

L'Envasement dans Les Barrages de l'Algérie. Siltng in the Dams of Algeria.

Diab Djeffal Imane ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Department of Civil Engineering, University of Tizi-Ouzou, Algeria.
diabimanegc25@hotmail.fr*

Abstract : Algeria presently has 57 big dams with a total capacity of 6.8 billion of m³. Still, this potential quantity of water is lowered by the silting-up of reservoirs, evaporation from the lakes and water losses through bank and dam foundations. According to the last measurements in 2006, the silting-up of the 57 Algerian big dams is 45 Million.m³ /year, with strong disparities from one site to another and a significant increase in erosion in some catchments during the last decades. This situation represents a decrease in capacity of 0.65% per year.

Key-Words : Algeria, arid zone, dam, silting-up, water.

I. INTRODUCTION

DEPUIS plusieurs décennies, la demande en eau dans le bassin méditerranéen est en forte hausse, en 1995 la demande en eau représentait déjà 54 % des ressources en eau exploitables [1]. Pour faire face à une demande toujours croissante, l'homme a comme principale alternative le recours à l'eau stockée soit naturellement dans les aquifères, soit artificiellement dans les barrages. Pour de multiples raisons, la priorité a souvent été donnée aux barrages. Cela peut s'expliquer par des conditions hydrogéologiques trop mal connues ou peu favorables, mais aussi par la réalisation conjointe d'un autre objectif comme la protection contre les inondations ou la production d'électricité[2].

Les bassins-versants du Maghreb sont très nombreux et leurs conditions environnementales (topographie, géologie, végétation) changent rapidement sur de faibles distances. Avec un climat qui va de semi-aride à aride, l'Afrique du Nord a peu de grands fleuves et une part importante de l'écoulement transite par des rivières non permanentes. L'implantation des barrages dans des contextes très variés explique que leur durabilité doit d'abord être analysée au cas par cas, tout comme les mesures prolongeant leur vie.

Le transport des sédiments dans le réseau hydrographique des bassins versants et leur dépôt dans les retenues pose aux exploitants des barrages des problèmes dont la résolution ne peut qu'être onéreuse. Non seulement la capacité utile est progressivement réduite au fur et à mesure que les sédiments se déposent dans la retenue mais encore l'enlèvement de la vase est une opération délicate et difficile, qui bien souvent exige que la retenue

soit hors service, ce qui est pratiquement impossible dans les pays arides et semi-arides. Dans l'un et l'autre cas, il en résulte des dommages considérables à l'environnement et une mise en péril de l'économie du projet[3].

II. HISTORIQUE

Le premier barrage construit en Algérie est le barrage de Sig en 1846, Il a été abandonné faute de son envasement rapide. En 1890, il existait en Algérie neuf barrages, d'une capacité de 61 Million de m³ et un volume de Vase de 2,7 Million m³. En 1957, les barrages d'Algérie d'une capacité de 900 Million de m³ avaient accumulé près de 200 Million de m³ de vase [4]-[5]. Cette capacité a atteint 1 milliard de m³ en 1962, à partir de cette date Le nombre de barrages a augmenté considérablement. Récemment, l'Algérie dispose de 57 grands barrages d'une capacité totale de 6,8 Milliard de m³, la plupart ont été réalisés dans les 40 dernières années [6].

Les années 80 ont connu des taux d'envasement avoisinant les 20 millions de tonnes annuels alors que les années 90 ont atteint déjà les 35 millions de tonnes annuels, les années 2000 vont crescendo et grimpent à la valeur de 45 millions de tonnes annuels. Tous les spécialistes s'accordent à dire que les années à venir seront très dures pour les zones arides et semi-arides [7]-[5].

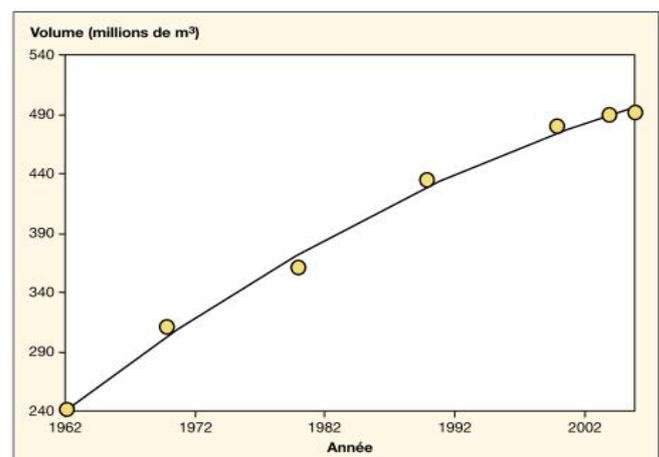


Fig. 1 Évolution de l'envasement des grands barrages algériens en exploitation en 1962 [6].

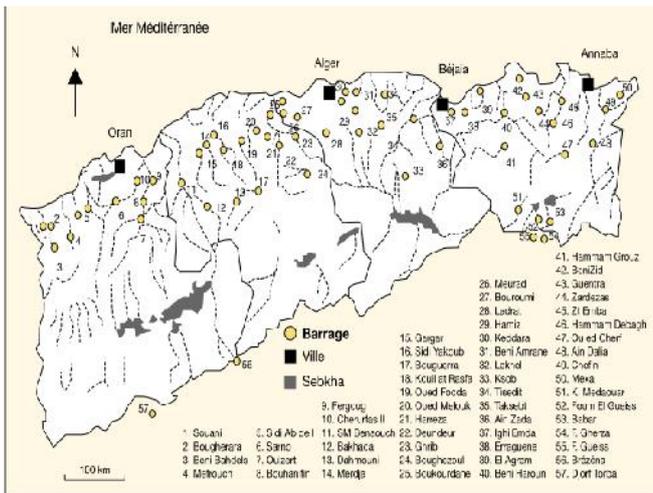


Fig. 2 Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien [6].

III. ENVASUREMENT DES BARRAGES ALGÉRIENS

L'Algérie du nord est une zone montagneuse fragile. Les montagnes s'étendent sur une superficie de 75000 km² dont les deux tiers sont situés à plus de 800 m, et le quart présente des pentes supérieures à 25 %. La lithologie y est souvent constituée de roches tendres (notamment schistes et argiles) sensibles à l'érosion. Le climat très irrégulier alterne années sèches et humides, avec des pluies souvent intenses et dévastatrices.

La conjonction de ces différentes caractéristiques induit une érosion forte, difficile à quantifier : le chiffre moyen de 800 t/km² par an proposé pour différents bassins du Maghreb [8]-[6]. Par exemple, l'érosion serait 5000 t/km² par an sur le bassin-versant de l'Oued Agrioum dans l'est algérien [7]-[6], alors qu'elle n'est que de 165 t/km² par an dans le bassin de l'Oued Mouilah [9]-[6]. Dans un même bassin, le transport solide peut fluctuer de plus de deux ordres de grandeur selon les années ou les mois. Ainsi, les apports solides annuels du bassin de l'Oued Mouilah (2650 km²) ont varié de 6 à 1038 t/km² par an entre 1978 et 1987 [9]-[6]. Cette hétérogénéité se retrouve également à l'échelle événementielle : les quelques événements les plus violents sont responsables de l'essentiel de l'érosion annuelle. Les fortes crues peuvent transporter des charges de sédiments en suspension supérieures à 100 gramme/Litre [3]. Cette forte concentration se manifeste surtout pendant l'automne, succédant à la période estivale pendant laquelle les oueds sont à sec. Le plus souvent, il convient de rajouter la partie charriée du transport aux chiffres précédents.

L'une des conséquences immédiates de l'érosion est la sédimentation dans les barrages, selon une récente étude basée sur des séries statistiques comportant les données de

57 grands barrages (Figure 2), l'Algérie perd par envasement 45 à 50 millions de m³ chaque année, ce qui représente une perte de capacité annuelle égale à 0,65 % de la capacité totale. Le volume de vase estimée en 2006 était de 1,1 milliards de m³, soit un taux de comblement de 16 % de la capacité totale de 6,8 milliard de m³ [10]. Certains barrages ne contiennent pratiquement que de la vase, à l'exemple du Fergoug qui est envasé à 80 %.

Le tableau 2 des 18 barrages les plus envasés souligne la forte variation de l'envasement d'un site à l'autre, en fonction de l'intensité de l'érosion dans le bassin (liée à la géologie, à la pente, au couvert végétal, etc.), de l'âge de l'ouvrage, mais aussi des éventuelles mesures de protection à l'amont ou des opérations de dévasement déjà effectuées.

La (figure 3), cartographie le taux de comblement moyen (T), qui est la perte annuelle de capacité d'un barrage (en %) par envasement, selon quatre catégories depuis le comblement faible (T < 0,5 % par an) jusqu'au très fort (T > 3 % par an).

L'envasement a beaucoup varié durant la dernière décennie. Ainsi, la comparaison des nivellements de 1986 et 2006 montre un doublement des taux d'envasement pour les barrages de Djorf Torba et Ksob, passant de 1,3 à 2,6 Million de m³ /an et de 0,3 à 0,6 Million de m³ /an respectivement.

Cette hausse spectaculaire, qui n'est pas observée de manière uniforme, serait une conséquence de la sécheresse des années 1990 : le couvert végétal ainsi diminué et les sols dégradés auraient mal résisté à un retour des pluies et crues violentes des dernières années, causant une forte ablation de la couche superficielle du sol et favorisant une forte érosion.

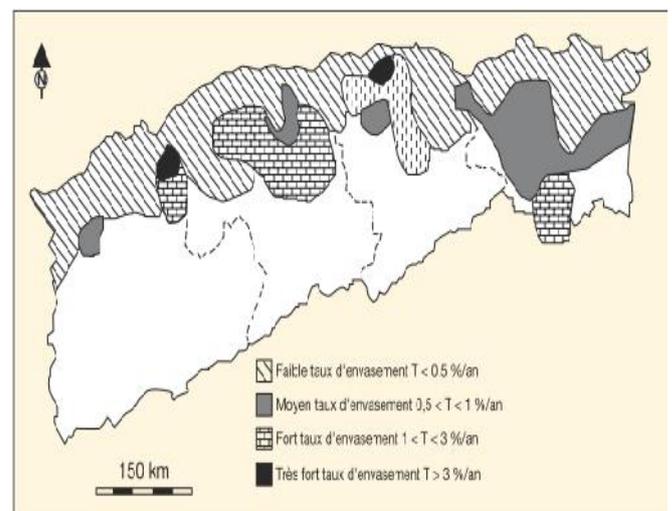


Fig. 3 Carte de sensibilité à l'envasement des barrages. [11]-[12].

Tableau I. Liste des barrages les plus envasés d'Algérie. [6]

Barrage	Année de mise en eau	Capacité initiale (Millionm ³ /an)	Comblement en 2006 (%)	Dévasement effectué(Million.m ³)
Fergoug	1970	18	100	7
Beni Amrane	1988	16	80	3
Menrad	1860	1	80	
Foum El Gherza	1950	47	70	4
Foum El Gueliss	1939	3	67	
Ghrib	1939	280	60	
Ksob	1977	30	60	1
Oued Fodda	1932	228	57	45
Bouhanifla	1940	73	57	
Bouhezoul	1934	55	56	
Zardezaz	1977	27	54	10
Ighil Emda	1951	155	55	47
Hamiz	1935	21	27	8
Djorf Torha	1969	350	27	
Sarno	1954	22	24	
Bakhada	1963	56	20	
Beni Baddels	1952	63	17	

IV. MESURES DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT

La lutte contre l'envasement des barrages en Algérie doit revêtir une dimension nationale tant les enjeux sont énormes. Tous les spécialistes s'accordent à dire que les pays du Maghreb, d'ici à 2025, connaîtront des problèmes aigus d'eau. Autant, dès maintenant, penser à une stratégie globale de préservation de nos barrages contre ce grave problème de l'envasement [5].

Lorsque l'envasement d'un barrage atteint un seuil critique, plusieurs choix sont possibles : l'abandon progressif de l'aménagement et la réalisation d'un nouveau barrage, le dévasement du barrage, la surélévation de la digue. L'abandon d'un barrage est souvent problématique et ne fait que reporter le problème à l'aval.

Sept barrages ont été déclassés, dont cinq de petite taille (1 Million de m³). Les deux grands barrages déclassés sont Fergoug II, mis en service en 1871 avec un volume de 30 Million de m³, et Cheurfas I, mis en service en 1882 avec une capacité de 14,4 Million de m³. Ils ont été remplacés, respectivement, par Fergoug III en 1970 (18 Million de m³) et Cheurfas II en 1992 (82 Million de m³).

L'Algérie a été parmi les premiers pays du monde à pratiquer la surélévation des barrages. Depuis 1850, 94 Million de m³ ont ainsi été récupérés dans neuf barrages (dont les trois quarts après 1950). Cette valeur reste, cependant, minime en comparaison de la rapidité de l'envasement. De plus, cette technique qui implique de lourds travaux de génie civil ne peut être envisagée partout. L'essentiel du contrôle des sédiments de barrage repose donc dans les différentes techniques de dévasement [6].

A. Dragage des barrages

Les facteurs qui poussent à envisager le dragage sont liés soit à des considérations hydrauliques, soit à l'entretien et à la restauration du milieu. Le dragage peut avoir plusieurs objectifs dont ; Procéder à des travaux d'excavation sous l'eau dans les retenue des barrages «la

récupération de la capacité de stockage» ; Extraire les sédiments immergés tel que sable, gravier, argile, les métaux précieux et les agents fertilisants ; La navigation gênée ou rendue impossible par l'envasement: entretenir et approfondir les voies navigables ; Améliorer ou maintenir la capacité de débit des cours d'eau en augmente les profondeurs naturelles [5].

Huit barrages ont fait l'objet d'un dévasement par dragage durant le dernier demi-siècle. La première drague refouleuse utilisée en Algérie a servi entre 1958 et 1969 dans les barrages de Cheurfas (10 Million de m³ de vase), Sig (2 Million de m³), Fergoug II (3,1 Million de m³) et Hamiz (8 Million de m³). La deuxième drague a été utilisée entre 1989 et 1992 dans le barrage de Fergoug III (7 Million de m³ de vase) puis entre 1993 et 2002 dans le barrage des Zardezaz (10 Million de m³).

Actuellement, deux autres dragues participent au dévasement des barrages de Foum El Gherza (4 Million de m³ pour la première tranche), Merdja SidiAbed (5 Million de m³), Ksob (4 Million de m³) et Fergoug III (7 Million de m³). Le volume dévasé cumulé des huit barrages avoisine 60 Million de m³ [6].

B. Chasse des sédiments

On peut réduire l'envasement par l'évacuation des sédiments par les pertuis de vidange à condition de bien maîtriser les mécanismes de la sédimentation dans les barrages. Il existe trois méthodes :

- la vidange annuelle du barrage (chasse espagnole) ;
- l'ouverture périodique des vannes de fond ;
- le soutirage des courants de densité.

La première technique consiste à vider le barrage en début d'automne, laisser les vannes ouvertes et attendre que les premières crues enlèvent les vases non encore consolidées. Cette méthode n'est pas adaptée aux régions semi-arides où l'on souhaite réaliser une gestion interannuelle des ressources en eau.

La deuxième technique est l'ouverture périodique des vannes de fond. Elle est indispensable pour enlever les dépôts vaseux près des pertuis de vidange, mais peu efficace au-delà. Les premières tentatives d'évacuation des sédiments par la vanne de fond ont été effectuées au barrage d'Oued El Fodda en 1937 et en 1939, malheureusement sans grand succès puisqu'en 1948 les vannes de fond étaient complètement obturées. Cette méthode n'est actuellement pratiquée que dans le barrage de Beni Amrane, ses six vannes de fond ont évacué environ 3 Million de m³ de vase entre 1988 et 2000, soit environ 26 % des sédiments entrants.

La troisième méthode, probablement la plus efficace, est le soutirage des courants de densité par des vannettes de dévasement. La majorité des retenues en Algérie se prêtent à la mise en œuvre de cette technique.

En effet, la forte concentration en sédiments dans les cours d'eau en période de crues et la forme allongée (de type canal) de la plupart des barrages donnent naissance à des courants de densité à l'entrée de la retenue, pouvant se propager jusqu'au pied du barrage [11]. L'ouverture des vannettes au moment opportun peut évacuer une forte quantité de sédiment. Cette méthode, pour l'instant appliquée seulement dans les barrages d'Ighil Emda, Oued El Fodda et Erraguene, a permis de se débarrasser d'environ 100 Million de m³ de vase. Pour résoudre le problème de l'obturation de la vanne de fond du barrage d'Oued El Fodda (actuellement sous 45 mètre de vase), cinq vannettes de dévasement ont été installées en 1961.

La retenue avait une capacité initiale de 228 Million de m³ (1932), réduite progressivement à 127 Million de m³ en 1994, malgré un dévasement de 45 Million de m³ entre 1961 et 1994.

Le barrage d'Ighil Emda, mis en service en septembre 1953, est probablement l'un des premiers au monde à être équipé d'un dispositif approprié au soutirage, constitué de huit vannettes de faible diamètre et de trois vannes de dégrèvement.

La capacité initiale de la retenue, 156 Million de m³, a été réduite progressivement à 96 Million de m³ en 2000, malgré 47 Million de m³ de vase évacuée en 44 ans. Le barrage d'Erraguene comporte quatre vannettes de dévasement et deux vannes de dégrèvement. Environ 9 Mm³ de sédiments ont été évacués entre 1962 et 1992.

C. Protection antiérosive à l'amont

Ces différentes méthodes de lutte contre l'envasement des barrages doivent évidemment s'accompagner de mesures préventives à l'amont. Les petits barrages et retenues collinaires qui stockent l'eau et les sédiments avant leur arrivée dans les grands barrages sont une option, mais celle-ci n'est souvent qu'un simple déplacement du problème vers l'amont. La véritable solution consiste plutôt à empêcher l'érosion dès l'origine. De ce point de vue, les modes d'utilisation des terres sont très importants [12] et il convient d'éviter notamment le surpâturage, le défrichement excessif et autres méthodes de culture inappropriées qui mettent le sol à nu.

Si le bassin versant en question n'est pas très grand, les effets de la conservation des sols se feront sentir très rapidement, d'après certaines expériences réalisées aux Etats-Unis, on peut réduire l'érosion des sols de jusqu'à 95 % en employant, exclusivement les méthodes traditionnelles de culture. Dans le cadre de la protection des bassins, un programme spécial a été lancé par les services des forêts. Il s'agirait de traiter une superficie de 1,5 millions d'hectares jusqu'au 2010 dans le territoire national [5].

Le reboisement, restauration des sols, confection de banquettes, plantation des cultures suivant les courbes de

niveau et fixation des berges des oueds « Le revêtement des berges pour réduire leur érosion». [13]

V. CONCLUSION

L'envasement est un phénomène naturel très complexe, il est devenu actuellement une réelle menace pour l'infrastructure hydrotechnique en Algérie, tant au niveau de la réduction rapide de la capacité utile de barrage qu'à celui de la sécurité de l'ouvrage lui-même. La plupart des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année à cause de ce phénomène, Ils sont dans une situation critique, leur exploitation reste en dessous de leur capacité réelle. Ce phénomène doit être une partie prenante dans la préparation d'un projet de faisabilité d'un barrage en Algérie.

Devant cet état de fait, les responsables devront définir pour les grands barrages des politiques de gestion plus fines et plus adaptées à la multiplicité des situations locales (géologie, topographie, usages de l'eau).

REFERENCES

- [1] PNUE/PAM/PLAN BLEU.(2004). L'eau des Méditerranéens : situation et perspectives. Rapports techniques du PAM no 158. Athènes : PNUE/PAM.
- [2] Pallas P., (1995). Conjunctive use of surface and groundwater. In : Land and water integration and river basin management. Rome : FAO Land and Water Bulletins.
- [3] Remini B., (1997). L'envasement des retenues de barrages en Algérie : importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique du soutirage. Thèse de doctorat d'E'tat, Ecole nationale polytechnique d'Alger.
- [4] Valembois J., Migniot C. (1975). Rejets des produits de dragages à l'aval d'un barrage sur l'Oued Hamiz. Houille Blanche ; 2/3 : 155-72.
- [5] Serbah B., (2011). Etude et valorisation des sédiments de dragage du barrage bakhadda Tiaret. Mémoire de Magister, Université de Tlemcen.
- [6] Remini B., Leduc C. and Hallouche W. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens, Sécheresse 2009 ; 20 (1) : 96-103.
- [7] Demmak A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et du transport solide en Algérie septentrionale. Thèse de docteur-ingénieur, université Paris-VI.
- [8] Heusch B., Millies-Lacroix A. (1971). Une méthodologie pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin : application au Maghreb. Mines et géologie (Maroc) ; 99 : 21-30.
- [9] Ghenim A., Seddini A. and Terfous A. (2008). Variation temporelle de la dégradation spécifique du bassin versant de l'Oued Mouilah (nord-ouest algérien).Hydrol Sci J ; 53 : 448-56.
- [10] Remini B., Hallouche W. (2007). Studying sediment at Algeria's dams. Int Water Power Dam Construction ; 59 : 42-5.
- [11] Remini B., Hallouche W. (2007). La sédimentation des barrages en Algérie. Houille Blanche 2004 ; 1 : 60-4.
- [12] Morsli B., Mazour M., Mededjel N., Hamoudi A. and Roose E. (2004). Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et d'érosion sur les versants semi-arides du nord-ouest de l'Algérie. Sécheresse ; 15 : 96-104.
- [13] [Abdellatif B.A., Baillot F., Menoueri K., (2006). La faim de l'eau, la boue dans les Barrages, Le magazine des journalistes scientifiques. Université Saad Dahleb de Blida.