

# Barrages, risques et dommages, évaluation de la sécurité des barrages

■ Adriana MIRI et Emmanuel NATCHITZ

## (Etude de cas)

*Aux frontières de l'Union Européenne, l'Albanie avait développé un parc important de barrages hydroélectriques pour favoriser à la fois le développement économique du pays mais surtout accroître la production électrique nécessaire aux besoins de ses habitants. Avec l'évolution politique de ce pays, le programme s'est ralenti et le suivi de ces grands barrages n'est plus assuré convenablement. Nous revenons sur une étude de cas, le barrage de Koman sur le fleuve Drini. Comment les ingénieurs ont fait évoluer leurs techniques pour le construire ? Comment et*

*pourquoi l'état peine à assurer le suivi et l'entretien de ce barrage ? Quelle suite sera donnée à ce vaste projet de construction ?*

### ■ MOTS CLES

construction de barrage, pathologie, risque, environnement, prévention

## Les sources hydriques

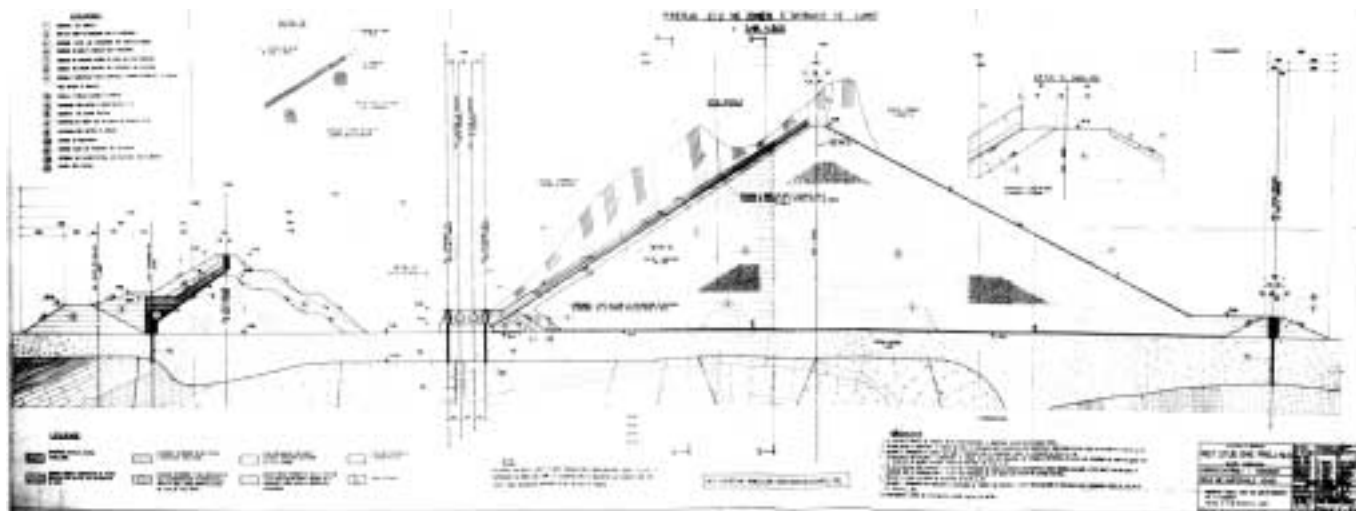
### ■ Sans eau, point de vie

L'Albanie, avec une superficie de 28 748 km<sup>2</sup>, est constituée à 70 % de montagnes, collines, lacs et rivières. Au point de vue des richesses hydriques et du potentiel hydro-énergétique, elle se situe parmi les premiers pays européens. L'altitude moyenne du territoire hydrographique de l'Albanie est très importante, environ 700 m au-dessus du niveau de la mer. Les précipitations sont relativement élevées (1 400 mm de pluie par an). Au-dessus de 1 000 m d'altitude, il neige. Cette neige assure une grande quantité d'eau dans les fleuves pendant le printemps et même l'été. La direction du courant est en général Est-Ouest et les cours d'eau coulent principalement dans la mer Adriatique et partiellement dans la mer Ionienne. Malgré les débits faibles (340m<sup>3</sup>/sec pour Drini), les caracté-



Fig. 1 : Carte Albanie

ristiques particulières physiques et géographiques du pays (avec les sources hydriques à 500 – 1 000 m d'altitude), donnent à ces fleuves des valeurs importantes du point de vue hydroélectrique. Malgré ces ressources, l'alimentation en eau de l'agriculture et de l'industrie reste une des tâches les plus lourdes en Albanie. Ces raisons ont conduit les pouvoirs politiques à apporter une attention extrême à la construction des ouvrages de retenue. Ces installations sont conçues de manière à participer en premier lieu à la satisfaction des



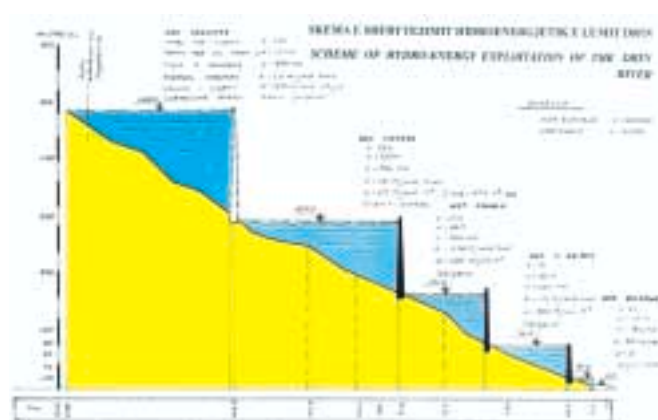
**Fig. 3 : Coupe de Koman**

■ ■ ■ besoins en énergie. Actuellement, seulement 30 % de ce potentiel est exploité, tandis que le volume des lacs artificiels qui règlent le débit des rivières est égal à 40 % du débit annuel des rivières. L'Albanie compte aujourd'hui 630 ouvrages de retenues, parmi lesquels 360 remplissent les conditions de la Commission International des Grands Barrages, dont l'Albanie en est membre depuis 1964. Selon le registre mondial de 1998, sur 80 pays membres de cette Commission l'Albanie se situe en 18<sup>e</sup> place pour la quantité des barrages construits, et en 1<sup>er</sup> place pour le nombre d'ouvrages de retenue par habitant (0.9/10 000 habitants). La construction des barrages en Albanie, a commencé vers la deuxième moitié des années 50 et s'est poursuivie jusqu'à la fin des années 80. Ces grands travaux se sont inscrit dans le cadre de l'électrification du pays. Aujourd'hui les centrales hydrauliques assurent 90 % de l'énergie électrique en Albanie. Parmi les barrages on citera les centrales électriques de Koman, Fierza, Vau i Dejes (sur la rivière de Drini), Bistrica I, Bistrica II, Shkopeti, Ulza et Selita.

## L'exécution des barrages sur la fleuve de Drini

Les barrages sur la fleuve de Drini sont importants en hauteur et en valeur énergétique. La construction de la centrale de Bushat en aval a commencée et le barrage de Skavica en amont reste en projet. Ces deux derniers aideront, entre autre à régler l'équilibre hydromécanique des barrages existants. (Voir schéma Fig.2)

Le barrage hydroélectrique de Koman construit en 5 ans à partir de 1981 (Fig.3), se situe au Nord-Est du pays (dans les Alpes). Dans la première version, le projet prévoyait un barrage poids comme celui de Fierza avec un noyau en argile (fig.4). Dans cette optique, des études ont été effectuées (in situ et en laboratoire), sur la qualité et la quantité des matériaux de construction à utiliser : argiles, sables, granulats etc. Des calculs statiques ont été effectués complétés par des études topographiques chiffrant le volume des travaux, les besoins en moyens, les délais de la construction et de la mise en eau du barrage. Pendant la phase d'étude des problèmes de divers ordres sont apparus.



**Fig. 2 : Schema d'exploitation du fleuve Drini**

Du point de vue technique, la construction du barrage au noyau d'argile était un procédé connu en Albanie, (plusieurs barrages du même type étaient déjà construits). Mais, d'une part, la teneur en eau de l'argile était très élevée et d'autre part, l'argile se trouvait à 40 km loin du site, dans un terrain très accidenté. Le transport et le stockage devenait difficiles. Le délai de construction se prolongeait au moins de 5 mois, dans des conditions optimales.

Les ingénieurs ont décidé d'adopter, en 1981, la variante du barrage avec un écran en béton armé appuyé directement sur le lit rocheux du fleuve (fig.5), et couvert dans la partie inférieure avec un écran supplémentaire en argile jusqu'à la côte de 220 m, (un procédé qui s'expérimentait pour la première fois dans ce pays). Cette variante, était certes plus économiques, mais plus difficile à mettre en œuvre.

Pendant les travaux de préparation pour les fondations du barrage, des problèmes d'étanchéité du sol sont apparus. Les conditions de la fouille pour atteindre le rocher solide devenait difficiles. La seule solution pour respecter les délais et éviter les infiltration était de construire un écran en béton armé à partir du niveau du terrain naturel. En supplément, deux rideaux ont été placés sous ce bloc pour mieux assurer l'étanchéité et pour prendre une partie de la surcharge. La largeur de la rivière dans la zone du bloc est de 75 m. La côte altimétrique des graviers naturels de la rivière est de 70 m tandis

# SEKSIONI TIP I DIGES NE SHTRATIN E LUMIT. SHK. 1:3000.

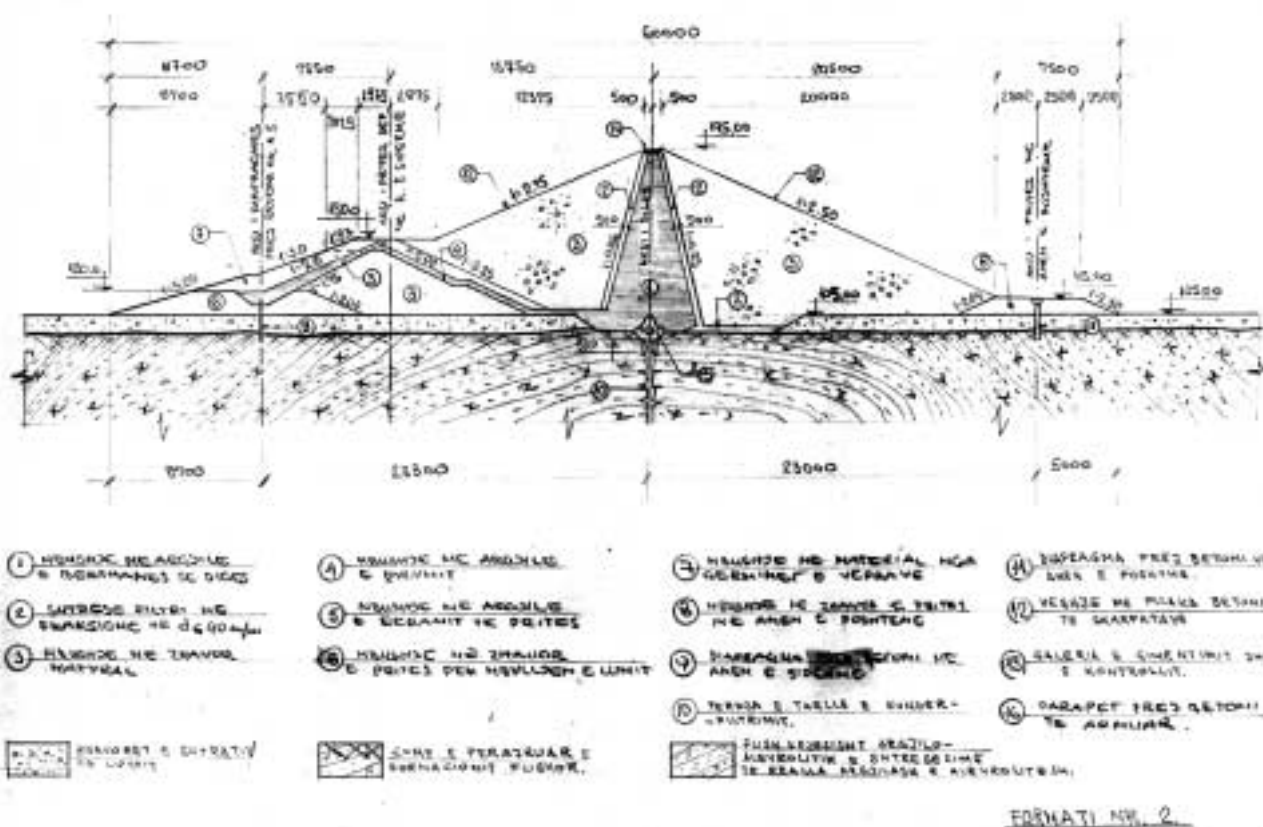


Fig. 4 : Coupe barrage Fieza moyen argile

que celle du rocher est d'environ 52 m. L'axe du bloc se trouve à 198 m de l'axe du barrage, en amont. Les dimensions du bloc en béton armé sont : 116 m de longueur, 29 m de largeur et 12.5 m de hauteur, avec un volume de 34 000 m<sup>3</sup> tandis que la hauteur maximale des rideaux est de 24 m. La fondation a été calculé pour résister à une séisme d'échelle 9. L'ensemble des travaux de topographie ont été réalisé selon des procédés traditionnels (théodolites, niveaux). Les reports se sont fait de façon manuelle par les géomètres de l'état.

L'écran s'appuie et glisse librement sur la face inclinée du bloc en béton armé. Au final un déplacement de 60 cm maximal était prévu. Dans ces conditions, il n'est pas possible d'effectuer le joint d'étanchéité à la surface de contact avec le bloc. Pour réaliser l'étanchéité du barrage, un rideau d'argile équipé d'un contre filtre, a été effectué en bas de l'écran en béton armé.

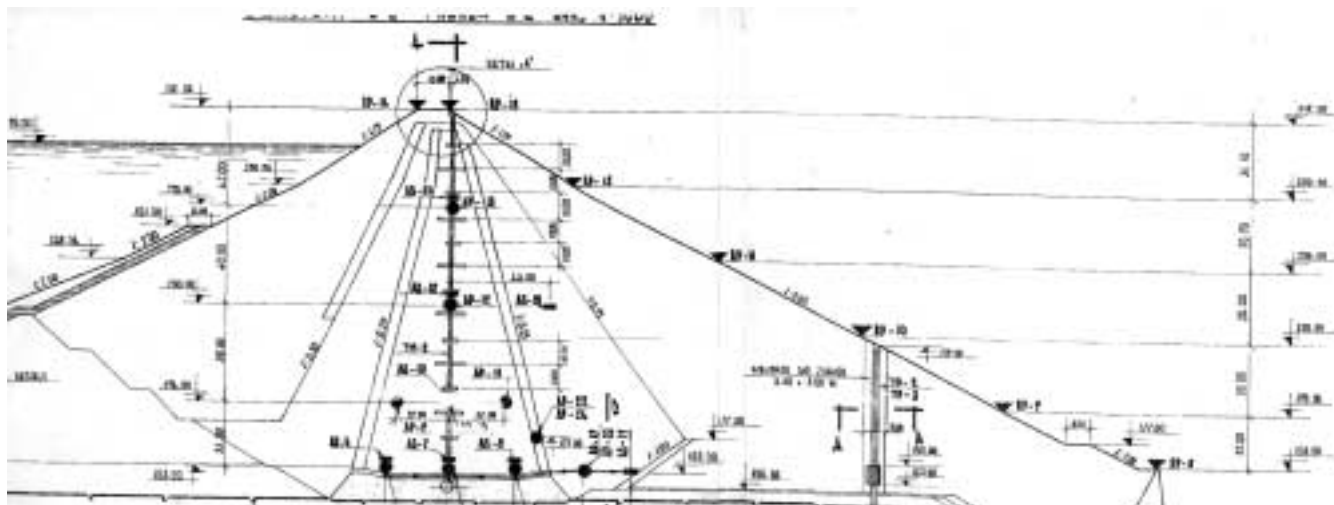
Le contrôle de ce déplacement s'est fait par l'intermédiaire d'une galerie percée entre l'écran et l'épaulement du barrage. La pente de fouille du tunnel de contrôle n'est pas fixée. Elle varie en fonction des conditions géologiques observées à l'avancement des travaux. Ces conditions ont déterminé l'axe de creusement. Un plan de récolement indispensable à été établi. Il sert de base de référence pour les points de contrôle ultérieurs (fig.3.)

Un réseaux de points références a été positionné sur les pans de montagne transverse et des cibles placées sur l'écran. Chaque jours ces points étaient relevés par l'institut étatique de contrôle en charge du suivi de l'opération. Le manque de moyen technique empêche de poursuivre cette surveillance. Le glissement de l'écran a dû en théorie se stabiliser mais aucun relever le confirme réellement.



Fig.5 : Construction de l'écran en béton





**Fig. 6 : Appareillage de mesure placé dans le corps de barrage (Fierza)**

## La sécurité des barrages

La construction d'un barrage n'est pas une fin en soi qui se termine avec la mise en eau. L'ouvrage devra faire l'objet d'auscultations et d'inspections tout au long de "sa vie", afin que sa pérennité soit assurée. Un barrage est construit pour durer longtemps. Depuis sa conception, puis sa construction et l'exploitation, l'ouvrage est testé, contrôlé, surveillé et réparé de manière à prévenir tous risques d'accidents. Un barrage travaille et vieillit, en fonction des efforts auxquels il est soumis. En dehors des réparations exceptionnelles consécutives à une détérioration d'une partie de l'édifice, un entretien régulier de l'ensemble de l'ouvrage est nécessaire. La longévité des aménagements hydroélectriques repose largement sur la maintenance et l'entretien de sa pièce maîtresse, le barrage.

Une large gamme d'instruments de mesure : pendules, piézomètres, témoins sonores, mesures de fuites, est placée dans le corps des ouvrages. Ces instruments sont reliés à un système central contrôlé en permanence. De la précision de ces mesures va dépendre la détection des anomalies et la compréhension du comportement des barrages. Des années après sa construction, les capteurs continuent à fournir de précieux renseignements sur l'état du barrage. Ces appareillages automatiques peuvent détecter des déplacements de l'ordre de quelques millimètres sur des barrages de plusieurs centaines de mètres. La réglementation prévoit un contrôle continu avant, pendant et après la construction des barrages. Une surveillance spécifique est assurée pendant la première mise en eau complète des barrages, période pendant laquelle une rupture a le plus de probabilité de se manifester.

Le barrage doit résister à de fortes charges : poids propre (environ 167 tonnes/m<sup>2</sup> pour le barrage de Koman), pression de l'eau (qui croît proportionnellement avec la profondeur), la sous-pression (infiltrations d'eau minimales mais inévitables, à travers le barrage et sa fondation, créent des forces de sous-pression), variations de température, crues, gel,

sédiments, séismes etc. Pour cette raison, l'exploitant doit effectuer des visites régulières et réaliser une analyse périodique des mesures d'auscultation. Le suivi continu du comportement du barrage, et notamment des paramètres liés aux déformations, permet de détecter les éventuels premiers signes de fatigue de l'ouvrage.

On peut alors prendre des mesures qui s'imposent pour remettre l'ouvrage dans les conditions optimales de sécurité. En conséquence, l'hypothèse d'une rupture de barrage brusque et inopinée peut être considérée comme très faible. Cependant il existe des facteurs de risque qui restent indécélérables par l'homme, et dont la survenue serait inopinée. C'est le cas des séismes qui pourraient mettre en cause l'intégrité de l'ouvrage, mais également des glissements de terrain dans la retenue du barrage. Pendant l'inspection journalière, le surveillant examine l'ouvrage et le terrain et note les moindres changements. Il contrôle visuellement le parement en aval. Les apparitions d'humidité (suintement, changement de couleur, développement de végétation), remarqués en aval d'un barrage ou les traces d'érosion (dépôts de matériaux érodés, particules en suspension), sont rapidement suivis de la vérification de l'étanchéité de l'ouvrage. L'entretien du parement aval et son caniveau est nécessaire pour faciliter la surveillance.

Les débits de fuite et les niveaux piézométriques sont les mesures d'auscultation dont toute variation doit être rapidement analysée pour détecter une érosion interne. En conjuguant le contrôle visuel et les mesures à l'aide des instruments (piézomètres, inclinomètres, visées topographiques, accélérographes, instruments de mesure de contraintes, pression des pores et tassements dans le noyau) (fig.6), on a les moyens d'anticiper les risques de tassement, d'affaissement, d'infiltration ou de déformation d'édifices, et ainsi de maintenir à long terme la fiabilité et la sécurité de l'installation hydraulique. En dehors des réparations exceptionnelles suite à une détérioration d'une partie de l'édifice, un entretien régulier de l'ensemble de l'ouvrage est nécessaire. Par exemple il est nécessaire de dégager périodiquement les

prises d'eau des matériaux solides qu'amène le courant et qui peuvent interrompre le fonctionnement de l'ouvrage.

En France, la loi prévoit, une obligation de vidange tous les dix ans, ce qui permet un entretien et une inspection complète des vannes et des autres éléments. Lors de la vidange décennale, l'état du parement amont, couvert habituellement par la retenue d'eau, est entièrement contrôlé. En Albanie, à cause des contraintes économiques et un déficit très important en énergie électrique, la vidange des lacs n'est pas possible, ceci veut dire que le parement en amont n'a jamais été contrôlé depuis la mise en eau.

Tous ces résultats de mesures n'ont toutefois de valeur que lorsqu'ils sont reçus à temps et avec l'indication exacte de l'instant et sont complétés de toutes les données et indications nécessaires. Ils sont relatifs au facteur humain. Le sentiment d'infailibilité, l'approche trop simpliste, la non communication entre les différents spécialistes de l'équipe, etc. peuvent aussi conduire à des accidents avec des conséquences graves.

## État actuel :

Les conditions climatiques particulièrement difficiles de ces dernières années ont causées une diminution drastique du débit du fleuve Drini. Actuellement, le débit de Drini est de 30 à 50 l/s (3 fois plus bas que le débit moyen multi-annuel). Ce débit faible amène à l'abaissement graduel et continu du niveau d'eau du lac de Fierza qui constitue la réserve principale de la vallée de Drini. Ce niveau se situe actuellement à 246,39 m d'altitude, 80.10 m au dessous du niveau maximal et à environ 6 m au dessus du niveau minimal.

Le contrôle de stabilité des ouvrages est donc de plus en plus important. Le suivi des tassements devrait préoccuper le concessionnaire et exploitant des barrages (La corporation énergétique d'Albanie). Les barrages albanais, jusqu'à la fin des années 90, ont été considérés comme des ouvrages de grande importance avec un programme d'exploitation et de contrôle bien suivi. A partir de 1991, les changements politiques suivis de fortes problèmes économiques ont entraînés de grandes difficultés dans l'exploitation et la gestion des barrages. À cela s'ajoute l'apparition d'actes de malveillances qui ont conduit les pouvoirs publics à mettre ces édifices sous contrôle militaire. Actuellement, beaucoup de mesures législatives sont prises afin de discipliner les trois périodes de vie des barrages : la construction, la mise en eau et l'exploitation.

Jusqu'en 1993, l'Albanie n'a pas connu de crise énergétique. Avec une industrie modeste et une consommation par ménage très faible, les 5 centrales hydroélectriques suffisaient largement à fournir l'énergie nécessaire. L'Albanie exportait l'énergie électrique. Aujourd'hui les centrales produisent environ 13 million KW par jour, tandis que les besoins sont de 22 million KW par jour. Depuis la construction du dernier barrage hydroélectrique de Koman en 1986, aucun investissement n'a eu lieu.

## Conclusion

Avec le changement de régime qu'a récemment connu l'Albanie, l'état n'arrive plus à assumer les coûts d'exploitation et d'entretien des barrages. De plus, l'ensemble du savoir faire albanais était détenu par les ingénieurs qui sous couvert de secrets d'état ne l'ont pas franchement transmis. Pour pallier le manque d'énergie, le gouvernement favorise la construction de nouveaux barrages en limitant le suivi et l'entretien du parc existant.

Malgré la compétence des ingénieurs et techniciens locaux, aucune structure ne peut s'investir dans une telle entreprise. Le manque de moyens financiers et de formation de la nouvelle génération de spécialistes oblige l'Albanie à ouvrir ses frontières aux compagnies étrangères pour se lancer à nouveau dans ce type de construction. ●

P.S. Remerciement au Doc. Ing. Farudin HOXHA, Vice- président de l'Académie des Sciences d'Albanie pour son aide.

## Contact

Adriana MIRI [miri@estp.fr](mailto:miri@estp.fr)  
Emmanuel NATCHITZ [enatchitz@estp.fr](mailto:enatchitz@estp.fr)  
Enseignants chercheurs ESTP

## Bibliographie

- Carrere A., Coussy O., Fauchet B.** *Stabilité des barrages-poids : apport de la mécanique des milieux poreux*. Annales des Ponts et Chaussées, Paris, septembre 1990
- Fry J.J., Delage P., et al.** *Computing the stability of clay fill dams under construction*. Water Power & Dam Construction, 1993
- Back, P.A.A.** *Designing safety into dams*. International Water Power and Dam Construction, Vol. 42, No. 2, pp. 11-12, February 1990
- Allen, P.H., Thompson, R.A..** *Averting the risk of dam failure*. Hydro Review, Vol. 8, No. 5, pp. 28-38. 1989

## ABSTRACT

*At the European community borders, Albania had developed an important network of hydroelectric dams. Those constructions were created for two main reasons: to increase his economic development and to raise the electric production for the habitants' needs. Due to the country's political evolution, this construction's program had slowed down and for the dams following this construction program has not been assured properly. In this article we bring in a real case study, the dam of Koman along the Drini river. How were the engineer going to use new techniques for the construction? How and why the government had many difficulties in assuming the maintenance of the dam? What will be the follow ups given to a vast project like this construction?*

**Key-Words:** dam, pathology, risk, environment, prevention