

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1
Faculté de technologie
Département des Science de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**
Spécialité : **Ressource Hydraulique**

Thème :

Evolution de l'envasement des barrages des régions
arides algériennes

Présenté par

MESSAID Nour El Houda et SALMI Nour El Houda

Devant le jury composé de :

KHOULI.M HAA Président

BENSAFIA .D Examineur

REMINI.B prof Promoteur

Promotion 2020/2021

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents « Je vous rends hommage et j'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi ».

Je le dédie aussi à mon mari pour leur soutien moral et matériel dont il a fait preuve pour que je réussisse.

A mes chers frères et sœurs, ma belle-mère, mon beau-frère et ma belle-sœur.

A mes neveux mes nièces et à mes chers amis.

A ma meilleure amie Sihem.

Remerciements

Au nom d'Allah et que sa prière et sa paix soient sur notre prophète Mohamed.

Je tiens à remercier Dieu Tout Puissant qui m'a donné la force de continuer et d'achever ce travail.

Mes remerciements et gratitude à notre promoteur Mr REMINI.B de nous avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail et Je le remercie pour ses compétences.

Vifs remerciements à Mme BENKACI pour son aide et sa disponibilité durant toute la période de notre projet.

Le respect aux membres de jury qui ne feront l'honneur d'évaluer ce travail.

ملخص

تقوم هذه المدكرة على دراسة ظاهرة توحل السدود في المناطق الصحراوية حيث قمنا بالتركيز على اربعة سدود. بالاعتماد على بيانات قياس الاعماق قمنا بتصنيف هذه السدود حسب شدة توحلها كما تم تناول الية تعاني من خطر هذه الظاهرة فيها تقويم كل سد، اتضح أن سد بريزينا المتواجد بولاية البيض والذي تم تشغيله مؤخرًا في وضع حرج التوحل المدة التي تم للغاية حيث يمكن التخلي عنه في غضون 30 عامًا. الكلمات المفتاحية: التوحل، حوض الصحراء، السد، تيار الكثافة الوحل.

Résumé

La présente étude évoque le phénomène d'envasement des barrages dans les régions arides comme le bassin hydrographique du Sahara. Quatre barrages : Fontaine des gazelles, Foug el gherza, Brézina et Djorf Torba ont fait l'objet de ce modeste travail.

Sur la base des données bathymétrique, un classement par ordre de gravité de l'envasement à été effectué sur les barrages étudiés, Le mécanisme de l'envasement a été abordé dans cette étude, la durée de chaque barrage a été évalué, il s'avère que le barrage de Brézina récemment mis en exploitation se trouve aujourd'hui dans une situation très critique puisqu'il peut être abandonné dans une durée de 30ans.

Mots clés : Envasement, Bassin Sahara, Barrage, courants de dens.

Abstract:

This study discusses the phenomenon of siltation of dams in arid regions such as the Sahara hydrographic basin. Four dams: Fontaine Des Gazelles, Foug El Gherza, Brézina and Djorf Torba we are the subject of this modest work Based on recent bathymetric data, a ranking in order of severity of siltation was carried out on the studied dams, the mechanism of siltation was addressed in this study, the duration of each dam was evaluated, it turns out the recently commissioned Brézina dam is now in a very critical situation since it can be abandoned within 30 years.

Keywords: Siltation, Sahara basin, dam, density current

Sommaire

Chapitre 1 : Aperçu sur l'érosion et le transport solide

1.1.	Introduction	1
1.2.	Processus de l'érosion hydrique	3
1.2.1.	Définition :	3
1.2.2.	Forme d'érosion hydrique	3
a.	L'érosion en nappe :	3
b.	L'érosion linéaire :	4
c.	L'érosion par ravinement :	5
d.	Érosion des berges	5
1.2.3.	Les facteurs d'érosion hydrique :	6
a.	L'érodibilité des sols	6
b.	La lithologie	6
c.	Le facteur topographique	7
d.	Le couvert végétal	7
e.	L'influence de l'homme	7
1.2.4.	Quelques conséquences de l'érosion hydrique	7
a.	Des mouvements de terrain	7
b.	La quantité de sédiments rejeté en mer	8
c.	L'envasement précoce des barrages en exploitation	8
1.3.	Transport solide	9
1.3.1.	Définition	9
a.	Suspension (transport de longue distance)	9
b.	Saltation	9
c.	Charriage (déplacement des particules au contact avec le fond). (DEGOUTTE, 2008)	9
1.3.2.	La gestion du transport solide	10
1.3.3.	Estimation et mesures	11
a.	Collecte d'échantillons à diverses hauteurs dans une section de mesure puis mesures par filtration au laboratoire.	11
b.	Levers topographiques et bathymétriques de cour d'eau entre deux instants connus.	11
c.	Utilisation de traceurs permettant l'étude des taux de sédimentation.	11
1.4.	Conclusion	12

Chapitre 2: Notion sur l'envasement des barrages

2.1. Introduction	14
2.2. Généralité	14
2.2.1. Définition	14
2.2.2. Processus de l'envasement.....	14
2.2.3. Type d'envasement	15
a. L'envasement classique.....	15
b. L'envasement par courant de densité	16
2.2.4. Conséquence de l'envasement d'un barrage.....	17
a. La Réduction de la capacité de barrage	17
b. La sécurité de l'ouvrage.....	18
c. Envasement des canaux d'irrigation	18
d. Dégradation de la qualité de l'eau.....	18
e. Obturation des organes de vidange.....	18
2.2.5. Définition de la vase et son origine.....	19
2.2.6. Estimation de l'envasement d'un barrage	19
a. La méthode de bathymétrie	19
b. La méthode de calcul.....	22
2.3. Moyens de lutte contre l'envasement.....	23
2.3.1. Aménagement des bassins versant :.....	23
a. Le reboisement.....	24
b. Augmenter la capacité d'infiltration et de stockage de sol	24
c. Correction torrentielle.....	24
d. Protection des berges.....	27
2.3.2. Au niveau des barrages	28
a. Installation des obstacles émergés dans les cours d'eau (en amont de barrage).....	28
b. Soutirage des courants de densité	29
c. Évacuation avec la vanne de fond	29
2.4. Valorisation de la vase des barrages :	30
2.4.1. Fabrication de brique	30
2.4.2. Fabrication du béton et mortier.....	31

2.4.3. Fabrication des liants (ciments)	31
2.5. Conclusion.....	32

Chapitre 3: Région d'étude

3.1. Introduction	34
3.2. Aperçu sur les barrages étudiés	34
3.2.1. Historique des barrages étudiés.....	34
3.2.2. Situations des barrages étudiés	35
3.2.3. Les caractéristiques	37
3.2.4. Les ouvrages annexes.....	38
3.2.5. L'hydrologie	40
3.3. Études des apports liquides	41
3.4. Les facteurs climatiques des barrages étudiés	44
3.4.1. La pluviométrie	44
3.4.2. La température	44
3.4.3. Le vent	44
3.5. Conclusion.....	45

Chapitre 4: Résultats et discussion

4.1. Introduction	47
4.2. Le taux de comblement des barrages du bassin hydrographique du Sahara	47
4.3. Classement des barrages vis-à-vis de l'envasement.....	48
4.4. Mécanismes de l'envasement des barrages étudiés.....	50
4.5. Evolution de l'envasement des barrages étudiés	57
4.5.1. Evolution de l'envasement dans le temps	57
4.5.2. Evolution suivant la hauteur d'eau.....	59
4.6. Moyen de lutte contre l'envasement dans les barrages étudiés	60
4.7. Durée de vie des barrages étudiée	60
4.8. Conclusion.....	61
Bibliographie	62

Liste des tableaux

Tableau 2-1 : Effet de l'envasement sur la capacité utile des barrages étudiés.....	20
Tableau 3-1 : La répartition directionnelle et fréquentielle des vents.....	48
Tableau 4-1 : Classe des barrages vis-à-vis de l'envasement.....	52
Tableau 4-2 : Comblement d'un barrage.....	52
Tableau 4-3 : Classe des barrages étudiés.....	52
Tableau 4-4 : Etat de l'envasement du barrage Fontaine des gazelles.....	53
Tableau 4-5 : Duré de vie des barrages étudiés.....	63

Liste des figures

Figure 1-1 : L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse de ce champ est un indice d'érosion en nappe.....	7
Figure 1-2 : Le tracé distinct formé par les eaux de ruissellement est un signe d'érosion en rigoles.....	7
Figure 1-3 : un ravinement.....	8
Figure 1-4 : L'érosion des berges résulte du sapement et de l'affouillement des berges des cours d'eau naturels et des canaux de drainage.....	9
Figure 1-5 : Maisons inoccupées à cause de l'érosion de la falaise.....	11
Figure 1-6 : Comblement total d'un petit barrage	12
Figure 1-7 : Les modes de transport solide.....	13
Figure 2-1 : Processus d'envasement d'un barrage Réservoir.....	18
Figure 2-2 : Schéma dépôt de vase.....	19
Figure 2-3 : Schéma de la propagation d'un courant de densité au fond d'un barrage.....	20
Figure 2-4 : couleurs vertes de l'eau de barrage.....	21
Figure 2-5 : Schématisation de la bathymétrie par échosondeur.....	23
Figure 2-6 : schématisation de la bathymétrie par nivellement.....	24
Figure 2-7 : la méthode de nivellement.....	24
Figure 2-8 : dépôt de lave torrentielle.....	28
Figure 2-9 : Exemple de configuration typique de barrage de correction torrentielle et fonctions principales associées	29
Figure 2-10 : Protection de falaise par enrochement.....	30
Figure 2-11 : Abaissement de la plage causé par un mur de soutènement.....	31

Figure 2-12 : Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un barrage.....	32
Figure 2-13 : Dévasement d'une retenue de barrage à l'aide d'une drague suceuse refouleuse.....	33
Figure 2-14 : Briques à base de la vase du barrage d'Oued Lekhel.....	34
Figure 3-1 : Barrage de Djorf Torba.....	37
Figure 3-2 : Barrage de fontaine des gazelles.....	38
Figure 3-3 : carte démontrant la situation des barrages étudiés.....	39
Figure 3-4 : Barrage de Brézina.....	40
Figure 3-5 : Barrage de Foug el gherza.....	41
Figure 3-6 : Barrage de Brézina.....	43
Figure 3-7 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage Djorf torba en fonction de temps.....	44
Figure 3-8 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage F.E.Gherza en fonction de temps.....	45
Figure 3-9 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage Brézina en fonction de temps.....	46
Figure 3-10 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage F.D. Gazelles en fonction de temps.....	47
Figure 4-1 : Taux de comblement des barrages en 2014 suivant Les bassins hydrographique.....	51
Figure 4-2 : Les courants de densité dans la retenue de Foug El Gherza.....	63
Figure 4-3 : Avancement du delta des sédiments.....	64
Figure 4-4 : propagation des courants de densité dans la cuvette du barrage Djorf Torba.....	64

Figure 4-5 : propagation des courants de densité dans la cuvette du barrage Fontaine des Gazelles.....	65
Figure 4-6 : Schéma probable de la présence des courants de densité dans les barrages de Djorf Torba et Fontaines des Gazelles.....	66
Figure 4-7 : Delta de vase dans la retenue du barrage Djorf Torba.....	68
Figure 4-8 : Delta de vase dans la retenue du barrage Fontaines des Gazelles.....	68
Figure 4-9 : Retenue du barrage de Brezina (Google Earth).....	69
Figure 4-10 : Evolution de l'envasement du barrage Djorf Torba.....	70
Figure 4-11 : Evolution de l'envasement du barrage Fontaines des Gazelles.....	70
Figure 4-12 : Evolution de l'envasement du barrage de Brézina	71
Figure 4-13 : évolution de l'envasement suivant la hauteur.....	71
Figure 4-14 : La drague est au centre de la retenue du barrage de Foum El Gherza.....	72

Introduction générale

La forte croissance de la demande en eau en Algérie pousse les autorités locales à construire de plus en plus de barrages pour augmenter la disponibilité des ressources en eau, L'Algérie dispose de 94 barrages d'une capacité totale de 8 Md de m³. La quantité d'eau douce potentielle est diminuée par l'envasement des barrages.

L'envasement est un phénomène naturel causé par l'accumulation des sédiments d'érosion des sols où au période de crue les barrages s'ensavent par le courant de densité ce phénomène enregistre les valeurs les plus élevées dans les régions arides.

L'objet de notre travail est l'évaluation de l'état d'envasement de quatre barrages réparties dans le bassin hydrographique Sahara, des lever bathymétriques sont exploiter par l'ANBT

Dans un premier temps, on abordera le sujet de l'érosion et du transport solide sous forme de synthèse comportant la définition du phénomène, les causes et origines. Ceci afin de nous permettre une approche plus claire sur le sujet a traité. Puis on passe au processus de l'envasement et au méthode de calcul de certain des mesures liées au sujet de l'envasement, avec une mention des moyens de lutte contre ce dernier.

Dans cette étude, nous examinons les étapes d'évolution temporelle d'une retenue d'un barrage et suivant la hauteur, un classement des barrages a été fait après une estimation de l'envasement et de taux de comblement.

CHAPITRE 1
UN APERÇU SUR L'ÉROSION ET LE
TRANSPORT SOLIDE

1.1. Introduction

Le sol au niveau de bassin versant perd sa dureté et devient de plus en plus fragile et apte aux plusieurs changements. En effet ce dernier devient facilement détachable et transportable d'un endroit à un autre pour finalement se déposer dans la retenue d'un barrage.

L'envasement des retenues est le résultat d'un processus complexe qui se caractérise par trois étapes successives : le ruissellement, l'érosion hydrique, transport de sédimentation.

1.1. Processus de l'érosion hydrique

Définition :

« Si de la terre est arrachée lors du ruissellement, on parle alors d'érosion hydrique des sols. Elle provoque un déplacement de sol de l'amont vers l'aval ». (PEIGNE & LYON, 2013)

L'érosion hydrique est une série de processus complexes et interdépendants qui conduisent à la séparation et au transport des particules du sol. Elle est définie comme la perte de sol causée par l'humidité déracinant le sol. (BERTRAND, 1993)

Forme d'érosion hydrique

Nous pouvons distinguer quatre types :

a. L'érosion en nappe :

L'érosion en nappe est liée à 2 mécanismes :

-Les gouttes de pluie détachent les particules du sol (effet de splash)

-Le ruissellement lorsque l'intensité devient supérieure à la vitesse d'infiltration.

Cette forme d'érosion est caractéristique des sommets de bassin versant. Le martèlement des pluies (splash) détache les particules et les maintient en suspension par turbulence (Fig. 1-1).



Figure1-1 : L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse de ce champ est un indice d'érosion en nappe. (RITTER,2008)

b. L'érosion linéaire :

Une rigole est une crise légèrement petite pour pouvoir être supprimée par les façons culturales. Sur un bassin versant, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. Alors, les rigoles ne convergent pas mais forment des courants parallèles. (Fig. 1-2) (FOX & CARREGA, 2008)



Figure 1-2 : Le tracé distinct formé par les eaux de ruissellement est un signe d'érosion en rigoles. (RITTER, 2008)

Chapitre 1 : Un aperçu sur l'érosion et le transport solide

c. L'érosion par ravinement :

La ravine est une rigole approfondie où se concentrent les filets d'eau (Fig. 1-3).

Le ravinement constitue un stade avancé de l'érosion. Les ravines peuvent atteindre des dimensions considérables. L'approfondissement des ravines remonte du bas vers le haut de la pente (érosion régressive). (BARRO, 1998)



Figure 1-3 : Ravinement (GRAVOIS, 1973).

d. Érosion des berges

L'érosion résulte de processus naturels et anthropiques par lesquels les sols des berges d'un cours d'eau sont arrachés, puis transportés sous forme de fines particules par les courants et déposés plus loin en aval. Ce processus sédimentaire est un élément fondamental de la dynamique des cours d'eau (Fig. 1-4).

Ce phénomène se produit lorsque les forces d'entraînement dues à la vitesse du courant et sa turbulence sont capables de vaincre le poids des particules, leur frottement l'une sur l'autre et leur cohésion éventuelle. (DEGOUTTE, 2006)



Figure 1-4 : Erosion des berges résulte du sapement et de l'affouillement des berges des cours d'eau naturels et des canaux de drainage. (RITTER, 2012)

Les facteurs d'érosion hydrique :

Les facteurs d'érosion affectent l'intensité des processus de détachement, de transfert et de dépôt, qui à leur tour affectent les processus menant à certaines formes d'érosion. Cinq d'entre eux peuvent être nommés :

a. L'érodibilité des sols

La sensibilité du sol à l'érosion hydrique dépend de la structure, de la texture et de la teneur en matière organique, facteurs qui conditionnent la perméabilité et la cohésion des agrégats, Plus le sol est profond, plus sa résistance à l'érosion diffuse est élevée. Cependant, cet emplacement peut être contesté selon les conditions locales.

b. La lithologie

Les roches carbonatées du terrain d'étude sont perméables en grand, en favorisant l'infiltration profonde, elles participent à limiter l'érosion mécanique en surface.

Chapitre 1 : Un aperçu sur l'érosion et le transport solide

c. Le facteur topographique

Dans certaines conditions de végétation, les pentes inclinées ont des effets différents sur le ruissellement. Par contre, du fait de l'augmentation de l'énergie cinétique lorsque le courant est présent, la forte pente favorise la corrosion. (HASSAN, CHARBEL, & TOUCHART, 2015)

d. Le couvert végétal

C'est de loin le facteur le plus important : la végétation vivante peut protéger la surface du sol des gouttes de pluie et donc du détachement par le splash les tiges et les troncs d'arbres créeront des obstacles au drainage, réduiront les fuites de drainage et réduiront la capacité de transport Les racines forment un réseau à la surface.

e. L'influence de l'homme

L'êtres humains est un facteur important d'érosion, mais son action se manifeste différemment selon les régions, parfois à déséquilibrer l'environnement naturel stable, conduisant parfois à l'accélération de processus naturels dans un environnement déjà instable. (NEBOIT, 1983)

Ils déclenchent ce phénomène par les actions suivantes : « Pratiques agricoles telle que labours, surpâturage, minéralisation des sols, cultures sur pentes...), déforestation, imperméabilisation, artificialisation, urbanisation qui dans le monde prend une importance croissante et préoccupante. (BLOCK, 2013)

Quelques conséquences de l'érosion hydrique

Le phénomène d'érosion modifie la forme et les conditions hydrologiques de l'environnement et provoque parfois des mouvements du sol. Les conséquences peuvent être lourdes pour la biodiversité comme pour la sécurité de tous à proximité directe des milieux. L'érosion peut également réduire la qualité de l'eau en provoquant l'accumulation de solides en suspension.

a. Des mouvements de terrain

L'érosion hydrique se manifeste parfois par des mouvements de terrain tels que des falaises rocheuses, des coulées de boue ou des glissements de terrain (Fig. 1-5).

Ces événements naturels peuvent être accentués ou déclenchés par les activités humaines ils représentent une menace pour les personnes et les infrastructures.



Figure 1-5 : Maisons inoccupées à cause de l'érosion de la falaise (COLIN, 2018)

b. La quantité de sédiments rejeté en mer

Les polluants rejetés en mer et les déchets dans les océans résultent par les activités humaines de quantités excessives de produits physiques ou chimiques toxiques, ou de déchets abandonnés par l'homme sur les sols, qui viennent polluer les fleuves et se retrouvent finalement dans les mers.

c. L'envasement précoce des barrages en exploitation

Le phénomène de L'envasement des barrages constitue sans doute la conséquence la plus grave de l'érosion hydrique. Ce phénomène naturel a la plus grande valeur dans les régions arides et semi-arides comme le Maghreb surtout l'Algérie.

La quantité de vase débordé sur les fonds des retenues limite drastiquement leur capacité et donc leur durée d'exploitation (Fig. 1-6). (TADRISTt, DEBAUCHE, REMINI, XANTHOULIS, & DEGRÉ, 2016)



Figure 1-6 : Comblement total d'un petit barrage (HAMMOUDI,2004)

1.3. Transport solide

1.3.1. Définition

Le transport solide est le phénomène qui permet le déplacement des matériaux granulaires (sédiments fins, sable, galet) sous l'action de l'écoulement d'eau. Mais les cours d'eau transportent aussi d'autres matériaux solides comme des arbres arrachés aux berges ou aux lits majeurs. Il s'effectue selon trois modes en fonction de la taille de sédiments : (Fig. 1-7).

- a. Suspension (transport de longue distance)
- b. Saltation
- c. Charriage (déplacement des particules au contact avec le fond). (DEGOUTTE, 2008)

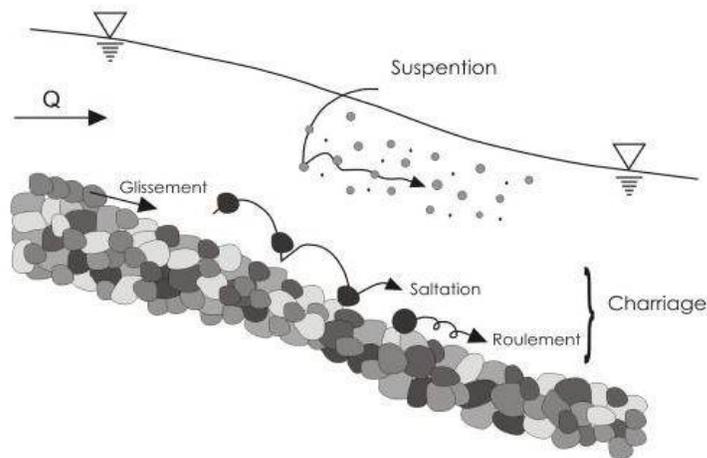


Figure 1-7 : Les modes de transport solide (CHOCAT, 1998)

1.3.2. La gestion du transport solide

La gestion de l'érosion ou gestion du transport solide comprend toutes les mesures visant à restaurer la dynamique naturelle du transport solide d'un cours d'eau. Le transport solide comprend le transport par charriage, saltation et par suspension. Le charriage lors d'une érosion désigne le transport des alluvions alternativement reprises et déposées par le courant qui gardent contact avec le sol. Les particules se déplacent en roulant ou en effectuant des bonds. Le mouvement s'effectue à une vitesse inférieure à celle du courant. Le transport par suspension désigne le transport de particules par le courant. Le mouvement s'effectue à la vitesse du courant. Les particules fines ne se déposent que rarement dans le lit mineur. Elles n'ont donc que peu d'influence sur la morphologie du cours d'eau.

Chapitre 1 : Un aperçu sur l'érosion et le transport solide

1.3.3. Estimation et mesures

La mesure du « transport solide » concerne la charge en suspension et le transport de fond d'un cour d'eau pendant un temps Δt dans une section donnée. Trois méthodes sont généralement adoptées pour procéder aux mesures :

- a. Collecte d'échantillons à diverses hauteurs dans une section de mesure puis mesures par filtration au laboratoire.
- b. Levers topographiques et bathymétriques de cour d'eau entre deux instants connus.
- c. Utilisation de traceurs permettant l'étude des taux de sédimentation.

Pour différencier les types de « transport solide », on définit des intervalles de dimensions de grains. Ainsi le transport par suspension concerne les sables, argiles et silts, les dimensions supérieures étant l'objet de charriage. (RASSI, 2004)

➤ Mesure de transport en suspension

La quantité de sédiments transportés en suspension est souvent considérée comme un indicateur pour évaluer la gestion intégrée des bassins versants et pour déterminer l'efficacité des aménagements entrepris à l'amont. (WREN, BENNETT, BARKDOLL, & KUHNLE, s.d.)

Quatre types de préleveurs de MES existent :

- Les préleveurs instantanés.
- Les préleveurs par intégration.
- Les préleveurs à pompe.
- Les pièges à sédiments ou sédimentomètres.

(A ces quatre méthodes par prélèvement ou piégeage s'ajoute la mesure directe de turbidité en continu)

Ces méthodes fournissent une concentration. Le débit solide (masse/temps) est obtenu en intégrant les concentrations, obtenues en différents points d'une coupe transversale, le long de la section tout en multipliant par le champ de vitesses d'écoulement. La concentration moyenne est ensuite obtenue comme étant le rapport du débit solide sur le débit liquide en une même section. (CHATAIGNERE, 1998)

Chapitre 1 : Un aperçu sur l'érosion et le transport solide

➤ Mesure de transport en charriage

La mesure directe du débit de charriage présente de grandes difficultés. Les préleveurs de matériaux de transport de fond perturbent l'écoulement du TS dont ils sont supposés mesurer la quantité. De façon sommaire, les différents équipements de mesure sont les suivants :

- Les nasses constituées d'une poche de grillage montée sur un cadre métallique qui laisse passer les matières en suspension mais capte les matériaux grossiers.
- Les pièges constitués de récipients très aplatis de section longitudinale triangulaire dont le sommet est dirigé vers l'amont. A l'aval, des cloisons inclinées piègent les matériaux (les sables essentiellement).
- Les sondes à ultrasons.
- Les plages de dépôt et les barrages de rétention des éléments grossiers dans les torrents et les rivières torrentielles. (CHATAIGNERE, 1998)

1.4. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mieux comprendre le phénomène de l'érosion et le transport solide qui peuvent être provoquer par des conditions externes, des problèmes plus ou moins sérieux et conséquences qu'ils engendrent, dont le plus important est l'envasement des barrages qui peut limiter sa durée de vie et diminuer la qualité de l'eau. I

il est important d'étudier l'alluvionnement d'un barrage ainsi de prévoir des actions de lutte et des solutions pour atténuer le taux.

CHAPITRE 2
NOTIONS SUR L'ENVASEMENT DES
BARRAGE

2.1. Introduction

En raison des conséquences engendrées par le phénomène de l'érosion les barrages sont constamment menacés d'envasement, il est impératif de prévoir d'une part le processus d'envasement et comment lutter contre ce problème.

D'autre part engager la valorisation de la vase dans le domaine des matériaux.

2.2. Généralité

2.2.1. 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)

2.2.2. Processus de l'envasement

Les sédiments pénétrant dans une retenue provenant du bassin versant sont transporté par le réseau hydrographique jusqu'à la retenue, ces sédiments étant dans une retenue s'y déposent ou franchissent le barrage. La partie disposée peut avoir un caractère permanent, ces dépôts peuvent progresser rapidement lors des crues importantes entrant dans le réservoir du barrage a niveau minimum d'exploitation, comme ils peuvent être chassée à travers les vidanges de fond.

La portion des sédiments qui franchissent le barrage est généralement constituée des particules fines en suspension ou déplacé par des courants de densité au début de la mise en eau de la retenue (Fig. 2-1).

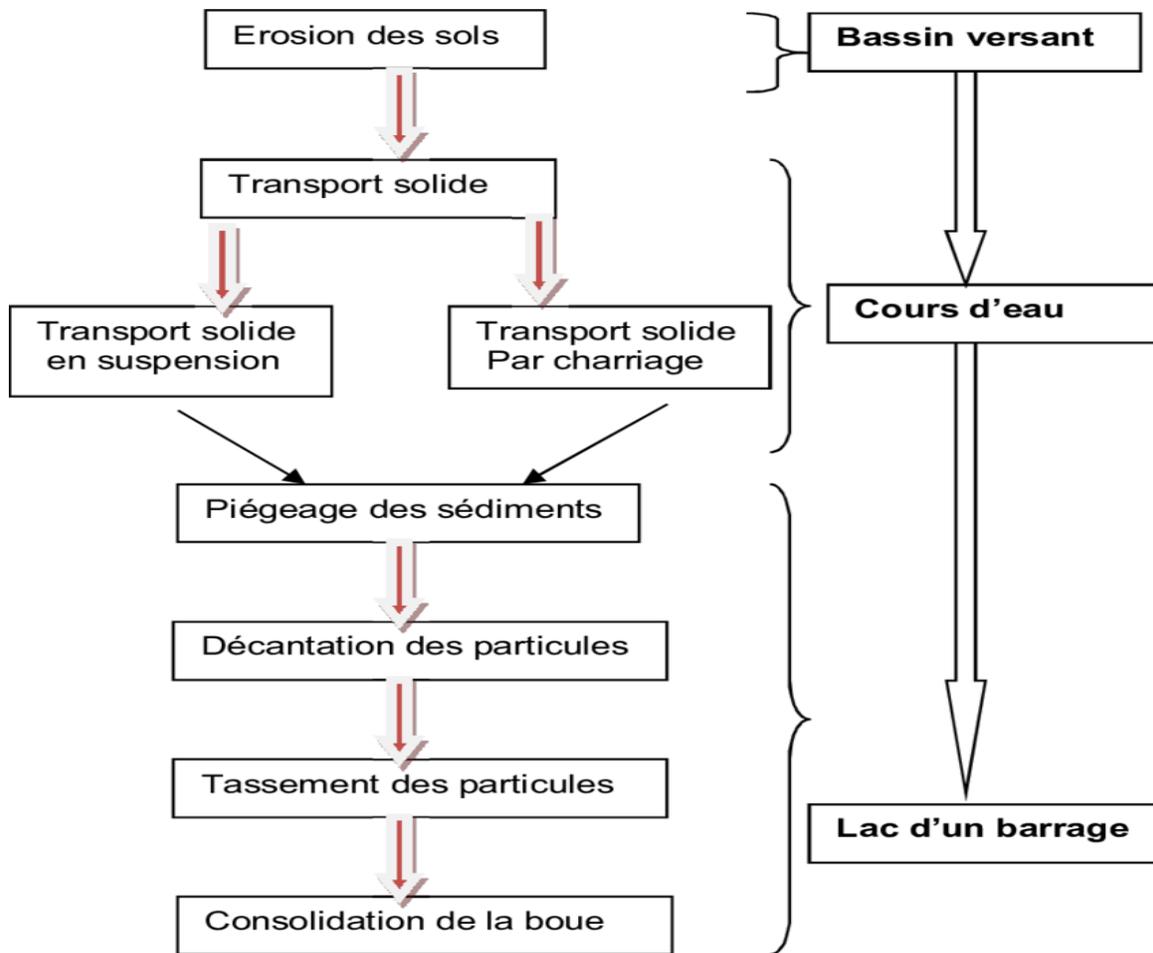


Figure 2-1 : Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (REMINI, 1990)

2.2.3. Type d'envasement

a. L'envasement classique

Le processus classique de l'envasement d'un barrage commence dans la première étape, en éliminant les petites particules de l'emplacement d'origine par le ruissèlement. Dans la deuxième étape, les sédiments sont transférés au barrage par les cours d'eau. Dans la troisième partie, les particules seront piégées pour se déposer au fond d'un barrage réservoir. (Fig. 2-2)

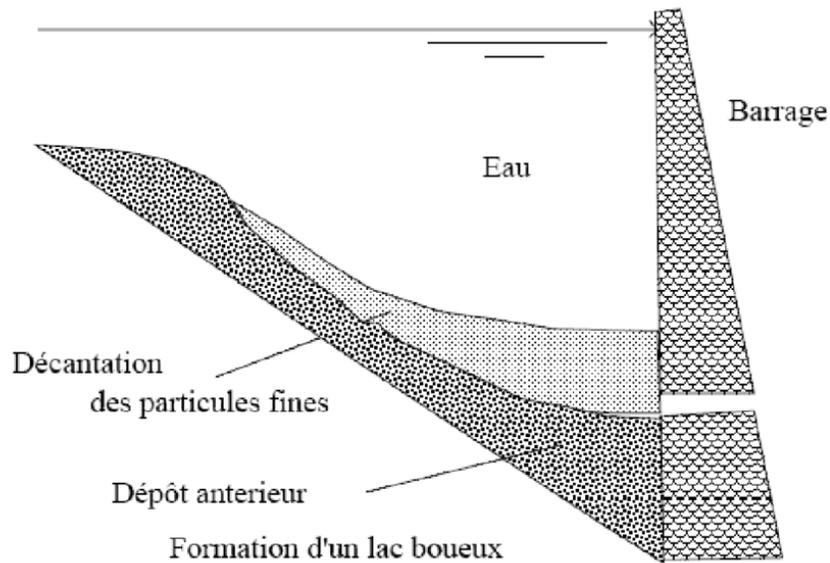


Figure 2-2 : Schéma dépôt de vase (Schéma exécuté par REMINI, 2003)

b. L'envasement par courant de densité

Dans les régions arides, les crues (inondations) émettent de grandes quantités de particules fines, dont la concentration dépasse généralement 100 g/l.

Le contact de l'eau immergée avec l'eau du réservoir se traduit par un écoulement dense qui se propage vers le fond sous l'eau transparente du réservoir sous la forme d'une couche très dense et individualisée.

Avant d'atteindre la digue la densité d'écoulement s'est stabilisée après avoir heurté le mur, sous forme d'un lac boueux sous les eaux claires du réservoir. Le débit d'eau dense et continu provoqué par diverses crues, en automne l'envasement de barrages augmentera rapidement. L'apparition des courants de densité à l'entrée d'un lac est dû à la très forte concentration de particules fines (Fig. 2-3). (REMINI B.)

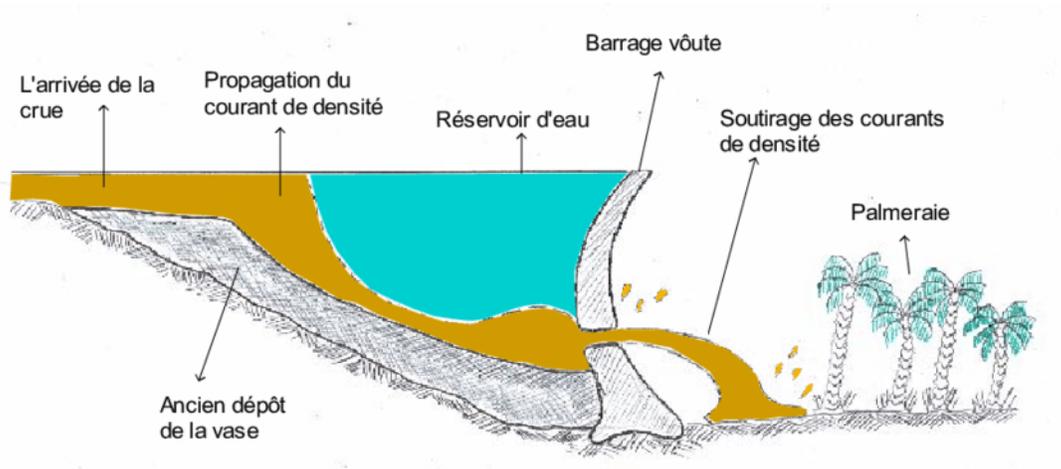


Figure 2-3 : Schéma de la propagation d'un courant de densité au fond d'un barrage
(Schéma REMINI, 2016)

2.2.4. Conséquence de l'envasement d'un barrage

L'envasement est un processus complexe qui aboutit à plusieurs conséquences au niveau d'un barrage et son performance, on distingue alors les conséquences suivantes qui définies comme suit :

a. La Réduction de la capacité de barrage

Chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue, l'envasement de la retenue peut faire une forte impression sur la capacité de stockage d'un barrage et réduit son volume utile disponible (Tableau 2-1) ci-dessous .

Tableau 2-1 : Effet de l'envasement sur la capacité utile des barrages étudiés (source ANBT)

Barrages	Capacité initiale Hm ³	Capacité actuelle (dernier levé) Hm ³
<u>Foum El Gherza</u>	47	14 .89 (AD)
<u>Fontaine des Gazelles</u>	55.5	44.76
<u>Djorf Tourba</u>	350	260.25
<u>Brézina</u>	122.5	47.74

Chapitre 02 : Notion sur l'envasement des barrages

b. La sécurité de l'ouvrage

Indépendamment du problème de la diminution de la capacité du réservoir. L'envasement pose un problème sur la stabilité de l'ouvrage, on sait que pour une variation linéaire de la hauteur de la vase, la poussée progresse au carré de la hauteur. (OUMRANI, 2009)

c. Envasement des canaux d'irrigation

Le dépôt des sédiments dans une retenue de barrage destinée à l'irrigation, pose le problème de comblement du réseau (des canaux) d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage, en effet dans les pays arides et semi-arides, l'irrigation se fait généralement par de l'eau chargée en sédiments, c'est ainsi que ces particules fines vont se déposer dans les canaux réduisant leurs sections mouillées et bien sur le débit d'eau véhiculée. Le curage et le nettoyage des canaux devient une opération quotidienne. (REMINE B.)

d. Dégradation de la qualité de l'eau

Les sédiments véhiculent des produits chimiques (nitrates, sulfates) provenant en particulier des apports en éléments fertilisants pour les cultures, et se déposant dans les réservoirs entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'eau (Fig. 2-4). (REMINE, AVENARD, KETTAB & M 1997)



Figure 2-4 : Couleur verte de l'eau de barrage SMBA (REMINE, 2011)

e. Obturation des organes de vidange

un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement des organes de vidange de fond. (REMINE B.)

2.2.5. Définition de la vase et son origine

Une vase est un ensemble de particules en suspension dans l'eau, elle est caractérisée par sa nature (composition physicochimique), son origine, sa granulométrie (GUILLOU, CHAPALAIN, & LEPRETRE, 2010)

La sédimentation désigne l'ensemble des processus conduisant à la formation de sédiments. Elle se forme par déposition des produits d'érosion (le sable, l'argile), soit par précipitation. Ces éléments solides se déplacent soit en suspension dans l'eau soit par charriage sur le fond de la rivière. Quand le courant d'eau ralentit suite à un élargissement du cours d'eau ou quand la charge solide excède occasionnellement ce que la capacité de transport permet d'évacuer, les éléments décantent et sédimentent, provoquant l'envasement du cours d'eau. (FERRY, 1992)

- a. D'origine éolienne augmente avec l'aridification et la désertification. Les sédiments transportés par le vent, sont des minéraux issus de l'érosion des sols et des roches, des volcans, des embruns, des incendies.
- b. Les périodes de crue des rivières et des fleuves entraînent une plus grande quantité de sédiments, car les débits plus forts, ont une importante force érosive et une plus grande énergie de transport. La disparition ou la régression des embâcles naturels peuvent modifier les paramètres érosifs d'un bassin versant et la sédimentation, de même que la canalisation d'un fleuve ou d'une rivière, ou la construction de barrages artificiels qui emprisonnent dans leurs réservoirs d'importantes quantités de sédiments et parfois de polluants.
- c. L'érosion des sols dégradés par l'agriculture et le lessivage des sols urbains sont une source croissante de sédiments dans les canaux. (FERRY, 1992)

2.2.6. Estimation de l'envasement d'un barrage

Les sédiments qui véhiculent par les eaux pluviales accumulent et venants se déposer dans la cuvette des barrages, constitue une préoccupation essentielle pour les méthodes d'évaluation du volume des vases. On distingue les méthodes de quantification suivantes :

- a. La méthode de bathymétrie

Le principe de cette technique consiste à un levé des fonds le long de profil, préalablement repérés. Le choix des profils dépend en particulier de la longueur de la retenue. Pour une meilleure estimation des sédiments piégés, les profils doivent être parallèles et matérialisés sur le terrain par des repères visibles (canevas) depuis la barque (appareil topographique) quelle que soit la cote du plan d'eau. (PROLHAC & LANN, 2006)

➤ Bathymétrie par sondeurs

Le principe est de déterminer le volume de vase suite à une comparaison entre le profil en travers d'origine et celui réalisé à partir des données relevées. A l'aide des nouvelles technologies des sondeurs, cette technique peut être utilisable dans une hauteur d'eau restreinte (Fig. 2-5). (PROLHAC & LANN, 2006)

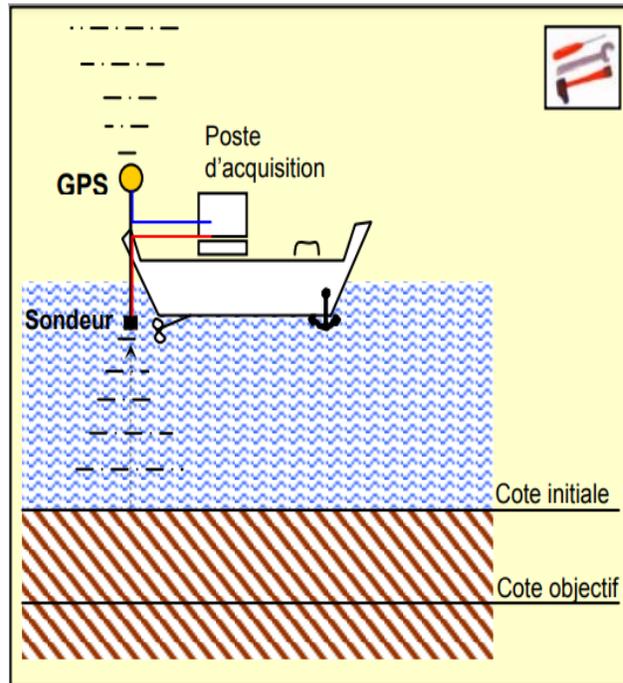


Figure 2-5 : Schématisation de la bathymétrie par échosondeur (PROLHAC, 2006)

➤ Bathymétrie par nivellement

Il y a plusieurs méthodes utilisées pour le levé bathymétrique par nivellement, dont on cite deux méthodes :

- La première méthode de bathymétrie par nivellement est réalisée, à l'aide d'un instrument de mesure gradué, (Fig. 2-6) à partir du bord et préférentiellement à partir d'une embarcation si les conditions le permettent. Elle permet soit de mesurer simplement la hauteur d'eau avant et après les travaux, soit de mesurer la hauteur totale de vases par enfoncement. Une résistance plus soutenue permet d'apprécier le haut du substrat. (PROLHAC & LANN, 2006)

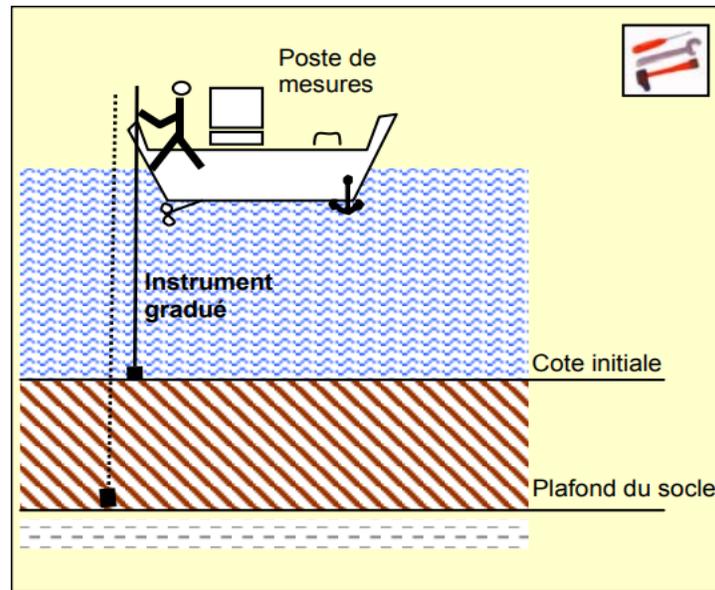


Figure 2-6 : schématisation de la bathymétrie par nivellement (PROLHAC, 2006)

- La deuxième méthode

La seconde méthode de nivellement se fait à l'aide d'une mire sur une embarcation et d'une lunette de visée ou d'un tachéomètre (lunette de visée laser). (Fig. 2-7) la hauteur d'eau, le niveau supérieur de la couche de vase et le fond dur sont obtenus, le relèvement s'effectue point par point. Le nivellement n'est généralement pas précis et admet une erreur de 20 %. Le volume de sédiment se fait ensuite par extrapolation entre deux profils. (BOUKLIKHA & BERRICHI, 2017)

$$V = S \times L$$

V : volume de sédiments en mètres cubes.

S : section envasée en mètres carrés.

L : distance entre deux points de mesure en mètre.



Figure 2-7 : la méthode de nivellement (Tachéomètre). (Prolhac et Lann, 2006)

b. La méthode de calcul

Le volume mort (de vase) est un volume constant qui ne participe pas à la régularisation des débits, il doit répondre à certaines conditions :

- Accumulation des matériaux solides dans la retenue.
- Garantir une certaine dénivellée nécessaire au-dessus de la surface à irriguée
- Garantir certaines conditions sanitaires nécessaires à la pisciculture si cela est possible

Il existe plusieurs formules pour calculer le volume des sédiments :

➤ Méthode liée à l'érosion spécifique

Le volume mort est donné par la formule suivante :

$$V_m = \frac{E_s \cdot S \cdot T \cdot m}{\tau}$$

Où :

V_m : volume mort en (m^3)

E_s : taux de sédiments spécifique en ($t / km^2 \cdot an$)

S : surface du bassin versant en (km^2)

T : durée de fonctionnement de la retenue en (an)

m : pourcentage d'alluvions restant dans le lac

τ : poids volumique de la vase en kg/m^3

Le taux de sédimentation est déterminé dans l'étude hydrologique

Un bassin versant est considéré à :

Faible érosion (sédimentation) ; si $E_s = 0$ à $3.2 t/hm^2 \cdot an$

Moyenne érosion ; si $E_s = 3.2$ à $10 t/hm^2 \cdot an$

Forte érosion ; si $E_s = 10$ à $32 t/hm^2 \cdot an$

Érosion successive ; si $E_s > 32 t/hm^2 \cdot an$

Chapitre 02 : Notion sur l'envasement des barrages

➤ Méthode liée à la turbidité

Le volume mort est calculé par la formule :

$$Vm = \frac{\sum_{i=1}^0 vi \cdot T \cdot C \cdot m}{\tau}$$

vi : Apport moyen annuel en m³

T : durée d'exploitation de la retenue en an

C : Turbidité moyenne sur une période supérieure à 10 ans en g/l

m : pourcentage d'alluvion restant dans la retenue

➤ Par les formules de TIXERONT

Le volume est estimé par la formule :

$$Vm = (1.05 \div 1.10) \frac{Qs \cdot T}{\tau}$$

Avec :

Qs : Débit solide en tonne/an

τ : poids spécifique ou volumétrique de la vase en tonne/m³

T : délai de service ou d'exploitation en an

$$Qs = (S1.T1 + S2.T2 + S3.T3).S$$

2.3. Moyens de lutte contre l'envasement

2.3.1. Aménagement des bassins versant :

Pour réduire le problème de l'envasement des barrages il faut penser à freiner les sédiments avant qu'ils n'atteignent le barrage, on désigne quatre méthodes les plus utilisées :

a. Le reboisement

Les coupes de bois et le pâturage sont à l'origine de l'érosion des sols dans certaines zones montagneuses. Lors d'orages violents, l'eau ruisselle alors sur les pentes et forme des ravines. Elle se charge en sédiments qu'elle charrie vers les cours d'eau. Toute cette matière s'accumule lorsque l'écoulement ralentit, ce qui provoque le phénomène de l'envasement des barrages. Pour lutter contre ce phénomène, les chercheurs ont pensé à utiliser au mieux l'effet de la végétation pour piéger et retenir ces sédiments à l'amont des cours d'eau. L'installation de tels écrans. Qu'ils soient artificiels ou naturels, à l'entrée d'une retenue, diffuse l'écoulement entrant et réduit sa vitesse.

b. Augmenter la capacité d'infiltration et de stockage de sol

➤ Travail du sol :

-Le déchaumage intervient surtout pour les grandes parcelles à sol compact susceptibles de concentrer l'eau. Contrairement au non déchaumage il sert avant tout à faciliter la décomposition des résidus de récolte (en appliquant un premier mélange avec le sol) et à détruire les graines et les adventices laissés sur le sol

➤ Utilisation d'équipements permettant de répartir les charges des engins :

Le tassement du sol par les engins agricoles est un facteur défavorable, les traces servent fréquemment de réseau de collecteur des eaux de ruissellement. L'importance des tassements et des ornières varie selon le matériel utilisé (tasse-avant, roues jumelées, pneus larges...).

➤ Favoriser les céréales d'hiver aux cultures de printemps (betteraves et pomme de terre) :

Elles permettent d'obtenir un couvert végétal susceptible de freiner l'impact des précipitations fréquentes en hiver, et d'absorber le surplus d'azote susceptible de ruisseler vers les cours d'eau. Mais la rentabilité reste l'une des préoccupations majeures des agriculteurs et constitue souvent un frein à leur mise en place.

c. Correction torrentielle

➤ Les laves torrentielles

Sont des coulées boueuses et rocailleuses pouvant se déclencher dans certains torrents de montagne (Fig. 2-8), notamment à la faveur d'évènements pluviométriques intenses. (VILLARD, SCHMITT, & TACNE, 2014)



Figure 2-8 : dépôt de lave torrentielle (IRSTEA, 2003).

Pour limiter les risques liés aux crues torrentielles, les ouvrages de correction torrentielle agissent sur les mécanismes de production de matériaux solides dans le cadre de mesures dites "actives" (Fig. 2-9). (VILLARD, SCHMITT, & TACNE, 2014)

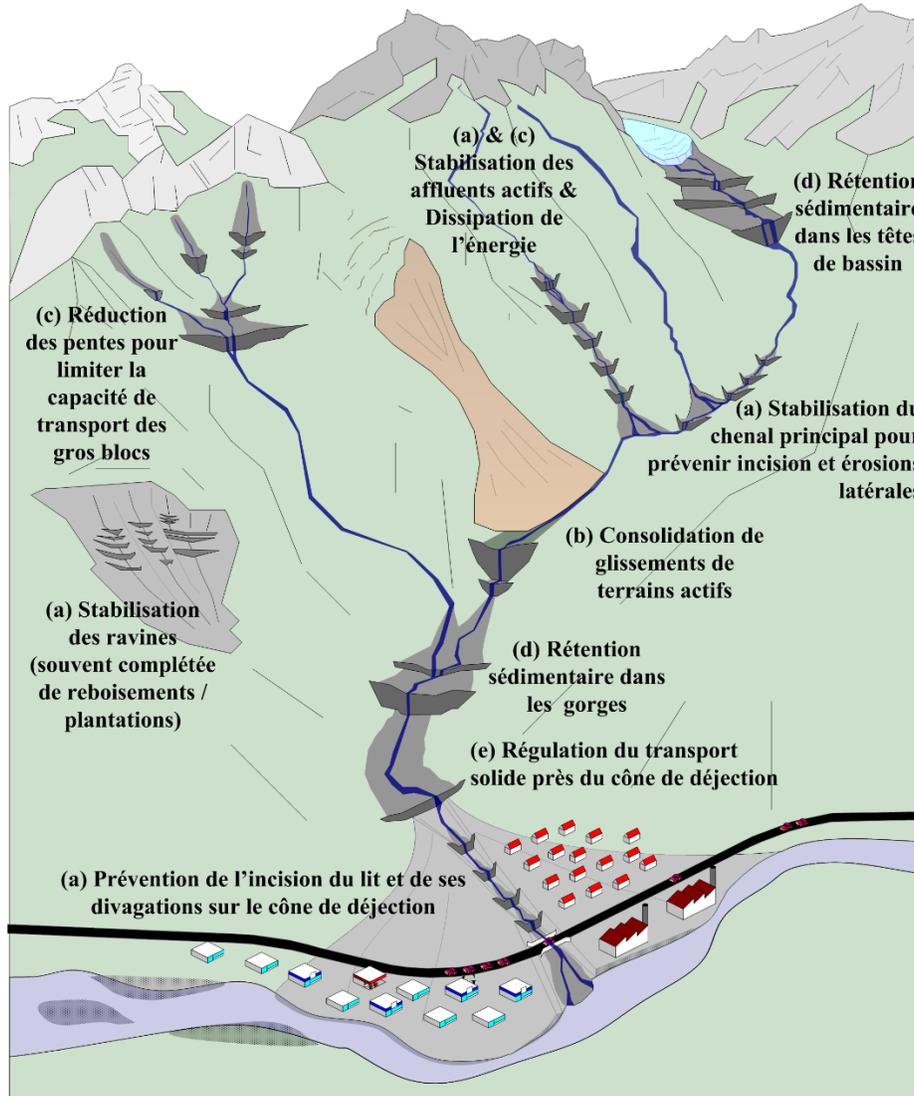


Figure 2-9 : Exemple de configuration typique de barrage de correction torrentielle et fonctions principales associées (GUILLAUME, 2019)

La figure 2-9 représente un bassin versant symbolique dans lequel les fonctions principales associées à ces ouvrages sont distribuées. La description qui suit des cinq fonctions potentielles des barrages de correction torrentielle :

- Stabilisation du lit
- Consolidation de versant
- Diminution de la pente

Chapitre 02 : Notion sur l'envasement des barrages

- Rétention
- Régulation du transport solide

- d. Protection des berges
- Mur de soutènement et enrochement

Un muret de bois, de béton ou même de plaques de métal peut être installé pour retenir les sédiments d'un talus de faible hauteur et le protéger des vagues.

L'enrochement consiste en un empilement structuré de blocs rocheux devant un talus en érosion (Fig. 2-10).



Figure 2-10 : Protection de falaise par enrochement. (Guèvremont)

- Abaissement de la plage

Les murs et les enrochements protègent le talus, mais augmentent l'érosion des plages situées à leur pied. Une vague qui frappe directement un mur ou un enrochement conserve une bonne partie de son énergie et retourne vers le large en érodant la plage. De plus, cet abaissement et même la perte de la plage augmentent le risque que la rive soit inondée par la mer. En effet, le déferlement des vagues directement sur la structure verticale facilite le franchissement des vagues

- Épis

Contrairement au mur de soutènement ou à l'enrochement, cet ouvrage est perpendiculaire à la côte. Il peut être formé de pieux verticaux, enfouis dans le sol et placés les uns à côté des autres pour retenir les particules transportées par les vagues, tout en permettant une certaine circulation d'eau. Certains épis sont formés d'empilements de roches. Étant donné que les épis sont coûteux et perturbent fortement la dynamique côtière, ils doivent être installés avec précaution. Le but des épis est de capter le sable et le gravier transportés par les courants littoraux d'un côté de l'infrastructure

➤ Recharge en sable

La recharge en sable consiste à transporter du sable et/ou du gravier sur une plage, soit en le déposant directement sur celle-ci ou en marge du site. L'engraissement artificiel de la plage augmentera sa capacité à protéger la côte, en absorbant l'énergie des vagues. Cette méthode a un aspect très naturel et n'a pas d'effets négatifs sur la plage et les terrains avoisinants. Elle nécessite toutefois un entretien récurrent et peut, dans certains cas, représenter des investissements importants et nécessiter des études environnementales. Elle est peu utilisée actuellement, mais on l'envisage de plus en plus dans plusieurs secteurs du Québec maritime.

2.3.2. Au niveau des barrages

a. Installation des obstacles émergés dans les cours d'eau (en amont de barrage)

Réaliser un système d'obstacles émergés (en gabions) pour piéger des sédiments fins en amont de la retenue dans le cours d'eau principal. Durant la saison humide, l'apport solide dans les oueds est considérable, ce qui peut favoriser les dépôts des sédiments dans l'oued causés par l'emplacement de ces obstacles, et qui peuvent être déblayés lors de la saison sèche à l'aide de simples moyens mécaniques. Ensuite ces vases peuvent être récupérées pour d'éventuelles utilisations industrielles (briques, tuiles et poterie...).

Cette méthode consiste à minimiser l'arrivée des sédiments fins dans la retenue, tout en favorisant leur dépôt dans le cours d'eau principal. Cette technique peut être réalisée par les blocs existants déjà dans l'oued lui-même et peut être même utilisée pour la réalimentation des nappes.

b. Soutirage des courants de densité

Cette technique définie comme étant, une méthode pratique qui consiste à évacuer les sédiments drainés par les courants de densité sur le fond de la retenue en utilisant des pertuis de vidange (vannettes de dévasement ou vanne de fond) du barrage (Fig. 2-12). Cette technique sa coute pas cher et son rendement peut atteindre 70% des apports solides totaux entrants dans la retenue. (REMINI B. , 2002)

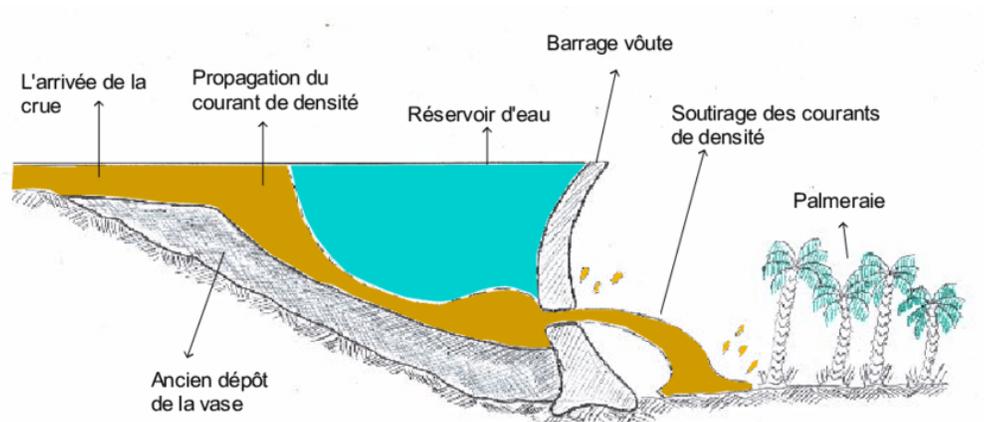


Figure 2-12 : Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un barrage (schéma REMINI, 2016)

c. Évacuation avec la vanne de fond

La distance entre les deux vannes est supérieure ou égale à 6 mètres pour éviter qu'un corps transporté (arbre ou autre objet) puisse condamner le fonctionnement des deux vannes simultanément. Le diamètre du conduit doit être supérieur ou égal à 2 mètres. Les critères mentionnés représentent des limites générales à respecter.

d. La technique de dragage des barrages

La technique du dragage a été utilisée en Algérie depuis les années cinquante et est une technique de dévasement a été réalisé avec une drague suceuse refouleuse flottante. Après remaniement local, les sédiments sont aspirés par la drague et refoulés à travers une canalisation constituée d'une partie flottante et d'une partie fixe sur plusieurs centaines de mètres de longueur. Cette canalisation sert aussi au transport par refoulement des sédiments jusqu'à la zone de rejet située en aval du barrage (Fig. 2-13). (BENHMED, 2015)

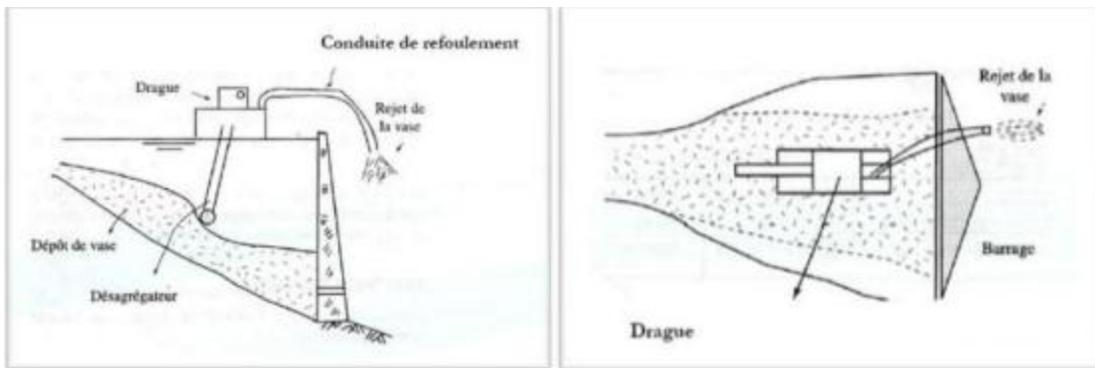


Figure (2-13) : Dévasement d'une retenue de barrage à l'aide d'une drague suceuse refouleuse. (REMINI, 2015)

2.4. Valorisation de la vase des barrages :

2.4.1. Fabrication de brique

La fabrication de brique se base sur se base sur les résultats des analyses physiques, minéralogiques et chimiques des vases plus les résultats de plasticité et des essaie mécanique

La préparation des échantillons de briques pleines a été réalisée dans plusieurs laboratoires de briqueteries d'Alger. Au début, les deux matières (vase et argile) ont été traitées séparément (séchage à l'air libre, broyage dans un broyeur à bille, puis tamisage au moyen d'un tamis de 1mm). Après ce traitement, nous avons préparé des pâtes céramiques plastiques qui ne collent pas à la main. Chaque pâte préparée est soumise au façonnage dans une étireuse (façonnage par étirage). Les échantillons de briques semi-finis sont soumis à deux modes de séchage successifs

(séchage naturel puis séchage dans l'étuve à 105 -110°C). Les briques sèches sorties de l'étuve ont été cuites dans un four tunnel à une température de cuisson de 900°C pendant 32 heures et 30 minutes (fig. 2-14). (REMINI B. , 2012)

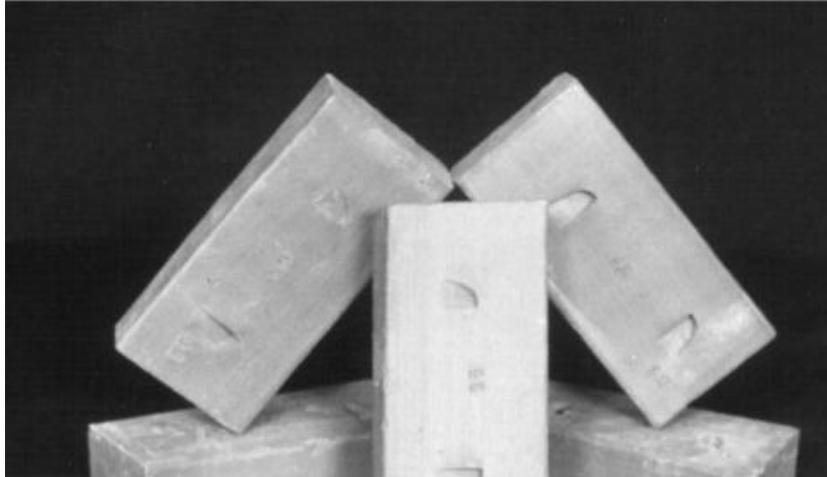


Figure 2-14 : Briques à base de la vase du barrage d'Oued Lekhel (REMINI, 2000)

2.4.2. Fabrication du béton et mortier

La production du béton présente l'un des grands consommateurs de matériaux, particulièrement les granulats, qui représentent un élément majeur dans la fabrication du béton.

Il s'avère utile de pouvoir introduire les sédiments de dragage sous forme de granulats dans la fabrication du béton, afin de couvrir la demande croissante de la filière de fabrication de béton. En Algérie des études ont été faites concernant la valorisation de la vase issue des barrages. (Belas, et al, 2011), ont étudié la valorisation des vases issues du barrage de Fergoug, dans la composition du béton, en dosages définis substituables au ciment (10 à 15) % et 20 % de vase par rapport au dosage en masse du ciment. (AZZI.F, 2017)

Le béton confectionné sera par la suite testé vis-à-vis du comportement mécanique en compression et du retrait. Les résultats ont été satisfaisants pour ces bétons à base de vase. (AZZI, 2017)

2.4.3. Fabrication des liants (ciments)

La composition chimique des sédiments (principalement de la silice, quartz, calcite...) rappelle celle de la matière brute utilisée pour la fabrication du clinker. Il faut cependant trouver le moyen de les introduire dans l'industrie cimentaire. En Algérie, pour la production d'un ciment composé de type CEM II de classe élevée, les cimenteries utilisent une pouzzolane naturelle. En 2006, Semcha examine la possibilité de fabriquer des pouzzolanes artificielles à partir de la réutilisation de la vase prélevée à l'état solide, dans la zone de rejet sur Oued El Hammam (en aval du barrage de Fergoug). La pouzzolane est un liant qui rentre dans la composition des bétons des routes, pistes d'aéroports et dans la technique des barrages en BCR La fraction argileuse présente dans

cette vase doit procéder à un traitement thermique (750°C) pour obtenir la pouzzolane artificielle. (AZZI, 2017)

2.5. Conclusion

Les barrages algériens sont menacés par l'envasement en raison de l'érosion hydrique intense des bassins versants. la sédimentation annuelle dans les régions arides peut représenter des valeurs très élevées du volume total. Les effets néfastes de ce phénomène sont nombreux, allant de la réduction considérable de la capacité d'emmagasinement et de stockage du barrage, jusqu'à la dégradation nette de la qualité de l'eau du barrage. Il existe plusieurs moyens de lutter contre ce phénomène au niveau des bassins versant et des barrages.

La vase draguée peut être considéré comme une matière avantageuse sa valorisation reste une nécessité pour une démarche curative.

CHAPITRE 3
RÉGION D'ÉTUDE ET
MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

3.1. Introduction

La connaissance du site à travers sa localisation, la taille du bassin versant, la nature géologique des formations soumises à l'érosion, son historique mettant en évidence son importance économique, sont autant d'éléments qui peuvent caractériser les sédiments.

3.2. Aperçu sur les barrages étudiés

3.2.1. Historique des barrages étudiés

➤ Barrage de Djorf Torba

L'étude et la réalisation des travaux ont été confiées à un groupe d'entreprise et d'ouvrage franco-italien Cometra, Citra et Boussiron. La construction du barrage de Djorf Torba et l'installation du chantier débutaient en 1965, Suivi du comportement du Barrage après construction avec collaboration de SOL Engineering jusqu'à 1975.

La mise en eau du barrage date de 1969 et sa mise en service a été décidée en 1973 (Fig. 3-1).



Figure 3-1 : Barrage de Djorf Torba (ANBT)

➤ Barrage de Foug el gherza

L'aménagement de Foug-el-Gherza, dont la réalisation a débuté en 1948, la construction du barrage a été par la Société algérienne de Travaux et de Participation (Satep). Le barrage a été mis en eau à partir du début de l'année 1952.

➤ Barrage de Brézina

Le barrage de Brézina a été confié en 1990 à l'entreprise publique seror qui a enrichi ainsi ses références par son premier barrage. Les études et l'assistance technique ont été assurées par un bureau d'engineering croate electro projekt. La fin des travaux et la mise en eau du barrage ont été en 2002.

➤ Barrage de Fontaine des gazelles

L'historique débute en mai 2000. La mise en eau s'est déroulée au gré des crues avec en particulier les épisodes de : « Septembre 2001 » « Septembre 2002 » « Octobre 2003 »

(Fig. 3-2).



Figure 3-2 : Barrage de fontaine des gazelles (ANBT)

3.2.2. Situations des barrages étudiés

Nous avons étudié l'évolution de l'envasement des quatre barrages situés dans des régions arides de l'Algérie (Fig. 3-3).

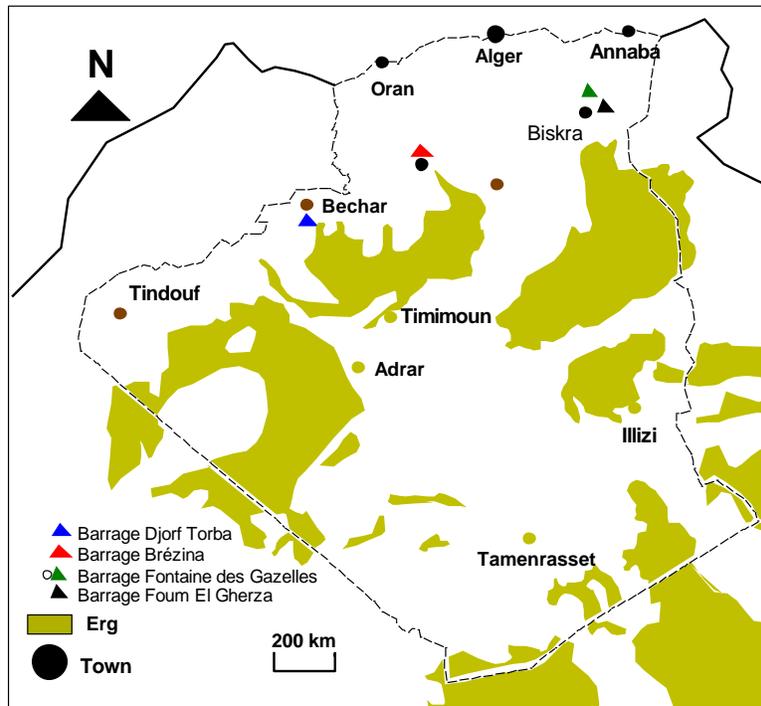


Figure 3-3 : carte démontrant la situation des barrages étudiés (REMINI)

➤ Barrage de Djorf torba

Le barrage de Djorf Torba est situé à 50 Km à l'ouest de la ville de Béchar. Il est destiné à l'irrigation des périmètres agricoles d'Abadla, au moyen de lâchers au fil de l'eau et reprise en tête des périmètres après 58 Km de parcours naturel, et une alimentation en eau potable de la région de Béchar et de Kenadsa (15 hm³/an) depuis 1985.

➤ Barrage de Foug el gherza

Le barrage de Foug-el-Gherza, se trouve sur l'Oued-el-Abiod, à l'est de Biskra. Il est destiné à l'irrigation de 850 Ha des palmeraies de Sidi-Okba, Garta, Seriana, et Tehouda.

➤ Barrage de Brézina

Le barrage de Brézina est situé dans la commune du même nom, à 80 Km au sud d'El Bayadh. Il est destiné à l'irrigation de la palmeraie et du périmètre de Brézina, d'une superficie de 800 Km², pour un volume régularisé annuel de 11,5 millions de m³ (Fig. 3-4).



Figure 3-4 : Barrage de Brézina (ANBT)

➤ Barrage de fontaine des gazelles

L'aménagement hydraulique de Fontaines-des-Gazelles est situé à 35 km au nord-est de la ville de Biskra. Le barrage, qui régularise les apports de l'Oued- el- Hai, est destiné à l'irrigation de la Palmeraie de Loutaya.

3.2.3. Les caractéristiques

➤ Barrage de Djorf torba

C'est un barrage-poids principal en béton et à profil classique long de 762m, complété en rive droite par une digue en alluvions, 200 m de fermeture, dépassant de 2m la cote des plus hautes eaux, qui ferme un plateau calcaire subhorizontal. Complété également par une digue auxiliaire d'environ 60 m dite « digue du ravin », cet ouvrage est implanté en légère courbe ($R = 490$ m), ses plots ne sont pas clavés.

➤ Barrage de Fom el gherza

Le barrage est constitué par une voûte à double courbure, s'appuyant en rive gauche sur une culée poids et d'un type poids voûte + culée poids, sa cote en crête dépasse les 203,85 m NGA, la cote de la retenue normale est de 195,9 m (Fig. 3-5).



Figure 3-5 : Barrage de Foum el gherza (ANBT)

➤ Barrage de Brezina

Brézina est un barrage-poids en forme de voûte, réalisé en béton conventionnel. Il est composé de 7 plots indépendants les uns des autres. Le parement amont cylindrique est vertical, avec un rayon de courbure de 65 m. La longueur de l'ouvrage en crête est de 151.50 m, pour une hauteur maximale sur fondations de 63.5 m, alors que la hauteur maximale hors sol est de 38 mètres. L'épaisseur maximale de l'ouvrage à la base est de 36.33 m.

➤ Barrage de Fontaine des gazelles

L'aménagement est constitué d'une digue à noyau central en argile et recharges en alluvions, un évacuateur de crues de surface en rive droite et d'un ouvrage de prise comportant une tour de prise et une galerie. La retenue à un bassin versant de 1.665 km² et une capacité totale de 55.491 hm³.

3.2.4. Les ouvrages annexes

➤ Barrage de djorf torba

- **01 évacuateur de crues** à seuils libres portés par la partie centrale du barrage, avec 02 passes centrales de 15 m de large, calées à 699 NGA, et 2x 3 passes latérales de 12 mètres de large calées à 701,50 NGA. Cet évacuateur permet le déversement de 3000 m³/s
- **07 pertuis vannes de vidange** installés au droit des piles qui fractionnent le seuil déversant et supportent le pont routier (débit unitaire : 28 m³/s). L'un des pertuis est équipé d'un débitmètre. Réduisant son débit potentiel à 6 m³/s.
- **01 galerie de drainage** en rive droite, dite « galerie des calcaires » s'enfonce dans le Turonien supérieur, jusqu'à l'aplomb de l'extrémité de la digue. Elle recueille une série

de drains tirés depuis la surface. Le drainage de la nappe de calcaire s'effectue également par les réseaux karstiques que rencontre la galerie.

➤ Barrage de foug el gherza

- **La galerie de visite et de drainage** est ménagée dans le corps de la voûte.
- **L'évacuateur de crues** à seuil libre est aménagé en partie centrale du barrage, avec 2 passes, de 18 m de longueur. Le seuil est calé à la cote 198,9 m NGA. Il permet d'évacuer 730 m³/s sous une charge de 4,35 m cote 200,00. Deux déflecteurs ramènent la lame d'eau vers la partie étroite de la gorge pour éviter tout affouillement des berges.
- **La prise d'eau** : Une tour de prise équipée de trois pertuis étagés restituant les eaux dans une conduite métallique.
- **La vidange de fond**, calée dans le plot central du barrage à la cote 149,25, s'obture à l'amont par une vanne batardeau de type wagon (h = 3,3 m, l = 3,3 m).

➤ Barrage de Brézina

- **L'évacuateur de crues** est incorporé à l'ouvrage dans sa partie centrale. Il a un seuil de 80 mètres per- mettant d'évacuer en crue décennale d'un débit de 2345 m³/s.
- **La galerie de dérivation** relie la tour de prise et l'ouvrage de sortie ; elle abrite la conduite de vidange de fond et sert d'accès pour le passage du tuyau d'adduction. Cette galerie a une longueur de 105.15 m.
- **La vidange de fond** est réalisée dans le massif de la rive droite, sur une longueur de 120 m et une section de 376.99 m² permettant d'évacuer un débit de 55 m³/s pour un barrage plein.
- **La tour de prise** de type circulaire, elle est placée au-dessus de l'ouvrage d'entrée de la vidange de fond. Elle commence au niveau 878.10 NGA et culmine à 915.00 NGA.

➤ Barrage de fontaine des gazelles

- **La tour de prise d'eau** : avec un dia- mètre : 11 m et une hauteur totale d'environ 51 m, elle comporte 4 prises d'eau aux niveaux 361, 367, 373 et 379 m NGA. Elle est implantée en rive gauche du bar- rage. Les prises sont équipées d'une grille (ou d'un batardeau) amovible de section 1.66 m x 1.66 m et d'une vanne papillon ; elles alimentent une conduite de diamètre 1.25 m. Le débit nominal de la conduite est de 2 m³/s.
- **L'évacuateur principal** est implanté en rive droite, il comporte un seuil labyrinthe calé à 384 m NGA, un coursier, un saut de ski et un bassin de dissipation. Il est dimensionné pour l'évacuation de la crue cinq-millénaire.
- **La vidange de fond** est installée en rive gauche dans la galerie de dérivation. Elle comprend un entonnement à la cote 350,50 m NGA, situé sous la tour de prise, un tronçon en galerie de section 1m x 1m puis un chenal. Le débit évacué à RN est de 21 m³/s.

3.2.5. L'hydrologie

➤ Barrage de Djorf torba

Le système hydrologique Guir-Saoura constitue le plus important cours d'eau du Sahara algérien. Long de plus 900 Km, l'oued Guir prend sa source sur le versant méridional de l'Atlas marocain, sous des sommets avoisinant 2.700 m d'altitude. Il coule sensiblement du Nord au sud. La superficie du bassin versant est de 22000 Km².

➤ Barrage de Foug el gherza

L'Oued-el-Abiod prend naissance au centre du massif des Aurès, dans la région d'Arris. Il est formé par la réunion de plusieurs torrents descendant des pentes du Djebel Chelat (2328 mètres) et du Djebel Ichmoul (2071 mètres) soit deux des plus hauts sommets d'Algérie. Le bassin versant de l'Oued-el-Abiod s'étend sur une superficie 1300 km².

➤ Barrage de Brézina

Le bassin versant de l'Oued Seggeur s'étend sur une superficie de 3.680 Km³, dans la partie sud de l'Atlas Saharien, et entouré par le massif du Djebel Amour. La topographie des lits des Oueds El Mellah et Rhoul permettent la création d'une retenue dans les conditions naturelles existantes, jusqu'à la cote limite de 921,00 m NGA (Fig. 3-6).



Figure 3-6 : Barrage de Brézina (ANBT)

➤ Barrage de Fontaine des gazelles

Le barrage de Fontaine des Gazelles est construit sur l'Oued-el-Hai s'étend sur une surface de 1.660 Km², l'altitude max du bassin versant est 1.440m.

3.3. Études des apports liquides

➤ Barrage de Djorf Torba

Depuis 1952, et sur 22 années, l'ANBT a enregistré 1 ou 2 fois des crues de plus de 300 hm³, presque 4 fois plus de 200 hm³, 11 fois plus de 110 hm³. Le problème réside dans les très fortes crues atteignant le milliard de m³ d'apports, avec des pointes de 15 à 20.000m³/s.

- ✓ L'apport moyen annuel pour la série de (2004/2020) de barrage djorf Torba est de 20.73 hm³
- ✓ L'apport annuel maximum enregistré a été de 75.98hm.
- ✓ L'apport annuel minimum enregistré a été de 0.87hm (Fig. 3-7).

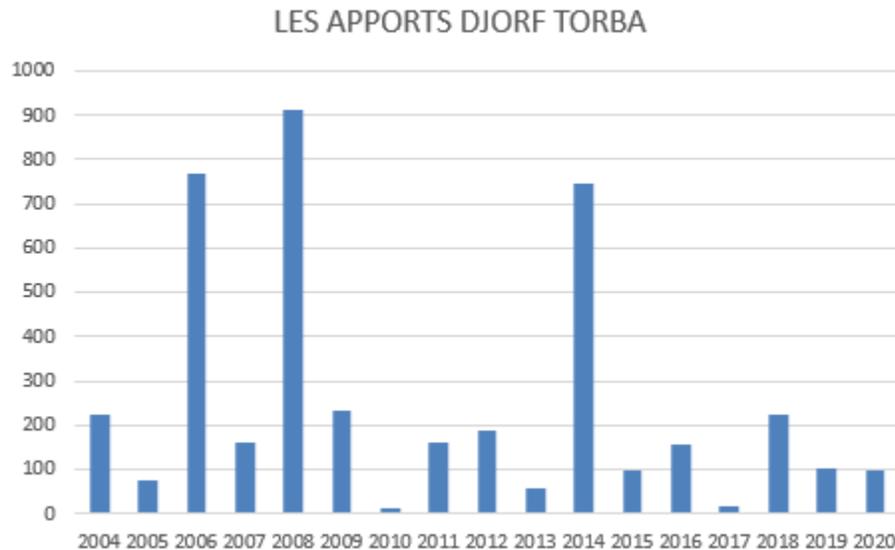


Figure 3-7 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage Djorf torba en fonction de temps

➤ Barrage de Foum el gherza

Les crues de l'oued sont extrêmement violentes et soudaines. Avant la construction du barrage, elles ravageaient fréquemment les oasis du périmètre de Sidi-Okba.

- ✓ L'apport moyen annuel pour la série (2004/2020) de barrage djorf Torba est de 6.9 hm^3
- ✓ L'apport annuel maximum enregistré a été de 31.13 hm^3 .
- ✓ L'apport annuel minimum enregistré a été de 0.15 hm^3 (Fig. 3-8).

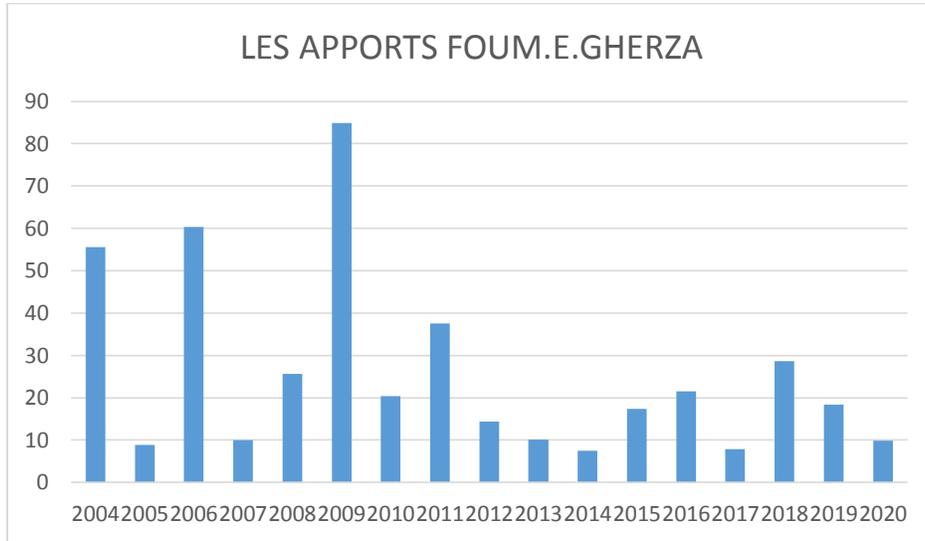


Figure 3-8 : histogramme représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage F.E.Gherza en fonction de temps

➤ Barrage de Brézina

- ✓ L'apport moyen annuel pour la série de (2004/2020) de barrage djorf Torba est de 26.54 hm^3
- ✓ L'apport annuel maximum enregistré a été de 31.13 hm^3 .
- ✓ L'apport annuel minimum enregistré a été de 0.15 hm^3 (Fig. 3-9).

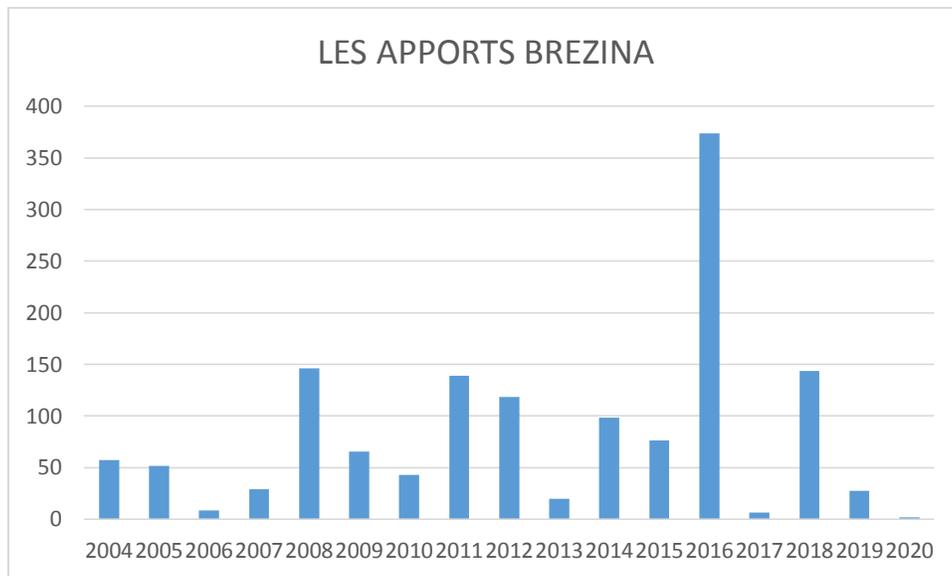


Figure 3-9 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage Brézina en fonction de temps

➤ Barrage de fontaine des gazelles

- ✓ L'apport moyen annuel pour la série de (2004/2020) de barrage djorf Torba est de 2.15hm³.
- ✓ L'apport annuel maximum enregistré a été de 7.08hm³.
- ✓ L'apport annuel minimum enregistré a été de 0.62hm³ (Fig. 3-10).

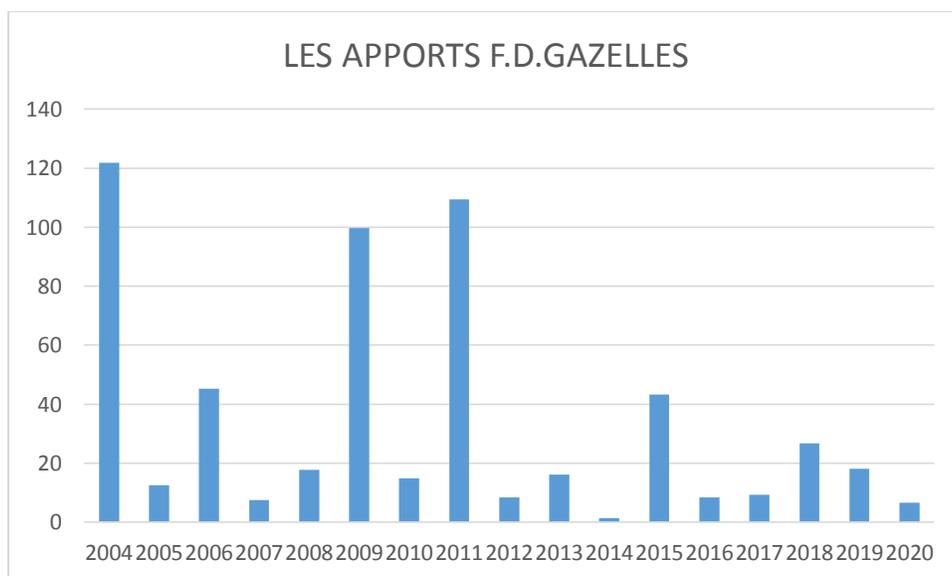


Figure 3-10 : Graphique représente la variation de l'apport liquide entrant dans le barrage F.D. Gazelles en fonction de temps

Les figures (3-7),(3-8),(3-9) et (3-10) représentent des graphiques des variations des apports liquide entrant dans les barrages étudiés au bout de 16 ans (2004-2020) , on constate tout d'abord une variabilité interannuel très remarquable au niveau de ces barrages, la différence des volumes d'apport en liquide arrivant représente d'autre part les sédiments érodés sur le bassin versant et transportés par les eaux de ruissellement jusqu'au barrage il y a une relation de corrélation directe, plus l'apport liquide augmente plus le taux de sédimentation augmente. On peut en conclure que dans les régions arides les crues qui suivent quelques années de sécheresse peuvent entraîner à un comblement plus rapide qui nécessite d'ouvrir la vanne de fond pour drainé les sédiments indésirables. Le barrage de djorf torba reçoit un volume d'apport maximum de 911.74hm et minimum de 10.46hm

Le barrage de F.E.gherza reçoit un apport max 121.9 et minimum de 1.30

Le barrage de Brézina reçoit un volume max de 373.5hm et min de 1.81hm

Le barrage de F.D Gazelle reçoit un volume max de 84.93hm et min de 6.57hm

3.4. Les facteurs climatiques des barrages étudiés

3.4.1. La pluviométrie

Le climat est affecté par la répartition des pluies au cours de l'année est caractérisée par un régime pluviométrique à deux périodes pluvieuses, l'une en automne-hiver des mois Septembre à Décembre, l'autre au printemps des mois de Mars, Avril et début de Mai, séparées par deux périodes sèches ; en été, des mois de Juin, Juillet et Aout avec le mois de Juillet pratiquement sans précipitation, et en hiver, les mois de Janvier et Février.

3.4.2. La température

La zone saharienne est caractérisée par une température élevée qui porte une influence directe sur la quantité de la retenue du barrage. La période de chaleur commence pratiquement au premier Juin, pour se prolonger jusqu'au 15 Septembre, avec une acmé du 15 Juillet au 15 Août.

3.4.3. Le vent

Les vents sont fréquents (tableau), en particulier aux mois de Mars et Avril sous forme de tempêtes de sables. En hiver, le vent souffle d'une part du Nord et du Nord Est, d'autre part du Nord-Ouest et du Sud-Ouest, celui du Nord Est étant le vent dominant. En été, les vents les plus fréquents sont ceux du Sud (sirocco).

Tableau 3-1 La répartition directionnelle et fréquentielle des vents (source ANRH)

Direction	Nord	Nord-Est	Est	Sud	Sud-Est	Sud-Ouest	Ouest	Nord-Ouest
Fréquence	10.15%	9.44%	9.93%	5.56%	8.92%	10.61%	7.95%	4.56%

3.5. Conclusion

Les barrages des régions arides revêtent d'une importance au développement de la région agricole comme le barrage de fontaine des gazelles qui est destiné à l'irrigation de la Palmeraie de Loutaya dans la wilaya de biskra. Cependant, ces barrages figurent parmi les plus envasés en Algérie. En effet, depuis sont mise en service ils présentent un fort taux d'envasement comme le barrage de Brézina a perdu plus que la moitié de sa capacité initiale. La vase ou bien la sédimentation des barrages dépend donc essentiellement de la taille du bassin versant, des précipitations, de l'apport liquide et les facteurs climatique, selon REMINI les barrages des régions arides s'ensavent en périodes de crues, lesquelles surviennent après une longue sécheresse (6 à 7 mois).

CHAPITRE 4

RÉSULTAT ET DISCUSSION

4.1. Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter l'état de l'envasement des retenues des barrages des régions arides d'après les données disponibles et d'étudier l'évolution de leurs capacités au cours du temps et suivant la hauteur, des classements des barrages ont été fait selon le degré de l'envasement et le taux de comblement.

4.2. Le taux de comblement des barrages du bassin hydrographique du Sahara

L'Algérie est partagée en 5 bassins hydrographiques :

- Constantinois Seybouse Mellegue
- Algérois Hodna Soumam
- Chellif Zahrez
- Oranie Chott Chergui
- Sahara

Les barrages étudiés (Djorf Torba, Foug El Gherza, Brézina et Fontaine des gazelles) appartiennent au bassin hydrographique du Sahara. Selon Remini (2017), la dernière étude sur l'envasement des barrages a montré que le taux de comblement des barrages du bassin hydrographique du Sahara arrive en deuxième position avec 34% du taux de comblement des barrages (fig. 4-1). Cette valeur reste suffisamment élevée à cause des apports solides dans les barrages de Djorf Torba, Brézina et Foug El Gherza. Ces derniers restent les barrages les plus exposés à l'envasement.

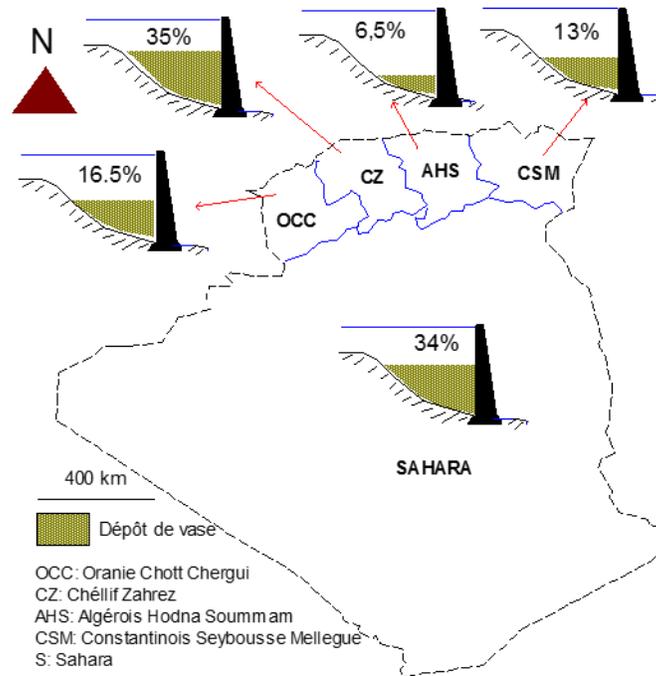


Figure 4-1 : Taux de comblement des barrages en 2014 suivant Les bassins hydrographiques

4.3. Classement des barrages vis-à-vis de l'envasement

Selon Remini (2017), le degré de l'envasement d'un barrage se caractérise par la vitesse de comblement ou le taux de comblement annuel qui s'exprime en % de capacité par année (%/an). Il est égal à :

$$\eta = \frac{Wv}{W_o} / T$$

Avec :

Wv : Volume de vase (millions de m³)

W_o : Volume initial du barrage (millions de m³)

T : Durée d'exploitation du barrage (an)

Remini (2017) a 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.

(Tableau 4-1) donne les valeurs du taux de comblement annuel pour chaque catégorie

Tableau 4-1 : Classe des barrages vis-à-vis de l'envasement

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	$\eta < 0,5$

Selon Remini (2017), le taux de comblement défini par $\frac{W_v}{W_o}$ peut donner une idée sur la durée de vie du barrage. (Tableau 4-2) donne la classification d'un barrage vis-à-vis de l'envasement.

Tableau 4-2 : Comblement d'un barrage.

classification barrage vis-à-vis de l'envasement	Taux de comblement
Barrage fortement envasé	$W_v / W_o > 20\%$
Barrage Moyennement envasé	$10 \% < W_v / W_o < 20\%$
Barrage Faiblement envasé	$W_v / W_o < 10\%$

En se basant sur ce la vitesse de comblement, nous avons établis un classement des barrages étudiés par ordre de gravité à l'envasement (tableau 4-3).

Tableau 4-3 : Classe des barrages étudiés.

Barrage	Période	η (%/an)	W_v / W_o (%)	Observation
Fontaine des gazelles	2004-2019	1,2	19,35	Barrage fortement menacé par l'envasement
Foum El Gherza	1952-2004	1.1	58.33	Barrage fortement menacé par l'envasement
Djorf Torba	1986-2004	0,8	26	Barrage moyennement menacé par l'envasement
Brézina	2004-2019	2	39	Barrage fortement menacé par l'envasement

Nous constatons que les 4 barrages étudiés sont moyennement ou fortement menacé par l'envasement. La vitesse de comblement est importante. Elle est de 2 %/an au barrage de Brezina. Un barrage nouvellement mis en exploitation (l'an 2000). En 20 ans d'exploitation, environ 40% de sa capacité ont été envahi par la boue. Un autre barrage de même âge, les Fontaines des Gazelles subit les mêmes conséquences que celui de Brezina, puisque 20% de sa capacité ont été perdus suite aux dépôts successifs des sédiments.

Le barrage de fontaine des gazelles

Selon le critère de classement des barrages par ordre de gravité à l'envasement établi par Remini (2017), le barrage des Fontaines des gazelles est considéré comme un barrage moyennement menacé par l'envasement. Deux périodes d'exploitations du barrage se dégagent : 2000-2004 et 2004-2019. Nous avons représenté dans le tableau les valeurs du taux de comblement annuel (tableau 4-4)

Tableau 4-4 : Etat de l'envasement du barrage Fontaine des gazelles

Période	Π (%/an)	W_v/W_o (%)	Observation
2000/2004	0,34	1,37	Barrage moyennement menacé par l'envasement
2004/2019	1,2	19.	Barrage fortement menacé par l'envasement

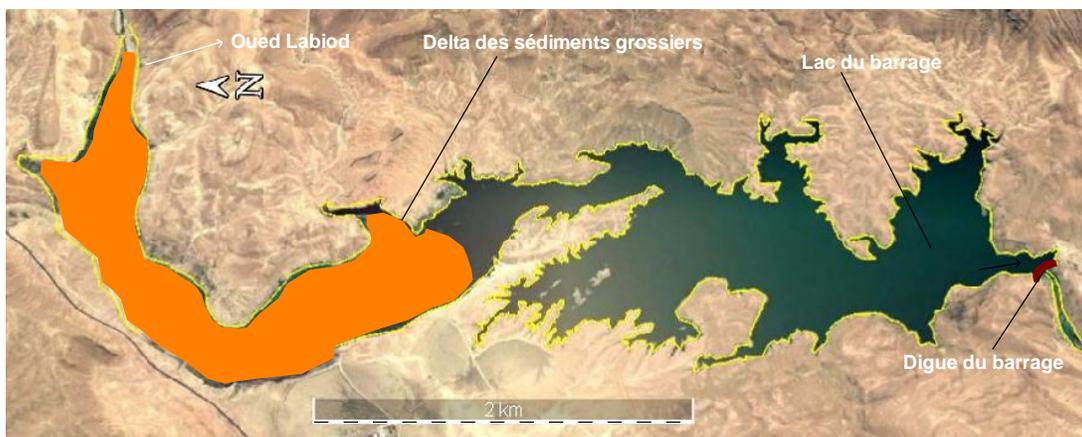
4.4. Mécanismes de l'envasement des barrages étudiés

L'envasement des barrages s'effectue en périodes de crues. Cependant les crues dans les régions arides véhiculent de grandes quantités en particules fines. Une fois la crue arrive au niveau du lac d'un barrage, les courants de densité se forment et s'écoulent sur le fond des barrages sous l'eau en parcourant plusieurs kilomètres pour atteindre les pertuis de vidange. Cependant, la distance de parcourt dépend de la concentration en particules fines et la forme géométrique de la cuvette. Le type « canal » du lac favorise mieux la propagation des courants de densité. Les crues drainées par les oueds des milieux arides sont très chargées en particules fines. Le contact avec les eaux claires du lac de barrage donnent naissance à des courants de densité. Ce phénomène est très courant durant les premières crues d'automne juste après une longue saison sèche. Ces dernières années et suite à l'augmentation des températures et la décroissance de la pluviométrie, l'érosion hydrique est devenu beaucoup plus agressif et par conséquent le taux d'envasement tend à augmenter. Ces quantités de boue déposées au fond des barrages est le résultat de l'apparition des courants de densité qui sont les seuls à drainer des volumes aussi importants. Dans le cas d'une cuvette de forme « canal », les courants de densité peuvent s'écouler sous l'eau claire sur une distance de 20 km. Le barrage de Foum El Gherza qui présente une retenue « canal », les courants de densité atteignent généralement la vanne de fond après avoir parcourus une distance de 4 km environ depuis le point de plongée (fig. 4-2). Cependant, les courants de faible concentration s'évanouissent au niveau de la première et la deuxième zone dépôts de la vase (fig. 4-3).

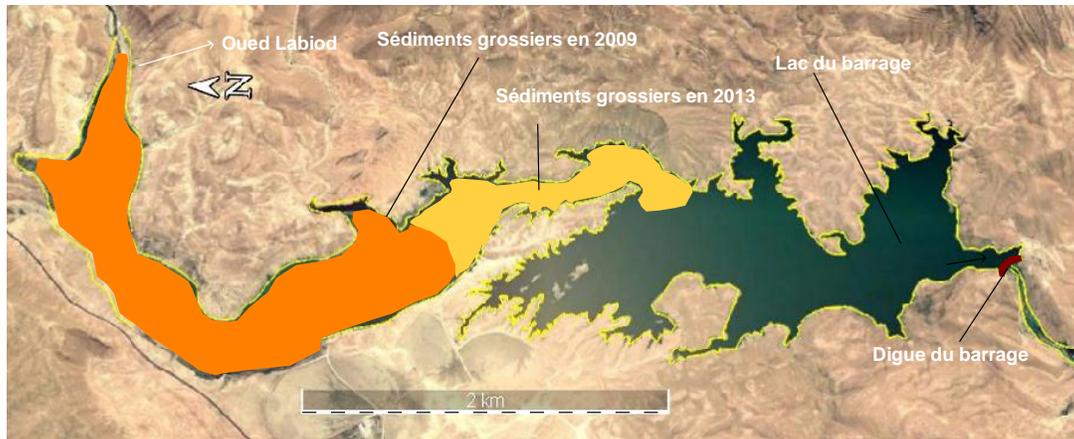


Figure 4-2 : Les courants de densité dans la retenue de Fom El Gherza

L'envasement est très intense à cause de ces courants de densité qui ne sont pas soutirés au moment opportun. Les dépôts rapides et la consolidation des particules fines est la conséquence directe de la non maîtrise des manœuvres des pertuis de vidange. D'ailleurs ce genre de situation (blocage des vannes de fond) se manifeste souvent au niveau du barrage de Fom El Gherza (Remini, 1997).



a) Dépôt vaseux en 2009



b) Dépôt vaseux en 2013

Figure 4-3 : Avancement du delta des sédiments

Les courants de densité de faible concentration en particules fines n'atteignent pas le pied du barrage et s'évanouissent au milieu de son trajet et déchargent ces sédiments au fond du lac. Des fois même si la concentration qui est une fonction du facteur de pression est élevée et la géométrie de la cuvette de type « lac », le courant de densité se dilue au milieu du lac et par conséquent les sédiments se déposent au centre de la retenue. Ce phénomène se manifeste dans les lacs des barrages de Djorf Torba et Fontaines des Gazelles (fig. 4-4 et 4-5).

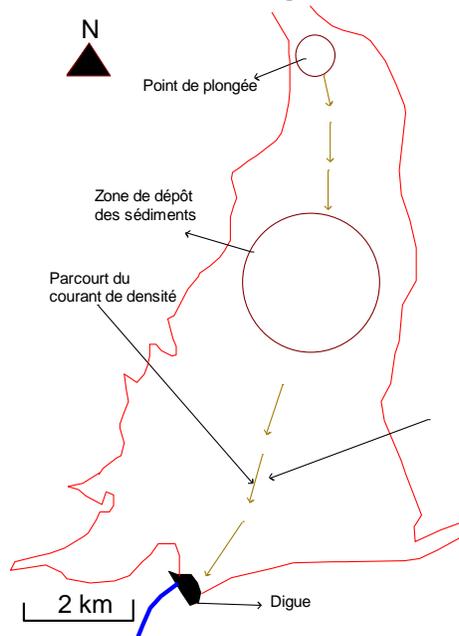


Figure 4-4 : propagation des courants de densité dans la cuvette du barrage Djorf Torba

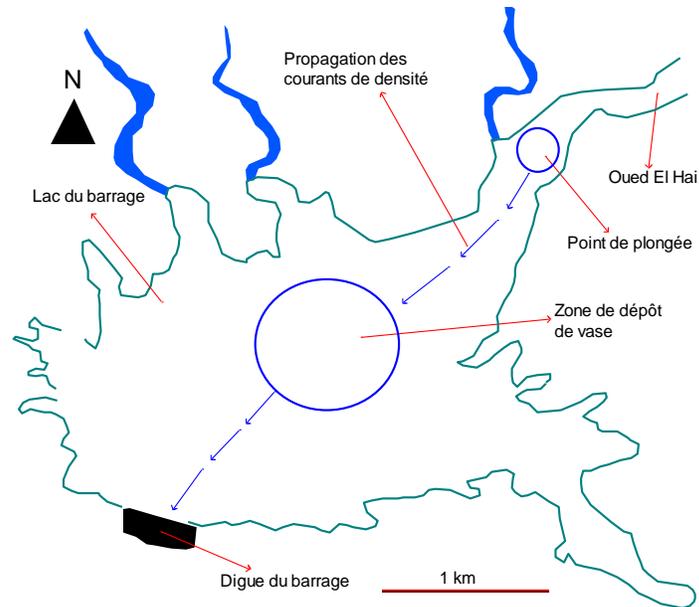
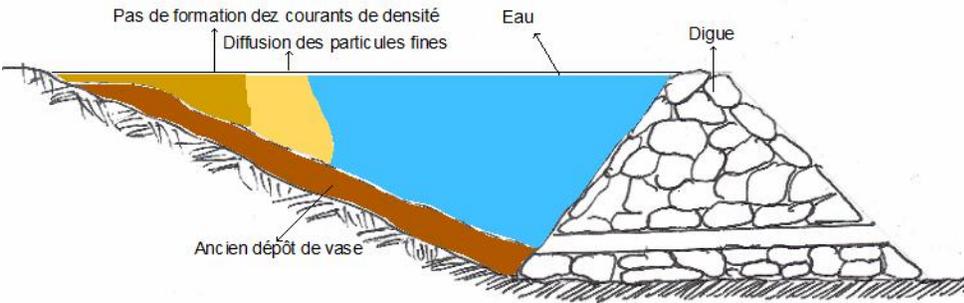
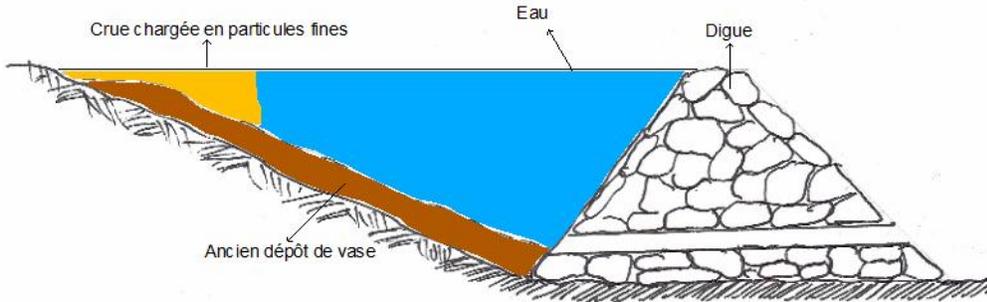
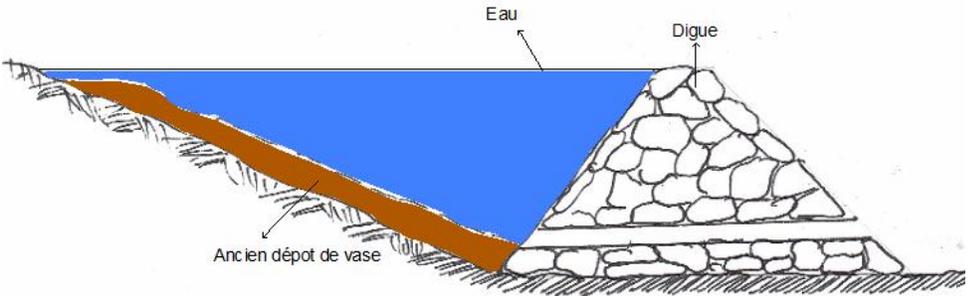


Figure 4-5 : propagation des courants de densité dans la cuvette du barrage Fontaine des Gazelles

A chaque crue, les courants de densité après avoir pris naissance dans le point de naissance, lâchent ces particules fines dans la zone de dépôts située au milieu de la cuvette. Mais pour des fortes crues drainant des quantités importantes en particules fines, les courants de densité prennent forme au contact de la crue avec les eaux de la retenue et peuvent atteindre le pied du barrage (fig. 4-6). Les manœuvres des pertuis de vidange au moment opportun, une grande quantité des sédiments peut être évacuée dans l'oued.

Chapitre 04 : Résultat et discussion



Chapitre 04 : Résultat et discussion

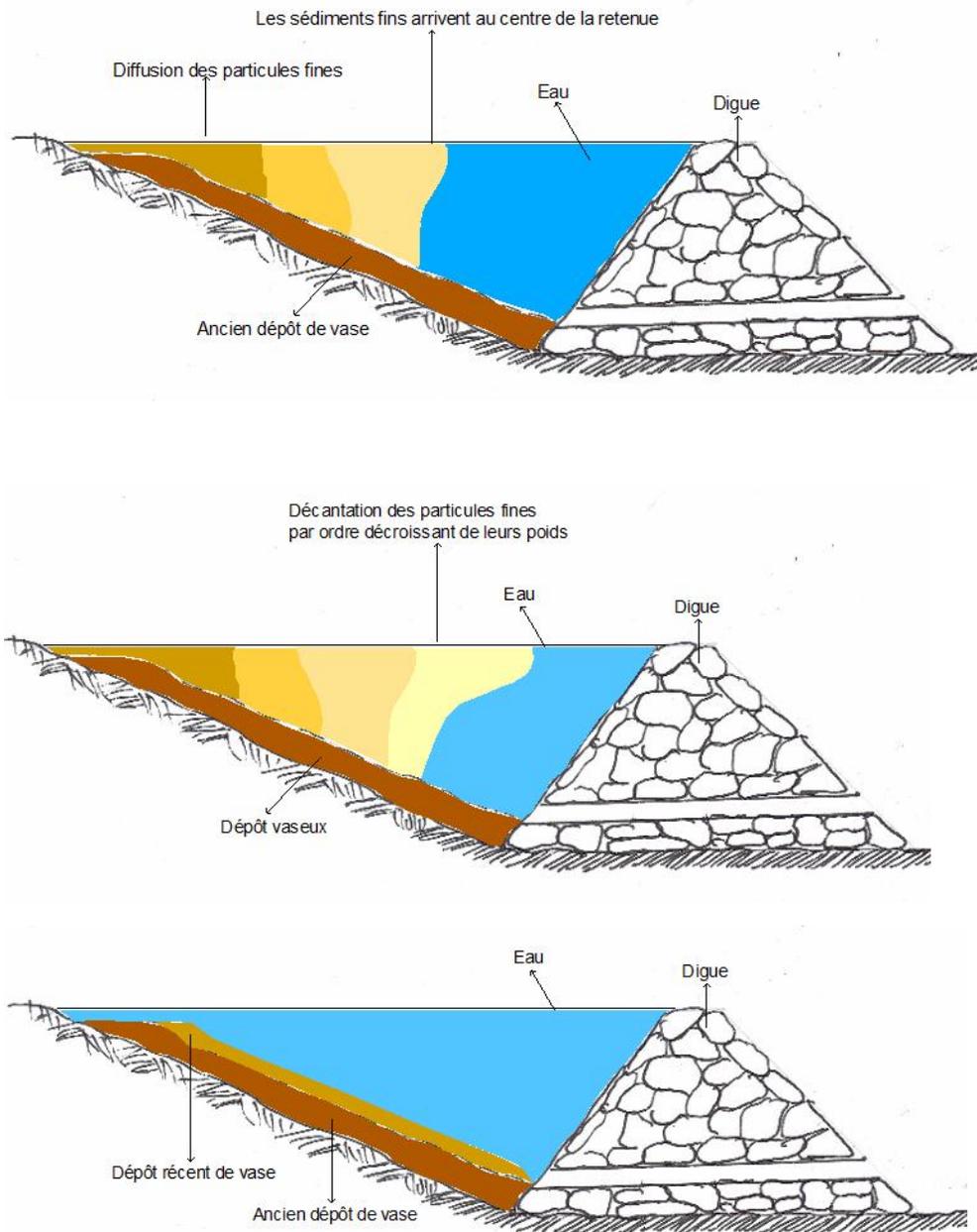


Figure 4-6 : Schéma probable de la présence des courants de densité dans les barrages de Djorf Torba et Fontaines des Gazelles.

C'est au moment des crues que les barrages des Fontaines de Gazelles et Djorf Torba s'ensavent. Effectivement les courants de densité qui n'arrivent pas à atteindre le pied du barrage s'évanouissent durant le trajet entre le point de plongée et la partie centrale de la retenue. Au cours de l'année un delta des sédiments se forme et avance de l'amont vers l'aval (fig. 4-7 et 4-8).

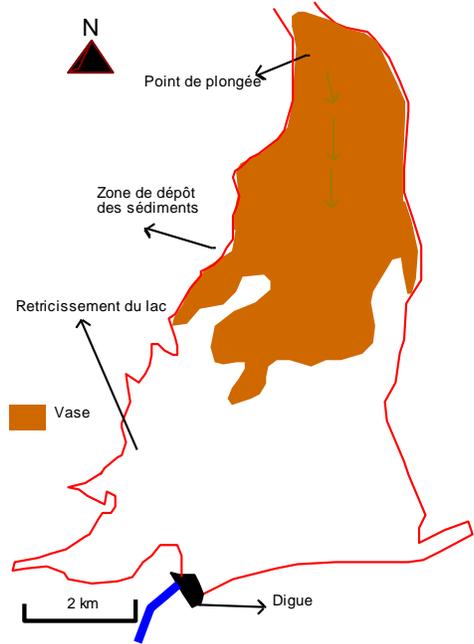


Figure 4-7 : Delta de vase dans la retenue du barrage Djorf Torba

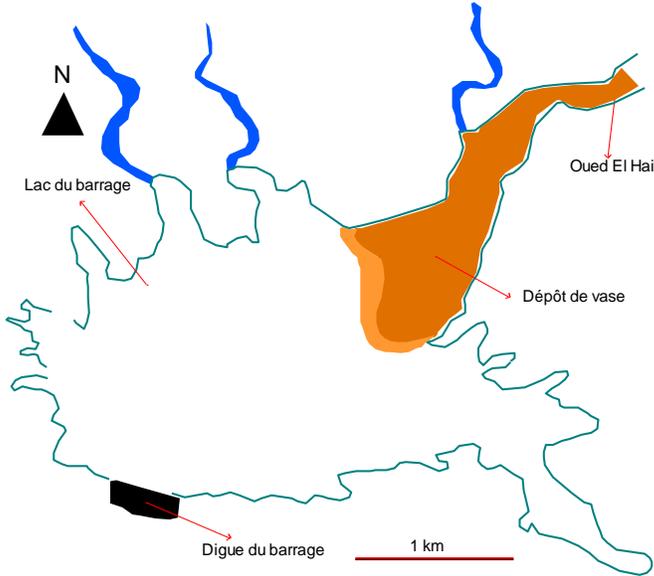


Figure 4-8 : Delta de vase dans la retenue du barrage Fontaines des Gazelles

Des fois, on rencontre des formes complexes des cuvettes comme c'est le cas du lac du barrage de Brezina. Dans ce cas, le courant de densité trouve énormément des difficultés pour atteindre le pied du barrage (fig. 4-9).



Figure 4-9 : Retenue du barrage de Brezina (Google Earth)

4.5. Evolution de l'envasement des barrages étudiés

4.5.1. Evolution de l'envasement dans le temps

Pour une étude prévisionnelle de l'envasement, il est intéressant d'établir des relations pour avoir une idée sur les dépôts vaseux dans le futur. Au vu d'un manque de levés bathymétrique effectués au niveau des barrages étudiés nous avons utilisé la loi prévisionnelle établit sur les barrages algériens. Sur la base de la vitesse de comblement des barrages étudiés évaluée précédemment et qui a montré que les 4 barrages du bassin hydrographique Sahara sont moyennement à fortement menacé par l'envasement, nous avons adopté la loi de Hallouche (2007) : $W_v/W_o(\%)=1.62 t^{0.87}$ pour combler le manque des levés. Les figures (4-10), (411) et (412) montrent l'évolution temporelle des dépôts vaseux dans les barrages : Djorf Torba, Fontaines des Gazelles et Brézina. L'évolution dans ce dernier barrage (Brézina) n'obéit pas à la loi de l'évolution temporelle. Les valeurs réelles des deux levés bathymétriques (2004 et 2019) sont nettement supérieures à la réalité des barrages Algériens. Ceci montre la gravité de l'envasement dans n ce dernier. Le barrage Brézina est considéré comme le barrage le plus menacé par l'envasement en Algérie et peut être même dans le monde.

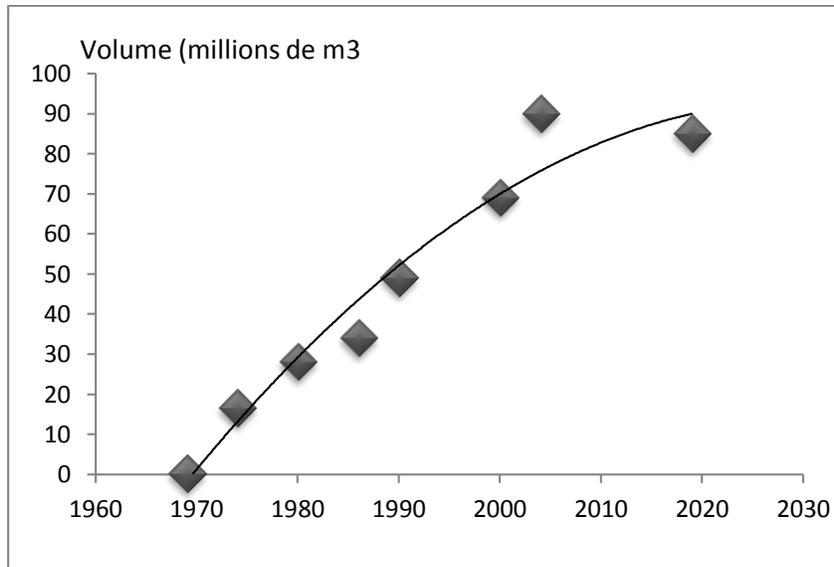


Figure 4-10 : Evolution de l'envasement du barrage Djorf Torba

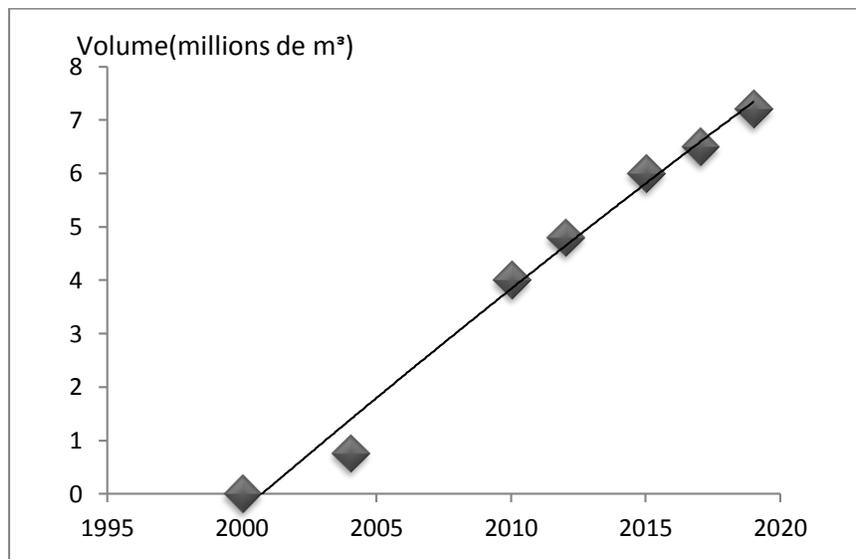


Figure 4-11 : Evolution de l'envasement du barrage Fontaines des Gazelles

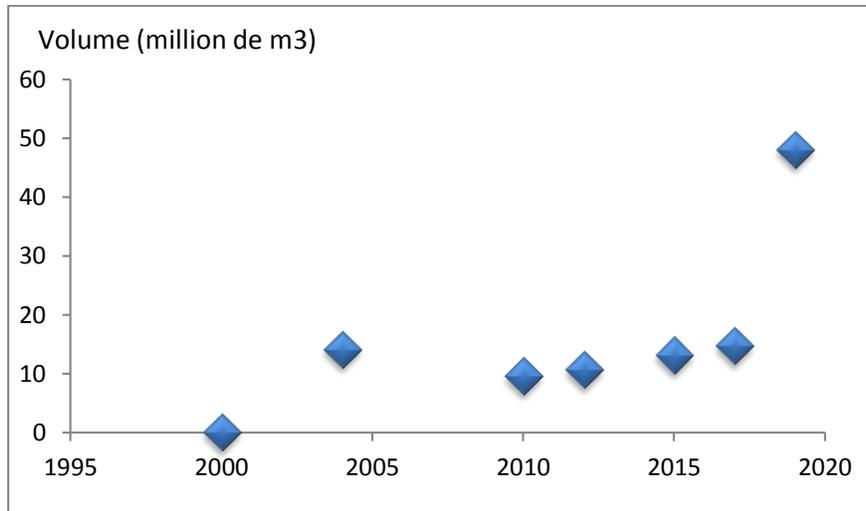


Figure 4-12 : Evolution de l'envasement du barrage de Brézina

4.5.2. Evolution suivant la hauteur d'eau

L'étude de l'évolution de la vase d'une retenue en fonction de la hauteur d'eau est faite selon le toit de la vase dans le fond d'un barrage quand le seuil atteint les vannes de fond, cette dernière influent automatiquement sur l'évolution de l'envasement.

La courbe (Fig.4-13) représente l'évolution de l'envasement en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue du barrage de Djorf torba

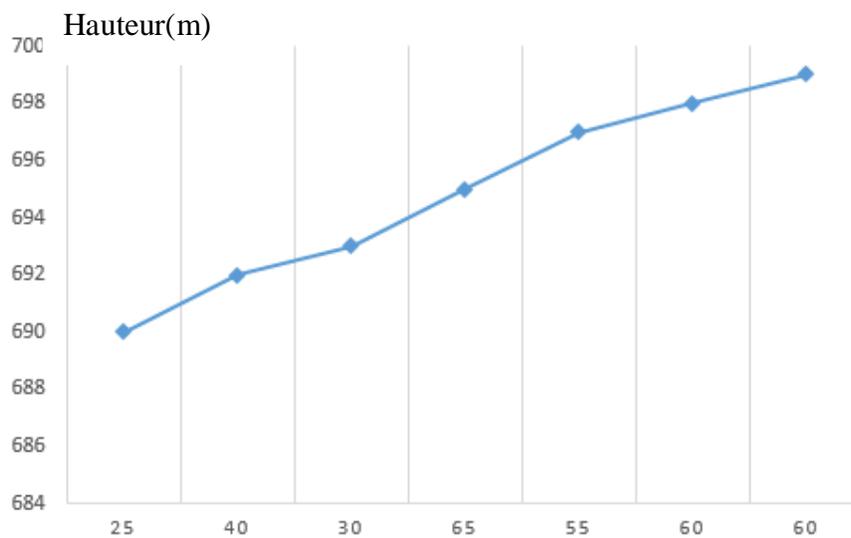


Figure 4-13 : évolution de l'envasement suivant la hauteur

4.6. Moyen de lutte contre l'envasement dans les barrages étudiés

- Barrage de Foug el gherza

- Evacuation par la vanne de fond

Dans cette retenue qui est menacée par le problème de la sédimentation, il est souhaitable d'utiliser la vanne de fond qui a été conçue spécialement pour la chasse annuelle des sédiments entrant dans la retenue. L'utilisation de cette moyenne dans le cas de barrage F.E.Gherza semble être la plus efficace. La capacité d'évacuation de la vanne de vidange de ce barrage est de 100 m³/s sous la retenue normale.

- Dévasement par dragage

Le barrage de Foug el gherza d'une capacité initiale de 47M de m³, il a été saturé en vase a plus de 65% de son volume initial jusqu'à l'année 2004 sa capacité était réduite à 14.89M m³.

Le dévasement par dragage a commencé en 2005 et a duré 24 mois pour évacuer 4 millions de m³ Malgré l'enregistrement de 2 millions de m³ d'apport de vase dans le barrage durant la période de dragage, nous pouvons juger que l'opération a été un succès. (REMINI & BENSALIA, 2016)



Figure 4-14 : La drague est au centre de la retenue du barrage de Foug El Gherza (cliché ANBT Biskra, 2006)

- Barrage de Djorf torba

- Evacuation par la vanne de fond

Le barrage de Djorf torba a été mise en exploitation en 1969 avait un volume initial de 350Hm³ et une capacité de 260,25 Hm³ en dernier levée en (2004), ou il a été dévasé par les vannes de vidange, 7 pertuis de vannes installés au droit des piles qui fractionnent le seuil déversant et supportent le pont routier la capacité d'évacuation de chacune et de 28m³/s.

- Barrage Fontaine des gazelles

- Evacuation par la vanne de fond

Le barrage de Fontaine Des Gazelle est fortement menacé par l'envasement par un taux de comblement allant jusqu'à 19,35%, une vanne de fond est installée en rive gauche dans la galerie de dérivation utiliser comme moyen de lutte contre l'envasement évacuer un volume de 21 m³/s

- Barrage Brézina

- Evacuation par la vanne de fond

Le barrage de Brézina est l'un des barrages les plus envasé dans la région aride de l'Algérie, 40% de son capacité est de vase Le moyen de dévasement adoptée régulièrement c'est uniquement l'évacuation par la vanne de fond qui se réalise dans le massif de la rive droite sur une longueur de 120 m et une section de 376.99 m² permettant d'évacuer un débit de 55 m³/s pour un barrage plein.

4.7. Durée de vie des barrages étudiée

Après l'évaluation des taux de comblement par la relation $\frac{Wv}{W_o}/T$ on peut donner une estimation sur la durée de vie d'un barrage, la formule suivante peut la calculé :

$$D = \frac{W_o}{\tau}$$

D : La durée de vie d'un barrage en (M m³/an)

W_o : La capacité initial d'un barrage en (M m³)

τ : Le taux d'envasement en (Mm³/an)

$$\tau = \frac{Wv}{T}$$

W_v : Volume de vase en (M m³)

- Cas de barrage Djorf torba

$$\tau = \frac{55}{18} = 3.06 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$D = \frac{350}{3.06} = 114.4 = 114 \text{ ans}$$

Le barrage de Djorf torba sera complètement envasé dans l'année 2100.

Les résultats sont donnés par le tableau 4-5.

Tableau 4-5 : durée de vie des barrages étudiés

Le barrage	W _v (Mm³)	T(an)	τ (Mm³/an)	D (an)
Djorf torba	55	18	3.06	114
Foum.E.Gherza	28	52	0.5	94
F.D.Gazelle	5	19	0.3	185
Brézina	69	17	4.05	30

Les valeurs calculées de la durée de vie sont variables.

Il convient de signaler que le barrage de Brézina à une durée de vie très courte, il est à aménager en priorité c'est-à-dire mettre au point un protocole d'exploitation bien particulier en vue de synchroniser l'ouverture des vidanges de fond et effectuer des chasses de sédiments, et rechercher d'éventuels courants de densité et surélévation.

4.8. Conclusion

Cette étude met en évidence l'importance de l'envasement des retenues des barrages en zone aride, la systématisation des levés bathymétriques est recommandée.

Pour réduire l'envasement des retenues des barrages, le soutirage par les vannes de fond et le dragage constitue un moyen efficace pour lutter contre ce phénomène.

Conclusion générale

Comme c'est connu que le phénomène de l'envasement des barrages est beaucoup plus important dans les régions arides à cause d'une forte érosion des sols des bassins versant et aussi le sapement des berges des oueds qui peut être spectaculaire en période de crue

Dans cette étude qui entraîne à l'objectif d'évaluation de l'envasement des barrages dans les régions arides de l'Algérie, l'évolution s'est faite dans le temps et suivant la hauteur de l'eau, les barrages étudiés sont destinés pour divers usages, et à cause de l'augmentation du volume de la vase leur capacité de stockage est diminuée.

La partie d'évolution est consacrée pour trouver les solutions pour prolonger la durée de vie des barrages en état d'alluvionnement afin de calculer les taux d'envasement et de comblement et faire un classement selon ces paramètres.

La représentation des graphiques montre le développement remarquable de la vase dépend la hauteur et par le temps, Le barrage de Djorf Torba est marqué comme le moins menacé par l'envasement par rapport aux autres barrages étudiés avec un taux de comblement de 0.8%, par contre le barrage de Brézina son état est catastrophique malgré sa mise en exploitation en 2002, son taux de comblement est de 2% et 40% de sa capacité initiale est envasée, et cela est dû à l'agressivité du bassin versant dans cette région.

En fin, une synthèse sera dégradée sur les moyens de lutte utilisés afin de mieux gérer et contrôler le processus de l'envasement.

La soutirage d'une retenue et le dragage sont des moyens qui permettent d'éliminer une grande quantité de vase, afin de gagner de capacité et prolonger la durée de vie d'un barrage de quelques années supplémentaires.

Bibliographie

(s.d.).

ANBT. (2018). *Fiche technique de barrage djorf torba*.

ANBT. (2018). *Fiche technique des barrages (djorf torba, Foum el gherza, fontaine des gazelles, Brézina)*.

AZZI, F. (2017). mémoire de master. *contribution à l'étude predictive de l'envasement et la durabilité du barrage du Ghrib*. Ecole nationale supérieure d'hydraulique ARBAOUI Abdellah.

BARRO, S. (1998). *Notes de cours sur la conservation des eaux et des sols*.

BENHMED, H. (2015). thèse de magister. *valorisation de sédiments d'envasement du barrage de kramis dans le domaine de génie civil*. oron, université des sciences et de la technologie d'aron Mohamed Boudiaf.

BERTRAND, R. (1993). *Etude des sols dans les paysages du haut bassin versant de Rbeira Seca*. Santiago, Cap vert. CIRAD. Montpellier.

BLOCK, B. (2013). *Land Degradation Worse Than Previously Reported*. Récupéré sur <http://www.worldwatch.org/node/5820Worldwatch>

BOUKLIKHA, Z., & BERRICHI, M. (2017). *Mémoire de master, Estimation de l'envasement d'un barrage par le modèle PISA. Cas du barrage de El Izdihar*.

CHARRETON, M. B., & REQUIER, M. (2006). *vivre en terre aride*.

CHATAIGNERE, A. (1998). *Estimation des phénomènes de transport solide*. nice.

CHAUVEAU, L. (2020). *Comment un paysage boisé se transforme en désert*.

DEGOUTTE, G. (2006). *Diagnostic, aménagement et gestion des rivières*. paris.

DEGOUTTE, G. (2008). *Transport solide en hydraulique fluvial*. Lyon France.

FAO. (1988). *Manuel des fixations des dunes*. Récupéré sur <http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f00.htm#Contents>

FAO. (1998). *Lutte contre l'ensablement: l'exemple de la Mauritanie*.

FERRY, B. (1992). *Part des transformations naturelles et provoquées dans la nappe de la craie du nord de la France, Thèse de doctorat en genie civil*.

FOX, D., & CARREGA, P. (2008). *La dégradation des sols dans le sol*. Université Nice sophia Antipolis, France.

GUILLOU, N., CHAPALAIN, G., & LEPRETRE, A. (2010). *nterpolation spatiale des distributions granulométriques des sédiments de fond*.

- HALIMA, B. (2015). thèse de magisteril. *valorisation de sédiments d'envasement du barrage de kramis dans le domaine de génie civil*. oran, université des science et de la technologie d'oron Mohamed Boudiad.
- HASSAN, H. E., CHARBEL, L., & TOUCHART, L. (2015). Cartographie des conditions de l'érosion hydrique des sols au Mont-Liban : exemple de la région d'El Aaqôra. 9, pp. 141-156. Récupéré sur <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4572>
- KABOR, A., MEKKAOUI, A., & CHEBBAH, L. (2016). *Le barrage de Djorf Torba (Béchar, Sud-Ouest Algérien), sous contraintes du climat, de l'environnement et de gestion* (Vol. 3).
- L'EAU, L. s. (2019, Avril 11). *Les impacts de l'érosion*. Récupéré sur Site web Eau France: <https://www.eaufrance.fr/les-impacts-de-lerosion#:~:text=Outre%20la%20d%C3%A9gradation%20de%20la,parfois%20m%C3%A0me%20C3%A0%20court%20terme>.
- NÁTHER, B. (2004). Problèmes concernant l'ensablement des retenues. 8p.
- NEBOIT, R. (1983). *l'homme et l'érosion* Faculté des Lettres et Sciences humaines de l'Université de Clermont-Ferrand.
- nICOLA. (s.d.).
- OUMRANI, N. (2009). Influence des sédiments sur la stabilité d'un barrage en exploitation cas du barrage cheufrass.
- PEIGNE, J., & LYON, I. (2013). *PROCESSUS ÉCOLOGIQUES supgaro*. (I. L. Joséphine PEIGNE, Éd.) Récupéré sur Site web supagro: [https://www.supagro.fr/ress-pepites/Opale/ProcessusEcologiques/co/Erosion.html#:~:text=Si%20de%20la%20terre%20est,\(source%20site%20internet%20UE\)](https://www.supagro.fr/ress-pepites/Opale/ProcessusEcologiques/co/Erosion.html#:~:text=Si%20de%20la%20terre%20est,(source%20site%20internet%20UE)).
- PROLHAC, N., & LANN, K. (2006). *Rapport final du schéma directeur de gestion et de valorisation des sédiments de dragage*. bassin d'arcachon.
- RASSI, W. (2004). *le transport solide:estimation et mesure*. Montpellier.
- REMINI, B. (2002). *la technique de soutirage en Algérie*. Université de Blida.
- REMINI, B. (2012). *valorisation de la vase des barrages quelque exemple algériens*. Université de Saad Dahled de Blida.
- REMINI, B. A. (1997). *livre de l'envasement des barrages*.
- REMINI, B. (s.d.). *L'envasement des barrages :quelque exemples algeriens*.
- REMINI, B., & BENSAFIA, D. (2016). *NVASEMENT DES BARRAGES DANS LES REGIONS ARIDES*. *Larhyss Journal*, 63-90.
- SELLIERS, J. d. (2006, juillet 28). *La désertification*. (J. d. Selliers, Éd.) Récupéré sur Greenfacts: <https://www.greenfacts.org/fr/desertification/apropos-desertification.htm#1B>

Chapitre 04 : Résultat et discussion

- TADRIST, N., DEBAUCHE, O., REMINI, B., XANTHOULIS, D., & DEGRÉ, A. (2016, août 31). *BASE*. doi:10.25518/1780-4507.13281
- TINLAND, J. M. (1992). conception actuelle des vidange de fond des barrage d'EDF. électricité de France service de la production hydraulique.
- VILLARD, N., SCHMITT, M., & TACNE, J.-M. (2014, juillet 8). journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur JNGG2014. *conception et retour d'expérience sur un barrage Cdale Innovant*.
- WREN, D., BENNETT, S., BARKDOLL, B., & KUHNLE, R. (s.d.). *The effect of spatial and temporal separation on suspended sediment concentration mesurment (résumé)*. Récupéré sur TEKTRAN Agricultural:
<http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000011/24/0000112493.html>