

# Conséquence de la modification du régime d'écoulement à l'aval des retenues

Autor(en): **Duband, D.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **116 (1990)**

Heft 18

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77298>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

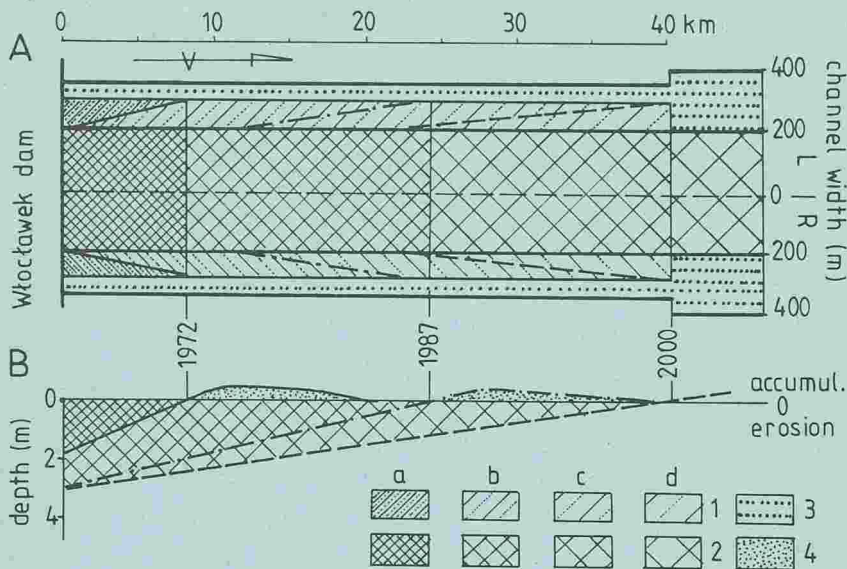


Fig. 2. The rate of channel changes downstream from the Wloclawek dam in a plane (A) and cross section (B). 1 - the stages of the new flood plain development, 2 - the stages of erosional zone development: a/until 1972, b/until 1987, c/until 2000, d/until 2020, when the process of new flood plain creation will be ending, 3 - the flood plain created by regulation works, 4 - accumulation zone - braided channel.

stretching up to 23.7 km downstream from the dam (Fig. 2). This process, determined by the deepening of the erosional zone and the creation of a new flood plain is going to a new type of channel formation from braided to straight one.

#### ACCUMULATION ZONES CREATED BY EROSIONAL PROCESS

The sand and gravel material eroded from the channel bottom downstream from the dam was deposited in its main part below

the erosional zone, creating typical braided channel with side- and central bars (Fig. 2). Moreover, a part of the eroded material was deposited in the bank zone between groynes. This fact together with the constant tendency to lowering of the channel bottom resulted in rising and fixing lateral bars. In such way a new flood plain was formed with the surface by 0.5-2.0 m lower than that of the former one, and in the sector of 8 km long after the 4 years of the reservoir existing and more than 20 km long after nineteen years (Fig. 2). This

process of the new flood plain formation should be ended (as was computed from straight regression - Figure 1), until 2020.

#### CONSEQUENCES OF BED EROSION DOWNSTREAM FROM THE DAM

As a result of the deepening of the channel bottom below the Wloclawek dam were changes in hydromorphological conditions of Vistula River. The effects of this process are lessening of channel bed slope and lowering of water table level along that reach. This fact resulted also in changes of the grain-size composition of the bed load material. The new hydrodynamical conditions influenced on the pattern of the channel and also contributed to changes in the system of channel mesoforms. Typical braided river contained With numerous islands, central- and linguoid bars changed to straight and limited of groynes meandering channel with diagonal bars together with pools occurring in alternation prevail.

#### REFERENCES

- Babiriski, Z. (1982) Procesy korytowe Wisly ponizej zapory wodnej we Wloclawku ("Fluvial processes of the Vistula River downstream from the Wloclawek dam). Dokumentacja Geograf. 1-2, IG PAN
- Raynov, S., Pechinov, D., & Kopaljani, Z. (1986) River response to hydraulic structures. International Hydrological Programme, UNESCO, Paris.
- Veksler, A.B. & Donenberg, V.M. (1983) Pereformirovanija rusla v nizhnikh befakh krupnykh gidroelektrostantsij (Channel changes below great power stations), Energoatomizdat.
- Williams, G.P. & Wolman, M.G. (1984) Downstream effects of dams on alluvial rivers, Geolog. Surv. Prof. Paper, 1286, Washington

#### CONSÉQUENCES DE LA MODIFICATION DU RÉGIME D'ÉCOULEMENT A L'AVAL DES RETENUES

D. DUBAND

Electricité de France - Division Technique Générale 37, Rue Diderot  
BP 41 - Centre de tri 38040 Grenoble Cédex - France

RESUME Les retenues ont une incidence reconnue, prévue et surveillée sur le régime d'écoulement des rivières à l'aval. L'évolution des usages de l'eau par les hommes dans un cadre climatique non stationnaire et le souci d'un équilibre écologique font que ces retenues se révèlent précieuses et que l'on envisage d'élargir le champ de leur gestion, qui concernait essentiellement jusqu'à présent, la production de kilowatt heures au moindre coût en France. Les éléments et esquisses existent pour élaborer une économie de l'eau adaptée et cohérente.

#### INTRODUCTION

Construire des retenues sur des rivières ou à proximité, c'est se donner les moyens de stocker l'eau pendant un certain temps pour la redistribuer. On opère un transfert en volume d'eau d'une période de l'année pendant laquelle il y a abondance à une autre où il y a pénurie, ou d'une année à

l'autre pour satisfaire des besoins et usages nationaux - régionaux - locaux qui sont parfois antagonistes dans la gestion des ressources en eau, en lissant ainsi les aléas saisonniers et climatiques de la météorologie (pluie, température...):

- production d'énergie électrique (con-

- sommation industrielle et domestique)
- irrigation (agriculture)
- soutien des étiages (agriculture - eau potable)
- alimentation en eau potable
- écrêtement des crues (sécurité)
- loisirs nautiques (tourisme)

- pollution accidentelle (sécurité)  
 - hydrobiologie (environnement).  
 En France, le volume total des retenues d'accumulation, tous usages confondus est de l'ordre de 9 milliards de mètres cubes d'eau soit moins de 7% du volume d'apports moyens annuels (calculés sur 30 ans) de l'ensemble des rivières françaises. Les réservoirs hydroélectriques d'Electricité de France, essentiellement situés dans les régions montagneuses des Alpes-Jura-Pyrénées-Massif central, représentent un volume de stockage de 7 milliards de m<sup>3</sup> dont 85% est constitué par une quarantaine de grands lacs saisonniers de capacité supérieure à 30 hm<sup>3</sup>.

Il est évident que ces aménagements en rivières, qu'ils soient de petite ou grande capacité, ont une incidence sur le régime d'écoulement puisqu'ils peuvent modifier plus ou moins temporairement l'hydrologie naturelle des cours d'eau (écoulement à surface libre et état des nappes phréatiques). Des conventions, adaptées à chaque cas, permettent de compenser ces perturbations par des lachûres dès que besoin est. Les modifications ne concernent pas seulement les aspects quantitatifs mais aussi les aspects qualitatifs: les matières en suspension, les sédiments, l'évaporation, les paramètres physico-chimiques, tels que température de l'eau, oxygène dissous..., la vie piscicole, la flore et la faune aquatique, en observant que chaque fois un nouvel équilibre s'instaure.

Il ne faut cependant pas oublier que l'homme au fil du temps a déjà contribué à une modification plus ou moins importante de la morphologie des bassins versants par les digues de protection et surtout par la déforestation qui est à l'origine d'une modification sensible de l'état dit «naturel» des cours d'eau, par l'intermédiaire de l'érosion, par la structuration de l'espace agricole - le remembrement, et, la modification du régime des crues.

On s'aperçoit d'ailleurs au fil du temps de l'évolution progressive des contraintes d'environnement, d'une part dans la conception du projet du barrage (études d'impact) et d'autre part, dans l'exploitation des barrages.

L'utilisation des réservoirs construits dans les 40 dernières années par ELECTRICITE DE FRANCE a une histoire évolutive assez exemplaire:

- d'abord considérée comme une composante essentielle dans la production d'énergie électrique pour le développe-

ment industriel et économique du pays pendant les premières décennies de l'après-guerre, d'où d'importants investissements;

- puis, les moyens de production d'électricité évoluant vers une production massive par les centrales nucléaires, la production hydraulique joue alors un rôle important pour absorber les points de consommation, dans l'équilibre quotidien offre-demande d'hiver et printemps, par sa souplesse - disponibilité - rapidité de mise en service.

Parallèlement, les contraintes d'environnement se sont alourdies essentiellement pour les aspects qui concernent la vie piscicole (loi pêche pour les débits réservés proportionnels au module annuel - décret vidange). Mais également, sont apparus des besoins nouveaux, suite à une sécheresse en 1989 due à un déficit pluviométrique important et qui vont induire dans le futur une gestion intégrée à buts multiples des ressources en eau.

Et en particulier, une possibilité d'utilisation partagée économiquement des réservoirs, qui après avoir été considérés parfois comme des nuisances dans un environnement confortable, apparaissent à présent comme un capital précieux et indispensable pour contribuer à faire face aux besoins actuels et futurs de notre société moderne. Les besoins d'eau en quantité et qualité pour la vie des êtres vivants et végétaux, l'activité industrielle, agricole, ludique, dans un cadre climatique non stationnaire vont les détourner partiellement ou plutôt élargir leur vocation originale qui est de produire des kilowattheure.

**1 RAPPEL SUR LES REGIMES DES RIVIERES EN FRANCE INCIDENCE DES RESERVOIRS HYDROELECTRIQUES**

La France a la chance de bénéficier d'une variété de climats régionaux du fait d'une météorologie contrastée et de reliefs bien répartis sur le territoire, ce qui explique les différents types de régimes hydrologiques observés dans le pays.

Dans le Massif Central les hautes eaux essentiellement dues aux pluies de régime d'Ouest ont lieu en hiver et au début du printemps bénéficiant généralement chaque année d'un apport complémentaire de fusion nivale; les étiages se produisent avant la fin du printemps et en été.

Dans les Alpes et les Pyrénées pour les rivières de montagne on observe plutôt les étiages en hiver (de la fin de l'automne au début du printemps). Les précipitations d'hiver sont stockées sous forme de neige sur les montagnes, et, lors de la fusion nivale, contribuent aux apports importants de printemps et d'été.

Dans les Alpes du Sud, les Pyrénées orientales et les Cévennes, des pluies intenses de flux de Sud mais irrégulières dans le temps et l'espace peuvent fournir des apports importants en automne.

On comprend alors le rôle essentiel que jouent les réserves hydrauliques (l'équivalent de 10 TWh en stock soit 20 TWh jusqu'à la mer, et une puissance de 14000 MW avec le pompage), dans l'équilibre Offre-Demande de la consommation d'électricité en permettant le transfert d'énergie (le courant électrique n'est pas stockable, contrairement à l'eau), des périodes à coût de production faible aux périodes à coût de production fort.

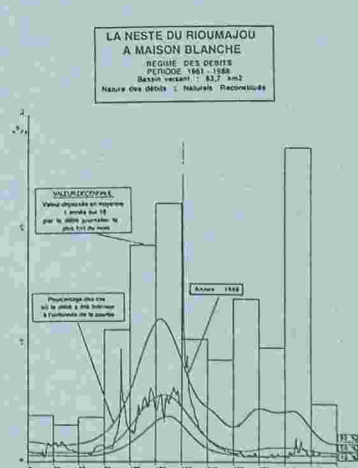
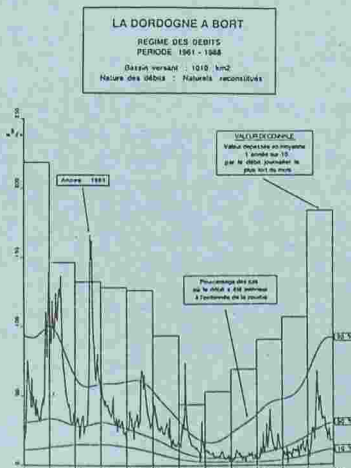
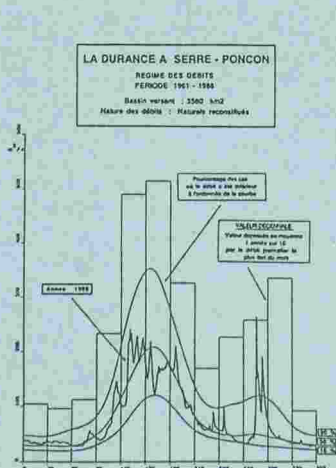
Sur les bassins versants supérieurs, les prélèvements en cours d'année dus aux réservoirs sont limités, par exemple:

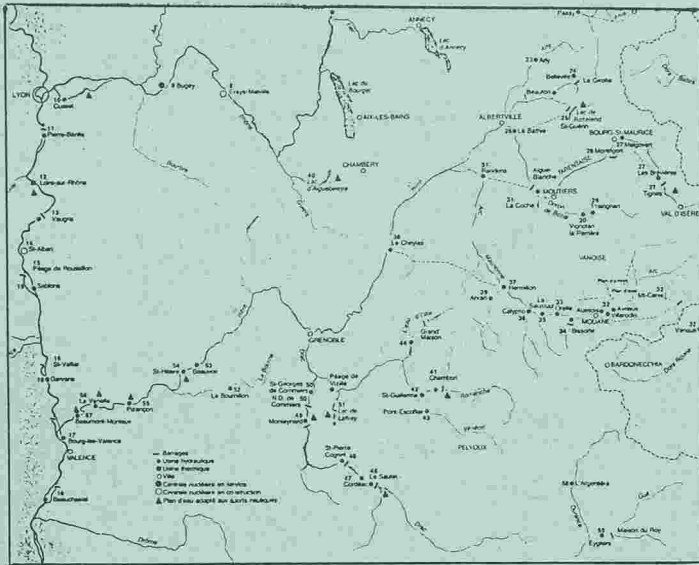
pour l'Isère à Pizançon (BV 11 320 km<sup>2</sup>) les six retenues importantes situées en amont prélèvent 10% des 10850 hm<sup>3</sup> de l'apport moyen annuel (apport mini 5550 hm<sup>3</sup> - apport maxi 14 538 hm<sup>3</sup>).

pour la Durance à Cadarache (BV 11 700 km<sup>2</sup>) les 3 principales retenues de la Durance et du Verdon prélèvent 25% des 5600 hm<sup>3</sup> de l'apport moyen annuel (apport mini 3000 hm<sup>3</sup> - apport maxi 10000 hm<sup>3</sup>) pour la Dordogne à Carennac (B.V 6960 km<sup>2</sup>) les 6 principales retenues amont prélèvent 16% des 5500 hm<sup>3</sup> de l'apport moyen annuel (mini 2400 hm<sup>3</sup> - maxi 7400 hm<sup>3</sup>).

On peut voir ci-après le cas de l'Isère à Pizançon, un exemple des reports mensuels moyens sur 10 ans (1979-1988)

Sur le graphique joint montrant l'évolution du remplissage de l'ensemble des lacs français EDF dans le temps, on remarque l'alternance saisonnière entre la période de remplissage de printemps-été et la période de destockage en automne-hiver, ainsi que l'importante dispersion des courbes annuelles de remplissage mettant en évidence que la gestion des lacs hydraulique ne peut être prédéterminée face aux aléas de l'hydrologie, mais guidée par des prévisions. Le principe de la gestion de ces réserves, est le suivant: à chaque instant, pour chacun des réservoirs, le gestionnaire des

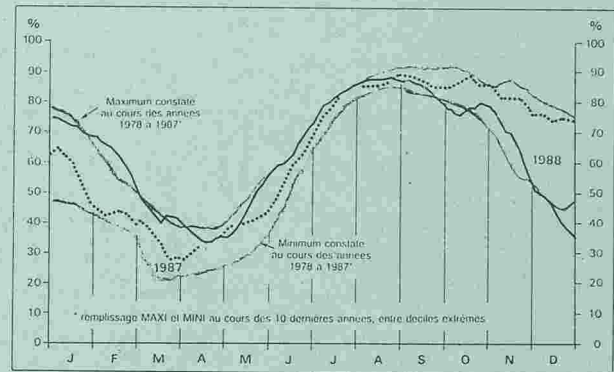




## B. COEFFICIENT DE REMPLISSAGE EN ENERGIE

PLAN NATIONAL - ANNEES 1987 ET 1988

Le « coefficient de remplissage en énergie » d'un ensemble de réservoirs à un instant donné, est le rapport entre les quantités d'énergie qui, en l'absence d'apports naturels, seraient produites aux bornes de sortie des installations qu'ils influencent jusqu'à la mer, par la vidange complète de la réserve d'eau qu'ils contiennent d'une part à l'instant considéré, d'autre part quand ils sont pleins.



	J	F	M	A	M	JU	JT	A	S	O	N	D
Débit réel m <sup>3</sup> /s	289	343	353	446	535	585	460	295	260	328	276	279
Débit naturel reconstitué	229	243	294	445	611	709	545	335	255	305	222	249
Ecart	60	100	59	1	-76	-124	-85	-40	5	23	54	30

moyens de production doit pouvoir effectuer le choix de conserver l'eau en stock pour une utilisation ultérieure soit la turbine immédiatement en substitution à d'autres moyens de production; ceci fait l'objet de calculs économiques d'optimisation très poussés.

La stabilité des valeurs de l'eau conduit à une mise à jour hebdomadaire des choix pour l'année à venir sauf, en cas d'incident sur un autre moyen de production ou de défaillance: (demande > offre). L'eau a d'autant plus de valeur que l'on se trouve en état de sécheresse comme en 1976 ou 1989.

## 2 L'ECRETEMENT DES CRUES

La règle principale des consignes appliquées actuellement et dans le passé à EDF, en cas de crue importante arrivant dans une retenue, consiste à imposer au débit sortant de l'aménagement d'être inférieur ou égal au débit entrant avec un décalage maximum d'une quinzaine de minutes. L'application stricte de cette consigne par les agents d'exploitation a permis à l'établissement EDF, de ne pas perdre les procès qui lui ont été intentés lors de crues importantes dans les précédentes années (1976, 1980...).

Mais dans bien des cas de figure la retenue n'est pas pleine lors de l'arrivée d'une crue, ce qui permet d'écrêter de façon notable certaines crues dommageables pour les riverains et villes situés à l'aval. Exemples des crues du 19 février 1990 sur l'Ain et le Haut Rhône, réduite de 700 m<sup>3</sup>/s par Vouglans ce qui a limité la pointe de crue à 4500 m<sup>3</sup>/s du Rhône à Lyon au lieu de plus de 5000 m<sup>3</sup>/s, et, sur la Dordogne qui a également permis de réduire de 700 m<sup>3</sup>/s la crue qui aurait atteint 2600 m<sup>3</sup>/s au lieu des 1900 m<sup>3</sup>/s observés à Carennac, grâce aux réservoirs de Bort, St Etienne Cantalès et Enchanet.

Avec les progrès de la modélisation en pluie-débit et des transmissions en temps réel des paramètres hydroclimatologiques, en utilisant des micros ordinateurs pour calculer des prévisions de débits à court terme (2 à 24 h d'échéance), il est certain que l'on peut actuellement espérer améliorer la gestion des retenues en crue, de façon à laminer les pointes de crue. Mais il faut parallèlement adapter la législation et juridiction concernant les dégâts éventuels en crue pour les avalisants, car gérer une retenue sur la base de prévisions aussi fiables soient-elles, c'est s'exposer dans dix à quinze pour cent des cas, à des erreurs de décision du fait des prévisions erronées, et ainsi aggraver une crue au lieu de la réduire.

## 3 LA SEDIMENTATION

Il est indéniable que la création d'un plan d'eau à l'amont d'un barrage provoque un dépôt de sédiment et un envasement. En effet, les rivières transportent d'importantes quantités de sédiments qui alimentent en alluvions les plaines des basses vallées. L'importance de ce transport varie énormément selon la morphologie du bassin versant, et selon le régime des débits de la rivière car il dépend de la saison et de la variabilité interannuelle des apports.

Les cours d'eau transportent des matériaux grossiers (gravier, galets) et de sédiments fins (sable, argile); le mécanisme d'alluvionnement des retenues a la variété des types de retenue. Les sédiments grossiers sont le plus souvent transportés par charriage sur le fond et ayant une vitesse de chute importante se déposent en queue de retenue; par exemple on a pu évaluer à 126000 m<sup>3</sup>/an, les transports de la Durance au niveau de Serre Ponçon avant construction du barrage.

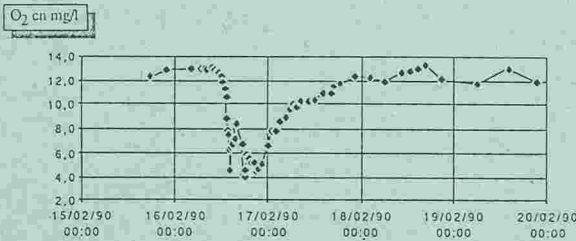
Le transport des sédiments fins est plus compliqué à appréhender selon que l'écoulement amont est torrentiel donc suscep-

tible d'engendrer un courant de densité et transporter les vases jusqu'en pied de barrage, ou, que l'écoulement est fluvial avec une dispersion des vases dans toute la retenue. Les courants de densité sont les principales causes d'envasement des grandes retenues dans un certain nombre de pays étrangers en particulier en Algérie.

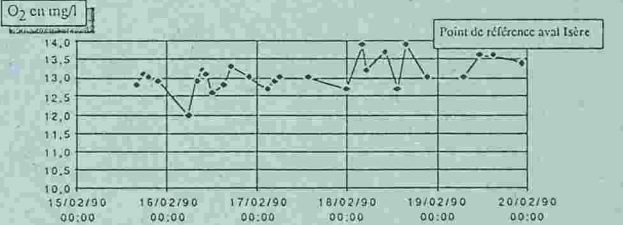
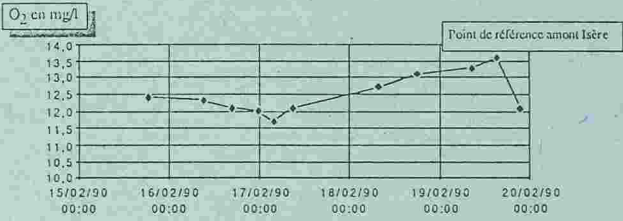
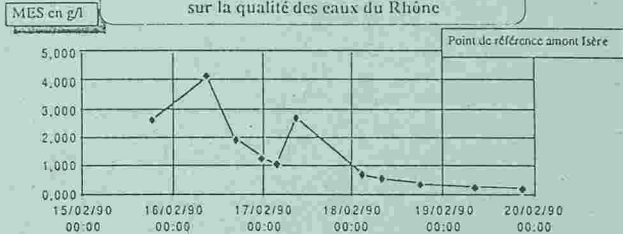
Ce phénomène est très limité en France, en particulier pour la Durance à Serre Ponçon les mesures effectuées au cours de la décennie 1950-1960 pour les matériaux en suspension ont fourni une évaluation du volume moyen annuel de 1,5 million de m<sup>3</sup>. 25 ans après la mise en exploitation, on constate seulement une diminution de 2% de la retenue énergétique utile (1030 hm<sup>3</sup>). En fait le mécanisme d'envasement et son importance dépend du taux de renouvellement de la retenue (les grandes retenues piègent l'ensemble des sédiments), des apports, des conditions d'exploitation (marnage), et des conditions météorologiques. La principale difficulté, en exploitation, est l'appréciation des apports en matériaux solides à l'amont de la retenue, car il n'existe pas de relation directe entre le débit du cours d'eau et le flux de matières en suspension transportée. Seule l'accumulation d'expériences, le développement de la bathymétrie périodique et des mesures effectuées dans les débits évacués lors de la vidange, la constitution de banque de données, permettront d'améliorer les méthodes d'exploitation des retenues dans cette situation.

Le remède à cette accumulation de sédiments, la purge, consiste soit à effectuer des chasses pendant les crues pour les retenues de basse vallée, soit à réaliser une vidange décennale de la retenue. Mais comme ces opérations sont ponctuelles dans le temps elles sont susceptibles d'engendrer des nuisances pour la flore aquatique et surtout pour la vie piscicole (en altérant la composition physico-chimique de l'eau). Elles font donc l'objet d'une surveillance, et, d'un contrôle strict et les études et moyens - d'abord développés par le service Environnement Atmosphérique et Aquatique des Etudes et Recherches, puis mis en œuvre à échelle industrielle par la Division Technique Générale (Service Ressources en Eau) d'EDF - permettent même d'envisager de gérer en temps réel le déroulement de la vidange et ses conséquences.

Chasse de la Basse Isère  
Evolution au point 2 - Pont des Fauries



Impact des chasses de la Basse Isère  
sur la qualité des eaux du Rhône



**4 INFLUENCES DES RETENUES ARTIFICIELLES SUR LA VIE PISCICOLE**

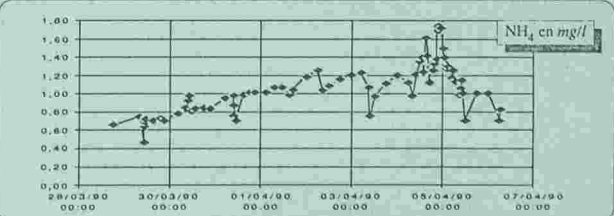
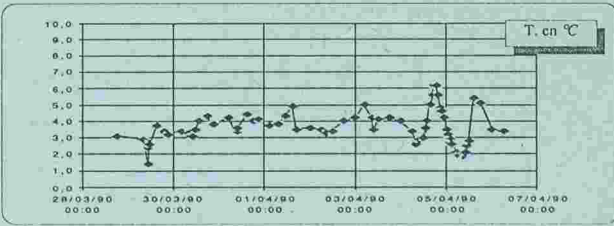
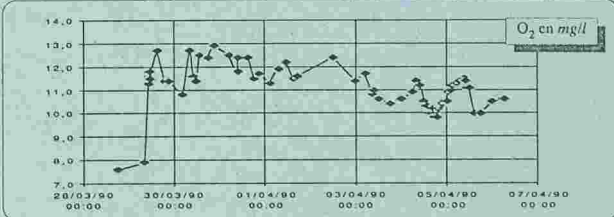
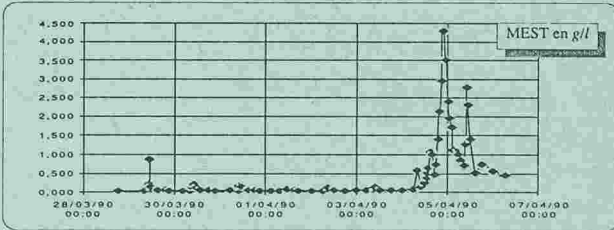
Les retenues artificielles représentent un potentiel piscicole important en France, leur superficie (pour 239 retenues de plus de 10 ha) représente 40523 ha pour 45338 ha pour les lacs naturels et 9% du patrimoine piscicole national. Une retenue constitue un écosystème aquatique qui dépend des conditions naturelles et de la gestion hydraulique de l'aménagement. En particulier, deux facteurs influent sur les populations piscicoles: le marnage et la qualité des eaux définie par de nombreux paramètres tels que la température, l'oxygène dissous, le Ph, la teneur en calcium etc... les deux premiers cités ayant une importance vitale, mais on n'a pas encore de connaissance précise de ces phénomènes complexes.

L'évolution de la structure thermique verticale d'un réservoir dépend des échanges atmosphériques et des apports entrants et turbinés, donc de la saison et du mode d'exploitation. L'évolution de la teneur en oxygène dissous dépend étroitement de la structure des masses d'eau, de la production photosynthétique et la réaération et des facteurs de consommation (algues, poissons, matières organiques, sédiments). Ces paramètres sont tributaires de la position de la prise d'eau dans le barrage et du temps de séjour de l'eau.

C'est le marnage qui a le plus d'incidence sur certaines espèces de poissons, leur reproduction et, sur la faune benthique, sans que l'on comprenne complètement son interaction

Les impacts des vidanges sur le milieu aquatique font l'objet d'une préparation par une analyse préliminaire des échantillons de boue, d'une bathymétrie, puis d'une étroite surveillance et d'un suivi quasi continu d'un certain nombre de paramètres pendant et après leur réalisation, car une partie des sédiments déposés dans la retenue est évacué vers l'aval et peut entraî-

Vidange de la retenue de Tignes  
Evolution au point T1



ner par altération physico-chimique de l'eau des perturbations dans des usages de l'eau et la vie aquatique surtout pour les retenues situées à l'aval des villes.

Le rejet de sédiments à l'aval de la retenue provoque une augmentation des taux de matières en suspension (MES) qui contiennent des matières réductrices organiques lesquelles s'oxydent au contact de l'eau et provoquent un déficit en oxygène dissous. Cette augmentation du taux de MES a une action directe sur les poissons en réduisant ses possibilités de nage et en colmatant les branchies d'où asphyxie, en fragilisant leur résistance aux toxiques industriels, sels amoniacaux... provenant de l'amont et stockés dans les sédiments.

De même l'occurrence d'un déficit en oxygène dissous accélère les mouvements respiratoires rendant sensible l'absorption par les poissons, de toxiques relargués après stockage dans les sédiments de la retenue, ce qui peut entraîner un taux de mortalité croissant ou des perturbations physiologiques. Tous ces effets dépendent du temps d'exposition. De même la sédimentation des matières en suspension à l'aval de la retenue peut provoquer le colmatage temporaire du lit, porter atteinte à la vie benthique, cette nuisance disparaît généralement à la première crue.

A la remise en eau, il ne paraît pas y avoir de problème de régénération des populations planctoniques et benthiques mais la restauration des populations piscicoles dépend des apports amont et de l'alvinage.

## POTENTIALITE DES RETENUES

Il convient d'insister à nouveau sur la capacité des retenues à soutenir les débits en période d'étiage exceptionnel comme cela a été le cas lors de la sécheresse catastrophique dans certaines régions en 1989, et comme cela pourrait être le cas éventuellement en 1990.

Certaines retenues ont été prévues pour une utilisation agricole dès leur construc-

tion, ainsi la retenue de SERRE PONCON (1030 hm<sup>3</sup> de capacité utile) sur la Durance dispose en réserve dès le mois de Juillet pour le trimestre suivant d'un potentiel de 200 millions de m<sup>3</sup> d'eau pour l'irrigation en situation de besoin agricole.

On oublie parfois le rôle important que peuvent jouer les retenues, en cas de pénurie d'eau pour la réfrigération des centrales nucléaires situées en bordure de rivière à l'aval de celles-ci. Pour éviter un réchauffement au-delà des normes de tolérance imposées pour la vie aquatique il peut être rentable de faire des lachûres de soutien d'étiage.

Une autre potentialité des retenues et non des moindres concerne les pollutions industrielles accidentelles en rivières ou fleuves. Il est en effet primordial de pouvoir disposer de stocks d'eau amont pour pouvoir diluer et enrayer ce type de catastrophe dont les conséquences écologiques sont lourdes.

Enfin, les plans d'eau importants des retenues constituent une base de loisirs privilégiée pour le tourisme et les activités nautiques, mais avec des contraintes de remplissage qui ont une incidence non négligeable sur l'exploitation hydroélectrique.

## CONCLUSION

Malgré quelques problèmes locaux pour lesquels existent des solutions et remèdes, l'énergie hydraulique est une énergie propre et renouvelable. On constate de plus en plus d'intérêt de la part des différentes communautés, associations dans divers secteurs, pour la houille blanche stockée dans les retenues. Jusqu'à présent EDF a géré l'eau pour satisfaire la consommation française en énergie électrique dans le cadre de sa mission de service public, et se propose de mettre en 1990 et ultérieurement à disposition son potentiel et son expérience de gestionnaire de l'eau au terme d'un contrat entre l'entreprise nationale et l'Etat. Un exemple de ses capa-

ités a déjà été donné lors de la sécheresse de 1989 de ce partage de l'eau en fournissant un supplément de 160 millions de m<sup>3</sup> en lachûres.

Bien entendu pour ces volumes destockés, et donc détournés de la production d'énergie en période de besoin, il est normal d'envisager une retribution de cette eau.

Il est en effet plus qu'opportun de développer une approche économique des ressources en eau, en dotant ce « marché » d'un prix qui reflète leur rareté ou leur utilité. Cette approche est fondamentale si l'on veut définir le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau cohérente économiquement et physiquement qui permette d'effectuer un arbitrage entre les différents usages de l'homme tout en assurant en parallèle la protection de la vie aquatique par des actions adaptées et approfondies dans les domaines de l'hydrobiologie et de la qualité des eaux.

## REFERENCES

- D. DUCLOUX: Conséquences énergétiques de la sécheresse pour la production d'électricité *Houille Blanche* n° 7/8 - 1989  
 J.P. LEPETIT: Sédimentation dans les retenues hydroélectriques et vidanges  
 J.L. JOURDET et W. VAROQUAUX: Quelle place pour l'énergie hydraulique dans le système électrique français de l'avenir - *Revue de l'Energie* n° 365 1984  
 J.M. CRAVERO et P. GUICHON: Exploitation des retenues et transport des sédiments - *Houille Blanche* n° 3/4 1989.  
 P. TOURASSE: Prévission et télésurveillance hydrométéorologique à E.D.F. Journées de la Société des Electriciens et Electroniciens - GRENOBLE - FRANCE - 6/7 Juin 1990  
 F. TRAVADE, M.J. ENDERLE, R. GRAS: Retenues artificielles gestion hydraulique et ressources piscicoles - INRA - PARIS 1985

## DAMS IN INDIA'S MOUNTAINOUS AREAS AND ENVIRONMENT INTERACTIONS

K.S. MURTY

University Department of Geology, Jawahar College Compound, Nagpur 440 001, India

**ABSTRACT** In the physiographic sense the Himalayas constitute the Mountains of India. There are, however, other hill ranges too that are sources of important rivers some of which are east-flowing, while the others are west-flowing. The rivers of Himalayan origin discharge a total of 98 MMH compared to the total discharge of 70 MMH from the other rivers. In the last three decades, over 600 storage dams of various sizes have been built that have created a storage capacity of 16 million hectares. While the positive gains are impressive, the negative consequences are environmental and ecological. There is understandably concern among people which has caused rethinking on large projects like the Tehri and Narmada.

## INTRODUCTION

India is a land of severe contrasts in more ways than one. Climatically in the west is the desert of Rajasthan, extremely arid, with an annual rainfall not much more than

10 to 13 cm, whereas in the east lies Cherrapunji, one of the world's wettest spots, where it is in excess of 1,125 cm. Similarly, the winter temperatures are well below 0°C

in parts of Kashmir, whereas Ganganagar in Rajasthan may have a temperature approximately 50°C in July! The physiographic features too are equally unique, as