la stabilité des berges. A de hautes altitudes, il est plus probable de rencontrer des ondes de translation provoquées par des avalanches de neige ou par des séracs provenant de glaciers que par des glissements de berges.

Ceci nous amène à la particularité spécifique des retenues situées dans des régions à hivers rigoureux, c'est-à-dire à la couche de glace qui se forme en hiver sur la plupart d'entre elles et aux problèmes qui s'ensuivent, dont un a déjà été évoqué ci-dessus. Une autre particularité réside dans le fait que les fluctuations du plan d'eau dues à l'exploitation de la retenue peuvent empêcher la traversée du lac gelé en hiver, en particulier à proximité des berges, lorsque celles-ci relâchent de l'eau ou sont couvertes de débris de glace plus ou moins fondue. Ce problème peut être résolu par l'installation de rampes basculantes sur les berges de la retenue. Enfin, on peut mentionner tous les problèmes causés par la couche de glace aux diverses installations du barrage, surtout lorsqu'elle se casse pendant le dégel de printemps.

In some cases it is, however, of utmost importance to consider the negative effects which a touristic development might have on a previously remote area by affecting part of its flora and fauna and by creating social problems with the resident population. These are, however, secondary impacts not directly related to the project and must be dealt with accordingly by creation of natural reserves, limitations of access, public awareness programs, etc.

In respect to the landscape a lot of disturbance or even damage can be avoided already in the design of a project and by adequate planning of the construction activities, e.g. in quarries and borrow areas. Rehabilitation measures, such as landscape architecture, reforestation, plantation of cuts or fills, etc., are required in most cases. The situation can become very delicate or well nigh impossible if the project area is already touristically developed, as the impact of a dam and reservoir on the landscape is basically a matter of taste. Much depends upon an aesthetic design of the works and the appropriate fitting of these into the landscape.

3.3. GEOPHYSICAL IMPACTS

Except for very small impoundments or those with heavily glaciated catchment areas, the problem of reservoir sedimentation is usually negligible in regions with severe winters due to the scarcity of erodible soils. In areas, like the Himalayas, where the latter is not the case, some of the usual measures against soil erosion (e.g. reforestation) must be taken into consideration.

The scarcity of erodible soils in most of the regions under consideration also precludes the stability of the reservoir banks from becoming a major problem. Stability might be endangered locally, if the banks contain a high proportion of silty material and/or when the ice cover attached to them breaks loose due to water level fluctuations (e.g. in pumped storage plants) or during the spring thaw. In areas with permafrost the warming effect of the reservoir can cause considerable ground deformations at some distance from it as well as endanger the stability of its banks. At high elevations, impulse waves in reservoirs are more likely to originate from snow avalanches and ice falls from glaciers than from bank slides.

This leads to the foremost particularity of reservoirs in severe winter environments, i.e. the ice cover forming on most of them during winter and the ensuing problems, of which one was mentioned already above. Another one is, that water level fluctuations in connection with reservoir operation might impede communication across the frozen lake in winter time, especially near the banks when these release stored water or are covered with slush or broken ice. This problem can be solved by installing basculating wooden ramps across the reservoir banks. Finally, one might mention all the problems the ice cover can cause to the dam's installations, especially when it breaks up during the spring thaw.

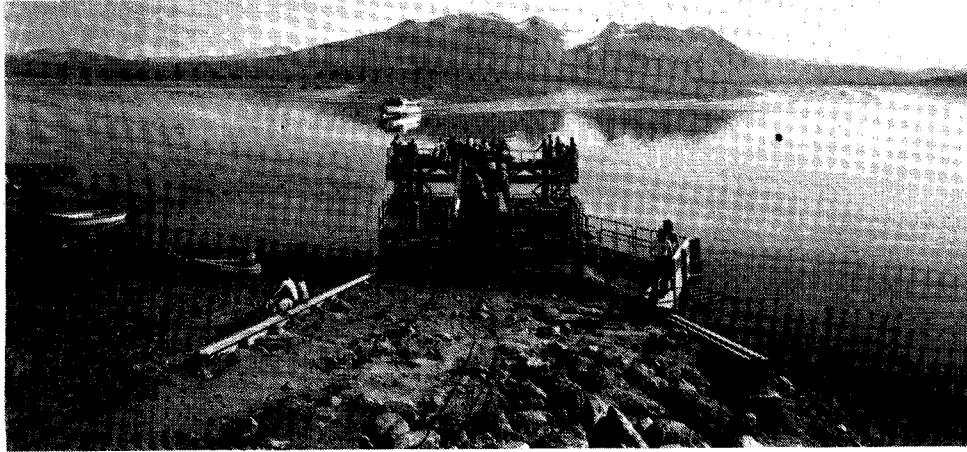


Photo 17

Appontement pour bateaux de plaisance à Ritsem, sur les rives de la retenue de Suorva, sur la rivière Lule, en Suède. Le trafic de plaisance dans cette zone se développe depuis longtemps déjà : de 5 000 en 1970, le nombre de passages enregistrés est monté à 15 000 au début des années 80.

Jetty for tourist boats at Ritsem on the banks of the Suorva Lake on the Lule River in Sweden. The tourist traffic in this area has been developing for a long time and has increased from about 5,000 registered visits in 1970 to 15,000 visits at the beginning of the 80's.



Photo 18

La « route de l'Ouest », une voie d'accès de 87 km reliant Porjus à l'usine hydro-électrique de Vietas et à la retenue de Suorva sur la rivière Lule, en Suède. Cette route a contribué au développement touristique de la région et a favorisé la migration des Lapons et de leurs troupeaux de rennes ainsi que la distribution de la viande de renne, etc.

The « Road to the West », an 87 km access road from Porjus to the Vietas power plant and the Suorva storage lake on the Lule River in Sweden. The road has contributed to the tourist industry in the area, and improved possibilities for the migration of the Laplanders with their reindeer herds and for the distribution of reindeer meat, etc.

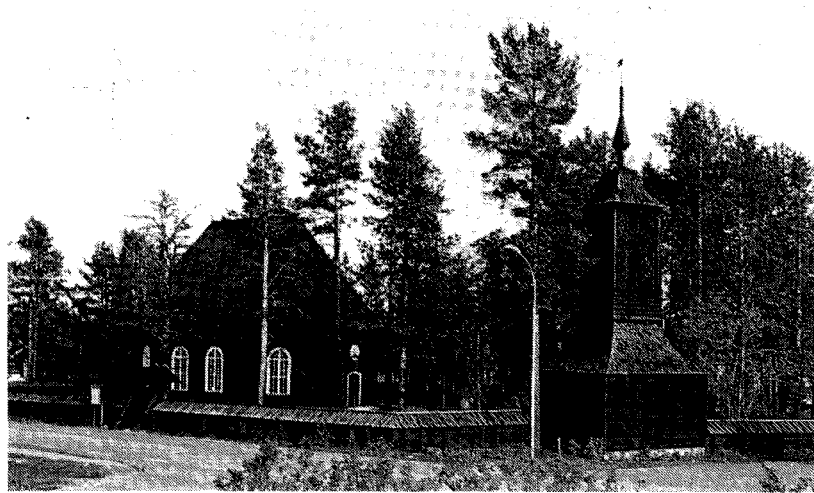


Photo 19

L'église de Jokkmokk (Suède), construite, à l'origine, en 1607.
Après sa destruction par un incendie en 1972, elle a été reconstruite
et à nouveau inaugurée en 1975. Cette construction a été réalisée
grâce à un fonds alimenté par les redevances annuelles sur l'énergie hydraulique prévues
dans les concessions des aménagements hydro-électriques pour la région de Jokkmokk.

*The Jokkmokk church, Sweden, originally built in 1607.
After destruction by fire in 1972 it was reconstructed
and again inaugurated in 1975. The reconstruction was financed
from a fund, built up by yearly fees from the power industry prescribed
in connection with legal permission for power projects in the Jokkmokk region.*



Photo 20

Piste de slalom éclairée, construite à Vuollerim (Suède) grâce aux indemnités versées.

*Floodlit slalom slope in Vuollerim, Sweden,
built with compensation grant.*

3.4. IMPACTS SUR L'EAU

La plupart des retenues situées dans des climats froids sont utilisées selon un cycle saisonnier : stockage de l'eau pendant la saison chaude et utilisation en hiver, lorsque les précipitations ont lieu sous forme de neige sans produire d'écoulement immédiat. L'augmentation des débits d'hiver qui s'ensuit à l'aval des barrages est généralement considérée comme bénéfique ou pour le moins sans effet préjudiciable. Il existe cependant des cas où la variation du débit empêche la formation d'une couche protectrice de glace sur la rivière ou détruit cette couche, favorisant le surrefroidissement de l'eau et la formation de sorbet (frazil) qui peut alors obstruer les installations à l'aval ou provoquer une inondation et une érosion des berges de la rivière.

D'autre part, la couverture de glace d'une retenue empêche l'aération normale de l'eau, mais on constate que les déficiences prononcées en oxygène, qui pourraient provoquer la mort des poissons, se produisent en général moins fréquemment que dans les lacs naturels, grâce à la circulation engendrée par les soutirages d'eau. La détérioration de la qualité de l'eau a parfois constitué un problème dans les retenues en climats froids pendant les premières années d'exploitation, surtout lorsque la zone de la retenue n'a pas été déboisée proprement. L'opération de déboisement est souvent financée, au moins partiellement, par le produit de la vente du bois. Elle est importante, car elle limite la quantité de débris flottants et réduit les entraves à la navigation et à la pêche, sans oublier les raisons d'ordre esthétique. Même après déboisement, des débris flottants peuvent provenir des racines d'arbres ou d'arbustes préalablement coupés qui se trouvent libérées lorsque la couverture des berges et du fond de la retenue est trop mince et qu'elle est érodée. Si des dépôts de tourbe sont submergés, il arrive que celle-ci flotte à la surface de la retenue, mais on a constaté que ceci ne gêne guère l'exploitation (3 F).

3.5. IMPACTS SUR LE CLIMAT

Les régions considérées sont le plus souvent riches en lacs naturels; de ce fait, les plans d'eau créés artificiellement ont une importance relativement faible et les changements climatologiques qu'ils sont susceptibles d'engendrer ne se remarquent qu'au niveau du microclimat. En hiver, les parties de la retenue qui ne sont pas encore recouvertes de glace et/ou l'augmentation du débit à l'aval peuvent légèrement augmenter la fréquence du brouillard.

3.6. IMPACTS SUR LA FLORE

Mis à part l'inévitable perte de végétation dans la zone inondée, y compris celle d'éventuelles plantes rares, l'impact causé par une retenue sur la flore environnante est généralement mineur. Il est principalement dû aux changements apportés à la circulation des eaux souterraines. Dans certains cas cependant, des changements climatologiques, même presque imperceptibles, dus aux retenues peuvent affecter la période de végétation déjà courte et par là réduire les récoltes d'espèces plus vulnérables. A long terme, il faut s'attendre aussi à des changements de la végétation le long des cours d'eau touchés par le projet. Par contre, un développement de plantes aquatiques en grande quantité n'est guère à craindre sous des climats froids. Il faut se rappeler que la période d'adaptation et de récupération de la végétation en régions

3.4. IMPACTS ON WATER

Most reservoirs in cold climates are used for seasonal storage, i.e. the collection of water in the warm season for use in winter, when precipitation occurs in the form of snow and hence produces no immediate run-off. The ensuing augmentation of the winter flows downstream of the dam is usually considered beneficial or at least neutral. There are, however, some instances where the changed flow conditions prevent the formation of a protective ice cover over the river or destroy it, thereby leading to supercooling of the water and the formation of frazil ice, which can clog downstream installations or cause flooding and erosion of the river banks. On the other hand, ice covers on reservoirs impede proper aeration of the water, but due to the circulation enforced by the water withdrawals, severe oxygen deficiency causing fish kills occur rather less frequently than in natural lakes. Deterioration of water quality in reservoirs in cold climates has sometimes been a problem during a number of years after the start of operation, especially when the reservoir area had not been properly cleared. Reservoir clearing is often paid for at least partly by the sale of the timber and is important in view of limiting the generation of floating debris and the hindrance to boating and fishing as well as for aesthetic reasons. Even after clearing, floating debris may be generated from the roots of cut trees and bushes, which are set free when thinly covered reservoir banks and floors are eroded. If peat deposits are submerged, these might even float on the reservoir, which was found, however, to interfere little with its operation (3 F).

3.5. IMPACTS ON CLIMATE

The regions under consideration more often than not exhibit a great wealth of natural lakes, so that the additional water surfaces created artificially are relatively insignificant and climatic changes due to them are noticeable, if at all, on the microclimate only. During winter time parts of a reservoir not yet covered by ice and/or the increased downstream flows might cause a slightly increased occurrence of fog.

3.6. IMPACTS ON FLORA

Besides the unavoidable loss of vegetation, including possibly some rare plants, in the flooded area, the impact of reservoirs on the surrounding flora is mostly of minor importance and mainly due to the changes in groundwater conditions. However, in some instances even the almost unnoticeable climatic changes due to reservoirs affect the already short vegetation period and hence the yield of more sensitive crops. Longterm changes have also to be anticipated in the boundary vegetation along running water affected by the project. Mass development of aquatic plants on the other hand hardly occurs in cold climates. Factors to be kept especially in mind, are the relatively long adaptation and recuperation times of the



Photo 21

Rampe basculante en bois sur la glace,
au bord de la retenue de Storuman sur la rivière Lule, en Suède.

*Wooden bascule ramps across the ice on the bank
of the Storuman storage lake on the Lule River, Sweden.*



Photo 22

Nouveau nettoyage des rives de la retenue de Suorva, en Suède, en 1977.
Le remplissage de la retenue avait débuté en 1971 mais le niveau maximal
n'a été atteint pour la première fois que 10 ans après.

*Repeated clearance of the banks of the Suorva storage lake in Sweden in 1977.
The storage was started in 1971 but high water level
was first reached 10 years later.*



Photo 23

Nouveau nettoyage de la retenue de Vojmsjön, en Suède, en 1957.
Le remplissage de la retenue avait commencé en 1946.

*Repeated clearance of the Vojmsjön storage lake in Sweden
in 1957. The storage was started in 1946.*



Photo 24

Rivière Kemi (Finlande) : les barrages sont conçus pour protéger les champs cultivés
contre la formation de « pack » de glace due aux inondations de printemps.

*Kemi River : Finland Dams are planned to protect cultivated fields
against pack ice caused by spring flood.*

froides est relativement longue et qu'il peut y avoir des effets secondaires négatifs résultant du développement touristique d'une zone retirée. On manque malheureusement, particulièrement dans ce domaine des effets sur l'environnement, d'observations spécifiques et quantitatives ou de descriptions d'expériences.

3.7. IMPACTS SUR LA FAUNE

Contrairement à ce qui vient d'être dit pour la flore, les impacts des retenues sur la faune ont fait l'objet depuis longtemps d'une attention considérable, spécialement en ce qui concerne les poissons, à cause de leur importance comme aliment sous les climats très froids. L'expérience montre que, dans les retenues scandinaves, la production de poissons est nettement accrue par rapport à celle des lacs naturels, en particulier pendant les premières années qui suivent la mise en eau. Cependant, un passage du poisson à chair rouge au poisson à chair blanche peut se produire, ce dernier étant d'une valeur inférieure pour des raisons d'habitude et de goût. Dans certains cas, spécialement si des dépôts de tourbe ont été submergés par la retenue, on note une acidité accrue de l'eau et une concentration plus élevée de diméthyl mercure dans les poissons pendant les premières années qui suivent la mise en eau. Dans les retenues alpines, la production de poissons est généralement faible à cause du peu de fertilité des eaux; toutefois elle peut être accrue par une meilleure organisation de la pêche et des mesures appropriées. La vidange occasionnelle des retenues peut nuire aux bancs de poissons à l'aval.

Les barrages représentent généralement des obstacles pour la migration des poissons, affectant spécialement la précieuse population de saumons. Sur les barrages très élevés, il n'est généralement pas possible d'installer des échelles à poissons qui fonctionnent correctement. Dans tous les cas, même avec de telles installations, la migration des poissons est perturbée. Il est intéressant de noter qu'à partir des années 50 les Suédois et les Finlandais ont arrêté d'équiper leurs barrages avec des échelles ou des ascenseurs à poissons et les ont remplacés par des programmes de reproduction artificielle du saumon et de la truite de mer à grande échelle. Des programmes similaires sont en cours aussi dans d'autres pays où l'environnement est caractérisé par des hivers rigoureux. Il y a lieu de noter, cependant, que ces méthodes ne permettent de rétablir la production naturelle de poissons que jusqu'à un certain degré. En ce qui concerne la faune terrestre, des problèmes ont été rencontrés à cause de l'inondation des zones d'habitat et/ou de l'interruption, par suite de la création d'une retenue, des chemins empruntés par les rennes et d'autres animaux. Des efforts sont entrepris pour remplacer l'habitat et les zones de prédilection de ces animaux.

3.8. CONCLUSIONS

En résumé, on peut affirmer que les impacts sur l'environnement des barrages et des retenues en régions à hivers rigoureux peuvent être réduits substantiellement par des contre-mesures appropriées. Il est nécessaire que la conception, la construction et l'exploitation de l'aménagement soient dirigées et surveillées par des gens expérimentés, capables de donner l'importance nécessaire aux aspects relatifs à l'environnement. De toute manière, les impacts seront moins prononcés que sous des climats tempérés ou chauds, où la productivité naturelle et la densité de la population ont tendance à être beaucoup plus élevées. La neige et les températures inférieures à zéro réduisent par ailleurs fortement, déjà dans les conditions naturelles, toute activité pendant plusieurs mois de l'année.

vegetation in cold regions, as well as the possibly negative secondary effects resulting from the opening-up and touristic development of a remote project zone. Specific and quantitative observations or experience records are, however, sorely lacking, especially in this area of environmental impacts.

3.7. IMPACTS ON FAUNA

In contrast to what has just been said in connection with the impacts of reservoirs on the flora, those on the fauna or at least on fish have received considerable attention for a long time, because of the great importance of fish as nutriment in severe winter climates. Experience shows that in Scandinavian reservoirs the production of fish is actually increased as compared to natural lakes, especially in the first years of impounding, but that a change from red to white fish might occur, the latter being less valued for reasons of custom and taste. In some instances, especially when peat deposits are submerged by the reservoir, higher acidity of the water and increased methyl mercury contents in the fishes are noted during the first years after impoundment. In alpine reservoirs, natural fish production is usually low due to low fertility of these waters, however, it can be increased through fisheries management and measures. Occasional flushing of these reservoirs may damage downstream fish stocks.

Dams usually represent obstacles for fish migration, mainly affecting the valuable salmonid fish fauna. At very high dams the installation of effective fishways is usually not feasible. In any case even with such installations fish migration will be disturbed. It is interesting to note that since the 1950's the Swedes and Finns discontinued to equip their dams with fish ladders or lifts and instead implemented a large scale program for artificial reproduction of salmon and sea trout. Similar programs are underway also in other countries with severe winter environments. It must be noted, however, that these procedures allow to restore natural fish production only to a certain extent. Regarding the terrestrial fauna problems have been encountered due to flooding of habitats and/or interruption of haunts for reindeer and other wildlife by the creation of a reservoir. Efforts are made to offer these animals alternatives for their original habitats and haunts.

3.8. CONCLUSIONS

Summarizing it can be stated that the environmental impacts of dam reservoirs under severe winter conditions can be substantially reduced if proper countermeasures are adopted and if design, construction and operation are directed and supervised by experienced persons giving due consideration to environmental aspects. At any rate the impacts will be less severe than in temperate or hot climates, where natural productivity and population density tend to be much higher. Snow and below freezing temperatures greatly reduce all activities in cold climates for several months each year already under natural conditions.

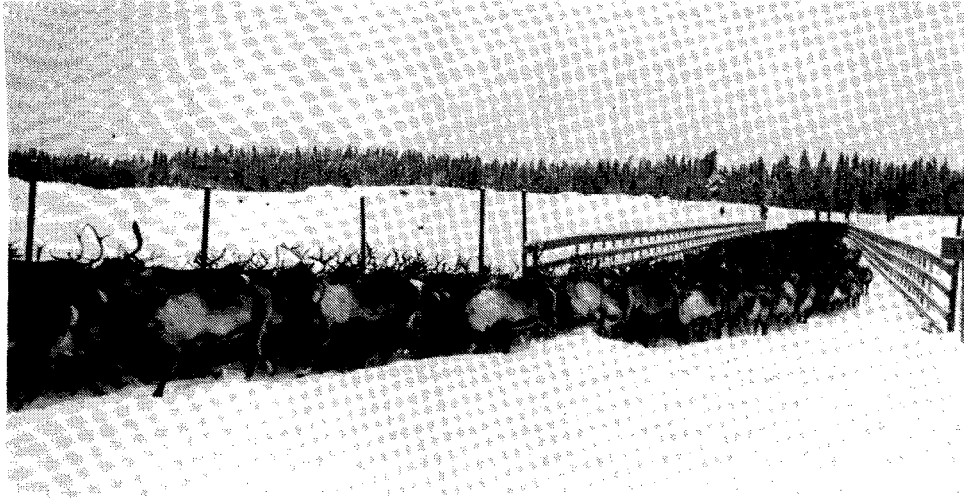


Photo 25

Rennes franchissant un des ponts spécialement construits pour permettre leur migration, sur le canal de la centrale d'Asele, en Suède.

Reindeer passing over one of the bridges specially constructed for their migration over the discharge canal of the Asele Power Plant in Sweden.

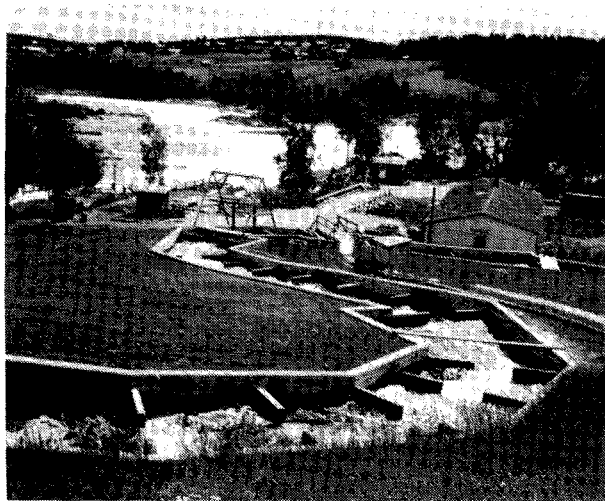


Photo 26

Échelle à poissons à la centrale de Stornorrfor, sur la rivière Ume, en Suède. Par cette échelle, de 500 à 2 000 saumons gagnent chaque année leurs zones de frai de la rivière Vindel qui est un affluent exclu de tout aménagement hydro-électrique.

Fish ladder at Stornorrfor Hydro Power Plant on the Ume River in Sweden. Through this ladder 500-2,000 salmon a year pass to spawning areas in the tributary Vindel River, which is not subject to hydroelectric development.

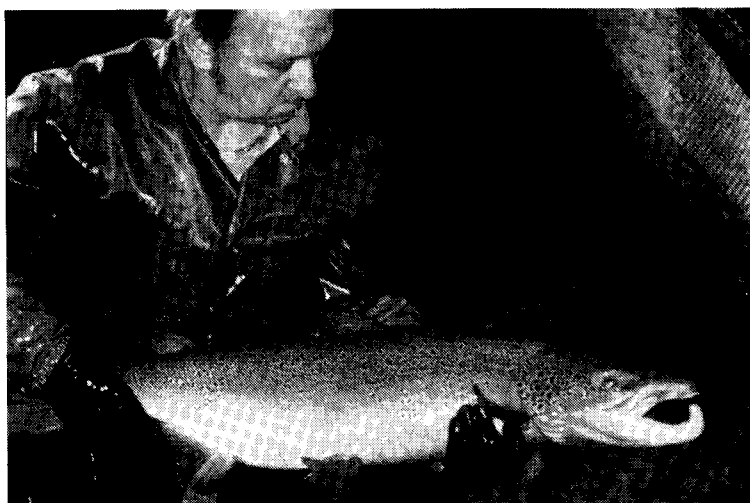


Photo 27

Élevage de saumon à l'écloserie de la centrale de Näs, en Suède.
Environ 175 000 jeunes saumons et truites de mer y sont élevés chaque année
pour contribuer au maintien de la pêche en mer Baltique.

Il existe en tout seize écloseries de cette taille alimentant
la pêche en mer Baltique et dans les lacs et rivières de Suède.

*Breeding-salmon in the fish hatchery at Näs power plant in Sweden.
Here about 175,000 young salmon and sea trout are reared every year
to contribute to the preservation of fishing in the Baltic Sea.*

*There are in all sixteen fish hatcheries of this size working
for the fisheries in the Baltic Sea and in Swedish lakes and rivers.*

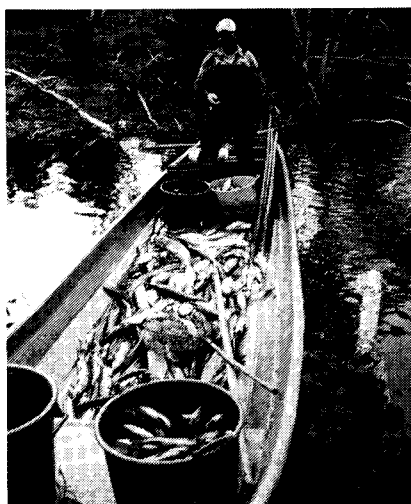


Photo 28

Pêche sur le lac artificiel de Lokka, en Finlande.

Fish harvest on the man made Lake Lokka in Finland.

REFERENCES

3. A. Dams and the Environment, International Commission on Large Dams, Bulletin 35, Paris 1980.
3. B. Dam Projects and Environmental Success, Bulletin 37, International Commission on Large Dams (ICOLD) Paris 1981.
3. C. Die Auswirkungen alpiner Speicherseen auf die Umwelt. Les répercussions des réservoirs alpins sur l'environnement. The Effects of Alpine Reservoirs on the Environment. Pro Aqua AG, Basel 1980.
3. D. Hydro-Power in Sweden (p. 59-66 : Environmental and legal aspects). Swedish Power Assoc., Stockholm 1981.
3. E. R. F. SALISBURY : The impacts of James Bay, ten years later. Engineering Journal, Aug. 1980, p. 3-6.
3. F. P. KIVINEN : On the environmental effects of the man-made lakes Lokka and Porttipahta (unpublished report to the Subcommittee).
3. G. V. WANHAINEN, 1984. Hydro-power construction and the environment. Swed-power, Vattenfall, Postfach, 16287 Vällingby, Sweden.
3. H. Comments received from the National Committees of Brazil, Czechoslovakia, India, Iran, Norway, Romania and Yugoslavia.

CONCLUSIONS

Les objectifs principaux d'un aménagement sont variés : production d'électricité hydraulique, protection contre les crues, alimentation en eau de la population et de l'industrie, distribution d'eau pour l'irrigation, contrôle de la navigation et mise en valeur de terres. Bien souvent, la construction d'un grand barrage est destinée à répondre à plusieurs de ces besoins. Dans toutes les régions considérées, on retrouve souvent l'objectif de production d'énergie. Les barrages de protection contre les inondations dues aux tempêtes dans les zones côtières et les barrages d'alimentation en eau constituent les principales exceptions. En ce qui concerne les autres objectifs, il s'agira surtout, en régions arides, d'alimentation en eau et d'irrigation, tandis qu'en régions tropicales, on mettra davantage l'accent sur la maîtrise des crues. En régions tempérées, les objectifs principaux seront la maîtrise des crues, l'alimentation en eau et, dans les zones à population dense, la mise en valeur de terres. Dans les régions à hivers rigoureux, le stockage de l'eau dans le but de l'utiliser en hiver constitue un objectif important.

La construction de barrages a eu des effets très favorables dans le domaine économique et social. L'environnement naturel s'est néanmoins trouvé dans tous les cas altéré et certains inconvénients que, parfois, l'on n'avait pas prévus ou que l'on avait sous-estimés sont dans certains cas apparus.

Les principaux problèmes d'environnement liés à la construction des grands barrages énumérés dans les rapports concernent les effets suivants :

- effets sur l'eau : marnage; stratification entraînant une déficience en oxygène et d'autres modifications de la qualité de l'eau; eutrophisation; dépôt des matières en suspension et, dans le cas de matières polluées, accumulation de substances toxiques dans les sédiments; modifications du niveau et de la qualité de la nappe phréatique au voisinage de l'aménagement;
- effets sur la flore et la faune : disparition totale ou partielle de la flore et de la faune d'origine; entrave à la migration des poissons; disparition, à cause du marnage et de l'érosion, de zones peu profondes de reproduction et de nourriture;
- effets sur le climat : petites modifications de micro-climat, par exemple davantage de bancs de brouillard en zones arides;
- effets économiques et sociaux : déplacement et réinstallation de la population; modifications dans la production et la fourniture d'alimentation (pêche, agriculture); développement du tourisme et des loisirs; accroissement du risque de propagation des maladies liées à l'eau; problèmes sociaux entre les travailleurs et la population locale; problème sociaux, économiques et sanitaires dus au développement de l'industrie près du barrage.

CONCLUSIONS

Project main objectives are varied; hydro-electricity production, protection against floods, supply of water for drinking and industry, water distribution for irrigation, navigation control and land reclamation. Often several of the objectives are pursued when a large dam is constructed. In all the regions considered, energy production is often one of the objectives. Storm flood prevention dams in coastal areas and water supply dams are the main exceptions to this. Concerning other objectives, in arid regions the emphasis is on water supply and irrigation, while tropical regions have greater flood control needs. In temperate regions flood control, water supply and in densely populated areas land reclamation, are major needs. In severe winter environments storage of water for use in winter is an important objective.

The construction of dams has produced very favourable results in economic and social terms. However, in all cases the natural environment has been altered and in some of these certain disadvantages, which were sometimes unforeseen or under-assessed, have appeared.

The main environmental problems of the construction of large dams mentioned in the reports concern :

- effects on water : reservoir level variation; stratification and therefore lack of oxygen and other changes of the water quality; eutrophication; settlement of suspended matter and if this matter is polluted, accumulation of toxic substances in the sediment; changes in groundwater level and quality in the surroundings;
- effects on flora and fauna : complete or partial loss of the original flora and fauna; blocking of the migration of fish; loss of shallow breeding and food producing areas as a result of level variations and erosion;
- effects on climate : small changes of the microclimate, for example, more fog banks in arid zones.
- economic and social effects : migration and resettlement of the population; changes in food production and supply (fishery, agriculture); increase of tourism and recreation; intensification of the danger of dissemination of water-associated diseases; social problems between the workers and the resident population; social, economic and health problems as a consequence of industrial development near the dam.

Les rapports suggèrent de nombreuses solutions et font des recommandations pour remédier aux effets secondaires négatifs des grands barrages : prévention et contrôle des problèmes sanitaires; déboisement, plutôt qu'inondation ou brûlage de la forêt; sauvetage de la faune; production de poissons dans les nouvelles retenues; plantation d'arbres dans les bassins versants pour réduire l'envasement des retenues; compensations financières et assurance de conditions de vie au moins équivalentes pour les populations déplacées; bonne gestion du niveau et de la vitesse de l'eau pour offrir un habitat favorable à la flore et à la faune, en apportant une attention particulière aux berges des plans d'eau; gestion de l'eau destinée à empêcher la pollution; construction d'échelles à poissons; élevage de poissons et alevinage; programmation d'équipements de loisirs; création de réserves naturelles; remise en état d'environnements naturels et mesures de reboisement ou de reconstitution des sols.

En raison de l'importance des transformations et modifications potentielles de l'environnement et des effets négatifs éventuels qui ont été énumérés, les incidences sur l'écologie ne doivent en aucun cas être négligés dans le choix et la conception des grands barrages. Le grand public est aujourd'hui parfaitement au courant de ces effets et, dans la plupart des cas, des études d'impact sur l'environnement devront être menées et jouer un rôle déterminant dans le processus de décision. De nombreux pays ont déjà rendu de telles procédures obligatoires.

A tous les stades de l'étude, de la conception, de la construction et de l'exploitation, des mesures peuvent être prévues et mises en œuvre pour réduire ou compenser les effets négatifs. Une programmation et une gestion rigoureuses, s'appuyant sur une vaste expérience dans le monde entier, sont indispensables si l'on veut assurer de bonnes conditions de développement à la flore et à la faune et de bonnes conditions d'existence à l'homme. Les effets indésirables et inacceptables sur l'environnement peuvent ainsi être prévenus.

En résumé :

- A. Les projets de grands barrages ont souvent des objectifs multiples et peuvent entraîner une transformation importante de certains éléments de l'environnement.
- B. Outre des avantages évidents, de nombreux effets négatifs potentiels des grands barrages sur l'environnement ont été décrits.
- C. Ces effets négatifs peuvent être évités, ramenés dans des limites acceptables ou faire l'objet de compensations.
- D. Les pouvoirs publics doivent avoir pleinement conscience des effets directs ou indirects des grands barrages et mettre en balance les avantages économiques et sociaux avec les transformations et modifications inévitables de l'environnement. Une conception, une construction, une programmation et une gestion bien pensées, s'appuyant toutes sur l'expérience, sont indispensables si l'on veut éviter, ramener dans des limites acceptables ou compenser les effets négatifs sur l'environnement.

In the reports many solutions are suggested and recommendations are made to counter undesirable side effects of large dams, i.e. prevention and control of health problems; deforestation instead of flooding or burning forest; rescue of fauna; fish production in the new reservoirs; forestation in catchment areas to reduce reservoir silting; financial compensation and at least equivalent basic living conditions for the populations who are resettled; proper water level and water velocity management to offer a favourable habitat for the flora and fauna with special attention to the banks of water areas; water management to prevent pollution; construction of fish ladders; fish breeding and stocking; planning of recreational facilities; creation of nature reserves; reconstruction of natural environments and reafforestation or soil restoration measures.

As a consequence of the potential transformations and modifications of the environment, and the possible negative effects mentioned, environmental changes must not be neglected in the planning and design of large dams. Public awareness of these effects is now rightly substantial and in the majority of cases environmental impact studies should be carried out and should play a significant role in the decision making process. Many countries already require such procedures.

Through all the stages of study, design, construction and operation, measures can be planned and carried out by which negative effects can be reduced or compensated. Careful planning and management, based on extensive experience all over the world, are indispensable to ensure good conditions for the development of flora and fauna and for man. Thus unexpected and unacceptable environmental effects can be prevented.

In short

- A. Large dam projects often have multiple objectives, and can result in substantial transformation of elements of the environment.
- B. In addition to obvious advantages, many potential negative effects of large dams on the environment have been described.
- C. These negative effects can be avoided, reduced to acceptable limits or compensated.
- D. Public authorities must be fully aware of direct and indirect consequences of large dams, and balance the economic and social advantages with the inevitable transformation and modification of the environment. Well-considered design, construction, planning and management all based on experience are necessary to avoid, reduce to acceptable limits or compensate for negative effects on the environment.

Imprimerie de Montligeon
61400 La Chapelle Montligeon
Dépôt légal : juin 1985
N° 12427
ISSN 0534-8293
Couverture : L. Dronneau

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>