



L'ALGERIE : DE LA BOUE AU FOND DES BARRAGES, QUE FAIRE ?

ALGERIA: THE MUD AT THE BOTTOM OF THE DAMS, WHAT TO DO?

REMINI B.

Département des Sciences de l'eau et de l'environnement, Faculté de
Technologie, Université Blida 1, Blida 9000, Algérie,

reminib@yahoo.fr

RESUME

Le problème de la boue dans les barrages commence à devenir un handicap pour le stockage des eaux de surface. Ce modeste papier trace l'évolution des techniques utilisées en Algérie pour réduire la boue dans les depuis la mise en service du premier barrage. Sur la base des levées bathymétriques et les données des volumes de vase évacués, il s'avère que la technique de dragage a permis d'enlever 70 millions de m³ de boue depuis 1950. La surélévation des barrages a permis de récupérer une capacité de plus de 170 millions de m³ depuis 1960. Le soutirage des courants de densité a permis d'évacuer 40 millions de m³ de boue depuis 1950. La surélévation de la digue a gagné 170 millions de m³ d'eau tout en laissant la boue au fond des barrages. Deux barrages envasés ont été remplacés par deux nouveaux ouvrages. Il s'agit des barrages de Fergoug I et Cheurfas I.

Mots clés : Barrage – La boue – Dragage – Soutirage des courants de densité – Surélévation des barrages.

ABSTRACT

The problem of mud in dams is becoming a handicap for the storage of surface water. This modest paper traces the evolution of techniques used in Algeria to reduce mud in the since the commissioning of the first dam. Based on the basis

of the bathymetric surveys and the data of the volumes of silt evacuated, it turns out that the dredging technique has allowed 70 million m³ of mud to be removed since 1950. The elevation of the dams has allowed a recovering capacity of more than 170 million m³ since 1960. The withdrawal of the density currents has allowed evacuating 40 million m³ of mud since 1950. The elevation of the dam has gained 170 million m³ of water while leaving the mud at the bottom of the dams. Two silted dams have been replaced by two new dams. These are the dams of Fergoug I and Cheurfàs I.

Key words: Dam -Mud - Dredging – Racking of density currents - raised dams.

INTRODUCTION

Dans les régions arides et semi arides, les barrages réservoirs jouent un rôle important dans le stockage des eaux de surface. Cependant, les crues chargées en particules fines déposent leurs matériaux au fonds des barrages réduisant ainsi leurs durées de vie. Ces quantités de boue proviennent de l'érosion des sols qui est un phénomène très répandue dans les zones arides. En effet se sont les crues qui remplissent les barrages par les eaux de pluies et se sont elles aussi qui les remplissent par la boue. Généralement se sont des crues éclairées et soudaines qui interviennent durant les périodes d'automne et de printemps après une longue durée de sécheresse sur les sols effrités et prédisposés à l'érosion. Il faut ajouter aussi que la longue série des feux qui ravagent plusieurs hectares de forêts accélèrent l'érosion des sols. Selon Berthier (1970), l'érosion peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de t/km².an. Sur les bassins versants du Maghreb, le taux d'abrasion est de 800 t/km².an (Heush et Millies, 1971), tandis que celui obtenu par la SOGREAH (1967) est encore plus important, puisque de l'ordre de 1250 t/km².an. En Algérie par exemple, l'érosion spécifique dans 30 bassins versants étudiés varie entre 30 et 3350 t/km².an (Mekerta et Tisot, 1993) Selon Demmak (1982), le taux d'érosion peut atteindre 4000 t/km².an sur la chaîne du côtier de Dahra. Il atteint par contre 62 t/km².an sur le bassin de la Seine, et 1500 t/km².an et sur le bassin de la Durance (France) et dépasse 2500 t/km².an sur certains bassins de la Chine et de l'île de Java en Inde (Mechin, 1980). Les quantités de boue érodée en Algérie sont parmi les plus élevées au monde. Les crues drainent d'énormes quantités de boue vers les barrages Algériens, soit un volume de 65 millions de m³ (Remini, 2017). En périodes de crues ces boues pénètrent dans les barrages réservoirs sous forme de courants de densité (Remini, 1997). Les apports de boue dans les barrages sont irréguliers, plus de 70 % des apports de boue de l'année arrivent aux barrages uniquement par les crues d'automnes. Des barrages sont menacés par les dépôts accélérés

des boues, d'autres sont à l'abri de ce phénomène. Que faire face à ces boues qui se déposent chaque année au fond des barrages ? Que faire pour prolonger la durée de vie de nos barrages ? Ce modeste papier tente à répondre à ces interrogations après avoir mis en évidence les différentes techniques de lutte contre les dépôts de boue dans les barrages réservoirs.

BARRAGES ETUDIÉS ET DONNÉES

Dans un premier temps, nous avons fait une recherche sur les barrages qui ont entamé des opérations de dévasement ou de surélévation. Depuis 1846, date la mise en eau du premier barrage, nous avons recensé 17 barrages qui ont subi au cours de leur exploitation un dévasement par dragage, une surélévation et les soutirages des courants de densité (fig. 1).

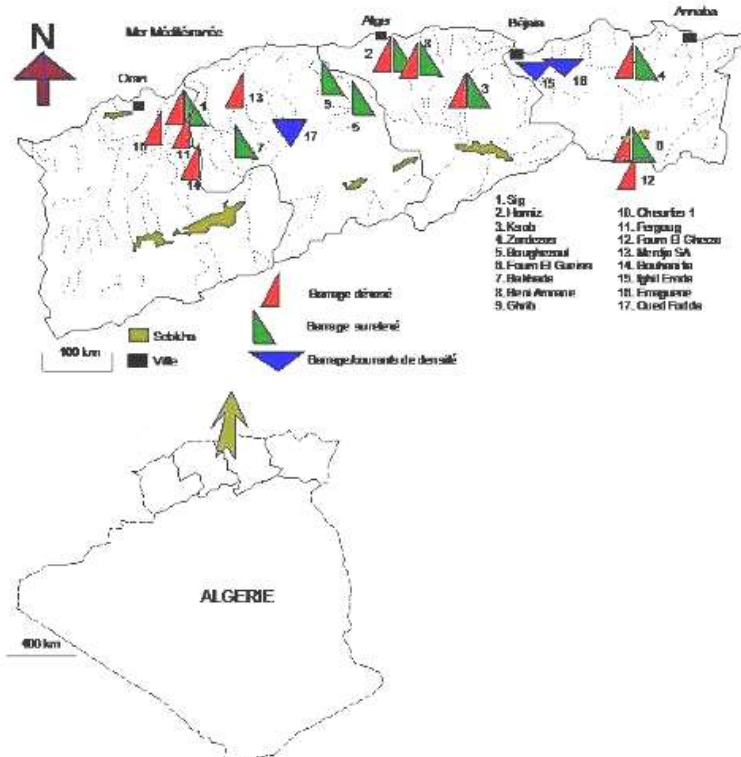


Figure 1 : Localisation des barrages étudiés (Remini, 2019)

Sur les 17 barrages, Il existe des barrages qui ont subi à la fois une surélévation et un dévasement par dragage comme les barrages de Sig, Ksob, Zradezas et Hamiz. Le barrage de Foum El Gueiss a subi une surélévation et deux opérations de dragage. Les barrages de Beni Amrane, Foum En Gueiss et Ghrib ont subi une surélévation de l'évacuateur de crues par les hausses fusibles afin de récupérer une réserve supplémentaire. Trois barrages (Erraguene, Ighil Emda et Oued Fodda) sont équipés par une batterie de vannettes de dévasement pour le soutirage des courants de densité.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

De la boue dans nos barrages

De la boue dans nos barrages. Les dépôts de boue s'accroissent d'une année à l'autre. Aujourd'hui, il se trouve qu'environ 1,6 milliards de m³ de boue se trouve au fond de 74 grands barrages en exploitation. Chaque année 65 millions de m³ de boue se déposent dans les barrages (Remini, 2017). Une vingtaine de barrages sont menacés par les dépôts accélérés de la boue. Ceci est une conséquence de l'érosion qui est importante au niveau des bassins versants du nord Algérien (fig. 2). Ce phénomène de dépôts de boue au fond des barrages tend à s'accroître dans les années à venir à cause du changement climatique. Nous avons déjà constaté qu'effectivement, ces dernières années certains barrages ont enregistré un accroissement du taux d'envasement (fig. 3, 4 et 5). En plus, le réseau hydrographique est devenu saturé aujourd'hui et plus particulièrement dans l'ouest Algérien. Les sites favorables à la réalisation de nouveaux barrages se raréfient. Dans une telle situation, la priorité doit être donnée à l'entretien des barrages existants au détriment de la réalisation de nouveaux barrages.



Figure 2 : L'érosion des sols ; source du mal de nos barrages. Hammam Ouarka (Photo. Remini, 2013)



Figure 3 : Barrage de Fergoug : de la boue au fond le lac (Photo. Remini, 2014)



Figure 4 : Barrage de Foug El Gherza : de la boue sur l'eau (Photo. Remini, 2017)



Figure 5 : Barrage Merurad : De la boue à la place de l'eau dans le lac (Photo. ANBT)

La prolongation de la durée de l'exploitation d'un barrage reste le souci majeur des barragistes. Dans ce cas, trois voies se dessinent :

- Pour les nouveaux barrages ou en projets qui sont construits ou sensé d'être réalisé dans un bassin versant vulnérable à l'érosion, il faut empêcher l'arrivée de la boue au barrage. Dans ce cas, tous les travaux antiérosifs se feront au niveau du bassin versant.
- Dans le cas la boue est arrivée et s'est déposée au fond des réservoirs. C'est le cas des anciens barrages. Il existe deux méthodes pour prolonger la durée de vie d'un barrage. Enlever la boue de la retenue ; c'est le dévasement par le dragage. Laisser boue au fond de la retenue tout en construisant une réserve au-dessus de la digue ; c'est la surélévation du barrage.
- Dans le cas où la boue arrive au niveau du barrage, on la laisse s'écouler à travers les pertuis de vidange sous forme d'un courant de densité.

Empêcher la boue d'atteindre le barrage : Aménager le bassin versants

Reboisement et banquettes

Empêcher les particules fines d'atteindre le barrage est le meilleur moyen pour augmenter la longévité de ce dernier. Réduire au maximum l'érosion des sols au niveau du bassin versant, surtout lorsqu'on sait que 180 millions de tonnes de terre érodés annuellement par le ruissellement sur les bassins versants du nord d'Algérie (Demmak, 1982). Une partie de cette masse de boue est interceptée

par les barrages qui sont considéré comme de véritables piègeurs de particules ; plus de 99% de particules sont piégées par les barrages du nord Algérien (Remini and Hallouche, 2004). Le traitement et l'aménagement des bassins versants peuvent réduire le départ des sédiments vers les barrages. Plusieurs projets antiérosifs ont été entamés par les services des forêts sur l'ensemble des bassins versants du nord Algérien. Cependant, nous ne pouvons pas quantifier son impact sur l'érosion. Un exemple très intéressant peut nous donner une idée sur l'effet de la dégradation d'un bassin versant sur l'envasement des barrages. Il s'agit du barrage de Sidi Mhamed Ben Aouda (SMBA) qui se trouve à l'exutoire du bassin versant d'oued Mina. En effet, ce bassin versant était considéré comme un site pilote où des aménagements anti érosifs ont été entamé au début des années quatre-vingt par le GTZ dans le cadre d'un grand projet de lutte contre l'érosion. En effet, après quelques années d'aménagement et de suivi, le transport solide a beaucoup diminué dans l'oued Mina et par conséquent, il y'avait peu de dépôts dans le barrage de SMBA. Au début des années quatre-vingt-dix le bassin versant a été abandonné suite au problème de terrorisme qui a sévi dans la région. Le bassin versant est passé d'un bassin à faible taux d'érosion à un bassin à fort taux d'érosion ; c'est un très bon exemple pédagogique. Sur la base de levées bathymétriques exécutées par l'agence nationale des barrages et transferts, nous avons déterminé le taux d'envasement du barrage avant et après la dégradation du bassin versant à l'amont du barrage. Le taux d'envasement du barrage a été triplé (Remini et al, 2018). D'ailleurs, le barrage de SMBA est classé actuellement parmi les 20 barrages les plus envasés, son taux de comblement avoisine 70% de la capacité initiale (Remini, 2017). Ce résultat dramatique est le fruit d'un bassin versant aménagé qui s'est dégradé, l'érosion va s'accélérer plus qu'avant son aménagement. Les banquettes et les ravines délaissées accéléreront l'érosion (fig. 6). Les projets d'aménagement des bassins versants doivent être entrepris au niveau des bassins versants des barrages à moyen taux d'envasement et les barrages en projet. A titre d'exemple, le plus grand barrage Algérien celui de Beni Haroun d'une capacité de 1 milliards de m³ reçoit actuellement 9 millions de m³ de boue par année. Il est dans l'urgence de déterminer les zones de forte érosion au niveau de son bassin versant pour entamer les aménagements nécessaires. Dans le cas contraire, le barrage pourra être classé parmi les barrages les plus envasés et toute opération de dévasement coutera beaucoup plus chère.



Figure 6 : Bassin versant d'oued Mina : Banquettes très dégradés accélèrent l'envasement du barrage de SMBA (Photo. Remini, 2014)

La correction torrentielle

Que faire de la boue qui descend du point le plus haut de la montagne pour se déposer au fond du lac d'un barrage ? Le mieux est de faire l'impossible pour arrêter la boue au niveau de la montagne. Surtout lorsqu'on sait qu'un pourcentage important de la boue provient de l'érosion des sols au niveau du bassin versant. Planter, c'est créer une macro rugosité ; une sorte de résistance qui laisse la boue à sa place d'origine. Mais quel que soit le nombre d'arbres plantés, une partie de boue s'échappe pour atteindre le barrage. La correction torrentielle ; une autre méthode d'aménagement qui permet à la boue de rester au plus haut de la montagne. Une technique simple et économique dont le principe est de corriger la pente naturelle de la ravine.

La vitesse de l'écoulement dans la ravine est donnée par la relation de Chezy :

$$V = C \cdot \sqrt{Rh \cdot I}$$

Avec Rh : Rayon hydraulique

I : Pente naturelle de la ravine

C : Coefficient de Chezy

L'objectif est de diminuer la pente I, c'est-à-dire il faut ramener la pente naturelle (I) à une pente de compensation (I_c), telle que : $I_c < I$. Pour obtenir la nouvelle pente, il faut construire une digue en gabionnage à la fin de la ravine. La cuvette formée par ce barrage filtrant sera dans quelques années complètement envasé. La pente de compensation (I_c) est obtenue par le toit de la boue (fig. 7).

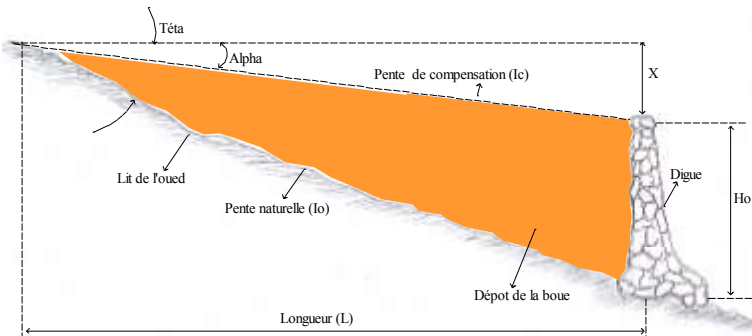


Figure 7 : Schéma théorique de la pente de compensation (Ic) (Schéma, Remini, 2019)

De point de vue pratique, la hauteur de la digue généralement dépasse les 40 m. Dans ce cas, il faut construire des petites digues en gabionnage de 2 m de hauteur le long de la ravine. Une fois remplis par la boue, les retenues formées par ces seuils, permettent d'obtenir un écoulement moins violent, puisque la vitesse est faible.

La détermination de la hauteur H_0 de la digue est obtenue comme suit :

$$Tg(\theta) = I = (H_0 + X) / L \text{ et } tg(\alpha) = X / L = I_c$$

La hauteur du seuil théorique est égal à : $H_0 = L (I - I_c)$

La pente de compensation I_c est obtenue en supposant qu'il n'y'aura pas d'érosion dans le nouveau lit de la ravine (toit de la boue). Dans ce cas, la force tractrice de l'écoulement doit être inférieure à la force critique :

$$\tau_0 < \tau_{cr}$$

τ_0 : force tractrice de l'écoulement (N/m^2)

τ_{cr} : force critique (propre à la particule) :

avec $\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R \cdot I$

et $\tau_{cr} = 0,047(\gamma_s - \gamma) \cdot d_{50}$ (Relation de Meyer Peter

Il suffit tout simplement de prendre quelques échantillons des granulates du fond de la ravine pour faire des analyses granulométriques. Après avoir tracé la courbe granulométrique, on détermine le d_{50} . Dans ce cas, la hauteur totale H_0 peut être évaluée.

La hauteur pratique (h) d'un seuil en gabionnage est donnée égale à 2 m. Sur la base de cette donnée, on détermine le nombre de seuils à réaliser le long de la ravine d'une longueur (L) est :

$$N = H_0/h$$

La distance entre les seuils est égale dans ce cas : $B = L/N$

Sur la base de ces résultats, le projet d'aménagement de la ravine peut être exécuté afin d'obtenir le nouveau schéma (fig. 8 et 9).

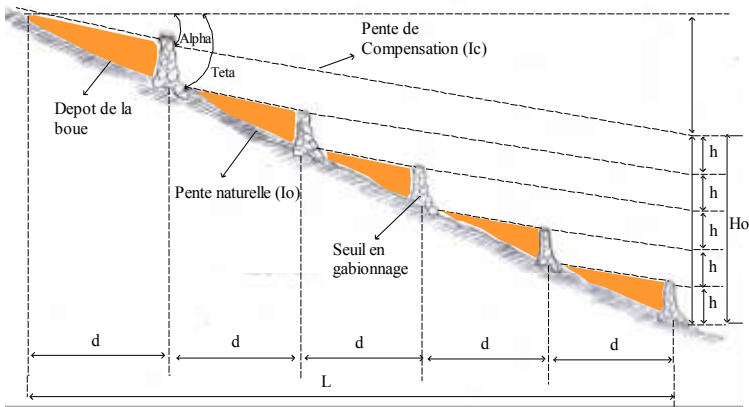


Figure 8 : Schéma synoptique d'une ravine aménagée (Schéma Remini, 2019)



Figure 9 : Ravine aménagée au niveau du bassin versant de Beni Chougrane (Photo. Remini, 2014)

La correction torrentielle ; une technique économique qui demande peu de moyens. Très efficace, mais aucune étude d'impact sur la diminution du taux d'envasement des barrages n'a été menée. Les seuils en gabionnage doivent être réalisés dès la « naissance » de la ravine (fig. 10). Arrivée à un stade très avancé d'érosion, il devient impossible d'installer des seuils dans la ravine (fig. 11). A cet effet, un suivi périodique par des images satellites et de visites de terrain deviennent indispensables au moins une fois chaque trois années.



Figure 10 : Bassin versant de Beni Chougrane : Ravine acceptable ; la correction torrentielle peut être réalisée (Photo. Remini, 2002)



Figure 11 : Bassin versant de Beni Chougrane : Stade très avancée de la ravine, il devient difficile de réaliser les seuils (Photo. Remini, 2014)

Il existe 3 étapes importantes lors de la mise en service d'un aménagement de correction torrentielle. La première étape correspond au remplissage des retenues formées par les seuils par la boue qui était censée de se déposer dans le barrage réservoir. La deuxième étape correspond à l'écoulement moins violent et non érosif une fois la pente de compensation a été établie. Dans la troisième étape après le reboisement du lit de la ravine, la macro rugosité (forêt) devient plus importante qu'avant et par conséquent l'érosion sera atténuée (fig. 12).

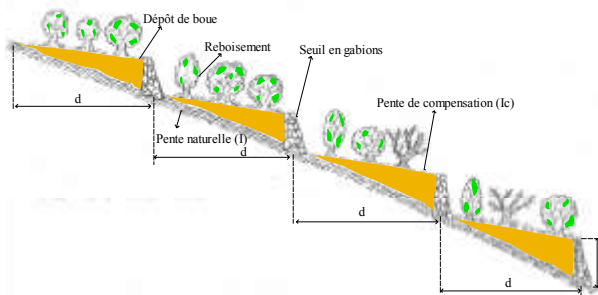


Figure 12 : Schéma d'un aménagement final d'une correction torrentielle (Schéma, Remini 2019)

Méthode de dragage en Algérie

Les barragistes veillent à ce que la boue reste à son point de départ, c'est-à-dire au niveau du bassin versant. Mais dans le cas où la boue arrive et se dépose au fond du barrage, la situation devient plus délicate (Remini et Hallouche, 2004). Le curage du lac devient une opération obligatoire pour prolonger la durée de vie de l'ouvrage. C'est une opération difficile qui nécessite beaucoup de préparation. Le projet sera entamé par le choix du lieu de rejet de la boue, du volume seuil d'eau dans la retenue pour entamer le dragage, des zones de fortes taux d'envasement et la profondeur du toit de vase. Si toutes ces conditions sont satisfaites, le dragage du barrage peut être entamé. A titre d'exemple, faute d'existence d'un volume minimum dans le barrage de Foug El Gherza et malgré l'installation de la drague et son équipement, le dragage a été reporté aux premières crues de septembre 2015 (effectivement dans le cas où il y'aura des pluies). Aujourd'hui, une opération de dragage peut extraire entre 4 à 6 millions de m³ de boue par année. L'histoire du dragage des barrages Algériens remonte en 1959. C'était la première opération de dragage opérée sur le barrage de Cheurfas 1 pour évacuer 8,5 millions de m³ de 1959 à 1962. Jusqu'à 2019, environ 12 opérations de dragages ont été réalisées sur 10 barrages, soit un volume 170 millions de m³ de vase enlevés ((fig. 13 à 18) et tableau 1)),

Tableau 1 : Volumes dévasés par dragage dans les barrages Algériens (Remini, 2019)

N°	Barrage	Année	Capacité initiale (million de m ³)	Année de dévasement	Volume enlevé (million de m ³)	Etat actuel du barrage
1	Sig	1846	1	1962-1964	1	Abandonné
	Fergoug	1871	30	1965-1966	3	Abandonné
2	Fergoug3	1970	18	1989-1992	7.1	
	Fergoug 3	1970	18	2005-5007	10	En service
3	Cheurfas 1	1882	14	1959-1962	8,5	Abandonné
4	Hamiz	1879	14	1967-1975	8,5	En service
5	Zardezas	1945	31	1993-2002	10	En service
6	Ksob	1879	29,5	2002-2004	4	En service
7	F. Gherza	1950	47	2004-2006	4	
	F.Gherza	1950	47	2015-2017	8	En service
					(opération en cours en 2019)	
8	Merdja	1984	55	2004-2006	5	En service
9	Bouhanifia	1940	55	2012-2015	4	En service
10	Foug El Gueiss	1939	2,5	2006	1	En service
11	Beni Amrane	1988	16	2004	0.28	En service

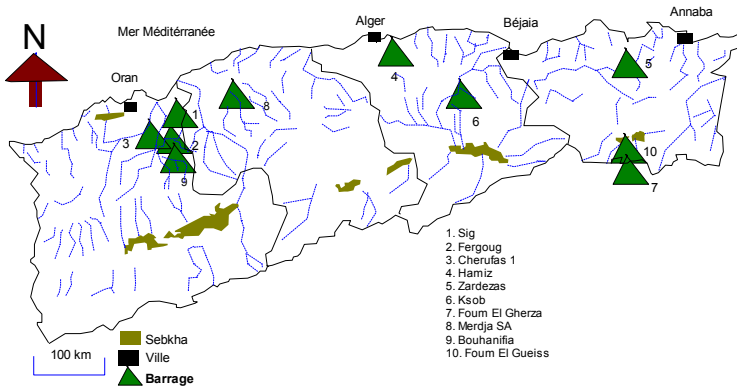


Figure 13 : Localisation des barrages Algériens dévasés par le dragage (Schéma Remini, 2019)



Figure 14 : Opération de dragage du barrage de Merdja (Photo. Remini, 2005)



Figure 15 : Opération de dragage du barrage de Foum El Gherza (Photo. Remini, 2006)



Figure 16 : Opération de dragage du barrage des Zardezas (Photo. Remini, 2006)



Figure 17 : Opération de dragage du barrage de Foum El Gherza (Photo. Remini, 2018)



Figure 18 : Opération de dragage du barrage de Bouhanifia (Photo. Remini, 2015)

Nous avons tracé sur la figure 19, l'évolution historique du volume dévasé depuis la première opération de dragage. Il est intéressant de constater que le dévasement croît en fonction des années, mais à partir de l'année 2000, le dévasement s'est accéléré encore plus surtout avec l'acquisition de deux nouvelles dragues par l'agence nationale des barrages et transferts (ANBT).

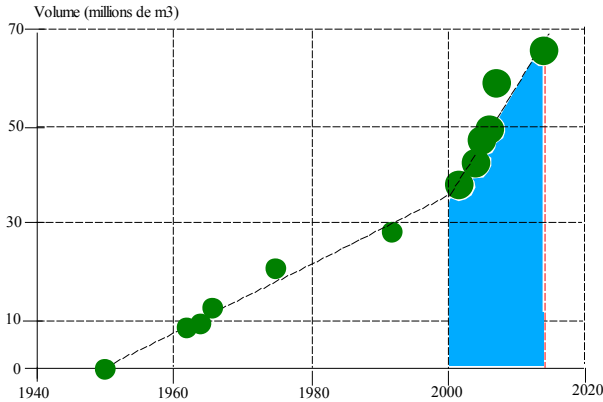


Figure 19 : Evolution de la capacité enlevée par la technique de dragage dans les barrages Algériens (Remini, 2019)

Aujourd'hui, il faut encore entamer d'autres opérations de dragages au niveau des barrages qui sont gravement menacés par l'envasement. A savoir, les barrages, SMBA, Ighil Emda, Boughezoul.

Le seul problème qui se pose au niveau de la technique de dragage est le lieu de rejet de la boue. Deux cas possibles peuvent se présenter, le rejet directement à l'aval du barrage dans l'oued ou tout simplement à l'amont dans des bassins de stockage. Seulement le premier cas, pose d'énormes problèmes pour l'environnement avec des tonnes de boue qui sont rejetés directement dans l'oued. Pour le deuxième cas qui a été révélé, être une bonne solution, la création d'un cycle fermé par le refoulement de la suspension dans les bassins qui se trouvent à une cote plus élevée que celle du lac du barrage. Une fois la boue s'est décantée puis stockée dans ces bassins, l'eau claire s'écoule par gravité et revient vers la retenue du barrage. Sauf que cette solution pose le problème de l'espace pour le creusement des bassins de décantation. Elle peut être une solution pour un volume de boue de rejet bien défini. Par contre si cette boue est utilisée dans d'autres domaines, ce cas peut s'avérer une solution sûre. Un handicap sérieux se pose pour le dragage des barrages dans des régions arides. Une telle technique se déroule en présence d'un tirant d'eau bien défini pour permettre à la pompe de la drague d'aspirer la suspension. La programmation d'une opération de dragage est liée à ce genre de scénarios. Le cas de dévasement du barrage de Foum El Gherza a eu une telle mésaventure puisque en plein opération d'extraction de la boue, une sécheresse a frappé la région en 2015. La drague a été piégée en plein boue, il fallait attendre environ 6 mois pour reprendre l'opération (fig. 20).



Figure 20 Une drague dans la boue du barrage de Foum El Gherza, faute de sécheresse (Photo. Remini, 2015)

Valorisation de la boue des barrages ; une solution pour les régions arides

Comme nous l'avons mentionné précédemment que la boue extraite du fond des barrages, nous pose un problème du lieu de rejet. Deux cas possibles se présentent. Rejeter la boue à l'amont ou à l'aval du barrage. Ce dernier cas a été appliqué sur les barrages de Fegoug et Zardezas, c'est-à-dire le rejet a été effectué dans l'oued. Une opération pose d'énormes problèmes d'environnement. Une telle option peut être envisagée dans le cas où le site du barrage n'est pas loin du littoral. Dans ce cas, la boue qui sera rejetée dans l'oued, sera suivie par une opération des lâchers (débit écologique) pour permettre à la boue d'atteindre la mer. Par contre, lors du dévasement des barrages de Foum El Gherza et de Bouhanifia, la boue a été rejetée dans un site qui se trouve à une côte supérieure au niveau du lac du barrage. Le site peut être localisé à l'amont ou à l'aval du barrage de telle manière à créer un circuit fermé et de permettre ainsi à l'eau de revenir au lac par gravité après décantation de la boue dans les bassins de stockage. Une telle méthode s'est avérée une solution économique et bénéfique, mais elle exige un espace important pour le stockage de la boue. A titre d'exemple, lors de la première opération de dragage du barrage de Foum El Gherza durant la période : 2004-2006, un volume de 4 millions de m³ de boue a été stocké dans 4 bassins aménagés à l'amont du barrage spécialement pour cette opération qui a exigé un espace d'une superficie de 50 hectares (fig. 21 et 22). Lors de la deuxième opération de dévasement durant la période : 2015-2017, une quantité de boue de 8 millions de m³ a été déposée dans 8 bassins qui ont été aménagés dans un

espace de 80 hectares à l'amont du barrage (fig. 23 et 24). L'eau retourne vers la retenue par gravité.



Figure 21 : Un des bassins de stockage de la boue refoulée par la drague lors de la première opération de dragage (2004-2006) (Photo. Remini, 2006)

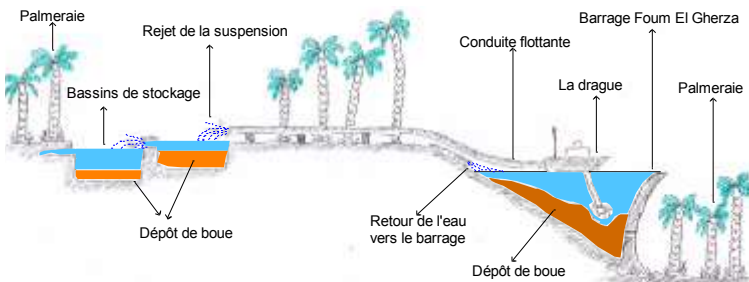


Figure 22 : Schéma du processus de dévasement du barrage de Foug El Gherza Deuxième opération de dragage (2015-2017) (Schéma, Remini 2019)



Figure 23 : Un des bassins de stockage de la boue refoulée par la drague lors de la deuxième opération de dragage (2015-2017) (Photo. Remini, 2018)

Aujourd'hui, l'opération de dragage est en cours en 2019, mais le refoulement de la boue s'effectue vers 3 bassins de stockage d'une superficie de 35 ha aménagés à l'aval du barrage. Tout l'espace à l'amont du barrage a été consommé. Les 3 bassins se trouvent à une cote inférieure à celle du lac du barrage (fig. 24). Dans ce cas, l'eau s'écoule par gravité vers l'oued et se mélange avec les eaux de fuites du barrage pour être destinées à l'irrigation des palmeraies de Sidi Okba, Seriana Garta. Malgré les 10 millions de m³ dévasés, le barrage de Foum El Gherza reste envasé à plus de 65% de la capacité totale du barrage. Il devient impossible de dévaser au-delà de cette quantité (10 à 12 millions de m³ de boue), vu l'absence d'espace (fig. 25).



Figure 24 : Bassin de stockage de la boue refoulée à l'aval du barrage de Foum El Gherza en 2019. (Photo. Remini, 2019)

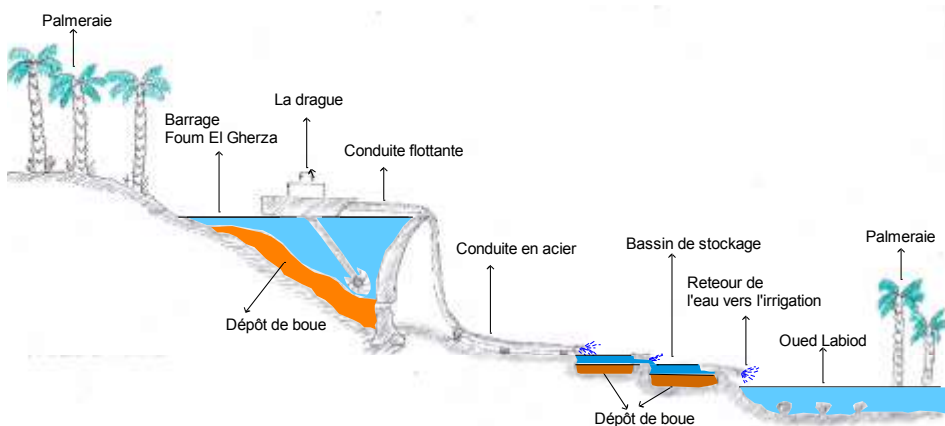


Figure 25 : Schéma du processus de dévasement du barrage de Foum El Gherza Deuxième opération de dragage prolongée (Schéma, Remini 2019)

Le barrage de Bouhanifia a été dévasé durant la période : 2016-2018. Une quantité de 10 millions de m³ de boue a été refoulé vers les 10 bassins de stockage aménagés à l'aval du barrage occupant un espace de 75 ha situé à une cote supérieure à celle du lac du barrage. Après décantation de la boue, l'eau claire revient vers le lac (fig. 26).

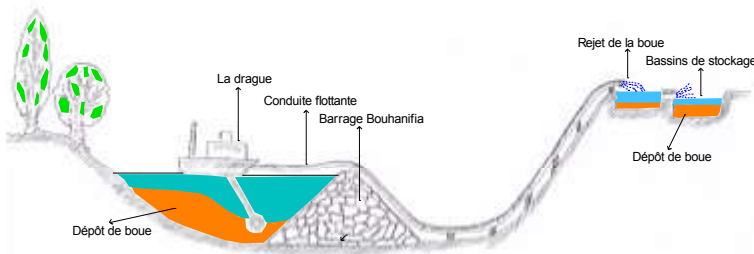


Figure 26 : Schéma du processus de dévasement du barrage de Bouhanifia (Schéma, Remini 2019)

Jusqu'aujourd'hui, le volume maximum dévasé pour un barrage lors d'une opération de dragage n'a jamais dépassé les 10 millions de m³ de boue. Si nous faisons une référence au dévasement des deux barrages de Foum El Gherza et de Bouhanifia, le stockage de 10 millions de m³ de boue exige environ 100 ha d'espace. Alors pour une grande quantité de boue qui dépasse les 10 millions de m³, il devient difficile d'aménager une superficie pour stocker une quantité aussi grande. Les services d'hydraulique doivent opter à court et à moyen terme pour des opérations de dévasement d'envergure de plus de 20 millions de m³ de boue. Ceci exige 4 à 5 dragues dans un lac de barrage qui vont refouler environ 16 à 20 millions de m³ de boue par année dans des conditions normales (absence de pannes et de sécheresse). Pour ce type d'opération, le problème réside dans le stockage d'une grande quantité de boue. Dans ce cas, la valorisation de la boue devient indispensable. Cette solution est au stade expérimental depuis environ 30 ans. Il reste à faire une étude technico-économique pour ensuite entamer la dernière étape industrielle. En effet, nous étions parmi les premiers au début des années 90 à étudier la réutilisation de la vase dans le domaine des matériaux de conduction (brique et tuile), dans le domaine de la poterie et dans l'amendement des sols (Remini, 2006 ; Remini et Kenai, 2000 ; Labiod et al, 2004) (fig.27 et 28) .



Figure 27 : Produits finis obtenus par la boue de dragage du barrage de Foug El Gherza (Photo. Remini, 2016)



Figure 28 : Produits finis obtenus par la boue de dévasement par la vanne de fond du barrage de Sidi M'hamed Ben Aouda (Photo. Remini, 2016)

C'est ainsi que différentes analyses (minéralogiques, physiques, chimiques...) ont été effectuées sur des échantillons de boue prélevés au niveau d'une vingtaine de barrages. Les résultats obtenus sont jugés très satisfaisants. Dans le cas où ce projet se concrétise, la drague peut être installée dans le lac d'un barrage pour plusieurs années. Il est même intéressant d'équiper chaque barrage envasé (à plus de 50% d'envasement) par une drague qui fonctionne en continue. Dans ce cas, le barragiste doit apprendre à gérer la boue au même titre que l'eau du barrage.

Méthode de la surélévation de la digue d'un barrage

La surélévation d'un barrage est une solution efficace pour les barrages de grande capacité dont le taux de comblement atteint les 50%. La surélévation consiste à augmenter la hauteur de la digue de quelques mètres pour obtenir une réserve d'eau supplémentaire tout en gardant la vase au fond du barrage (Remini, 2008) (fig. 39 (a et b)).

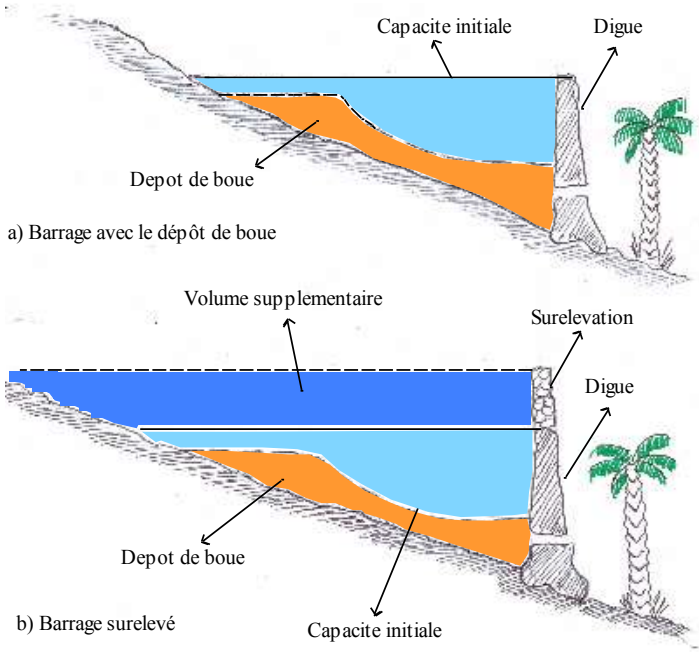


Figure 29 : Schéma approximatif d'une surélévation d'un barrage (Schéma Remini, 2019)

Le seul inconvénient de la technique de la surélévation est la superficie des terres inondée à l'amont suite à la montée de la surface d'eau du lac. Aujourd'hui avec la nouvelle technique de la surélévation de l'évacuateur de crues par la méthode des hausses fusibles, la durée de vie des barrages envasés peuvent être prolongés de plusieurs années. En Algérie, la surélévation des barrages a commencé par le barrage de Sig en 1889. Jusqu'au 2014, neuf barrages ont été surélevés pour récupérer une capacité de 170 millions de m³ (fig. 30 et tableau 2).

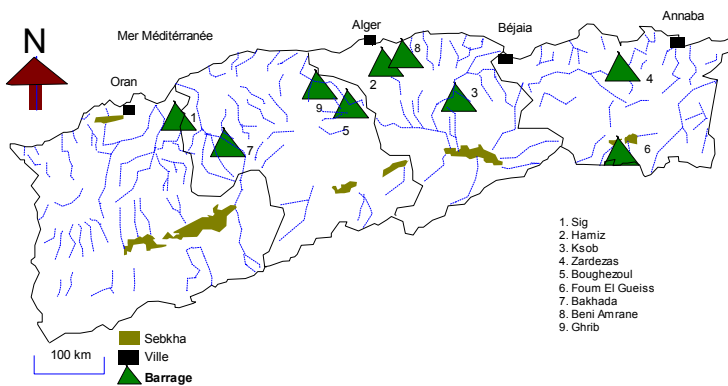


Figure 30 : Localisation des barrages surélevés en Algérie (Remini, 2019)

Tableau 2 : Capacités récupérées par la technique de la surélévation de la digue (Remini, 2019)

N	Barrage	Année de la mise en eau	Capacité initiale (millions de m ³)	Année de la surélévation	Capacité après surélévation (millions de m ³)	Année de la 2eme surélévation	Capacité (millions de m ³)
1	Sig	1846	1	1858	1		
2	Hamiz	1870	14	1936	16		
3	Ksob	1939	11.6	1977	18		
4	Zardezas	1945	14.9	1975	16.1		
5	Boughezoul	1935	55.8	1960	65.8		
6	Foum El Gueiss	1939	2.5	1969	3	2004	3.5
7	Bakhada	1936	36	1958	50.3		
8	Beni Amrane	1988	15.6	2001	22.6		
9	Ghrib	1939	280	2005	350		

Nous avons suivi l'évolution de la capacité récupérée par la technique de la surélévation depuis l'application de la première opération de surélévation (fig. 31). Il est intéressant de constater que depuis 1850, la réserve d'eau supplémentaire croît, mais après 1950, la capacité obtenue par la surélévation s'est accélérée pour atteindre un cumul de 170 millions de m³. Il est temps de généraliser la méthode de surélévation de l'évacuateur de crues par les hausses fusibles pour récupérer les volumes perdus par envasement.

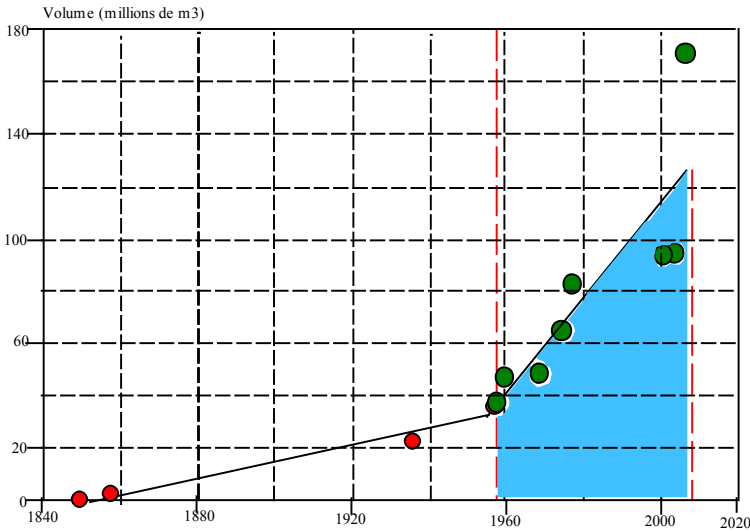


Figure 31 : Evolution des capacités récupérées par la technique de la surélévation de la digue (Remini, 2019)

Le dernier barrage surélevé est celui de Ghrib qui subit en 2007 une opération de surélévation du déversoir de 3 m par les hausses fusibles pour gagner une réserve d'eau supplémentaire de 70 millions de m³, soit une augmentation de 25% de la capacité totale du barrage (fig. 32). Même opération a été menée sur le barrage de Beni Amrane. Le déversoir a été surélevé d'une hauteur de 9 m pour récupérer une capacité de 7 millions de m³, soit une capacité du barrage de 22,6 millions de m³ (fig. 33).



Figure 32 : Surélévation du déversoir du barrage de Ghib par les hausses fusibles (Photo. Remini, 2017)



Figure 33 : Surélévation du déversoir du barrage de Beni Amrane par les hausses fusibles (Photo. ANBT)

La technique des soutirages des courants de densité

Nous sommes convaincus que le soutirage des courants de densité par les pertuis de vidange constitue la meilleure solution à l'envasement des barrages en zones arides. Cependant, avec tous ces avantages de doubler la durée de vie des ouvrages, la technique n'a pas eu les résultats escomptés par les spécialistes. En zones arides, l'envasement des barrages s'effectue lors des crues qui ramènent des eaux chargées en particules fines. En contact avec les eaux des

retenues, les courants de densité se forment et s'écoulent au-dessous des eaux claires pour atteindre le pied du barrage (fig. 34).



Figure 34 : Propagation d'un courant de densité dans un canal (Photo. Remini, 2014)

Ce phénomène des courants de densité se manifeste dans les lacs des barrages d'Ighil Emda, Oued Fodda, Ghrib, Foum El Gherza, Beni Haroun, Zardezas, Boughezoul, SMBA, Erraguene, Gargar, (Remini et Maazouz, 2018 ; Remini et al, 1995 ; Remini et Ouidir, 2017 ; Remini et Toumi, 2017 ; Remini et al, 2018 ; Remini et Bensafia, 2016 ; Remini et Benfetta, 2015 ; Remini et al, 2015a ; Remini et al, 2015b, Remini et Hallouche, 2007). L'ouverture des pertuis de vidange dans les meilleurs moments avant la décantation des particules permet aux courants de densité de s'écouler vers l'aval du barrage (Remini, 1997 ; Remini et Ouidir, 2017 ; Remini et al, 1995 ; Remini et Toumi, 2017) (fig. 35). C'est une technique très simple et très rentable, il suffit seulement d'équiper les nouveaux barrages en plus de leurs vannes de fond par une batterie de vannettes de dévasement.

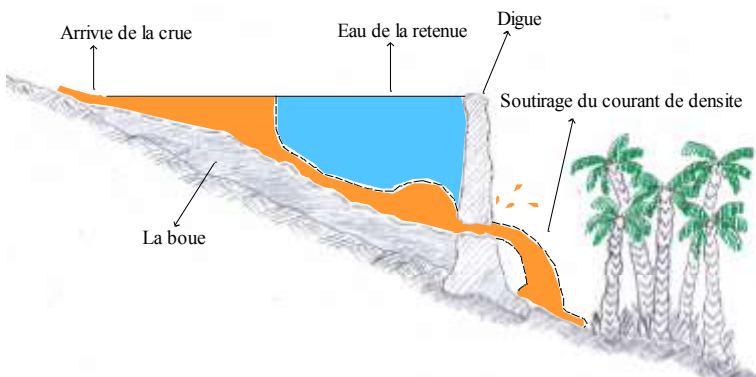


Figure 35 : Soutirage des courants de densité par les pertuis de vidange (Schéma Remini, 2019)

L'Algérie est considérée comme le pionnier de l'application de la technique de soutirage des courants de densité. Trois barrages sont équipés d'une batterie de vannettes de dévasement. Huit vannettes de 40 cm de diamètres sont installées dans le corps du barrage d'Ighil Emda pour le soutirage des courants de densité (fig. 36).



Figure 36 : Batterie de 8 vannettes de soutirage des courants de densité du barrage d'Ighil Emda (Photo. Ouaret et Remini, 2008)

Les barrages d'Erraguene et des Zardezas sont équipés de 4 vannettes de dévasement de diamètre de 40 cm pour le soutirage des courants de densité. Cinq vannettes de 40 cm de diamètre sont installés dans le cops du barrage pour le soutirage des courants de densité (fig. 37).



Figure 37 : Vannettes de soutirage des courants de densité du barrage d'Oued Fodda (Photo. Remini, 2008)

Le soutirage des courants de densité s'il est bien appliqué peut accroître la durée de vie de l'ouvrage. L'Algérie est considérée comme l'un des rares pays au monde qui pratique la technique de soutirage des courants de densité (Remini. Les résultats obtenus par cette technique au niveau des barrages d'Ighil Emda, Erraguene, Oued Fodda, Zardezas, Foum El Gherza, Sidi Mhamed Ben Aouda et Beni Haroun sont encourageants. Plus de 50% de la boue entrante dans le lac a été soutirée par la batterie des vannettes durant plus de 60 ans d'exploitation du barrage (Remini, 1998) (fig. 38).



Figure 38 : Une opération de soutirage des courants de densité au niveau du barrage d'Ighil Emda (Photo. Sonelgaz Derguina)

Ces dernières années, les gestionnaires de certains barrages comme SMBA, Beni Haroun et Zardezas pratiquent le soutirage des courants de densité en ouvrant les pertuis de vidange au moment de la crue qui signifie la présence du courant de densité. Les résultats obtenus sont très encourageants (fig. 39, 40, 41 et 42).

La technique de soutirage peut être considérée comme la technique des zones arides. Cependant si elle est bien maîtrisée, elle peut accroître la durée de vie du barrage. Il suffit seulement de jouer sur les manœuvres des vannettes ou la vanne de fond pour abstenir un écoulement permanent du courant de densité. Dans ce cas, on assiste à un soutirage d'une importante quantité de boue avec un minimum de perte d'eau claire (Remini et Avenard, 1999 ; Remini, 2000a ; Remini, 2000b ; Remini et Avenard, 1998 ;



Figure 39 : La suspension soustrée par les pertuis de vidange du barrage de Beni Haroun indique bien qu'elle est récente émanant d'un courant de densité (Photo. ANBT)



Figure 40 : Pertuis de vidange du barrage de Sidi Mhamed Ben Aouda (Photo. Remini, 2014)



Figure 41 : Boue soustrée par par les pertuis de vidange du barrage de SMBA (Photo. Remini, 2014)



Figure 42 : Barrage Zardezas : Soutirage des courants de densité (Photo. ANBT)

Les chasses à l'Espagnol

C'est une opération efficace, elle permet à l'eau de chasser les sédiments par l'ouverture des vannes de fond au mois de juin ou de juillet et d'attendre le remplissage du barrage durant les pluies d'octobre. Elle peut s'appliquer pour les barrages de faible capacité. Elle est déconseillée de l'appliquer pour les barrages en zones arides comme le cas de l'Algérie. La technique des chasses a été appliquée occasionnellement sur les barrages de Hamiz et de Ksob durant les années cinquante. Actuellement, elle s'applique sur le barrage de Beni

Amrane lequel est équipé par 6 vannes de fond spécialement pour les chasses. Les résultats obtenus durant la période : 1988-2002 ont permis d'évacuer 1,2 millions de m³ de boue (fig.43 et 44). La durée de vie du barrage a été prolongée de 4 ans.



Figure 43 : Vannes d'évacuation de la boue par les chasses (Photo. Remini, 2006)



Figure 44 : Modèle réduit du barrage de Beni Amrane : Vannes d'évacuation de la boue par les chasses du barrage de Beni Amrane (Photo. Remini, 2006)

Evacuation des sédiments par les pertuis de vidange

C'est une technique indispensable pour un barrage en zone aride. Laisser les vannes fermées, c'est laisser la boue s'accumuler au fond du barrage et par conséquent la durée de vie du barrage diminue. En plus, le colmatage des pertuis de vidange est inévitable dont les conséquences seront néfastes pour la gestion des barrages. Plusieurs exemples témoignent cette gravité. Il s'agit du blocage de la vanne de fond du barrage d'Oued El Fodda qui se trouve actuellement sous 45 m de vase et toute manœuvre de la vanne devient impossible. Le blocage de la vanne de fond du barrage des Zardezas depuis 1974. Le blocage de la vanne de fond du barrage de Foum El Gherza durant la période 1982-1989 (fig. 46). Le blocage de la vanne droite du barrage de SMBA depuis 2004 jusqu'à aujourd'hui. Les opérations périodiques de manœuvres des vannes de fond sont obligatoires pour soulager les pertuis des dépôts récents de la boue. De point de vue pratique, l'opération d'ouvertures pose d'énormes problèmes pour les gestionnaires des barrages. Toute manœuvre de vannes doit être signalée pour les autorités locales afin de prendre les précautions nécessaires à la suite de la montée du niveau d'eau à l'aval du barrage. Une telle opération peut provoquer la fermeture des routes et des zones inondables. Dans le cas où les conditions pratiques sont réunies, l'ouverture doit s'effectuer à l'arrivée des crues pour éviter toute décantation et tassement des particules fines. Au début, la mixture évacuée prend une couleur noirâtre qui témoigne la présence d'une masse de sédiments puis au cours du temps, la couleur s'éclaircit pour devenir transparente qui marque le moment de la fermeture des vannes. Les manœuvres tardives des pertuis de vidange compliqueront l'opération d'évacuation des sédiments. La vitesse de tassement des particules fines prend l'avance sur la vitesse d'écoulement à travers l'ouverture. Dans ce cas, il y'aura uniquement un dégagement d'un cône de vase déposé aux alentours des pertuis de vidange. La poursuite des manœuvres des vannes en décalage avec les crues provoquera le colmatage des pertuis de vidange. L'agence Nationale des Barrages et Transfert effectue un suivi rigoureux des lâchers sur l'ensemble des barrages Algériens. Des consignes de gestion des lâchers ont été instruites aux gestionnaires des barrages. Cependant, faute de moyen de mesure des concentrations en particules fines dans les eaux évacuées, nous ne pouvons pas quantifier les capacités de vase évacuées.



Figure 45 : Ouverture de la vanne de fond évacuer le boue qui est déposée auprès du pied du barrage (Photo. Remini, 2012)

Déclassement d'un barrage

C'est l'étape la plus cruciale pour un barragiste. Abandonner un barrage faute de son envasement pour construire un nouveau barrage sur le même site ou ces environ peut être considérée comme un moyen de lutte contre l'envasement. C'est après avoir essayé toutes méthodes possibles de dévasement (dragage et surélévation), le barrage finira par un comblement total de son réservoir, on peut recourir à la construction du nouveau barrage si les conditions techniques se trouvent réunies. Deux barrages ont été remplacés par deux nouveaux ouvrages, il s'agit des barrages de Fergoug et Cheurfas II (tableau 3). Aujourd'hui, on assiste à deux autres barrages similaires qui sont envasé à plus de 95 % de leurs capacités initiales (Foum El Gueiss et Fergoug). Peut-on les récupérer ou les déclasser, c'est toute la question qui reste posée ?

Tableau 3 : Barrages déclassés en Algérie (Remini, 2019)

Barrage	Année de mise en service	Capacité initiale (millions de m³)
Fergoug II (Mascara)	1871	30
Sig (Mascara)	1846	1
Cheurfas I (Bel Abbès)	1882	14,4
Magoum (Mascara)	1887	1,00
Saint Lucien (Tlemcen)	1871	1
Tlelat (Bel Abbès)	1860	0,73
Djidiouia (Béjaïa)	1877	0,70

REFLEXION SUR LA PROLONGATION LA DUREE DE VIE D'UN BARRAGE EN ZONE ARIDE

L'Algérie figure parmi les pays qui possèdent un taux d'érosion le plus élevé de la planète. La construction de nouveaux barrages devient de plus en plus délicate faute de site et la saturation des réseaux hydrographique. La maintenance et l'entretien des anciens barrages deviennent de plus en plus une priorité pour les services des barrages. Tous les moyens de lutte contre l'envasement sont efficaces mais chaque méthode doit être bien pratique dans son temps. Le suivi périodique des dépôts vaseux par les levées bathymétriques est une pratique obligatoire surtout durant les deux premières années de l'exploitation pour le classement du barrage (fort, moyen et faible taux de comblement). Un tel classement définira la priorité et la technique à adopter pour lutter contre l'envasement. C'est ainsi que l'aménagement et le traitement des bassins versants doivent s'opérer dès la réalisation des nouveaux barrages. Ils peuvent être aussi effectués sur les bassins versants des anciens barrages de moyen et de fort taux d'envasement. En plus, d'un traitement du bassin versant, les barrages en projet de réalisation sur un site vulnérable à l'érosion, les barrages doivent être équipés d'une batterie de vannettes de dévasement. Le dispositif sera composé de deux à six vannettes de 40 cm de diamètre qui permet le soutirage des courants de densité. Le nombre des pertuis dépend de la capacité du barrage et la concentration en particules fines des apports solides au barrage. Pour les barrages en projet, les digues peuvent réalisés avec une surélévation dès le début du projet. Pour les barrages en exploitation de faible taux de comblement, ils ne seront pas prioritaires dans la lutte contre l'envasement, cependant un suivi périodique (chaque deux an) de la montée du toit de vase par des levés bathymétriques est indispensable. Pour les barrages à moyen taux de comblement, la détermination des zones de forte érosion et leur traitement devient une opération urgente. Pour les barrages à fort taux de comblement, il faut adopter les moyens curatifs à savoir le dévasement par le dragage ou la surélévation de la digue. Aujourd'hui avec le succès de la technique de la surélévation de l'évacuateur de crue par les hausses fusibles, son application sur les barrages de fort taux de comblement et plus particulièrement les barrages à grande capacité, pourra prolonger sa longévité de plusieurs années.

REMERCIEMENTS

A travers ce papier, je profite à rendre un grand hommage à toutes et tous les scientifiques, les ingénieurs et les techniciens qui ont contribué à faire face à ce problème de boue qui menace nos barrages.

CONCLUSION

A travers cette contribution, nous avons voulu apporté notre modeste contribution en signe de reconnaissance à tous les personnes qui ont contribué à la lutte contre l'envasement. Abandonné un barrage à la suite d'un comblement rapide, ce n'est pas une chose facile dont les répercussions peuvent étre néfastes sur les plans social, économique et environnemental. C'est après plus de 150 ans de lutte contre l'envasement, l'Algérie figure parmi les rares pays qui ont acquis une grande expérience dans la lutte contre l'envasement. Toutes les techniques ont été expérimentées sur les barrages. Il se trouve qu'au niveau d'un barrage, toutes les techniques (Dragage, surélévation, Aménagement du bassin versant, Manœuvres des vannes) ont été pratiquées durant son exploitation. Malgré un envasement accéléré, des barrages ont dépassé un siècle d'exploitation. A titre d'exemple, les barrages Meurad et Hamiz sont toujours en exploitation. Ils ont largement dépassé la durée de leur service. L'Algérie est peut-être le seul pays au monde qui pratique le soutirage des courants de densité au niveau de trois barrages (Oued Fodda, Ighil Emda et Erraguenne). Les résultats obtenus au niveau de barrage d'Ighil Emda sont très encourageants, puisque la durée de vie du barrage a été multipliée par trois. Avec la rareté des sites pour les nouveaux barrages et l'accélération de l'érosion suite aux perturbations climatiques (longue saison sèche, crues soudaines et dévastatrices), l'Algérie pourra elle prolonger la durée de vie de ces barrages ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERTHIER A. (1970). Quelques problèmes posés par la création de barrages sur une rivière transportant les débits solides. X congrès Int. des grands barrages-Montréal (Canada), pp.489-506.
- DEMMAK A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse du Dr-Ing, Univ de pierre et Marie Curie. Paris XI.
- HEUSH B., MILLIES L. (1971). Une méthodologie pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin: application au Maghreb. Revue mine et géologie (Rabat) N° 99, pp. 21-30.
- LABIOD Z., REMINI B., BELAREDJ M. (2004). Traitement de la vase du barrage de Bouhanifia en vue de sa valorisation. Larhyss Journal, N° 03, Juin, pp.7-12.
- MEKERTA B ET TISOT J.P. (1993). Etude de la sédimentation dans les retenues des barrages, propriétés mécaniques des sols fins. communication.1er congrès national des grands barrages. Alger 24 et 25 mai, pp. 1-9.
- MECHIN Y. (1980). Rapport général introductif sur le dévasement des retenues. Séminaire international sur le dévasement des retenues. Tunis (Tunisie) 1-4, juillet 5p.
- 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. (1997). Envasement des barrages en Algérie – Mécanismes et moyen de lutte par la technique de soutirage. Mars, Thèse de Doctorat d'état, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Mars, 342 p.
- 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., AVENARD J-M. (1998). Zone optimale de soutirage. Revue La Houille Blanche, N° 5/6. nov/déc .
- REMINI B., OUIDIR K. (2017). Le barrage réservoir d'Erraguene (Algérie) : une expérience de plus d'un demi-siècle dans le soutirage des courants de densité. Larhyss Journal, N°3, Dec, pp. 213-244.
- REMINI B., TOUMI A. (2017). Le réservoir de Beni Haroun (Algérie) est-il menacé par l'envasement ? Larhyss Journal, N°29, Mars, pp. 249-263.
- REMINI B., BEN SAFIA D., MEKHATRI A. (2018). Le barrage de Sidi M'hamed Ben Aouda (Algérie): l'envasement s'accélère ! Larhyss Journal, N°33, Mars, pp. 221-252.

- REMINI B. (2017). Une nouvelle approche de gestion de l'envasement des barrages. Larhyss Journal, N°31, Sept, pp. 51-81.
- REMINI B., BENSALFIA D. (2016). Envasement des barrages dans les régions arides. Exemples algériens. Larhyss Journal, N°27, Sept 2016, pp. 63-90.
- REMINI B., BENFETTA H. (2015). Le barrage réservoir de Gargar est- il menacé par l'envasement, Larhyss Journal, N°24, Décembre 2015, pp. 175-192.
- REMINI B., BENSALFIA D., MISSOUM M. (2015a). Silting of Fom el Gherza Reservoir. GeoScience Engineering Volume LXI , No.1. pp. 1-9.
- REMINI B., BENSALFIA D., NASROUN T. (2015b). 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. (2008). La surélévation des barrages – une technique de lutte contre l'envasement- Exemples algériens. Revue La Houille Blanche, N°5.
- REMINI B., HALLOUCHE O. (2007). Evolution de l'envasement du barrage d'Oued El Fodda. Revue Eau énergie air, N°1, Avril, pp. 75-78.
- REMINI B. (2006). Valorisation de la vase des barrages - quelques exemples algériens. Larhyss Journal, N°05, Juin 2006, pp.75-89.
- REMINI B., HALLOUCHE O. (2004). Le dragage des barrages. Quelques exemples algériens. Revue Internationale la Houille Blanche N°3, octobre.
- REMINI B. (2000a). La technique du soutirage en Algérie. Bulletin du réseau Erosion (France), N° 20, Vol. 2, pp. 172- 177.
- REMINI B. et KENAI S. (2000). Valorisation de la vase du barrage d'Oued Lekhel pour la fabrication de la brique. Revue marocaine de Génie Civil, N° 90, nov/déc.,pp.36-41.
- REMINI B. (2000b). Bon ou mauvais soutirage: L'exemple de quelques barrages Algériens. Revue internationale La Houille Blanche N°3/4, Mai. pp.68 -75.
- REMINI B., MAAZOUZ M. (2018). Les courants de densité dans le barrage de Fom El Gherza (Algérie). Larhyss Journal, N°35, Sep 2018, pp. 87-105.
- SOGREAH (1967). Etude générale des aires d'irrigation et d'assainissement agricole en Algérie. Dossier OMARA Alger.