

# PREVISION DE L'ENVAISEMENT DANS LA RETENUE DU BARRAGE D'IGHIL EMDA

**B. Remini**

Docteur d'état, Chargé de cours, Université de BLIDA - Algérie

**J.M Avenard**

Professeur, ULP de Strasbourg - France

**A. Kettab**

Professeur, E.N.P El Harach - Algérie

## Résumé

La retenue du barrage d'Ighil-Emda est soumise à un envasement important puisqu'elle a accumulé au total près de  $52.10^6 \text{ m}^3$  1992 de vase pour une capacité initiale de  $156.10^6 \text{ m}^3$  et se trouve ainsi amputée d'environ 33% de son volume initial. Afin de bien exploiter le volume utile du barrage et contrôler l'évolution temporelle du toit de la vase, les mesures des levés bathymétriques deviennent indispensables.

Dans cette étude, nous avons appliqué le modèle "Empirical Area Réduction Method" qui prévoit la distribution des sédiments dans la retenue et permettra en absence de levés bathymétriques, d'estimer la répartition des dépôts solides dans la retenue. Une étude comparative avec le modèle de ORTH et avec des données de levés bathymétriques a été faite. Les résultats obtenus sont jugés satisfaisants. Le modèle "Empirical Aréa Réduction Method" nous a permis de prévoir la courbe : Hauteur-capacité en 1996.

**Mots clés :** barrage d'Ighil-Emda envasement • prévision • "Empirical Aréa Réduction "Méthod".

## 1 INTRODUCTION

L'accumulation des sédiments véhiculés par les eaux pluviales et venant se déposer dans les cuvettes des barrages, constitue une préoccupation essentielle, du moment que les méthodes utilisées pour la détermination des volumes des vases restent peu efficaces.

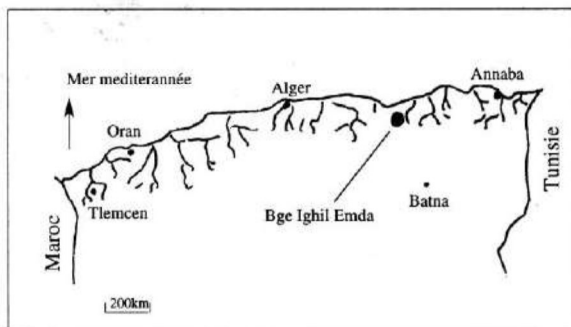
Afin de bien exploiter le volume utile d'un barrage dans lequel est pratiquée la technique du soutirage et de contrôler ainsi l'évolution dans le temps des dépôts de vase, nous avons appliqué le modèle "Empirical Area Réduction Method" et la relation de ORTH pour la prévision de l'envasement dans la retenue du barrage d'Ighil-Emda.

## 2 SITUATION ET PRESENTATION DU BARRAGE

Destiné à la production de l'énergie électrique, le barrage d'Ighil Emda est situé dans la wilaya de Béjaïa à 60km au Sud-Est de la ville et à 40 km environ au nord de Sétif (cartes de situation 1 et 2).



Carte de situation 1



**Carte de situation 2**

Il est installé sur l'Oued Berd, immédiatement en aval de la confluence de cet oued avec l'Oued Embarek, leur réunion constituant en aval du barrage, l'Oued Agriom réalisé entre 1948 et 1953, il est du type barrage poids en enrochements, de capacité évaluée à  $156 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  à la cote 532.

### 3 ENVASSEMENT DE LA RETENUE

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. Ainsi, pendant la période 1974-1992, les apports solides peuvent être estimés à  $34 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , qui représentent sur le bassin versant une détachabilité moyenne annuelle de  $2.966 \text{ m}^3/\text{km}^2$  sur une période de 18 ans.

La retenue d'IGHIL EMDA fait donc l'objet d'une sédimentation croissante, à des vitesses certes variables, mais à un rythme moyen de  $1.33 \text{ m}^3/\text{an}$ . La résultante est que depuis sa mise en service, le réservoir a accumulé  $52 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase et accuse ainsi une perte de capacité de 34%.

### 4 MODELE EMPIRICAL AREA REDUCTION METHOD

Le modèle Empirical Area réduction method prévoit la répartition des sédiments dans une retenue connaissant un seul levé bathymétrique.

La méthode a été mise au point pour la première fois en se fondant sur les données fournies par les levés topographiques de retenues aux Etats Unis ; elle a été décrite par Borland et Miller, révisée par Lara et modifiée ultérieurement par Pemberton. Elle reconnaît que la répartition des sédiments dépend :

- du mode d'exploitation de la retenue
- de la texture et des dimensions des sédiments
- de la forme de la retenue.

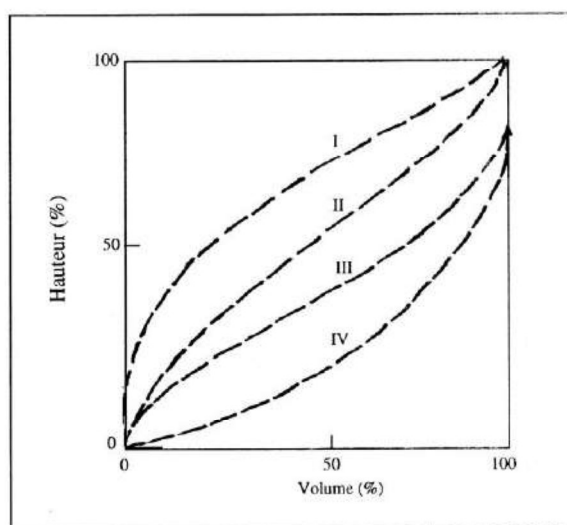
La forme de la retenue est définie par le rapport entre sa hauteur et sa capacité totale ou "m" est l'inverse de la pente de la droite «hauteur-capacité»

tracée sur le papier logarithmique. Sur cette base, la classification est donnée dans le tableau 1.

Type de retenue	Classification	m
1	Lac	3.5 - 4.5
2	Plaine d'inondation (colline basse)	2.5 - 3.5
3	Colline	1.5 - 2.5
4	Gorge	1.0 - 1.5

**Tableau 1 : Formes des retenues.**

Les courbes de calcul présentées sur la figure 1 prévoient la répartition des dépôts solides suivant la hauteur de la retenue. la courbe de la répartition du type IV sert dans le cas extrême où une retenue est vidée chaque année et mise à sec ; alors que la plupart des retenues répondent aux types I, II et III.



**Figure 1 : Répartition des sédiments dans la retenue.**

En attribuant le même poids au mode d'exploitation et à la forme de la retenue, un type de répartition peut être choisi à partir du tableau 2.

Exploitation de la retenue		Forme de la retenue		Type pondéré
Classe	Type	Classe	Type	
Sédiments submergés	1	Lac	1	1
		Plaine d'inondation (colline basse)	2	1 ou 2
		Colline et gorge	3	2
Vidange modéré	2	Lac	1	1 ou 2
		Plaine d'inondation (colline basse)	2	2
		Colline et gorge	3	2 ou 3
Vidange importante	3	Lac	1	2
		Plaine d'inondation (colline basse)	2	2 ou 3
		Colline et gorge	3	3
Généralement vide	4	Lac	1	4
		Plaine d'inondation (colline basse)	2	
		Colline et gorge	3	

**Tableau 2 : Modes d'exploitations de la retenue.**

Dans le cas où le choix est laissé entre deux types de répartition, il convient pour prendre la meilleure décision de voir quel est le facteur le plus important ; le mode d'exploitation ou la forme de la retenue. La texture et les dimensions des sédiments déposés, doivent également entrer en ligne de compte dans ce jugement en considérant les points représentés dans le tableau 3.

Taille prédominante	Type
Sable ou éléments grossiers	1
Silt	2
Argile	3

Tableau 3 : Types des sédiments.

Les sédiments de la plupart des réseaux hydrographiques sont constitués d'un mélange de particules ayant des dimensions le l'argile, du silt et du sable et il s'est avéré que le facteur «dimensions des particules» était le moins important dans le choix du type de courbe de calcul de la figure 1, ce n'est pas dans le cas où on hésiterait entre deux modes possibles de répartition qu'il faut considérer les dimensions des sédiments dans le choix de la courbe de calcul.

L'équation de base utilisée dans ce modèle est la suivante :

$$S = \int_{Y_0}^{Y_0} A d_y + \int_{Y_0}^{Y_0} K a d_y \quad (1)$$

où :

- S - Volume total des sédiments déposés dans le barrage (m<sup>3</sup>).
- Y<sub>0</sub> - Nouvelle côte zéro du barrage après dépôts des sédiments (m).
- A - Surface du réservoir (m<sup>2</sup>)
- d<sub>y</sub> - Accroissement de la profondeur (m).
- K - Coefficient de proportionnalité pour convertir les surfaces relatives des sédiments en nouvelles surfaces du réservoir.
- a - Surface relative des sédiments.

En intégrant et en simplifiant l'équation (1), on obtient la relation suivante :

$$(1-v_0) / a_0 = (S - W_0) / H.A_0 \quad (2)$$

où :

- v<sub>0</sub> - Volume relatif du réservoir par rapport à la nouvelle côte zéro.
- a<sub>0</sub> - Surface relative du réservoir par rapport à la nouvelle côte zéro.
- W<sub>0</sub> - Volume initial du réservoir (m<sup>3</sup>).
- H - Profondeur totale du réservoir de la côte zéro jusqu'à la côte normale de la retenue (m).
- A<sub>0</sub> - Surface totale du réservoir (m<sup>2</sup>).

Par la suite, on définit les deux termes :

$$h_p = (1-V_p) / a_p \quad (3)$$

$$h_p = (S-V_{ph}) / (H-A_{ph}) \quad (4)$$

où :

V<sub>p</sub> - Volume relatif du réservoir par rapport à la profondeur p (m<sup>3</sup>).

a<sub>p</sub> - Surface relative du réservoir par rapport à la profondeur «P»

V<sub>ph</sub> - Volume totale du réservoir à la profondeur p<sub>h</sub> (m<sup>3</sup>).

A<sub>ph</sub> - Surface totale du réservoir à la profondeur p<sub>h</sub> (m<sup>2</sup>).

On peut constater de l'équation (2) que h<sub>p</sub> et h'<sub>p</sub> sont égaux à la côte zéro Y<sub>0</sub>. On notera les différentes surfaces relatives a sont représentées en fonction de la profondeur relative «p» et suivant les quatre types de réservoirs représentées par la figure 2.

$$\text{Type I} : a_p = 5.047 p^{1.85} (1-P)^{0.63} \quad (5)$$

$$\text{Type II} : a_p = 2.487 p^{0.57} (1-P)^{0.41} \quad (6)$$

$$\text{Type III} : a_p = 16.967 p^{1.115} (1-P)^{0.36} \quad (7)$$

$$\text{Type IV} : a_p = 1.486 p^{0.25} (1-P)^{1.34} \quad (8)$$

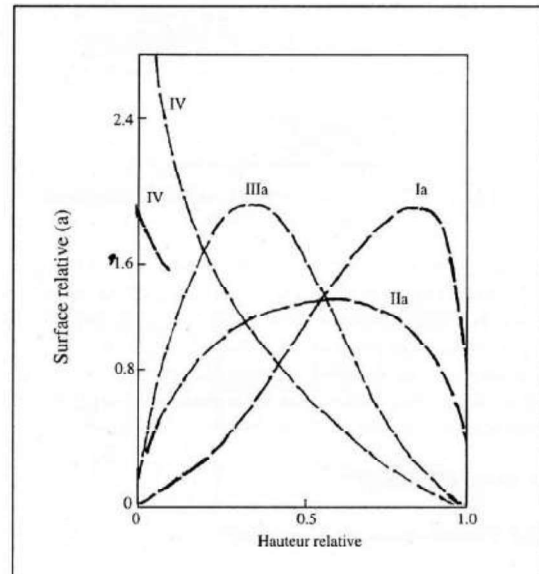


Figure 2 : Courbes de surfaces relatives.

D'autre part et pour différents valeurs de «p», on peut présenter les valeurs du terme h<sub>p</sub> sur la figure 3 distinctement suivant chaque type de réservoir. C'est ainsi, que d'après la relation (2) qui égale les deux termes h<sub>p</sub> et h'<sub>p</sub>, on présentes les valeurs de h'<sub>p</sub> sur la même figure indiquant celles de h<sub>p</sub> (Figure 4) selon le type du réservoir approprié.

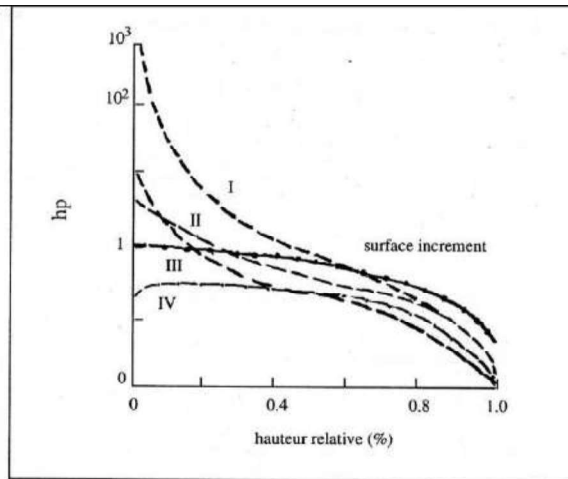


Figure 3 : Détermination de la valeur de  $h_p$ .

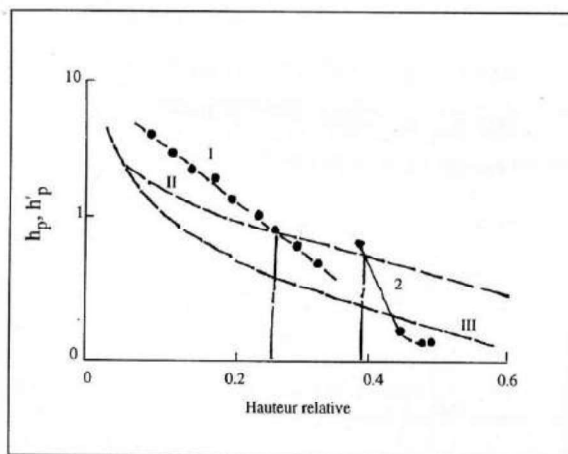


Figure 4 : Détermination de la côte des sédiments. Barrage d'Ighil-Emda.

Le point d'intersection entre les deux courbes  $h_p$  et  $h'_p$  désignera la profondeur relative  $P_0$  de la nouvelle cote  $Y_0$ . Cette dernière n'est autre que le produit  $P_0$  et la hauteur de la retenue, c'est-à-dire :  $Y_0 = P_0 \cdot H$ . En utilisant ce modèle, on peut déterminer la profondeur de la vase ainsi que la nouvelle répartition des surfaces et capacités.

## 5 RESULTATS

### 5.1 Classification des retenues

La détermination de la pente «m» de la figure 5 permet de classer la retenue dans le tableau 4.

Barrage	Pente "m"	Type de retenue
Ighil Emda	2.85 Fig. (5)	II (colline d'inondation)

Tableau 4 : Type de retenue.

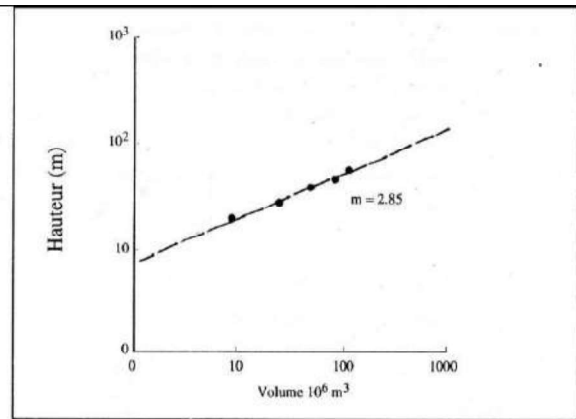


Figure 5 : Détermination de la pente (m). Barrage d'Ighil-Emda.

### 5.2 Relation : hauteur-capacité

Le taux de comblement d'une retenue (une fonction de l'efficacité du soutirage) est le paramètre essentiel dont dépend la répartition des sédiments. Afin de justifier cette hypothèse, nous avons appliqué le modèle Empirical Area Réduction Méthod avec deux levés bathymétriques différents. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 6. On constate :

- un décalage entre les résultats du modèle et ceux des mesures réelles surtout dans la zone basse de la retenue.
- L'erreur devient faible lorsqu'on applique le modèle avec les données d'un levé bathymétrique récent (peu espacé).

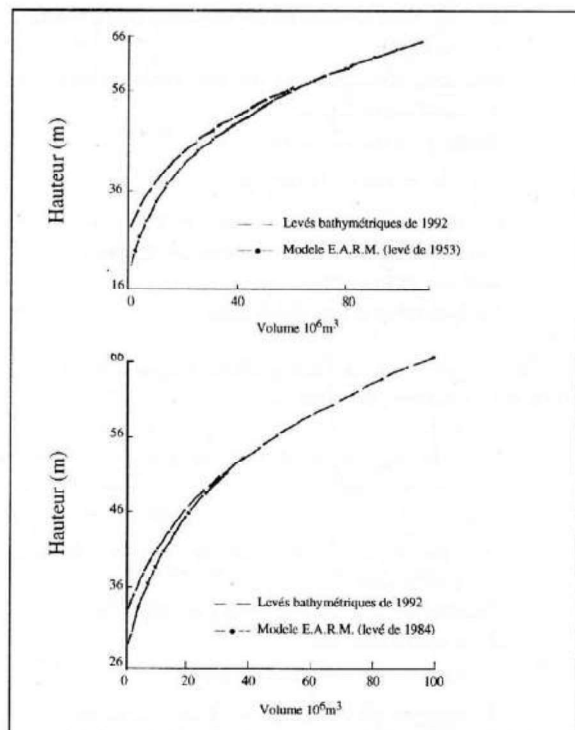


Figure 6 : Courbe hauteur-capteur de l'année 92. Barrage d'Ighil-Emda

### 5.3 Relation de ORTH

Quand une retenue d'un barrage ne dispose pas de données de levés bathymétriques, on peut recourir au modèle de ORTH pour prévoir le dépôt des sédiments dans une retenue. La relation est la suivante :

$$W_t = W_0 [1 - (1 - S_t / W_0)^t] \quad (9)$$

où :

$W_t$  - Volume de la vase à «t» années d'exploitation ( $m^3$ ).

$S_t$  - Envasement moyen annuel durant les premières années de l'exploitation du barrage ( $m^3/an$ ).

Nous avons appliqué cette relation pour quantifier l'envasement dans la retenue du barrage d'Ighil Emda. Les résultats obtenus sont représentés avec ceux des mesures bathymétriques sur la figure 7. Il est possible de constater une divergence importante entre les résultats du modèle et des levés bathymétriques. L'erreur a été évaluée à 46% pour l'année 1992. Ceci est dû à la bonne pratique de la technique du soutirage et la relation (9) a été modifiée et devient :

$$W_t = W_0 [1 - (1 - S_e \cdot (1 - S) / W_0)^t] \quad (10)$$

où :

$S_e$  - Apport solide moyen annuel ( $m^3/an$ ).

$E_s$  - Taux d'érosion du bassin versant amont du barrage ( $m^3/km^2.an$ ).

$S_e$  peut être évalué par la relation (11).

$$S_e = E_s A_B \quad (11)$$

$A_B$  - Surface totale du bassin versant amont du barrage ( $km^2$ ).

Les résultats obtenus par la relation (10) (en prenant  $S = 40\%$  comme rendement moyen des soutirages) sont représentés sur la figure 7. Il en résulte un rapprochement beaucoup plus meilleur entre les courbes du modèle et des mesures bathymétriques.

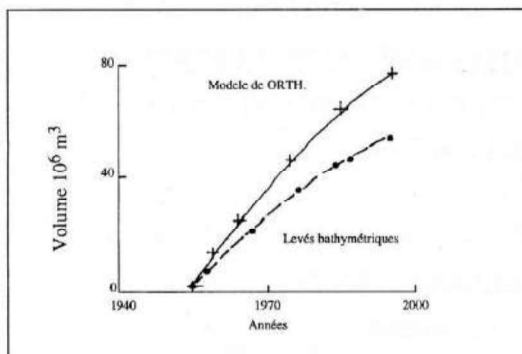


Figure 7 : Evolution temporelle de l'envasement. Barrage d'Ighil Emda.

### 5.4 Prévision de l'envasement dans la retenue

Vu les résultats obtenus par le modèle Empirical Area Réduction Method et la relation de ORTH, nous avons jugé intéressant d'évaluer la quantité de la vase dans la retenue d'Ighil Emda (1996), tout en traçant la courbe Hauteur-capacité (Figure 8). Les résultats obtenus sont donnés par le tableau 5 :

Méthode	Volume de la vase dans la retenue d'Ighil Emda $10^6 m^3$ (1996)
Mesures des levés bathymétriques	54
Modèle E.A.R.M	71
Relation de ORTH	78
Relation de ORTH modifiée	53

Tableau 5 : Résultats obtenus par les différentes relations.

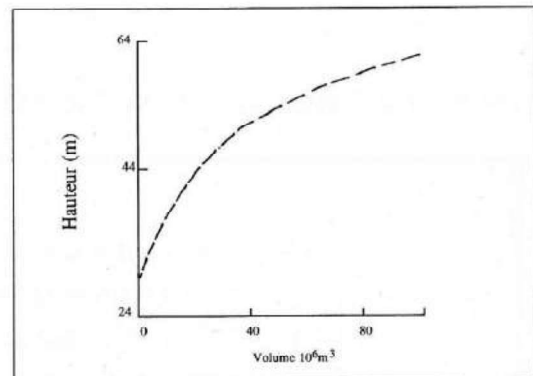


Figure 8 : Courbe Hauteur-Capacité 1996. Barrage d'Ighil Emda.

## 6 CONCLUSION

Les résultats obtenus par le modèle «Empirical Area Réduction Method» avec des données d'un levé bathymétrique récent (peu espacé) se sont avérés encourageants. L'efficacité des soutirages (qui est liée aux taux de comblement) est un paramètre influant sur l'évolution des dépôts de la vase dans le temps et qu'il faut tenir compte dans un modèle de prévision. A cet effet la relation de ORTH modifiée a donné des résultats meilleurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] W.N. Borland & G.W. Miller : "Distribution of sediment in large reservoir". *Journal of hydr. Div, ASCE, Vol.84* 1958.
- [2] A. Chadi & T. Hadji : "Erosion des sols et envase-

- ment des barrages". Revue Algérie EQUIPEMENT n°5, pp. 20-25 Juillet, 1992.
- [3] C.I.G.B : "Maîtrise de l'alluvionnement des retenues". Bulletin n°67, 1989.
- [4] B. Remini, J.M. Avenard & A. Kettab : "Evolution de l'envasement dans trois retenues de barrages en Algérie". Revue vecteur environnement de l'association Québécoise de l'environnement. Vol.29, n°30 pp.43-48, Juin 1996.
- [5] B. Remini & A. Kettab : "Envasement des barrages-cas du barrage de Oued El Fodda". Revue Algérie EQUIPEMENT, n°15 pp.18-21, 1994.
- [6] B. Remini, J.M. Avenard & A. Kettab : "Le barrage d'Ighil Emda- Les courants de densité dans la retenue". Les annales maghrébines n°10, Avril 1996.
- [7] B. Remini : "Processus d'envasement des barrages et moyens de lutte". Revue Algérie EQUIPEMENT n°8, pp. 35-38 Avril 1993.
- [8] B. Remini & A. Kettab : "Les moyens de lutte contre l'envasement des barrages". Premier congrès de l'eau 21 et 23 Mars Benghazi (Libye) 1995.
- [9] B. Remini & Col : "Envasement du barrage d'Ighil Emda". La Houille Blanche n°2/3, 1995.
- [10] B. Remini, J.M. Avenard & A. Kettab : "Distribution des sédiments dans les retenues". Revue Technique Sciences et Méthodes (France) n°3, Mars 1996.
- [11] B. Remini : "The phenomenon of dams mud deposits in Algeria". Revue Arab Water World, Nov. 1994.
- [12] A. Saïdi : "Erosion spécifique et prévision de l'envasement". au colloque sur l'érosion des sols et envasement des barrages. Alger le 1, 2 et 3 Déc. 1991.

## DANS LE PROCHAIN NUMERO

INFLUENCE DES RAIDISSEURS VERTICAUX SUR  
LE COMPORTEMENT DES POUTRES  
CLOISONS ELANCEES

**A. Belahcene, A. Benanane & F.K. Kong**

RESTAURATION DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL EN PISE  
CAS DE SITE DE HONAINE

**F. Ghomari & F. Belabdelouahab**

CHOIX D'UNE METHODE DE TRAITEMENT "ANTI-TARTRE" DE  
L'EAU DE CIRCULATION DANS LE SYSTEME CYCLIQUE

**M. Kherouf, M. Guenfoud**

LES MODELES MATHEMATIQUES A PARAMETRES REPARTIS  
APPLIQUES AUX ECOULEMENTS

**A. Fourar & A. Messameh**