



ENVALEMENT DES BARRAGES DANS LES REGIONS ARIDES EXEMPLES ALGERIENS

SILTATION OF DAMS IN ARID REGIONS ALGERIAN EXAMPLES

REMINI B. & BENSAFIA D.

Département des Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté de Technologie,
Université Blida1, Blida 9000, Algérie,

rem minib@yahoo.fr, bensafiadjillali@yahoo.fr

RESUME

Le présent article examine le phénomène de l'envasement des barrages dans les régions arides. Sa complexité pose d'énormes problèmes aux gestionnaires de barrages. L'envasement est le résultat de dépôts de la boue de l'érosion des sols dans les bassins versants et le sapement des berges des cours d'eau. C'est en périodes de crues que les barrages s'ensavent par les courants de densité. Ce sont les premières crues d'automne qui drainent la quantité la plus importante de la boue. Nous avons abordé le processus de l'envasement des barrages. L'érosion des sols a été traitée avec une étude comparative entre les différentes valeurs enregistrées au niveau des bassins versants du Maghreb. Sans oublier le phénomène des sapements des berges des oueds qui n'a jamais fait l'objet d'une étude sérieuse. Des tonnes de terres sont érodées annuellement et transportés directement vers la mer ou les barrages. Le transport solide ; un volet très important dans le processus de l'envasement a été examiné dans ce papier. La dernière étape a été consacrée aux problèmes et les moyens de lutte contre l'envasement des barrages.

Mots clés : Barrage – Envasement – Régions arides – Courant de densité.

ABSTRACT

This article examines the phenomenon of silting of dams in arid regions. Its complexity poses enormous problems to managers of dams. Siltation is the result of deposits of mud of soil erosion in watersheds and the sapement of riverbanks. It is in times of flood dams are silting by density currents. It is the first floods of autumn that bring the greatest quantity of mud. We approached the process of siltation of dams. The erosion of the watersheds was treated with a comparative study between the values recorded in the Maghreb. Not to mention the phenomenon of sapements the banks of wadis that has never been the subject of serious study. Tons of land is eroded annually and transported directly to the sea and dams. Sediment transport; a very important part in the process of silting was reviewed in this paper. The last step was devoted to the problems and ways to fight against the silting of dams.

Keywords: Dam - Siltation - Arid Areas - current density.

NOTATIONS

H_o : Hauteur normale d'un barrage (m)

W_o : Capacité initiale du barrage à la hauteur normale (Mm^3)

W_v : Volume de vase (Mm^3)

T_o : Durée de vie du barrage (année)

H/H_o : Hauteur relative (%)

W_v/W_o : Capacité relative (%)

INTRODUCTION

Le phénomène de l'envasement des barrages est l'aboutissement d'un processus naturel d'érosion des bassins versants et du sapement des berges des cours d'eau. Ce phénomène naturel enregistre les valeurs les plus élevées dans les régions arides et semi arides comme le Maghreb et plus particulièrement l'Algérie. L'envasement qui représente les dépôts successifs des sédiments, pose des problèmes de quantité et de qualité des eaux des barrages. En matière de quantité, l'infrastructure hydrotechnique Algérienne forte de 74 grands barrages, d'une capacité de 8 milliards de m^3 est amputée annuellement d'une capacité de plus de 50 millions de m^3 . A titre d'exemple, le barrage de Sidi M'Hamed Ben Aouda (Relizane) a reçu un volume de vase égal à 6,7 millions

de m³ par année durant la période 1995-2003. Le barrage de l'Oued Fodda (Chlef) capte annuellement un volume de vase de 3,2 millions de m³ (Remini, 1997, Remini et Hallouche, 2007a). Au total, environ 20 grands barrages sont fortement menacés par le comblement total du réservoir à court terme si les moyens techniques de lutte ne sont pris en compte (Remini et Hallouche, 2007b). L'envasement des barrages est l'une des conséquences la plus dramatique de l'érosion hydrique ; environ 180 millions de tonnes sont arrachés annuellement des bassins versants par le ruissellement dans le nord d'Algérie (Demmak, 1982). En plus de terres arrachées par l'érosion des bassins versant, une quantité non négligeable en provenance des sapements des berges participe à l'accélération de l'envasement des barrages réservoirs. La particularité de l'envasement des barrages en régions arides réside dans le mécanisme et le processus du comblement. C'est ainsi que les fortes concentrations en particules fines enregistrés dans les oueds en périodes de crues déclenchent la formation des courants de densité à l'entrée des retenues de barrages (Duquennois, 1956 ; Duquennois, 1957 ; Remini, 1997). Donc les barrages des régions arides s'ensavent en périodes de crues, lesquelles surviennent après une longue sécheresse (6 à 7 mois) où le sol devient très favorable à l'érosion par des ruissellements. Dans cette étude, nous examinons les étapes du processus de l'envasement ainsi que les principaux moyens techniques de lutte.

ETAPES DE L'ENVASEMENT D'UN BARRAGE

Le processus de l'envasement d'un barrage débute dans la première phase par l'arrachage des particules fines de leurs positions initiales par le ruissèlement. Dans la seconde phase, les sédiments seront drainés par les cours d'eau jusqu'au barrage. Enfin dans la troisième partie, les particules seront pièges pour se décanter et se tasser au fond du lac du barrage (fig. 1).

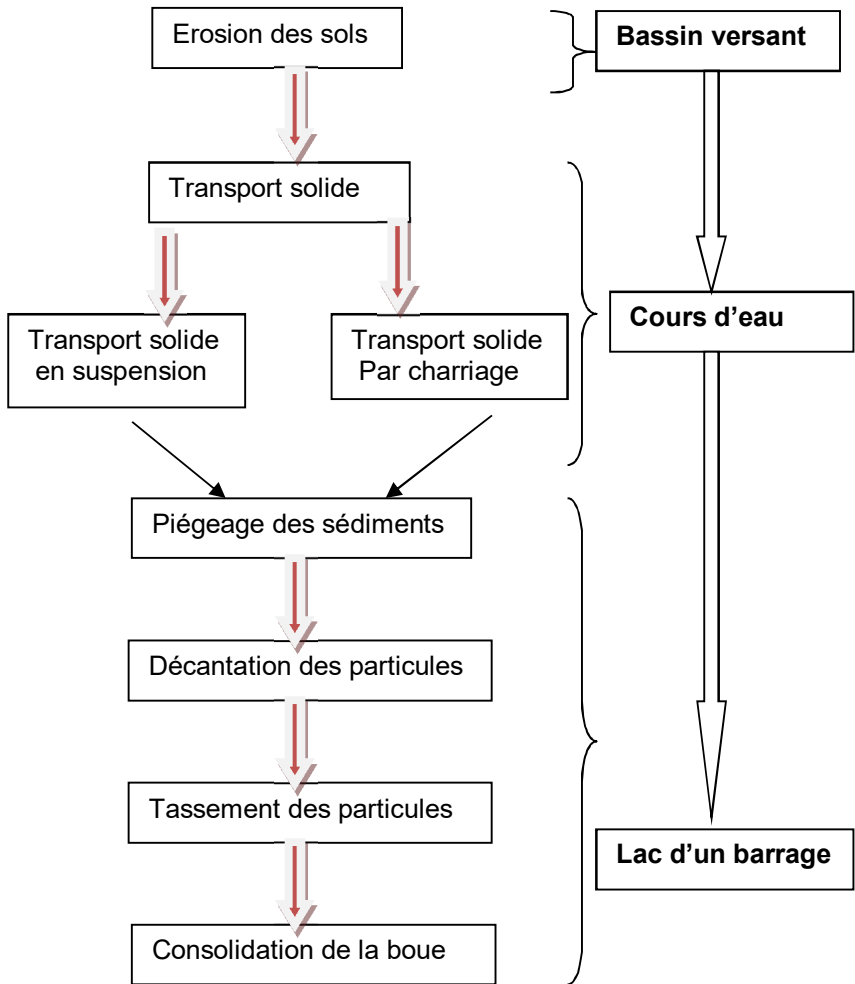


Figure 1 : Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990)

Erosion hydrique

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 (Rampon A., 1990). L'érosion des bassins versants est très répandue dans la région du Maghreb, puisque toutes les conditions sont réunies pour déclencher et développer un tel processus : les irrégularités climatiques, la

faible densité du couvert végétale, la nature des sols qui est peu résistante à l'écoulement et la violence des crues. En effet, la région enregistre les valeurs les plus élevées de la planète. Plusieurs exemples témoignent de la gravité du problème. En Algérie le taux d'érosion spécifique atteint la valeur de 5000 t/km².an sur le bassin versant d'Oued Agrioum (Demmak A., 1989) (fig.2 et 3). Dans les bassins versants du Martil, de l'Ouergha, de Lakhdar, et de la Tessaout au Maroc, le taux d'érosion dépasse 2000t/km².an (Badraoui A. et Hajji A., 2001). En Tunisie, l'érosion hydrique dégrade les terres cultivables. Au total, 1,2 millions d'hectares sont gravement affectés par l'érosion dans le nord, et le centre de la Tunisie, soit 25% de la superficie totale des terres (Bouزيد A., 1991).



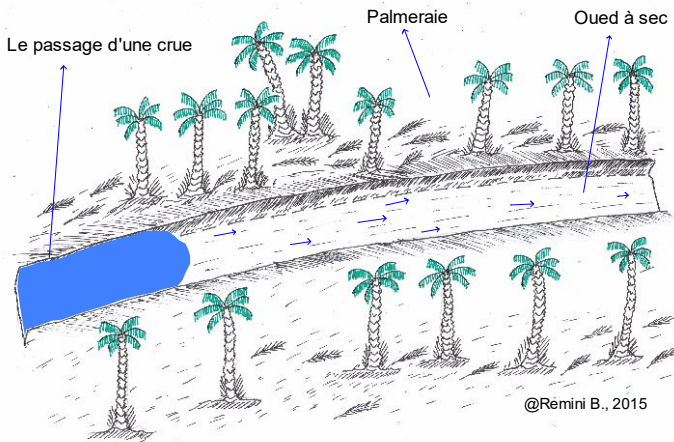
Figure 2 : Formation d'une ravine au niveau du bassin versant d'Oued Fodda (cliché : Remini, 2008)



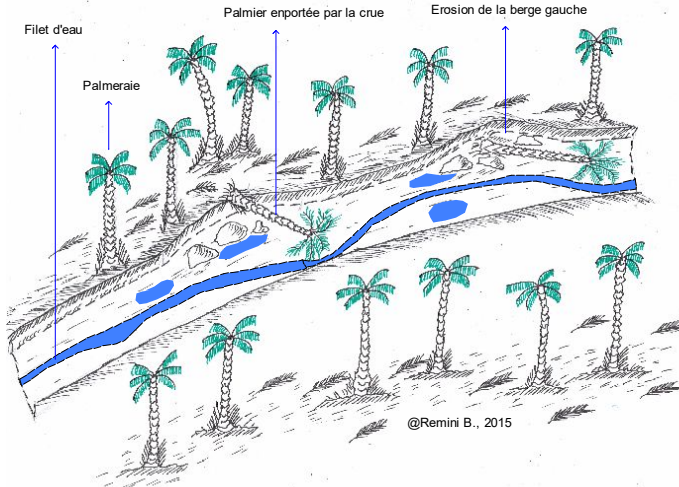
Figure 3 : Bad land dans le bassin versant de Beni Chougrane (cliché Remini, 2014)

Sapement des berges

Le sapement des berges des oueds dans les régions arides comme l'Algérie, l'érosion et le glissement des berges participent à l'envasement des barrages. En effet c'est en période de crues que le phénomène se produit. Pendant la montée de la crue le niveau d'eau croît très vite dans le canal naturel pour atteindre une hauteur de 5 à 6 m (tout dépend de la section de l'oued), l'eau s'infiltre dans les berges et le fond. Généralement, dans ces régions, on parle de crues éclairées dont la durée peut atteindre de 24 à 48 h, la descente du niveau d'eau est rapide. Elle est beaucoup plus la rapide que la vidange totale d'un barrage en terre. C'est en ce moment que le glissement survient : plusieurs tonnes de terres tombent au fond de l'oued. Il faut attendre la crue suivante pour drainer cette masse de terre vers la zone de dépôt (barrage) (fig.4 (a et b) et fig. 5 (a et b)). Ce phénomène peut être observé sur les oueds : Agrioum, Chelif, Abiod, El Hammam, Mina...) A titre d'exemple, plus de 30 foyers de glissement des berges ont été recensé sur l'oued Abiod (Remini et al, 2015a). Une quarantaine de foyers de glissements ont été localisés sur l'oued Chellif le long du tronçon Boughezoul –Ghrib (Remini et al, 2015b). Une dizaine de points de glissement des berges ont été repérés sur l'oued El Hammam le long du tronçon Bouhanifia –Fergoug (fig. 6)



a) Avant la crue



b) Après le passage de la crue
Figure 4 : Schéma approximatif du phénomène de sapement des berges dans l'oued Labiod (schéma Remini, 2015)

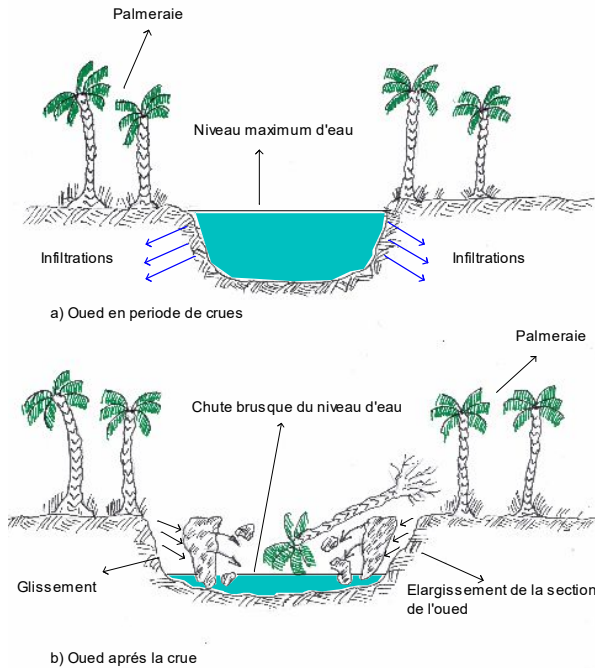


Figure 5 : Coupe transversale d'une section d'un oued avant et après une crue (schéma Remini, 2015)



Figure 6 : Un foyer de sapement des berges dans l'oued El Hammam (cliché. Remini, 2011)

Transport solide dans les oueds

Le transport solide dans les oueds est très important surtout en périodes de crues. Les quantités de terre érodées au niveau du bassin versant et les berges sont drainées par les oueds vers le barrage. Des concentrations en particules fines dépassant les 100 g/l et peuvent atteindre 500 g/l ont été enregistrées à l'entrée de plusieurs retenues. La couleur jaunâtre ou noirâtre de l'eau qui indique que l'eau de la crue est chargée en particules fines. Avec une pente du lit d'oued supérieure à 1 pour mille, le charriage est très significatif dans les oueds, malheureusement il n'a jamais fait l'objet d'une quantification (fig. 7). Une chose est sûre est que les crues soudaines et torrentielles charrient les matériaux grossiers, les troncs de palmiers et même des cadavres d'animaux (fig. 8).



Figure 7 : Un charriage très important dans l'oued Labiod en périodes de crues (cliché. Benguemouza, 2011)

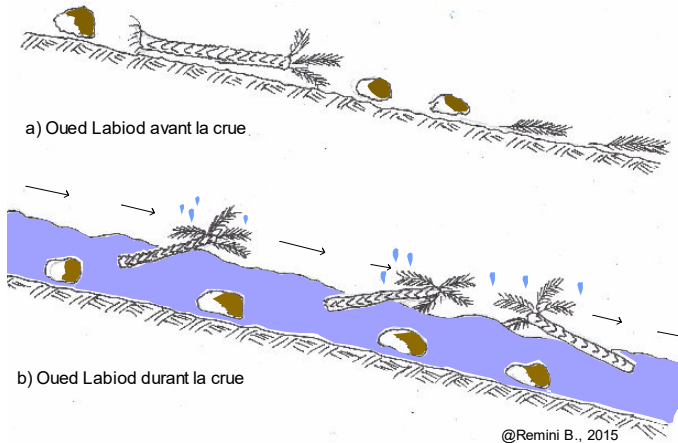


Figure 8 : Etat de l'oued Labiod avant et après les crues (Schéma Remini, 2015)

Piégeage des sédiments

Une fois l'eau de crue arrive au niveau du lac du barrage, les matériaux sont piégés par les eaux calmes du barrage. Les particules grossières seront freinées à l'entrée du barrage sous forme d'un delta. Par contre les particules fines continueront leur chemin en fonction de la concentration, soit sous forme de courants de densité ou par diffusion. Les données de plus de 90 barrages du Maghreb sont reportées sur le graphique de Brune G.M. (1953) (fig.9) donnant le pourcentage des sédiments piégés dans une retenue. On peut constater que pour l'ensemble des barrages étudiés, le « trap efficiency » est situé dans

l'intervalle : 90-98%, cela veut dire que la part des sédiments qui sont piégés dans une retenue est considérable. Les barrages Maghrébins sont considérés comme de véritables fosses à sédiments

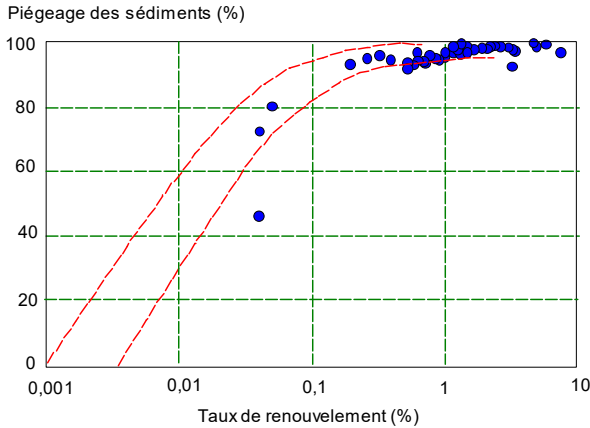


Figure 9 : Courbe de Brune- piégeage des sédiments de 90 Barrages Maghrébins (Remini et Hallouche, 2007)

Les courants de densité dans les barrages

Dans les régions arides, les crues drainent des quantités élevées en particules fines dépassant généralement la concentration de 100 g/l (Remini, 1997). Le contact des eaux chargées d'une crue avec celles du lac d'un barrage engendre l'apparition des courants de densité qui se propagent sur le fond au-dessous des eaux claires du lac d'un barrage sous forme d'une couche très dense bien individualisée (fig. 10 et 11 (a et b)). Arrivés devant l'obstacle (digue), les courants de densité après avoir buter contre le mur se stabilisent sous forme d'un lac boueux sous les eaux claires du lac. La succession des courants de densités provoqués par les différentes crues durant la saison d'automne augmentera rapidement l'envasement du barrage. L'apparition des courants de densité à l'entrée d'un lac (point de plongée) est conditionnée par des concentrations très élevées en particules fines (Remini, 1997). La géométrie du lac du barrage de type « canal » favorise la propagation des courants de densité. Ils peuvent parcourir une distance de plus de 10km du point de plongée jusqu'au pied du barrage. Les courants de densité s'écoulent dans le lac des barrages d'Ighil Emda (Remini, 1997), Oued Fodda (Remini et Hallouche, 2007a), Fom El Gherza (Remini et al, 2015), Garagar (Remini et Benfetta, 2015)

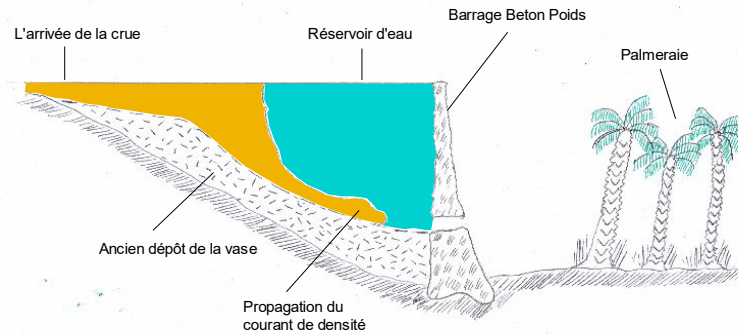
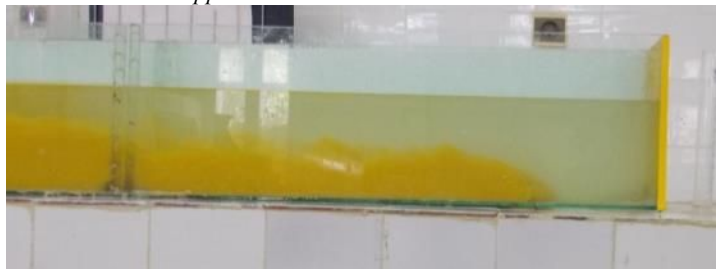


Figure 10 : Schéma de la propagation d'un courant de densité au fond d'un barrage (schéma Remini, 2016)



a) Après 10 secondes d'apparition du courant de densité



b) Après 20 secondes d'apparition du courant de densité

Figure 11 : Propagation d'un courant de densité dans un canal (cliché Remini, 2016)

Problèmes posés par l'envasement es barrages

L'envasement pose d'énormes problèmes au barrage et à son environnement. C'est ainsi que les dépôts successifs de la boue réduisent la capacité utile des barrages. Le tassement et la consolidation de la boue bloque les pertuis de vidange d'un barrage. Un barrage envasé destiné à l'irrigation, provoque l'envasement des canaux d'irrigation. Un barrage envasé accélère l'eutrophisation.

Réduction de la capacité

A la cote à retenue normale (RN), le volume du réservoir d'un barrage est W_0 . Il désigne la capacité initiale du barrage pour l'année de sa mise en eau. A cette date, chaque barrage possède sa propre courbe : Hauteur-capacité comme le montre la figure 12.

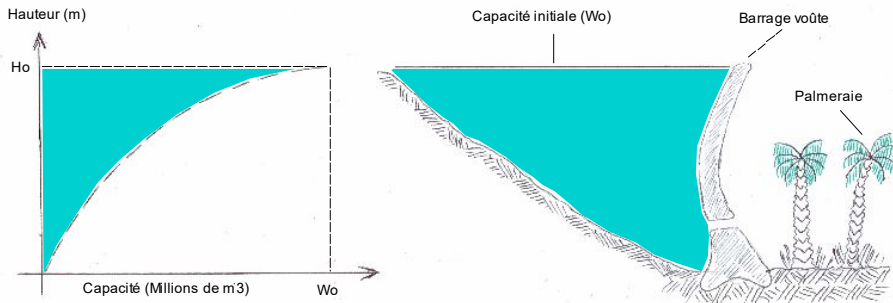


Figure 12 : Courbe : Hauteur- Capacité d'un barrage (schéma Remini, 2016)

Cependant, ce volume diminue dans le temps suite aux dépôts successifs de la boue au fond du barrage. Sans l'intervention de l'homme (pour le dévasement), le barrage s'envase pendant une durée de temps (nombre d'années) T_0 , on parle dans ce cas de la « durée de vie » d'un barrage qui dépend de la vitesse de l'envasement (ou le taux d'envasement). Remini (1997) a montré que durant les premières années de l'exploitation d'un barrage, la relation de l'envasement est linéaire. A partir d'un seuil, l'envasement évolue avec une fonction parabolique (2eme degré) jusqu'au comblement total du barrage (Remini et al, 1997). D'une autre façon la capacité de stockage d'eau suit les mêmes lois d'évolution mais dans le sens inverse (fig. 13).

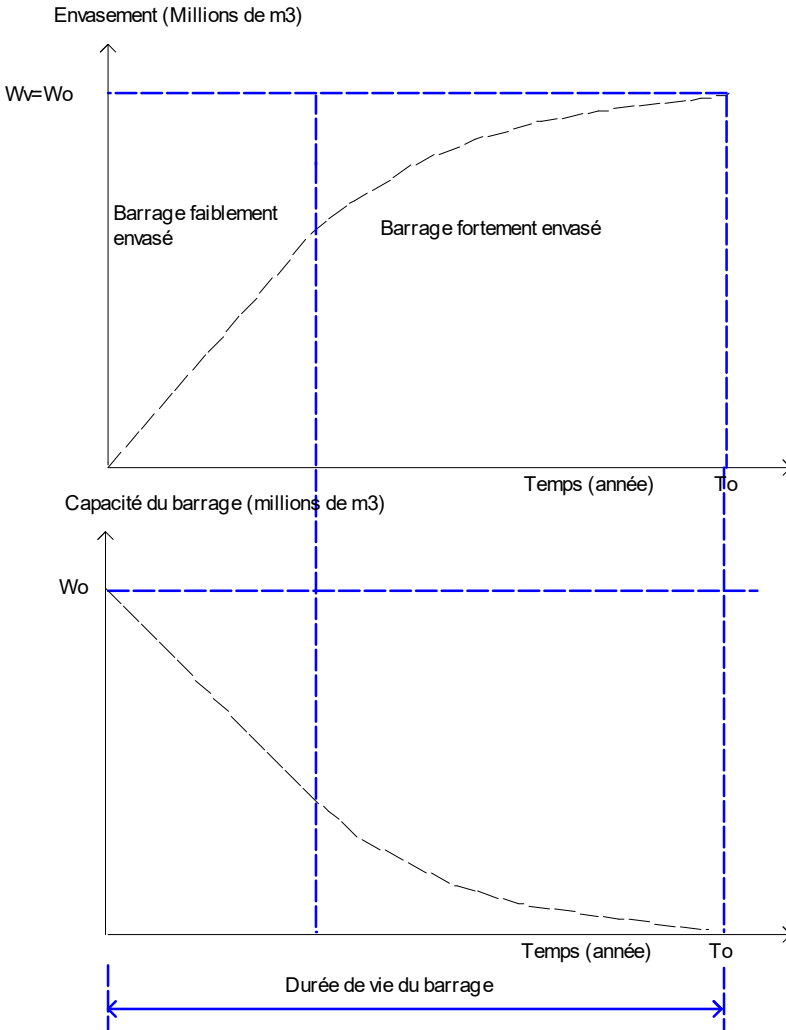
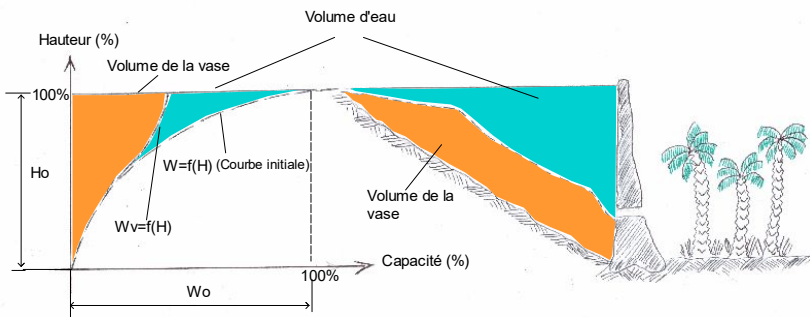
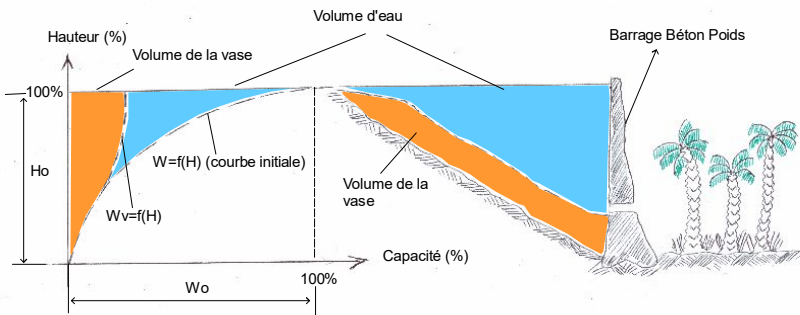
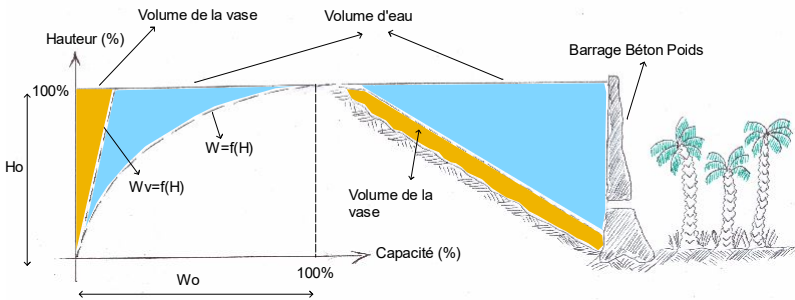
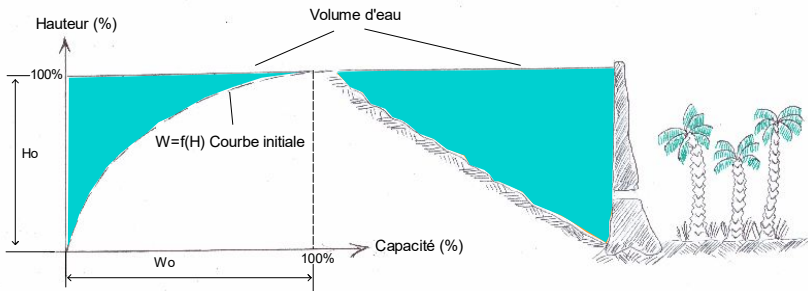


Figure 13 : Evolution temporelle de la capacité d'un barrage (Remini, 1997 ; Remini et al, 2017).

Sur la base du graphe de l'évolution de la capacité d'eau d'un barrage, nous avons représenté sur la figure 14, le diagramme de l'évolution temporelle de la capacité de stockage d'un barrage qui englobe la courbe : Hauteur – capacité initiale du barrage, la courbe de l'envasement à un période donnée ainsi qu'un schéma explicatif du réservoir du barrage. Il est intéressant de constater l'évolution de la capacité de stockage de l'eau depuis l'année de la mise en eau jusqu'au comblement total du barrage.



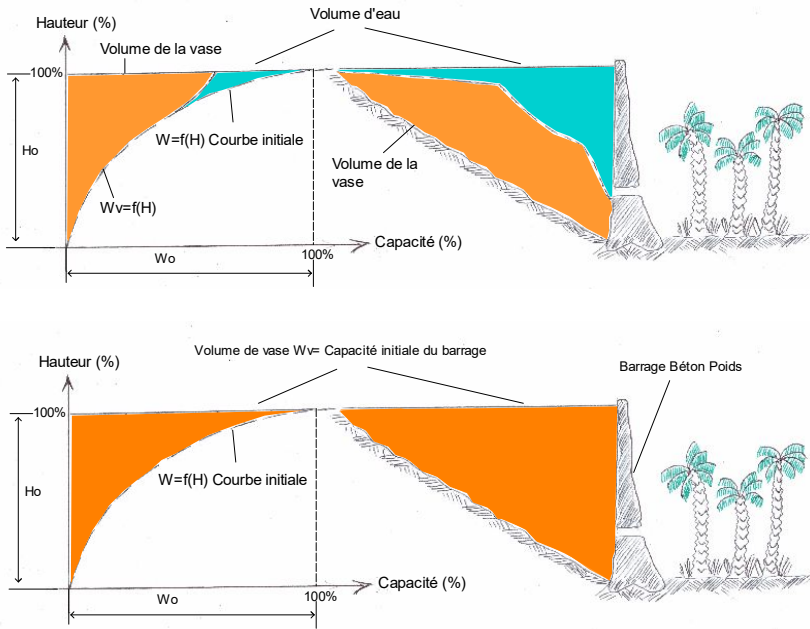


Figure 14 : Diagramme de l'évolution temporelle de la capacité de stockage d'un barrage (schéma Remini, 2016)

Selon Remini (1997), Durant la période d'exploitation d'un barrage, l'évolution de l'envasement passe par trois phases (fig. 15). Durant les premières années de l'exploitation, l'envasement est faible, la loi de l'envasement est linéaire. Dans la deuxième phase, l'envasement est important, les dépôts successifs de la boue suivent une loi polynomiale de 3° degré. Dans la 3° phase, lorsque l'envasement est très avancé (70% du taux de comblement), la loi de l'envasement devient polynomiale du 2° degré.

Il est à souligner que la courbe : Hauteur –capacité est un outil indispensable pour un gestionnaire d'un barrage. A chaque côte du plan d'eau, on peut lire le volume correspondant. Il permet au barragiste de gérer son stock d'eau surtout en période de sécheresse ou pendant les lâchers d'eau. Cependant, dans les régions arides, l'actualisation de la courbe : Hauteur- capacité de façon périodique (deux années par exemple) est obligatoire. Dans le cas contraire le gestionnaire du barrage sera induit en erreur et par conséquent il aura des problèmes de prévision du stock d'eau. Le dépôt successif de la boue dans le

temps entrainera le comblement total du barrage et la disparition de la courbe : Hauteur-capacité (fig. 16, 17 et 18).

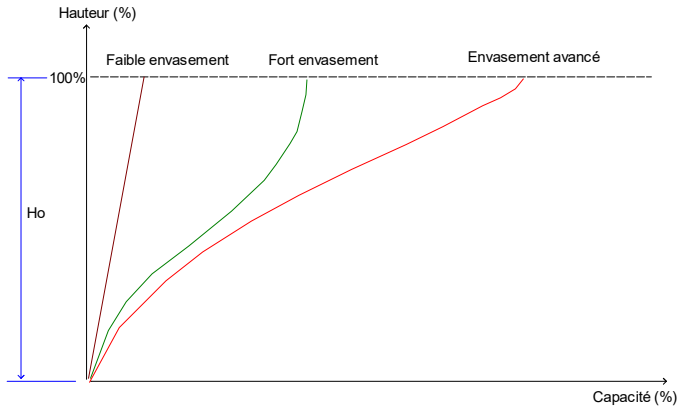


Figure 15 : Types de relations d'envasement d'un barrage (Remini, 1997)

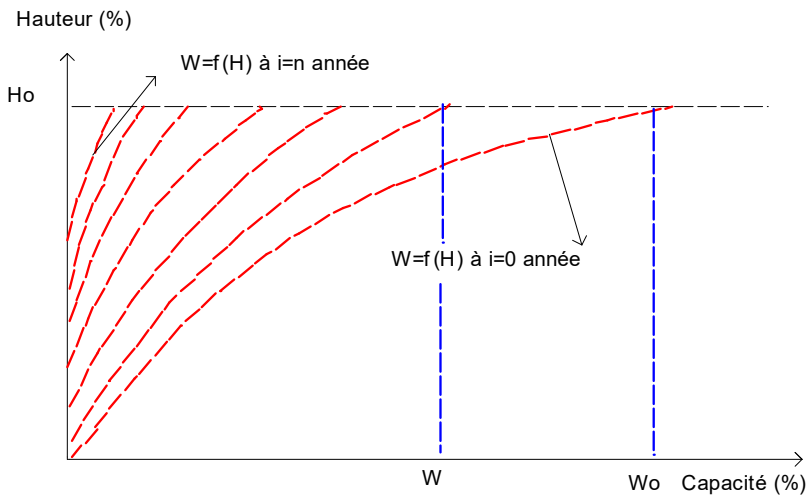


Figure 16 : Evolution dans le temps de la courbe : Hauteur –capacité d'un barrage (Remini, 1997)



Figure 17 : Envasement du barrage d'Ighil Emda (Cliché Ouaret, 2004)



Figure 18 : Comblement total d'un petit barrage sur l'oued Chellif (cliché, Hamoudi, 2004)

Blocage des vannes de fond

Les dépôts vaseux durant les premières années, pertuis de vidange sont épargnés par l'envasement. Mais dès que le volume « mort » est atteint, les vannes seront menacées par les dépôts de vase. Avec les manœuvres de vannes, un cône de vase sera dégagé près des ouvertures. Avec le temps les vannes finiront par se colmater et devient difficile toute manœuvres des vannes. Dans les régions arides, la gestion des vannes d'un barrage est complexe. L'ouverture des vannes en période de crues devient indispensable pour prolonger la durée de vie de l'ouvrage et évitera le disfonctionnement de ces vannes (fig. 19). Cependant, la violence et l'agressivité des crues dans les oueds en régions

arides drainent divers types de matériaux y compris les troncs d'arbres, de palmiers et même de cadavres d'animaux. Une telle situation peut bloquer la fermeture d'une vanne par un corps solide lors de soutirage des sédiments. L'eau peut s'écouler à l'aval du barrage durant plusieurs jours avant de solutionner le problème. De tels cas ont été observés dans plusieurs barrages. Une autre situation qui gêne la gestion optimale des vannes de fonds. En période de grandes crues ou les courants de densité marquent leurs présences dans la retenue, le gestionnaire de barrage est forcé par les pouvoirs publics de maintenir les vannes fermées pour éviter les inondations des villages situées à l'aval.



Figure 19 : Blocage de la vanne de fond de la deuxième digue du barrage Bougezoul (cliché. Remini, 2011)

Envasement des canaux d'irrigation

L'irrigation des terres agricoles par les eaux chargées en provenance des barrages envasés pose d'énormes problèmes pour les agriculteurs. Plusieurs kilomètres de canaux, les bassins et les siphons se trouvent envasés après chaque opération d'irrigation. Ce ci oblige les agriculteurs à effectuer périodiquement des opérations de curage par des moyens mécaniques (fig. 20).



Figure 20 : Curage d'un canal par les moyens mécaniques (Cliché. OPIM, 2008)

Impact de l'envasement sur la qualité de l'eau du barrage

Il n'y a pas une relation directe entre la vase et l'eau, mais la présence d'une quantité importante de vase dans un barrage accélère l'eutrophisation des eaux du lac du barrage (fig. 21).



Figure 21 : Couleur verte de l'eau du barrage de SMBA (Cliché. Remini, 2011)

Moyens techniques de lutte contre l'envasement

Aménagement des bassins versants

Le meilleur moyen technique de lutte contre l'envasement est situé au niveau de la source de production des particules, c'est-à-dire au niveau du bassin versant. Diverses méthodes sont appliquées comme le reboisement, la réalisation des banquettes et l'aménagement des ravines par la correction torrentielle (fig. 22 et 23).



Figure 22 : Une série de seuils réalisée sur une ravine du bassin versant de Beni Chougarne (cliché. Remini, 2014)



Figure 23 : Banquettes réalisées au niveau du bassin versant d'oued Mina (cliché. Remini, 2011)

Dévasement des barrages

Pour des solutions préventives, des tentatives de reboisement et des corrections torrentielles ont été appliquées sur plusieurs bassins versants. En parallèle, des opérations de dévasement se déroulent sur plusieurs barrages. Deux modes de désenvasement peuvent être opérés au niveau d'un barrage. Il s'agit d'un dévasement périodique et d'un dévasement occasionnel.

Dévasement périodique : Soutirage des courants de densité

A l'arrivée des crues, l'ouverture des pertuis de vidange permet de soutirer les courants de densité qui se rapprochent du mur du barrage (fig. 24 et 25). Grâce à la forte concentration en particules fines, le courant de densité arrive au pied du barrage après avoir parcouru plusieurs kilomètres. La technique de soutirage des courants de densité a obtenu de très bons résultats au niveau des barrages d'Ighil Emda et d'Erraguene. Avec un rendement de 55%, la durée de vie du barrage d'Ighil Emda a triplé (Remini et al, 2009 ; Remini, 2000 ; Remini et Avenard, 1999 ; Remini et al, 1997 ; Remini et al, 1996 ; Remini et al, 1995).

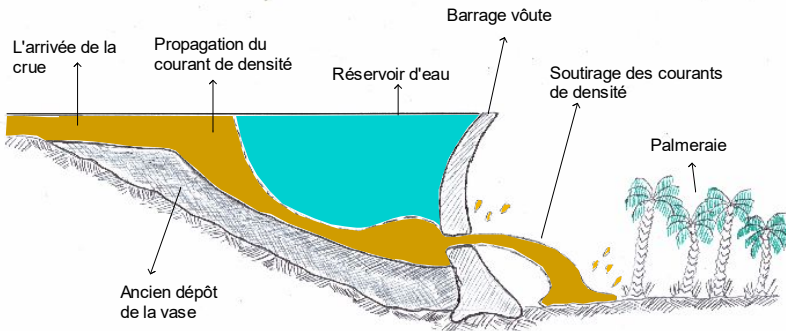


Figure 24 : Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un barrage (schéma Remini, 2016)



Figure 25 : Batterie de 4 vannettes de soutirage installée au Barrage d'Oued Fodda (cliché. Remini, 2007)

Dévasement périodique : Evacuation de la vase par la vanne de fond

Pour éviter le blocage des vannes de fond (fig. 26 et 27). L'ouverture périodique des pertuis de vidange permet d'extraire les dépôts vaseux situés. Dans ce cas, uniquement la vase située dans la zone basse qui peut être perturbée par les manœuvres des vannes. De telles manœuvres sont extrêmement nécessaires pour alléger l'ouverture des pertuis. Un retard dans l'ouverture pourra avoir des dégâts. A titre d'exemple, la vanne de fond du barrage d'Oued Fodda est bloquée depuis 1939.. Le barrage de fond es Zardezas a été bloquée durant les années 90. La vanne droite du barrage de SMBA a été colmatée suite à un fort taux d'envasement depuis une dizaine d'années. La vanne de fond du barrage de Foum El Gherza a permis d'évacuer environ $0,5.10^6$ m³ durant l'année 1989/1990 (fig. 20) (Remini, 1997). Or du fait de la rapidité de l'envasement, cette vanne a été bloquée au bout de 7 ans (1982-1989) (Remini, 1997). De 1990 jusqu'en 1993, une quantité de $0,1.10^6$ m³ de vase a été évacuée (Remini, 1997).



Figure 26 : Deux vannes de fond du barrage de Boughezoul (Cliché. Remini, 2011)



Figure 27 : Vanne de fond du barrage de Foug El Gherza (Cliché. ANBT Biskra, 2006)

Dévasement occasionnel : Dragage d'un barrage

Dans le cas où l'envasement atteint un niveau très élevé dépassant un taux de 50%, le dragage peut s'avérer comme ultime solution pour sauver le barrage et prolonger sa durée de vie. Le dragage des retenues de barrages a été pratiqué environ sur huit barrages algériens durant l'histoire d'hydraulique Algérienne. Il

s'agit des barrages de Sig, Cheurfas I, Hamiz, Ksob, Zardezas, Merdja Sidi Abed, Fergoug II (Remini et Hallouche, 2004 ; Remini et al, 2009). Actuellement, il ya une drague au niveau du barrage de Bouhanifia. Au début des années 2000, le barrage de Foug El Gherza a enregistré un envasement cumulé depuis 1950 dépassant les 50% de sa capacité. Vu le rôle économique joué par le barrage dans l'irrigation des palmeraies, le dragage de la retenue s'est imposé. La première opération de dragage a commencé en 2005 et a duré 24 mois pour évacuer 4 millions de m³ (fig.28, 29 et 30). Malgré l'enregistrement de 2 millions de m³ d'apport de vase dans le barrage durant la période de dragage, nous pouvons juger que l'opération a été un succès.



Figure 28 : La drague est au centre de la retenue du barrage de Foug El Gherza (cliché ANBT Biskra, 2006)

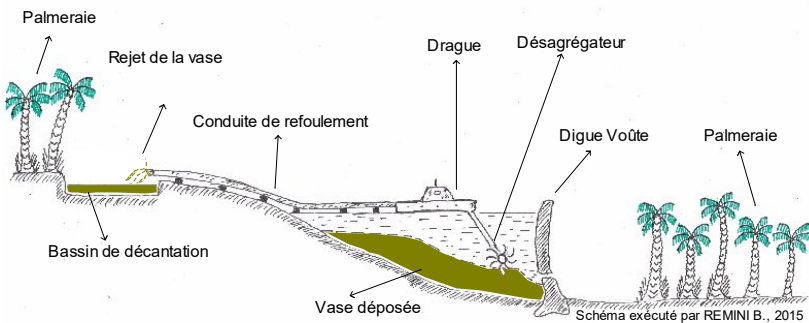


Figure 29 : Schéma synoptique d'une opération de dragage dans un barrage (Schéma Remini, 2015)



Figure 30 : Rejet de la vase lors de l'opération de dragage de 2005-2006 (cliché Remini, Mai 2006)

Surélévation du barrage de Foug El Gherza

Dans le cas d'un envasement très avancé, la surélévation d'un barrage surtout s'il s'agit d'un grand barrage peut s'avérer une solution efficace (Remini, 2008 ; Remini et al, 2009). Au lieu d'enlever la vase de la cuvette, on surélève la digue de quelques mètres pour un gagner un volume supplémentaire (fig. 31).

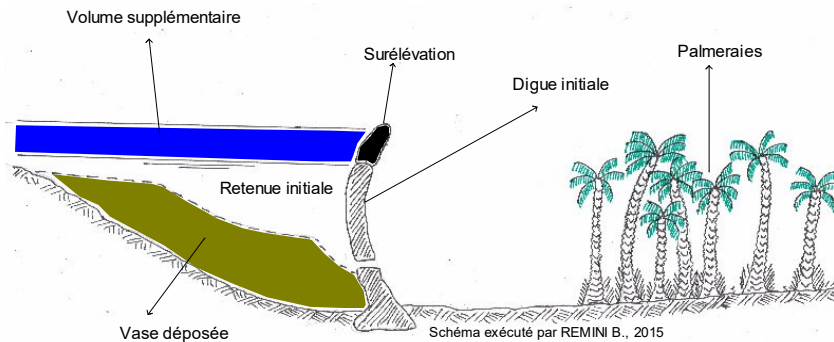


Figure 31 : Schéma synoptique d'une surélévation d'un barrage (Schéma Remini, 2015)

CONCLUSION

Comme nous l'avons mentionné au début de cet article, que le phénomène de l'envasement des barrages est beaucoup plus important dans les régions arides. A cause d'une forte érosion des sols des bassins versant et aussi le sapement des berges des oueds qui peut être spectaculaire en périodes de crues. Mais malheureusement ce phénomène n'a jamais été quantifié.

Aujourd'hui, le réseau hydrographique du nord Algérien est saturé. Il y a peu de sites favorables pour la réalisation de nouveau barrages. La priorité sera donnée à l'entretien et à la maintenance des barrages en exploitation. La recherche et la prospection de nouveaux sites est une piste à encourager. Quant au sud Algérien, il faut construire les barrages souterrains tout en explorant de nouveaux sites. Il faut rappeler que l'Algérie possède une dizaine de barrages. Un nombre de barrages assez faible vu le réseau hydrographique composé d'oueds qui drainent des crues éclairées de débits exceptionnels.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement le Directeur du service de Maintenance de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts pour les facilités d'accès aux données accordés aux enseignants, chercheurs et étudiants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BADRAOUI A., ET 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. Séminaire national sur l'érosion et l'envasement des barrages. Alger
- BRUNE G-M., 1953. Trapp efficiency of reservoirs. Transactions of the américain geophysical union, vol. 34, n°3, pp. 407 - 418.
- DEMMAK A., 1982. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Dr. Ing. Université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.
- DUQUENNOIS H., 1956. Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs - barrage d'IGHIL EMDA. Electricité et Gaz d'Algérie. Compte rendu N° 3 Année 1955 - 1956. 17 pages.

- DUQUENNOIS H., 1957. Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs - barrage d'IGHIL EMDA. Electricité et gaz d'Algérie. Compte rendu N° 4 Année 1956-1957. 22 pages.
- RAMPON A., 1990. Erosion hydrique et sédimentation dans les barrages. Informations techniques Cemagref, juin 1990, n° 78 note 6, pp. 1-7.
- REMINI B., 1990. Etude hydrodynamique du mécanisme de l'envasement. Thèse de Magister .E.N.P, juin ,100 pages.
- REMINI B., 1997. Envasement des retenues de barrages en Algérie. Importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique du soutirage. Thèse de doctorat, Ecole nationale polytechnique d'Alger, mars, 342p.
- REMINI B., AVENARD J-M., KETTAB A., 1997. Evolution dans le temps de l'envasement dans une retenue de barrage dans laquelle est pratiquée la technique du soutirage, Revue Internationale de l'eau : La Houille Blanche n° 6, pp. 4-8.
- REMINI B., KETTAB A., HIHAT H., 1995. Envasement du barrage d'IGHIL EMDA (Algérie). Revue Internationale de l'eau: La Houille Blanche n° 2/3, pp.23-28
- REMINI B., AVENARD J-M., KETTAB A., 1996. Le barrage d'IGHIL EMDA (Algérie) I- Les courants de densité dans la retenue. Les Annales Maghrébines de l'Ingénieur, Tunis, avril, Vol. 10 ., 9 fig., 7 photos, pp.53-67.
- REMINI B. , AVENARD J-M., KETTAB A. - 1997 - La technique du soutirage: un moyen de lutte contre l'envasement, Revue Techniques Sciences et Méthodes (Paris) n° 3, Mars, pp. 69-76.
- REMINI B. et AVENARD J.M., 1999- La pratique de la technique du soutirage dans les barrages. Revue La Houille Blanche n° 2, pp. 5-6.
- REMINI B., 2000 La technique du soutirage en Algérie. Bulletin du réseau Erosion (France) n°20, vol. 2, pp. 172- 177..
- REMINI B., HALLOUCHE W., 2007b. Studying Sediment. Revue International Water Power et Dam construction. Octobre, pp. 42-45.
- REMINI B., HALLOUCHE W., 2007a. Evolution de l'envasement du barrage de Oued El Fodda. Revue Eau énergie air, n°1, Avril, pp. 75-78.
- REMINI B., 2008. La surélévation des barrages – une technique de lutte contre l'envasement- Exemples algériens. Revue La Houille Blanche, n°5.
- REMINI B et HALLOUCHE W ., 2004. Le dragage des barrages. Quelques exemples algériens. Revue Internationale la Houille Blanche n°3, octobre.
- REMINI B., HALLOUCHE W., et Achour B., 2009. Chapitre 08 L'Algérie : plus d'un siècle de desensablement des barrages . Ouvrage intitulé : Etat des ressources en eau au Maghreb en 2009, édité par UNESCO Office in Rabat, pp. 123-142.
- REMINI B., BENSALIA D., NASROUN T. 2015. Impact of sediment transport of the Chellif River on silting of the Boughezoul reservoir (Algeria). Journal of Water and Land Development. No. 24 p. 35–40. DOI: 10.1515 /jwld-2015-0005

REMINI B., BENSALIA D. and MISSOUM M., 2015. Silting of Fom el Gherza Reservoir. *GeoScience Engineering* Volume LXI , No.1. pp. 1-9, ISSN 1802-5420.

REMINI B., BENFETTA H., 2015. Le barrage reservoir de Gargar est- il menace par l'envasement, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre 2015, pp. 175-192