

***DAMS
AND THE ENVIRONMENT***

**LES BARRAGES
ET L'ENVIRONNEMENT**



***DAMS
AND THE ENVIRONMENT***

**LES BARRAGES
ET L'ENVIRONNEMENT**



1982

BULLETIN 35

Publié comme Bulletin 35 en juin 1980
Seconde édition – octobre 1982

Issued as Bulletin 35 in June 1980
Second edition – October 1982

AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:

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

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

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

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

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

NOTICE – DISCLAIMER :

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

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

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

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

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

**TABLE
DES MATIÈRES**

**TABLE
OF CONTENTS**

	Pages		Pages
AVANT-PROPOS	5	FOREWORD	5
NOTE DE PRÉSENTATION DE LA MATRICE	8	INSTRUCTIONS FOR USE OF THE MATRIX	9
Annexe I - Exemple d'utilisa- tion des symboles	12	Appendix I - Example of use of Symbols	12
Annexe II - Utilisation des flè- ches pour la matérialisation des « réactions en chaîne » et des boucles fermées	14	Appendix II - Use of arrows to illustrate chain reactions and feedback loops	15
Annexe III - Exemple des effets d'une action corrective sur l'environnement final	18	Appendix III - Example of ef- fects of corrective measures on ultimate environment ..	19
Annexe IV - Définition des ter- mes employés dans la matrice	20	Appendix IV - Definition of terms in Matrix	21
LISTE DES TYPES DE BAR- RAGES ET EXEMPLES ..	32 et 38	LIST OF TYPES OF DAMS AND EXAMPLES	33 and 39
NOTE DE SYNTHÈSE	43	GENERAL SYNTHESIS	43
Table des matières	45	Contents	45
Avant-propos	46	Introduction	47
Effets physiques et biologiques des aménagements hydrau- liques	48	Physical and biological effects of river development	49
Effets d'ordre social	74	Social effects	75
MATRICE	80	MATRIX	80

MEMBRES DU COMITE DE L'EFFET DE BARRAGE ET DE L'ENVIRONNEMENT
MEMBERS OF THE COMMITTEE ON DAMMING AND THE ENVIRONMENT

Dr. J.P. KRIEL	(Afrique du Sud/South Africa)
K. BELBACHIR	(Algérie/Algeria)
W.R. MITCHELL	(Australie/Australia)
J.A. BANDEIRA DE MELLO	(Brésil/Brazil)
E.R. PARADINAS	(Espagne/Spain)
R.D. HARZA	(Etats-Unis/USA)
P. LONDE	(France/France) Président/Chairman**
E. LARTEY	(Ghana/Ghana)
E.T. HAWS	(Grande-Bretagne/Great Britain)
GARDI	(Iraq/Irak)
M. SAPIR	(URSS/USSR)
M. MRVOS	(Yougoslavie/Yugoslavia)

** Le Président, de 1972 à 1976, était Flavio H. Lyra (Brésil) qui s'est démis de ses fonctions lorsqu'il fut élu à la présidence de la CIGB en 1976.
The Chairman, from 1972 to 1976, was Flavio H. Lyra (Brazil) who resigned when he was elected President of ICOLD in 1976.

AVANT-PROPOS

Le Comité de l'Effet de Barrage et de l'Environnement, créé lors de la 40^e Réunion Exécutive à Canberra (Australie) en 1972, est arrivé au terme de son mandat en 1978*.

Le présent rapport constitue le Rapport final de ce Comité.

Il se compose de quatre parties :

- a) Note de présentation de la matrice, avec quatre annexes.
- b) Matrice d'impacts.
- c) Liste des types de barrages et exemples.
- d) Note de Synthèse.

La matrice a été essayée par 16 pays sur 31 barrages, comme indiqué en page 7 et en utilisant les symboles proposés.

Ces premières tentatives sont encourageantes et montrent qu'il convient de poursuivre dans cette voie, mais en améliorant les moyens d'analyse des boucles reliant effets et causes des impacts et en abordant l'étude du traitement informatique.

* Le nouveau Comité dit "Comité de l'Environnement" est présidé par E.T. Haws (G.B.)

FOREWORD

The Committee on Damming and the Environment appointed at the 40th Executive Meeting in Canberra (Australia) in 1972, came to the end of its term of office in 1978*.

This report is presented as the Final Report of the Committee.

It consists in four parts :

- a) Instructions for use of the Matrix, with four Appendices.
- b) Matrix of environmental impacts.
- c) List of types of dams and examples.
- d) General Synthesis

The Matrix has been tested with the use of the proposed symbols by 16 countries on a total of 31 dams as stated page 7.

This first attempt is encouraging and shows that it is worth pursuing the effort, particularly in improving the means of analysing the feedback loops between causes and consequences of impacts and in developing the possibilities of computer treatment.

* The new Committee called "Committee on the Environment" is chaired by E.T. HAWS (U.K.)

PAYS/COUNTRY	BARRAGE/DAM
AFRIQUE DU SUD SOUTH AFRICA	Kilburn
AUSTRALIE AUSTRALIA	Mackintosh Scotts Peak*
AUTRICHE AUSTRIA	Altenwoerth Drau Klaus Kops Schlegeis
BREZIL BRAZIL	Furnas* Paranaiba* Itumbiara Tucuru
COREE KOREA	Soyang Gang
ESPAGNE SPAIN	Cijara*
ETATS-UNIS USA	New Melones*
FRANCE FRANCE	Trapan Aube
HAUTE VOLTA UPPER VOLTA	Koulbi Noubiel
INDE INDIA	Bhakra
IRLANDE IRELAND	Partneen Ardnacrusha Irriscarra Carraigadrohid
ITALIE ITALY	Ospedale
JAPON JAPAN	Kawaji
URSS USSR	Ivankoro (Volga) Kuibyshev (Volga)
YUGOSLAVIE YUGOSLAVIA	Grancarevo* Varazdin
ZIMBABWE ZIMBABWE	Kunyapoort Kyle

(*) En utilisant la première version française de la Matrice
Using the first draft of the Matrix

NOTE DE PRÉSENTATION DE LA MATRICE

La matrice proposée par le Comité de l'Effet de Barrage et de l'Environnement est destinée à faire l'inventaire puis l'évaluation, future en termes qualitatifs ou relatifs, des impacts des barrages et des travaux connexes aux barrages sur les paramètres de l'environnement. Son utilisation par les aménageurs et les décideurs leur permettra de prévoir les mesures palliatives des effets dommageables et de mettre en valeur les effets positifs.

Cette matrice est inspirée de celle du US Geological Survey. Elle consiste en un tableau à double entrée dont l'axe horizontal représente les effets sur l'environnement économique, social, géophysique, hydrologique, climatique, biologique (faune et flore) et l'axe vertical, les caractéristiques des actions en différenciant: l'usage de l'eau, le type d'action, la zone concernée, les actions correctrices et les actions juridiques.

L'impact global du barrage est donc décomposé en une série d'impacts élémentaires faciles à cerner car chaque élément et chaque intervention sont différenciés.

La matrice doit être dans tous les cas complétée par un texte de commentaires justifiant et expliquant les interprétations de l'utilisateur.

Le processus d'emploi peut se décomposer en six phases.

- 1 - Dans un premier temps, on identifie dans la liste A toutes les actions qui tiennent une place importante dans le projet; d'abord celles qui constituent les buts du projet (A 10, en les hiérarchisant dans la colonne "usage de l'eau", puis celles qui sont propres au barrage ou aux travaux (A 20).
- 2 - Dans un deuxième temps, on repère dans la liste E tous les paramètres de l'environnement susceptibles d'être affectés par les actions.

C'est à ce stade que la matrice joue un rôle de "check list", permettant un inventaire systématique des impacts.
- 3 - Une troisième phase consiste à préciser (en A 30) le lieu concerné par des impacts précédemment définis.
- 4 - Dans la phase suivante, chaque impact repéré fait l'objet d'une évaluation par l'emploi des symboles figurant en légende, symboles qui permettent d'introduire les notions d'importance relative, de degré de certitude, de durée, et d'effets différés des impacts. (voir exemples dans l'annexe 1).

INSTRUCTIONS FOR USE OF THE MATRIX

The matrix proposed by the Committee on the Effects of Damming and the Environment is intended to provide a means of listing and evaluating, even if in only qualitative or relative terms, the impact of individual dams and related construction work on specific parts of the environment. It is hoped it will enable designers and decision makers to take steps to control detrimental effects and accentuate beneficial ones.

The matrix derives from the one drawn up by the US Geological Survey. It takes the form of a table in which the rows deal with the effects on the economic, social, geophysical, hydrological, climatic and biotic environment and the columns detail the characteristics of action involved, with distinctions between the use for which the water is destined, the type of action, the zone concerned, physical corrective action and institutional action.

This splits up the overall impact of the dam into a series of readily grasped unit impacts, in which each factor and action are clearly distinguished.

The completed matrix must always be accompanied by a written commentary explaining and justifying the user's interpretations.

Completing the matrix for a given dam can be broken down into six steps, as follows :

- 1 - Scan list A to find all the major actions involved in the project, beginning with those comprising the basic purpose of the development (A10) which are numbered in decreasing order in the Water Uses column. After this come the other actions specific to the dam and its construction (A20).
- 2 - From list E, take all the environmental factors liable to be affected by these actions.
The matrix now works as a check list to make a systematic inventory of impacts.
- 3 - The areas affected by the impacts are then marked (A30)
- 4 - Each impact is evaluated with the symbols provided, which introduce the concepts of relative importance, degree of certainty, duration and delayed effects (see examples in Appendix 1).

Un même impact peut faire l'objet de plusieurs évaluations en fonction du temps ou en fonction du lieu. On dira également si l'effet a été pris en compte ou non dans la conception du projet, par les symboles respectifs Y ou N.

La symbolique permet une interprétation dynamique des effets mais cependant il convient de préciser aux utilisateurs que :

- il n'est pas obligatoire d'utiliser la symbolique complète pour tirer parti de la matrice,
 - cette symbolique ne dispense jamais d'un commentaire annexé.
- 5 - Afin de visualiser l'enchaînement des impacts et les répercussions que peuvent avoir les effets les uns sur les autres, on peut utiliser des flèches reliant les effets d'une même action, ce qui permet de matérialiser graphiquement les effets de "feed back" (un exemple est donné en Annexe II).
- 6 - La dernière phase consiste à envisager des mesures correctrices pour pallier les effets recensés et à rechercher si ces mesures n'entraînent pas à leur tour des répercussions sur l'écosystème (un exemple est donné en Annexe III).

Ainsi on peut limiter l'utilisation de la matrice à un simple inventaire ou au contraire tenter, en utilisant toutes ses possibilités par la combinaison de la lecture verticale et de la lecture horizontale et par l'introduction de la symbolique, de traduire la notion de système, en tenant compte de la dynamique de ce concept.

Mais quel que soit l'usage qui en est fait, il faut rappeler que la matrice est avant tout un support de réflexion.

Elle ne peut remplacer en aucun cas une étude écologique réalisée par des spécialistes; elle doit au contraire faire sentir aux utilisateurs la nécessité de faire appel à des experts pour étudier chaque point particulier.

La définition des termes employés dans la matrice est donnée dans l'Annexe IV.

../

Any one effect may be evaluated in several different ways, depending on the time at which, and place where it occurs. The symbols Y or N denote whether or not, respectively, the effect was purposely sought in the design.

The symbols can thus express the dynamic progression of the effects, but it is stressed that not all the symbols need be used for a successful matrix, nor does the use of the symbols dispense with the need for a written commentary.

- 5 - Arrows may be used to relate effects to one or more actions to illustrate "chain reactions" or how two or more effects may be interdependent ; the arrows reveal the feedback loops (see example in Appendix II).
- 6 - The last step is to imagine what corrective measures might be suitable to remedy or mitigate the effects listed and determine if they in turn might not cause harm to the ecosystem (see example in Appendix III).

The foregoing shows that while the matrix can be used merely as an inventory, its full potential is realised by reading it both vertically and horizontally, with the symbols, to translate the dynamic aspects of the whole system.

But however it is used, it must not be forgotten that the matrix is above all an aid to thinking.

It cannot replace a thorough ecological survey by specialists in the field. On the contrary, it must convince users of the need to seek expert advice on each specific point.

The definition of terms in the Matrix is given in Appendix IV.

.. /

A		MATRICE MATRIX		IMPACTS SUR L'ECONOMIE, LE CADRE			
		USAGE DE L'EAU WATER USES	E	E105	E106	E107	
USAGE DE L'EAU WATER USES	A 101	IRRIGATION - IRRIGATION	III				
	A 102	ENERGIE - ENERGY	I				
	A 103	EAU DOMESTIQUE - DRINKING WATER	III		+2cPMy	+3cPMy	
	A 104	MAITRISE DES DEBITS - RIVER REGULATION	II				
	A 105	UTILISATION INDUSTRIELLE - INDUSTRIAL USE	III		+2cPMy		
	A 106	NAVIGATION - NAVIGATION	III		+2pPMy		
	A 107	LUTTE INCENDIE - FIRE SUPPLY	IV				
	A 108	PECHE - FISHING	III				
	A 109	LOISIRS - WATER SPORTS	III				
	A 110						
	FACTEURS D'ACTION CAL FACTORS	A 201	PRESENCE DU BARRAGE - PRESENCE OF DAM				
A 202		RESERVOIR - RESERVOIR		+2cPMy			
A 203		DERIVATION DES EAUX - DIVERSION OF WATER					
A 204		CHANTIER DE TRAVAUX - CONSTRUCTION SITE					
A 205		ENCLINTES-BATARDLAUX - COFFERDAMS					

ANNEXE 1 - APPENDIX 1

EXEMPLE D'UTILISATION DES SYMBOLES EXAMPLE OF USE OF SYMBOLS

USAGES DE L'EAU (A 10) WATER USES (A 10)

LA VIE ET LE CADRE SOCIAL - SOCIAL AND ECO				
ACCEPTATION SOCIALE SOCIAL ACCEPTANCE	LOISIRS RECREATION	PATRIMOINE CULTUREL LOCAL LANDMARKS AND CHARACTER	ESTHETIQUE APPEARANCE	
E 108	E 109.	E 110	F I	III
-3cPly				
+3cPly				
+3cPly				
+3cPIN				
+2pPhy				
+1pPMN				
	+3cPly			
	+2pPMY			
+2pPly				
+3cPly	+2cPly		+3cPly	

I Premier - First
II Second - Second
III Troisième - Third
etc...

IMPACTS DU PROJET IMPACT OF PROJECT

+ bénéfique - beneficial
- dommageable - detrimental
x envisageable mais difficile à
qualifier sans études spécifiques
possible but difficult to quantify
without specific studies

IMPORTANCE
IMPORTANCE

1 mineur - minor
2 modéré - moderate
3 majeur - major

CERTITUDE
PROBABILITY

c certain - certain
p probable - probable
i improbable - improbable
n non connue - not known

DUREE
DURATION

T temporaire - temporary
P permanent - permanent

DELAI
WHEN

I immédiat - immediate
M moyen terme - medium term
L long terme - long term

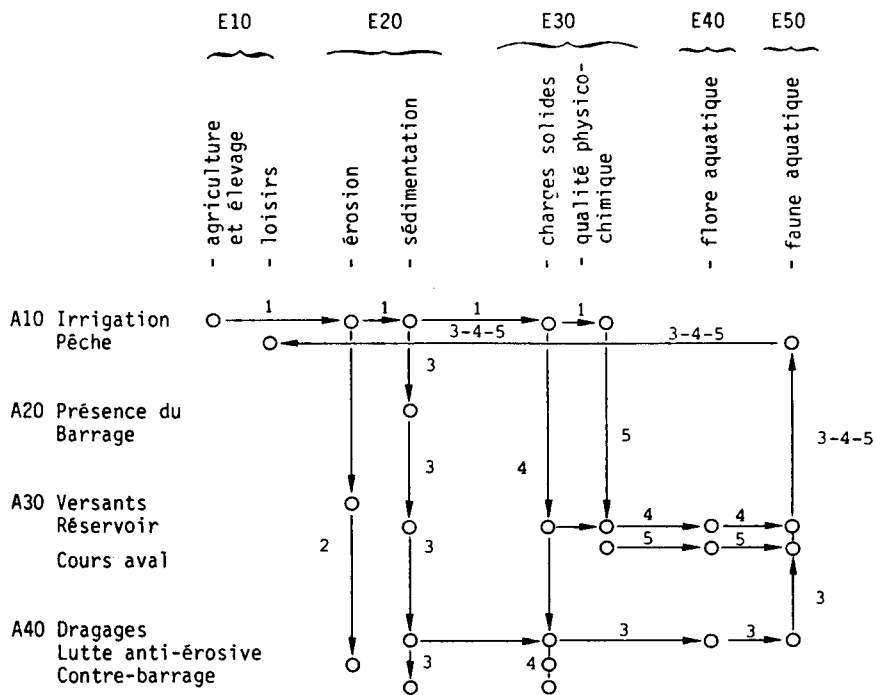
EFFET PRIS EN COMPTE
DANS LE PROJET -
EFFECT DESIGNED FOR

Y oui - yes
N non - no

ANNEXE II

UTILISATION DE FLÈCHES POUR LA MATÉRIALISATION
DES « RÉACTIONS EN CHAÎNE » ET DES BOUCLES FERMÉES

Nota : Afin d'éviter des surcharges sur le graphique, les symboles ne figurent pas.



1ère lecture horizontale (1)

L'usage de l'eau pour l'irrigation a pour conséquence le développement de l'agriculture qui entraîne une érosion, une sédimentation, la modification de la qualité de l'eau, une augmentation des charges solides.

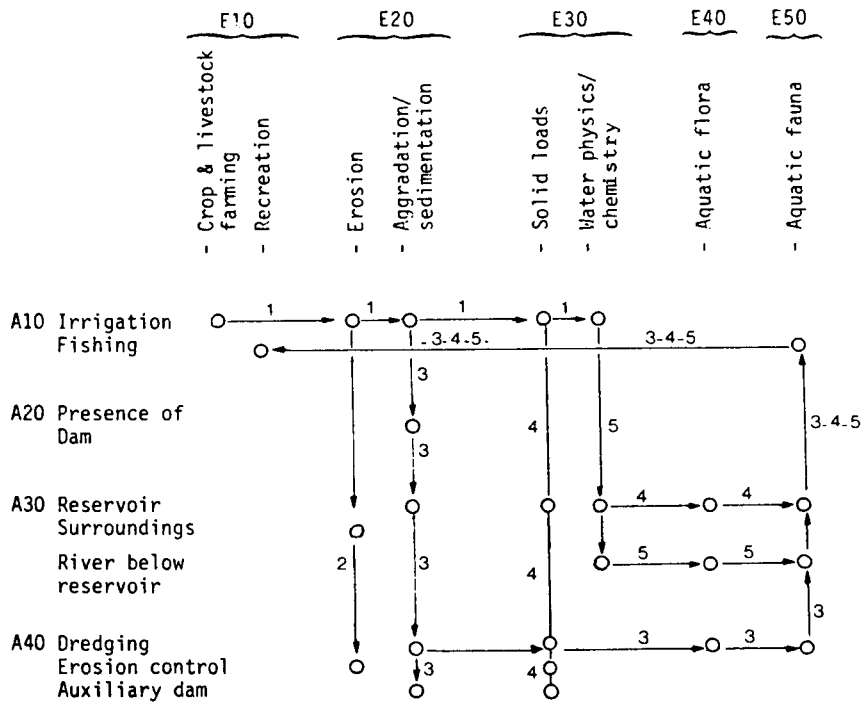
1ère lecture verticale (2)

L'érosion a lieu au niveau des versants, on peut éventuellement prévoir une lutte anti-érosive.

APPENDIX II

USE OF ARROWS TO ILLUSTRATE CHAIN REACTIONS AND FEEDBACK LOOPS

(Symbols omitted for clarity)



1st horizontal path (1)

Using water for irrigation enables farming to expand, thereby causing erosion, silting, a change in water quality and increased turbidity.

1st vertical path (2)

Erosion occurs in the reservoir surroundings, and erosion control can be considered.

2ème lecture verticale (3)

La sédimentation a lieu dans la retenue à cause de la présence du barrage. Des mesures sont envisageables, par exemple :

- 1 - La construction d'un contre-barrage en amont pour retenir les charges solides.
- 2 - Le dragage de la retenue, mais celui-ci entraîne (lecture horizontale inférieure (3)) une modification de la flore aquatique, qui se répercute sur la faune aquatique, qui elle-même entraîne (lecture verticale (3)) une disparition de pêche donc des loisirs (lecture horizontale supérieure (3)). Le cycle est bouclé. Cette solution ne sera pas à conseiller car les répercussions sont grandes.

3ème et 4ème lectures verticales (4 et 5)

L'irrigation, facteur d'érosion, modifie la qualité de l'eau et augmente les charges solides. La charge solide et la modification de la qualité de l'eau dans la retenue peuvent éventuellement entraîner une modification de la flore et de la faune aquatique. Les conséquences au niveau de la flore et de la faune ne sont pas compatibles avec un des buts de l'aménagement : la pêche. Les mesures envisageables se retrouvent à ce niveau.

Cet exemple permet de voir les interactions qui résultent d'un aménagement et de sélectionner les mesures qui ont le moins d'effet sur l'environnement.

2nd vertical path (3)

Silting occurs in the reservoir because of the presence of the dam. Action that might be considered includes, for example :

- 1 - Construction of an auxiliary dam upstream to retain the solid load.
- 2 - Dredging in the reservoir but this produces changes (lower horizontal path 3) in the aquatic flora, which affects the aquatic fauna, which in turn (vertical upward path 3) leads to the gradual disappearance of fishing, a recreational activity (upper horizontal path 3) and the cycle is completed. Dredging is not wise therefore because of its extensive repercussions.

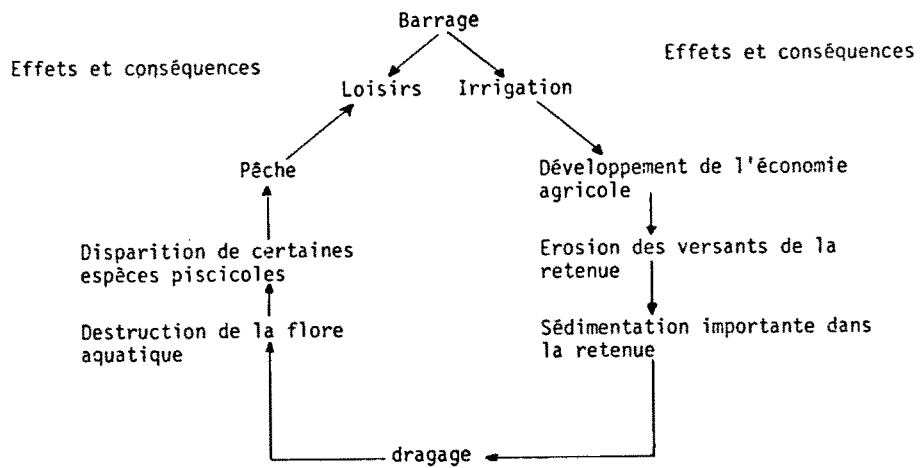
3rd and 4th vertical paths (4 and 5)

Irrigation, which is an erosion factor, modifies water quality and increases solid loads. The solid load and modified water quality in the reservoir can cause changes in the aquatic biota that are incompatible with one of the purposes of the scheme, which is sport fishing. Possible corrective action must be looked at here.

This example illustrates how the interactions resulting from a dam can be identified and corrective measures having the minimum of unwanted effects on the environment can be planned.

ANNEXE III

**EXEMPLE DES EFFETS D'UNE
ACTION CORRECTRICE SUR L'ENVIRONNEMENT FINAL**



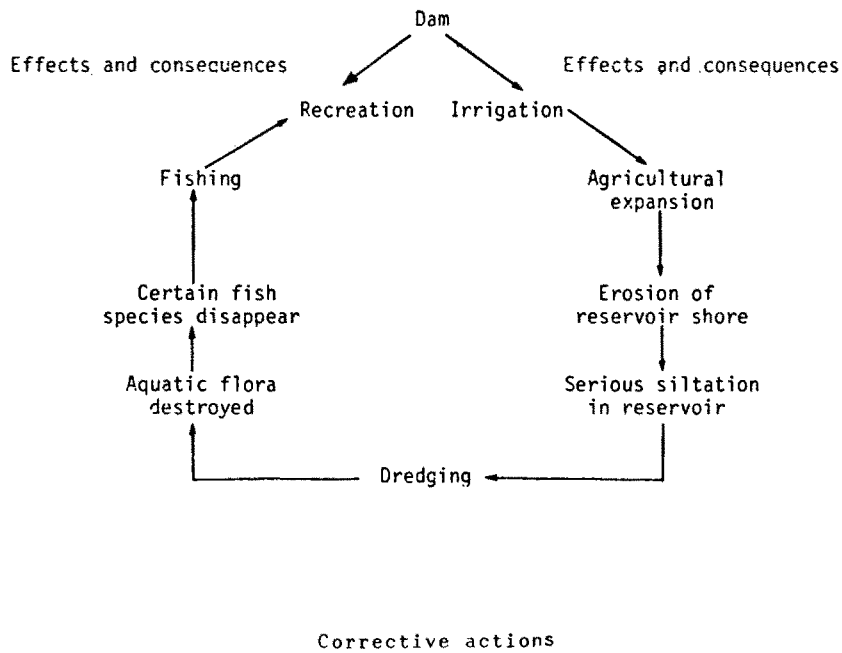
Actions correctrices

Certains cas extrêmement complexes peuvent donner des boucles en superposition. Il est alors suggéré d'utiliser des flèches colorées pour relier entre eux les différents effets (par exemple des flèches vertes pour les effets positifs et des rouges pour les effets négatifs).

../

APPENDIX III

EXAMPLE OF EFFECTS OF CORRECTIVE MEASURES
ON ULTIMATE ENVIRONMENT



Some cases may be extremely complex in the way loops overlap and coloured arrows might usefully be used to connect up related effects (e.g. green for positive effects, red for negative ones).

.. /

ANNEXE IV
DÉFINITION DES TERMES EMPLOYÉS DANS LA MATRICE

- A ACTIONS ENVISAGÉES

 - A 10 USAGE DE L'EAU

 - A 101 IRRIGATION
 - A 102 ENERGIE
 - A 103 EAU DOMESTIQUE : réserve d'eau potable
 - A 104 MAITRISE DES DEBITS : écrêtement des crues
 - A 105 UTILISATION INDUSTRIELLE : comprend aussi l'eau utilisée pour le refroidissement des centrales thermiques
 - A 106 NAVIGATION
 - A 107 LUTTE INCENDIE
 - A 108 PECHE · y compris pêche de loisir
 - A 109 LOISIRS : sports nautiques (natation, yachting, ski nautique, etc....)
 - A 110 AUTRES UTILISATIONS (exemple : désalinisation)

 - A 20 TYPE D'ACTION

 - A 201 PRESENCE DU BARRAGE : considéré comme structure indépendamment du réservoir
 - A 202 RESERVOIR : lac de retenue
 - A 203 DERIVATION DES EAUX : déviation du lit du cours d'eau

 - A 204 CHANTIER DE TRAVAUX

 - A 205 ENCEINTE - BATARDEAUX : ouvrages provisoires
 - A 206 BATIMENTS : bâtiments de chantier, l'exploitation, etc...
 - A 207 DEBOISEMENT : dans la zone du réservoir
 - A 208 CARRIERE : ballastières
-

APPENDIX IV
DEFINITION OF TERMS IN MATRIX

- A CHARACTERISTICS OF ACTIONS
- A 10 WATER USES
 - A 101 IRRIGATION
 - A 102 ENERGY AND POWER
 - A 103 DOMESTIC WATER : storage of drinking quality water
 - A 104 RIVER REGULATION : flood control
 - A 105 INDUSTRIAL USE : also includes thermal powerstation cooling water
 - A 106 NAVIGATION
 - A 107 FIRE SUPPLY
 - A 108 FISHING : includes sport fishing
 - A 109 RECREATIONAL : water sports (swimming, yachting, water skiing, etc.).
 - A 110 (OTHER USES) (e.g. desalination)
- A 20 PHYSICAL FACTORS
 - A 201 PRESENCE OF DAM : considered independently of the reservoir
 - A 202 RESERVOIR
 - A 203 DIVERSION OF WATER : temporary diversion of the river during construction
 - A 204 CONSTRUCTION SITE : the act of actually building them dam, as distinct from the completed structure
 - A 205 COFFERDAMS : TEMPORARY STRUCTURES
 - A 206 BUILDINGS : temporary site buildings, permanent buildings, etc.
 - A 207 DEFORESTATION : in reservoir area
 - A 208 QUARRIES AND BORROW PITS

../

- A 209 ECLUSE : pour navigation ou corps flottant
- A 210 CANAUX ET CONDUITES : pour l'irrigation, le drainage, etc...
- A 211 LACHURES D'EAU : en exploitation
- A 212 PRISES D'EAU : captage, ouvrage définitif
- A 213 LIGNES AERIENNES : électricité, téléphone, etc...
- A 214 (AUTRES TYPES D'ACTION)

- A 30 ZONES CONCERNEES
- A 301 ZONE SUBMERGEE
- A 302 RIVES ET VERSANTS DE LA RETENUE
- A 303 ZONE DE MARNAGE : due aux variations de niveau du lac
- A 304 COURS D'EAU A L'AMONT DU RESERVOIR
- A 305 COURS D'EAU A L'AVAL DU RESERVOIR
- A 306 CANAUX D'IRRIGATION
- A 307 EAUX SOUTERRAINES : nappes phréatiques, etc.
- A 308 LITTORAL
- A 309 (AUTRES ZONES)

- A 40 ACTIONS CORRECTRICES PROPOSEES
- A 401 AMENAGEMENT PISCICOLE : alevinage, échelle à poissons, aménagement de frayères, etc....
- A 402 DEBIT RESERVE : débit nécessaire pour maintenir une certaine quantité d'eau ou une certaine qualité biologique, physico-chimique et piscicole à l'aval du barrage
- A 403 AMENAGEMENT TOURISTIQUE : correcteurs
- A 404 REGULATION DU PLAN D'EAU : maîtrise des marnages, construction d'ouvrages destinés à maintenir localement dans une zone de la retenue un plan d'eau à niveau constant
- A 405 INFRASTRUCTURES : voies et réseaux divers destinés à compenser les dommages résultant de l'aménagement
- A 406 REBOISEMENT : aux abords de la retenue et dans le bassin versant

../

- A 209 SHIPPING LOCK : also for discharging floating debris
- A 210 CANALS AND CONDUITS : for irrigation, drainage, etc.
- A 211 RELEASES OF WATER : after completion of the dam
- A 212 INTAKES/PERMANENT DIVERSION
- A 213 TRANSMISSION LINE : includes telephone lines, etc. in addition to overhead power lines
- A 214 (OTHER FACTORS)

- A 30 AREAS AFFECTED

- A 301 SUBMERGED AREAS
- A 302 RESERVOIR SURROUNDINGS: may extend some distance from the reservoir perimeter
- A 303 RESERVOIR FLUCTUATION ZONE : the zone intermittently exposed as the reservoir level drops
- A 304 RIVER ABOVE RESERVOIR
- A 305 RIVER BELOW RESERVOIR
- A 306 IRRIGATION CANALS
- A 307 GROUND WATER : includes ground water in soils, saturated zone in rock and aquifers
- A 308 SEA COAST
- A 309 (OTHER AREAS)

- A 40 PHYSICAL CORRECTIVE ACTION

- A 401 FISH MANAGEMENT : restocking, fish ladders, spawning areas, etc.

- A 402 GUARANTEED RIVER FLOW : releases necessary to maintain a certain quantity or biological quality, physical/chemical conditions or requirements for fish life in the river downstream of the dam
- A 403 TOURIST DEVELOPMENT : corrective action only
- A 404 WATER LEVEL CONTROL : controlled water level fluctuations, construction designed to keep the level constant in a small part of the reservoir
- A 405 INFRASTRUCTURE : roads, drainage and other facilities to offset the deleterious effects of the scheme
- A 406 RE-AFFORESTATION : around reservoir and elsewhere in catchment

.. /

- A 407 LUTTE ANTI-EROSIVE : création de terrassettes - plantation, rectification des pentes, etc....
- A 408 DRAGAGE : dans la retenue ou à l'aval
- A 409 LACHURES : nécessaires pour préserver la zone amont de la retenue
- A 410 CONTRE-BARRAGE : en amont, pour retenir des sédiments, etc...
- A 411 BASSIN DE COMPENSATION : aval, pour régulariser les débits
- A 412 DROME CONTRE CORPS FLOTTANTS
- A 413 PERIMETRE DE PROTECTION : zone soumise à une réglementation spécifique en ce qui concerne l'épandage des engrais, des pesticides, etc...
- A 414 TRAITEMENT DE L'EAU : concerne le traitement des effluents en amont et en aval de la retenue, et le traitement de l'eau de la retenue in-situ
- A 415 INDUSTRIES CORRECTRICES : industries spécialement installées pour pallier les inconvénients inhérents à la création du barrage
- A 416 RELOGEMENT : des personnes déplacées par l'aménagement
- A 417 (AUTRE ACTION CORRECTRICE)
- A 418 (" " ")
- A 419 (" " ")
- A 50 ACTIONS JURIDIQUES ET FINANCIERES
- A 501 TAXES-IMPOTS-REDEVANCES : concerne toutes les taxes fiscales modifiées par l'implantation de l'aménagement
- A 502 VALORISATION FONCIERE : concerne les terrains aux abords de la retenue et du barrage
- A 503 REGLEMENTATION D'URBANISME : concerne les contraintes imposées pour préserver le site
- A 60 AUTRES : concerne des actions non considérées plus haut
- A 601 (AUTRE)
- E EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT
- E 10 IMPACT SUR L'HOMME

- A 407 EROSION CONTROL : terracing, planting, flattening slopes, etc.
- A 408 DREDGING : in reservoir of river downstream of dam
- A 409 RELEASES THROUGH DAM : for protecting area upstream of reservoir
- A 410 AUXILIARY DAM : upstream of main dam to retain sediment, etc.
- A 411 COMPENSATION RESERVOIR : downstream of main dam to control river discharge
- A 412 FLOATING BOOM : to protect dam against floating debris, ice, etc.
- A 413 WATER CATCHMENT CONTROL : area covered by special controls on use of fertilizers, pesticides, etc.
- A 414 TREATMENT OF WATER : treatment of effluent upstream and downstream of reservoir and of the reservoir water in situ
- A 415 AMELIORATIVE INDUSTRIES : set up specially to combat the inherent deleterious effects of the dam
- A 416 RESETTLEMENT : of persons displaced by the scheme
- A 417 (OTHER CORRECTIVE ACTION)
- A 418 (" " ")
- A 419 (" " ")

- A 50 LEGAL AND ADMINISTRATIVE ACTION
- A 501 TAXES AND CHARGES : all taxes, charges, duties, etc. levied or modified because of the scheme
- A 502 RE-ASSESSMENT OF LAND VALUE : land around reservoir and dam
- A 503 TOWN AND COUNTRY PLANNING : all conditions imposed by the authorities to safeguard the site

- A 60 MISCELLANEOUS : all other actions not included above
- A 601 (OTHER)

- E EFFECTS ON THE ENVIRONMENT
- E 10 IMPACT ON MAN

../

- ECONOMIE -

- E 101 INDUSTRIALISATION ET COMMERCIALISATION : recensement des industries et des commerces susceptibles de s'installer du fait de l'aménagement
- E 102 EMPLOI : création ou disparition d'emplois
- E 103 TOURISME
- E 104 AGRICULTURE ET ELEVAGE : sens général
- E 105 VOIES DE COMMUNICATION : détruites ou créées
- E 106 COMMERCE ET FINANCES COMMUNALES : impact, au niveau local, du chantier ou de l'aménagement sur les commerces existants ou les finances communales
- E 107 VALORISATION FONCIERE : concerne les terrains dont la valeur foncière peut être modifiée par l'aménagement

- CADRE DE VIE ET CADRE SOCIAL -

- E 108 ACCEPTATION SOCIALE : façon dont le projet est perçu par les personnes vivant dans la région
- E 109 LOISIRS
- E 110 PATRIMOINE CULTUREL : rubrique servant à repérer les sites archéologiques, historiques et les monuments architecturaux, etc.
- E 111 ESTHETIQUE : concerne le chantier de travaux, l'ouvrage et le site après aménagement
- E 112 ALIMENTATION EN EAU POTABLE
- E 113 EXPROPRIATION
- E 114 EXODE RURAL : départ des populations dont l'activité rurale est condamnée par l'aménagement
- E 115 PROTECTION CONTRE LES RISQUES NATURELS : il s'agit de la protection contre les crues, la sécheresse, les famines, etc.... (à l'exclusion de la sécurité propre des ouvrages)
- E 116 SANTE : concerne les riverains de la retenue, les ouvriers du chantier, etc....
- E 117 (AUTRE IMPACT SUR L'HOMME)

- E 20 IMPACT GEOPHYSIQUE
- E 201 MORPHOLOGIE : modification des formes des terrains naturels et des tracés d'écoulement
- E 202 EROSION
- E 203 TRANSPORT EN SUSPENSION : voir E 204

../

- ECONOMICS -

- E 101 INDUSTRIALISATION AND COMMERCIALISATION : industry and commerce liable to be set up because of the scheme
- E 102 EMPLOYMENT : new jobs created, former ones which disappear
- E 103 TOURISM
- E 104 CROP AND LIVESTOCK FARMING : in the widest sense
- E 105 COMMUNICATIONS : roads, railways, telecommunications, etc. destroyed or built
- E 106 TRADE - LOCAL FINANCE : impact at local level of construction and operation of the scheme on existing trade and local finance
- E 107 RE-ASSESSMENT OF LAND VALUE : land value may be affected by the scheme

- SOCIETY -

- E 108 SOCIAL ACCEPTANCE : the way in which the scheme is felt by the local population
- E 109 RECREATION
- E 110 LOCAL LANDMARKS AND CHARACTER : includes all archeological and historical sites, monuments, local languages and customs, etc.
- E 111 APPEARANCE : of site during construction, the completed dam and appurtenant works, and the amenity value of the whole site
- E 112 DOMESTIC WATER SUPPLY
- E 113 LAND ACQUISITION
- E 114 DIMINISHING RURAL POPULATION : also includes for positive effects of persons remaining in, or returning to the area
- E 115 PROTECTION AGAINST NATURAL DANGERS : flooding, drought, famine, etc. (does not concern safety of dam as such)
- E 116 HEALTH : of population around reservoir, workmen, etc.
- E 117 (OTHER IMPACT ON MAN)

- E 20 GEOPHYSICAL IMPACT
- E 201 MORPHOLOGY : changes in natural land forms and drainage patterns
- E 202 EROSION
- E 203 SUSPENDED LOAD : see E 204

.. /

- E 204 CHARRIAGE DE FOND : permet de différencier le transport des éléments par saltation sur le fond du lit, du transport de masse en suspension des éléments fins (E 203)
- E 205 ALLUVIONNEMENT : concerne la retenue, mais aussi les affluents en aval dont le niveau d'équilibre peut être perturbé.
- E 206 STABILITE DES PENTES
- E 207 SEISMES INDUITS : par la création du réservoir
- E 208 SALINITE DES SOLS
- E 209 INONDATIONS
- E 210 CREATION DE ZONES MARECAGEUSES OU HYDRMORPHES
- E 211 ASSECHEMENT DES TERRES : par modification du niveau de la nappe
- E 212 INFLUENCE SUR LES MAREES : il s'agit des conséquences physiques ou géomorphologiques provoquées par une modification du régime des marées due à la présence de l'ouvrage
- E 213 (AUTRE)

- E 30 IMPACTS SUR L'EAU
- E 301 QUALITE BIOLOGIQUE : matières organiques, $LB0_5$, etc....
- E 302 QUALITE PHYSICOCHIMIQUE : pH , gaz dissous
- E 303 SALINITE : concerne tous les sels dissous
- E 304 CHARGES SOLIDES : turbidité de l'eau
- E 305 TEMPERATURE
- E 306 EVAPORATION
- E 307 REGIME HYDRAULIQUE : conséquences sur le débit et le régime des cours d'eau concernés par l'aménagement
- E 308 PERTES D'EAU : déficit hydrique
- E 309 NAPPE PHREATIQUE : modification du niveau de la nappe
- E 310 (AUTRE)

- E 40 IMPACT SUR LE CLIMAT
- E 401 CREATION D'UN MESO-CLIMAT : modification du climat local

- E 50 IMPACT SUR LA FLORE TERRESTRE ET AQUATIQUE
- . Flore terrestre
- E 501 FORET : tailles futaie .. /

- E 204 BED LOAD : distinguishes solid load conveyed by saltation from finer suspended matter (E 203)
- E 205 AGGRADATION, SEDIMENTATION : deposits in reservoir and in tributaries downstream whose equilibrium may be disturbed
- E 206 SLOPE STABILITY
- E 207 INDUCED EARTHQUAKES : tremors caused by the weight of water in reservoir
- E 208 SOIL SALINITY
- E 209 FLOODING
- E 210 NEW HYDROMORPHIC GROUND
- E 211 RECLAMATION AND DRAINAGE : through changes in water table
- E 212 TIDAL CHANGES : physical or geomorphological changes from changes in the tide pattern caused by dam
- E 213 (OTHER)

- E 30 IMPACT ON WATER
- E 301 BIOLOGY : impact on organic matter, five-day BOD, etc.
- E 302 PHYSICS AND CHEMISTRY : pH, dissolved gases, etc.
- E 303 SALINITY : includes all dissolved salts in addition to common salt
- E 304 SOLID LOADS, TURBIDITY
- E 305 TEMPERATURE
- E 306 EVAPORATION
- E 307 RIVER FLOW : effects on flow rates and patterns in watercourses affected by the scheme
- E 308 WATER LOSS
- E 309 WATER TABLE : changes in water table
- E 310 (OTHER)

- E 40 CLIMATE
- E 401 NEW MESOCLIMATE : changes in local climate

- E 50 IMPACT ON TERRESTRIAL FLORA AND AQUATIC FLORA
- . Terrestrial Flora
- E 501 FOREST ../

E 502 LANDES ET FRICHES : terres non cultivées occupées éventuellement par une formation arbustive

E 503 FORMATION HERBACEE : prairies, steppes, pelouses, etc....

E 504

. Flore aquatique

E 505 VEGETAUX SUPERIEURS : pestes d'eau, algues, etc....

E 506 MICROFLORE ACTIVE : moisissures, algues incrustantes, champignons, etc...

E 507 PHYTO-PLANCTON

E 508 ESPECES RARES OU A PROTEGER : concerne à la fois les espèces aquatiques et terrestres

E 509 (AUTRE FLORE)

E 60 IMPACT SUR LA FAUNE TERRESTRE ET AQUATIQUE

. Faune terrestre

E 601 MAMMIFERES SAUVAGES

E 602 OISEAUX

E 603 INSECTES

E 604 REPTILES ET AMPHIBIENS

. Faune aquatique

E 605 POISSONS EXPLOITABLES

E 606 AUTRES POISSONS

E 607 MACRO-INVERTEBRES : larves d'insectes, mollusques, etc...

E 608 ZOO PLANCTON

E 609 MICRO-ORGANISMES : bactéries, micro-faune, etc...

E 610 ESPECES RARES OU A PROTEGER : concerne la faune terrestre et la flore aquatique

E 611 (AUTRE FAUNE)

../

E 502 MOOR AND FALLOW : uncultivated land, possibly supporting bush

E 503 GRASS GROWTH : prairies, steppes, lawns, etc.

E 504 CROPPED LAND

. Aquatic Flora

E 505 HIGHER PLANTS : waterweeds, etc.

E 506 ACTIVE MICROFLORA : moulds, algae, fungi, etc.

E 507 PHYTOPLANKTON

E 508 RARE/ENDANGERED PLANTS : both aquatic and terrestrial

E 509 (OTHER FLORA)

E 60 IMPACT ON TERRESTRIAL FAUNA AND AQUATIC FAUNA

. Terrestrial Fauna

E 601 MAMMALS

E 602 BIRDS

E 603 INSECTS

E 604 REPTILES AND AMPHIBIANS

. Aquatic Fauna

E 605 ECONOMIC FISH SPECIES

E 606 OTHER FISH SPECIES

E 607 MACRO-INVERTEBRATES : insect larvae, molluscs, etc.

E 608 ZOOPLANKTON

E 609 MICROORGANISMS : bacteria, microfauna, etc.

E 610 RARE/ENDANGERED SPECIES : both aquatic and terrestrial

E 611 (OTHER FAUNA)

../

LISTE DES TYPES DE BARRAGE

T 1 En maçonnerie

T 1.1	Poids
T 1.2	Poids évidé
T' 1.4	Voûte
T' 1.5	Poids-voûte
T' 1.6	A voûtes multiples
T' 1.7	A contreforts

T 2 En béton (ni armé ni précontraint)

T 2.1	Poids
T 2.2	Poids évidé
T 2.3	A contreforts
T 2.3.1	Tête élargie
T 2.3.2	Dalle plane
T 2.3.4	Ambursen
T 2.4	Voûte
T 2.4.1	Rayon constant
T 2.4.2	Double courbure
T.2.4.3	Angle constant
T 2.5	Poids-voûte
T 2.6	A voûtes multiples
T 2.7	Coin (bouchure d'une D.P.)
T 2.8	Renforcé ou surélevé avec tirants précontraints

T 3 En béton et éléments métalliques mobiles (sur au moins 50% de la longueur)

T 3.1	Bouchures obturées par vannes seules
T 3.2	Bouchures obturées par masques en béton et vannes

T 4 En terre (compactée ou remblai hydraulique)

T 5 En enrochement (déversé ou compacté)

----- Subdivisions communes à T 4 et T 5 -----

T 4.1.1	Homogène		
T 4.2.1	Avec noyau en terre imperméable		
a)	noyau vertical		
b)	noyau incliné		T 5.2.1
T' 4.2.2	Avec écran interne	en béton de ciment	T' 5.2.2
T' 4.2.3	" " "	en béton bitumineux	T' 5.2.3
T' 4.2.4	" " "	en palplanches	T' 5.2.4
T' 4.2.5	" " "	en béton plastique (bentonite)	
T 4.3.1	Avec masque amont	en béton de ciment	T 5.3.1
T 4.3.2	" " "	en béton bitumineux	T 5.3.2
T' 4.3.3	" " "	en terre imperméable	T' 5.3.3
T' 4.3.4	" " "	en feuille d'acier	T' 5.3.4
T' 4.3.5	" " "	en membrane souple préfabriquée	T" 5.3.5
T" 4.3.6	" " "	en fils de matière plastique (colmatage)	T" 5.3.6
T' 4.3.7	" " "	en bois	T' 5.3.7
T' 4.3.8	" " "	en mortier projeté	T' 5.3.8

 Symboles: T = Type courant T' = Type rare T" = Type future possible

N.B.: Les exemples donnés in fine servent à illustrer chaque type

- T' 6 En bois
- T' 7 En acier
- T' 8 En éléments préfabriqués en béton
- T' 9 En béton armé
 - T' 9.1 Console encastrée
 - T' 9.3 A contreforts
 - T' 9.6 A voûtes multiples
- T' 10 En béton projeté
 - T' 10.6 A voûtes multiples
- T 11 En béton précontraint
 - T 11.1 Barrage-poids avec tirants
 - T 11.3 Barrage à contreforts avec poussée active
 - T 11.4 Barrage-voûte avec culées précontraintes
 - T 11.6 Barrage à voûtes multiples avec contreforts précontraints
- T' 12 En terre armée
- T' 13 Mur à échelles
- T' 14 Gabions
- T" 15 Chaînes de boules
- T' 16 Vanne gonflable en caoutchouc sur seuil en béton
- T" 17 Voûte tendue
 - T" 17.1 en feuillard d'acier
 - T" 17.2 en verre textile
 - T" 17.3 en crin polyester
- T 18 Résidus de mine, crassier
- T 19 Barrages souterrains
 - T 19.1 Injections diverses des alluvions ou du rocher en place
 - T' 19.2 Tranchée remplie de terre imperméable
 - T 19.3 Béton de ciment (fouilles blindées type Bioge, pieux, paroi moulée)
 - T' 19.4 Béton bitumineux
 - T' 19.5 Palplanches métalliques
 - T" 19.6 Colmatage provoqué (par exemple fils plastiques)
 - T' 19.7 Résines injectées
 - T' 19.8 Sol gelé

../

- T' 6 Timber
- T' 7 Steel
- T' 8 Precast Concrete
- T' 9 Reinforced Concrete
 - T' 9.1 Cantilever wall
 - T' 9.3 Buttress
 - T' 9.6 Multiple-arch
- T' 10 Shotcrete (Pneumatic Concrete)
 - T' 10.6 Multiple arch
- T 11 Prestressed Concrete
 - T 11.1 Gravity, with prestressed foundation ties
 - T 11.3 Buttress dam with active thrust
 - T 11.4 Arch, with prestressed thrust blocks
 - T' 11.6 Multiple-arch, with prestressed buttresses
- T' 12 Reinforced earth ("Terre Armée")
- T' 13 "Mur à échelles"
- T' 14 Gabion, crib
- T" 15 Ball Chains
- T' 16 Inflatable Rubber Tube on Concrete Sill
- T" 17 Reverse Arch
 - T" 17.1 Strip steel
 - T" 17.2 Glass fibre
 - T" 17.3 Fibre reinforced plastics
- T 18 Mining Waste, Slag, Ash
- T 19 Underground
 - T 19.1 Penetration grouting in soil and rock
 - T' 19.2 Trench backfilled with impervious soil
 - T 19.3 Concrete ("Bioge" system, diaphragm walls, piles)
 - T' 19.4 Bituminous concrete
 - T' 19.5 Steel sheet piling
 - T" 19.6 Artificial self-sealing (e.g. plastic threads)
 - T' 19.7 Injected resin
 - T' 19.8 Frozen ground

../

- T' 20 En graviers ou enrochements injectés
 - T' 20.1 Barrage-poids
- T' 21 En coulis de ciment
 - T' 21.4 Voûte
- T" 22 En matière plastique
- T" 23 En glace
 - T" 23.1 Barrage-poids
- T" 24 Barrages sous-marins
- T 25 Barrages naturels temporaires (bois flottés, glissement de terrain, embâcle de glace, etc...).

- T' 20 Grouted Gravel or Rockfill
 - T' 20.1 Gravity
- T' 21 Cement Slurry
 - T' 21.4 Arch
- T' 22 Plastics
- T' 23 Ice
 - T" 23.1 Gravity
- T" 24 Submarine Dams
- T" 25 Natural Temporary Dams (log jams, mud flows, ice blockages)

EXEMPLES DE TYPES DE BARRAGES

- T 1.1 Vieux barrages-poids (Ternay), barrages-poids en Inde, Vyrnwy (G.B)
- T 1.2 Huangchinyen (République Populaire de Chine)
- T' 1.4 Changshapa (République Populaire de Chine)
- T' 1.5 Barrage Zola (France), vieux barrages italiens et espagnols
- T' 1.6 Mer Allum (Inde) - Huangyenti (République Populaire de Chine)
- T 2.1 Grande Dixence (Suisse), Grand Coulee (USA), Génissiat (France), Chichester (Australie), Okutadami (Japon)
- T 2.2 La Ravière (France), Sabbione (Italie), Miranda (Portugal)
- T 2.3 Roselend (France), Roseires (Soudan), Clywedog (G.B), Meadowbank (Australie), Lamaload (G.B), Errochty (G.B), Cruachan (G.B)
- T 2.4 Mauvoisin (Suisse), Tignes (France), Kariba (Rhodésie), Monar (G.B), Speccheri (Italie), Canelles (Espagne), Kops (Autriche) Alto Ceira (Portugal)
- T 2.5 Hoover (USA), l'Aigle, Bort (France), Avon (Australie)
- T 2.6 Daniel Johnson (Canada), La Girotte (France), Junction Reefs (Australie)
- T 2.8 Val de la Mare (Jersey), Muda (Malaysie)
- T 3.1 Aménagements du Rhône et du Rhin (France), Thames Barrier (G.B)
- T 3.2 Labarre (France), Pitlochry (G.B), Fitzroy Barrage (Australie)
- T 4.1 Twin Buttes (USA), Happy Valley (Australie)
- T 4.2.1 Oroville (USA), Serre-Ponçon (France), Glen Mervyn (Australie), Silent Valley (G.B), Lough Islandreavy (G.B)
- T' 4.2.2 Nêpes (France), Bighorn (Canada), Sylvenstein (Allemagne)
- T' 4.2.3 Eberlaste (Autriche)
- T' 4.2.5 Grahamstown (Australie)
- T 4.3.2 Lech (Allemagne), Chowilla (Australie)
- T 4.3.3. Burfell et Thorisos (Islande)
- T' 4.3.5 Miel (France), Barrage en Tchécoslovaquie (IIème CIGB, Q 42, R 22), Terzaghi-Mission (Canada)

EXAMPLES OF TYPES OF DAM

- T 1.1 Old Gravity Dams (Ternay), Gravity Dams in India, Vyrnwy (U.K.)
 - T 1.2 Huangchinyen (Peoples Republic of China)
 - T' 1.4 Changshapa (Peoples Republic of China)
 - T' 1.5 Zola Dam (France), old Italian and Spanish Dams

 - T' 1.6 Mer Allum (India), Huangyenti (Peoples Republic of China)

 - T 2.1 Grande Dixence (Switzerland), Grand Coulee (USA), Genissiat (France), Chichester (Australia), Okutadami (Japan)
 - J 2.2 La Raviège (France), Sabbione (Italy), Miranda (Portugal)
 - T 2.3 Roselend (France), Roseires (Sudan), Clywedog (U.K.), Meadowbank (Australia), Lamaload (U.K.), Errochty (U.K.), Cruachan (U.K.)
 - T 2.4 Mauvoisin (Switzerland), Tignes (France), Kariba (Rhodesia), Monar (U.K.), Speccheri (Italy), Canelles (Spain), Kops (Australia), Alto Ceira (Portugal)
 - T 2.5 Hoover (USA), l'Aigle, Bort, (France), Avon (Australia)
 - T 2.6 Daniel Johnson (Canada), La Girotte (France), Junction Reefs (Australia)
 - T 2.8 Val de la Mare (Jersey), Muda (Malaysia)
 - T 3.1 Rhone and Rhine Schemes (France), Thames Barrier (U.K.)

 - T 3.2 Labarre (France), Pitlochry (U.K.), Fitzroy Barrage (Australia)

 - T 4.1 Twin Butte (USA), Happy Valley (Australia)
 - T 4.2.1 Oroville (USA), Serre-Ponçon (France), Glen Mervyn (Australia), Silent Valley (U.K.), Lough Islandreavy (U.K.)
 - T' 4.2.2. Nêpes (France), Bighorn (Canada), Sylvenstein (Germany)
 - T' 4.2.3 Eberlaste (Austria)
 - T' 4.2.5 Grahamstown (Australia)
 - T 4.3.2 Lech (Germany), Chowilla (Australia)
 - T 4.3.3 Burfell and Thorisos (Iceland)
 - T' 4.3.5 Miel (France), Dam in Czechoslovakia (11th ICOLD Congress. Q 42 - R 22), Terzaghi-Mission (Canada)
-

- T 5.2.1 Akosombo (Ghana), Djatiluhur (Indonésie), Quoich (G.B),
Ord (Australie)
- T' 5.2.2 Bwlchy Gle (G.B), Treig (G.B)
- T' 5.2.3 Lastioulles (France), Henne (Allemagne), High Island (Hong
Kong)
- T 5.3.1 Salt Springs (USA), Paradela (Portugal), Cethana (Aus-
tralie), Quoich (G.B)
- T 5.3.2 Montgomery (USA), Ghrib (Algérie), Mackenzie (Australie)
Dungonnel (G.B), Winscar (G.B), Pedu (Malaysie)
- T 5.3.3 Arthurs Lake (Australie)
- T' 5.3.4 Witaker (France), Sirinumu (Nouvelle Guinée), Lagartijo
(Vénézuéla)
- T' 5.3.5. Nérís (France), Contrada Sabetta (Italie)
- T' 5.3.8 Corella (Australie)
- T' 6 Petits barrages en Suède, Ucoee (G.B)
- T' 7 Vezin (France)
- T' 8 Pozillo, Platani (Italie), oued Meffrouch (Algérie)
- T' 9.1 Belviso (Italie)
- T' 9.3 Lake Pleasant (USA)
- T' 10.6 Rabodanges (France)
- T 11.1 Cheurfas (Algérie), Tansa (Inde), Henley (Afrique du Sud),
Catagunya (Australie), Allt-na-Lairige (G.B)
- T 11.3 Erraguène (Algérie)
- T 11.4 Maury, Rassisse (France), Repulse (Australie)
- T 11.6 Ben Métir (Tunisie), Grandval (France), Nebeur (Tunisie)
- T' 12 Vallon des Bîmes (France)
- T 13 Laurenti, St-Cassien : digue de col (France)
- T' 14 Merced River (USA)
- T' 16 Aupas (France), Koombooloombo (Australie)
- T 18 Kimbo (Guinée), Savage River (Australie), Gale Common (G.B)
- T 19.1 Ecran de Serre-Ponçon (France)
- T 19.3 Batardeau aval du barrage Daniel Johnson (Canada), Sant'Elia
(Italy), Paiho (République Populaire de Chine)
- T 19.4 Chowilla (Australie)
- T' 20.1 Batardeau aval du barrage de la Chaudanne (France, Seaham
Weir (Australie)
- T' 21.4 Port Miou (France)
- T" 23 Barrow (Alaska)
- T 25 Madison Canyon (USA), Condor-Sencca (Pérou)

- T' 5.2.1 Akosombo (Ghana), Djatiluhur (Indonesia), Quoich (U.K.), Ord (Australia)
- T' 5.2.2 Bwichey Gle (G.B.), Treig (G.B.)
- T' 5.2.3 Lastiouilles (France), Henne (Germany), High Island (Hong Kong)
- T 5.3.1 Salt Springs (USA), Paradela (Portugal), Cethana (Australia) Quoich (U.K.)
- T 5.3.2 Montgomery (USA), Ghib (Algeria), Mackenzie (Australia), Dungonnel (U.K.), Winscar (U.K.), Pedu (Malaysia)
- T 5.3.3 Arthurs Lake (Australia)
- T' 5.3.4 Witaker (France), Sirinumu (New Guinea), Lagartijo (Venezuela)
- T' 5.3.5 Neris (France), Contrada Sabetta (Italy)
- T' 5.3.8 Corella (Australia)
- T' 6 Small Swedish Dams, Ucoee (U.K.)
- T 7 Vezin (France)
- T' 8 Pozillo, Platani (Italy), oued Meffrouch (Algeria)
- T' 9 Belviso (Italy)
- T' 9.3 Lake Pleasant (USA)
- T' 10.6 Rabodanges (France)
- T 11.1 Cheurfas (Algeria), Tansa (India), Henley (South Africa) Catagunya (Australia), Ailt-na-lairige (U.K.)
- T 11.3 Erraguene (Algeria)
- T 11.4 Maury, Rassisse (France), Repulse (Australia)
- T 11.6 Ben Metir, Nebeur (Tunisia), Grandval (France)
- T' 12 Vallon des Bîmes (France)
- T 13 Laurenti, St-Cassien saddle dam (France)
- T' 14 Merced River (USA)
- T' 16 Aubas (France), Koombooloomba (Australia)
- T 18 Kimbo (Guinea), Savage River (Australia), Gale Common (U.K.)
- T 19.1 Serre-Ponçon cut-off (France)
- T 19.3 Daniel Johnson cofferdam (Canada), Sant'Elia well (Italy), Paiho (Peoples Republic of China)
- T' 19.4 Chawilla (Australia)
- T' 20.1 Chaudanne dam D/S cofferdam (France), Seaham Weir (Australia)
- T' 21.4 Port Miou (France)
- T" 23 Barrow (Alaska)
- T 25 Madison Canyon (USA), Condor Sencca (Peru)

GENERAL SYNTHESIS (*)

NOTE DE SYNTHÈSE (*)

(*) This text is based on the translation of one of the studies by J. COTILLON for a book by R. GINOCCHIO, Directeur, Direction Générale, Electricité de France, entitled « L'Énergie Hydraulique », Eyrolles, 1978.

(*) Ce texte est tiré de l'une des études faites par J. COTILLON pour la préparation de l'ouvrage de R. GINOCCHIO, Directeur à la Direction Générale d'EDF « L'Énergie hydraulique » publié chez Eyrolles en 1978.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENTS

	Pages		Pages
1 - AVANT-PROPOS	46	1 - INTRODUCTION	47
2 - EFFETS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES	48	2 - PHYSICAL AND BIOLOGICAL EFFECTS OF RIVER DEVELOPMENT ..	49
A - Effet de l'obstacle constitué par un barrage	48	A - Effect of the obstacle caused by the dam	49
A1 - Corps flottants	48	A1 - Floating Debris	49
A2 - Transport solide	48	A2 - Solid load	49
A3 - Transport d'éléments nutritifs	50	A3 - Nutrient Transport	51
A4 - Petites et moyennes crues	50	A4 - Retention of Small and Moderate Floods	51
A5 - Barrages d'estuaires	52	A5 - Tidal barriers and barrages	53
B - Effet de submersion sur la faune	52	B - Effect of flooding on fauna	53
C - Influence sur le climat	54	C - Effect on climate	55
D - Effets sur les eaux dans la retenue	56	D - Effects on reservoir water	57
D1 - Effets physico-chimiques ..	56	D1 - Physical and chemical effects	57
D2 - Effets biologiques	62	D2 - Biological effects	63
E - Action sur les eaux hors de la retenue	68	E - Action on waters other than in the reservoir	69
E1 - Assèchement des rivières ..	68	E1 - Drying up of rivers	69
E2 - Modification du niveau des nappes phréatiques	68	E2 - Changes in water table ..	69
E3 - Gestion du bassin	68	E3 - Catchment Management ..	69
F - Glissement de terrain	70	F - Landslides	71
G - Séismes induits	70	G - Induced earthquakes	71
3 - EFFETS D'ORDRE SOCIAL	74	3 - SOCIAL EFFECTS	75
A - Effets bénéfiques	74	A - Beneficial effects	75
A1 - Effets sur le paysage, le tourisme et les loisirs	74	A1 - Effects on countryside, tourism and leisure	75
A2 - Infrastructure routière	74	A2 - Roads	75
A3 - Développement de la pêche ..	76	A3 - Fisheries development	77
A4 - Prévention des incendies ..	76	A4 - Fire prevention	77
B - Effets contraires	76	B - Detrimental effects	77
B1 - Déplacements de populations	76	B1 - Population displacement ..	77
B2 - Submersion de terres cultivables et de sites archéologiques	78	B2 - Drowning of arable land and archaeological sites	79

1 - AVANT-PROPOS

Le terme "environnement" qui s'est substitué en France au mot "milieu" (sous l'influence du terme américain correspondant "environment") recouvre "l'ensemble des facteurs physiques, chimiques et biologiques dont dépendent la vie et la prospérité d'une population".

L'écologie, étymologiquement "science de l'habitat", est l'étude de l'environnement. Il s'agit d'un mot ancien (Haeckel 1866) que le géographe Maximilien Sorre introduisit en France dans les années 40 et qu'il définissait ainsi en 1961 : "Etude des êtres vivants en fonction du milieu naturel où ils vivent".

Un écosystème est une unité d'étude privilégiée de l'écologie : c'est un ensemble isolable de la biosphère par son caractère d'homogénéité au point de vue topographique, microclimatique, botanique, zoologique, hydrologique et géochimique et au sein duquel se déroule une série de cycles étroitement liés.

La surface d'un écosystème peut aller de quelques décimètres carrés à des centaines de milliers de kilomètres carrés. On peut citer comme exemple : une mare, un étang, le lac Léman, un massif forestier comme la forêt de Fontainebleau, une région géographique comme le Massif Central, un bassin hydrographique.

La qualité de la vie, expression des années 70, se réfère en français à un ensemble plus large : aux agents physiques, chimiques et biologiques qui constituent le milieu et qui ont pour but d'assurer la vie et la prospérité d'une population sont ajoutés des facteurs sociaux en vue de contribuer au confort matériel et moral de cette population et d'accroître son plaisir de vivre : réduction et aménagement du temps de travail, organisation des loisirs, développement des moyens de communication, lutte contre le bruit, développement de la culture, etc....

La notion de "milieu" introduite par les biologistes, voit donc sa portée sensiblement élargie au point d'aboutir à la définition suivante du Conseil International de la Langue Française : Environnement : "Ensemble, à un moment donné, des agents physiques, chimiques et biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines".

Les effets des aménagements hydrauliques sur leur environnement peuvent se manifester en amont du barrage, dans la retenue, à l'aval du barrage ou intéresser une région entière.

Ces effets peuvent être bénéfiques ou "contraires".

L'étude des effets contraires conduit à traiter des moyens propres à les pallier ou à évaluer l'importance de leur inconvénient.

../

1 - INTRODUCTION

The environment is the aggregate of all the external conditions and influences affecting the life and development of an organism.

Ecology, etymologically "science of the habitat", is "the branch of biology which deals with the mutual relations... between organisms and their environment".*

The ecosystem is the basic unit of ecology. It combines the biotic elements and environment in one unit forming a self-contained whole by reason of its homogeneous topography, microclimate, botany, zoology, hydrology and geochemistry, a holistic combination containing a series of closely inter-related and mutually-dependent interactions**

The area occupied by an ecosystem may cover only a few square inches up to hundreds of thousands of square miles, from a small pond to lakes of any size such as lake Lemman, a wooded area like the Black Forest, a whole geographic region like the Massif Central or a complete catchment.

The quality of life, a popular expression of the '70's, covers a wider concept : all physical, chemical and biological factors making up the environment governing the life and development of the community plus the social factors tending to enhance the material and psychosocial well-being of the community and augment the joy of living through shorter working hours, provision of leisure activities, improved communications, reduction in nuisance value of e.g. everyday noise, cultural improvement and so on.

This extends the biologist's concept of the environment to the point where it can be defined as : The aggregate, at a given time, of all physical, chemical, biological and social factors liable to have a direct or indirect effect, immediately or at some future time, on living creatures and human activity.***

The effects of river development schemes on the environment may manifest themselves upstream of the scheme, in the storage reservoir, downstream of the dam, or over the whole region. They may be beneficial or detrimental. Dealing with detrimental effects means evaluating the degree to which they are harmful and finding ways of controlling them.

.. /

* Translation of the definition given by Maximilien Sorre in 1961

** Webster's New International Dictionary, 2nd Edition, 1953

*** Translation of the definition given by the "Conseil International de la Langue Française".

2 - EFFETS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES

Les effets physiques et biologiques des aménagements hydrauliques sont dus à l'obstacle constitué par les barrages, à l'influence des retenues sur l'air (climat) et aux effets des aménagements sur les eaux dans et hors de la retenue, aux glissements de terrain provoqués et aux séismes induits.

A - Effets de l'obstacle constitué par un barrage

A1 - Corps flottants

Un barrage constitue une barrière qui s'oppose au passage des corps flottants (bois, glaces, détritiques), à la migration des poissons et à la circulation des bateaux.

Ces effets sur l'environnement sont évités par la construction des passes à bois flottants, de passes à poissons (échelles, ascenseurs), et d'écluses. Les déversoirs libres permettent également l'évacuation des corps flottants.

A2 - Effet sur le transport solide

L'arrêt ou la réduction du transport solide crée des perturbations plus ou moins gênantes suivant les cas.

L'arrêt du transport de fond peut engendrer un déséquilibre dans les régions deltaïques où l'érosion naturelle n'est plus compensée par cet apport de fond ; des travaux correcteurs sont nécessaires pour assurer la stabilité du rivage (cf. la branche Damietta du Nil).

La réduction du transport solide en suspension peut avoir deux conséquences.

Elle peut d'abord priver les terres aval du limon transporté et déposé au moment des crues. On en a beaucoup parlé à propos du Grand Barrage d'Assouan. Toutefois, ce tribut payé pour l'extension des irrigations peut ne constituer qu'un préjudice apparent dans la mesure où la valeur fertilisante du limon n'est pas aussi grande qu'on l'imaginait (l'azote utilisable par les plantes ne représente que 4% de son poids); son action devrait pouvoir être compensée par des engrais. De plus les terres jadis fertilisées par le limon peuvent dorénavant être cultivées pendant une plus longue partie de l'année grâce à l'application dosée d'eau plus ou moins débarrassée de limon.

La réalisation d'un barrage sur un cours d'eau crée une retenue qui peut arrêter la plus grande partie de la charge solide normalement transportée par le débit. Il peut en résulter une érosion du lit juste à l'aval du barrage. Cette zone d'érosion s'étend progressivement vers l'aval jusqu'au moment où apparaît un nouvel équilibre, la pente du lit étant alors en équilibre avec le nouveau débit solide en suspension. Pour maîtriser cette érosion (ou du moins y palier dans une certaine mesure), il faut recalibrer la pente ou modifier les lâchures.

Diverses mesures sont utilisées : construction de seuils (avec éventuellement utilisation de la force motrice correspondante), étalement des lâchures en période de crue, déversement d'une partie de la crue, à l'amont du barrage, dans une vallée latérale (cas du Nil à Assouan).

2 - PHYSICAL AND BIOLOGICAL EFFECTS OF RIVER DEVELOPMENT

The physical and biological effects of river development schemes arise from the obstacle the dam causes to the natural flow, the climate changes caused by the reservoir interacting with the overlying atmosphere, the effects of the structures on the water in and near the reservoir, and slides and ground tremors caused by the stored water.

A - Effect of obstacle caused by the dam

A1 - Floating Debris

A dam is an obstacle to the passage of trees, ice and other floating debris, fish and shipping.

The effects can be overcome by providing timber chutes, fish ladders or lifts, and shipping locks. Overflow spillways also permit the passage of debris past a dam.

A2 - Solid Load

Reducing, or completely blocking the passage of the solid matter conveyed by the river creates varying degrees of disturbance to the natural conditions.

Blocking the bed load may disturb the balance of delta areas if natural erosion processes are no longer offset by the arrival of new material. River training works may be necessary to keep the banks stable (e.g. as on the Damietta branch of the Nile).

Reducing the suspended load may deprive arable land of the silt brought down by river floods, a serious issue for example in connection with the Aswan dam. This is the cost one may have to pay for extended irrigation, and the harm it does may in fact be illusory - silt is not such a good fertilizer as imagined (it contains only 4% by weight of nitrogen available to plants) and chemical fertilizers can be substituted. In addition land formerly fertilized by silt can be cultivated for a greater proportion of the year with controlled and comparatively silt-free applications of irrigation water.

The construction of a dam or barrage across a river channel creates a reservoir which can hold back and retain most of the suspended material normally carried in the water flowing in the river. This can lead to erosion in the channel in the zone immediately downstream of the dam. The zone gradually extends downstream until a new equilibrium is reached, when the slope of the channel is once more balanced by the reduced suspended load. Such erosion can be corrected (or reduced to some degree) by reconstructing the slope of the channel and/or by changing the discharge from the dam.

Various methods have been used such as building weirs (sometimes also used incidentally for power purposes), spreading flood spillage over a longer period of time, or diverting part of the river flood into an offshoot in times of flood, as is done on the Nile at Aswan.

Décantation

Un grand réservoir permet la décantation des produits en suspension dans la rivière dont la turbidité de l'eau augmente lors de fortes averses ou de longues périodes de pluie. Les prises d'eau à usage domestique, placées sur la rivière à l'aval du réservoir bénéficient de la décantation opérée dans celui-ci. Les courants de densité dont les retenues sont le siège peuvent être dus à des différences de température à la fin de la période de stratigraphie thermique, mais aussi à des différences de concentration en matière dissoutes ou en suspension.

Les courants de densité constitués par un écoulement d'eau turbide au sein des eaux relativement claires de la retenue peuvent soit cheminer au fond et former contre le barrage un lac de boue qui en se durcissant obstrue les vidanges de fond, soit circuler "entre deux eaux", se relever au voisinage du barrage et atteindre les ouvrages de prise ou d'évacuation des crues. Ainsi dans certaines retenues, il y a exceptionnellement maintien de la turbidité des eaux due à la finesse c'est-à-dire à la nature des matériaux d'apport.

A3 - Transport d'éléments nutritifs

Le dépôt dans la retenue d'éléments nutritifs en suspension, peut avoir une influence sur la vie aquatique à l'aval. C'est ainsi qu'on explique la réduction de la pêche sardinière en Méditerranée, à l'embouchure du Nil, à la suite de la construction du barrage d'Assouan.

Mais parfois les réservoirs peu profonds peuvent au contraire provoquer un enrichissement en plancton, comme c'est le cas pour le réservoir "Seine" établi sur ce cours d'eau dans la région de Troyes.

A4 - Suppression des petites et moyennes crues

Ces crues ont un effet favorable pour :

- faciliter l'accès aux frayères (lacs et étangs) et assurer leur remplissage approprié,
- isoler des prédateurs terrestres les îlots où nichent les oiseaux migrateurs,
- protéger les rives d'un envahissement par le bois ou d'une destruction par les mammifères des franges de graminées en bord d'eau, nécessaires aux oiseaux migrateurs,
- assurer l'apport d'éléments nutritifs dans les lacs et étangs.

Le remplacement de ces crues peut être assuré par des lâchures appropriées quant à leur époque, leur durée et leur volume.

Bien entendu des lâchures intempestives par leur volume et par l'époque à laquelle elles interviennent peuvent causer de graves préjudices; des règles d'exploitation établies en fonction des exigences écologiques d'aval et scrupuleusement respectées permettent de les éviter.

.. /

Settling

A large storage reservoir allows suspended matter to settle out from river water whose turbidity increases during heavy storms and in periods of prolonged rain. Domestic abstractions downstream of the dam benefit from the clarification in the reservoir. While density currents may be caused by temperature gradients, another factor may be the differences in dissolved and suspended matter in different layers.

A turbid layer in the otherwise clear reservoir may flow along the bottom to form a mud lake just in front of the dam capable of blocking the bottom outlets as it hardens, or may remain at mid-depth until it rises to surface near the dam, sometimes entering the intakes or spillway. In some reservoirs, turbidity may extend throughout the reservoir because of the fineness (i.e. the nature) of the material.

A3 - Nutrient Transport

Deposition of suspended nutrients in the reservoir may have consequences for the aquatic biota downstream. It has been blamed for the smaller sardine catches in the Mediterranean off the Nile delta after construction of the High Aswan dam.

On the other hand, however, shallow reservoirs may increase the plankton yield, as in the pool on the Seine river near the town of Troyes.

A4 - Retention of Small and Moderate Floods

Small floods have a beneficial effect in that :

- (a) they provide ready access to spawning grounds (ponds and lakes) and renew the water in them,
- (b) they form small islands used by migrating birds to escape from the predators on the shore,
- (c) they prevent the river banks becoming overgrown with trees, and stop mammals destroying the river-side grasses needed to sustain migrating birds, and
- (d) they bring nutrients into lakes and ponds.

Water can be released through the dam to stimulate such floods by a proper choice of time, duration and volume released.

Overlarge or untimely releases can cause harm, and the gate operation guidelines drawn up with reference to ecological requirements downstream must be strictly followed to prevent it.

../

A5 - Barrages d'estuaires

Les barrages construits dans les zones (estuaires, bras de mer, etc.) soumises à l'action des marées sont à considérer à part.

Un tel barrage peut modifier les caractéristiques de la zone de diverses façons. Il peut réduire le débit vers l'amont lors du flux, avec pour résultat une perte de volume et par conséquent une réduction de l'effet de chasse au reflux. Si l'on ne tient pas compte de ce phénomène, il peut apparaître des barres (hauts fonds) constituant une gêne pour la navigation. Le régime du système eau salée eau douce peut se trouver modifié, la stratification cédant la place au brassage, ou inversement. Cette modification risque de perturber le régime d'envasement ou la vie aquatique. Le régime des vagues peut se trouver également considérablement modifié. Il faut tenir compte du régime hydrographique à l'amont (débit du cours d'eau, débit de drainage des terres riveraines dans la zone de l'estuaire). Pour ce débit de drainage des terres il peut être nécessaire de prévoir des pompages. Les eaux usées autrefois rejetées à la mer après un traitement sommaire devront peut-être subir un traitement complet si le nouveau barrage risque d'empêcher leur dilution. Il peut être nécessaire de prévoir des moyens de franchissement pour les bateaux remontant la rivière. Si l'estuaire est un lieu de passage des poissons migrateurs, il faut prévoir des échelles à poissons. De même, il faut le cas échéant prévoir le passage de la glace. Il faut tenir compte de la flore et de la faune de la zone de marnage, submergée par le nouveau barrage.

Un barrage mobile diffère d'un barrage ordinaire en ce sens que le premier n'est pas forcément fermé en permanence ni même à intervalles fixes. Par exemple, le but du barrage mobile en cours de réalisation sur la Tamise à Woolwich est de bloquer seulement les grandes remontées d'eau de marée qui risqueraient de créer des inondations à Londres. Ainsi, le barrage sera fermé pendant quelques heures seulement, une ou deux fois par an. Il est évident que les conséquences de ces fermetures irrégulières et de courte durée seront minimes. Par contre, pour certains barrages mobiles fermés pendant de plus longues périodes, l'effet peut être assimilé à celui d'un barrage classique.

Les deux sortes d'ouvrage (barrage et barrage mobile) empêchent le passage vers l'amont d'une partie quelconque de la marée. Cette partie étant refoulée vers l'aval, il faut donc surélever les ouvrages de protection des côtes.

B - Effet de submersion sur la faune

La faune située en amont d'un barrage est affectée de diverses manières par la création d'une grande retenue, notamment :

- beaucoup d'animaux meurent (mais on peut les sauver),
- d'autres migrent vers un nouvel habitat,
- certains s'adaptent au nouveau milieu (amphibiens, faune riveraine),
- les oiseaux aquatiques (palmipèdes, échassiers) colonisent cet habitat nouvellement créé.

Une campagne de sauvetage est parfois possible, suivant le principe de l'arche de Noé : au lac d'Afobaka (Surinam) sur le fleuve Brokopondo,

../

A5 - Tidal Barriers and Barrages

Barriers and barrages constructed in the tidal zone of a river estuary or coastal embayment may be considered as a special case.

The characteristics of an estuary may be changed in a variety of ways by a barrage scheme. The inflow of tidal waters may be restricted, leading to effective loss of volume and thereby reduced scouring effect of ebb tides. If this problem is not considered and dealt with, bars may form which handicap navigation. The estuarial regime of salt and fresh water may change from stratified to mixed or vice versa, and this may affect siltation and aquatic life. Wave patterns may also be significantly modified. Upland drainage in terms of both freshwater river run-off and riparian land drainage in the estuary area have to be dealt with. The latter could involve pump schemes. Sewage previously allowed to flow to the sea with limited treatment could require full treatment if liable to be trapped behind a barrage. Docks may be required for shipping access to up-river ports. Fish passes may be required if the estuary is a route for migratory fish, and ice passes if the river carries icefloes in winter. Thought should be given to the effects on flora and fauna previously inhabiting the tidal range which may become permanently inundated.

A barrier differs from a barrage in that it may not be closed permanently or regularly. In the case of the Thames Barrier at Woolwich, the intention is to block only major tidal flood surges from penetrating upstream and flooding London. This may involve closure for a few hours on a few occasions per year. Thus effects on regimes and the environment are only marginal. In other cases of barrier, the environmental effects will approach those of barrages as the frequency of closure increases.

Both barrages and barriers have the effect of preventing some upstream tidal flow. This volume of water rebounds downstream. Coastal protection works need to be raised against this effect.

B - Effect of flooding on fauna

A new reservoir directly affects the upstream fauna in a number of ways, e.g. :

- (a) many animals die although there may be ways of saving them,
- (b) some animals migrate into new areas,
- (c) a few animals accommodate to the new environment, particularly amphibians and riparian fauna,
- (d) birds such as water fowl and waders move into the new water habitat.

It is sometimes possible to carry out rescue and salvage operations, along the Noah's Ark principle. For instance more than ten thousand

../

plus de dix mille tortues, tapirs, serpents, paresseux, tatous, etc.. ont été récupérés, alors que les zoologues avaient estimé que la région à noyer ne contenait plus de grands animaux.

Un effet secondaire non négligeable concerne la faune déplacée. En effet, celle-ci doit s'accomoder d'un habitat antérieurement en équilibre, ce qui favorise la survie des espèces à temps de vie courte et capacité de reproduction importante, qui ne sont pas toujours les plus intéressantes pour l'homme. Ce phénomène s'applique à la fois aux migrations spontanées devant la montée des eaux, ainsi qu'aux déplacements dus aux opérations de sauvetage.

La création d'un nouveau plan d'eau peut établir un ensemble de conditions favorables à l'accroissement considérable de la population d'oiseaux (en nombre d'unités et d'espèces), notamment les palmipèdes, les échassiers, ainsi que les rapaces qui se nourrissent de ces espèces(*). La perte de l'habitat surtout terrestre est plus que compensé par l'important gain en habitat aquatique et riverain, ou par le ré-établissement et la sauvegarde des oiseaux d'eau menacés.

L'effet de la submersion sur la faune est surtout sensible dans les régions tropicales.

C - Influence sur le climat

La modification éventuelle du climat par les grandes retenues ainsi que l'importance de cet effet, constituent un sujet d'étude et de controverse.

La formation de brouillard d'évaporation sur une rivière ou une retenue dépend de l'humidité de l'air, de la différence de température entre l'eau superficielle et l'air ambiant et de la salinité de l'eau.

D'une manière assez générale, pour qu'il y ait formation de brouillard d'évaporation il faut :

- que la température de l'eau soit supérieure à la température de l'air ambiant,
- que l'humidité relative de l'air soit supérieure à 90%.

Il en résulte que les brouillards d'évaporation apparaissent dans les climats tempérés, essentiellement en saison froide et aux heures nocturnes et matinales. Sous d'autres climats, une retenue de faible profondeur peut provoquer un accroissement du brouillard les jours de basses températures.

Par ailleurs, la création de micro-climats par les grandes retenues a été reconnu expérimentalement; ainsi, au Ghana, dans la région du grand Lac Volta, on a constaté un changement du régime pluvial, la pointe des pluies se déplaçant d'octobre vers juillet et août; de même la pluie a fait son apparition à Assouan, depuis la création du lac Nasser. Il est d'autre part bien connu que le volant thermique constitué par les grands lacs naturels des régions tempérées (lac Léman, lac du Bourget, lac d'Annecy, grands lacs italiens, grands lacs américains du St Laurent) sont à l'origine de micro-climats.

..!

(*) Voir Valdès J.L. Miranda, contribution orale, Vol. V XI Congrès des Grands Barrages, Madrid 1973

tortoises, tapirs, snakes, sloths, armadilloes, etc. were rescued from the Afobaka lake on the Brokopondo in Surinam, whereas zoologists had estimated that there were no large animals left in the area.

An important secondary effect which can arise is that animals displaced from the reservoir area must fit into a new habitat which was previously in equilibrium, a situation which tends to favour short-lived species with high reproduction rates and which are not always the most useful, desirable or attractive. This problem can be common to both forced migration caused by the rising waters of the lake and to the re-establishment of "rescued" animals in new habitats.

The creation of a new body of water can establish conditions conducive to a large increase in the variety and numbers of birds, particularly water fowl, waders and their predators*. The loss of primarily terrestrial habitat is often more than compensated for, by the large increase in water and riparian habitat and the restoration and protection of endangered species of water fowl.

The effect of flooding on fauna is generally more pronounced in tropical regions.

C - Effect on climate

Whether, and to what degree climate can be changed by large reservoirs is the subject of some controversy.

The formation of fog by evaporation from a river or lake depends on air humidity, the temperature difference between the water surface and the ambient air, and the salinity of the water.

As a very rough rule, the air must be cooler than the water and its relative humidity must be greater than 90%.

This means that fog occurs in temperate climates, mainly on winter nights and the early morning. In other climates, shallow reservoirs may make the mist thicker on cool days.

It has been demonstrated experimentally that large reservoirs produce a new microclimate. A change in the rainfall pattern has been detected in Ghana around lake Volta, the peak having shifted from October to July and August, and rain fell for the first time at Aswan when lake Nasser was filled. It is generally accepted that the capacity of large natural lakes in temperate regions for storing heat and cold is the prime cause of the particular microclimates in those areas. Examples are lake Lemman, le Bourget lake, Lake Annecy, the Italian lakes and the five Great Lakes.

../

* See Valdes J.L. Miranda, Discussion contribution - Volume V
11 ICOLD Congress Madrid 1973

D - Effets sur les eaux dans la retenue

D1 - Effets physico-chimiques

D11 - Température de l'eau

Dans les retenues profondes l'eau se répartit en été en une couche froide profonde et une couche chaude superficielle; la connaissance de ce phénomène connu sous le nom de stratigraphie thermique est indispensable à la compréhension des effets que les retenues profondes peuvent exercer sur la qualité de l'eau.

En période chaude, la zone supérieure de la retenue (épilimnion) s'échauffe sous l'action du soleil et d'apports d'eau plus chaude tandis que la zone inférieure (hypolimnion) reste à une température voisine de 4° qui correspond à la densité maximale de l'eau. Ces deux zones sont séparées par une couche au gradient thermique élevé, le métalimnion. Les variations thermiques dues au vent et aux fluctuations de la température extérieure sont alors limitées à l'épilimnion.

En période froide, l'action des vents et la baisse de température de l'air extérieur et des apports d'eau amènent la température de l'épilimnion à une valeur inférieure à celle de l'hypolimnion et des courants verticaux s'établissent conduisant à la disparition du métalimnion et à l'uniformisation de la température dans toute la retenue.

En période de non-stratigraphie thermique, l'eau soutirée en fond de retenue provient de toute la hauteur de la tranche verticale de retenue située au droit de la prise alors qu'en période de stratigraphie thermique la retenue ne se vide que par son hypolimnion, les apports restant dans l'épilimnion : l'eau soutirée est froide.

La réduction de la température de l'eau en saison chaude est favorable pour l'eau distribuée aux ménages ou aux industries, pour la réfrigération des centrales thermiques et pour les poissons qui fraient en fin de saison chaude; mais elle est préjudiciable au frai quand il a lieu plus tôt.

D12 - Teneur en gaz dissous

a) Déficit en oxygène

L'oxygène est nécessaire à la vie aquatique et à la capacité épurative de l'eau.

L'oxygène contenu dans l'eau provient d'une pénétration de surface (à cet égard toute pellicule formée par les détergents ou les hydrocarbures est un obstacle) et de la photosynthèse réalisée par le phytoplancton à partir des sels minéraux dissous et du gaz carbonique.

L'oxygène sert à la biodégradation des matières organiques dissoutes, suspendues ou déposées au fond ainsi qu'à la respiration de la faune et de la flore aquatique.

La teneur naturelle ou plutôt la capacité maximale de rétention d'oxygène dissous est de 13 mg/l pour les eaux froides et 7,5 mg/l pour les eaux chaudes. Les poissons d'eau chaude ont besoin au minimum de 4mg/l pour vivre et se reproduire.

Si la charge de la rivière en matières organiques est grande, la quantité d'oxygène consommée pour leur biodégradation peut être supérieure à celle absorbée par pénétration de surface depuis l'atmosphère : la teneur en oxygène diminue. Si tout l'oxygène dissous est éliminé, la

../

D - Effects on reservoir water

D1 - Physical and chemical effects

D11 - Water temperature

In deep reservoirs, a cold layer underlies a warmer layer of water in summer and knowledge of such thermal layering is essential for an understanding of the effects that deep reservoirs might have on water quality.

In warm seasons, the upper layer of the reservoir (the epilimnion) is heated by sunlight and the warmer inflow, whereas the lower layer (the hypolimnion) remains at around 4° C, representing the maximum density of water. The two layers are separated by a sharp thermal gradient zone, the metalimnion. Temperature changes due to the wind and changes in air temperature are confined to the epilimnion.

In colder weather, wind and the lower air and inflow temperature cool down the epilimnion until it is colder than the hypolimnion; vertical currents appear, causing the metalimnion to disappear and the temperature to even out in the body of water (overturn).

At times when there is no stratification, water drawn off from the bottom of the reservoir is provided from the whole vertical slice just in front of the intake, but at other times, the hypolimnion is drawn off first while new inflow into the reservoir stays in the epilimnion. The abstracted water is cold.

A lower water temperature in warm weather is beneficial as regards supply to homes and industry, for thermal powerstation cooling and fish spawning at the end of summer, but harmful when spawning takes place earlier.

D12 - Dissolved gas content

a) Oxygen deficit

Oxygen is necessary to sustain aquatic biota and provide a self-purification capacity for the water.

Dissolved oxygen penetrates the surface layer (detergent or oil films are obstacles to this process) or is produced by photosynthesis in the phytoplankton from dissolved mineral salts and carbon dioxide.

Biodegradation of dissolved, suspended and deposited organic material depends on oxygen, as does of course respiration of the aquatic biota.

The natural oxygen content, or rather the maximum dissolved oxygen capacity is 13 mg/l for cold water and 7.5 mg/l for warm water. Warm water fish need 4 mg/l to sustain life and reproduce.

If the river is heavily loaded with organic material, the amount of oxygen consumed to degrade it may be more than can be absorbed through the water/air interface, so that the oxygen content quickly falls. Once all the oxygen has been removed in this way, the river reaches

../

rivière est en état de pollution (écume sale, odeurs) et la vie aquatique n'est plus possible.

Le stockage de l'eau dans des réservoirs profonds entraîne pendant certaines périodes de l'année, un important déficit en oxygène dans la tranche d'eau de fond.

Ce déficit ne présente pas d'inconvénients si les lâchures pendant de telles périodes sont faibles et si la demande en oxygène à l'aval immédiat est réduite : l'eau retrouve sa teneur normale en oxygène par aération naturelle sur une courte distance. Seules les lâchures importantes peuvent avoir des effets négatifs de par le déficit en oxygène.

La teneur en oxygène dans les lâchures des retenues profondes est fonction :

- de l'importance de la stratigraphie thermique,
- de l'enfoncement des prises d'eau,
- des matières organiques,
- des produits de décomposition dans la retenue (voir ci-après Eutrophisation).

L'origine du déficit en oxygène des retenues profondes n'est pas encore éclaircie à l'heure actuelle : on ne peut pas prédire la durée ou l'importance de ce déficit, pas plus qu'on ne sait ce qu'il convient de faire au stade des projets et à celui de l'exploitation pour le réduire.

Les dispositions auxquelles on a recours actuellement, consistent en prises d'eau étagées afin de soutirer l'eau dans la tranche à plus forte teneur en oxygène. L'insufflation continue d'oxygène ou d'air est également pratiquée.

b) Sursaturation en azote et oxygène

L'eau en aval d'un déversoir peut présenter une sursaturation en azote et en oxygène. L'effet décroît en fonction de la profondeur mais le taux d'azote peut atteindre 130% du taux normal de saturation lors de l'évacuation de l'eau par un déversoir.

Le seuil de mortalité de certaines espèces de poisson semble se situer à 120%. Les conséquences de la sursaturation sont apparues sur les rivières Columbia Snake en 1970 : selon les estimations faites, 90% des jeunes saumons effectuant leur première migration vers la mer, sont morts. Les alevins qui se déplacent plus près de la surface, sont plus exposés au danger. Les taux de mortalité "normaux" sont élevés pour les alevins descendants. Par contre, aucune modification ne fut décelée en ce qui concerne le nombre de saumons remontant vers les frayères l'année suivante.

D13 - Eutrophisation

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

.. /

an advanced stage of malodorous pollution with a scum over the surface, and all aquatic life ceases.

Storing water in deep reservoirs produces a considerable oxygen deficit in the deeper layers in some periods of the year.

No harm is done if little water is abstracted or spilled in such periods and the oxygen demand downstream is small. The water will recover its normal oxygen content by contact with the atmosphere very quickly. Only large amounts of water released through the dam will have detrimental effects because of oxygen depletion.

The oxygen content of water released from deep reservoirs depends on four factors :

- 1- The extent of thermal layering in the reservoir.
- 2- The depth of the intakes under the water surface.
- 3- The amount of organic material present.
- 4- The amount of decomposition products in the reservoir (see D13 Eutrophication).

At the time of writing, the origin of the oxygen deficit in deep reservoirs is not known. There is no means of estimating the duration or degree of oxygen deficit, nor of knowing what means to employ at the design stage or during operation to control it.

Current practice is to build the intakes with several inlets at different heights so that the water with the highest oxygen content is drawn off. Blowing a stream of oxygen or air through the abstracted water has also been tried.

b) Nitrogen and oxygen supersaturation

Water below a spillway may become supersaturated with nitrogen and oxygen. This effect decreases with depth but nitrogen contents of up to 130% have been recorded below high spillways.

The mortality threshold for some fish species appears to be about 120%. The effect was demonstrated on the Columbia and Snake rivers where in 1970, it was estimated that 90% of the young salmon (fry) making their first passage to the sea, died. Fry moving close to the surface were noticeably more affected. "Normal" mortality rates for fry moving downstream are high. Numbers of salmon moving upstream to spawn in the following year were apparently unaffected.

D13 - Eutrophication

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

.. /

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

Les premiers symptômes de l'eutrophisation d'un lac sont les suivants :

- 1- surproduction de plantes macrophytes et d'algues près des bords et de plancton au fond,
- 2- modification de la répartition des espèces de poissons (cyprinidés aux dépens des salmonidés),
- 3- diminution de la transparence, due à l'accroissement des micro-organismes en suspension et changement de couleur de l'eau provoqué par le développement des algues de fond,
- 4- réduction de la teneur en oxygène au fond et accroissement en surface.

L'amplification du processus est marquée par divers phénomènes :

- 5- développement d'une végétation luxuriante d'algues,
- 6- formation massive de matières putrescibles qui se déposent au fond,
- 7- disparition de l'oxygène dans les couches profondes en été,
- 8- apparition d'hydrogène sulfuré, d'ions libres de fer, de manganèse et d'ammonium,
- 9- formation de nappes de gaz.

Le lac devient un "breeder"; il fabrique de la pollution à partir de celle reçue au lieu de la digérer.

Les conséquences d'un tel état sont les suivantes :

- les difficultés d'utilisation de l'eau pour les usages domestiques et industriels : goût et odeur désagréables, encrassement des filtres, corrosion prononcée due aux ions libres,
- suppressions des activités de loisirs : natation (irritation de la peau), pêche récréative,
- suppression du potentiel de pêche de la rivière ou du lac.

Les remèdes consistent à traiter les eaux d'apport, à procéder à des insufflations d'oxygène, à réaliser des fossés collecteurs; ils ont été appliqués en France aux lacs de Nantua, du Bourget et d'Annecy.

D14 - Teneur en matières solides dissoutes

Un réservoir peut présenter les effets complexes en ce qui concerne la teneur des solides en solution (par des mécanismes tels qu'oxydation, réduction, échanges d'ions..), mais on peut souvent tirer profit de ces modifications de la qualité de l'eau.

../

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

The first symptoms of eutrophication are :

- 1- excessive development of bed plankton and macroscopic plants and weeds near the banks,
- 2- displacement of Salmonidae by Cyprinidae,
- 3- reduced water clarity caused by increases in the number of swimming microorganisms, and changes in the colour of the water due to the bed algae,
- 4- reduced oxygen content near the bottom, accompanied by an increase nearer the surface.

Subsequently, various other factors indicate that the problem is becoming more acute :

- 5- development of luxuriant weed growth,
- 6- formation of massive amounts of rotting matter on the bed,
- 7- complete disappearance of oxygen in the deeper layers in summer,
- 8- appearance of sulphuretted hydrogen, free iron, manganese and ammonium ions,
- 9- appearance of gas bubbles.

By this stage, the lake has become a "breeder", producing more pollution from what it has received rather than digesting it.

The consequences of this situation are that the water cannot readily be used for domestic or industrial supply because of its disagreeable taste and odour, propensity for blocking filters and corrosiveness caused by free ions; it cannot be used for bathing (irritation of the skin) or sport fishing; and it is useless for industrial fishing.

Remedies consist of purifying the inflow, injecting oxygen and building intercepting ditches, all of which have been used for the Nantua, Bourget and Annecy lakes in France.

D14 - Dissolved Solids Content

A reservoir can have a complex effect on dissolved solids content of waters, by such mechanisms as oxidation, reduction and ion exchange, but this can often be arranged to be advantageous.

.. /

Prenons le cas simple où les apports présentent une salinité constante et élevée; l'évaporation provoquée par l'augmentation de la surface libre a pour effet une certaine concentration de la salinité. Pourtant, dans la plupart des cas, les apports de forte salinité arrivent normalement dans le réservoir par "à-coups" en certaines saisons. Ainsi, ces pics de salinité sont dilués par l'eau douce du réservoir; et malgré l'effet de concentration par évaporation, la salinité des lâchures est généralement plus faible que celle des apports. Cette situation se trouve vérifiée également lorsqu'un cours d'eau de forte salinité est associé à un réseau d'affluents multiples.

La situation se complique encore lorsque la nappe est saline. Au barrage de Chowilla dans le sud de l'Australie, les études ont révélé le risque de forts débits d'eau saline de la nappe, poussés par la pression hydrostatique exercée par l'eau douce stockée. On a donc prévu un grand nombre de puits de décharge destinés à capter ces débits, afin de protéger le cours aval de la rivière. Les débits collectés sont pompés vers des bassins d'évaporation.

D2 - Effets biologiques

D21 - Effets sur la santé des riverains

La création de lacs de retenue et de leurs systèmes d'eau annexes ont une incidence sur les grandes endémies parasitaires.

Dans les régions chaudes et humides, certaines de ces endémies, sévères par leur chronicité et le nombre de sujets qu'elles atteignent, relèvent d'agents pathogènes dont les "hôtes vecteurs"(1) vivent dans les eaux douces. Ces maladies existaient à l'état endémique avant la création des retenues, mais celle-ci a pour effet de multiplier les gîtes possibles des vecteurs et par conséquent favorise leur extension.

Les principales maladies, dont le développement est ainsi favorisé, sont :

- le paludisme dont l'hôte vecteur est le moustique,
- la bilharziose (2) (ou schistosomose) dont l'agent pathogène est un ver, la bilharzie, et l'hôte vecteur est un mollusque.
- l'onchocercose (3) fléau d'Afrique et d'Amérique tropicales dont une petite mouche, la simulie, est responsable de la contamination humaine.

En ce qui concerne le paludisme, les gîtes du moustique vecteur, l'anéphèle, s'observent davantage dans les petites "collections d'eau" que dans les grands volumes d'eau. Ce ne sont donc pas les réservoirs pleins

../

(1) On entend par hôte vecteur un organisme qui héberge un parasite pendant une partie de son cycle et le transmet ultérieurement à l'homme.

(2) du nom du médecin allemand BILHARZ qui découvrit en 1851 l'agent pathogène de cette maladie connue depuis la plus haute antiquité.

(3) du nom de l'agent pathogène, un ver appelé onchocerca; cette maladie est appelée "cécité des rivières".

In the simple case of constant high salinity inflow, there is some concentration of salts in the reservoir as evaporation takes place from an increased surface area. However, high salinity inflows are normally in the form of concentrated 'slugs' at a particular time of year. In this case the 'slugs' are diluted by fresher water in the reservoir, and even after allowing for evaporation, effluents are generally at lower salinity levels than inflows. The same applies when one stream forming part of a multiple-tributary system has a high salts concentration

A further complicating effect exists where reservoir area groundwaters are saline. At Chowilla Dam site in South Australia substantial seepage flows of highly saline groundwater were predicted, flushed out by the head of fresh impounded reservoir water. The designs incorporated a comprehensive system of relief wells to intercept this flow and prevent it polluting the river downstream. The seepage was disposed of by pumping to large evaporation ponds.

D2 - Biological effects

D21 - Health effects for riparian dwellers

New storage reservoirs and their related water systems have repercussions on the main endemic parasites.

In hot, damp regions, certain of the more chronic and widespread endemic diseases are transmitted through pathogens whose vectors* live in fresh water. Such diseases are endemic even before construction of the dam but the reservoir increases the size of the hosts' habitat, so promoting their expansion.

The main diseases spread in this way are malaria (transmitted through the Anopheles mosquito), bilharziasis** caused by blood flukes of the genus Bilharzia transmitted through a snail, and onchocerciasis***, a very widespread disease of Africa and tropical America, transmitted by the bite of a small fly of the Simuliidae family.

Anopheles mosquitoes breed in small puddles and swampy areas rather than large lakes, so it is not full storage reservoirs behind dams that are responsible for the spread of malaria, by rather the tempo-

../

* "Vector" and "host" denote the organism in which the parasite lives for part of its life, subsequently being transmitted to man.

** From Theodor BILHARZ, a German helminthologist who, in 1851, discovered the pathogen which transmitted the disease, which has been recorded from the earliest antiquity.

*** From the filarial worm, Onchocerca volvulus, the parasite causing the disease; the eye is sometimes invaded, causing blindness.

qui sont responsables de la diffusion du paludisme mais les systèmes marginaux, temporaires ou permanents, créés par les différences de niveaux saisonnières et par l'aménagement humain des rives.

Pour ce qui est de l'onchocercose, les simulies vectrices vivent à l'état larvaire et nymphal dans les eaux courantes, et par conséquent plus aérées et plus fraîches que les eaux stagnantes. Comme pour le paludisme, ce n'est pas le volume d'eau du réservoir lui-même qui représente un risque sanitaire, mais les territoires marginaux et les systèmes d'eau auxiliaires.

La bilharziose, qui sévit tant en Amérique, en Afrique qu'en Asie tropicale, atteint près de 300 millions d'individus. Elle trouve dans le périmètre d'un barrage et d'un lac de retenue des conditions particulièrement favorables à son extension, car les systèmes d'eau peu mobiles, ou à faible courant, favorisent le développement d'une végétation palustre intensive, entraînant la création d'écosystèmes où prennent place les populations de mollusques vecteurs de la maladie. Le cycle biologique des mollusques vecteurs s'accomplit entièrement dans l'eau et les conditions de contamination du mollusque et de l'homme par les bilharzies se réalisent elles-même dans l'eau.

Ces mollusques sont des escargots qui vivent accrochés aux plantes aquatiques; ils s'infestent grâce aux excréments qui éliminent des oeufs d'où sortiront des larves. Après un développement de plusieurs jours chez le mollusque, ces larves sont libérées dans l'eau et pénètrent à travers la peau de l'organisme humain, très souvent au niveau des pieds et des mains. Ces larves deviennent des vers adultes et se localisent dans les vaisseaux des organes profonds, le foie, l'intestin et la vessie. Les oeufs pondus par ces vers adultes sont éliminés par les selles et les urines dans l'eau et le cycle recommence.

Les réservoirs, créés par les grands barrages ont également une incidence sur d'autres maladies parasitaires sans hôtes intermédiaires, notamment l'amibiose, sur des maladies d'origine virales ou bactériennes comme la fièvre thyphoïde et les entéro-infections.

Les mesures, préconisées pour empêcher l'installation ou la multiplication des moustiques vecteurs et des mollusques hôtes-intermédiaires sont les suivantes :

- avant le remplissage de la retenue : nettoyage de la cuvette, approfondissement, remblaiement, endiguement ou établissement de fossés de drainage pour éviter la formation de marécages dans la zone de marnage,
- en exploitation : modification hebdomadaire du niveau de la retenue de quelques dizaines de cm pendant la saison de la ponte.
- les larvicides restent la meilleure défense.

C'est par de telles mesures que la Tennessee Valley Authority est parvenue à l'élimination quasi totale des moustiques aux abords des plans d'eau des barrages qu'elle a construits.

Cependant la pulvérisation ou l'épandage de larvicides et de molluscocides doivent être renouvelés fréquemment et le coût de l'opération peut être prohibitif pour les pays en voie de développement. Par ailleurs il convient de veiller à ce que ces substances chimiques ne soient pas toxiques pour l'homme, ni pour les poissons qui constituent la base de l'alimentation des riverains.

.. /

rary or permanent marginal systems created by seasonal water level fluctuations and human colonisation around the edge of the lake.

Bilharziasis, which flourishes in America, Africa and tropical Asia, affects more than 300 million individuals. Conditions are particularly favourable near storage dams and reservoirs as the still or slowly flowing water promote the growth of swamp plants on which the snails live. The snails' entire life cycle is aquatic, and they, and through them, man, are contaminated in the water. The snails attach themselves to aquatic plants, and are infected through excrement containing eggs, which hatch into larvae living several days inside the snail, after which they emerge into the water and enter human feet, hands or other exposed parts of the body through the skin. Once in the body, the larvae develop into adults, hooking themselves into the liver, intestine and bladder. They lay eggs which are excreted, thus returning to the water for the life cycle to repeat itself.

The larvae and pupae of the fly vector for onchocerciasis live in flowing water, which is better aerated and cooler than stagnant water. As with malaria, it is not the main lake that constitutes the health risk, but the marginal lands and auxiliary water systems.

The reservoirs created by large dams also have effects on parasitic illnesses not requiring intermediate hosts, such as various types of amoebiasis, and on viral and bacterial diseases, such as typhoid and intestinal infections.

Recommended action for preventing colonisation and development of host mosquitoes and intermediate host molluscs are :

- (a) before the first filling of the reservoir, clear the area of vegetation; backfill, deepen, impound or drain any areas liable to become swampy through fluctuations in the lake level,
- (b) during operation of the scheme, increase and lower the lake level a few centimetres weekly in the egg-laying season,
- (c) pesticides are the most important means of defense.

The Tennessee Valley Authority used these measures and almost completely eradicated mosquitoes around their dams.

The spraying and spreading of larvicides and pesticides must be repeated at frequent intervals, and the cost may be prohibitive in developing countries. The chemicals must not be toxic for man or the fish forming the staple diet of riparian dwellers.

../

Il pourrait paraître moins onéreux et plus simple de traiter les maladies que d'éliminer les vecteurs : malheureusement les chimiothérapies dont on dispose sont d'une efficacité relative; par ailleurs, leur toxicité interdit un traitement de masse des populations riveraines.

Il convient de signaler que la Chine populaire a réalisé l'éradication totale de la bilharziose grâce à l'éducation sanitaire, à la discipline et à la conscience collective des populations.

D22 - Effets sur la flore et la faune aquatiques

Dans les régions tropicales le développement de la végétation aquatique peut provoquer de graves inconvénients, en gênant la navigation et la pêche, en offrant un gîte aux insectes vecteurs de maladies, en modifiant la composition chimique de l'eau et en obstruant les prises d'eau. Les trois plantes les plus néfastes sont la laitue d'eau (*Pistia Stratiotes*), une fougère (*Salvinia Auriculata*) bien connue au lac Kariba (Rhodésie) et surtout la jacinthe d'eau (*Eichornia Crassipes*).

Dans les régions les plus tempérées le mille-feuille aquatique eurasiatique (*Myrcophyllum Spicatum* L.) plante ornementale des aquariums, constitue la grande nuisance des lacs peu profonds. Les moyens de lutte utilisés pour le contenir, à défaut de pouvoir le faire disparaître, sont les suivants : mise à sec par abaissement du plan d'eau utilisation sélective d'herbicides par bateau et hélicoptère.

En France, les retenues peu profondes sont gagnées par les roseaux. Mais les plus graves difficultés dues à la flore proviennent d'algues qui envahissent les canaux à l'aval de certains grands réservoirs : canaux de la Durance à l'aval de Serre-Ponçon; canaux du Drac à l'aval de Monteynard. La réduction de la débitance des canaux peut être importante, et à l'heure actuelle on n'a pas encore pu maîtriser cette nuisance.

Les retenues peuvent assurer un développement considérable de la faune aquatique.

En ce qui concerne plus particulièrement les poissons, ce développement s'effectue dans les conditions suivantes :

- Les espèces ne sont pas toujours les mêmes qu'en eaux courantes,
- l'introduction d'espèces nouvelles ne peut pas se faire sans précautions.

Les poissons migrateurs présentent souvent un grand intérêt (activités économiques, loisirs). Pour cette raison, et dans le but de réduire au maximum les effets de modification écologique, on prévoit des passes à poissons. Les échelles permettent aux poissons de remonter par degrés, ainsi qu'ils le font dans la nature. L'élévateur comporte une chambre inférieure dans laquelle les poissons entrent à certains moments, l'entrée de cette chambre est obturée, la chambre étant alors remplie d'eau, ainsi qu'une conduite débouchant dans la chambre supérieure calée au niveau amont. Les poissons remontent la conduite, sortant vers l'eau libre par la chambre supérieure. Pour la remontée vers les zones de frai, ces deux types d'ouvrage sont efficaces, mais le problème devient plus délicat pour le retour vers la mer.

..!

It might seem cheaper and simpler to treat the disease rather than attempt to destroy the vectors, but unfortunately the available drugs have only a limited effect and in fact are so toxic that they cannot be considered for mass treatment of riverside populations.

It is interesting to record that China has recently completely stamped out bilharziasis through health education, discipline and increased community awareness.

D22 - Effects on aquatic flora and fauna

The uncontrolled growth of aquatic plant life in tropical regions may seriously hamper navigation and fishing, provide breeding places for disease-carrying insects, change the chemical composition of the water and block water intakes. The three most troublesome plants are the water lettuce (*Pistia Stratiotes*), a free-floating aquatic herb of the Arum family; a fern or moss (*Salvinia Auriculata*), of ill repute at Kariba; and the worst, the water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*).

In the more temperate regions, the Eurasian aquatic milfoil (*Myriophyllum Spicatum* L.), an ornamental aquarium plant, is a great nuisance in shallow lakes. In the absence of suitable means of eradicating it, it is contained by lowering the reservoir level to dry the roots, and spraying selective herbicides by boat or helicopter.

Shallow reservoirs in France are overrun by rushes. But the most serious difficulties from aquatic flora arise from weeds which invade canals downstream of some large reservoirs - the Durance canals below Serre Ponçon dam, and the Drac canals below Monteynard for example. The reduction in flow capacity may be large, and there is no known way of overcoming the problem to date.

Reservoirs may also promote considerable development in the aquatic fauna.

For fish, the species are not always the same as those found in natural waterways, and new species cannot be introduced without precaution.

Migratory fish are of great significance economically and for sporting purposes on many rivers. For these reasons and to minimise ecological changes, fish passes are often incorporated in dams constructed on such rivers. These may take the form of ladders in which the fish swim up step through a series of connected pools, much as in nature. In the fish lift alternative, the fish enter a bottom chamber and after an interval of time the entrance is shut. The bottom chamber is then filled with water, as is a conduit connecting to an upper chamber at reservoir top water level. The fish swim up and out of the top chamber to the reservoir. Both these systems are efficient for fish migrating upstream to spawn but there is more difficulty in passing spent fish downstream on their way back to the sea.

.. /

En ce qui concerne la protection des poissons, il faut prévoir des grilles empêchant l'entrée des ouvertures présentant des risques pour le poisson ou pour l'ouvrage ou les équipements. Ces grilles sont souvent des assemblages de barres en acier, mais on peut également prévoir un système électrique.

Afin de diriger les poissons vers les passes prévues, on peut ériger des grilles ou barrières sur les cours d'eau secondaires. On peut également équiper celles-ci de pièges permettant la récolte des laitances destinées aux viviers.

On peut prévoir des viviers pour le restockage des retenues de poissons pour la pêche sportive.

Dans le cas de transferts d'eau d'un bassin versant vers un autre, il faut veiller à empêcher le transfert en même temps d'espèces nuisibles ou indésirables; moyennant par exemple des grilles à l'entrée des ouvrages de prise. A ce sujet, il est très difficile de bloquer le mouvement d'anguilles par dessus un col bordant une nouvelle retenue.

E - Action sur les eaux hors de la retenue

E1 - Assèchement des rivières

L'assèchement des rivières de montagne dû à la dérivation de leurs eaux constitue une atteinte à l'esthétique et à la pêche : un débit réservé suffisant, maintenu en rivière, permet d'y remédier.

Le débit réservé peut être différent le jour et la nuit, et suivant les saisons, en fonction du tourisme. C'est notamment le cas lorsque des chutes naturelles sont court-circuitées, celles du Niagara par exemple.

E2 - Modification du niveau des nappes phréatiques

Le niveau de la nappe phréatique est modifié par les aménagements hydrauliques de plaine. Le relèvement de la nappe entraîné par un encagement de rivière est facilement évitable; les canaux de drainage, généralement les canaux de pied de digues, permettent de maîtriser la nappe, voire de la fixer au niveau le plus favorable aux cultures en cause.

Les parties court-circuitées des rivières coulant dans les plaines alluviales et les canaux de fuite profondément enterrés qui peuvent y être établis conduisent au contraire à un abaissement du niveau de la nappe. La construction de seuils en rivière permet de rétablir la nappe au niveau convenable tout en assurant la sauvegarde du paysage, du nautisme et de la pêche, tandis que la construction d'un écran étanche, parallèle à un canal de fuite, évite le rabattement de la nappe par le canal.

E3 - Gestion du bassin

Pour la protection d'une retenue nouvellement créée, il est souvent nécessaire ou souhaitable de prendre certaines mesures dans le bassin versant. Souvent une nouvelle retenue entraîne une mise en valeur de la zone amont (accès, ...). La déforestation sauvage ou les aménagements agricoles mal conçus qui peuvent en résulter risquent de poser des problèmes d'érosion, surtout en terrain accidenté. Faute de mesures convenables (plantation judicieuse d'arbres, labourage selon les courbes de niveau) une telle érosion peut entraîner non seulement la perte de terres cultivables mais aussi l'envasement rapide de la cuvette du réservoir.

.. /

In association with fish protection works, screens are required to prevent fish entering water passages harmful to themselves and where they could damage or block machinery. The screens may be of steel bars or an electrical system can be used.

Migratory fish can be directed to preferred streams by erecting fish becks or barriers on other streams. Traps can be incorporated to catch fish temporarily and strip them of spawn for fish hatcheries.

Hatcheries can be used to breed fry to stock new reservoirs for sporting purposes.

In the case of catchment diversions, the transfer of unwanted species from one catchment to another should be guarded against, and screens at diversion intakes may be required. A particularly difficult task is the prevention of eel migrations over land saddles close to new reservoirs.

E - Action on waters other than in the reservoir

E1 - Drying up of rivers

The diversion and drying up of mountain rivers is both an eyesore and detrimental to fishing. It can be remedied by allowing an adequate guaranteed compensation flow through the dam; the amount may be varied in daylight and night hours and from season to season, as required by tourist amenity considerations. The question is particularly acute when natural waterfalls, like Niagara, are by-passed.

E2 -Changes in water table

The depth of the water table is changed by storage schemes. It is a simple matter to prevent it rising nearer the ground surface generally at the toes of embankments, which may even be designed to set the level of the water table at the best depth for farming purposes.

River stretches in alluvial plains that are by-passed by the scheme, and deep tailrace canals may on the other hand, lower the water table. Weirs keep it at an acceptable depth while safeguarding the countryside, water, sports and fishing, and construction of a watertight cutoff parallel to the tailrace prevents ground water draining into it.

E3 - Catchment Management

In order to protect a new reservoir it is often necessary or desirable to take certain measures in the catchment area. Following impounding of a new reservoir there is frequently additional access and development in the catchment upstream. Uncontrolled deforestation and incautious agricultural development can lead to land erosion problems, particularly on steep land. If not dealt with properly by such measures as controlled re-afforestation and contour ploughing such land erosion can result in rapid siltation of the reservoir as well as loss of good farming soil.

../

Il faut éviter la pollution des réservoirs d'alimentation en eau potable, éventuellement en limitant l'accès aux hommes ou en empêchant l'accès aux grands animaux.

F - Glissement de terrain

C'est l'exemple type de l'interaction aménagement-environnement : une retenue peut entraîner un glissement de terrain de rive qui peut combler partiellement la retenue.

L'exemple le plus important et le plus dramatique est celui de la retenue de Vaïont (1) dans la vallée de la Piave en Italie; au deuxième remplissage, le 9 octobre 1963, 250 millions de mètres cubes de roche glissèrent dans la retenue dont la capacité totale était de 168 millions de mètres cubes; l'eau de la retenue, expulsée par dessus le barrage-voûte qui résista, causa un désastre dans la vallée entraînant la mort de près de 3 000 personnes.

D'autres exemples de glissement de terrain de moindre importance sont connus et la stabilité des rives de certains réservoirs fait l'objet d'une surveillance par galeries. Pour les cuvettes à talus raides, une reconnaissance géologique et une étude de mécanique des sols devraient précéder la mise en eau. Les zones suspectes doivent être soumises à une étude complète compte tenu des effets de la submersion, de la modification de la nappe, et des vidanges rapides éventuelles. Les zones qui risquent de subir des désordres seront consolidées, drainées, ou les talus adoucis. Des appareils de mesures (clinomètres, piézomètres...) seront implantés pour la surveillance des zones suspectes, allant jusqu'au système automatique d'alarme à distance dans les cas les plus délicats.

G - Séismes induits (2)

La question de savoir si le remplissage d'une retenue ne risque pas de déclencher des séismes s'est posée en 1934 à l'occasion de la construction du grand barrage HOOVER aux Etats-Unis. Mais l'intérêt des séismologues et des constructeurs de barrages s'est manifesté à la suite des tremblements de terre de Kremasta (1966) et Koyna (1967).

A Kremasta (Grèce) le barrage a une hauteur de 147m et la retenue un volume de $4,8 \text{ km}^3$ (3). Le séisme principal de 1960 a présenté une magnitude de 6,2 avec un foyer situé sous la retenue à 20 km de profondeur.

A Koyna (Inde) le barrage a une hauteur de 103m et la retenue a un volume de $2,7 \text{ km}^3$ (3). Le séisme de 1967 a présenté une magnitude de 6,0 et le foyer était situé à 9 km sous la retenue.

Des études approfondies menées à l'occasion du remplissage du lac de Kariba (Rhodésie), de 1959 à 1971 pour un barrage de 128m de hauteur créant une retenue de 175 km^3 (3) ont montré que la coïncidence constatée à Kremasta et Koyna n'était sans doute pas fortuite : l'activité sismique sous le lac de Kariba accuse un parallélisme frappant avec la montée du plan d'eau étalée sur cinq années, et le séisme principal ($M = 6$) a eu lieu à la fin du remplissage.

.. /

(1) "The Rock Slide in the Vaïont Valley" Dr L. Muller - Rock Mechanics and Engineering Geology - Vol II (1964) Springer Verlag Vienne.
"The Vaïont Rock Slide" Dr Ch. Jaeger - Water Power - Mars 1965.

(2) Texte établi par M. André Pautre

(3) $1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3$

Pollution of reservoirs used for potable water supply must be avoided and controlled access for human beings and the exclusion of large animals may be necessary.

F - Landslides

Landslides typify the interaction between the river development scheme and the environment. A reservoir may cause a landslide on the banks, which may partially fill in the reservoir.

The most striking example was at Vajont* in the Piava valley in Italy. On the second filling on 9 October 1963, 250 million cubic metres of rock slipped into the 168 million cubic metre reservoir and flung the water over the top of the dam, which stood up without damage. More than 3 000 persons in the valley died.

There are other known examples of smaller slides, and adits are sometimes driven into the reservoir banks to keep a watch on stability. In new reservoir areas with steep sides, a geological and soil mechanics reconnaissance should precede reservoir filling. Any doubtful areas should be thoroughly investigated and analysed taking account of wetting, new water table, and possible rapid drawdown. Zones of probable trouble should be stabilised, drained, or flattened. Slope indicators and other instrumentation such as piezometers should be used for monitoring behaviour of doubtful areas, and in important cases automatic telemetered warning systems should be incorporated.

G - Induced earthquakes**

The question of whether filling a reservoir will cause earth tremors was first raised in 1934 during construction of the Hoover dam in the USA, but interest was only really awakened among seismologists and dam builders after the earthquakes at Kremasta (1966) and Koyna (1967).

Kremasta dam in Greece is 147m high and impounds 4.8 km^{3***} of water. The main earthquake in 1966 was of magnitude 6.2 with its focus 20km under the reservoir.

Koyna dam in India is 103m high with a reservoir volume of 2.7km^{3***}. The magnitude of the 1967 earthquake was 6.0 with the focus 9km under the reservoir.

Extensive study during the filling of the Kariba dam in Rhodesia from 1959 to 1971, a 128m high dam with a 175km^{3***} reservoir, indicated that the coincidence between reservoir filling and ground motion at Kremasta and Koyna was not chance. Seismic activity under the Kariba reservoir was strikingly parallel to the rise in water level over the five-year filling period and the main earthquake of magnitude 6 occurred when it reached top level for the first time.

.. /

* The Rock Slide in the Vajont Valley, by Dr L. Muller, Rock Mech. & Eng. Geology, Vol. II, 1964, Springer Verlag, Vienna.
The Vajont Rock Slide, by Dr G. Jeager, Water Power, March 1965.

** This section was contributed by André Pautre.

*** 1 km³ = 10⁹m³

La corrélation entre l'activité sismique et le premier remplissage d'une retenue est en 1976 bien établie dans une vingtaine de cas. De plus, on dispose déjà d'exemples irréfutables pour lesquels la sismicité a été enregistrée avec des appareils sensibles longtemps avant la construction du barrage. C'est ainsi que pour le barrage de Talbingo (Australie), un seul séisme mineur a été détecté au cours des 13 années ayant précédé le remplissage du lac, alors que 100 secousses d'intensité comparable l'ont été dans les 15 mois qui ont suivi le début de ce remplissage; la secousse maximale, à la fin du remplissage, a eu une magnitude de 3,5 et tous les foyers étaient superficiels et concentrés à proximité immédiate du barrage.

Des retenues de grand volume formées par des barrages de grande hauteur n'ont pas déclenché à leur remplissage d'activité sismique particulière, même si certaines d'entre elles se trouvaient dans des zones à forte sismicité naturelle (Californie, Mexique). Les conditions favorisant l'induction de séismes ne sont donc pas encore clairement établies.

Néanmoins on possède des indications suffisamment probantes pour penser que, vraisemblablement :

- ces séismes sont dus à un phénomène de libération des contraintes pré-existantes portées au-delà du seuil de stabilité par les contraintes supplémentaires (elles-mêmes relativement faibles) dues au poids de l'eau stockée, ou par un affaiblissement du rocher de fait des infiltrations.
- ces séismes sont superficiels (moins de 10 km en général), comparé aux séismes naturels,
- il n'est pas évident que l'on puisse éliminer ou même réduire la sismicité induite après sa manifestation, en baissant le niveau du plan d'eau ou en réduisant la vitesse de remplissage.
- il est peut-être possible de réduire, dans une certaine mesure, les séismes induits en réduisant au minimum pratique la vitesse de remplissage de la retenue,
- il ne faut pas supposer, sans une étude complète, que toute manifestation sismique dans la zone d'un stockage d'eau est à imputer aux effets de celui-ci.

Ainsi, le projeteur d'un grand barrage (hauteur supérieure à 100m) ou d'un barrage destiné à créer une retenue de grand volume (supérieur à 1 km³) doit, a priori, porter son attention sur les points suivants :

- état actuel des contraintes tectoniques, sur le plan régional ainsi que dans la cuvette. Variations éventuelles dans l'espace, notamment en profondeur, et dans le temps (par exemple, pendant la période holocène). Les moyens disponibles pour cette étude comprennent en particulier les mesures de contraintes en affleurement et la recherche détaillée d'accidents tectoniques datant de l'holocène.
- existence de terrains volcaniques récents (tertiaires et quaternaires).
- proximité de failles, actives ou non, signes d'une tectonique récente, et en particulier lorsque ces failles :
 - . ont des rejets importants (> 1 000m), ou
 - . ont une grande extension (> 100 km), ou
 - . sont jalonnées de sources thermales,

By 1976 the correlation between seismic activity and first filling of the reservoir had been recorded in some twenty cases. There are already unambiguous examples in which sensitive instruments for recording earthquake activity were installed some considerable time before construction of the dam as a reference for subsequent events. At Talbingo dam in Australia for example, only one minor earthquake was detected in the 13 years before the reservoir was filled, whereas one hundred tremors of comparable intensity were recorded in the first 15 months afterwards. The strongest tremor occurred just when the reservoir reached its top level, with a magnitude of 3.5. All the foci were shallow, just near the dam.

Most large reservoirs impounded by high dams have not caused any significant earthquake activity on filling, even where they lie in areas of high seismic activity such as California or Mexico. Conditions conducive to induced earthquakes are not therefore clearly understood. However there is sufficient evidence to demonstrate that it is probably true that :

- the earthquakes are due to the release of pre-existing stresses which are triggered into instability by the relatively small stresses from the water load, or by weakening of rock by percolating water,
- the earthquakes are shallow, generally less than 10 km deep, compared to many natural earthquakes,
- it cannot be assumed that attempts to control induced seismicity by lowering the water level or moderating the rate of filling after the earthquake sequence has commenced, will be successful or even helpful,
- there remains the possibility that load influenced seismicity can be reduced in some sense by maintaining as slow a rate of filling as practicable,
- it should not be assumed without full study that every seismic swarm near a storage reservoir is a case of load induced seismicity

Hence, designers of large (more than 100m high) dams or those impounding large (more than 1 km³) storage reservoirs would be advised to examine the following points :

- (a) What is the current state of tectonic stress in the whole region and within the shoreline contour of the proposed reservoir ? How does this vary, especially with depth, and how has it varied over recent time, say during the Holocene ? This can be approached by such means as stress measurements on outcrops, and by a detailed geological search for Holocene tectonic movements.
- (b) Are there any recent (Tertiary or Quaternary) volcanic formations in the area ?
- (c) Are there any nearby active faults, which would be signs of recent tectonic action, especially where they exhibit large displacements (more than 1 000m), where they are of great length (more than 100 km), where they are sources of hot springs, where they bring formations of different stiffness into contact with each other, or where they are subject to a non-compressive horizontal stress so that they tend to open ?

.. /

- . mettent en contact des terrains de rigidité différente,
- . ont une contrainte horizontale non-compressive c'est-à-dire ont tendance à s'ouvrir.

3 - EFFETS D'ORDRE SOCIAL

A - Effets bénéfiques

Compte tenu de sens très large donné à la notion d'environnement, non seulement tous les effets induits (1) mais aussi tous les effets recherchés des aménagements hydrauliques (tels ceux énumérés au chapitre "Aménagements à buts multiples") constituent des actions sur l'environnement.

Tout aménagement hydraulique vise à un effet social bénéfique et les principaux effets recherchés sont les suivants : irrigation, récupération de terres inondables par les rivières ou soumises à la marée, alimentation en eau des populations et des industries, protection contre les crues et relèvement des étiages, production d'électricité, navigation et activité de loisirs, etc...

De nombreux effets non recherchés initialement (effets induits) peuvent être également bénéfiques; nous énumérons ci-après ceux que l'on rencontre le plus souvent.

A1 - Effets sur le paysage, le tourisme et les loisirs

La beauté des paysages nouveaux créés par les retenues, notamment celles à niveau peu variable, constitue un effet favorable sur l'environnement. Il en est de même de l'aménagement des abords pour lesquels on s'oriente de plus en plus vers la création de parcs (zone de promenades, aires de camping et de caravaning) afin d'éviter une urbanisation anarchique ou trop dense.

Les barrages eux-mêmes constituent souvent un attrait touristique important.

Les réservoirs hydrauliques situés près des zones de peuplement donnent lieu de plus en plus à des activités de loisirs (nautisme, natation), quand ils peuvent être maintenus pleins ou presque pendant la saison estivale. Les zones de baignade peu accueillantes peuvent être éliminées au moyen de petits barrages auxiliaires.

A2 - Infrastructure routière

Le rétablissement des communications est souvent l'occasion d'une amélioration profonde du réseau routier préexistant, tandis que les barrages offrent la possibilité de traversées routières économiques, avantage souvent considérable pour les larges rivières de plaine.

La construction de nouvelles routes (ou de nouveaux tronçons de routes) conduit également aux effets suivants :

- les zones jusque là difficilement accessibles sont ouvertes aux interventions d'urgence, telles que la lutte contre les incendies. Cette possibilité revêt une importance particulière en ce qui concerne la prévention et la maîtrise d'incendie de brousse de forêt, et la conservation de régions forestières.

../

(1) On parle ici d'effets induits ou d'effets non recherchés initialement.

3 - SOCIAL EFFECTS

A - Beneficial effects

With the very wide sense of the word "environment" used here, action on the environment includes all the purposes for which a multiple purpose dam is built in addition to induced effects.* All river development schemes are built to produce beneficial effects for society, the main ones being irrigation, land reclamation in river flood plains and tidal areas, domestic and industrial water supply, flood control and improved dry weather flow in rivers, hydro-electricity, navigation, recreational activities, etc.

Many induced effects may be beneficial. Some are discussed below.

A1 - Effects on countryside, tourism and leisure.

The beauty of the new countryside created by storage lakes, especially those in which the water level does not vary to any extent, is a favourable effect on the environment. The same applies where the surrounding area is developed for amenity purposes, and parks and camp sites are increasingly used as a barrier to uncontrolled or excessive building. The dam itself is often a great tourist attraction.

Storage reservoirs near populated areas are increasingly used for water sports and swimming when they can be kept nearly full in the summer season. Unattractive reservoir bank areas affected by drawdown can be limited by subsidiary dams.

A2 - Roads

Road relocation is often an opportunity for considerably improving the existing road system, while dams provide possibilities for cheap road crossings, often a major advantage on wide alluvial plain rivers.

Other effects of new road construction and road relocation include :

- . The provision of access into otherwise remote areas for emergency activities such as firefighting. This is particularly important in the prevention and control of bush fires, forest fires and conservation of forest regions.

..!

* Induced effects are those not planned for in the scheme

- l'ouverture de nouvelles zones, voire des régions, pour le commerce, le tourisme etc....

A3 - Développement de la pêche

La création de grandes retenues a en général un effet favorable sur le développement de la faune aquatique.

Quand la Tennessee Valley Authority commença à construire des retenues en cascade, on en attendait peu pour le développement de la pêche : on pensait qu'après une courte période d'abondance piscicole, ces retenues seraient transformées en "déserts biologiques". Et pourtant la pêche commerciale et la pêche sportive y connaissent un développement continu, après une multiplication par 50 du tonnage de pêche, tandis que les stations piscicoles d'élevage d'alevins, construites parce qu'on craignait que la reproduction naturelle dans les retenues ne soit pas assurées, ont été fermées.

Les mêmes succès ont été enregistrés à Kariba, au lac Nasser, pour ne citer que les plus grandes retenues. Toutefois le manque d'équipements d'industrie de transformation et de moyens de transport limitent, dans certains cas, le développement de la pêche.

Les seules expériences malheureuses enregistrées concernent l'introduction d'espèces nouvelles; celle-ci peut cependant donner d'excellents résultats quand elle est pratiquée par une équipe de biologistes avertis après études préalables.

A4 - Prévention des incendies

Les plans d'eau créés par les barrages servent d'écrans ou de barrières limitant et réduisant l'extension des incendies forestiers. Cet effet est particulièrement appréciable dans les régions ayant un été long et sec (Amérique du Nord et du Sud, Afrique, Australie..).

B - Effets contraires

Le déplacement des populations, la suppression de terres cultivables et des sites archéologiques, et les dangers pour les populations d'aval sont à porter au passif des aménagements hydrauliques.

B1 - Déplacements de populations

Le déplacement des populations affectées par la création d'une retenue peut être important : il est lié à la superficie de la retenue et à la densité de l'habitat dans la cuvette.

A titre d'exemple, rappelons que les retenues de Serre-Ponçon (2 800 ha) et de Sainte-Croix (2 400 ha) ont submergé respectivement 369 et 150 constructions sans soulever à l'échelle nationale l'émotion causée au début des années 50 par la submersion du village de Tignes (240 ha et 187 constructions).

Dans certains cas, les mouvements de population ont revêtu une ampleur beaucoup plus grande : 30 000 personnes au barrage de Kéban en Turquie, 50 000 personnes à Kariba sur le Zambèze, 70 000 personnes à Tsimlián sur le Don, 90 000 personnes pour l'aménagement de la Volta au Ghana.

Dans ce dernier cas on a cherché à fixer la population déplacée dans la région proche de la retenue; pour cela des compensations ont été recherchées par un développement du tourisme, de l'irrigation ou d'activités nouvelles : à Kariba une pêche industrielle florissante a remplacé une pêche de subsistance.

. The opening up of new areas or even regions to commercial development, tourism, etc.

A3 - Fisheries development

Large reservoirs generally have a favourable effect on the development of the aquatic fauna. When the Tennessee Valley Authority began building its cascades of storage reservoirs, there was little hope for improved fishing. It was thought that stocks would be abundant for a short time but that the reservoirs would afterwards turn into "biological deserts". Yet industrial and sport fishing have been continually growing after the fish tonnage increased fifty-fold, while the restocking stations built through fear of natural reproduction in the reservoirs being impossible, have been closed down.

Similar successes have been recorded at Kariba and Lake Nasser, to mention only the largest lakes. Lack of facilities, processing industry and transport do however limit fisheries development in some cases.

The only disappointing results concern the introduction of new species. This policy can however give good results when run by experienced biologists making suitable advance studies.

A4 - Fire prevention

New bodies of water created by dams act as barriers to contain and reduce forest and bush fires. This is a particularly important effect in regions with prolonged hot dry summers (North & South America, Africa, Australia etc.).

B - Detrimental effects

Population displacement, the drowning of arable land and archeological sites, and danger to downstream population must be included on the debit side of river development schemes.

B1 - Population displacement

The number of people to be rehoused because of the new reservoir may be large, depending on the reservoir area and population density.

As an example, the reservoirs at Serre Ponçon (2 800 hectares) and Sainte Croix (2 400 hectares) in France drowned 360 and 150 dwellings respectively without causing the national outcry that occurred in the early fifties when the village of Tignes (240 hectares, 187 dwellings) had to be abandoned.

In some cases, population movements have been much more extensive - 30 000 persons had to be relocated from the Keban dam area in Turkey, 50 000 from Kariba on the Zambesi, 70 000 from Tsimlián on the Don, and 90 000 for the development of the Volta in Ghana.

An attempt was made to resettle the Ghanaian population near the reservoir by providing substitute jobs in tourism, irrigation and other new activities. At Kariba, a flourishing industrial fishing industry has replaced the former subsistence fishing.

B2 - Submersion de terres cultivables et de sites
archéologiques

La cuvette des réservoirs est souvent un lieu préférentiel de cultures ou de pâtures qui représente parfois le seul potentiel agricole d'une région.

De même que l'importance des populations à déplacer a conduit à l'abandon de certains projets, bien des cuvettes n'ont pas été transformées en réservoirs afin de sauvegarder des intérêts agricoles essentiels : la décision de construire n'est justifiée que si les avantages l'emportent très largement sur les effets perturbateurs. Cependant dans certains cas les terres inondables récupérées ou celles protégées complètement ou partiellement contre les inondations dévastatrices sont d'une superficie très supérieure à celles noyées par la retenue : les retenues de la Tennessee Valley Authority couvrent 250 000 ha mais des terrains d'une superficie quinze fois supérieure sont protégés des crues, à l'aval, le long de l'Ohio et du Mississippi.

En ce qui concerne la submersion de sites archéologiques, nous nous bornons à signaler, à titre d'exemple, les deux réalisations suivantes :

- au lac Nasser (Grand barrage d'Assouan), plusieurs reconstructions ont été effectuées sur les rives, notamment celle du temple d'Abou Simbel,
- En Sibérie, les dessins rupestres de l'Angara, qui auraient été noyés par les retenues de Bratsk et Oust-Illim ont été transportés dans un musée local.

B2 - Drowning of arable land and archeological sites

Reservoir basins are often rich in arable land and pasture, sometimes forming the only agricultural potential in the region.

Just as some projects are abandoned because of the size of the population they would displace, other valleys are not developed because of essential agricultural interests. The decision to go ahead with the scheme is only justified if the benefits largely outweigh such upheavals. In some instances however, reclaimed land or land completely or partially protected by the scheme against former devastating floods represents a much larger area than that drowned by the reservoir. The Tennessee Valley Authority reservoirs cover 250 000 hectares but the area protected against river floods on the Ohio and Mississippi downstream is fifteen times larger.

On the question of the drowning of archeological sites, two projects can be mentioned as examples : at lake Nasser impounded by the High Aswan dam, several monuments, including the Abu Simbel temple, were moved higher up the banks, and in Siberia, the Angara rock paintings which would have been drowned by the Bratsk and Oust-Illim reservoir were housed in the local museum.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Publications scientifiques et littéraires
05002 GAP - Tél. : (92) 51.35.23
Dépôt légal : 537 - Novembre 1982

ISSN 0534-8293

FICHE SIGNALÉTIQUE CHARACTERISTICS OF DAM AND RESERVOIR

NOM DU BARRAGE - NAME OF DAM

Rivière
Name of River
Pays
Country
Maître d'Oeuvre
Owner
But(s) de l'aménagement
Purpose(s) of project

BARRAGE - DAM

type | _____
hauteur (m) | _____
longueur en crête (m) | _____
crest length (m) | _____

RESERVOIR - RESERVOIR

superficie du bassin versant
catchment area (km²) | _____
débit moyen annuel (m³/s)
average annual runoff (m³/s) | _____
précipitation moyenne (mm)
average precipitation (mm) | _____
évaporation (mm)
evaporation (mm) | _____
crue maximale connue (m³/s)
maximum recorded flood (m³/s) | _____
capacité du déversoir (m³)
spillway capacity (m³) | _____
volume du réservoir (m³)
reservoir storage volume (m³) | _____
longueur du réservoir (km)
reservoir length (km) | _____
cote maximum | _____
surface du réservoir
area of reservoir
cote minimum | _____
min. level
longueur des rives
perimeter length | _____

ENVIRONNEMENT - ENVIRONMENT

géologie | _____
relief | _____
climat | _____
climat
population | _____
végétation et culture | _____
faune et élevage | _____
wild life and
domestic animals
situation par rapport
au bassin versant :
position in catchment :
. zone amont | _____
head reach
. zone aval | _____
downstream
. zone d'estuaire ou delta | _____
estuary/delta
largeur du cours d'eau (m)
river width (m) | _____
pente du site (%) | _____
grade at site (%)
nature de l'eau | _____
water quality

REMARQUES - REMARKS

MATRICE MATRIX

A	USAGE DE L'EAU WATER USES	IMPACTS SUR L'ECONOMIE, LE CADRE DE VIE ET LE CADRE SOCIAL - SOCIAL AND ECONOMICS IMPACT															
		E USAGE DE L'EAU WATER USES	E101 INDUSTRIALISATION COMMERCIALISATION INDUSTRIALISATION COMMERCIALISATION	E102 EMPLOI EMPLOYMENT	E103 TOURISME TOURISM	E104 AGRICULTURE ET ELEVAGE CROP AND LIVESTOCK FARMING	E105 VOIES DE COMMUNICATION COMMUNICATIONS	E106 COMMERCE/FINANCES COMMUNALES TRADE LOCAL FINANCE	E107 VALORISATION FONCIERE RE-ASSESSMENT OF LAND VALUE	E108 ACCEPTATION SOCIALE SOCIAL ACCEPTANCE	E109 LOISIRS RECREATION	E110 PATRIMOINE CULTUREL LOCAL LANDMARKS AND CHARACTER	E111 ESTHETIQUE APPEARANCE	E112 ALIMENTATION EN EAU POTABLE DOMESTIC WATER SUPPLY	E113 EXPROPRIATION LAND ACQUISITION	E114 EXODE RURAL DIMINISHING RURAL POPULATION	E115 PROTECTION CONTRE RISQUES NATURELS PROTECTION AGAINST NATURAL DANGERS
LOIS LAWS	ACTIONS CORRECTIVES CORRECTIVE ACTIONS	ZONES CONCERNEES AREAS AFFECTED	TYPES D'ACTION PHYSICAL FACTORS														
A 101	IRRIGATION - IRRIGATION	A 301	ZONE S'EMERGEANT - SUBMERGED AREAS														
A 102	ENERGIE - ENERGY	A 302	RENANSE DE LA RETENUE - RESERVOIR SURROUNDINGS														
A 103	EAU DOMESTIQUE - DRINKING WATER	A 303	ZONE DE MARGE - RESERVOIR FLUCTUATION ZONE														
A 104	MATRISE DES DEBITS - RIVER REGULATION	A 304	ZONE AVANT DU RESERVOIR - RIVER ABOVE RESERVOIR														
A 105	UTILISATION INDUSTRIELLE - INDUSTRIAL USE	A 305	ZONE AVANT DU RESERVOIR - IRRIGATION CANALS														
A 106	NAVIGATION - NAVIGATION	A 306	ENDS SOUS-EAUX - SHROUD WATER														
A 107	LUTTE INCENDIE - FIRE SUPPLY	A 307	LITTORAL - SEA COAST														
A 108	PECHE - FISHING	A 308	AMENAGEMENT PISCICOLE - FISH MANAGEMENT RESTOCKING														
A 109	LOISIRS - WATER SPORTS	A 309	DEBIT RESERVE - QUANTIFIED RIVER FLOW														
A 110	PRESENCE DU BARRAGE - PRESENCE OF DAM	A 310	AMENAGEMENT TOURISTIQUE - TOURIST DEVELOPMENT														
A 201	RESERVOIR - RESERVOIR	A 311	RESOLUTION DU PLAN D'EAU - WATER LEVEL CONTROL														
A 202	DERIVATION DES EAUX - DIVERSION OF WATER	A 312	INFRASTRUCTURE - INFRASTRUCTURE														
A 203	CHANTIERS DE TRAVAUX - CONSTRUCTION SITE	A 313	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 204	EXCAVATIONS BALNEAIRES - COFFERDAMS	A 314	LUTTE ANTI-EROSIVE - EROSION CONTROL														
A 205	BÂTIMENTS - BUILDINGS	A 315	LAGUNES - RELEASE THROUGH DAM														
A 206	DEBOISEMENT - DEFORESTATION	A 316	BASSIN DE COMPENSATION - COMPENSATION RESERVOIR														
A 207	DEBOISEMENT - QUARTIERS AND BORROW PITS	A 317	BASSIN DE COMPENSATION - COMPENSATION RESERVOIR														
A 208	CARRIERES - BALASTIERS	A 318	PROJET CONTRE CHUTES - LOUJANS FLUATING ROOM														
A 209	EGUSE - SHIPPIING LOCK	A 319	TRAVAIL DE PROTECTION WATER CATCHMENT CONTROL														
A 210	CANAL ET CONDUITES - PENSTOCK/POWER TUNNEL	A 320	INDUSTRIES CORRECTIVES - AMBITIOUS INDUSTRIES														
A 211	LACUNES D'EAU - RELEASES OF WATER	A 321	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 212	PRESES D'EAU/CAPAGE - DAMS/PERMANENT DIVERSION	A 322	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 213	LIGNES AERIENNES - TRANSMISSION LINES	A 323	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 214		A 324	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 215		A 325	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 216		A 326	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 217		A 327	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 218		A 328	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 219		A 329	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 220		A 330	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 221		A 331	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 222		A 332	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 223		A 333	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 224		A 334	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 225		A 335	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 226		A 336	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 227		A 337	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 228		A 338	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 229		A 339	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 230		A 340	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 231		A 341	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 232		A 342	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 233		A 343	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 234		A 344	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 235		A 345	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 236		A 346	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 237		A 347	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 238		A 348	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 239		A 349	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 240		A 350	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 241		A 351	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 242		A 352	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 243		A 353	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 244		A 354	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 245		A 355	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 246		A 356	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 247		A 357	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 248		A 358	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 249		A 359	REBOISEMENT - REBOISEMENT														
A 250		A 360	REBOISEMENT - REBOISEMENT														

	E 501	FORET FOREST	LA FLORE TERRESTRE ET AQUATIQUE TERRESTRIAL FLORA AND AQUATIC FLORA
	E 502	LANDES ET FRICHES MOOR AND FALLOW	
	E 503	FORMATION HERBACEE GRASS GROWTH	
	E 504	CULTURES CROPPED LAND	
	E 505	VEGETAUX SUPERIEURS HIGHER PLANTS	
	E 506	MICROFLORE ACTIVE ACTIVE MICROFLORA	
	E 507	PHYTO-PLANCTON PHYTOPLANKTON	
	E 508	ESPECES RARES OU A PROTEGER RARE/ENDANGERED PLANTS	
	E 509		
	E 601	MAMMIFERES SAUVAGES MAMMALS	LA FAUNE TERRESTRE ET AQUATIQUE — TERRESTRIAL FAUNA AND AQUATIC FAUNA
	E 602	OISEAUX BIRDS	
	E 603	INSECTS INSECTS	
	E 604	REPTILES AND AMPHIBIENS REPTILES AND AMPHIBIANS	
	E 605	POISSONS EXPLOITABLES ECONOMIC FISH SPECIES	
	E 606	AUTRES POISSONS OTHER FISH SPECIES	
	E 607	MACRO-INVERTE- BRES MACRO-INVERTA- BRATES	
	E 608	ZOO PLANCTON ZOOPLANKTON	
	E 609	MICRO-ORGANISMES MICROORGANISMS	
	E 610	ESPECES RARES OU A PROTEGER RARE/ENDANGERED SPECIES	
	E 611		



*INTERNATIONAL COMMISSION
ON LARGE DAMS*

151, BOULEVARD HAUSSMANN - 75008 PARIS - FRANCE
TELEPHONE: 764.68.24 - 764.67.33 - TELEX 641 320 F

COMMISSION INTERNATIONALE
DES GRANDS BARRAGES

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées en ligne



Computerized Archives on line

*The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004*



**International Commission on Large Dams
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008**
<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>