

LA SEDIMENTATION DANS LES BARRAGES DE L'AFRIQUE DU NORD

W. REMINI, B. REMINI

Département de Génie Rural, Université de Blida

Tel : 213 25 43 39 40, Fax : 213 25 43 11 64

Email : reminib@yahoo.fr

RESUME

La sédimentation des barrages dans les pays de l'Afrique du nord est très élevée et même spectaculaire. Elle est due directement aux forts taux d'érosion des bassins versants, dont les particules solides sont drainées directement par les cours d'eau et provoqueront à l'entrée des retenues des courants de densité. Cette sédimentation pose d'énormes problèmes à savoir; la réduction de la capacité, l'obturation des organes de vidange, la sécurité de l'ouvrage, la sédimentation des canaux d'irrigation et elle a même un impact sur la qualité de l'eau.

Mots clés

Sédimentation - Afrique du nord - Barrage - Erosion - Courants de densité.

1. INTRODUCTION

L'Afrique du nord dispose actuellement de plus de 230 barrages d'une capacité totale de stockage de 23 milliards de m³ répartis comme suit (fig. 1, et 2).

Le suivi de l'envasement des retenues, a permis d'évaluer à près de 125.10⁶ m³ la capacité perdue par envasement en moyenne chaque année. Cette capacité est répartie comme suit (fig.3) entre les trois pays.

En plus de la réduction de la capacité, la sédimentation a un impact au niveau du réservoir lui même, en amont, et en aval du barrage. Ces pays (Algérie, Tunisie, Maroc), font partie d'une zone montagneuse caractérisée par un climat agressif avec alternance d'années sèches et humides, et des pluies d'automne dévastatrices pour les sols, d'autant plus qu'elles surviennent à une période où la couverture végétale est réduite ou inexistante, et les sols ameublissent par les labours.

La conséquence est que d'une part, les crues d'automne violentes, et brutales sont la cause d'une forte ablation, et d'autre part, le taux d'érosion dans les bassins versants est important, ce qui favorise l'apparition des courants de densité dans les réservoirs des barrages des pays de l'Afrique du nord.

Dans cette étude, on propose de mettre en relief la gravité du phénomène de la sédimentation des barrages dans la région de l'Afrique du nord à travers l'analyse des étapes du processus de l'envasement (fig.4).

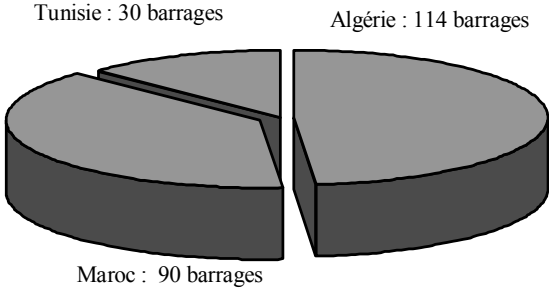


Figure1: Nombre de barrages en Afrique du nord

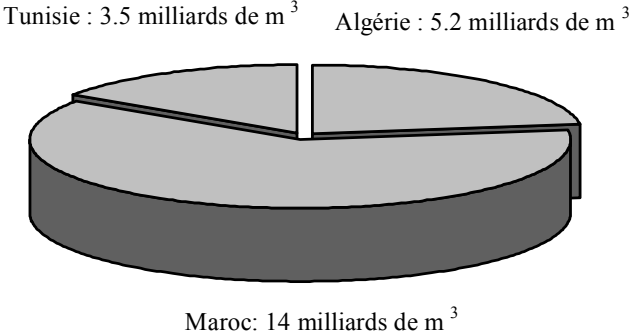


Figure 2: Capacité de stockage en Afrique du nord

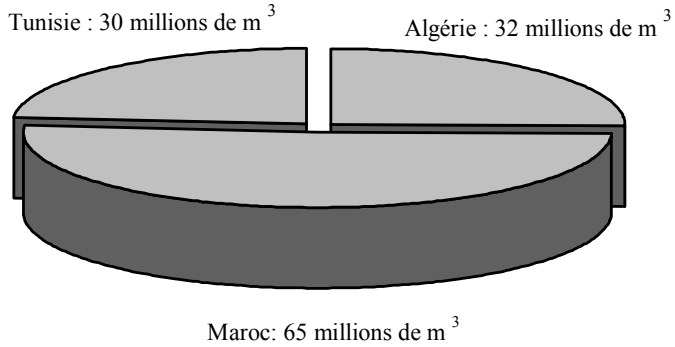


Figure 3: Envasement annuel en Afrique du nord

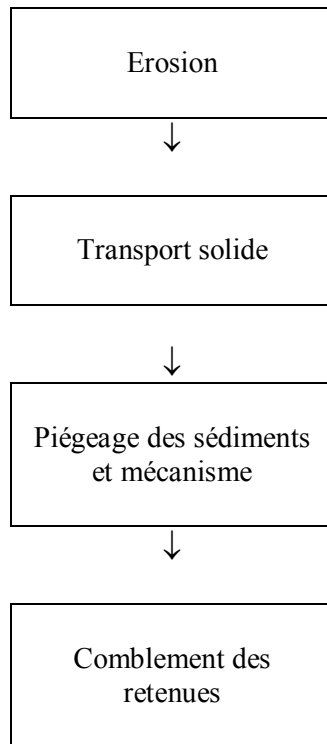


Figure 4: Processus de la sédimentation

2. EROSION DES BASSINS VERSANTS

L'érosion hydrique correspond à la séparation entre la particule et son support, sans inclure le transport et la sédimentation, même s'il se produit toujours un micro-transport (1990). Ce phénomène est très répandu en Afrique du nord. En effet, la majorité des bassins versants de l'Algérie, la Tunisie, et le Maroc est caractérisée par de fortes dégradations spécifiques dépassant 2000 t/km².an. A titre d'exemple, dans les bassins versants marocains, le taux d'érosion spécifique est :

- supérieure à 2000t/km².an au niveau des bassins du Martil, de l'Ouergha, de akhdar, et de la Tessaout.
- comprise entre 1000 et 2000 t/km².an au niveau des bassins du Neckor, de M'Harhar, et du Loukkos.
- comprise entre 500 et 1000 t/km².an au niveau des bassins versants de Sebou, de l'Inanouène, de l'Oued El Abid, et du Massa.
- inférieure à 500 t/km².an au niveau du reste du pays (2001).

En Tunisie, l'érosion hydrique dégrade les terres cultivables. Au total, 1,2 millions d'héctars sont gravement affectés par l'érosion dans le nord, et le centre de la Tunisie, soit 25% de la superficie totale des terres (1991).

En Algérie, le taux d'érosion dépasse 2000t/km².an sur la plupart des bassins versants de l'Atlas Télien (Rhiou, Sly, Fodda, Mazafran, Isser). Il atteint 4000t/km².an sur la chaîne côtière de Dahra, et 5000 t/km².an sur le bassin très dégradé de l'Oued Agrioum (1982). Sur la Seine, par contre, le taux d'érosion est de 62t/km².an, il atteint 1500 t/km².an sur celui de la Durance (France), et dépasse 2500 t/km².an sur certains bassins de la Chine, et de l'île de Java (1980).

Tous ce matériel érodé est transporté plus ou moins rapidement jusqu'aux cours d'eau. Il comprend des particules fines en suspension, des sédiments grossiers charriés, et de la matière dissoute. Ce sont les crues d'automne qui causent le plus d'érosion.

2.1. TRANSPORT SOLIDE

Une fois ce matériau solide arrivé dans les cours d'eau, il sera transporté par la force du courant. Les concentrations des sédiments sont très élevées suivant les cours d'eau, et l'importance des crues. Elles varient énormément et peuvent atteindre ou même dépasser les 200 g/l en Tunisie. Des concentrations de 100 g/l sont fréquentes à la Madjerda, au Zeroud, et au Marguellil (Tunisie).

Des quantités considérables de sédiments sont transportées par les cours d'eau algériens pendant les crues. Variant de 50 à 150 g/l, avec des valeurs maximales dépassant même 500 et 600 g/l puisque des valeurs de 650 g/l ont été enregistrées sur certaines rivières (1993). Une proportion importante de ces sédiments sera piégée dans les retenues de barrages. Par exemple, au Maroc près de 60% des 100.10^6 de tonnes de terre érodée annuellement se dépose dans les retenues de barrages (2001).

2.2. PIEGEAGE DES SEDIMENTS ET MECANISME DE SEDIMENTATION

Une fois la crue arrivée au niveau des eaux calmes du réservoir, les matériaux grossiers se déposent dans la zone de remous en formant un « delta » en queue de la retenue. Les particules fines sont piégées dans la retenue et commencent à se déposer, se tasser, et à se consolider diminuant ainsi progressivement leur capacité de stockage en eau.

Lorsque la concentration des sédiments est très élevée, les particules fines plongent au fond de la retenue et s'y écoulent sous forme d'un courant de densité (fig.5). La configuration géométrique des retenues sous forme de canal (fig.6) pour la plupart des barrages de l'Afrique du nord favorise les courants de densité à se propager jusqu'au pied du barrage. En l'absence d'ouverture des vannes, les sédiments drainés par les courants de densité, se déposent et se tassent puis se compactent selon leur nature, et les conditions physico-chimiques du milieu. (fig.7). Cette consolidation peut gêner, plus tard, l'évacuation des sédiments accumulés dans la cuvette lorsque les manœuvres des vannes seront opérées très en retard.

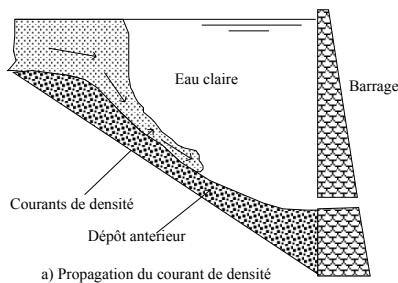


Figure 5: Propagation d'un courant de densité

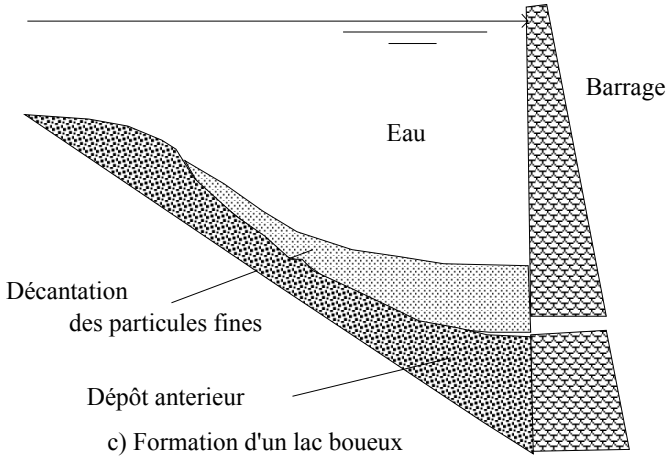


Figure 6: Quelques exemples des retenues de type « canal »

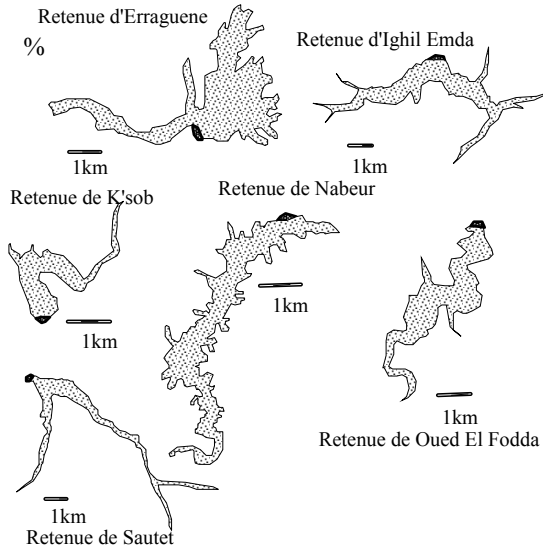


Figure 7: Décantation et tassement des particules solides fines

2.3. PROBLEMES POSES PAR LA SEDIMENTATION

La sédimentation dans les barrages pose d'énormes problèmes au niveau du réservoir lui même, mais aussi en amont et en aval du réservoir. Elle entraîne la réduction de la capacité utile du barrage. Le blocage des organes de vidange. La sédimentation peut mettre la stabilité de l'ouvrage en danger. Elle peut aussi accélérer l'eutrophisation du lac. Les sédiments en suspension dans l'eau distribuée par les canaux, à partir des barrages, se déposent dans ces ouvrages, réduisent leur débitance, et rendent difficile leur exploitation (fig.8).

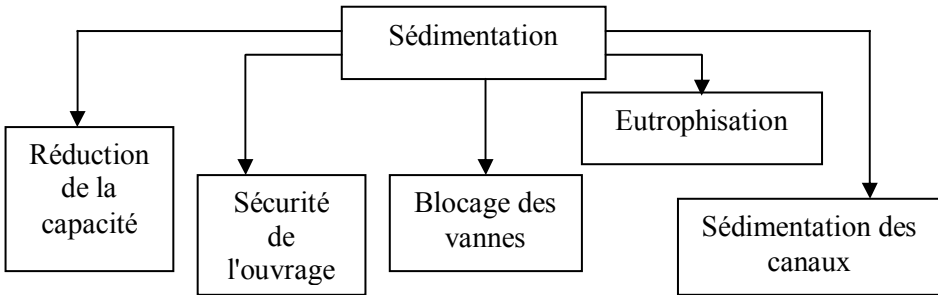


Figure 8: Problèmes posés par la sédimentation

2.3.1. Réduction de la capacité

Les pays de l'Afrique du nord comme l'Algérie, le Maroc, et la Tunisie, détiennent plus de 220 barrages d'une capacité de plus de 20 milliards de m^3 . Chaque année, un volume de 120 millions de m^3 de vase se dépose dans les réservoirs. Le tableau 1 représente le taux de sédimentation d'une dizaine de barrages des plus envasés de l'Afrique du nord.

Il est à constater, que le taux de sédimentation annuel est évolué à $50.10^6 m^3$ uniquement pour les dix barrages sur les 220. Ce qui représente 40% de l'envasement annuel du nombre total. Cependant, le barrage Mohamed V (Maroc) est le premier barrage de l'Afrique du nord, il reçoit annuellement un volume de vase égal à $11,6.10^6 m^3$. Les quatre barrages marocains Mohamed V, Eddahabi, El Massira, et Ben El Ouidane reçoivent annuellement une quantité de vase de $30.10^6 m^3$, l'équivalent de ce que les 114 barrages algériens reçoivent annuellement.

Tableau 1 : Taux d'envasement (2002)

| Barrages | Année de mise en eau | Capacité .10 ⁶ m ³ | En moy.ann. 10 ⁶ m ³ /an | Taux de sédimentation (%) |
|-------------------------|----------------------|--|--|---------------------------|
| Mohamed V (Maroc) | 1967 | 725 | 11,6 | 56 |
| Mansour Edahabi (Maroc) | 1972 | 592 | 4,8 | 24 |
| El Massira (Maroc) | 1979 | 2724 | 9 | 7,5 |
| Bir El Ouidane (Maroc) | 1953 | 1484 | 4,5 | 15 |
| Mellegue (Tunisie) | 1954 | 332 | 5,94 | 85 |
| Sidi Salem (Tunisie) | 1981 | 555 | 5,6 | 21 |
| Ghrib (Algérie) | 1939 | 280 | 3,2 | 72 |
| Oued El Fodda (Algérie) | 1932 | 228 | 2,31 | 71 |
| Ighil Emda (Algérie) | 1953 | 155 | 1,33 | 42 |
| Bougezoul (Algérie) | 1934 | 55 | 0,66 | 81 |

2.3.2. La sécurité de l'ouvrage

La sédimentation des retenues a un impact sur la sécurité des barrages, par la mise en danger de la stabilité de l'ouvrage du fait de l'augmentation de la force hydrostatique produite par le remplacement accéléré du volume d'eau par la vase. Ceci se traduit par l'accroissement de la masse spécifique qui peut atteindre 1,8 t/m³. Ce cas a été signalé aux barrages des Zardézas, et K'sob. Nous pouvons dire que si le taux de comblement d'une retenue dépasse 50% de la capacité initiale et la vase est en contact de l'ouvrage, dans ce cas, il faut prendre au sérieux la stabilité du barrage. C'est le cas des barrages de Oued El Fodda, et de Foug El Gherza.

2.3.3. Blocage des vannes

La présence des courants de densité dans une retenue accélère la sédimentation, et peut avoir comme impact l'obturation des organes de vidange. La non maîtrise du mécanisme des courants de densité peut avoir un effet néfaste sur les vannes de fond. En effet, l'ouverture tardive des vannes de fond, par rapport à l'arrivée des courants de densité, favorise la consolidation des vases près des pertuis de vidange et rend plus difficile leurs manœuvres. Comme exemple, on peut citer le cas du barrage de Oued El Fodda dont la vanne de fond a été bloquée depuis 1948 suite à la consolidation rapide de la vase. Actuellement, elle se trouve sous 40 m de hauteur de vase. La vanne du barrage de Fom El Gherza s'est obturée durant la période 1981-1989 (1997) Celle du barrage des Zardézas a été bloquée durant les années 90.

2.3.4. Accélération de l'eutrophisation

Une fois déposées, les particules solides se tassent, et se consolident suivant leur nature, et les conditions physico-chimiques du milieu. Du fait de l'eutrophisation qui en résulte, la qualité de l'eau se dégrade très sérieusement. Plusieurs cas ont été signalés dans la région de l'Afrique du nord. En effet, les déficits en oxygène, enregistrés près du fond du barrage El Khattabi (Maroc) au cours de la saison d'été, ont provoqué une activité de biodégradation dans les zones profondes (2001).

2.3.5. Sédimentation dans les canaux d'irrigation

Un autre problème délicat posé par la sédimentation qui s'étend cette fois-ci à l'aval du barrage. En effet, l'irrigation par l'eau chargée provoque le dépôt des sédiments dans les canaux. La section mouillée diminue avec le temps et le débit d'écoulement par conséquent. Ce problème impose leur entretien, et leur dévasement d'une manière périodique.

Selon Badraoui A. et Hajji A. (2001) au Maroc, plusieurs canaux d'irrigation s'ensavent à chaque opération d'irrigation. C'est le cas du canal de rocade qui alimente les périmètres du Haouz central, et la ville de Marrakech à partir du complexe Hassan 1^{er} Sidi Driss. Les périmètres de Habra, dans l'ouest algérien, s'ensavent à chaque opération d'irrigation. Il arrive souvent que les siphons se bouchent par la consolidation de la vase, et le curage devient donc indispensable, et d'une manière régulière.

3. CONCLUSION

La sédimentation des barrages est un phénomène naturel très complexe qu'il faut l'étudier de l'amont à l'aval du barrage. Les conséquences de ce phénomène sont extrêmement gênantes. Elle a un impact au niveau du réservoir lui même, amis aussi en amont et en aval du barrage. Le mécanisme de la sédimentation et plus particulièrement les courants de densité restent l'étape la plus délicate de ce processus et leur maîtrise aboutira directement à la proposition des méthodes de lutte adéquates.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RAMPON (1990). Erosion hydrique et sédimentation dans les barrages. Informations techniques CEMAGREF, juin, n° 78, note 6 pp. 1-7.

BADRAOUI A , HAJJI A. (2001). Envasement des retenues de barrages. Revue la Houille Blanche, n°6/7, pp. 72-75.

BOUZID A. (1991). L'expérience de la Tunisie dans la protection des sols et des barrages. Sem. Int. sur l'érosion et l'envasement des barrages, Alger.

DEMMAK A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Docteur Ingénieur, université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.

MECHIN Y. (1980). Rapport général introductif sur le dévasement des retenues. Séminaire international sur le dévasement des retenues. Tunis, 1-4 juillet, 5 p.

MEKERTA B., TISOT J-P. (1993). Etude de la sédimentation dans les retenues de barrages, propriétés mécaniques, 1er congrès national des grands barrages, Alger 24 et 25 mai, pp. 1-9.

REMINI B. (1997). Envasement des retenues de barrages en Algérie : importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique du soutirage. Thèse de Doctorat d'état, Ecole nationale Polytechnique d'Alger, mars, 342 P.

REMINI B. (1999). Les conséquences de l'envasement des barrages: quelques exemples algériens. Revue Techniques sciences méthodes, n°4, avril, pp. 55-62.