

# IMPACT DES ROULEAUX DE RECIRCULATION SUR LA SEDIMENTATION DU BARRAGE DE BENI - AMRANE

Par

**Boualem REMINI**

Maître Assistant, institut de Génie Rural - Université de Blida  
Chercheur à l'Ecole Nationale Polytechnique (ENP)

**Miloud BERKANI**

Maître Assistant à l'ENP

**Ahmed KETTAB**

Maître de Conférence à l'ENP

## Résumé

*Le présent article se limite aux résultats obtenus dans la première étape d'une étude globale non encore achevée. Il s'agit d'analyser expérimentalement, sur un modèle réduit du barrage de Béni-Amrane (réalisé par le Laboratoire d'Etudes Maritimes), l'évolution de la structure de recirculation créée par les apports de crues. Les centres de ces structures sont les sièges de la décantation et de dépôt des sédiments.*

**Mots clés :** Sédimentation - rouleaux de recirculation  
visualisation chronophotographique  
zones de dépôt - modèle réduit.

## 1 INTRODUCTION

Les barrages-réservoirs en Algérie sont exposés aux activités intenses de sédimentation de substances en suspension, ce qui conduit à une réduction constante de leur précieux volume. La plupart des retenues se combrent ainsi progressivement. A terme, cela compromet leur bon fonctionnement et leur rentabilité.

## 2 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de cette étude consiste à définir et à localiser les rouleaux de recirculation qui apparaissent dans la retenue du barrage de Béni-Amrane au moment de l'apport d'une crue, et qui déterminent les zones de dépôts des sédiments, tout en suivant l'évolution de la structure globale de

l'écoulement, formée de deux rouleaux de recirculation tels qu'on peut les observer sur les photographies (2) et (3).

## 3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation a été réalisée sur le modèle réduit du barrage de Béni-Amrane, construit à l'échelle 1/100 tel que la similitude de type Reech-Froude soit vérifiée.

Un dispositif photographique équipé d'un objectif de 50 mm, situé dans l'axe de l'ouvrage à une hauteur de 5 m, permet de prendre des clichés successifs.

## 4 DESCRIPTION DU BARRAGE DE BENI-AMRANE

Le site de Béni-Amrane est situé sur l'oued Isser à environ 40 km de la côte à l'est du village du même nom, sur la RN 5 entre Thenia et Lakhdaria (Figure 1). Le bassin versant du site couvre une superficie de 3 710 km<sup>2</sup>.

Le volume initial du réservoir est de 18 hm<sup>3</sup> ; l'oued Isser transporte une importante charge de solides, constituée de limons et de sables fins. Des concentrations jusqu'à 265 g/l ont été observées. Le poids annuel moyen des solides traversant l'ouvrage de prise est de 6,7 Millions de tonnes, qui laisseront un dépôt de 4,3 hm<sup>3</sup>.

Partant de ces chiffres, il est clair que si les solides se

déposaient dans la retenue et que le barrage captait une proportion importante de la charge des solides de l'oued, la retenue en sera comblée en quatre années moyennes.

### 5 SIMILITUDE ENTRE MODELE ET CONDITIONS REELLES

En ce qui concerne l'écoulement à surface libre, les forces de pesanteur et d'inertie l'emportent sur la viscosité et la tension superficielle ; pour cela, on utilise les lois de Froude pour le calcul des rapports d'échelles :

$$\frac{V_m}{\sqrt{g h_m}} = \frac{V_p}{\sqrt{g h_p}}$$

où V, h et g représentent respectivement la vitesse, la profondeur et l'accélération due à la pesanteur.

Les indices m et p désignent respectivement le modèle et le prototype.

L'échelle du modèle (1/100), combinée aux lois suscitées, détermine comme suit les relations entre paramètres d'un modèle et paramètres réels :

Paramètres	Relation d'échelle	Rapport d'échelle
Longeur	$L_m / L_p$	1 / 100
Vitesse	$(L_m / L_p)^{1/2}$	1 / 10
Débit	$(L_m / L_p)^{5/2}$	1 / 100 000

## 6 RESULTATS EXPERIMENTAUX

### 6.1 Phénomène observé : Rouleaux de recirculation

A l'instant  $t = 0$ , la retenue contient un volume initial d'eau (une quantité quelconque).

L'arrivée d'une crue induit le mouvement des particules situées dans la zone d'entrée. Le phénomène observé et qui est constitué de deux rouleaux de recirculation qui se déplacent vers l'ouvrage, ne concerne que l'écoulement de la crue proprement dite.

Ces structures proviennent de l'inertie qu'opposent les particules initialement immobiles à leur mise en mouvement par les particules provenant de la zone d'entrée de la retenue.

A chaque débit (Q), il apparaît un seul couple de ces rouleaux (Photos 1 à 4). Ils se déplacent de l'entrée jusqu'au centre du réservoir. Lorsque ces structures se seraient suffisamment déplacées vers l'aval, leurs dimensions seraient alors telles que la limitation spatiale, imposée par les parois, devient influente. Le débit d'entraînement nécessaire à l'équilibre de l'écoulement amont ne peut provenir que de la recirculation.

Cette nécessité d'un débit recirculé se traduit en fait par un retour de flux de quantité de mouvement vers l'écoulement amont.

### 6.2 Répartition des sédiments dans la retenue

Les résultats expérimentaux montrent que pour de faibles

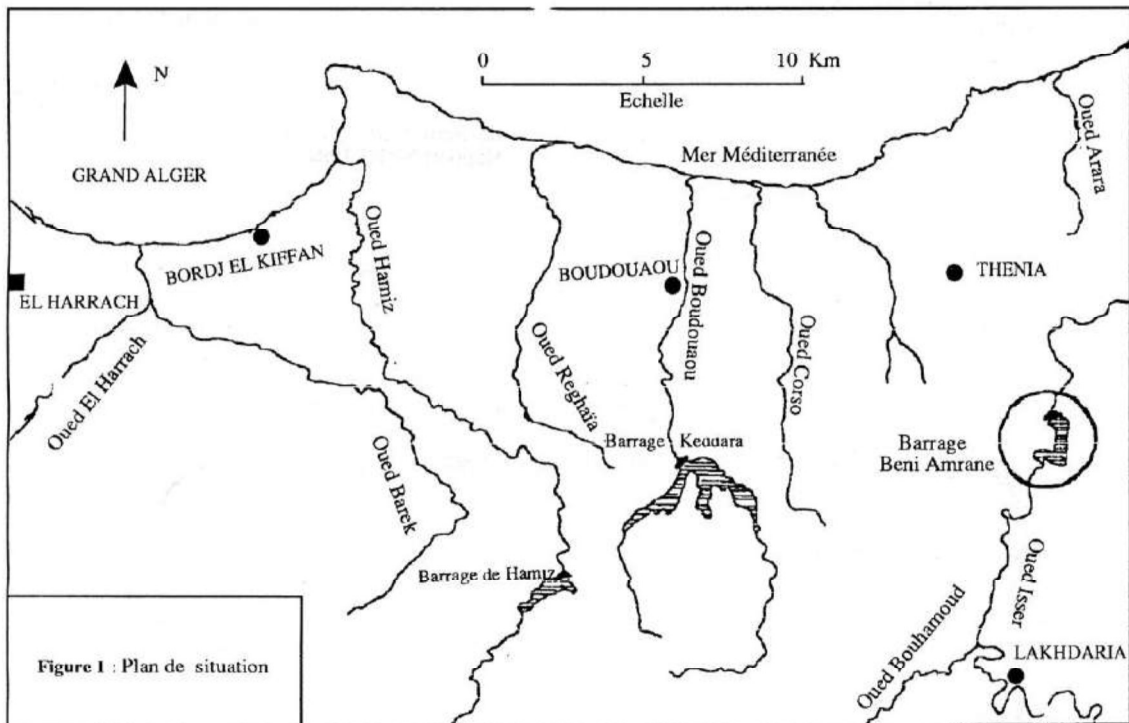


Figure 1 : Plan de situation

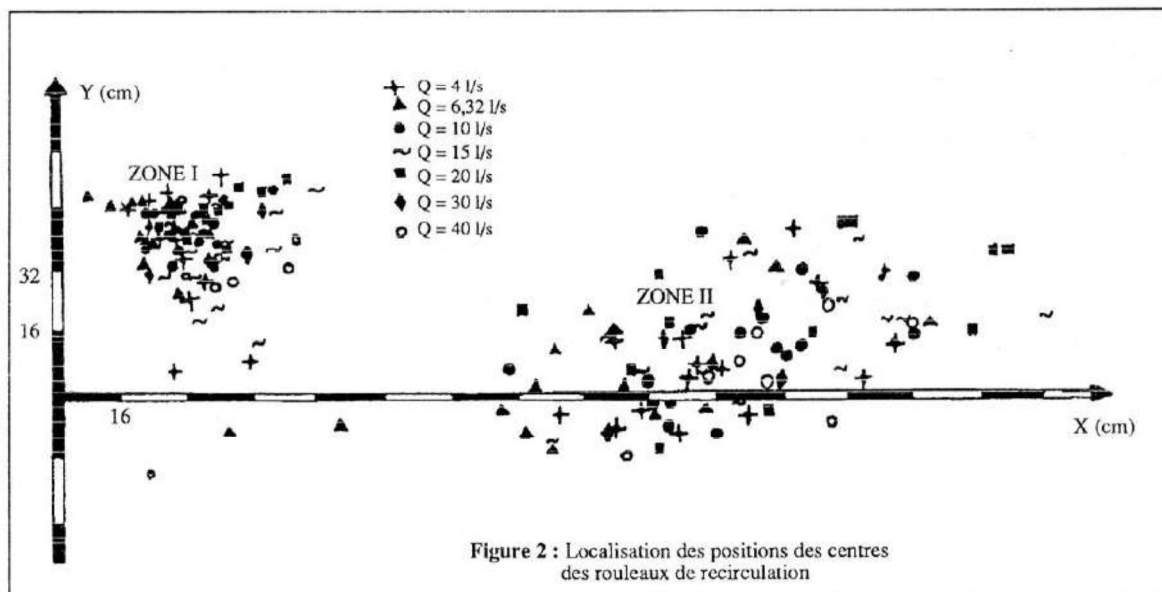


Figure 2 : Localisation des positions des centres des rouleaux de recirculation

crues ( $Q < 3$  l/s sur le modèle réduit), l'écoulement dans la retenue est sans rouleaux de recirculation. Dans ce cas, les sédiments sont tributaires de la gravité. Les particules de faibles dimensions vont se former sous forme de flocons et ainsi elles décantent plus rapidement. Une fois déposées au fond, elles s'y accumulent en formant un lac de vase d'un volume qui peut être très important.

Quand l'énergie de l'écoulement devient importante ( $Q > 4$  l/s sur le modèle réduit), elle provoque une structure de recirculation constituée par un couple de rouleaux ramenant des particules à des endroits bien précis. L'un des rouleaux de dimensions importantes, que l'on appelle rouleau principal, se manifeste dans la partie centrale de la retenue appelée zone II (figure 2). L'autre rouleau de dimensions moins importantes se manifeste dans la zone I (Figure 2) près des vannes de fond du côté droit.

L'existence et l'importance de ces zones se justifient par le dépôt des sédiments et des matières en suspension (voir figure 2). Là, ces eaux perdent leurs matériaux progressivement pour former un "delta" de vase.

## 7 CONCLUSION

Cette étude s'est donc attachée à analyser l'évolution de la structure de recirculation pour préciser les zones de dépôt et de décantation qui sont à l'origine de la formation du phénomène d'envasement de la retenue de Béni-Amrane.

La méthode utilisée, essentiellement expérimentale, par visualisation chronophotographique, s'est avérée très intéressante pour étudier le suivi de l'évolution de la structure de l'écoulement.

## 8 BIBLIOGRAPHIE

- [1] B. Remini "Etude hydrodynamique du mécanisme d'envasement", Thèse de Magister ENP 1990.
- [2] Ministère de l'Hydraulique - Direction Générale de la Planification et des Etudes d'Aménagement "Barrage de Béni Amrane étude des crues et sédimentation", Rapport N° E3 1984.
- [3] J. Fantaine "Les réservoirs d'eau potable", T.S.M. L'eau - Mars 1981.
- [4] C. Fonade "Alimentation par vortex central : une solution originale aux problèmes de circulation d'eau dans les réservoirs", T. S. M. L'eau - Avril 1983.

□ ■ □ ⊕ □ ■ □

### ■ PROCHAIN NUMERO :

*"Le processus de l'envasement des barrages et les moyens de lutte".*

Par Boualem Remini ■

**Tableau n°5**

	Année 0	Année 1	Année 2
Nouvelle pompe	-1 600	20 000	0
Ancienne pompe	0	10 000	10 000
Investissement différentiel	-1 600	10 000	-10 000

La recherche du T.I.R. revient à résoudre l'équation :

$$-1\,600 + \frac{10\,000}{1+t} - \frac{10\,000}{(1+t)^2} = 0$$

c'est-à-dire :

$$4t^2 - 17t + 4 = 0$$

Ce polynôme admet deux racines :

$$t_1 = 25\% \\ t_2 = 400\%$$

De même l'exemple suivant aboutit à des racines multiples :

**Tableau n°6**

	Année 0	Année 1	Année 2
Cash-Flow	-3 000	20 000	-18 000

La recherche du T.I.R. revient à résoudre l'équation :

$$-3\,000 + \frac{20\,000}{1+t} - \frac{18\,000}{(1+t)^2} = 0$$

c'est-à-dire :

$$3t^2 - 14t + 1 = 0$$

Ce polynôme admet deux racines :

$$t_1 = 7,256\% \\ t_2 = 459,42\%$$

Certains auteurs préconisent, quoique ce soit discuté, d'écartier les racines qui semblent irréalistes. De ce fait si l'équation pour un projet de trois ans par exemple, donne les résultats 500% et 15%, ce serait le taux de 15% qui serait retenu. Selon ce même principe, les racines négatives et les racines complexes seraient exclues. Il reste cependant que ces dispositions pratiques ne trouvent pas de justification théorique, d'une part, et, d'autre part, ne permettent pas de choisir entre des taux pouvant tous être réalistes comme, par exemple, 15% et 18%.

Si l'on admet que les racines négatives et les nombres complexes peuvent être écartés, le problème du choix parmi les racines positives reste entier.

Pour cela plusieurs techniques ont été développées (6).

(6) Voir l'article de C. S. Soper "The Marginal Efficiency of Capital : A Further Note" dans Economic Journal (Mars 1959).

Selon la règle du changement de signe de Descartes, il y a autant de racines positives pour (1+t) qu'il y a de changements de signe dans le flux des cash-flows annuels durant la vie du projet. Le tableau n° 7 donne un exemple de ce cas.

**Tableau n°7**

	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Nombre de racines pour (1+t)
Cash-flows	-100	10	20	50	30	30	10	1
Cash-flows	-100	10	20	50	30	30	-10	2
Cash-flows	-100	10	-20	50	30	30	10	3

Il est important de noter que le fait qu'il existe deux racines positives pour (1+t) ne signifie nullement que t également possède automatiquement deux racines positives. Si par exemple, nous avons (1+t) = 1,3 et (1+t) = 0,3, t prend les valeurs suivantes : t = 0,3 et t = - 0,7.

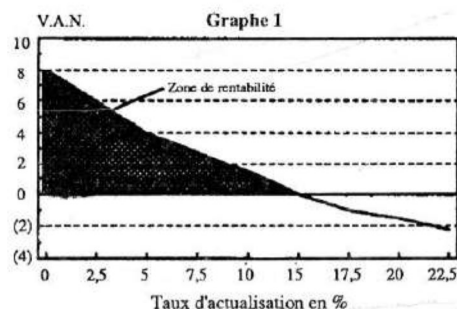
La condition nécessaire (mais non suffisante) pour l'existence de racines positives multiples est l'existence de cash-flows négatifs.

Or l'existence de cash-flows négatifs dans la vie d'un projet est elle même une source de difficultés.

Une façon très pratique et sûre de déterminer le T.I.R. significatif à prendre en considération serait de calculer la V.A.N. pour plusieurs hypothèses de taux d'actualisation et de tracer la courbe de la V.A.N. en fonction du taux d'actualisation. Chaque point d'intersection de cette courbe avec l'axe des abscisses correspond à un T.I.R. il y a autant de racines multiples distinctes qu'il y a de points d'intersection avec l'axe des abscisses.

Trois cas remarquables peuvent se présenter représentés par les graphes ci-après.

Dans le cas du graphe n°1, la racine est unique. Le T.I.R., est égal à 15%, tant que le taux d'actualisation retenu par le décideur est inférieur à 15%, la rentabilité du projet est assurée.



Dans le cas du graphe n°2, la racine est triple. Les T.I.R. sont respectivement 5%, 15% et 25%.

La rentabilité du projet est assurée tant que le taux

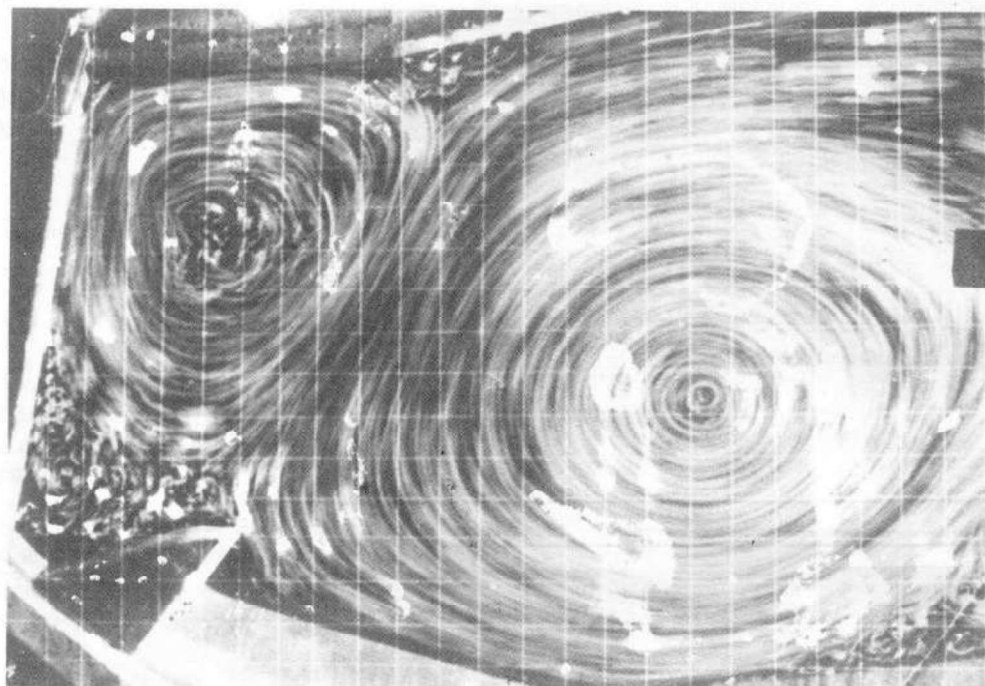


Photo 4 :  $Q = 10 \text{ l/s}$  (modèle)  $Q = 1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$  (prototype)  $t = 85 \text{ secondes}$

## L'ECOLE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS

O R G A N I S E

Les 29 et 30 Novembre 1992

Des Journées d'Etudes

Sur la Mécanique des Chaussées

### O B J E C T I F S

- ✓ Faire le point sur les méthodes expérimentales et les méthodes rationnelles de dimensionnement des chaussées.
- ✓ Evaluer à partir d'un large débat entre concepteurs et constructeurs la situation actuelle en Algérie en matière de conception et calcul de chaussées.
- ✓ Cibler les actions à entreprendre en vue d'améliorer la situation actuelle en matière de recherche, développement expérimental, formation et normalisation.

⇒ Pour communiquer ou participer prendre contact avec :

☛ Mr O. KADRI

**Ecole Nationale des Travaux Publics**

Rue Sidi Garidi 16051 Kouba-Garidi (Alger)

Tel : (02) 58.50.37 - (02) 58.69.69

Fax : (02) 58.80.48

Telex : 62550