MESURE DE L'ENVASEMENT DANS LA RETENUE DU BARRAGE D'IGHIL-EMDA

B. REMINI
Maître-Assistant, Institut de Génie Rural, Université de Blida
J.M AVENARD
Professeur, UFR de Géographie ULP-Strasbourg (France)
A. KETTAB
Professeur, ENP Alger

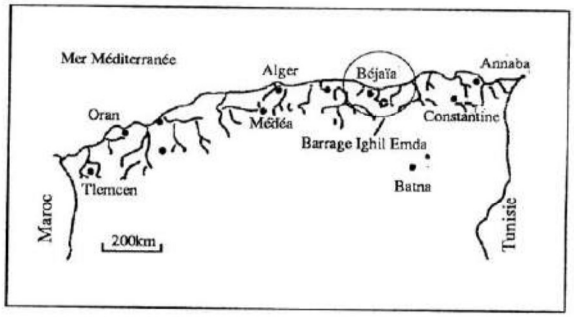
Résumé

Parmi les résultats des mesures des levés bathymétriques, effectués dans la retenue du barrage d'Ighil-Emda durant l'été 1992, on peut retenir que l'envasement s'est considérablement ralenti depuis 1981. Ceci est particulièrement net dans la branche de l'Oued Embarek où la progression des sédiments s'est stabilisée. Cette première étude de la répartition des sédiments dans la retenue montre par ailleurs des zones très différentes que l'on peut schématiser en trois types : envasement de forte et de moyenne intensité, forte érosion. La branche de l'oued Berd correspond principalement au premier type, alors que les deux autres caractérisent la branche de l'oued Embarek.

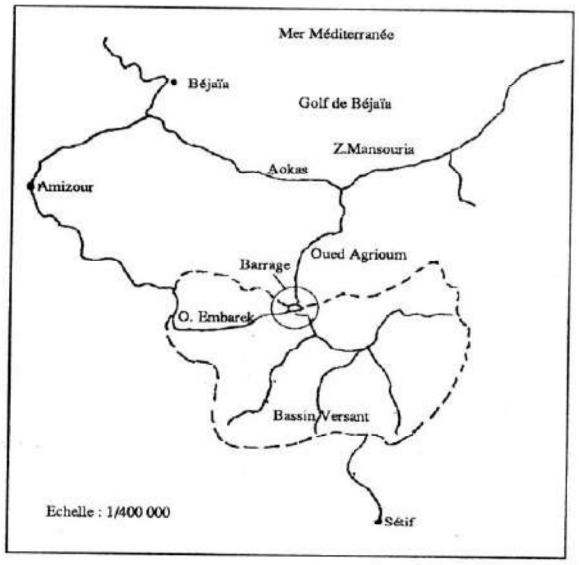
Mots clés : retenue d'Ighil-Emda • levés bathymétriques • envasement - sédimentation • mesures.

1 INTRODUCTION

Destiné à la production de l'énergie électrique, le barrage d'Ighil Emda est situé dans la wilaya de BEJAIA, à 60 km au sud-est de la ville et à 40 km environ au nord de SETIF (Carte 1 et 2). Il est installé sur l'Oued Berd, immédiatement en aval du confluent de cet oued avec l'Oued-Embarek, leur réunion constituant, en aval du barrage, l'Oued Agrioum, réalisé entre 1948 et 1953, il est du type barrage poids en enrochement, solution qui avait été retenue pour tenir compte du comportement médiocre des terrains sur son site.



Carte 1 : Situation Nationale du barrage.



Carte 2 : Situation du barrage d'Ighil Emda.

La superficie du bassin versant, en amont du barrage, est de 63 896 hectares ; ce bassin s'étend, du côté septentrional, sur quelques massifs boisés des hautes montagnes de la petite Kabylie, et surplombe, au sud, une partie des hauts plateaux constantinois au relief tourmenté et souvent complètement dénudé.

Le climat, subtempéré, est sous l'influence d'une pluviométrie à caractère méditerranéen, souvent irrégulière, variant annuellement entre 800 et 1500 mm, avec des pluies torrentielles.

Les roches tendres, facilement érodables, prédominent et couvrent près de 83% de la superficie : elles proviennent des affleurements des marnes à faciès schisteux du Maestrichtien.

La prédominance des terrains agricoles à caractère céréalier (50% de la superficie totale) fait que les sols (peu évolués) sont couverts saisonnièrement (printemps), mais sont à nu le reste de l'année, et plus particulièrement lors des pluies agressives d'automne, survenant après la sécheresse de l'été.

Au total, plusieurs facteurs se combinent pour déterminer l'évolution du milieu naturel, et l'érosion a atteint un haut degré d'intensité sur l'ensemble du bassin versant, le ruissellement et les mouvements de masse trouvant un terrain favorable, ce qui explique les fortes quantités de matières solides qui arrivent dans la retenue du barrage (Photo 1). Ainsi, pendant la période 1974-1992, les apports solides peuvent être estimés à 34 114 447 m^3, qui représentent sur le bassin versant un mouvement de masse de terre moyen annuel de 2 966 m^3/km^2 sur une période de 18 ans.

Ces quelques données fournissent une première idée sur l'importance du phénomène de comblement du barrage par les sédiments arrachés au bassin versant, et font apparaître l'impérieuse nécessité de contrôler plus précisément cet envasement dans le but de :

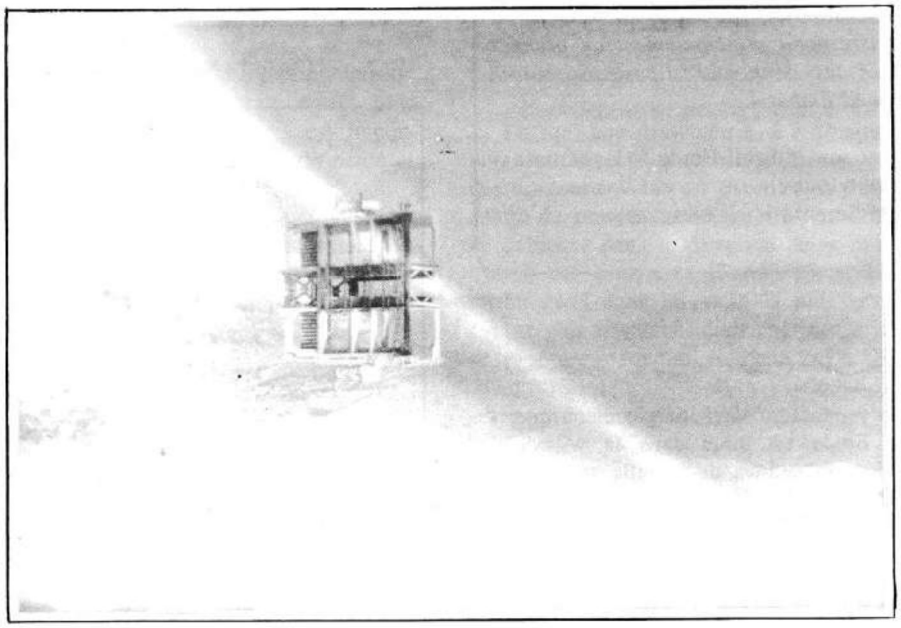
- déterminer les quantités de vase déposées qui engendrent obligatoirement une perte de capacité de la retenue ;
- pouvoir détecter à temps la menace de détérioration mécanique de certains organes de l'ouvrage, comme par exemple les vannes de fond ;
- rechercher l'utilisation optimale de la réserve, ce qui nécessite une bonne connaissance du volume disponible aux différentes côtes ;
- d'actualiser la courbe hauteur-capacité ;
- de vérifier l'efficacité du soutirage des courants de densité dans le temps.

Dans l'état actuel on peut affirmer que la retenue du barrage d'IGHIL-EMDA est la mieux entretenue et contrôlée d'Algérie : on y a en effet effectué 9 campagnes de levés bathymétriques entre 1954 et 1992, soit en 1954, 1956, 1957, 1958 puis en 1974, 1981 et 1984, et enfin en 1992.

2 LA METHODE DE MESURE

2.1 Principe

La mesure de l'envasement a été faite tout simplement par différence entre la topographie du fond de la cuvette avant la mise, en 1953, et celle qui se présente actuellement, c'est à dire à la date de la mesure de l'envasement, soit juillet, août 1992. A cet effet, on a utilisé un matériel approprié composé essentiellement d'un théodolite et d'un écho-sondeur.



Photos 1 : Retenue d'Ighil Emda, dans laquelle un volume de 52 764 800m^3 s'est déposé de 1953 à 1992.

2.2 Le matériel utilisé

Pour les premières campagnes, entre 1954 et 1958, les levés bathymétriques ont été effectuées par sondage mécanique (mesure avec un fil à plomb). Durant les campagnes suivantes, les relevés ont été effectués au moyen d'un écho-sondeur.

Le matériel utilisé comprend :
- une petite barque (3.20m / 1.60m) ;
- un moteur hors bord (de 8.5 CV) ;
- écho-sondeur à ultra-son et un saumon ;
- un théodolite.

2.3 Exécution des mesures

La réalisation des mesures, simple, ne demande que quelques précautions élémentaires, et trois personnes suffisent pour manœuvrer la barque et manipuler l'écho-sondeur :

- on se place au départ du profil à réaliser dans l'alignement des deux jalons matérialisant le profil en travers ;

- on descend le saumon supportant le nez de la sonde, juste sous la surface de l'eau ;
  dès que la barque avance, on met en marche l'enregistreur et on note directement sur la bande d'enregistrement les références du profil, la distance et la côte du plan.

- on déclenche le chronomètre qui permettra un contrôle supplémentaire des vitesses ; la barque, à allure constante et réduite, vers le jalon opposé. Par temps calme, il est facile de se maintenir en ligne droite et de garder une allure constante, mais dès qu'il y a du vent, et une agitation de l'eau, il est préférable d'abondonner les mesures. Pour éviter ce problème de vent, les mesures ont été faites dès le levé du jour et jusqu'à dix heures du matin.

- arrivé à l'extrémité du profil, on arrête l'enregistrement et le chronomètre, et on note sur la bande la fin du profil et le temps de parcours.

En général, on effectue un retour sur le même profil, en répétant les opérations. Il convient de souligner que 23 profils ont été relevés pendant cette campagne de juillet 1992.

2.4 Etablissement d'un profil

Il s'agit de déterminer pour chaque profil, l'importance de l'envasement, alors que l'on connait la section d'origine à la date de la mise en eau (1953). Sur un calque transparent, on relève les profondeurs enregistrées en tenant compte de la profondeur d'immersion de la sonde. Des deux profils ainsi obtenus (l'ancien et l'actuel) ; on déduit par planimétrie les surfaces d'envasement relatives à chaque tranche (Figure 1).

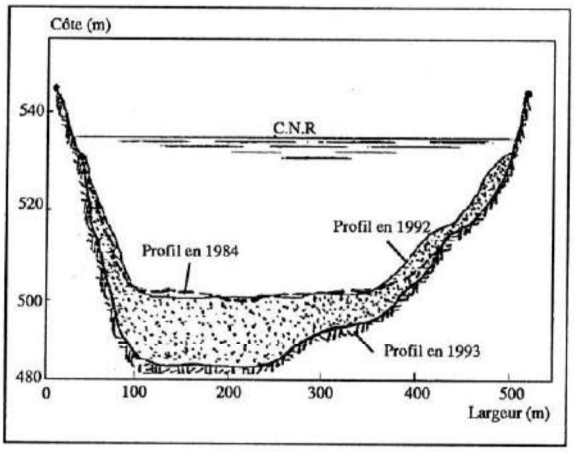


Figure 1 : Branche Oued-Embarek.
Profil en travers (au niveau de la section 104).

2.5 Calcul de l'envasement par l'intermédiaire du profil

A partir des données initiales de 1953 soit :
- DS53 (en m^2) représentant la section par tranche de 2 mètres d'épaisseur,
- et DV53 (en m^3) le volume d'eau correspondant, on peut écrire que le volume associé est proportionnel à la section correspondante tel que :

$$DV53 = Qh.DS53$$

avec Qh = coefficient qui dépend de la topographie de la retenue au niveau considéré, et qui aura une valeur constante d'une tranche d'eau à l'autre sur toute la profondeur de la retenue.

Lors de la réalisation de la mesure de l'envasement, soit à l'instant (T), on aura :

$$DV(T) = DS(T).Qh.$$

Ainsi l'envasement (DEh) entre 1953 et la date (T) de chaque tranche h sera alors :

$$DEh = DV53 - DV(T) = Qh\ (DS53 - DS(T))$$

Or :

$$Qh = DV53/DS53 \text{ constant dans le temps,}$$

ce qui implique :

$$DEh = \frac{DV53}{DS53}\ (DS53 - DS(T))$$

soit :

$$DEh = DV53\ (DS53 - DS(T)/DS53$$

Le rapport (DS53 - DS(T))/DS53 n'est que le pourcentage d'envasement (ou perte de capacité) de la tranche d'eau à la côte h du profil considéré.

3 LES RESULTATS

3.1 Evolution temporelle de l'envasement

Depuis sa mise en service en septembre 1953, la retenue du barrage d'Ighil-Emda accuse une perte de capacité de 34.1% : alors que sa capacité initiale était

de 154 783 800 m^3, elle n'est plus en 1992 que de 102 019 000 m^3. Le réservoir a ainsi après 39 années, accumulé un volume de 52 764 800 m^3 de vase.

La retenue d'Ighil-Emda fait l'objet d'une sédimentation croissante, à des vitesses certes variables, mais à un rythme moyen de 1.33 m^3/an. Le taux de sédimentation est évalué à 1 352 944 m^3 soit 0.87%. Le graphe de la figure 2 d'équation $S = 4.566\ T^{0.67}$ illustre bien l'évolution de l'envasement au cours du temps. On remarque en particulier que pendant les premières années qui suivirent la mise en service, l'évolution de la sédimentation s'est trouvée "perturbée" : ceci s'explique par le fait qu'au début, la retenue étant vide, le remplissage répondait à une dynamique tel que les éléments grossiers (sables et graviers) se déposaient à l'entrée, alors que les particules plus fines se sédimentaient dans la retenue.

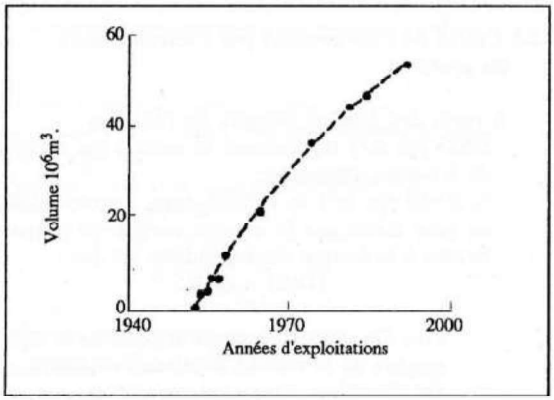


Figure 2 : Retenue d'Ighil-Emda
Evolution temporelle de l'envasement.

Par la suite lorsqu'une forte accumulation de particules fines s'est produite, il y a eu apparition des courants de densité, qui ont eu pour effet d'entrainer les grains très fins beaucoup plus loin, jusqu'au pied de la digue. Ensuite, est intervenue une période de 16 années pendant laquelle aucune mesure d'envasement n'a été faite. Par contre la période suivante (1974-1992) où il a y a eu quatre campagnes de mesure d'envasement (1974, 1981, 1984 et 1992) montre un certain ralentissement de la vitesse de sédimentation (Figure 3) qui peut être expliqué par :

- soit la bonne exécution des consignes de dévasement par les exploitants du barrage (ouverture et fermeture des vannes au moment opportun) ;

- soit l'évolution de la pente du toit vers une pente d'équilibre.

Il est enfin possible de signaler que le volume de vase commence à se stabiliser, plus particulièrement dans la branche de l'Oued Embarek où le toit de la vase est resté inchangé depuis 1984.

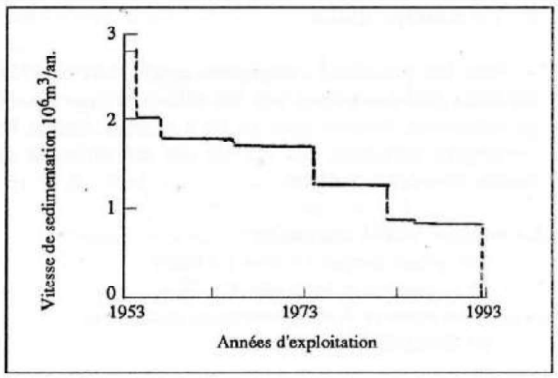


Figure 3 : Vitesse de sédimentation dans la retenue du barrage d'Ighil-Emda

3.2 Répartition des sédiments dans la retenue

La figure 4 et 5 donne une idée sur la répartition des sédiments dans toute la retenue d'Ighil-Emda. Ainsi la zone de forte intensité où les particules fines représentent le plus fort pourcentage, occupent presque la totalité de la branche de l'Oued El Berd, et une partie de celle de l'Oued Embarek. Cette zone comprise entre les profils 7 et 104 est estimée à 7/10ème de la superficie totale dont 5/10ème pour la branche de l'Oued El Berd, parcours privilégié des courants de densité qui drainent en période de crues, des quantités importantes de sédiments fins.

Les 2/10ème restant de la retenue, situés entre les profils 0 et 104, ne sont que le lieu d'une forte décantation des particules solides fines, transportées en suspension par les crues de l'Oued Embarek.

Le 1/5ème environ de la retenue représente la zone de faible et moyenne intensité d'envasement où les matériaux grossiers (sables et graviers) se manifestent de manière beaucoup plus importante.

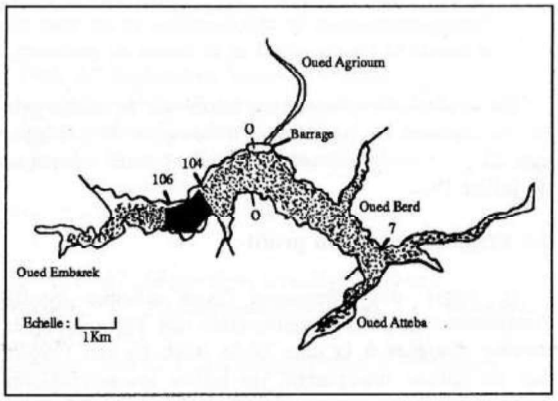


Figure 4 : Retenue d'Ighil-Emda Zones de sédimentation et d'érosion.
[B. Remini 1992]

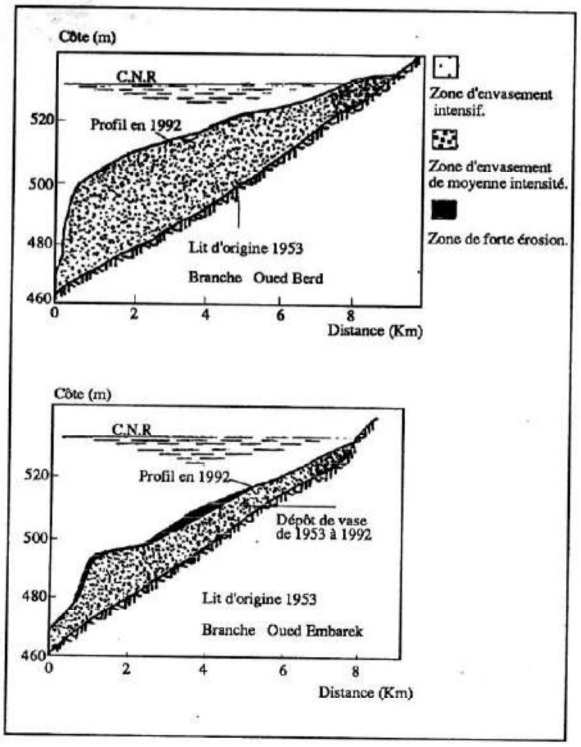


Figure 5 : Profils sur Oued Berd et sur Oued Embarek. [B. Remini 1992].

La zone comprise entre les profils 104 à 106 a été soumise pendant 8 ans (1984-1992) à une forte érosion des sédiments consolidés (branche de l'Oued Berd qui représente environ 1/10ème de la superficie totale de la retenue). Deux hypothèses peuvent, à notre avis, expliquer ce phénomène, qui serait ainsi dû :

- soit aux variations du plan d'eau provoquées par les mouvements des vannes de fond,
- soit aux modifications du lit de l'oued dont la tendance est de retrouver une pente d'équilibre.

4 CONCLUSION

La mesure par levés bathymétriques s'est avérée nécessaire pour connaître le volume exact des sédiments déposés dans la retenue du barrage d'Ighil-Emda, ainsi que la courbe hauteur/capacité.

L'exploitation de ces mesures ont donné des résultats intéressants et inattendus dans la mesure où ils mettent en évidence un ralentissement de l'envasement durant les dix dernières années, et une stabilisation de cet envasement dans la branche de l'oued Embarek ; seule une partie de cette branche, située entre les profils 104 et 106 montre une forte érosion. La branche de l'oued Berd reste par contre une zone très active pour la fourniture de sédiments, les particules fines, drainées par les courants de densité parcourant l'ensemble de la branche jsuqu'au pied de la retenue.

BIBLIOGRAPHIE

[1] H. Duquennois : "*Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs*". Rapport Interne N°3, Août 1955.

[2] J. Evrard : "*Considération sur l'alluvionnement dans les ouvrages hydrauliques d'Electricité de France*". Séminaire International sur le dévasement des retenues. Tunis, Juillet 1980.

[3] I. Levi : "*Theory of underflowg in storage reservoir*". 8ème Congrès AIRH., Montréal 1959.

[4] Y. Mechin : "*Rapport général introductif sur le dévasement des retenues*". Séminaires International sur le dévasement des retenues. Tunis, Juillet 1980.

[5] B. REMINI : "*Processus de l'envasement des retenues et les moyens de lutte*". Algérie Equipement, N° 8, page 35, avril 1993.

[6] B. REMINI : "*Etude hydrodynamique de l'envasement des retenues*". Revue Arab water world.

ERRATUM

- Une malencontreuse coquille s'est glissée dans la conclusion de l'article intitulé "Interaction statique sol structure - Analyse matricielle des structures reposant sur une fondation élastique". du N° 23 de la Revue **Algérie EQUIPEMENT**. Il faut lire la phrase : "*L'avantage de la méthode réside dans son application à des éléments de longueurs finis alors que le calcul des poutres sur sol élastique est limité généralement aux poutres de longueurs infinies ou semi-infinies*". Mea-culpa !

- Nous nous excusons également auprès de nos lecteurs pour les quelques fautes qui ont pu se glisser dans les textes.