

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département des sciences de l'eau et l'environnement

Mémoire de Master

Spécialité : Hydraulique

Option : Ressource Hydraulique

EVOLUTION DE L'ENVASEMENT DU BARRAGE DE FOUM ELGHERZA

Présenté par :

Amara Abdelkader / Boulabbase Ilyas

Membres du jury

Mr. Oularbi, A

Président/ examinateur

Mr. Remini, B

Encadreur

Mr. Merabti, A

Examineur

Année universitaire : 2022 – 2023

Remerciement

Merci tout d'abord à Allah le tout puissant

Toute notre gratitude pour Mr. REMINI qui nous a aidés,

Encouragés durant toute cette période de travail

Nous remercions aux membres de jury qui ont dieu voulu examiner ce travail.

Nos profonds respects à tous les enseignants du département

D'hydraulique qui a contribué à notre formation

ملخص

تشكل ظاهرة تراكم الطمي في السدود مشاكل هائلة لمديري السدود. تسجل منطقة شمال أفريقيا أعلى قيم التآكل في العالم. وهذا يسبب رواسب كبيرة في قاع السدود. ولا يسلم سد فم الغرزة (بسكرة) من هذه الظاهرة. بناءً على المسوحات التي قامت بها الوكالة الوطنية للسدود على خزان سد فم الغرزة. ويبدو من هذه الدراسة أن مخزون سد فم الغرزة ستنخفض بحجم 35 مليون م³ في عام 2023. وعلى أساس معدل ملء قدره 0.3 ملم/3 عاماً، فقد تم تقدير عمر السد بـ 37 عاماً. ومن أجل إطالة عمر السد، فإن الحل المعتمد هو رفع قناة تصريف المياه) نوع PK WER

كلمات البحث: سد فم الغرزة - الطمي - العمر - مسوحات الأعماق - التجريف - الارتفاع

Abstract

The phenomenon of siltation of dams poses enormous problems for dam managers. The North African region records the highest erosion values in the world. This causes significant sediment deposits at the bottom of the dams. The Fom El Gherza dam (Biskra) does not escape this phenomenon. Based on bathymetric surveys carried out by the national dams agency on the reservoir of the Fom El Gherza structure. It appears from this study that the Fom EL Gherzalake will be reduced by a volume of 35 million m³ in 2023. Based on a filling rate of 0.3 Mm³ / year, the lifespan of the dam was estimated at 37 years. In order to extend the age of the dam, the solution adopted is to raise the spillway (type PK WER).

Keywords: Fom El Gherza Dam - Siltation - Lifespan - Bathymetric surveys - dredging - elevation.

Résumé

Le phénomène de l'envasement des barrages pose d'énormes problèmes pour les gestionnaires des barrages. La région de l'Afrique du nord enregistre des valeurs de l'érosion les plus élevées au monde. Le barrage de Fom El Gherza (Biskra) en Algérie n'échappe pas à ce phénomène.

Sur la base des levés bathymétriques effectués par l'agence nationale des barrages sur la retenue du barrage de Fom El Gherza, il ressort de cette étude que le lac de Fom EL Gherza est amputé d'un volume de 35 millions de m³ en 2023 .Sur la base d'un taux de Comblement de 0.3 Mm³ /an, la durée de vie du barrage a été évalué à 37 ans. Afin de prolonger l'âge du barrage, la solution adoptée est la surélévation de l'évacuateur de crues (type PK WER).

Mots clés : Barrage Fom El Gherza - Envasement - Durée de vie- Levés bathymétriques - dragage- surélévation.

List Des Figures

Fig.1 : Processus simplifié de l'érosion en Haute-Normandie-9-L'evolution-des-paysages-associée (M-C Girard,2011).	2
Fig.2 : érosion-sols dans l'oued al Abiod (Algérie)(Remini,2004).....	2
Fig.3:Les modes de transport solide (CHOCAT,1998).....	3
Fig.4 : Schéma approximatif du phénomène de sapement des berges dans l'oued Labiod	3
Fig.5 : Une vue de l'oued El Abiod (Remini,2016)	4
Fig.6: L'envasement dans la retenue du barrage de Foug El Gherza (Remini, 2006)	6
Fig.7 : la sédimentation dans les barrages d'Afrique du Remini	7
Fig.8:Processus d'envasement d'un barrage Réservoir.(REMINI. B2007)	8
Fig.9 : Couleur verte de l'eau de barrage SMBA(REMINI, 2011)	8
Fig.10 : Situation géographique du-barrage de Foug El Gherza (Remini-2017)	13
Fig.11 Vue générale du barrage de Foug El Gherza (Remini-2004).....	14
Fig.12: La voute du barrage de Foug El Gherza (Image prise de Google Earth)	14
Fig.13 : Les limites du bassin versant d'Oued El Abiod.....	15
Fig.14 : Vanne de fond du barrage de Foug El Gherza (Cliché ANBT).....	16
Fig.15 : Aménagement hydroagricole de Foug El Gherza (Schéma Remini, 2023).....	20
Fig.16 : Propagation des courants de densité dans le lac du barrage de Foug El Gherza (Google Earth).....	20
Fig.17 : Schéma de la dynamique des courants de densité dans le lac du barrage de Foug El Gherza (Schéma Remini, 2023)	22
Fig.18 : Zones de dépôts de boue dans le lac du barrage de Foug El Gherza	23
Fig.19: Courbe hauteur –Capacité de 2004.....	25
Fig.20: Courbe hauteur –Capacité de 2015,2007,2004	26
Fig.21: l'évolution de l'envasement dans la retenue du barrage aux années 2004 et 2015 ...	26
Fig.22: Schéma -Coupe longitudinale du barrage de Foug El Gherza en 2004(Schéma Remini, 2015)	27
Fig.23 : La drague hydraulique utilisée lors de l'opération de dragage Du barrage de Foug El Gherza.	29
Fig.24: Schéma synoptique d'une opération de dragage dans un barrage (Remini,2015).....	30
Fig.25 : Rejet de la vase lors de l'opération de dragage de 2005-2006(Remini,2006).....	30
Fig.26: Schéma synoptique d'une surélévation de la digue du barrage de Foug El Gherza (Remini ,2015).....	31

List Des Tableaux

Tableau 1: l'envasement des Barrages dans le Monde (relevée 1987) (Nancy-Brabois)	10
Tableau 2. Classe des barrages vis-à-vis de l'envasement (Remini, 2017)	24
Tableau 3. Comblement d'un barrage (Remini, 2017).....	24
Tableau 4: volume de la vase déposée dans le barrage de Foug El Gherza en 1985 et en 2004.....	27
Tableau 5 : Calcule taux d'envasement moyen annuel de 1985 a 2004.	27

Tableau Des Métiers

Remerciement	II
Résumé	III
List Des Figures	IV
List Des Tableaux	V
Tableau Des Métiers	VI
Introduction Générale	VIII
Chapitre 1 : Recherche bibliographique et travaux antérieurs	1
Introduction.....	Error! Bookmark not defined.
1.1. Notion d'érosion et de transport solide.....	1
1.1.1. L'érosion	1
1.1.2. L'érosion Dans l'oued El Abiod	2
1.1.3. Transport Solide	2
1.1.4. Transport solide dans l'oued El Abiod	4
1.1.5. L'envasement.....	4
1.2. Travaux antérieurs sur l'envasement	5
1.2.1. Travaux de Valembois J et Migniot C en1975	5
1.2.2. Travaux de Remini B en 1997	5
1.2.3. Travaux de Benblidia en 2001	5
1.2.4. Travaux de Remini B et Leduc C et Hallouche W en 2009	5
Conclusion	6
1.3. L'envasement du barrage Foug El Gherza	6
1.3.1. Problèmes Posés Par L'envasement	7
1.4. Aperçu Sur l'envasement des barrages dans le monde.....	9
1.5. L'envasement dans le Monde.....	9
1.5.1. Tunisie.....	9
1.5.2. MAROC	10
Conclusion	11

Evolution de l'envasement du barrage de Foug El Gherza

Chapitre 2 : Présentation Du Barrage Foug El Gherza	13
Introduction.....	13
2.1. Situation géographique	13
2.2. Bassin versant.....	14
2.3. Situation géologique de site	15
2.4. Caractéristiques générales	15
2.5. Évacuateur de crues	15
2.6. Destination.....	16
2.7. Le réseau pluviométrique	16
2.8. Les températures	16
2.9. Le couvert végétal.....	16
2.10. Les caractéristiques techniques du Barrage de Foug El Gherza	17
Conclusion	17
Chapitre 3 : Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foug El Gherza	19
Introduction.....	19
3.1. Etat actuelle du barrage	19
3.1.1. Critères du classement des barrages vis-à-vis de l'envasement : Vitesse de comblement.....	23
3.1.2. Le taux d'envasement moyen annuel.....	26
3.1.3. La durée de vie du barrage.....	28
3.2. Discussion.....	28
3.3. Prévision du l'envasement en 2023	28
3.4. Moyens de dévasement au Niveau De Barrage.....	29
3.4.1. Le Dragage.....	29
3.4.2. Surélévation des barrages	30
Conclusion Générale.....	32
Référence.....	33

Introduction Générale

L'Algérie enregistre les valeurs les plus élevées de l'érosion sur la planète (Remini, 1997). Ceci se répercute sur l'envasement des barrages. En effet, les barrages Algériens en service au nombre de 74 d'une capacité totale égale à 8,5 milliards de m³ (Remini, 2017). Seulement cette capacité est menacée par le phénomène de l'envasement, puisque chaque année un volume de boue évalué à 65 millions de m³/an se dépose au fond de ces barrages (Remini, 2016). Selon Remini, aujourd'hui il existe le volume de boue déposée au fond de ces 4 barrages avoisine 1,6 milliards de m³. Phénomène naturel veut dire qu'il n'existe pas de solution pour ce problème d'envasement, mais des tentatives pour réduire les dépôts sédimentaires ont été effectuées depuis l'indépendance. D'ailleurs l'Algérie figure parmi les pionniers de la lutte contre l'envasement. Il est intéressant de souligner que tous les moyens de lutte contre l'envasement ont été pratiqués en Algérie. A commencé par l'aménagement des bassins versants, la correction torrentielle, le dévasement hydraulique des barrages, la surélévation des barrages, le soutirage des courants de densité. Malgré ces moyens de lutte qui ont été déployés par les services compétents, plus de 20 barrages se trouvent aujourd'hui menacés d'un envasement accéléré. Aujourd'hui il faut introduire un nouveau paramètre qui risque de poser de nombreux problèmes aux barrages, il s'agit bien des changements climatiques. Ce dérèglement du climat accélérera l'érosion des bassins versants et le sapement des berges qui auront un impact direct sur l'envasement des barrages.

Situé à plus de 400 km au sud-est de la capitale Alger, le barrage de Foug El Gherza a été mis en exploitation en 1950 pour irriguer plus 300000 palmiers dattiers réparties sur les oasis de Guerta, Thouda, Seriana et Sidi Okba. Aujourd'hui ce barrage n'arrive plus à satisfaire sa demande d'eau en matière d'irrigation à cause d'un envasement très avancé. Le volume de boue déposé au fond du barrage de Foug El Gherza avoisine 35 millions de m³. Notre mémoire qui s'intitule : « Evolution de l'envasement dans le barrage de Foug El Gherza » évoque l'évolution des dépôts sédimentaires dans la retenue du barrage de Foug El Gherza, la problématique de l'envasement sur la réduction de la capacité fera l'objet de cette étude. Malgré un dévasement de plus de 8 millions de m³ de vase, le barrage depuis 2006, le barrage est toujours sous la boue et risque d'être envahi complètement par la vase. Pour atteindre l'objectif de cette étude, nous avons utilisé les données des levés bathymétriques réalisés par l'Agence Nationale des barrages et transferts.

Chapitre 1 :
Recherche bibliographique et travaux antérieurs

Chapitre 1:

Recherche bibliographique et travaux antérieurs

Dans la période de travail nous avons effectué recherche bibliographique sur le phénomène de l'envasement

Nous collectons les données nécessaires sur l'envasement de barrage au niveau d'Agence nationale des barrages transfert (ANBT. Kouba)

Le barrage de Foum El Gherza II est classé parmi les barrages les plus envasés dans l'Algérie.

Elle est due directement aux forts taux d'érosion des bassins versants, dont les particules solides sont drainées directement par les cours d'eau et provoqueront à l'entrée des retenues des courants de densité. Cette sédimentation pose d'énormes problèmes à savoir :

La réduction de la capacité, l'obturation des organes de vidange, la sécurité de l'ouvrage. La sédimentation des canaux d'irrigation et elle a même un impact Sur la qualité de l'eau. (Remini, 1997)

1.1. Notion d'érosion et de transport solide

1.1.1. L'érosion

L'érosion est un phénomène naturel, qui dégrade les sols sous l'action du l'écoulement de l'eau sur la surface des sols et surtout des pluies, et est un des processus majeurs de la dégradation des sols à l'origine d'une perte annuelle de 25 milliards de tonnes de sol à l'échelle mondiale. (Fig.1).

En général, l'érosion spécifique varie entre 2000 et 4000 t/km².an. (Demmak,1982)

L'Algérie est de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion.

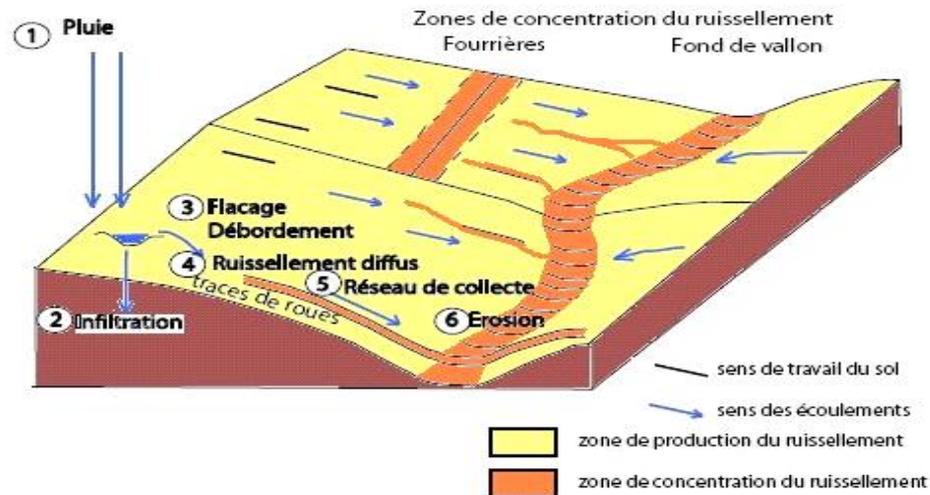


Fig.1 : Processus simplifié de l'érosion en Haute-Normandie - Evolution des paysages associée (M-C Girard, 2011).

1.1.2. L'érosion Dans l'oued El Abiod

L'évaluation annuelle du taux d'érosion spécifique a dépassé 1500 t/km². andurant l'année 1976 Le taux d'érosion spécifique moyen avoisine la valeur de 3000 t/km².an (fig. 2).



Fig.2 : érosion-sols dans l'oued al Abiod (Algérie) (Remini, 2004)

1.1.3. Transport Solide

C'est le deuxième processus constituant l'érosion hydrique, Il est par définition la quantité des sédiments (ou débit solide) transportée par un cours d'eau (fig. 3).

Les eaux des cours d'eau transportent les sédiments sous deux formes : en suspension (les particules fines), et par charriage (sédiments grossiers) (fig. 3).

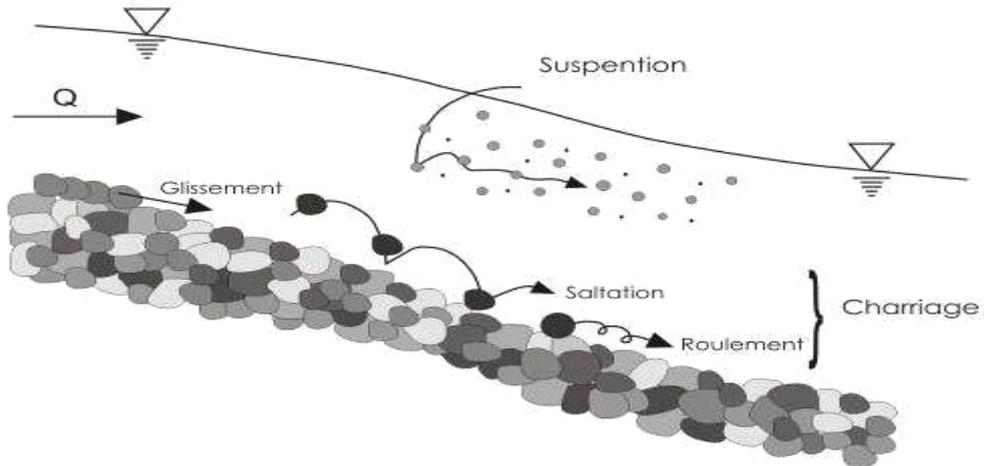


Fig.3:Les modes de transport solide (CHOCAT,1998)

Le sapement des berges de l'oued El Abiod est très important, sauf que nous n'avons pas pu quantifier ce phénomène (fig. 4).

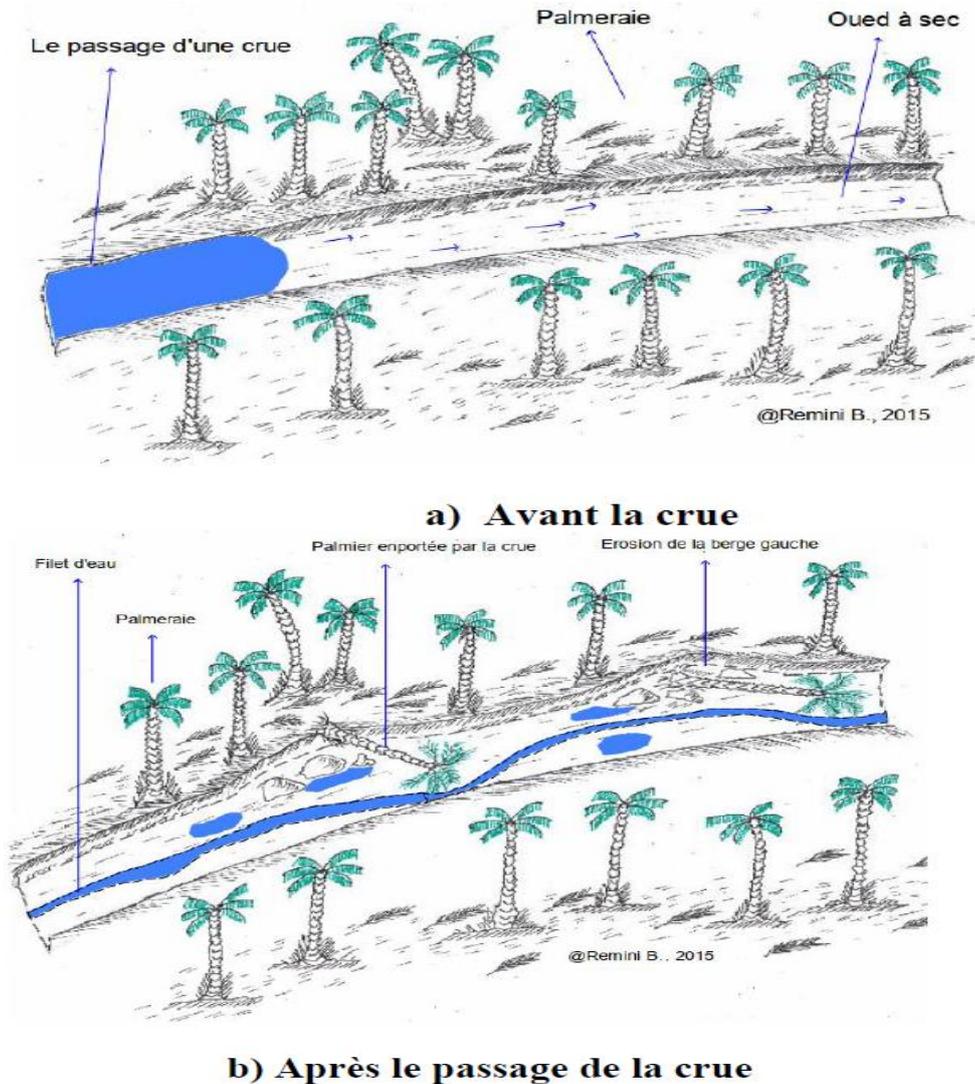


Fig.4 : Schéma approximatif du phénomène de sapement des berges dans l'oued Labiod (Remini, 2016)

1.1.4. Transport solide dans l'oued El Abiod

Le transport solide dans l'oued El Abiod est très important sur tout en périodes des crues. Les quantités de terre érodées au niveau du bassin versant et les berges de l'oued sont drainées par le cours d'eau vers le barrage. Avec une pente du lit d'oued le charriage est très significatif et la couleur jaunâtre de l'eau indique que la crue ramène une forte concentration en éléments fins. (Fig5).



Fig.5 : Une vue de l'oued El Abiod (Remini,2016)

1.1.5. L'envasement

Définition

L'envasement des barrages c'est le dépôt successif des sédiments dans un barrage réservoir et un résultat d'un processus naturel de phénomène de l'érosion des bassins versant dont les particules solides sont drainées directement par des cours d'eaux, elles se déposent au fond de la retenue. (REMINI & BENSALIA, 2016)

D'autre face

L'envasement des barrages est un phénomène naturel qui est le résultat d'un processus d'érosion des bassins versants et de sapement des berges.

Les bassins versant du nord Algérien sont parmi les bassins les plus dégradé de la région du Maghreb. Ce sont les dépôts successifs des sédiments qui se constituent durant le temps au fond des barrages réservoirs, c'est ainsi que chaque année 1.6 milliard de m³ de sédiments sont érodés par le Ruissellement des cours d'eau. (REMINI.B)

1.2. Travaux antérieurs sur l'envasement

1.2.1. Travaux de Valenbois J et Migniot C en 1975

Selon Valenbois J et Migniot C 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 /an. En 1957, les barrages d'Algérie d'une capacité de 900 Million de m³ avaient accumulé près de 200 Million de m³ de vase.

1.2.2. Travaux de Remini B en 1997

Selon Remini les fortes crues peuvent transporter des charges de sédiment en suspension on supérieures à 100 gramme/litre.

Et aussi selon Remini le moyen des dépôts dans les retenues des barrages est 20 millions de m³/an.

1.2.3. Travaux de Benblidia en 2001

Selon Benblidia Au Maroc, près de 10% du volume des barrages est comblé par les sédiments. En Tunisie, la proportion est plus forte, soit 25%.

1.2.4. Travaux de Remini B et Leduc C et Hallouche W en 2009

Selon Remini b et Leduc C et Hallouche W 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 (8Million 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 Zardezas (10 Million de m³).

Actuellement, deux autres dragues participent au dévasement des barrages de Foug El Gherza (4 Million de m³ pour la première tranche), MerdjaSidiAbed (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.

Conclusion

Tous les travaux antérieurs menés par les chercheurs sur le phénomène d'envasement des barrages surtout les études réalisées au niveau des bassins versants aideront à trouver des solutions pour réduire ce problème par : l'estimation de taux d'envasement, quantification de la vase, l'érosion et mécanisme d'envasement des barrages.

L'ensemble des travaux sont axés sur la qualification de l'érosion et étude du mécanisme de l'envasement des barrages.

Ce chapitre nous a permis d'éclaircir la méthode de notre étude.

1.3. L'envasement du barrage Foum El Gherza

Malheureusement le barrage de Foum El Gherza parmi le plus barrages qui est envasé dans l'Algérie (fig.6) (fig. .7) à plus de 70% de de la vase Destiné à l'irrigation. De plus de 300000 palmiers dattiers des oasis de Guerta, Thoudra, Seriana et Sidi Okba, aujourd'hui le barrage n'arrive pas à satisfaire l'irrigation de 50% des palmeraies.



Fig.6: L'envasement dans la retenue du barrage de Foum El Gherza (Remini, 2006)

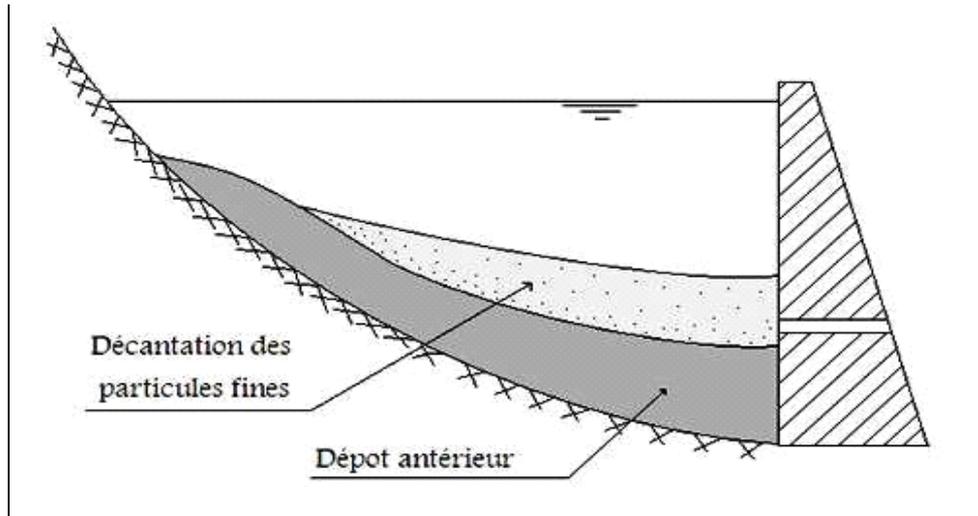


Fig.7: la sédimentation dans les barrages d'Afrique

1.3.1. Problèmes posés par l'envasement

Parmi les problèmes que pose l'envasement des retenues de barrages, (fig8), on peut retenir quatre inconvénients majeurs qui sont :

- ✓ La réduction de la capacité de barrage
- ✓ L'obturation des organes de vidange.
- ✓ La remise en cause de la sécurité de l'ouvrage.
- ✓ L'envasement des canaux d'irrigation.
- ✓ La dégradation de la qualité de l'eau.
- ✓ L'obturation des pompes

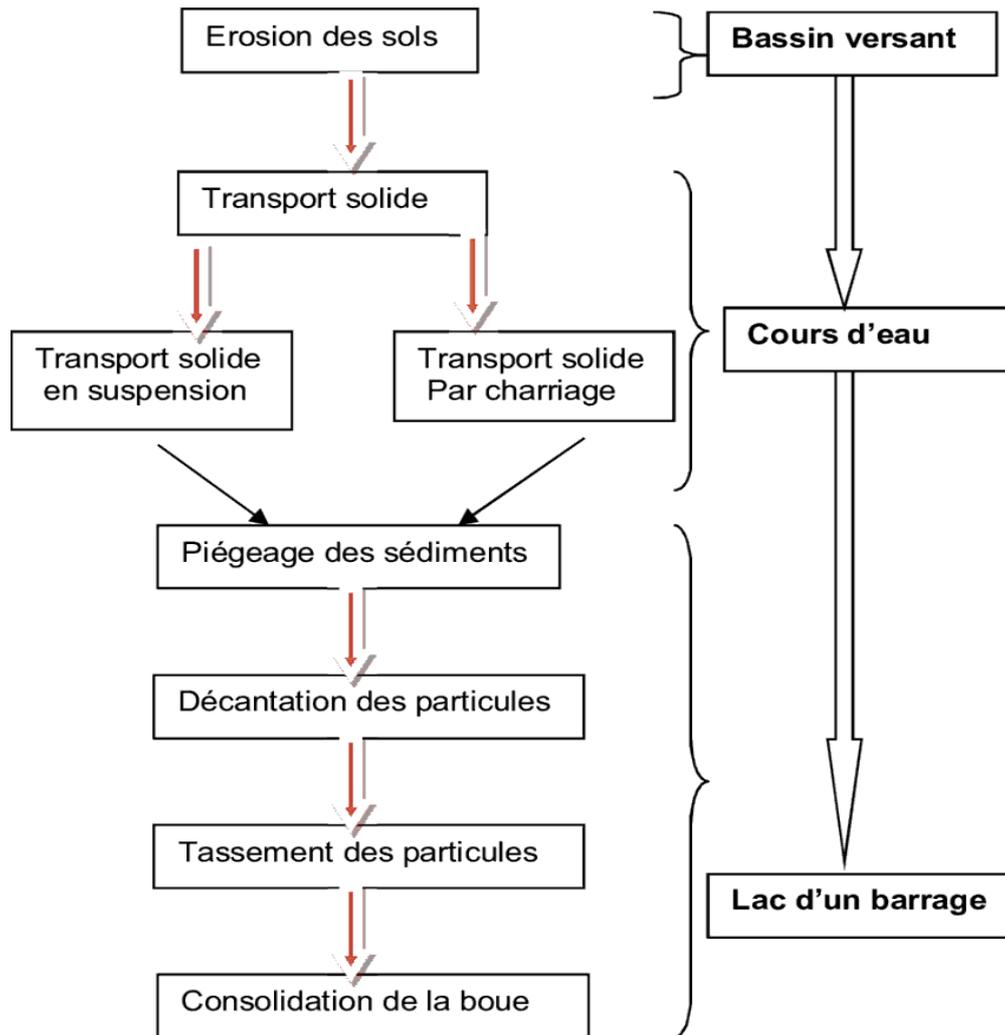


Fig.8:Processus d'envasement d'un barrage Réservoir. (REMINI. B2007)



Fig.9 : Couleur verte de l'eau de barrage SMBA (REMINI, 2011)

1.4. Aperçu Sur l'envasement des barrages dans le monde

Tous les barrages du monde sont exposés au phénomène de la sédimentation, mais avec des vitesses qui diffèrent d'une région à l'autre. Ce phénomène a été largement signalé aux Etats Unis, en Russie, à Taiwan, en Chine, en Inde, en Iran, au Soudan et en Maghreb. Dans cette région, l'infrastructure hydraulique est amputée annuellement de 2% à 5% de la capacité globale (DEMMAK, 1982), l'envasement des barrages constitue un problème majeur dans les pays du Maghreb comme l'Algérie, le Maroc et la Tunisie.

Les 250 barrages du Maghreb d'une capacité totale de 23 milliards de m³ reçoivent annuellement une quantité de vase évaluée à 130 millions de m³. (REMINI.B 2007). La perte en capacité de stockage de ces ouvrages hydrauliques se voit croître sans cesse au fil des temps en raison d'une érosion hydrique importante favorisée par l'agressivité du climat, l'alternance de périodes sèches et humides, Les pluies d'automne sont intenses et dévastatrices pour les sols, la fragilité des formations géologiques, l'absence du couvert végétal suffisant et l'action de l'homme.

1.5. L'envasement dans le Monde

Selon le rapport publié par le Comité International des Grands Barrages (CIGB), plus de 50 000 grands barrages existent dans le Monde avec une capacité très importante de stockage.

Par ailleurs, un taux moyen de 0,5 à 1 % de leur capacité de stockage est perdu chaque année en raison de la sédimentation. (Aboubakar n. & Bourahma).

1.5.1. Tunisie

En Tunisie, l'eau revêt un caractère stratégique de développement économique et social en raison de sa rareté. Les retenues des barrages tunisiens perdent annuellement 0,5 % à 1 % de leur capacité par alluvionnement.

Les moyennes annuelles des pertes de capacité de stockage des retenues des barrages tunisiens pourraient atteindre 530 Mm³. Soit 37 % de la capacité initiale de toutes les retenues en exploitation. (G.E.O.R. E, 2001).

En 2030, la perte de capacité de stockage des barrages en exploitation pourrait atteindre 43 % de leur capacité initiale. Les aménagements amont et les travaux de conservation des eaux et des sols permettent de réduire le taux d'envasement et de prolonger la durée de vie des grands réservoirs. D'après les résultats des différentes campagnes de mesures d'alluvionnement.

1.5.2. MAROC

Les infrastructures hydrauliques Marocaines enregistrent une perte en volume avoisinant de 0.5% de la capacité totale de stockage qui est de 10 milliards de m³. L'envasement des barrages est estimé à 75 millions de m³/an. La perte en capacité des grands barrages dépasse maintenant les 820 millions de m³. A titre d'exemple, le barrage Mohamed V au Maroc, d'une capacité de 567 hm³ reçoit annuellement un volume de vase de 14,5 hm³, soit une perte annuelle de 2,5 % de sa capacité totale (Reminiet Hallouche 2007). Tous les barrages construits depuis plus de 20 ans sont envases à plus de 10% de leur capacité initiale.

Le tableau 1 donne une idée sur l'envasement de quelques retenues dans le Monde :

Tableau 1: l'envasement des Barrages dans le Monde (relevée 1987) (Nancy-Brabois)

Pays	Barrage	Capacité Initiale en hm ³	Pourcentage Annuel de Perte de Capacité (%)
Algérie	Ksob	11,6	3,5
	Cheurfa	14,4	2,0
	Foum el Ghorza	47	1,7
	Ghrib	280	1,1
Autriche	Bachental	0,7	3
	Burg	0,24	2,5
Chine	Heisonglin	8,6	6,5
Espagne	Dona Al Donza	23	6,5
	Pedro Matin	19	5,9
	Las Toreas	8,9	1,9
France	Beauvoir	11	3
	Escale (Durance)	15,7	4,2
Grèce	Lauros	1	4,3
Inde	Tungabhadra	3750	1,4
	Nizamsagar	1050	1,4
	Panchet Hill	1580	0,7
Maroc	Neckor	43	6,3
	Lalla Takerkouste	77	2
	Mohammed V	725	2
	IBN Battouta	43,6	1
U.S.A	Laguana (Colorado Alizona)	25	100
	Impelial (Colorado Alizona)	104	11,2
	Austin (Colorado Texas)	39,4	7,35
	Boysen (Big Horn River)	22	6,25
	McMillan (N.Mexique)	35	6,1
	Zuni (Zuni River)	19,5	3,5
	Alhogordo (N Mexique)	19,1	2,3
	Worth (West Forth Tlinity)	58,2	2,3

Le nord de l'Afrique est très exposé au problème d'envasement des barrages, comme l'Algérie, le Maroc présente des taux élevés d'envasement notamment pour le Barrage Neckor où le pourcentage annuel de perte de capacité est de 6,3% pour le barrage de Neckor.

En Europe, l'Espagne avec des pourcentages annuels de perte de capacité variant entre 5 et 6,5% est plus touchée que les autres pays tels que la France, la Grèce et l'Autriche. En Asie, la Chine est nettement plus exposée (taux d'envasement de 6.5%) que l'Inde où la perte de capacité ne dépasse pas les 2%.

Conclusion

A la fin de ce premier chapitre, on peut dire que la sédimentation dans le barrage de Foug El Gherza est un phénomène naturel très complexe à cause de l'érosion et le transport solide qu'il faut étudier de l'amont à l'aval du barrage, Elle a un impact au niveau du réservoir lui-même, tant au niveau de la réduction rapide de la capacité utile du barrage qu'à celui de la sécurité de l'ouvrage lui-même.

Chapitre 2

Présentation Du BarrageFoum El Gherza

Chapitre 2:

Présentation Du Barrage Foug El Gherza

Introduction

Ce chapitre comporte une présentation de la région où se trouve le Barrage « Foug- El Gherza » et Le bassin versant Oued El Abiod à Biskra

On a mis en exergue la situation et les caractéristiques du barrage, Mis en exploitation en 1950, le barrage de Foug El Gherza, d'une capacité de 47 millions de m³ est situé à 450 km au sud-est d'Alger

2.1. Situation géographique

Le barrage de Foug-El-Gherza est situé à l'Est algérien, destiné à l'irrigation, au pied du massif des Aurès, à 18Km à l'Est de Biskra et à environ 400Km au sud-est d'Alger(fig10-fig11).

Cet ouvrage d'art a un rôle de régulariser le régime du bassin versant d'Oued El-Abiod il fait partie du grand bassin hydrologique de Chott Melghir.

Il est composé de trois principaux Oueds :

- ✓ Oued El Abiod, Oued Chenawra et Oued de t'kout(ANBT,2020).
- ✓ Il permet l'irrigation des palmiers de Sidi Okba au Sud-ouest de Seriana au Nord, et de Thoudra.
- ✓ C'est un barrage vu d'une capacité initiale de 47 Mm³ Et une hauteur 70m(Fig12).

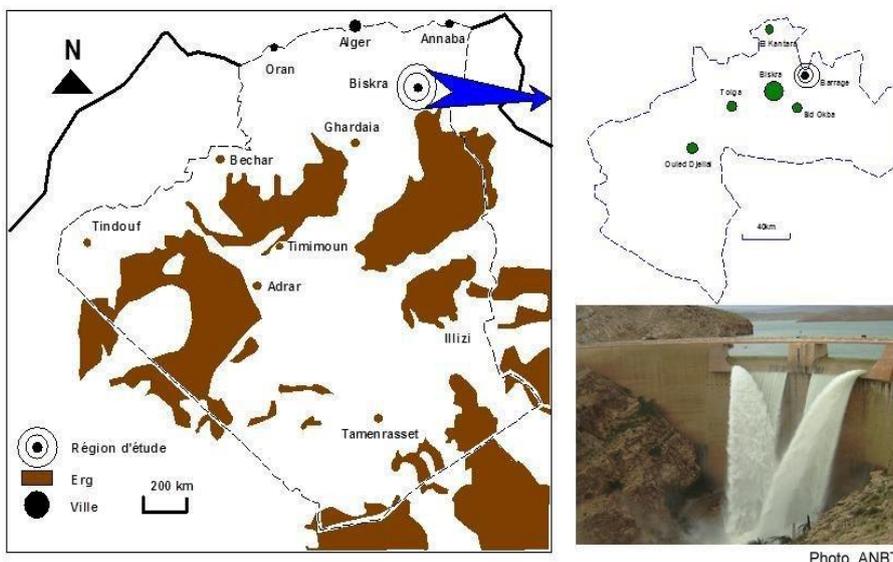


Fig.10 : Situation géographique du-barrage de Foug El Gherza(Remini-2017)



Fig.11 Vue générale du barrage de Foug El Gherza (Remini-2004)



Fig.12: La vue du barrage de Foug El Gherza (Image prise de Google Earth)

2.2. Bassin versant

Le bassin versant de l'oued l'Abiod couvre une superficie de 1300km^2 pour un périmètre de 200km.

Son réseau est formé de plusieurs affluents descendant des pentes des Monts-Chelia (2328m) et du Djebel Echmoul (2071m).

Les principaux affluents sont oued Zellatou et oued Thniet El Abed sur la rive gauche et oued El Atrou sur la rive droite.

2.3. Situation géologique de site

Le bassin versant de l'oued l'Abiod est situé dans le versant sud de la partie orientale de l'Atlas Saharien, d'après le découpage hydrographique, en vigueur en Algérie ce bassin versant est annexé au bassin hydrologique de chott Melghir, l'oued l'Abiod prend sa source dans le massif des Aurès (monts Chélia).(Fig.1 3)

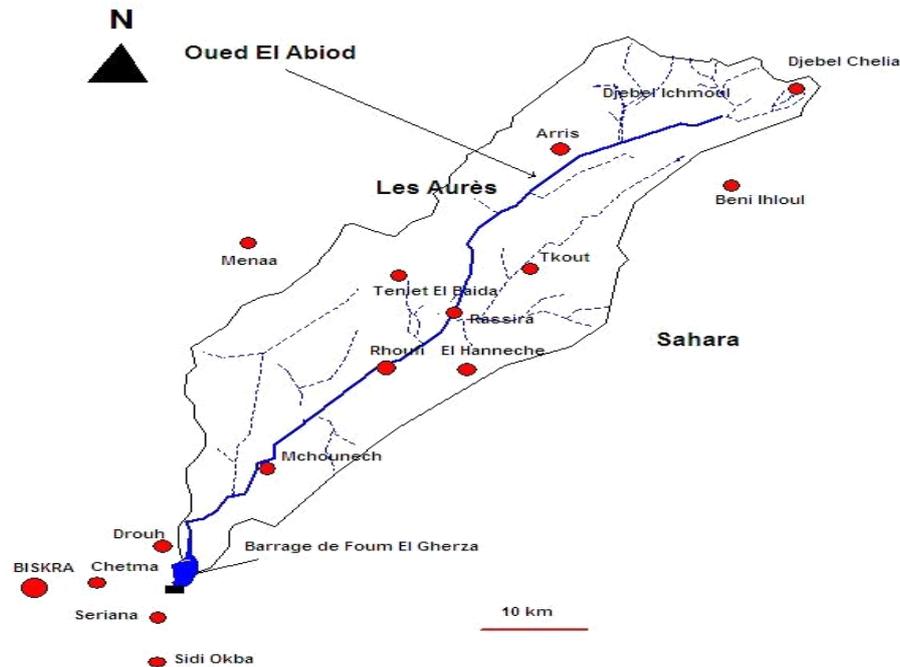


Fig.13 : Les limites du bassin versant d'Oued El Abiod

2.4. Caractéristiques générales

Le barrage du Foug El Gherza a ces caractéristiques suivantes :

- ✓ Hauteur maximale (eau) 73.00 m
- ✓ Longueur en crête 188.00 m
- ✓ Largeur en crête 9.25 m²
- ✓ Année de construction : 1947
- ✓ Année de mise en eau : 1950
- ✓ Largeur maximale au niveau du terrain naturel 126 m

2.5. Évacuateur de crues

L'évacuateur de crues ce caractérisé par :

- ✓ Longueur du déversoir (2 déversoirs) 2 X 18 m
- ✓ Déversoir : seuil libre 730 m³/s
- ✓ Vidange de fond 110 m³/s(fig.14)

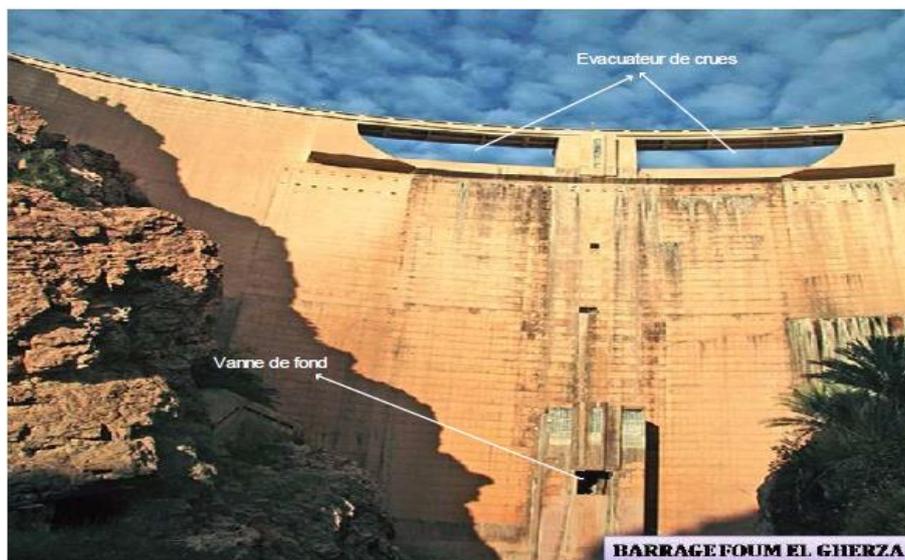


Fig.14 : Vanne de fond du barrage de Foug El Gherza (ClichéANBT)

2.6. Destination

Ce barrage est destiné à :

- 2 Réguler le régime de l'oued Abid durant les crues.
- 3 Irrigation de la palmerais de SIDI OKBA :
- 4 Dotation annuelle pour la campagne d'irrigation en 2011 : 13 Mm³

2.7. Le réseau pluviométrique

Le bassin versant d'Oued El Abiod est équipé de six stations pluviométriques :

Médina, Arris, T'Kout, Tifelfel, M'Chouneche et une autre station qui se trouve en aval, au niveau du barrage de Foug El Gherza

2.8. Les températures

La température moyenne annuelle dans le bassin d'Oued El Abiod au droit du barrage de Foug El Gherza est de 21.98°C et il est plus élevé que la température moyenne annuelle à Batna qui est 13.98°C. (ANRH, 2002.)

2.9. Le couvert végétal

La résistance de tout bassin versant à l'érosion est fonction de son couvert végétal. Cette dernière joue un rôle vital de protecteur dans la mesure où il protège le sol du point de vue mécanique contre l'écoulement en diminuant la force de cet écoulement et favorisant l'infiltration des eaux, ainsi que le rôle que joue le feuillage qui diminue l'impact des précipitations sur le sol en diminuant leur énergie cinétique

2.10. Les caractéristiques techniques du Barrage de Foug El Gherza

Le barrage de Foug El Gherza caractérisé par :

- ✓ Un barrage voûte
- ✓ Capacité Initiale en 1950 : 47 Mm^3 .
- ✓ Capacité = 14.89 Mm^3 (levé 2004)
- ✓ Surface de bassin Versant : 1300 Km^2 .
- ✓ Hauteur Hors sol : 65 m.
- ✓ Hauteur à partir de la fondation : 73 m.
- ✓ Longueur voûte : 126 m
- ✓ Largeur du barrage au niveau de la fondation : 8.40 m.
- ✓ Largeur en crête : 3 m.
- ✓ Côte de la Retenu Niveau Normal : 198 m.
- ✓ Taille du béton usagé : 40.000 m^3 . (ANBT, 2020).

Conclusion

Le Barrage de Foug El Gherza est d'une grande importance économique régionale.

Destiné à l'irrigation, est situé à 18 km à l'Est de la ville de Biskra et à environ 400 km au Sud-est d'Alger.

Il permet l'irrigation des palmiers de Sidi Okba au Sud-ouest de Seriana au Nord, et de Thoudra.

C'est un barrage voûté d'une capacité initiale de 47 Mm^3

Chapitre 3

Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foum El Gherza

Chapitre3 :

Evolution de l'envasement dans la retenue DubarragedeFoug El Gherza

Introduction

Sur la base de levé bathymétrique récupéré aANBT, nous avons étudié l'évolution de l'envasement dans la retenue, En 2004 une quantité de 32 millions de m³ de vase s'est déposée dans la retenue, provoquant un taux d'envasement de 61 % en 2004.

Le barrage il est envasé à 80% de sa capacité initiale. Les recherches durant Mai2015 ont montré que le barrage n'arrive plus à assurer sa mission d'irrigation des palmeraies.

Sur la base de taux comblement obtenue qui de 0.3 Mm³ /année la durée de vie de barrage qui calculé à partir de la relation précédente ne dépasse pas 36.6Ans ce qui de montre que le barrage se trouve dans un état critique et La surélévation d'un barrage permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée.

3.1. Etat actuelle du barrage

Envasé à plus de 60% de sa capacité initiale évaluée à 47 millions de m³, le barrage de Foug El Gherza a été mis en exploitation en 1950 après une dizaine d'années de réalisation.

Destiné à l'irrigation de plus 300000 palmiers dattiers des palmeraies de Guerta, Seriana et de Sidi Okba aujourd'hui le barrage ne peut plus satisfaire la demande en irrigation des agriculteurs (fig15).

Son volume utile est menacé par l'accroissement du volume mort. Malgré les deux opérations de dragage qui ont eu lieu depuis l'an 2006, la vase évolue de plus en plus dans la retenue.

Une étude sérieuse doit être menée pour sauver le barrage de la porte du désert.

Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foug El Gherza

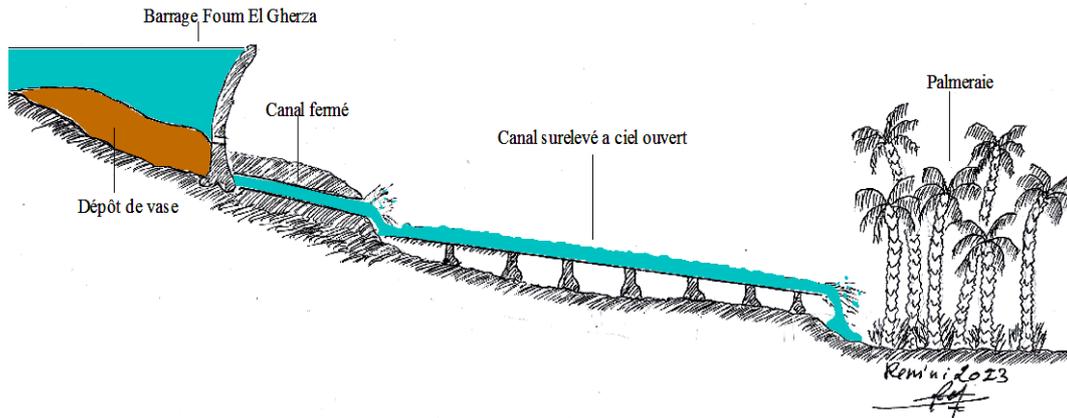


Fig.15 : Aménagement hydroagricole de Foug El Gherza (Schéma Remini, 2023)

Selon Remini (2017), les courants de densité se manifestent dans plusieurs retenues des barrages en Algérie comme TghilEmda (Remini et al, 1995), Foug El Gherza (Remini et Missoum, 2016), Guergar (Remini et Benfetta, 2015), Beni Haroun (Remini et Toumi, 2016) et Sidi M'hamed Ben Aouda (2019).

L'oued Labiod draine des crues très chargées en particules fines dépassant souvent la valeur de 100 g/l. Cette quantité solide provient de l'érosion du bassin versant à l'amont du barrage ainsi que le sapement des berges. Une fois arrivée à l'entrée du lac du barrage, le contact des eaux de la crue et du lac déclenche la formation d'un courant de densité. Aidé par un lac de forme canal très rétréci, le courant de densité s'écoule facilement sur le fond du lac pour parcourir une distance de 3,5 km à partir du point de plongée jusqu'au pied du barrage. Le courant de densité se propage sous forme d'un faisceau d'eau noirâtre bien individualisé sous l'eau de la retenue dans un premier tronçon de 1,5 km et d'une largeur moyenne de 200 m (fig.16).

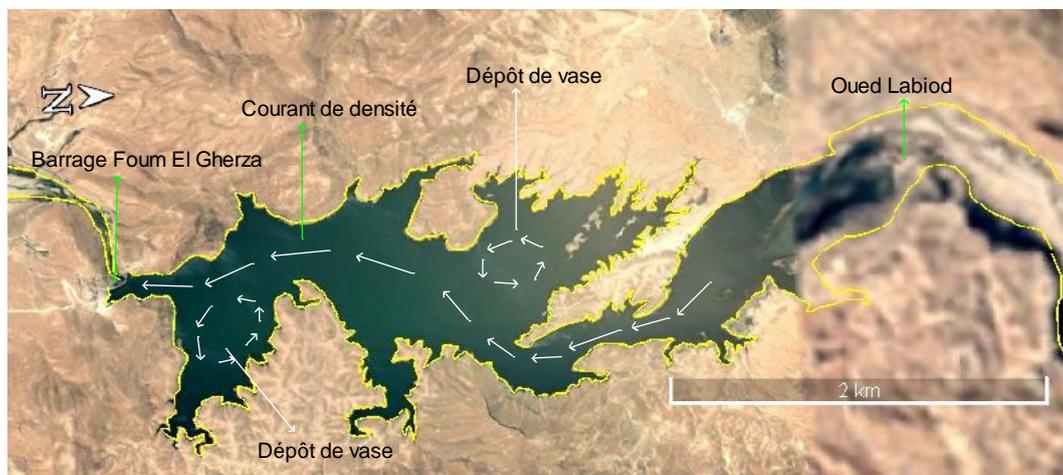
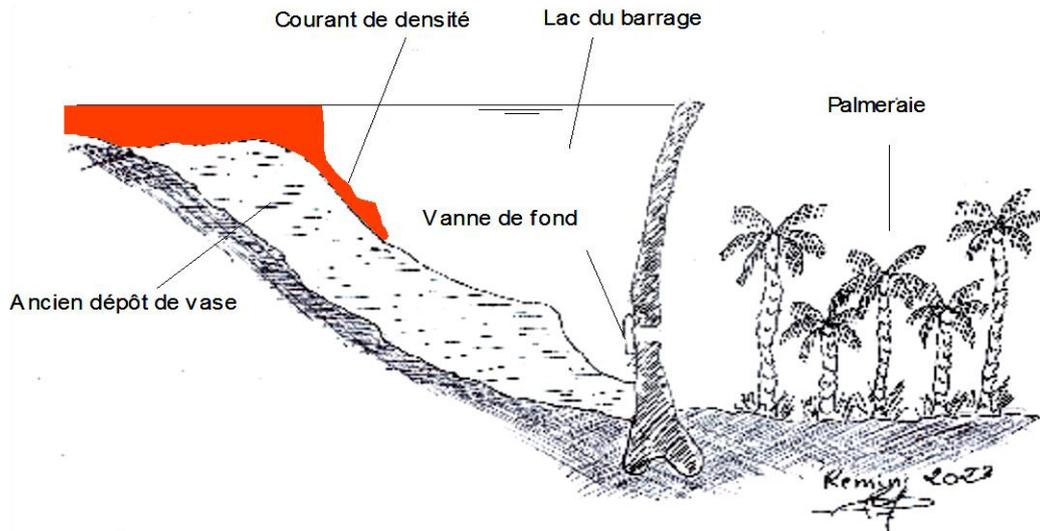
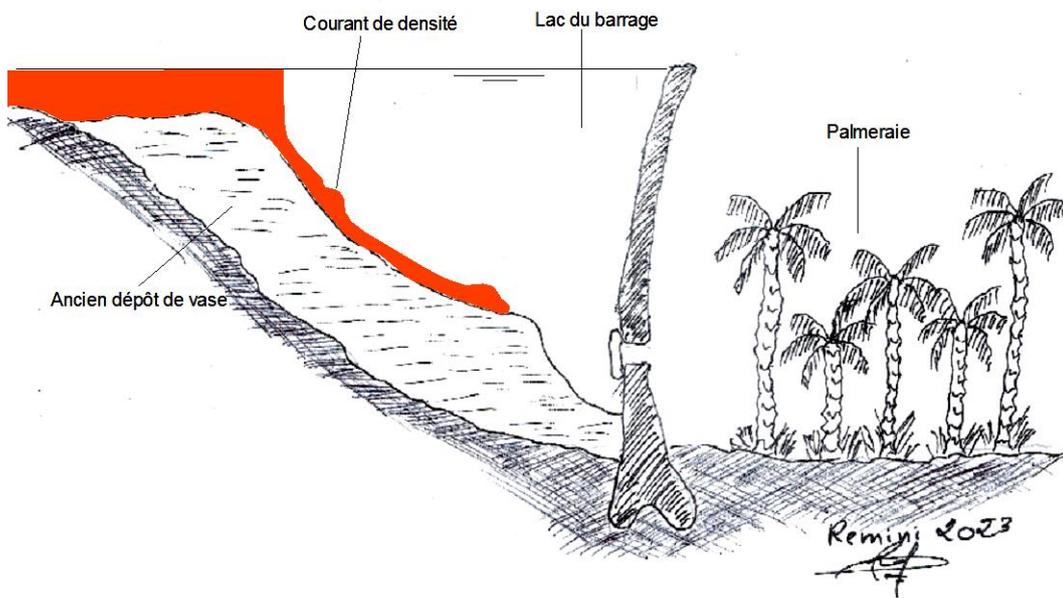


Fig.16 : Propagation des courants de densité dans le lac du barrage de Foug El Gherza (Google Earth)

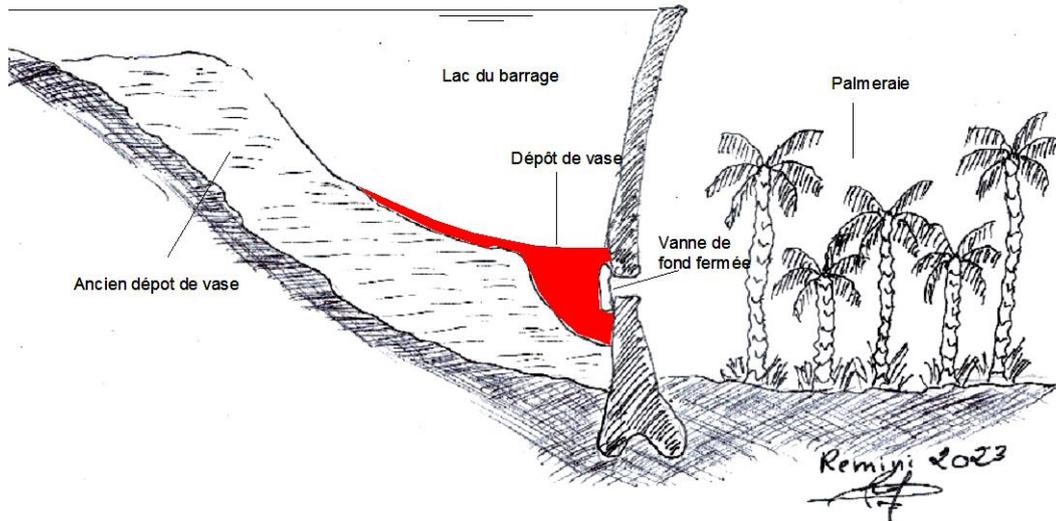
Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foum El Gherza



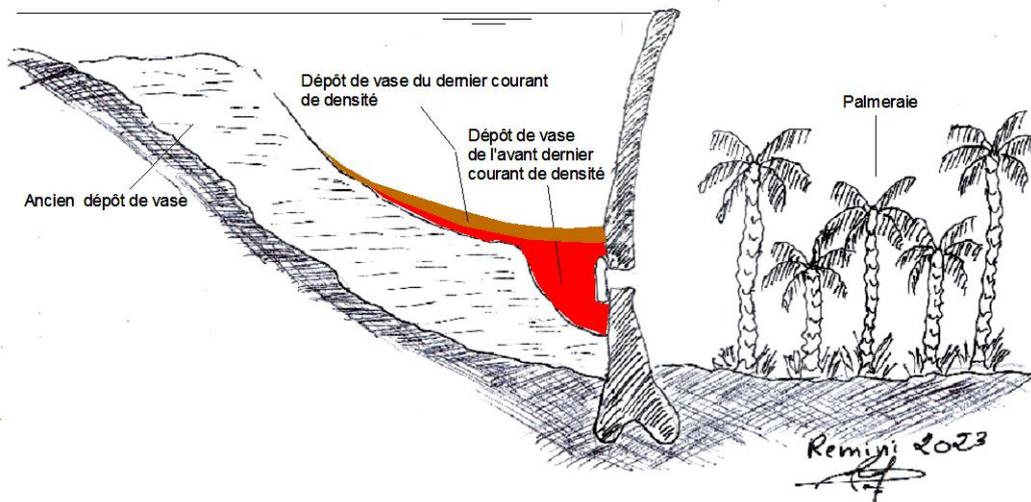
a) Formation du courant de densité



b) Propagation du courant de densité



c) Dépôt des sédiments drainés par le courant de densité



d) Dépôt des sédiments du deuxième courant de densité

Fig.17 : Schéma de la dynamique des courants de densité dans le lac du barrage de Foum El Gherza (Schéma Remini, 2023)

Dans le deuxième tronçon du lac d'une largeur moyenne de 600 m, le courant de densité se propage sur un trajet de 2km avant d'atteindre les pertuis de vidange. Cependant, la particularité du barrage de Foum El Gherza est que le courant de densité même avec des concentrations faibles se propage sur le premier tronçon de 1,5 km mais dès qu'il rentre dans le deuxième tronçon très élargi, le courant de densité lâche ces particules fines et se disperse facilement (fig17). Uniquement le courant de forte concentration peut continuer son chemin vers la vanne de fond. Mais là aussi il peut perdre ces particules à 500 m avant d'atteindre le pied du barrage.

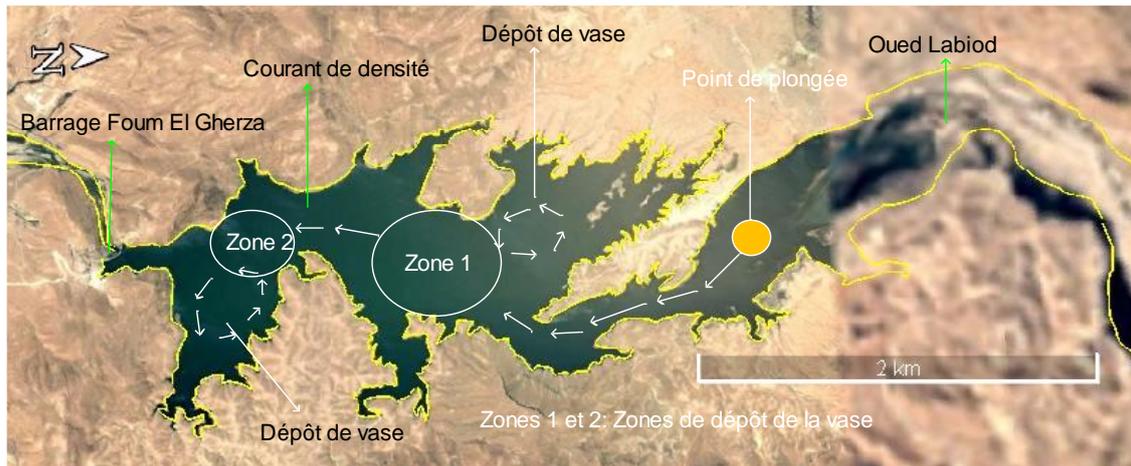


Fig.18 : Zones de dépôts de boue dans le lac du barrage de Foug El Gherza

3.1.1. Critères du classement des barrages vis-à-vis de l'envasement : Vitesse de comblement

Selon Remini (2017), le taux d'envasement d'un barrage qui s'exprime en millions de m³ de vase par année est un paramètre qui ne reflète pas la réalité. Le mieux est d'utiliser la vitesse de comblement ou le taux de comblement annuel qui s'exprime en % de capacité par année (%/an). Il est égal à :

$$\eta = (WV/WO) / T$$

Avec :

WV : Volume de vase (millions de m³)

WO : Volume initial du barrage (millions de m³)

T : Durée d'exploitation du barrage (an)

Selon Remini (2017), le paramètre η doit être évalué pour chaque barrage et à chaque levé bathymétrique. Il permet aux services d'hydraulique de classer chaque barrage selon le degré de la menace de l'envasement. Le suivi de l'évolution de l'envasement dans un barrage doit s'effectuer par les levées bathymétriques. Il est intéressant de calculer le taux de comblement annuel d'un nouveau barrage après deux années d'exploitation. Donc nous pouvons avoir une idée sur la classe du barrage juste au début de son exploitation. Pour une bonne gestion de la lutte contre l'envasement des barrages, nous avons établi un classement des barrages par ordre de gravité à l'envasement, défini sur la base du taux de comblement annuel (%/an). A cet effet, trois types de barrages se dégagent (Remini, 2017). Le tableau 1 donne les valeurs du taux de comblement annuel pour chaque catégorie. Le taux de comblement annuel est égal à $(WV / WO) / T$ qui s'exprime en %/année. Il faut noter que le taux de comblement annuel exprime mieux l'envasement d'un barrage que le taux d'envasement.

Tableau 2. Classe des barrages vis-à-vis de l'envasement (Remini, 2017)

Classe	Type de barrage	Taux de comblement annuel η (%/an)
1	Fortement menacé par l'envasement	$\eta > 1$
2	Moyennement menacé par l'envasement	$0,5 > \eta > 1$
3	Faiblement menacé par l'envasement	$\eta < 0,5$

Durant son exploitation, le barrage reçoit des sédiments à chaque crue. A n'importe quelle année, on peut évaluer le comblement du barrage. Il suffit de mesurer les dépôts par des levées bathymétriques.

Le taux de comblement défini par WV / WO peut donner une idée sur la durée de vie du barrage (Remini, 2017).

Le tableau 2 donne la classification d'un barrage vis-à-vis de l'envasement.

Tableau 3. Comblement d'un barrage (Remini, 2017)

Classification barrage vis-à-vis de l'envasement	Taux de comblement
Barrage fortement envasé	$WV / WO > 20\%$
Barrage Moyennement envasé	$10\% < WV / WO < 20\%$
Barrage Faiblement envasé	$WV / WO < 10\%$

Tenant compte des travaux de Remini (2017), et selon les tableaux 1 et 2, le barrage de Ksob peut être classé comme suit :

a. Envasement en 2004

D'après le levé bathymétrique de ANBT en 2004 pour un suivi régulier du toit de la vase et pour l'actualisation des courbes hauteur –capacité (fig.19), on peut estimer la vase déposée dans la retenue.

En 2004 une quantité de 32 millions de m³ de vase s'est déposée dans la retenue, provoquant un taux d'envasement de 61 % en 2004,

Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foug El Gherza

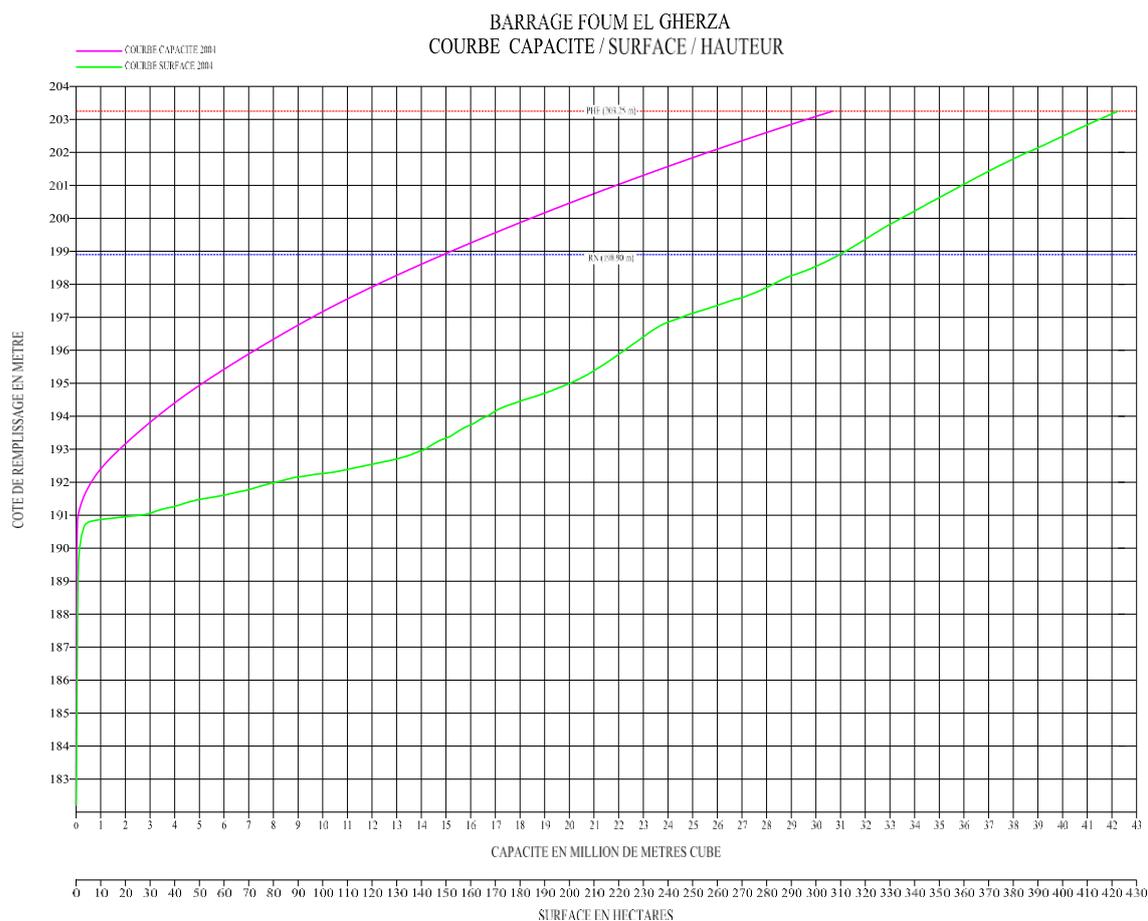


Fig.19: Courbe hauteur –Capacité de 2004

b. Envasement en 2015

Le barrage il est envasé à 80% de sa capacité initiale. Les recherches durant le mois de Mai 2015 ont montré que le barrage n'arrive plus à assurer sa mission d'irrigation des palmeraies.

Il est temps de sauver cet ouvrage d'art. Malgré la première opération de dragage qui a débuté en 2005 pour récupérer 4 millions de m³de capacité.

Aujourd'hui en 2015, la drague est sur le site pour entamer la deuxième opération de dragage pour extraire 8 millions de m³ de vase.

Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Fom El Gherza

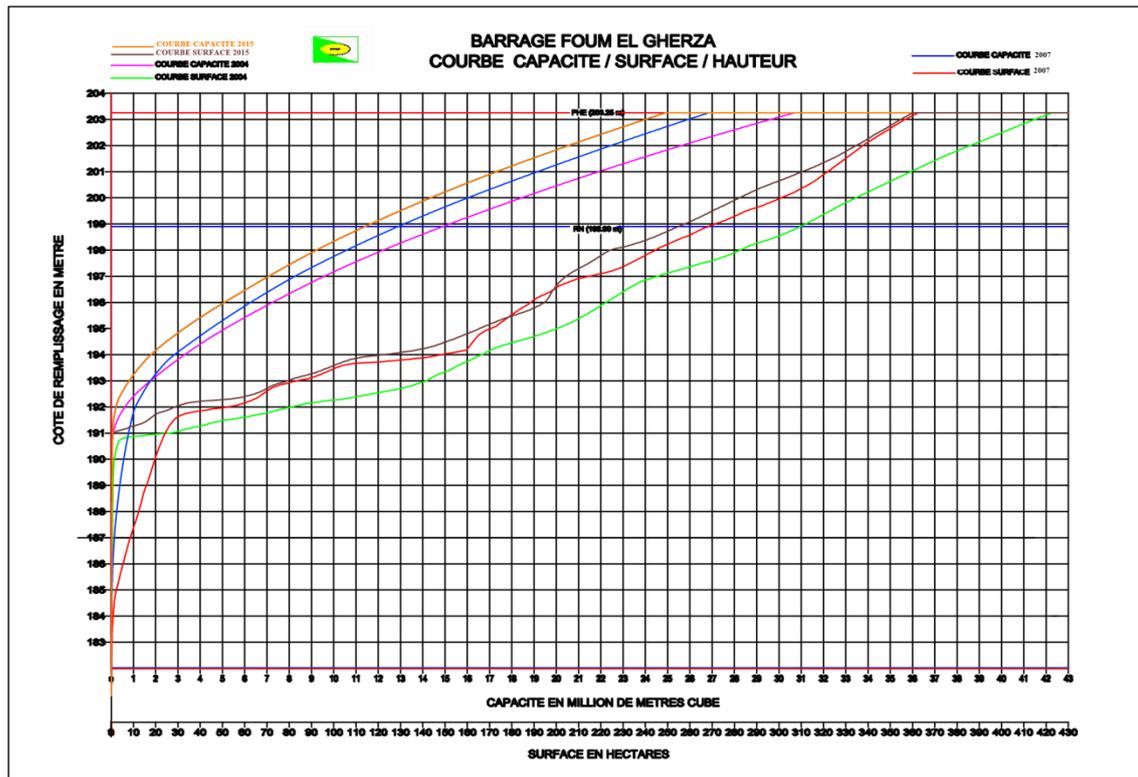


Fig.20: Courbe hauteur –Capacité de 2015,2007,2004

Nous avons représenté sur la fig.21 l'évolution de l'envasement dans la retenue du barrage à l'année 2004 et 2015

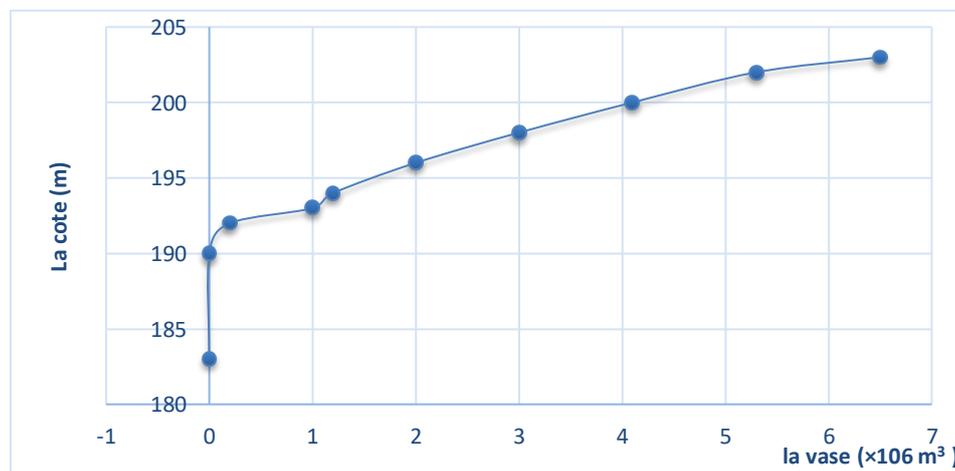


Fig.21: l'évolution de l'envasement dans la retenue du barrage aux années 2004 et 2015

3.1.2. Le taux d'envasement moyen annuel

Le taux d'envasement du barrage est déterminé par la relation

Volume de vas / La différence entre les années (%)

Les résultats obtenus dans le tableau 4 et 5

-De 1950 à 2004 :

Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foug El Gherza

Tableau 4: volume de la vase déposée dans le barrage de Foug El Gherza en 1985 et en 2004

Année	Levé Bathymétrique (Mm ³)	
	Volumed'eau	Volumedevase
1985	26,519	20.481
2004	14.89	32.11

Tableau 5 : Calcule taux d'envasement moyen annuel de 1985 a 2004.

Année	1950-1985	1985-2004
Ladifférenceentrelesannées	35	19
Volumedevase(Mm³)	20.481	32.11
Taux d'envasement moyen annuel=Volume de vase / Ladifférenceentrelesannées (%)	58 %	61 %

En se basant sur le levé bathymétrique effectué par l'anbt en 2004, la figure 22 montre l'évolution de la vase dans la retenue du barrage de Foug El Gherza en 2004

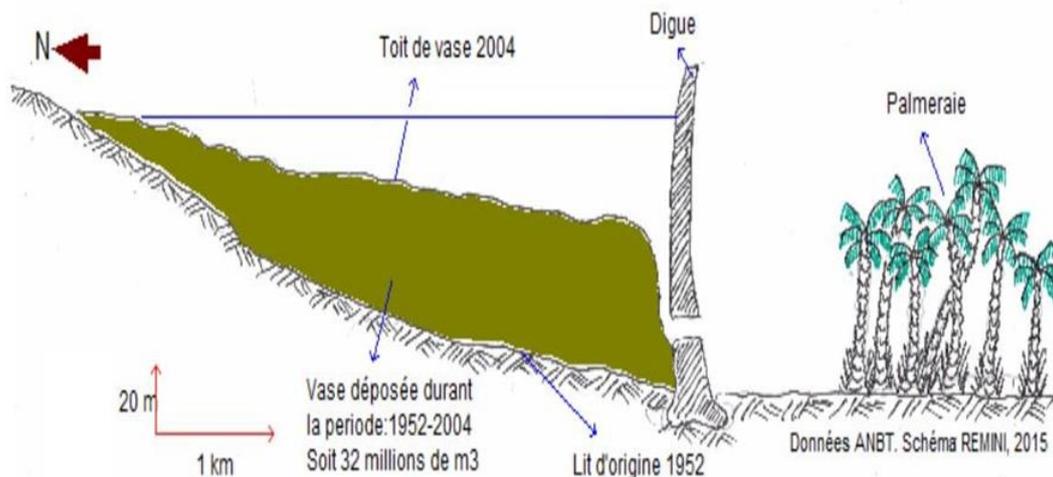


Fig.22: Schéma -Coupe longitudinale du barrage de Foug El Gherza en 2004(SchémaRemini, 2015)

De 2004 à 2015.

- En 2004 $V_v = 32.11 \text{ Mm}^3$
- En 2015 $V_v = 35.6 \text{ Mm}^3$

Alors le taux de comblement $\tau = (35.6 - 32.11) / (2015 - 2004) = 0.3 \text{ Mm}^3 / \text{année}$

3.1.3. La durée de vie du barrage

Pour mieux gérer l'irrigation des palmeraies, il est indispensable de connaître l'évolution de la capacité du barrage dans le futur. À cette effet la détermination de la durée de vie du barrage doit être évaluée. Le calcul se fait comme suit. En appliquant la formule :

$$D = W_0 / \tau \quad \text{Avec } W_0 : \text{volume de l'eau restant}$$

$$D = 11 / 0.3 = 36.6 \text{ ans}$$

3.2. Discussion

Le barrage de Foum El Gherza d'une capacité initiale de 47 Mm³ en 1950 se trouve en 2015 menacé par l'envasement.

✓ Sur la base de levée bathymétrique de 2015 effectuée par ANBT sur le barrage de Foum El Gherza, sa capacité a beaucoup diminué pour atteindre un volume égal à 11.4 Mm³ de l'eau ce qui donne un volume de la vase égale 35.6 Mm³. Mais cette valeur reste un grand danger dans la capacité du barrage, qui questionne la continuité dans la réduction de ce phénomène.

✓ Sur la base de taux de comblement obtenue qui est de 0.3 Mm³ /année la durée de vie du barrage qui est calculée à partir de la relation précédente ne dépasse pas 36.6 ans ce qui montre que le barrage se trouve dans un état critique,

✓ Dans cet état le barrage n'arrive plus à assurer sa fonction qui est l'irrigation de 300000 palmiers dattier.

3.3. Prévision de l'envasement en 2023

Le barrage de Foum El Gherza est entré dans la dernière étape du processus d'envasement. Grâce à notre recherche du phénomène d'envasement dans le barrage pour les années 2004 et 2015, il y a une augmentation importante, et c'est ce que nous supposons en l'année 2023.

En 2015 = 35.6 Mm³ de la vase

Alors en 2023 = 38 Mm³ de la vase

3.4. Moyens de dévasement au Niveau De Barrage

3.4.1. Le Dragage

Le dragage hydraulique consiste à aspirer les sédiments à travers une Pompecentrifuge(fig.23).

L'organe d'aspiration est porté par un long tube appelé « Élinde » qui est articulé pour pouvoir être ramené à bord.

Les sédiments sont ainsi extraits sous forme de boue liquide et sont ensuite rejetés dans des bassins de stockage (fig.24). Ces dragues sont optimisées pour des fonds constitués de vase, de sable, de gravier et d'argile douce. La drague aspiratrice à Désagrégation est utilisée lorsque les fonds sont plus fermes(fig.25), elle est équipée d'un dispositif rotatif en bout d'élinde qui lui permet de broyer les matériaux

Pour permettre leur aspiration. L'opération de dragage a été réalisée depuis 2004-2019. Au total, 18.82 millions de m³



Fig.23 : La drague hydraulique utilisée lors de l'opération de dragageDu barrage de Foum El Gherza.

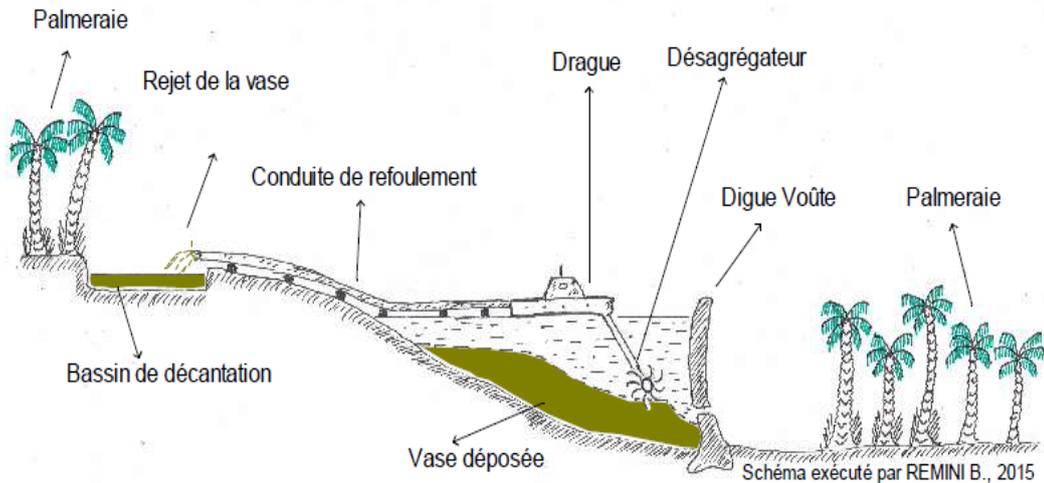


Fig.24: Schéma synoptique d'une opération de dragage dans un barrage (Remini, 2015)



Fig.25 : Rejet de la vase lors de l'opération de dragage de 2005-2006 (Remini, 2006)

3.4.2. Surélévation des barrages

La surélévation constitue l'une des techniques qui permettent de prolonger la vie d'un barrage (fig.26), l'augmentation de la hauteur de la digue permet de compenser le volume d'eau perdu en profondeur occupé par la vase. Cette opération est très encouragée (M. Kassoul, A Abdelkader, 1997).

La surélévation d'un barrage permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée.

Dans ce contexte, la surélévation des barrages existants est une solution intéressante, lorsqu'elle est techniquement réalisable c'est-à-dire lorsque la stabilité du barrage n'est pas mise en jeu. Spécialement, si elle n'entraîne pas de contestations sociales (M Belorgey 1997). La surélévation de la digue de 2m par exemple entrainera une réserve supplémentaire de 5 millions de m³ d'eau.

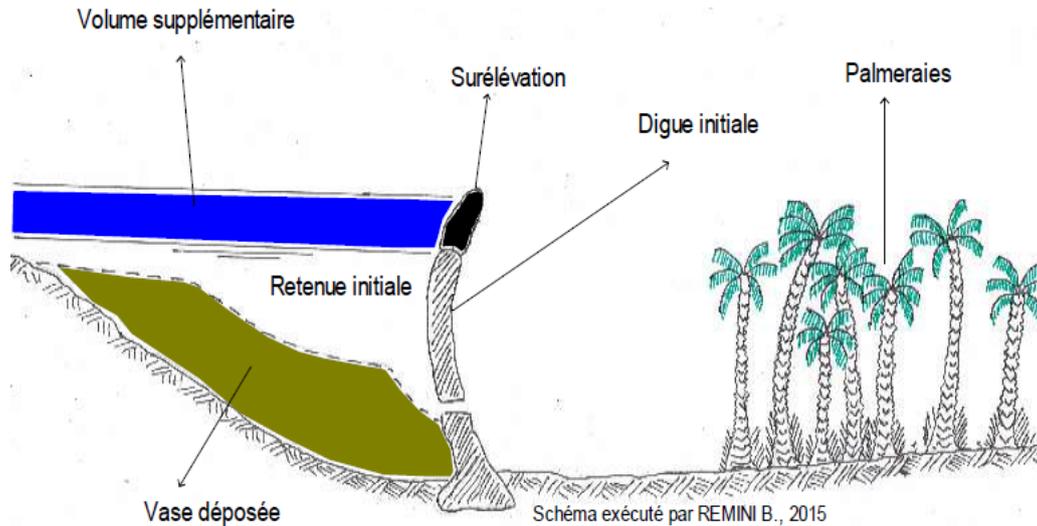


Fig.26: Schéma synoptique d'une surélévation de la digue du barrage de Foug El Gherza (Remini, 2015)

Le barrage a été dévasé 2 fois durant son exploitation en 2006 (4 Mm³) et en 2015 (8 Mm³)

Durant ces opérations de dragage une quantité de 12 Mm³ a été stockée dans les terres avoisinantes au barrage

Aujourd'hui se trouve qu'il n'y a pas de site de rejet, c'est pour cette raison qu'il faut opter pour la surélévation de la digue.

Conclusion Générale

Comme nous l'avons mentionné au début de cette étude que l'envasement des barrages est l'un des grands problèmes hydrauliques qui menace les barrages en Algérie et surtout le barrage de Foug El Gherza à cause de l'érosion au niveau du bassin versant de l'oued El Abiod qui est très importante

C'est ainsi que durant la période : 1950 – 2004, un volume de 32 millions de m³ de vase s'est déposé dans le barrage. Soit un taux de comblement de 68%. Sur la base d'un taux de comblement de 0.3 millions de m³/an.

Le barrage de Foug El Gherza n'arrive pas à satisfaire les besoins d'irrigation des palmeraies, Le barrage a atteint un degré d'envasement très avancé.

L'unique solution qui en suppose pour prolonger la durée de vie du barrage est le dévasement par technique de surélévation.

Référence

- [1]. CIGB. Commission internationale des grands barrages, article rôle des barrages
http://www.icoldcigb.org/FR/Barrages/role_des_barrages.asp
- [2]. Serbahboumediene. 010-201. Etude et valorisation des sédiments de dragage
- [3]. ANBT. Adresse : kouba, Alger Agence nationale des barrages transferts
- [4]. Remini, 1997 La sédimentation des canaux d'irrigation
- [5]. Benblidia en 2001. L'envasement en Maroc
- [6]. Remini B., Leduc C. et Hallouche W., 2009. Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. Revue Sécheresse n°20, vol.1, pp.c1-8.
- [7]. M-C Girard, C. Walter, JC Rémy, J. Berthelin, et JL Morel, 2011. Sols et environnement, Coéditeur : ADEME (7048) / DUNOD, Paris, 2011, 881 p.
- [8]. (Demmak, 1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse du Docteur Ingénieur, Université Pierre et Marie Curie, Paris XI.
- [9]. REMINI B., BENSALIA D. (2016). Envasement des barrages dans les régions arides. Exemples Algériens. Larhyss journal, issn 1112-3680, n°27, sept 2016, pp. 63-90 © 2016 all rights reserved, legal deposit 1266-2002
- [10]. REMINI.B. L'ENVASEMENT DES BARRAGES : QUELQUES EXEMPLES ALGERIENS. Université de BLIDA
Algérie.<http://www.beep.ird.fr/collect/bre/index/assoc/HASH6487.dir/20-165-171.pdf>
- [11]. Aboubekr n. &bourahma m. a. Etude et valorisation des sédiments de Dragage du barrage bakhadda. Mémoire de magister en génie civil. Université Aboubekrbelkaid – Tlemcen
- [12]. GE.O.R. E, 2001. Gestion optimale des ressources en eau : Plan guide relatif à la mise en œuvre de gestion en temps réel des ressources en eau
- [13]. Remini et Hallouche 2007. StudyingSediment. Revue International Water Power et Dam construction. Octobre, pp. 42-45.
- [14]. Nancy-Brabois. Etude des propriétés géomécaniques des sédiments d'envasement de la retenue du barrage de Génissiat. Thèse. Institut national polytechnique de lorraine 37p 100p
- [15]. ANRH, 2002. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. La température moyenne annuelle à Batna