



N°Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila

Institut des Sciences et de Technologie Département de sciences et Technique

Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme LICENCE ACADEMIQUE En Hydraulique

Spécialité :Sciences Hydrauliques

Thème :

Problématique de l'envasement dans les barrages

Préparé par :

Bendjeddou Messaouda
Guedrez Nadia
Hellal Amel

Dirigé par :

M^{me} : Allia.Z

Année Universitaire :2014/2015



Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier m^{me} Allia Zineb nos directrice de mémoire, pour tout le soutien, l'aide, l'orientation ainsi que pour ses précieux conseils et ses encouragements lors de la réalisation de nos mémoire.

Nous remercions tous les professionnels et toutes les personnes qui, de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Enfin, nous remercions nos amis et camarades de promotion pour ces trois années passées ensemble, dans les meilleurs moments comme dans les pires

Merci

Table Des Matières

Pages

Introduction générale.....	1
Chapitre 01 Généralité sur les barrages.....	2
1.1 Définition.....	3
1.2 Types des barrages.....	3
Chapitre 02 Problématique de l'envasement des barrages....	9
Introduction.....	10
2.1 Définition.....	11
2.2 Définition de la vase	11
2.2.1 Qu'est-ce qu'une vase ?.....	11
2.2.2 La définition proposée par Migniot.....	12
2.2.3 Composition des vases.....	12
2.2.3.1 Structure physico-chimique des vases.....	12
2.2.3.2 Rhéologie des vases.....	13
2.3 Causes et Origine de L'envasement.....	14
2.4 Transport solide	15
2.5 Les modèles d'estimation de l'envasement.....	15
2.5.1 Comment évaluer le volume de l'envasement?.....	15
2.5.2 Bathymétrie par nivellement	15
2.5.3 Bathymétries par sondeurs: «Echosondeur bathymétrique».....	17
2.6 L'envasement dans le Monde	18
2.7 Les Moyens de lutte contre l'envasement	18
2.7.1 La conservation des sols	18
2.7.2 Le soutirage des courants de densité.....	20
2.7.3 la surélévation des digues	20
2.7.4 Extraction par siphonnement.....	20
2.7.5 le dragage des barrages.....	21
2.7.5.1 Qu'est ce qu'une opération de dragage ?.....	21
2.7.5.2 Histoire de dragage.....	22
2.7.5.3 La nécessité des opérations de dragage.....	23
2.7.5.4 Les types de dragages.....	24
2.7.5.5 Les Techniques De Dragage Disponibles.....	24
2.7.5.5.1 Les dragages mécaniques.....	24
2.7.5.5.2 Les dragages hydrauliques.....	24
2.7.5.5.3 Les dragages à l'américaine.....	25
Conclusion général.....	27
Listes des figures.....	28
Listes des tableaux.....	29

Introduction Générale

L'envasement dans les barrages réservoirs est l'un des principaux problèmes que rencontrent de nombreux barrages 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, exploités à des fins diverses comme l'approvisionnement en eau, la production d'énergie hydroélectrique et le contrôle des inondations.

D'autre part, un taux moyen de 0,5 à 1 % de leur capacité de stockage est perdu chaque année en raison de la sédimentation. Afin de compenser cette réduction, entre 300 et 400 grands barrages doivent être construits chaque année. Donc les méthodes de traitement appropriées sont fortement suggérées de traiter ce problème tout en accordant une attention particulière au problème.

Ce travail présente la problématique de l'envasement des barrages et la difficulté posée par les sédiments rejetés lors des opérations de dragage.

Chapitre **01**

Généralité sur les barrages

1/Définition

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau ou à la dériver.

Les techniques de la fin du XIX e et du début du XX e siècle ne permettaient pas l'édification de retenues de grande capacité. Les premiers barrages ont surtout une fonction de dérivation d'une partie de l'eau (écrémage) vers une conduite forcée ou un canal d'irrigation.

L'amélioration des techniques et des bétons dans le premier quart du XX e siècle permet d'envisager la réalisation de retenues plus conséquentes, capables de réguler la production hydro-électrique.

La géologie (nature des roches sur lesquelles sera édifié le barrage, agrégats extraits sur place) et la topographie (largeur de la vallée), commande le type de barrage utilisé.

2/Types des barrages

☞ Les barrages poids

Bissorte inaugure l'ère des grandes retenues d'altitude. Selon la technique la plus classique à cette époque, on élève une digue-poids de 545 m de long, de 63 m de haut, et de 46 m de large à la base. Les barrages poids classiques ont une section en triangle rectangle.

Comme on n'était pas certain de la tenue des bétons à cette altitude, le barrage a été recouvert d'un parement de pierres taillées.



Figure(1.1) : Barrage de Bissorte



Figure (1.2) : Barrage poids à contreforts de Plan d'Amont (Aussois).

☞ **Les barrages voûtes**

Le barrage est constitué d'un mur en béton armé arqué. La poussée de l'eau est reportée sur les flancs de la vallée. Le barrage a parfois une double courbure verticale et horizontale. Le barrage de Tignes a longtemps constitué un record de barrage voûte de 180 m de haut.



Figure (1.3) :Barrage-voûte de Tignes



Figure (1.4) : Barrage de Tignes (côté aval).



Figure (1.5) : Barrage à doubles voûtes de Plan d'Aval

Un petit éperon rocheux en milieu de vallée a permis de réaliser deux voûtes.

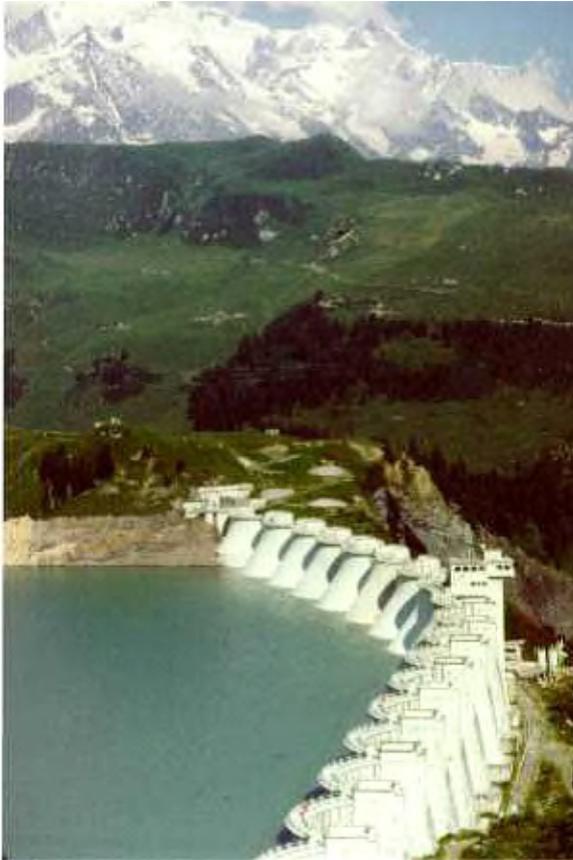


Figure (1.6) : Barrage de La Girotte

Les roches des deux rebords du verrou suspendu n'ayant pas la même solidité, un ouvrage très spécifique a été conçu : 18 voûtes de 35 m de haut, accolées, face convexe et tronconique côté lac, afin que le poids de l'eau concoure à l'ancrage de l'ouvrage long de 510 m.

☞ **Les barrages mixtes**

Le barrage de Roselend est sans doute le plus bel exemple de barrage mixte. Une gorge étroite et profonde, aux versants dissymétriques a nécessité l'utilisation d'une technique originale.



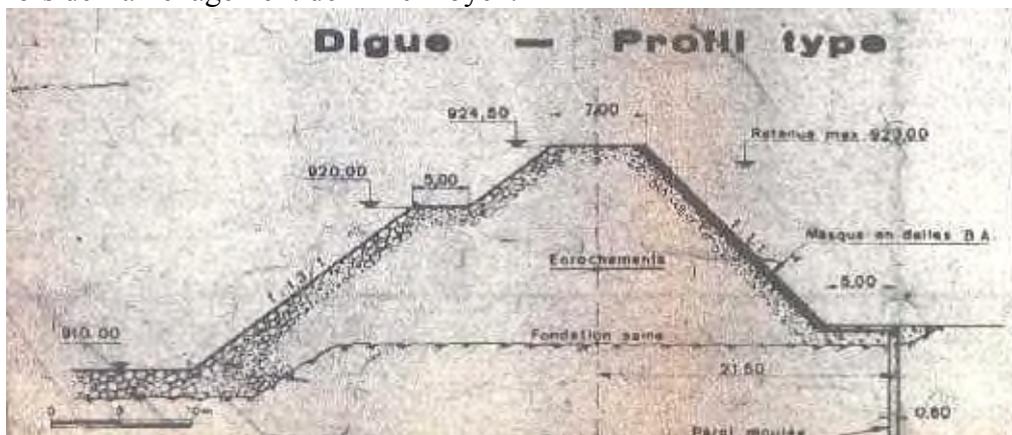
Figure (1.7) : Barrage de Roselend

☞ Les barrages en remblai

Il s'agit d'ouvrages de grand volume dont la construction a été rendue possible par l'emploi des engins modernes de terrassement et de manutention.

Dans certains ouvrages, l'étanchéité est assurée par un masque amont en béton ou par un noyau béton.

Cette technique a également été utilisée pour la construction de retenues de moyenne capacité lors de l'aménagement de l'Arc moyen.



Figure(1.8) : Barrage du Pont des Chèvres (remblai, enrochements et masque en dalles béton-armé)



Figure (1.9) : Barrage du Mont-Cenis.

La digue (terre et enrochements) d'un volume de 15 millions de m³ est de l'ordre de celle de Serre-Ponçon. Le barrage a une largeur de 460 m à la base et de 12 m en crête, pour une longueur de 1400 m. Il couvre une surface de 41,5 hectares.

Chapitre 02

*Problématique de l'envasement des
barrages*

Introduction

Le présent chapitre donne un aperçu traitant le phénomène d'envasement des Barrages, ces causes, ces conséquences ainsi que les techniques modernes de lutte contre ce phénomène. Ce problème d'envasement causé essentiellement aux forts taux d'érosion des bassins versants dont les particules solides sont drainées directement par des cours d'eau, elles se déposent au fond de la retenue. Les conséquences de cette forte sédimentation sont extrêmement gênantes. En Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées d'Afrique du Nord. Les éléments de quantification concernant les taux et les concentrations d'érosion spécifique, issus des travaux de Demmak, Heusch (1982) donnent des chiffres allant de 20 à 500 tonnes/km²/an avec une turbidité comprise entre 16 et 28 g/l . Ce phénomène entraîne l'envasement rapide de nombreuses retenues d'eau. Les barrages réservoirs s'ensavent et perdent de la capacité utile et le rejet de la vase dans les cours d'eau pose d'énormes problèmes écologiques et environnementales voir figure(2.1) et (2.2).



Figure (2.1): Envasement du barrage de BAKHADDA TIARET (2008)



Figure(2.2): Importance de l'envasement des barrages Algériens

A cet effet l'envasement pose d'énormes problèmes à savoir :

- **La réduction de la capacité** : chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue.
- **La sécurité de l'ouvrage** : l'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.

Obturation des organes de vidange : un autre danger présenté parL'envasement est celui du non fonctionnement des organes de vidange de fond.

- **Envasement des canaux d'irrigation** : 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 ceci pose le problème de comblement du réseau des canaux d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage.

- **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.

1/Définition

L'envasement est défini comme étant le dépôt de sédiments dans lesretenues et barrages, réduisant ainsi leurs capacités de stockage.

La construction d'un barrage change les caractéristiques hydrauliques del'écoulement et la capacité de transport des sédiments (Chow,1964), transportée par l'écoulement, la matière solide tend a se déposer à l'approche des plans d'eau, car en réduisant sa vitesse, l'écoulement perd petit à petit sa capacité de transport quand le cour d'eau s'approche et se jette dans le lac du réservoir, les particules grossières se déposent en premier ensuite les plus fines jusqu'à atteindre la digue, n' ayant pas où s'échapper le dépôt se tasse et se consolide en réduisant ainsi la capacité de stockage du réservoir, sachant qu'en moyenne 90% des sédiments transportés par le cour d'eau sont piégés.

2 Définition de la vase

2-1 Qu'est-ce qu'une vase ?

Le nom de vase (mot emprunté au Néerlandais) est la désignation d'une large

famille de sédiments fins, argileux, plus ou moins organiques, pouvant atteindre des teneurs en eau importantes. Elles contiennent une phase minérale dont la granulométrie s'étend des sables, aux argiles et aux colloïdes, une phase organique et une phase liquide. La vase peut se présenter aussi bien à l'état de suspension (crème de vase) que de sol cohérent (sédiment cohésif) présentant alors un caractère plastique, compressible et thixotropique. Elle contient souvent l'habitat d'une faune riche et diversifiée (vers, mollusques, bactéries). Les vases sont des sols contenant plus de 90% de particules inférieures à 0,2mm, la matière organique M.O est comprise entre 2 et 10%. Elles sont composées de sable, limon, argile et de colloïdes organiques. Elles sont en particulier très abondantes dans les estuaires. Elles sont fréquemment thixotropes. La Figure (2.1) donne un exemple de passage de remblai de l'autoroute A10 sur une épaisseur importante de la vase.

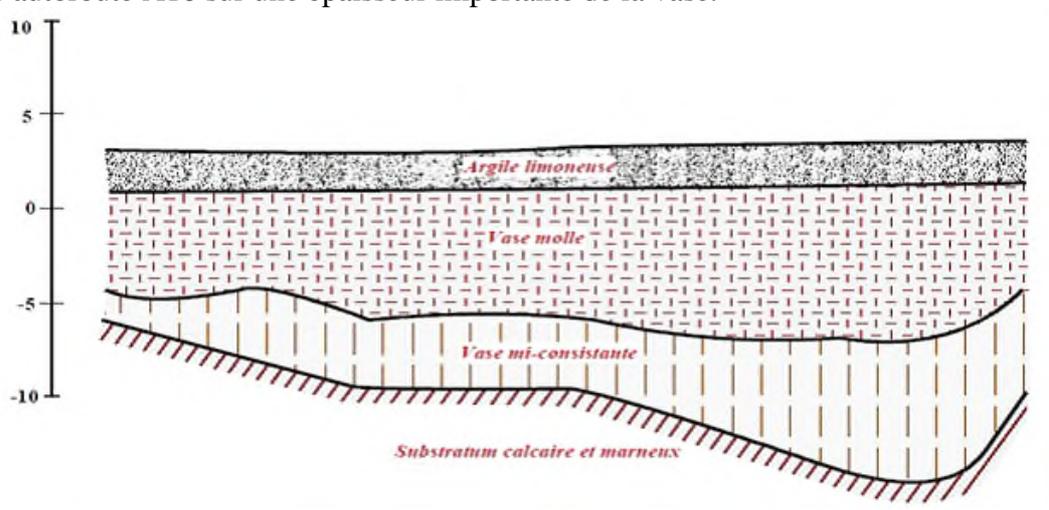


Figure (2.3): Traversée de la vallée de la Charente par l'autoroute A10

2-2 La définition proposée par Migniot

«Les vases sont des sédiments complexes qui couvrent une gamme étendue de particules inférieures à 40 microns mais peuvent contenir une quantité notable d'éléments sableux». Les différentes classes de sédiments interviennent rarement seules.

On définit alors différents faciès lithologiques qui varient encore avec les auteurs et les pays.

Dénomination	Caractéristiques
Sable	Plus de 80% d'éléments supérieurs à 50µm
Sable vaseux	De 20à 80% d'éléments supérieurs à 50µm
Vase	Plus de 80% d'éléments inférieurs à 50µm

Tableau (2.1): Les plus simples définitions des faciès d'après Allen

2-3 Composition des vases

2-3-1 Structure physico-chimique des vases

Les sédiments se composent d'une fraction solide et d'une fraction liquide (eau) qui est intimement liées les unes aux autres. Les proportions respectives de chacune de ces fractions sont variables d'un milieu à un autre mais demeurent dans une fourchette, qui par expérience, peut être estimée si l'on considère des matériaux de type vases.

IL y a quatre éléments principaux constitués Les vases :

1. La matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates).

2. La fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite).
3. la fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acide fulvique et humiques).
4. Une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

La distribution granulométrique d'un sédiment constitue son empreinte physique, elle caractérise la taille des particules, constituant la phase solide du matériau. Pour l'obtenir, il est procédé à un tamisage mécanique. En dessous d'une taille de 20 µm, il est nécessaire de recourir à des mesures au laser, qui utilisent le principe de la diffraction de la lumière cohérente sur un écoulement d'une suspension très diluée de fines. Il est communément considéré que les «Vases» correspondent à la fraction inférieure à 63 µm.

Le schéma ci-dessous retrace les grands ensembles de la composition des sédiments portuaires vis-à-vis notamment de leur siccité ou de leur granulométrie. Figure (2.4).

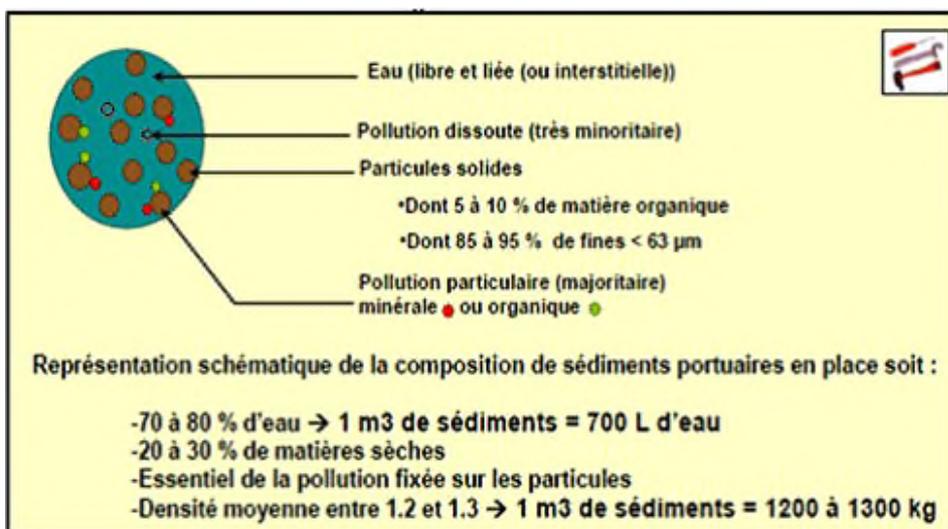


Figure (2.4): Schéma de la composition simplifiée des sédiments portuaires

2-3-2 Rhéologie des vases

L'étude rhéologique des vases permet de déterminer des paramètres importants pour préciser leur comportement sédimentaire sous une action hydrodynamique. L'un des paramètres définissant le mieux de caractère liquide, plastique ou solide, d'une vase, est la rigidité initiale. Les vases à l'état liquide se comportent en écoulement laminaire comme des fluides dont les paramètres sont indépendants du temps de cisaillement. On peut utiliser les modèles rhéologiques à un, à deux ou à trois paramètres.

La loi d'écoulement s'écrit $\tau = F(G)$

τ : est la contrainte de cisaillement

G: la vitesse de déformation.

Les vases et d'autres mixtures homogènes sol/eau (argile-eau, silts-eau) sont composées d'eau et de grains de sol dont les dimensions moyennes sont comprises entre environ 1 et 80 µm. Elles se comportent comme un ensemble si la concentration est élevée, et ayant dans ce cas des propriétés des corps viscoplastiques.

Elles peuvent être transportées en régime laminaire, transitoire et turbulent. Par contre les mixtures hétérogènes contenant des particules grosses dont les dimensions moyennes sont supérieures à environ 80µm. sable/eau, galet/eau, se comportent comme des systèmes biphasique et ne peuvent en général être transportées qu'en régime turbulent. Le cisaillement

rhéologique ne dépendant pas du temps, leur comportement est influencé surtout par la concentration moyenne (C_v).

C_v : la concentration moyenne

G : vitesse de déformation

τ : est la contrainte de cisaillement.

3/ Causes et Origine de L'envasement

L'envasement est un phénomène dont la dynamique est régulière et homogène.

Les dépôts s'effectuent de façon linéaire le plus souvent homogène sur le fond des retenues. Cet envasement des retenues et des estuaires est lié directement aux phénomènes de l'érosion ou les processus de ce phénomène ont des définitions diverses, suivant les auteurs. Nous avons retenu la définition qui combine l'arrachement (creusement de la surface du sol, dégradation et altération des roches), le transport et le dépôt de matériaux

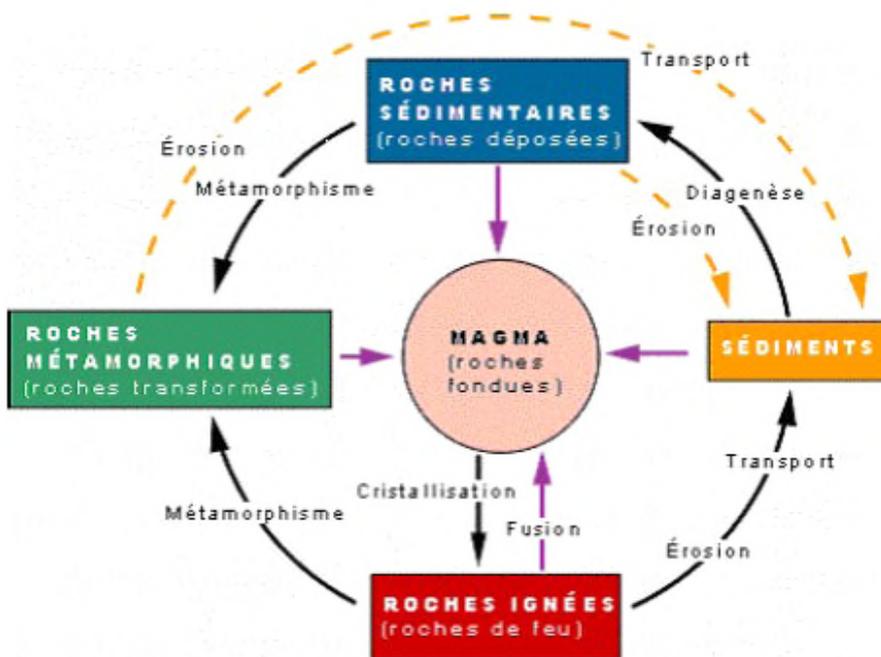


Figure (2.5): Processus sédimentaires

L'origine de l'envasement se trouve dans le dépôt de particules solides, minérales et organiques sur le lit du cours d'eau. Elles sont transportées, par charriage, en suspension ou par ruissellement, pour se déposer dès que le débit du cours d'eau faible.

L'érosion, le transport de matériaux et la sédimentation constituent les trois termes de l'évolution géodynamique de la croûte terrestre conduisant à une pénéplanisation des reliefs montagneux sur l'ensemble du globe. Les agents de l'érosion qui sont principalement la pluie, le ruissellement et le vent, ainsi que des facteurs qui vont conditionner les quantités de particules arrachées: caractéristiques des pluies, des sols, de la végétation, de la topographie et enfin les activités humaines.

La définition de l'érosion suivant la trilogie «creusement, transport et accumulation des matériaux» conduit à imaginer un système fluvial idéal comprenant 3 zones:

1. La zone 1 : correspond à la zone de production des matériaux (amont).
2. La zone 2: est celle des transferts des matériaux arrachés en zone 1 (cours d'eau).

3. La zone 3 : couvre les sites des dépôts de ces matériaux (retenues et estuaires).

Il ressort dans les processus de l'érosion que l'eau en est le principal agent moteur.

Elle est la cause première de l'altération des roches qui donnent des particules, du détachement et de l'arrachement des agrégats. L'énergie cinétique développée par le ruissellement permet l'enlèvement des agrégats détachés, le creusement du sol et le transport des matériaux qui sont déposés où accumulés progressivement avec la dissipation de cette énergie.

4/Transport solide

Le processus d'érosion, entraînement, transport, dépôt de sédiments est très complexe ; le détachement des particules dans le processus d'érosion se produit suite à l'énergie cinétique de l'impact de la goutte de pluie, ou les forces générées par l'écoulement de l'eau, dès que la particule se détache elle est entraînée et transportée, ce transport dépend des dimensions et du poids de la particule, aussi des forces exercées par l'écoulement sur la particule.

Modes de Transport :

Le transport solide total de sédiments est l'ensemble du transport des particules qui passent dans une section du cours d'eau, les sédiments sont transportés par plusieurs modes :

a- Charriage :

Si les particules restent en contact étroit avec le fond, elles se déplacent en glissant, roulant ou sautant. Ce mode concerne les particules relativement grandes.

b- En Suspension :

Les particules restent occasionnellement en contact avec le fond, elles se déplacent par bonds et restent souvent entourées d'eau. Cela concerne les particules relativement fines.

c- Suspension intrinsèque :

Si les particules ne sont jamais en contact avec le fond, elles se déplacent en étant emportées par l'écoulement. Ceci concerne les particules très fines.

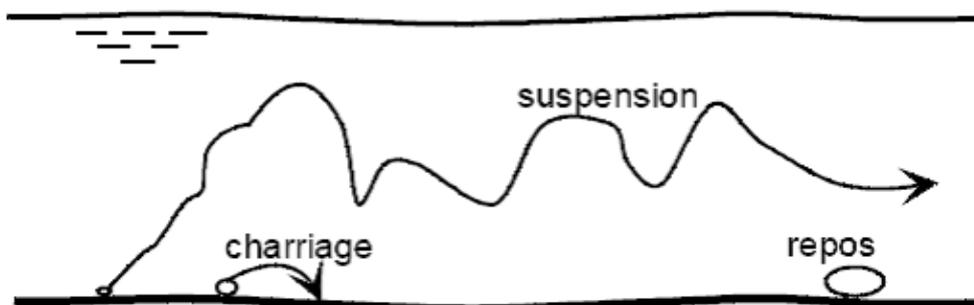


Figure (2,6) : Schémas des modes de transport solide.

5/ Les modèles d'estimation de l'envasement

5-1 Comment évaluer le volume de l'envasement?

L'accumulation des sédiments véhiculés par les eaux pluviales et venantes se déposent dans la cuvette des barrages, constitue une préoccupation essentielle pour les méthodes d'évaluation du volume des vases. On distingue deux méthodes de mesure

5-2 Bathymétrie par nivellement

Cette méthode présente l'avantage de tenir compte de toute la hauteur de sédiments et est intéressante à mettre en œuvre dans les projets où le toit du substrat n'est pas connu. Il ya

plusieurs méthodes utilisées pour le levé bathymétrie par nivellement, on prend quelques exemples :

a. La première méthode de bathymétrie par nivellement est réalisée à l'aide d'un instrument de mesure gradué, à partir du bord et préférentiellement à partir d'une embarcation si les conditions le permettent.

Elle permet soit de mesurer simplement la hauteur totale de vase par enfouissement, soit de mesurer la hauteur d'eau avant et après les travaux, une résistance plus soutenue permet d'apprécier le haut du substrat. Les mesures sont composées de profils en travers qui pour être représentatifs, doivent être judicieusement localisés et dénombrés. La définition du volume extrait ou à retirer est établie par extrapolation entre deux profils à partir du produit entre la section envasée et la distance (Figure 2.7).

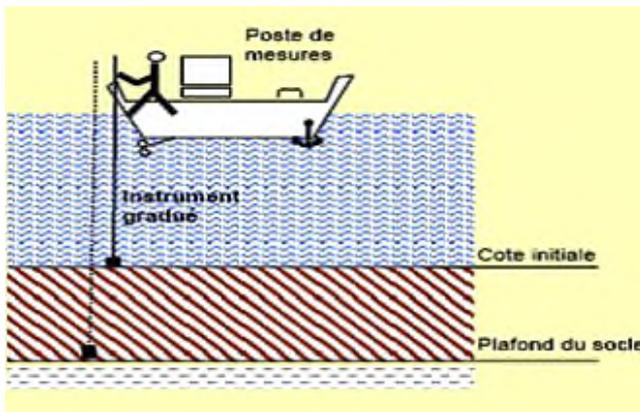


Figure (2.7): schématisation de la bathymétrie par nivellement

b. la seconde méthode de nivellement est à l'aide d'une mire sur une embarcation et d'une lunette de visée ou d'un tachéomètre (lunette de visée laser), la hauteur d'eau, le niveau supérieur de la couche de vase et le fond dur sont obtenus (figure 2.8). Le relèvement s'effectue point par point selon un profil transversal au cours d'eau. Le nombre de points sera forcément fonction de la largeur du cours d'eau. La carte globale se fait alors par extrapolation des profils transversaux. Il est nécessaire de prendre en compte la cote de l'eau, d'avoir un positionnement précis des profils pour tenir compte des particularités du terrain. Le nivellement n'est généralement pas précis et admet une erreur de 20 %. Le volume de sédiments se fait ensuite par extrapolation entre deux profils.

$$V = S \times L$$

V : volume de sédiments en mètres cubes.

S : section envasée en mètres carrés.

L : distance entre deux points de mesure en mètre.



Figure(2.8): Estimation de l'envasement par la méthode de nivellement (Tachéomètre).

5-3 Bathymétries par sondeurs: «Echosondeur bathymétrique»

Le dernier appareil à mesurer la profondeur par échosondeur, une véritable révolution dans la mesure de l'eau profonde. Cette sonde de l'écho, le type moderne a été inventé pour la première fois dans les années de la Première Guerre mondiale. Les mesures bathymétriques permettent de suivre l'évolution du volume des sédiments accumulés.

Bathymétrie par sondeurs (Figure 2.9) Le volume des sédiments est calculé par informatique avec, comme hypothèse de départ, la cote du projet à atteindre. Deux approches pour estimer (t, θ) : Mesure de l'instant d'arrivée à angle fixé, mesure de l'angle en fonction du temps d'arrivée.

A l'aide des nouvelles technologies de sondeurs, cette technique peut-être utilisable dans une hauteur d'eau restreinte. Cette technique s'applique à partir de sondeurs mono ou multi-faisceau.

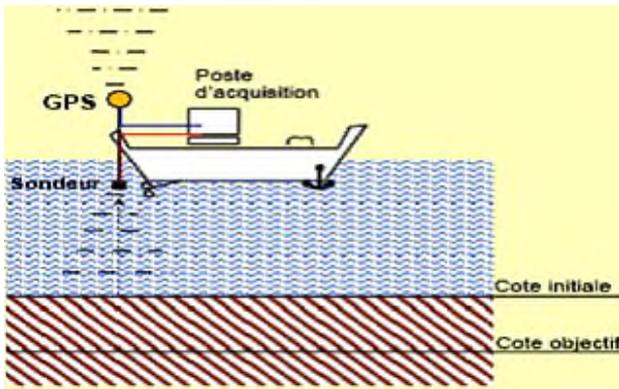


Figure (2.9): Schématisation de la bathymétrie par échosondeur

Les moyens d'utiliser pour les levés Bathymétriques par échosondeurs:

- une embarcation pneumatique semi rigide.
- une station de référence.
- un sonar avec une fréquence de 200khz.
- un GPS portable avec un récepteur GPS RTK 6502.
- un PC portable avec le logiciel DTM 2000.
- une barre d'étalonnage.

Au début du travail, l'hydrographe étalonne l'échosondeur par la barre d'étalonnage à différentes profondeurs. Il valide ainsi la profondeur du transducteur et la vitesse de propagation des signaux ultrasonores dans l'eau du barrage. La distance entre profils est choisie en fonction du terrain par le logiciel de guidage DTM 2000. Le long d'un profil, les données sont émises en continu mais l'enregistrement se fait toutes les deux (2) secondes. La

direction des profils, généralement perpendiculaire aux rives, est choisie par l'hydrographe qui calcule le cap et navigue à cap constant. Durant le levé, il arrive de constater des formes de fond particulières sur les profils (des hauts fonds ou des fosses). Dans ce cas on procède à un balayage plus serré. Après le traitement des données par des logiciels, l'hydrographe peut établir les plans bathymétriques.

6/L'envasement dans le Monde

Dans de nombreux pays du monde, le transport de sédiments dans les réseaux hydrographiques des bassins versants et leurs dépôts dans les retenues pose aux exploitants de barrages des problèmes dont la résolution ne peut qu'être onéreuse, non seulement la capacité utile est progressivement réduite, mais encore l'enlèvement de la vase est une opération délicate et difficile.

Le problème d'envasement des barrages n'est pas un problème propre à l'Algérie, beaucoup de pays dans le monde souffrent du problème surtout dans les zones arides et semi-arides, où le manque de ressources hydrique est accentué par l'érosion des sols qui peut atteindre les 5000 t/km²/an contre 30 à 50 t/km²/an en Europe.

En Australie Chanson (1998) a cité quelques exemples de petits barrages, comme celui de Moore Creek, où deux averses ont pu transporter 85000 m³ de vase, et le barrage a été complètement ensasé au bout de 26 ans de service, même chose pour le Korrumbyn Creek Dam, qui a été complètement ensasé au bout de 20 ans de service.

En Afrique du Sud la moyenne d'envasement pour 170 barrages d'un volume allant de 0,5 à 5000 Hm³ est de 0,35%, ce qui engendre une perte de capacité de 105 Hm³ par an ce qui correspond à une perte économique de 21,2 Millions de Dollars.

Pour les USA, vu l'immensité du pays elle diffère d'une région à une autre avec une moyenne de 0,23%, sauf qu'elle varie de 0,07 à Prattsville jusqu'à 5% à Bennington qui enregistre une érosion record de 5311 tonnes/mi²/an.

Le Maghreb est considéré comme le plus touché par le problème d'érosion et d'envasement en Afrique, surtout si on se réfère aux travaux de Walling (1984) qui a lancé une fourchette de l'érosion spécifique de 1000 à 5000 t/km²/an. Les trois pays du Maghreb disposent de 230 barrages d'une capacité totale de 23 Milliards de m³ dont 61% reviennent au Maroc, 23 % à l'Algérie et 16% à la Tunisie, ces barrages enregistrent une perte annuelle de capacité de 125 Hm³.

7/ Les Moyens de lutte contre l'envasement

La lutte contre l'envasement des barrages en Algérie doit revêtir une dimension nationale tant les enjeux sont énormes. Tous les spécialistes s'accordent à dire que les pays du Maghreb, d'ici à 2025, connaîtront des problèmes aigus d'eau. Autant, dès maintenant, penser à une stratégie globale de préservation de nos barrages contre ce grave problème de l'envasement, beaucoup d'efforts ont été déployés par les services de l'hydraulique dans la lutte contre l'envasement, plusieurs solutions sont proposées:

7-1 La conservation des sols

Comme moyen de minimiser la pénétration de matériaux solides dans une retenue, deux méthodes de conservation des sols utilisées pour freiner l'érosion :

A. L'implantation de structures anti-érosion.

B. L'aménagement des bassins versants et des cours d'eau.

Il s'agit de l'aménagement des bassins versants par la réalisation de la correction torrentielle des thalwegs, et l'aménagement de cours d'eau : en créant des ouvrages de correction dans la gorge du torrent, ouvrages qui arrêteront les matériaux et diminueront la pente, qui sont des aménagements déterminants, réduisant l'érosion à sa source

Ci-après la figure(2.10) fournis quelques exemples de seuils de sédimentation en gabions et en pierres sèches réalisés dans le bassin versant du barrage BAKHADDA en vue de réduire la torrencialité du réseau hydrographique par la réalisation d'un nombre déterminé de ces ouvrages sur le même affluent.



Figure(2.10) : Seuils de sédimentation en Gabions et en pierres sèches réalisées dans le bassin Versant du barrage BAKHADDA

Si le bassin versant en question n'est pas très grand, les effets de la conservation des sols se feront sentir très rapidement. D'après certaines expériences réalisées aux ETATS-UNIS, on peut réduire l'érosion des sols de jusqu'à 95 % en employant, exclusivement les méthodes traditionnelles de culture . Dans le cadre de la protection des bassins, un programme spécial a été lancé par les services des forêts. Il s'agirait de traiter une superficie de 1,5 millions d'hectares d'ici l'an 2010 dans le territoire national. Les coûts sont évalués à environ 16 milliards de DA.

B-1. Le reboisement, restauration des sols, confection de banquettes, plantation des cultures suivant les courbes de niveau et fixation des berges des oueds « Le revêtement des berges pour réduire leur érosion».

D'après les services de l'AEP au ministère des Ressources en eau, le reboisement, c'est une action préventive. Vingt-sept bassins versants sont concernés par les opérations de reboisement pour protéger les barrages face à l'érosion. Comme le bassin versant des Issers (barrage de Beni Amrane) qui fait 3700 km² ou celui de Béni Haroun, 7200 km². Il y a également, ajoute-t-il, la nature du sol pour déterminer les espèces d'arbres à planter. Pour 2010, il est prévu de consacrer un budget de 18 milliards de DA à ces opérations.

B-2. La réalisation des barrages de décantation à l'amont : On peut construire plusieurs types de structures dans le bassin. par exemple, des bassins de rétention conçus soit pour retenir les matériaux solides définitivement pendant la durée de vie de l'ouvrage, soit pour stocker les matériaux solides provenant du ruissellement créé par un certain nombre d'orages entre des vidanges périodiques. L'exemple en Algérie, c'est le cas du barrage de BOUGHEZOUL situé a la ville de MEDEA qui est exploité partiellement comme bassin de décantation du barrage de Ghrib, Il réduit l'envasement de Ghrib de près de 24 %.

B-3. La réalisation des barrages de chasses : Le barrage de chasse transforme les faibles débits, en provenance de l'oued en ondes à grand débit au moyen des vannes de fond qui

provoquent d'un courant de densité. Le rendement des opérations de soutirage peut être augmenté par la création d'ondes de crues artificielles provenant d'un barrage de chasse réalisé à l'amont du barrage à protéger. (Les spécialistes déconseillent le recours à ce procédé (chasse) dans les pays arides et semi-arides suite au temps important de remplissage de l'ouvrage.)

La Méthode utilisée pendant les premières crues pour les barrages de moindre importance (tel que barrage du barrage Hamiz, Beni Amrane, K'sob, ...). Cette méthode est efficace quand elle est possible. Elle consiste à vider complètement le barrage au début de l'automne et à le laisser vide, toutes vannes ouvertes, jusqu'aux premières pluies. La première crue enlève sans difficulté les vases de l'année non encore consolidées.

7-2 Le soutirage des courants de densité

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. Les opérations de chasses et le soutirage des courants de densité doivent être maîtrisés afin d'arriver à évacuer le maximum de vase avec un minimum d'eau. En Algérie, D'après Remini, La technique du soutirage peut être un moyen efficace de lutte contre l'envasement des retenues de barrages en Algérie compte tenu de son faible coût et surtout de la présence des courants de densité dans l'ensemble des retenues. Son rendement peut atteindre 70 % des apports solides totaux entrants dans la retenue, c'est à dire que la durée de vie de l'ouvrage sera augmentée d'un tiers. Le barrage d'IghilEmda est parmi les premiers au monde à avoir été équipé d'un dispositif installé spécialement pour le soutirage des sédiments. La durée de vie de ce barrage est ainsi multipliée par trois.

7-3 la surélévation des digues

La surélévation constitue l'une des techniques qui permettent de prolonger la vie d'un barrage. 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 encourageante.

En Algérie, neuf barrages ont été surélevés. Toutes les opérations de surélévation en Algérie ont permis de récupérer jusqu'en 2007 une capacité de 100 millions de m³. Cette technique a été réalisée sur le barrage BAKHADDA, Certes, cette réserve supplémentaire créée par la surélévation a augmenté la durée de vie de ces ouvrages, mais l'évolution de l'envasement dans le temps croit beaucoup plus rapidement qu'à l'état initial (sans surélévation).

7-4 Extraction par siphonnement

La méthode d'évacuation des sédiments par un siphon à un barrage a été envisagée pour la première fois par Jandin, au siècle dernier, L'ingénieur Jandin a développé et utilisé cette méthode entre 1892 et 1894, pour évacuer des sédiments avec un siphon à travers le barrage de Djidiowia en Algérie. 1,4 x 10⁶ m³ de limons et d'argile ont été évacués en trois ans.

L'appareil de Jandin se composait d'un tuyau flexible d'un diamètre de 61 cm, avec une capacité d'évacuation de 1,53 m³/s dans des conditions normales d'opération. A partir d'une ouverture dans le bas du barrage, il était relié à des pontons flottants en tôle, ce qui permettait de déplacer le tuyau dans la retenue dans un rayon d'environ 1.6 km. Une turbine installée près de l'embouchure du tuyau, et actionnée par l'écoulement dans le tuyau, était reliée à un appareil à roues coupantes près de la prise d'eau du tuyau, qui était conçu pour remuer les sédiments. Hannover (1974) a développé une nouvelle méthode basée sur le principe de "l'hydro aspirateur" proposé par Jandin 80 ans auparavant (Figure 2.11). Un tuyau flexible est relié à la vidange de fond. Le tuyau est amovible afin de créer une charge pour évacuer les

sédiments. Il n'y a pas besoin de pompe. Le tuyau peut avoir une longueur de plus de 2 km, et il est attaché à des flotteurs afin de rester au-dessus de la surface de la vase.

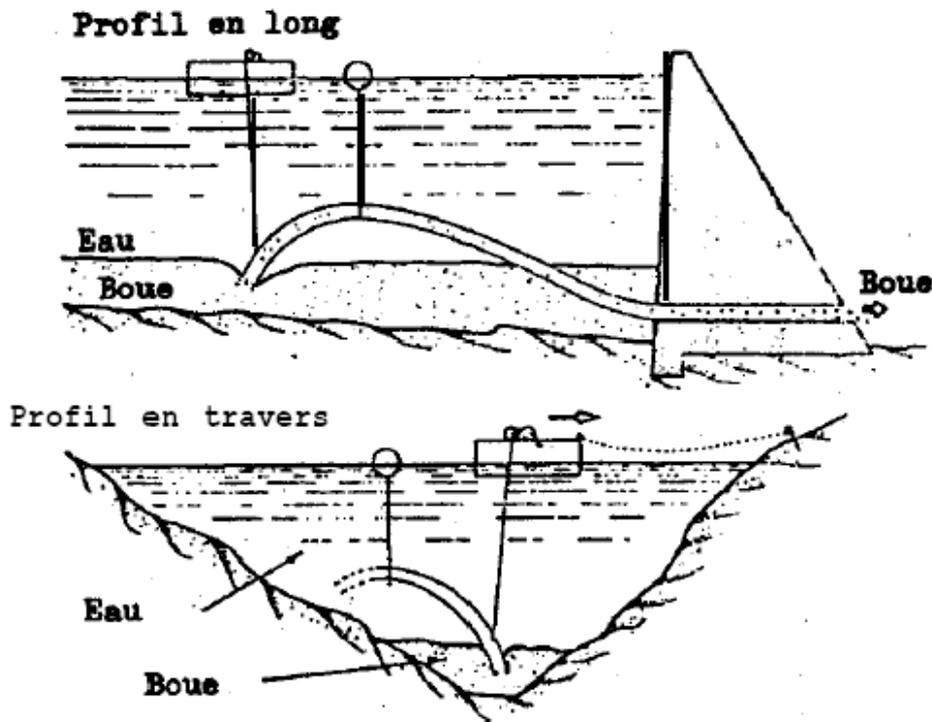


Figure (2.11): Représente de façon schématique la disposition de "l'hydro aspirateur".

7-5 le dragage des barrages

7-5-1 Qu'est ce qu'une opération de dragage ?

Le dragage est une opération ayant pour objet le prélèvement de matériaux, notamment boues, limons, sables et graviers, au fond d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau à l'aide de moyens mécanique, hydraulique ou pneumatique dans un but d'aménagement ou d'entretien, c'est-à-dire tous travaux nécessaires pour rétablir un cours d'eau dans sa largeur et sa profondeur naturelle. Cela exclut un approfondissement ou un élargissement du lit.

D'après Musa 1981 «dans sa thèse» : définit les dragages comme étant «desterrassements effectués sous l'eau avec des engins flottants au moyen de procédé mécanique ou par aspiration» en fait, les procédés peuvent être mécanique, hydrauliques ou pneumatiques. Cette définition correspond assez bien à l'idée que l'on se fait aujourd'hui du dragage dans notre environnement très industrialisé. Le dragage peut également être défini de façon générale comme l'ensemble des actions caractérisées par un prélèvement de matière par excavation sous l'eau par un déversement de ces produits dans la veine de l'eau, coté aval de la retenue ou sur le rivage.

L'opération de dragage peut se décomposer en plusieurs étapes : Etudes préalables et caractérisation des sédiments, choix de la filière de destination, extraction des boues, transport des matériaux de dragage, et traitement, mais selon certains auteurs, la récupération d'une capacité de stockage par dragage est une opération très coûteuse qui n'est pas économique pour les grandes retenues. La première drague utilisée en Algérie en 1957 est la drague refouleuse «Lucien Dumay». Depuis les années 2000, plus de 20 millions de m³ de vase ont été extraits de nos barrages.

Un nombre important de barrages ont été récupérés par la technique de dragage et leur durée de vie se trouvent prolonger de plusieurs années

7-5-2 Histoire de dragage

D'après Gower G.L (1968) les premières techniques de dragage ont été développées au néolithique par les communautés vivant dans les vallées du Nil, de l'Euphrate, du Tigre et de l'Indus. Ces civilisations ont en effet développé des techniques pour récupérer les terres fertiles des estrans et irriguer les terres arides potentiellement fertiles par des réseaux de canaux. Ces techniques sont à l'origine de l'essor des premières civilisations agricoles. Plusieurs références historiques relatent la réalisation de travaux hydrauliques durant les quatre premiers millénaires avant Jésus-Christ en Mésopotamie et en Egypte. Les Sumériens qui vivaient dans les marais du sud de la Mésopotamie (4000 ans av J.C) ont construit un réseau dense de canaux pour lutter contre les crues. Cette époque connaît également en Egypte, la réalisation du premier canal reliant le Nil et la mer Rouge sous le règne de Darius d'après Linssen et Oostrebaan, ce canal a donné lieu à des travaux exécutés sous l'eau qui correspondent bien à une activité de dragage. Ces premières formes de dragage ont été menées à bien à l'aide d'outils simples certainement inspirés des équipements utilisés pour manier l'eau, des méthodes sophistiquées existaient en Orient bien avant l'époque romaine. Le dispositif, mu par la force humaine ou animale est constitué d'une chaîne tournante équipée de palettes qui entraînent l'eau dans une sorte de toboggan placé sous la chaîne (Figure 2.12).

Cette technique toujours utilisée de nos jours notamment au Cambodge. Le moulin à vase utilisé en Hollande au XVI^e siècle après J.C fonctionne sur le même principe.

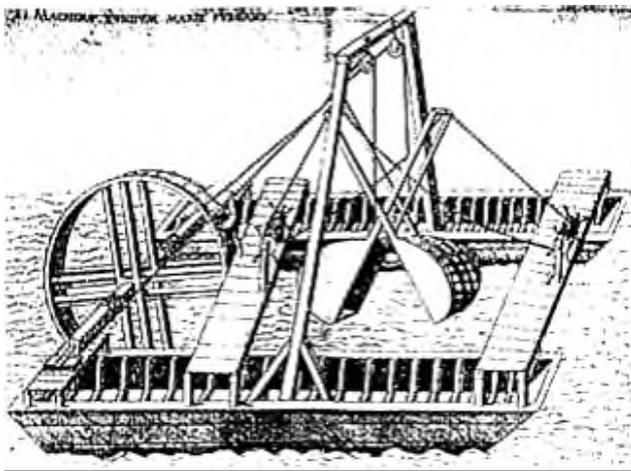
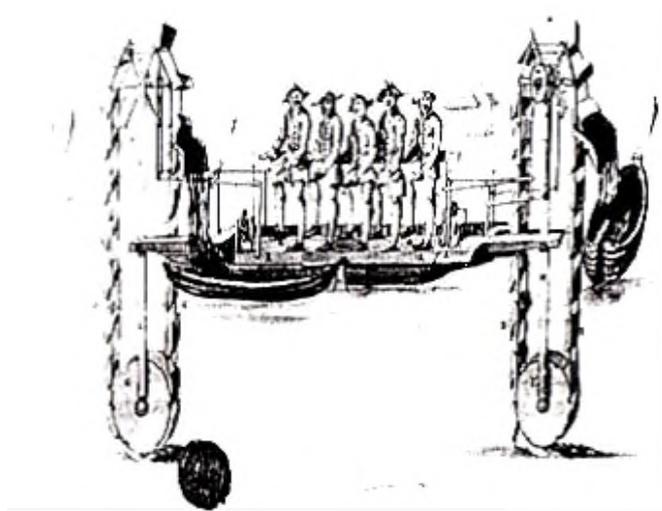


Figure (2.12): Dragage à benne de verantius 1595



Figure(2.13): Drague à godets de F.X d'Arles deligniere 1760

L'occupation de l'Espagne par les arabes du VIIIe au XIe siècle permit d'importants transferts de connaissances de l'orient à l'occident .les auteurs évoquent notamment :

- L'invention de la benne à l'origine des dragues à benne actuelles Figure (2.13)
- la maîtrise de l'énergie du vent pour propulser les bateaux et faire fonctionner des moulins à l'eau.
- la roue à eau.

La première drague autonome utilisant le principe de l'agitation est utilisée en 1435 après J.C pour nettoyer le port de Middleburgh en Nouvelle Zélande, IL s'agit du «Krabbelaar» navire à voile équipé de herses réglables.

C'est aux Etats-Unis que se développent dans un premier temps les dragages dits hydrauliques utilisant les pompes centrifuges. La première drague aspiratrice équipée d'un puits à déblais, la «général Moultrie » est utilisée pour draguer le port de charleston en 1855, après cette date, le technique de dragage est progressée par des moyens utilisant la vapeur et l'hélice qui sont devenues des méthodes sophistiquées.

Le XXe siècle fait à son tour progresser les techniques de dragage, le moteur à vapeur est remplacé par le moteur diesel. Les commandes électriques et pneumatiques se généralisent. L'électronique et informatique s'installent à bord des unités afin d'améliorer les rendements et la précision des travaux.

7-5-3 La nécessité des opérations de dragage

Les facteurs qui poussent à envisager le dragage sont liés soit à des considérations hydrauliques, soit à l'entretien et à la restauration du milieu. Le dragage peut avoir les objectifs suivants :

- Procéder à des travaux d'excavation sous l'eau dans les retenues des barrages
- «la récupération de la capacité de stockage». ? Extraire les sédiments immergés tel que sable, gravier, argile, les métaux précieux et les agents fertilisants.
- La navigation gênée ou rendue impossible par l'envasement : Entretien et approfondir les voies navigables.
- nettoyer des fonds pollués.
- Améliorer ou maintenir la capacité de débit des cours d'eau en augmentant les profondeurs naturelles.

7-5-4 Les types de dragages

On distingue trois types de dragages qui diffèrent selon la nature des sédiments à draguer et le type de travail à réaliser :

- Entretien : sont des opérations répétitives, visant à extraire les sédiments déposés qui gênent la navigation
- Aménagements sont des opérations d'aménager et créer des canaux, des bassins de plaisance et autres voies navigables
- l'approfondissement : sont commencés lorsqu'il devient nécessaire d'adapter le seuil de navigation et prolonger la durée de vie des barrages, les travaux nécessitent de déplacer d'importants volumes de sédiments et demandent des moyens de dragages importants.

7-5-5 Les Techniques De Dragage Disponibles

Différentes techniques de dragage ont été développées. Il est courant de classer les équipements de dragage selon leur principe général de fonctionnement. Trois catégories peuvent être recensées

7-5-5-1 Les dragages mécaniques

Ils s'effectuent grâce à des engins à godet qui opèrent soit depuis les berges (pelle mécanique), soit depuis la surface (pelle sur ponton, drague à godets...etc.). L'extraction de sédiments pollués se fait actuellement majoritairement par cette méthode (Figure 2.14).

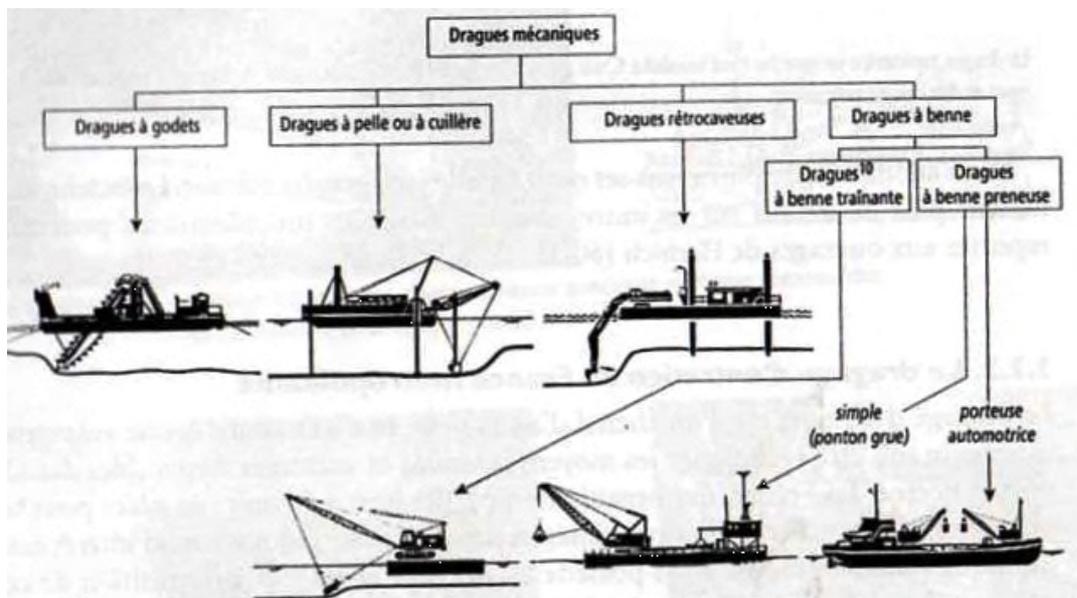


Figure (2.14): Récapitulatif des différents types de dragues mécaniques

7-5-5-2 Les dragages hydrauliques

Ils réalisent par des dragues désagrégatrices et aspiratrices (Figure 2.15). Les matériaux sont désagrégés par jets d'eau sous pression ou par rotation d'un outil et mis en suspension pour être aspirés et évacués par des pompes vers les points de stockage. Par exemple la technique aspiratrice utilise des pompes centrifuges, aspirant à travers un tube d'élinde, muni d'un embout, appelé bec d'élinde, un mélange eau sédiments. Elles aspirent et refoulent donc les sédiments sous forme de boues liquides dont la teneur en eau varie autour de 85 %. Vis-à-vis des volumes extraits : l'une des principales différences entre les dragages

mécaniques et hydrauliques est constituée par les volumes extraits et les dilutions des sédiments en place. Dans les faits, alors que les engins mécaniques ne remanient que faiblement le sédiment (foisonnement 10 %), les dragages par aspiration impliquent une dilution par 3 à 10 volumes d'eau pour un volume de sédiment en place. Schématiquement, les proportions draguées se présentent sous la forme suivante (Figure 2.16).

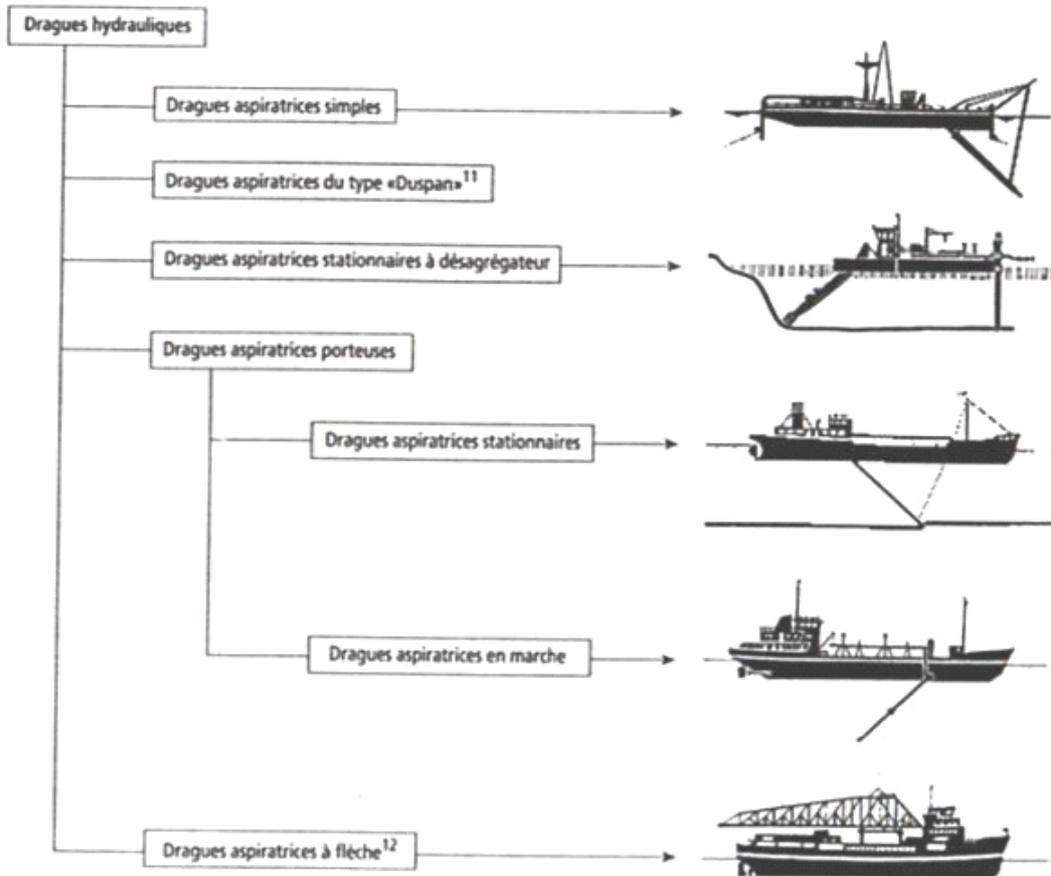


Figure (2.15): Les dragues hydrauliques.

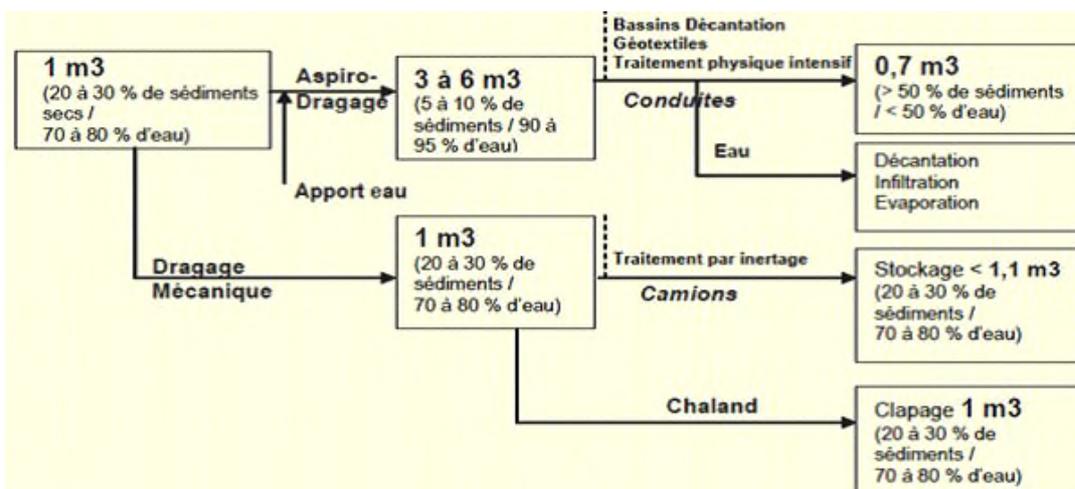


Figure (2.16): Représentation des volumes extraits selon la technique de dragage utilisé.

7-5-5-3 Les dragages à l'américaine

C'est une technique particulière qui consiste à provoquer la remise en suspension des sédiments au moyen d'une hélice ou d'air comprimé dans les cours d'eau ou chenaux à fort

courant. Les sédiments sont repris dans le flux et se redéposent le plus souvent en aval. Dans certains cas, une conduite de refoulement peut assurer le transfert des sédiments à plusieurs kilomètres du lieu de dragage. Le dragage à l'américaine consiste à rejeter en continu dans la veine d'eau les matériaux dragués afin d'utiliser le courant naturel pour évacuer les produits. Elle se pratique pour des fleuves et rivières à fort débit.

Conclusion générale

L'envasement est un phénomène naturel très complexe qu'il faut étudier de l'amont à l'aval du barrage, il est devenu actuellement une réelle menace pour l'infrastructure hydraulique, tant au niveau de la réduction rapide de la capacité utile du barrage qu'à celui de la sécurité de l'ouvrage lui-même. En Algérie la durée de vie d'un barrage est calculée en fonction du taux d'envasement. La plupart des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année à cause de phénomène de l'envasement, Ils sont dans une situation critique, leur exploitation reste en dessous de leur capacité réelle.

Nous avons traité dans notre travail le problème de l'envasement ainsi que les solutions proposées dans le monde pour lutter contre ce phénomène naturel. Souhaitant que notre recherche bibliographique aide les futures étudiants pour faire des recherches approfondis dans ce sujet.

Listes des figures

Figure(1.1) : Barrage de Bissorte.

Figure (1.2) : Barrage poids à contreforts de Plan d'Amont (Aussois).

Figure (1.3) :Barrage-voûte de Tignes

Figure (1.4) : Barrage de Tignes (côté aval).

Figure (1.5) : Barrage à doubles voûtes de Plan d'Aval

Figure (1.6) : Barrage de La Girotte

Figure (1.7) : Barrage de Roselend

Figure(1.8) : Barrage du Pont des Chèvres (remblai, enrochements et masque en dalles béton-armé)

Figure (1.9) : Barrage du Mont-Cenis.

Figure (2.1): Envasement du barrage de BAKHADDA TIARET (2008)

Figure(2.2): Importance de l'envasement des barrages Algériens

Figure (2.3): Traversée de la vallée de la Charente par l'autoroute A10

Figure (2.4): Schéma de la composition simplifiée des sédiments portuaires

Figure (2.5): Processus sédimentaires

Figure (2.6) : Schémas des modes de transport solide.

Figure (2.7): schématisation de la bathymétrie par nivellement

Figure(2.8): Estimation de l'envasement par la méthode de nivellement (Tachéomètre).

Figure (2.9): Schématisation de la bathymétrie par échosondeur

Figure(2.10) : Seuils de sédimentation en Gabions et en pierres sèches réalisées dans le bassin Versant du barrage BAKHADDA

Figure (2.11): Représente de façon schématique la disposition de "l'hydro aspirateur".

Figure (2.12): Drague à benne de verantius 1595

Figure(2.13): Drague à godets de F.X d'Arles de ligniere 1760

Figure (2.14): Récapitulatif des différents types de dragues mécaniques

Figure (2.15): Les dragues hydrauliques.

Figure (2.16): Représentation des volumes extraits selon la technique de dragage utilisé.

Listes des tableaux

Tableau (1): Les plus simples définitions des faciès d'après Allen

Référence

[1] fr.wikipedia.org/wiki/Barrage

[2] <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/289/1/ETUDE-ET-VALORISATION-DES-SEDIMENTS-DE-DRAGAGE-DU-BARRAGE-BAKHADDA-TIARET.pdf>

[3] Mémoire de Magister en Hydraulique 2011 titre : Etude des processus des transports solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrages

[4] www.barrages-cfbr.eu/Les-differents-types-de-barrages.htm

[5] www.industrie.gouv.fr