

I.1 Introduction :

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.[24]

Notamment dans les pays du bassin méditerranéen, au grave problème d'envasement.

Ce phénomène est l'une des conséquences du changement climatique qui se traduit par une pluviosité irrégulière et une sécheresse durant une grande partie de l'année. Les pluies, durant les saisons humides, arrivent souvent sous forme d'averses de courtes durées drainant de grands volumes d'eau et entraînant l'érosion rapide des bassins versants. Ainsi, les barrages de retenue s'ensavent et perdent rapidement leurs fonctions initiales et se transforment beaucoup plus en réceptacles de vase que d'eau. Ce phénomène, a pris énormément d'ampleur notamment au sud et à l'est de la méditerranée. En effet, le potentiel hydraulique de ces régions chute sans cesse au cours du temps. .[22]

Les processus de l'érosion 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. 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.[21]

En Algérie, le phénomène de l'envasement touche l'ensemble des barrages. Plus de 32.10^6 m^3 de vase se déposent chaque année au fond des retenues. Le barrage de Bouhanifia n'a pas échappé à ce problème, puisque il est ensavé actuellement à plus de 60% de sa capacité initiale.[25]

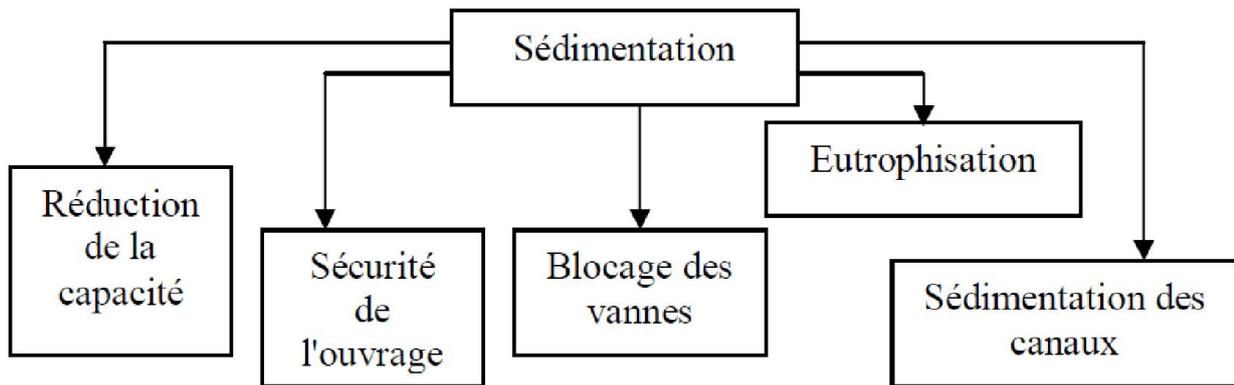


Figure I.1 : Problèmes posés par la sédimentation [26]

I.2 Caractérisation des sédiments des barrages :

I.2.1 Définition des sédiments :

Les sédiments sont définis comme "un ensemble constitué par la réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport" appelés communément vases, Dans le dictionnaire de géologie.[23].

Les sédiments sont des matériaux solides particuliers qui véhiculés par l'eau, finissent par décanter sur le fond. Ils proviennent de l'érosion du bassin versant, des berges, du ruissellement sur les surfaces imperméabilisées et des rejets de toute nature. Ils sont constitués de particules de différentes tailles selon s'il s'agit de limons, de sables, de graviers, ou de galets. 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 (figure I.1), les éléments décantent et sédimentent, provoquant l'envasement du cours d'eau. Les sédiments peuvent être d'origines naturelles ou anthropiques.[24]

La définition de l'érosion suivant la trilogie « creusement, transport et accumulation des matériaux » conduit à imaginer un système fluvial idéal comprenant 3 zones (Figure I.2), (Olivry J.C., 1991):

- La zone 1 correspond à la zone de production des matériaux (amont).
- La zone 2 est celle des transferts des matériaux arrachés en zone 1 (cours d'eau),
- La zone 3 couvre les sites des dépôts de ces matériaux (retenues et estuaires). [21]

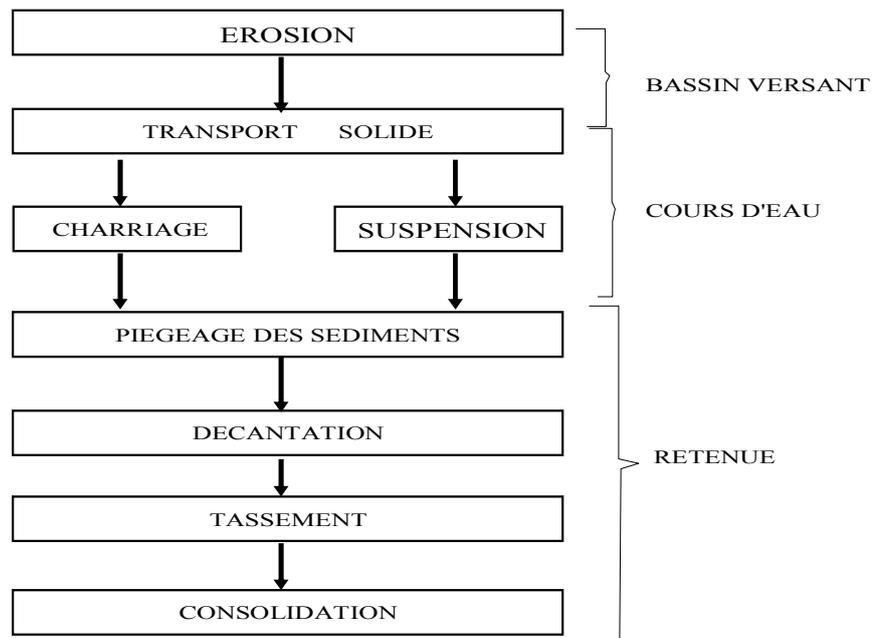


Figure I.2 : Processus de la sédimentation [28]

I.2.2 Origine et nature des sédiments :

Les sédiments sont des dépôts qui proviennent de l'altération et de la désagrégation roche préexistantes. Ces dépôts sont ensuite transportés par les cours d'eau et/ou par le vent, pour finalement déposer dans des bassins de sédimentation. Les particules solides que constituent les dépôts de sédiments peuvent être d'origine naturelle ou anthropique. [27]

I.2.2.1 Origines naturelle :

Peuvent être endogène (constituées principalement de matière organiques provenant des organismes aquatiques : plantes aquatiques, cadavres de microphytes et d'animaux) ou exogène (particules minérales provenant de l'érosion du bassin versant ou de l'érosion éolienne des sols ces particules exogènes peuvent être minérales ou organiques). Celles ci sont issues du ruissellement des fleuves, des effluents ou de l'atmosphère

I.2.2.2 Origines anthropiques :

Peuvent être minérales ou organiques (apports de matière en suspension, de matières organiques, de nutriments ou de micropolluants en raison des rejets agricoles, industriels et domestiques). Le lieu où se déposent les particules et leur taille dépendent principalement de la force du courant et de l'environnement géologique. [24]



Photo I.1 Le transport des sédiments [29]

I.2.3 Composition structurale des sédiments :

La composition des sédiments est variée. Elle dépend de la constitution des éléments de nature minérale, de l'eau et des matières organiques ainsi que leurs influences sur les propriétés géotechniques du sédiment.. Les blocs, les cailloux, les graviers et les sables sont des sédiments terrigènes c'est-à-dire, issus de l'érosion des sols, (Tableau I.1) leur nature chimique dépend principalement des terrains érodés. Ils sont classés en fonction de leurs tailles, on distingue ainsi : les argiles et les limons. [Tran N Thanh 2009]. [24]

Tableau I.1 : Classement granulométrique des sédiments [27]

Taille	Dénomination
Supérieur à 20 cm	Blocs
De 2 cm à 20 cm	Galets et cailloux
De 2mm à 2 cm	Graviers
De 63 μ m à 2mm	Sables (grossiers et fins)
De 2 μ m à 63 μ m	Limons (ou silt)
Inférieur à 2 μ m	Vases, boues argileuses

Les différentes classes de sédiments interviennent rarement seules. On définit alors différents faciès lithologiques qui varient encore avec les auteurs et les pays. Le tableau I.2 donne les plus simples définitions d'après Allen. [31]

Tableau I.2 : Définition des faciès [21]

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

-Le sédiment peut être classé en tenant compte de sa texture (voir figure I.3) :

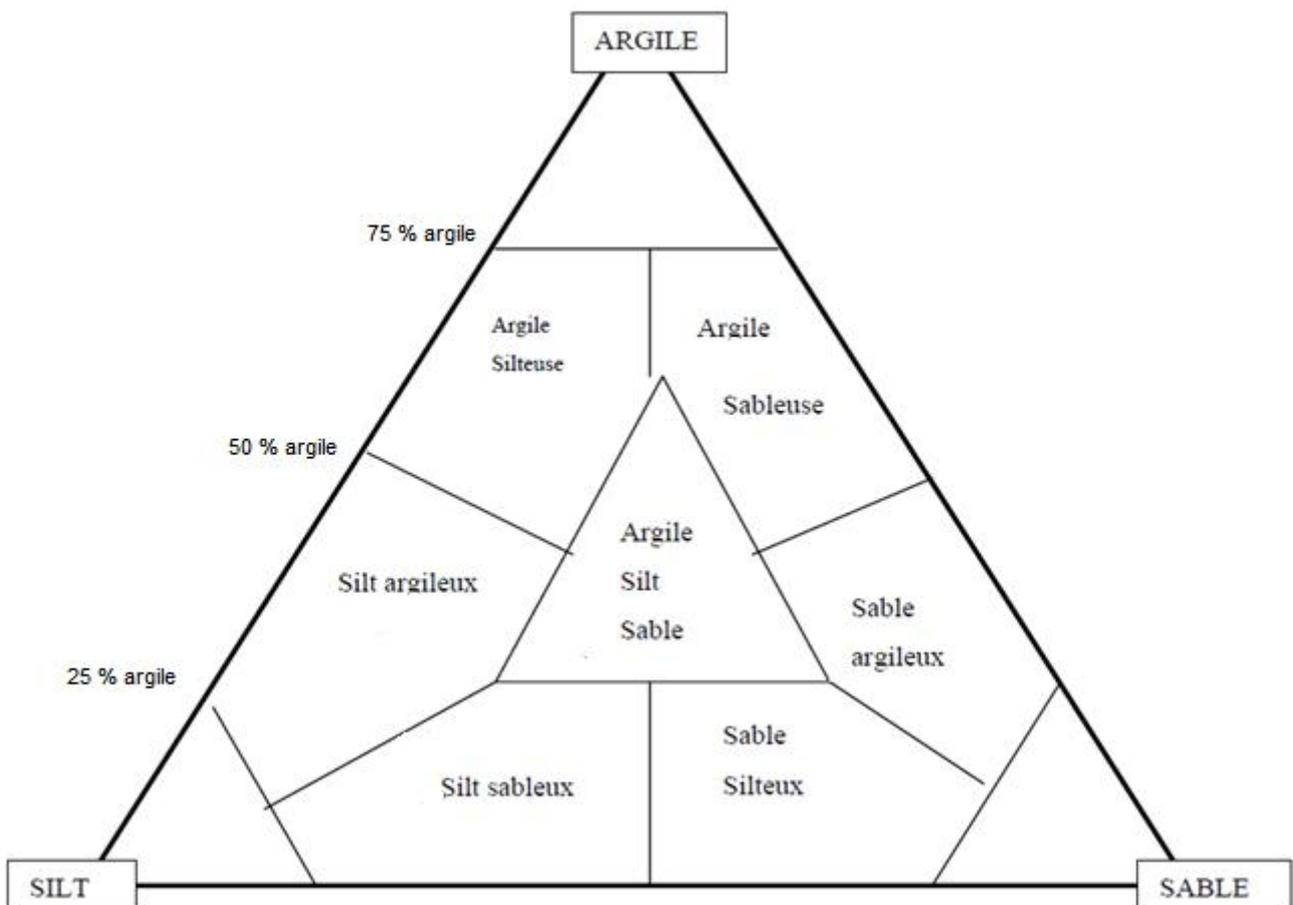


Figure I.3 : Diagramme triangulaire de classification des sédiments en fonction de leur texture (Bonnet. C, 2000) [29]

I.2.4 Constituant des sédiments :

Les vases sont constituées de 4 éléments principaux (Agence de l'eau, 2002) [30]

- ✓ la matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates) .
- ✓ la fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite) .
- ✓ la fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, etc....).
- ✓ une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

I.2.5 Mécanisme de l'envasement :

I.2.5.1 Comportement des sédiments grossiers :

Les eaux des rivières arrivant dans les eaux claires de la retenue sont freinées dans la zone du remous, qu'on peut en général caractériser par la présence d'objets flottants. Elles perdent là leurs matériaux grossiers, qui vont former un delta en queue de retenue. Ce delta, de surface limitée, mais de hauteur relativement grande, présente une pente raide (talus naturel des sédiments) à sa limite aval et douce à la surface. [28]

Il s'étend en amont de la limite des eaux calme en rehaussant les lignes d'eau à l'amont, et progresse vers la retenue avec le temps au fur à mesure des apports.

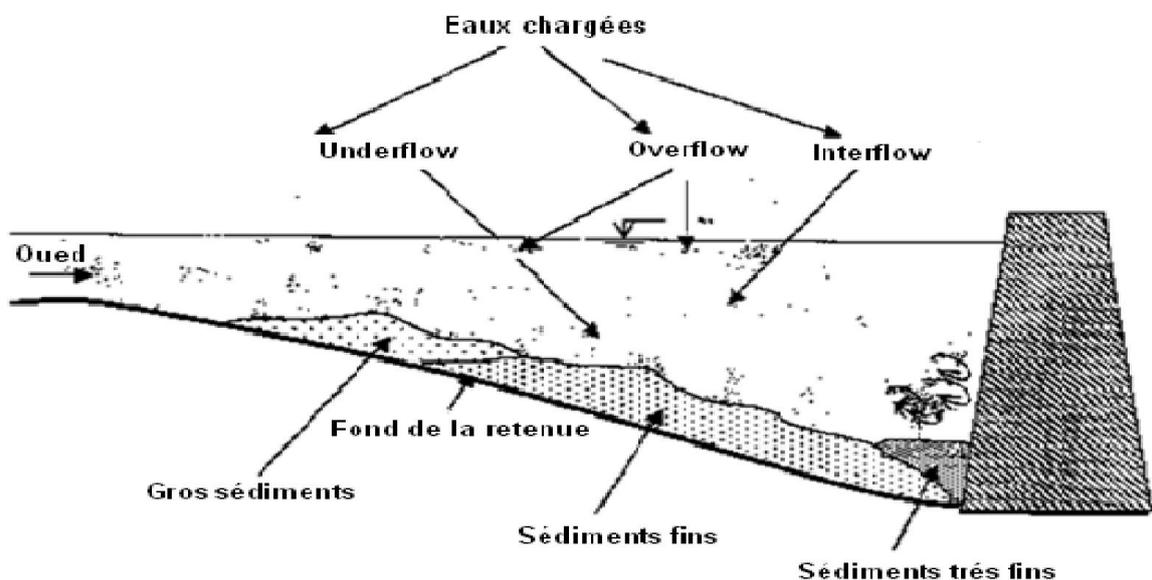


Figure I.4 : Mode de l'envasement

I.2.5.2 Comportement des sédiments fins :

Dans la zone du remous, les eaux turbides entrant dans la retenue forment avec les eaux claires de celles-ci un front plus au moins net et plus ou moins vertical.

1^{er} cas : Si l'écoulement amont est torrentiel, les eaux chargées, plongent au fond de la retenue et s'y écoulent sous forme d'un courant de turbidité, de densité supérieure à celle des eaux claires. Le débit de ce courant de densité est supérieur au débit entrant en raison de la dilution dans la zone du remous qui est fortement turbulente.

2^{ème} cas : Si l'écoulement amont est fluvial, il y a toujours une tendance à l'écoulement des eaux au pied du front avec contre-courant d'eau claire à la surface. Mais il ne se forme un véritable courant de densité que pour les débits et concentrations des apports suffisamment élevés. Si ce n'est pas le cas et que les apports et les eaux du lac sont à des températures voisines, le front est discontinu et sujet à des fluctuations importantes. L'écoulement amont se disperse alors plus au moins dans la retenue. [28]

I.2.6 Altération des sédiments :

La destruction des roches et des êtres vivants est à l'origine de la formation des différents sédiments, les actions purement mécaniques des agents d'érosion produisent des fragments qui sont à l'origine des sédiments détritiques. Les phénomènes chimiques donnent des solutions de lessivage riches en métaux qui sont à l'origine des sédiments chimiques. Les sédiments qui en résultent, grâce aux autres actions mécaniques et réaction chimiques donnent des sédiments d'autres compositions minéralogiques qui eux même, en présence d'agent d'érosion, peuvent être déblayés à leur tour et transportés sous forme solide ou en solution. Ils peuvent se déposer temporairement dans des pièges continentaux, mais sont finalement remobilisés de force à force pour être déversés dans le milieu marin. [Altération des continents. Jacques Beauchamp]. [30]

Le changement de température entraîne la dilatation et la contraction accompagnée d'une variation de volume grâce à la création des fissures ; d'un sédiment à l'autre, ça diffère dans les mêmes conditions. De plus, cette fissuration peut inclure d'eau qui, suite à la baisse de température, gèle en augmentant le volume et qui le fait éclater. L'eau qui pénètre est saline, et les sels qu'elle contient peuvent se développer en cristaux et produisent des craquelures. Enfin, le transport par l'eau, et accessoirement l'action du vent, use les matériaux et produit des éléments plus fins, Etant donné que les grossiers transportés s'entrechoquent et se brisent. [30]

I.2.7 Transport des sédiments :

Les sédiments ne peuvent être transportés sauf en présence de l'un des agents de transport tel que le vent, la gravité pure, la glace et l'eau [Transport des matériaux. Jacques Beauchamp]. [30]

I.2.7.1 Transport par le vent :

Comme l'air a une densité un millier de fois inférieure à l'eau, sa capacité de transport est beaucoup plus faible et les matériaux grossiers sont laissés sur place, formant un "pavement". Le vent possède par contre un bon pouvoir de classement et le transport s'effectue essentiellement par saltation et collisions inter granulaires des grains sableux, avec le matériau fin exporté plus loin. Ceci explique l'homogénéité granulométrique des dépôts éoliens. Contrairement à leurs équivalents marins, les courants aériens n'ont pas la limitation imposée par la surface de la mer et les dunes éoliennes ne sont limitées en hauteur que par la force des vents et l'apport en sable.

I.2.7.2 Transport par gravité pure :

C'est un mode de transport se trouvant dans les régions montagneuses et désertiques qui connaissent des différences d'altitude présentant des pentes, et distinguées de forte désagrégation mécanique des roches. Les éléments se déplacent sur une faible distance et s'accumulent en cônes d'éboulis. Ils sont non usés et de toute taille ; les plus gros descendent plus loin et forment la frange du cône. Un certain granulo-classement horizontal s'établit. La porosité des éboulis est grande et la percolation des eaux bonne. Suite à de fortes pluies, l'action de l'eau s'ajoute à la gravité. La phase fine d'argile devient des coulées boueuses qui glissent sur les pentes et peuvent causer des dégâts considérables. Les autres éléments anguleux d'en vrac se trouvent emballés dans ces coulées.

I.2.7.3 Transport par la glace :

La glace résulte de la transformation de la neige dans un climat froid et humide par compaction et fusion. Elle s'écoule comme un fluide visqueux et forme un glacier, Les matériaux transportés sont fortement hétérométriques. Les éléments ne s'usent pas quand ils se choquent comme dans le cas du transport éolien ou aquatique, mais ils peuvent être broyés entre eux ou contre les parois de la vallée sous l'effet de la pression de la glace en formant farine glaciaire. La distance de transport est de quelques dizaines de km pour les glaciers de montagne mais elle peut dépasser la centaine de Km pour les grands systèmes glaciaires (glaciers du Groenland).

I.2.7.4 Transport par l'eau :

Le transport des sédiments par l'eau dépend du type d'écoulement selon qu'il s'agit d'eau sauvage ou canalisée. En générale l'eau transporte des matériaux par charriage, en suspension et en solution. Les matériaux détritiques sont transportés d'autant plus loin qu'ils sont plus petits en se choquant et s'usant au cours du transport en établissant un classement longitudinal.

On distingue deux types d'écoulement tels que l'écoulement canalisé des eaux qui coulent dans un ou plusieurs chenaux en fonction de la pente et de la vitesse. Et l'écoulement non canalisé des eaux sauvages qui correspondent au ruissellement suite à de fortes pluies sur une pente où l'érosion est

importante mais la longueur du transport est faible. Les filets d'eau se rassemblent et forment un Chenal.

Il est développé en montagne et en particulier dans les bassins de réception des torrents, il évolue en de véritables coulées boueuses.

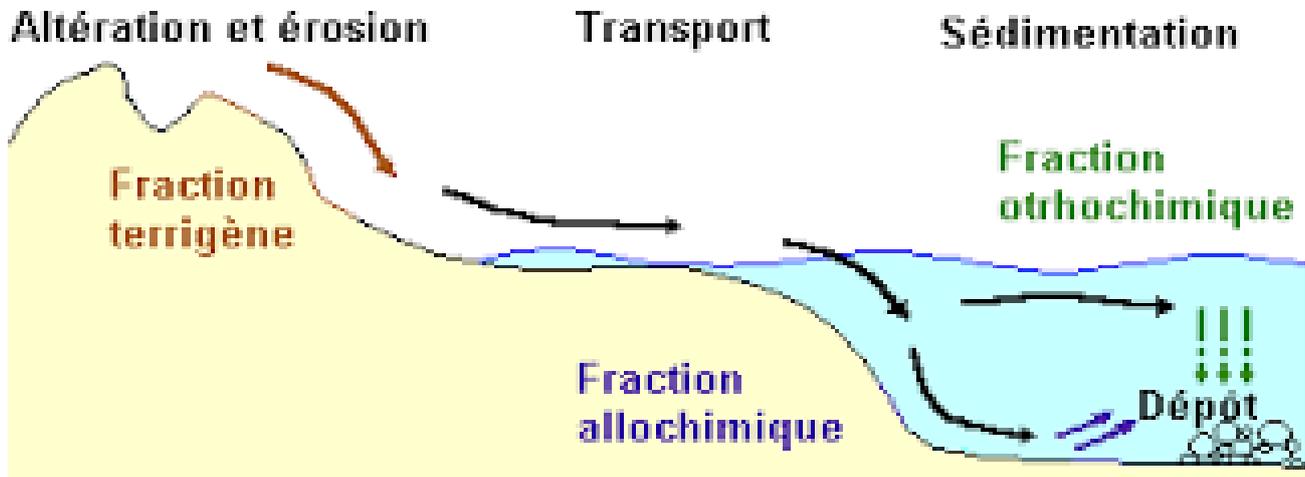


Figure I.5: Processus sédimentaires

I.3 Stockage des sédiments :

Dans un esprit de développement durable, la gestion de l'environnement doit prendre en compte tous les aspects liés à la mise en dépôt et au stockage des sédiments issus des opérations de dragage. Grâce aux médias, le grand public est maintenant bien informé des dommages que court l'environnement du fait des « pollutions » dont les origines et les formes sont multiples. Mais le grand public est beaucoup moins sensible au rôle protecteur que le sol peut exercer à l'égard des pollutions si certaines conditions sont respectées.

L'efficacité du sol est moins évidente lorsque la pollution est provoquée par les composants même du sol, ou de sa constitution physique qui altère directement les équilibres des bassins versants vis-à-vis des ruissellements et des infiltrations alimentant les nappes souterraines. Cependant, une attention particulière est attirée sur les désordres pouvant apparaître suite aux dépôts et stockages des matières de granulométrie fine. Figure I.7 et 8 présentent Les Bassins de décantations des sédiments dragués du barrage de Bouhanifia.



Photo I.2.3: Les Bassins de décantations des sédiments dragués du barrage Bouhanifia avant et après l'opération de dragage

I.4. Le dragage des barrages :

I.4.1. Définition du dragage :

Le dragage est défini comme l'ensemble des actions caractérisées par un prélèvement de matière par excavation sous l'eau et par un déversement de ces produits sur le rivage. Cette définition recouvre des activités très diverses telles que la réalisation de canaux d'irrigation pour l'agriculture, l'exploitation minière, la réalisation et l'entretien d'installation pour la navigation. [31]

D'après Grégoire, le dragage est défini comme étant une opération du génie civil dont la mise en œuvre du projet nécessite toute une série d'études préliminaires à la réalisation des travaux [32]

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 [ICOLD 1989]. La première drague utilisée en Algérie en 1957 est la drague ré fouleuse «Lucien Dumay». Depuis les années 2000, plus de 20 millions de m³ de vase ont été extraits de nos barrages. [24]

I.4.2. Les Techniques De Dragage Disponibles :

I.4.2.1. Les Dragues mécaniques :

La caractéristique commune des équipements excavateurs mécaniques est qu'ils sont dotés de godets ou de bennes, dont les dimensions et les formes varient. Les dragages mécaniques impliquent un contact physique direct entre ces godets ou bennes et les matériaux à draguer. Il existe différents types de drague mécanique (**Figure I.6**) :

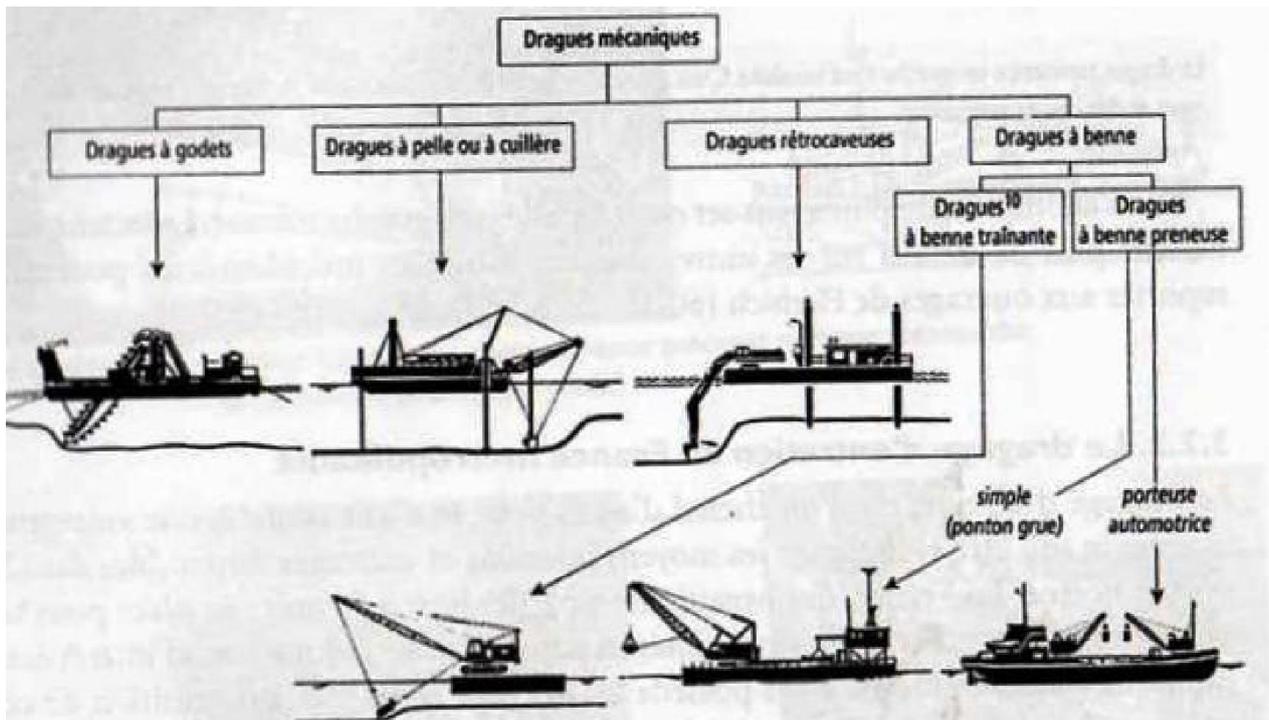


Figure I.6 : les différentes dragues mécaniques

- La drague à godets qui fonctionne comme un élévateur.
- La drague à pelles ou à cuillères qui est fondamentalement une pelle mécanique montée sur un ponton.
- La drague rétro -caveuse et la drague excavatrice sur ponton à chargement frontal : ces dragues sont de simples excavateurs qui peuvent être installés sur le pont renforcé d'un chaland ponté.
- La drague à benne preneuse qui fait descendre, se fermer et remonter une benne ou un godet unique au moyen de câbles.[33]

1.4.2.2. Les dragues hydrauliques :

Les dragues hydrauliques sont basées sur le principe de la pompe à eau centrifuge et opèrent par création d'un vide à l'entrée de la pompe. La pression atmosphérique dans l'eau oblige la mixture (mélange d'eau et de matières solides) à suivre la conduite d'aspiration, seule trajectoire disponible. L'efficacité du dragage peut être accrue par l'adjonction d'une désagrégation (sorte de fraise ou de roue à pelle) au niveau du bec d'élinde. Cette désagrégation entraîne une augmentation des remises en suspension au fond lors des opérations de dragage. Son utilisation est cependant indispensable dans le cas de matériaux cohésifs. Les matériaux de dragage sont soit refoulés de manière hydraulique au travers de conduites flottantes vers le site de dépôt (figure I.7), soit déversés dans des chalands qui le transportent vers ce site de dépôt. Parmi les dragues hydrauliques, on distingue les catégories suivantes :

- drague aspiratrice refouleuse stationnaire ou aspiratrice simple.
- drague aspiratrice à désagrégation.
- drague aspiratrice porteuse à élinde traînante ou plus communément nommée drague aspiratrice en marche.
- drague à balayage.
- drague coupeuse à disque.
- drague à vis sans fin. [33]

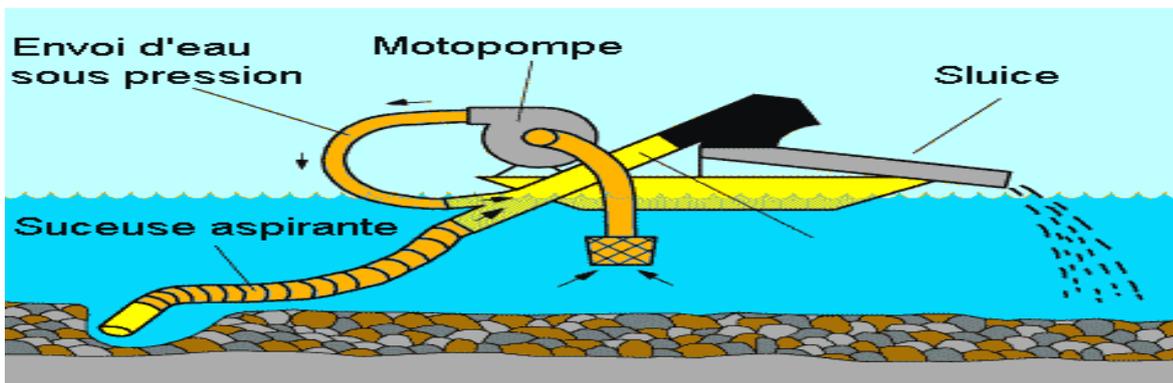


Figure I.7 : Une drague hydraulique.



Photo I.4: La drague hydraulique a barrage.

I.4.2.3. Les dragues pneumatiques :

Le principe de fonctionnement de ces pompes à air comprimé est basé sur la différence de pression entre l'air dans les compartiments de réception des matériaux dragués et l'eau au-dessus de la pompe. Cet équipement est particulièrement adapté au dragage des sédiments contaminés. Les matériaux sont ensuite évacués par chaland ou par conduite flottante. [34]

I.5 l'envasement des barrages :**I.5.1 Définition 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. [1]

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

- La zone 1 correspond à la zone de production des matériaux (amont),
- La zone 2 est celle des transferts des matériaux arrachés en zone 1 (cours d'eau),
- La zone 3 couvre les sites des dépôts de ces matériaux (retenues et estuaires)[4].

Et Ammari Abdel Hadi proposé une définition suivant :

L'envasement est défini comme étant le dépôt de sédiments dans les retenues et barrages, réduisant ainsi leurs capacités de stockage. [5]

I.3.1. Les problèmes posés par le phénomène de l'envasement

Le phénomène de l'envasement pose plusieurs problèmes dans les barrages et ce figure présente les problèmes à savoir :

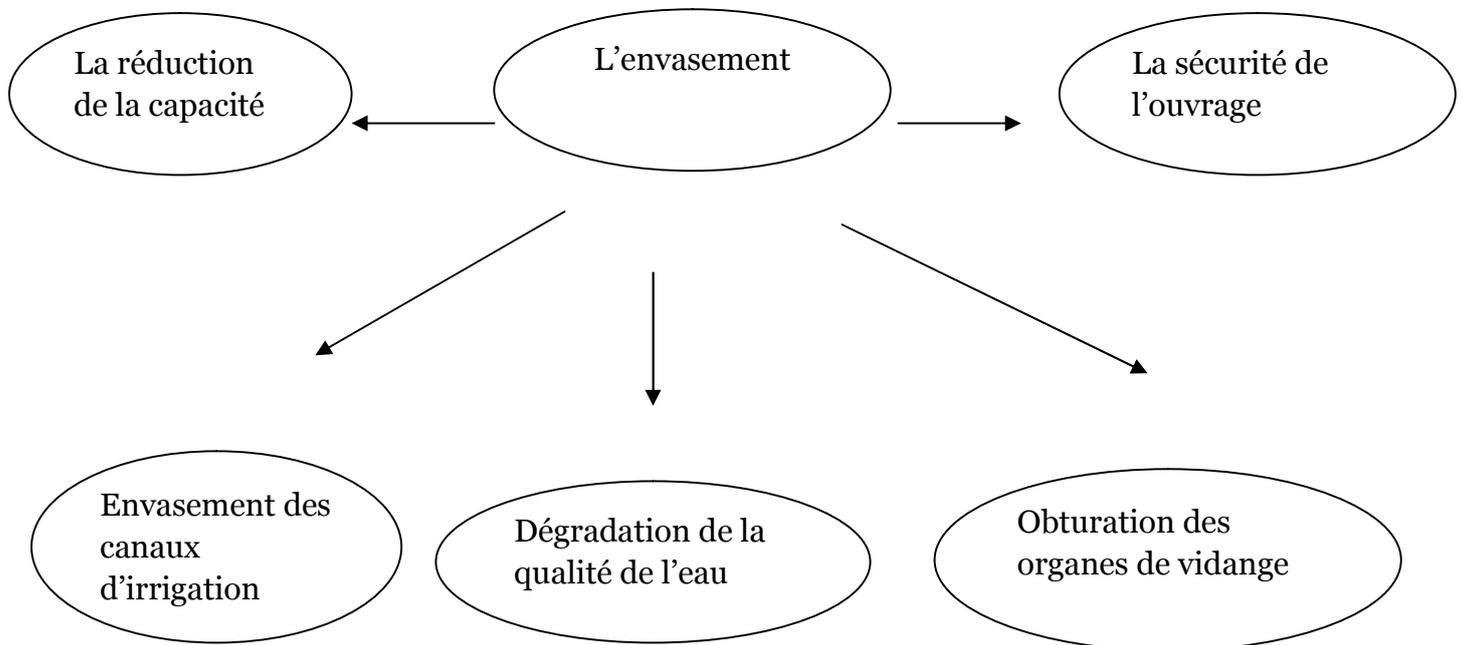


Figure I.8 : problème de L'envasement [5].

- 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 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 par l'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].

I.5.2 Réduction de la capacité de la retenue de barrages en Algérie :

En Algérie, le phénomène de l'envasement touche l'ensemble des barrages. Plus de 32.10^6 m³ de vase se déposent chaque année au fond des retenues. [2]

Le manque de sites favorables à la réalisation des barrages, le fort gaspillage dû à l'évaporation des lacs.

L'Algérie se caractérise par un climat semi-aride, qui perd annuellement un volume de stockage de l'eau de l'ordre de 32 million de m³ sur un volume de 5,2 milliard de m³ des 114 barrages en exploitation. [3]

La quantité de sédiments déposés dans les 110 barrages Algériens était évaluée à 560.10^6 m³ en 1995 soit un taux de comblement de 12,5 %, elle sera de 650.10^6 m³ en l'an 2000, soit un taux de comblement de 14,5 %. A titre d'exemple, la capacité initiale du barrage de GHRIB (Médéa) était de 280.10^6 m³ en 1939 et n'était plus que de 109.10^6 m³ en 1977. [6]

Tableau I.3 : Capacité et le taux d'envasement du bassin versant en Algérie [ANBT].

Régions Désignation	Oranie chott. Chergui.	Chellif Zahrez	Algérois S. hodna	Constantinois Sey-Melegue	Algérie du sud
Nombre du barrage	12	13	12	15	52
Capacité (millions m ³)	685	1950	818	1530	5000
Taux de d'envasement annuel	15%	27%	9%	9%	25%

Ce tableau et présente la quantité de l'envasement dans quelque barrage dans l'Algérie [ANBT].

Tableau I.4 : Quantification de l'envasement des barrages algériens [A.N.B.T]

Les grands barrages	Bassin V (km ²)	Mise en service	capacité initiale (Mm ³)	Nombre année Calculer	capacité annuelle (Mm ³ /an)	capacité estimée (Mm ³)	Taux d'envasement%
BOUGHZOUL	19740	1934	55	1934/1986	0,570	20,38	62,94
GHRIB	23300	1939	280	1939/1986	2,49	138,57	50,51
OUED FODDA	790	1932	228	1932/1986	2.246	132.3	41.97
BEN KHADDA	1275	1936	56	1963/1986 /2005	0,273	45,44	28.67
SMBA	6100	1978	235	1978/1985	1,17	227,4	2,23
HAMIZ	37	1879	21	1935/1986	0,155	8,49	59,57
EGHILEMDA	650	1953	154	1954/1974	1,832	120	22,07
ZARDAZAS	346	1936	31	1977/1986	0,450	14,78	52,32
LACHEFFIA	575	1965	171	1965/1986	1,124	168,4	1,52
K'SOB	1470	1977	31	1977/1986	0,395	12,43	59,90
FOUMELGHARZA	1300	1950	47	1950/1986	0,590	25,76	45,19
FOUMELGHELSS	153	1939	3	1939/1986	0,030	1.6	46.66
CHEURFA	4015	/	14	1882/1967	0.061	9	35,71
BOUHENIFIA	7850	1948	73	1944/1967	0,913	52	28,76
B.AMRANE	3710	1988	16	1998	0,89	7,1(1998)	5
FERGOUG III	8274	1970	18	1970/1986	0,881	3,9	78,33

I.5.3 L'envasement dans le deux barrage FERGOUG et BOUHNIFIA :

I.5.3.1 Cas de Barrages de FERGOUG :

Le barrage de FERGOUG, réalise en 1970 admit une capacité de 18 Hm³. Il est initialement destiné pour l'alimentation en eau potable des agglomérations de Mohammedia, BOU HENNI, SIG, une partie de la ville d'Oran est enfin l'irrigation des périmètres HABRA- SIG. Le bassin versant a une superficie de 420 km³. Le taux de l'envasement et de 1.52 Hm/an.

La levée effectuait en 1973 donne un volume utile de 12.71 Hm³, soit une diminution de 29% par apporte la capacité initiale qui est 18 Hm³.

Avant le lancement des opérations de dragage, la retenue ne contenait qu'environ 2Hm^3 d'eau (10% de la capacité initiale), ce qui équivaut à un taux d'envasement de 90%. [32]

I.5.3.2 Cas Barrages de BOUHNIFIA :

C'est dans le but de réduire la vitesse de comblement et ainsi prolonger la durée de vie du barrage de FERGOUG que le barrage de BOUHANIFIA a été réalisé à l'amont.

Malheureusement ce barrage s'est retrouvé face à une sédimentation accélérée qui a réduit sa capacité de 73 à 47.106 m^3 durant la période 1940-1986, soit une vitesse moyenne de sédimentation égale à $0,56.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. Nous estimons le dépôt des sédiments à 31.106 m^3 en 1995, soit un volume d'eau restant de 42.106 m^3 et un taux d'envasement de 42 %. [6]

Le barrage de BOUHNIFIA Plus de 35.106 m^3 de vase se trouve actuellement au fond de la retenue d'une capacité initiale de 73.106 m^3 .

Le barrage de BOUHANIFIA n'a pas échappé à ce problème, puisque il est envasé actuellement à plus de 60% de sa capacité initiale. [2]

I.5.4 Technique de dévasement :

I.5.4.1.1 Le dragage :

I.5.4.2 définitions 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.[8]

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. [1]

I.5.4.3. les Types de dragage :

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 de navigable
- 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. [1]

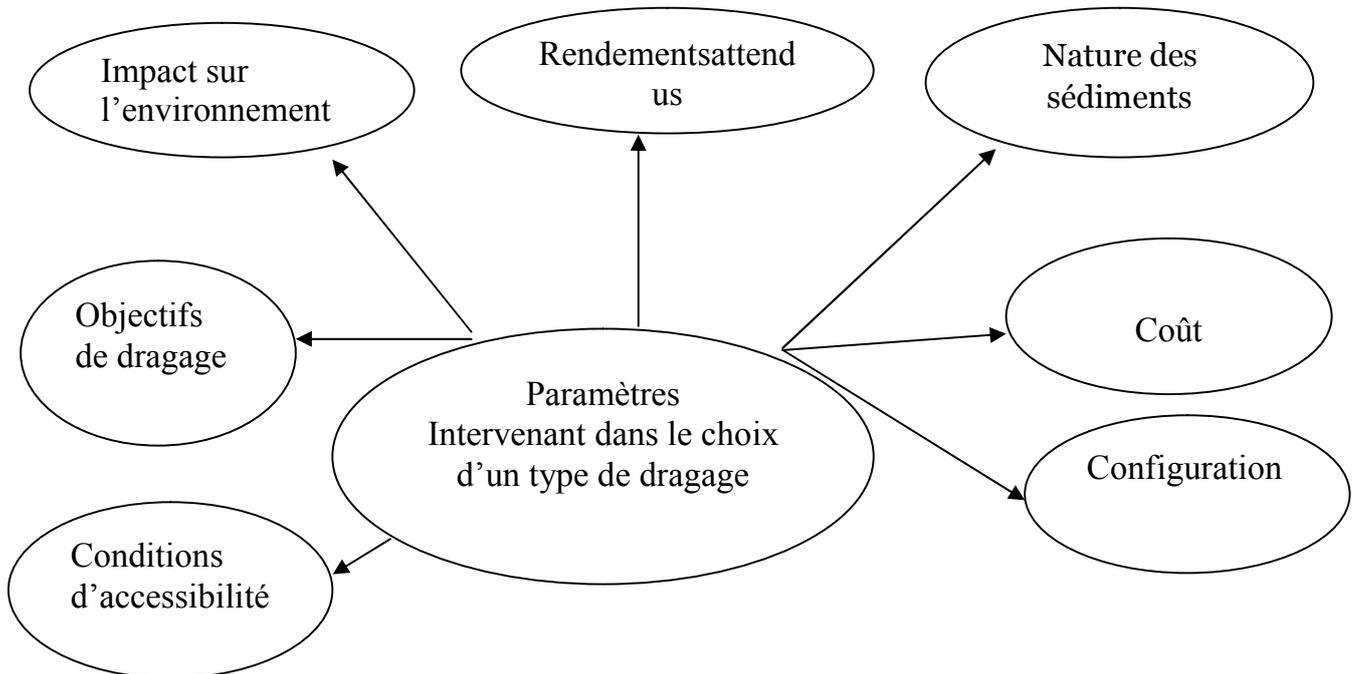


Figure I.9 : Paramètres Intervenant dans le choix d'un Type de dragage. [1]

I.5.5 Les techniques de dragage :

I.5.5.1 Le dragage mécanique :

Prélèvement du sédiment par godet (pelle mécanique sur ponton), Le dragage mécanique s'effectue par une pelle mécanique posée sur un ponton flottant. La pelle vient prendre le sédiment sur le fond et le dépose dans un chaland accolé au ponton de la drague.

Lors du dragage, la pelle mécanique conserve la densité du sédiment en place puisqu'il n'y a pas de mélange d'eau lors de la prise de sédiment.



Photo I.5 : Drague mécanique amphibie [13]

de protéger les secteurs avoisinants de la turbidité générée par l'opération de dragage. Il peut s'agir de jupes déployées autour de la zone de travail (un peu à la manière de barrages antipollution) ou de godets étanches. [13]

I.5.5.2 Dragage hydraulique :

Extraction du sédiment par drague aspiratrice, Le dragage dit « hydraulique » s'effectue par hydro aspiration à partir d'une drague suceuse. Celle-ci est équipée d'une élinde qui lui permet d'aspirer le sédiment à enlever. L'eau du plan d'eau est également pompée lors du dragage, dans un mélange qui au final est composé de 80 à 90 % d'eau et de 20 à 10 % de sédiment. Cette mixture est ensuite refoulée par une conduite flottante.

La tête d'élinde peut être équipée d'un « cutter » ou désagrégateur qui permet de déstructurer le sédiment afin de mieux l'aspirer.

Les déblais sont alors soit stockés dans un chaland, envoyés à terre via une conduite de refoulement, soit repris par les courants ou une chasse hydraulique (rotodévasage). [12]

I.5.6 Dragages en Algérie :

Le premier barrage ayant subi des opérations de dragage en Algérie est celui de FERGOUG, de 1986 à 1989 plus de 10 millions de m³ de vase ont été dragués.

Ce dragage 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.

De cette première expérience de dragage en Algérie, sont apparues des désordres sur l'environnement, et des enseignements sont à tirer pour les prises de décisions futures.

En effet, les moyens de dragage sont très variés, allant du simple pelletage aux systèmes automatisés qu'il est possible de concevoir. La réalité a montré la nécessité de prise en charge des opérations de dragage sur toutes ses facettes :

- La caractérisation initiale des matériaux à draguer.
- La mise en état des matériaux avant dragage (séparation de phases).
- Le transport et la mise en dépôt des matériaux dragués.
- Les questions de dépollution des matériaux à déposer dans les sites naturels.
- Les aspects de valorisation des matières pouvant être exploitées.
- Les retombées économiques immédiates et à long terme.

Malgré la diversité des problèmes liés à l'envasement des retenues, La récupération des volumes de stockage des moyens existants est une priorité.

Même si la construction de nouvelles retenues est envisageable, elle est confrontée dans de nombreux cas à l'inexistence de sites nouveaux.

Ainsi que ce soit par soutirage ou par dragage, plus de 650 millions de m³ de sédiments cumulés sont estimés en 2000 et répartis dans les 98 barrages algériens [9].

L'Algérie enregistre une pluviométrie moyenne annuelle évaluée à 100 milliards de m³ sur lesquels les eaux de ruissellement ou écoulements superficiels représentent environ 12.5 milliards de m³, le reste des précipitations se partage entre évaporation et infiltration dans le sol.

Aujourd'hui, l'Algérie dispose de plus de 110 barrages en exploitation totalisant une capacité de 4,5 milliards de m³ et permettant de régulariser un volume annuel de 2 milliards de m³ utilisés pour l'A.E.P., l'industrie et l'irrigation.

L'Algérie perd annuellement une capacité estimée à 20 millions de m³ par le dépôt des sédiments dans les retenues.

A travers l'expérience algérienne, le dragage s'est avéré une solution sûre mise à part les difficultés de mise en dépôt et le coût. Jusqu'à maintenant, l'Algérie a procédé à un dragage sur quatre barrages Le barrage des CHEURFAS (10 10⁶ m³), le barrage de SIG (2 10⁶ m³), barrage de FERGOUG et HAMIZ.

L'Algérie a acquis en 1989 un matériel complexe de dragage à savoir une drague suceuse refouleuse baptisée <<Rezoug Youcef>>. [6]

I.5.7 Le dragage dans le deux barrage FERGOUG ET BOUHNIFIA :

I.5.7.1 Dragage dans le barrage de FERGOUG :

Le barrage de FERGOUG dont la capacité de stockage était de 17 millions de m³ en 1970, a été soumis à un phénomène d'envasement progressif. Au bout de sept années (en 1977) sa capacité a chuté à 9.67 millions de m³ ; soit un taux annuel d'envasement dépassant un million de m³. Après une première opération de dragage (1984-1986) où plus de 10 millions de m³ ont été récupérés par dragage et largage de vases, l'envasement du barrage est estimé aujourd'hui à plus de 14 millions de m³.

Ce premier dragage a causé beaucoup de désordres en aval, suite au largage des vases [7].

I.5.7.2 Dragage dans le barrage de BOUHANIFIA :

Le barrage de BOUHANIFIA qui dispose d'une capacité en eau de 73 millions de m³ et ne renferme actuellement qu'une quantité de 34 millions de m³ soit environ 50% de sa capacité réelle, vient de bénéficier d'une opération de dragage. Une opération assurée par une société algérienne filiale de AMBT sous la dénomination de Hydro-Dragage. Cette entreprise devait faire

sortir une quantité de 6 millions de m³ de vase qui sera jetée dans des bassins qui permettront par la suite la récupération des eaux par retour vers le barrage.

L'opération s'effectue à raison de 1000 m³/jour soit 250.000 m³/Mois, les travaux devant durer 31 mois. Cette opération entamée ce lundi 10 juin 2013 a permis la création de 100 postes de travail pour une durée d'environ trente-six mois, et la vase retirée sera retenue sur les terres agricoles abritant les 15 bassins que nécessite cette opération.

Les barrages de la wilaya a-t-on appris renferment actuellement plus de 153 millions de m³ d'eau, ce qui permet à la wilaya de Mascara d'être à l'abri de tout problème d'eau durant cet été. La ville de Mascara à elle seule consomme 18.000 m³/jour et elle vient de bénéficier d'un dédoublement pour 10.000 m³ soit 28.000 m³ ce qui va permettre aux citoyens d'avoir l'eau quotidiennement pour certains quartiers et un jour sur deux pour d'autres [14].

I.5.8 Caractéristiques générales de la région étude :

I.5.8.1 Historique de barrage FERGOUG :

Ce barrage construit au-dessous de la réunion de l'Oued-Hammam, de l'Oued-Tezou et de l'Oued-Fergoug, qui prend alors le nom de l'Habra, a une longueur de 478 mètres, y compris les 128 mètres du déversoir; sa hauteur est de 40 mètres, la partie bétonnée est de 7 mètres; enfin l'épaisseur de ce mur cyclopéen est de 38 mètres 90 cm à la base. L'eau arrêtée derrière le barrage forme un immense lac dont les bords semblent attendre des constructions, lac qui, se divisant en trois branches, remonte la vallée de l'Oued-Hammam pendant 7 km, celle de Taourzout pendant trois ou quatre, celle de l'Oued-Fergoug pendant 7. Les flots qu'apportent les trois oueds sont troubles, mais ils se reposent dans le lac et ils en ressortent bleus. La contenance du bassin est de 14 millions de mètres cubes. Cette eau s'écoule vers le bief inférieur par de puissantes vannes qu'un seul homme peut ouvrir au moyen d'un ingénieux mécanisme.

En 1872, la construction du barrage réservoir de l'Oued Fergoug va changer la face de la région en apportant la fertilité dans une plaine brûlée par le soleil. A dater de 1875, le pays prospère rapidement.

Depuis cette époque, Perrégaux progresse sans cesse, la ville s'embellit, les monuments publics et les édifices privés dénotent un confort qui n'exclut pas un brin de coquetterie. Le jardin public est tracé avec un véritable goût artistique : ses allées plantées de caoutchoutiers, de ficus et d'autre essence convergente vers le centre où s'élèvent un bassin pourvu d'un jet d'eau et un kiosque à musique autour duquel des générations danseront. Les trottoirs des boulevards et des rues sont bordés d'arbres magnifiques qui transforment les chaussées en allées ombragées sous d'épais feuillages. On sent qu'il fait bon vivre dans cette charmante cité si hospitalière aux étrangers. [7]

I.5.8.2 Situation géographique barrage de FERGOUG :

Le barrage de Fergoug se situe au Nord-ouest de l'Algérie, sur l'oued el Habra immédiatement en aval de confluent de l'oued el hammam au sud –ouest de la ville de Mohammedia et au nord du bassin de la Macta et des oueds Fergoug et taghzout.



Figure I.10: Station géographique de barrage FERGOUG

La connaissance du site à travers sa localisation, le degré d'urbanisation et 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 à valoriser, en matière d'ordre de grandeur des volumes à traiter et des moyens à mettre en œuvre dans le cadre global de la valorisation des déchets solides[7].

Le stockage de l'eau pour une région à climat semi-aride est vital, tant pour l'agriculture que pour l'approvisionnement en eau potable. Le Barrage de FERGOUG est un barrage en terre à noyau étanche implanté au Nord-ouest de l'Algérie, envasé à plus de 95%. L'ouvrage victime de son environnement en amont par l'érosion du bassin versant a réagi par l'entraînement en aval des sédiments dragués. La situation écologique est catastrophique. La récupération des matériaux issus des dragages pour un traitement les valorisant est une voie concrète pour transformer les vases de déchets gênants en matières premières potentielles. [10]



Photo I.6 : Barrage de l'Habra en 1986 Ouvrage reconstruit (en terre), la voie étroite de chemin de fer est restée inchangée.



Photo I.7 : Barrage de Fergoug en 2004

I.5.9.1 Historique de barrage BOUHANIFIA :

Le barrage de Bouhanifia, construit en 1929 fut achevé dans son ensemble en 1951, mais historiquement, une grande partie a été le siège d'incidents techniques. Toutes fois le bureau d'étude a jugé prudent et utile de s'en assurer, et à demander une étude détaillée qui devait fournir également certains travaux d'étanchéité et de confortement.

L'ouvrage, qui doit son nom au village de BOUHNIFIA situé à 4.500 m, est un barrage en enrochements arrimés de 460 m de longueur totale en crête, il s'élève à 56 m au-dessus du thalweg; sa largeur au sommet est de 5 m, elle atteint 125 m à la base. Le volume total des enrochements est de 700.000 m³; c'est une maçonnerie cyclopéenne en pierres sèches dont les éléments pèsent de 2 à 10 tonnes, certains blocs atteignant exceptionnellement 15 tonnes.

Le barrage se trouve à 5 km en amont de l'Oued El Hammam. Exécutés par la Société Algérienne des Entreprises Léon Chagnaud, sous la direction de MM. Vergniaud, Drouhin et Arages, les

travaux de construction furent entrepris en 1930 et achevés dix ans plus tard. Il remplace celui de l'Oued Fergoug, situé à 20 km en aval, lequel a été détruit en 1927 lors d'une crue évaluée à plus de 5 000 mètres cubes seconde, ce qui est un débit d'une exceptionnelle violence.

Aussi les commissions techniques, qui ont étudié la construction du nouvel ouvrage, ont prudemment fixé le débit à 6 000 mètres cubes seconde le débit qu'il est capable d'évacuer.

Barrage d'enrochements arrimés, dont les travaux ont atteint une ampleur considérable due, pour une grande part aux difficultés du terrain, il forme une boucle de l'oued, un lac de 520 hectares d'une capacité de 70 millions de mètres cubes et un périmètre irrigable de 12 000 hectares. [11]

I.5.9.2 Site de barrage de BOUHANIFIA :

Le barrage de Bouhanifia est situé à 4,5 Km au sud de Bouhanifia, à 22Km à l'ouest de MASCARA et à 50Km à l'amont de barrage de Fergoug sur oued el Hammam et à 400 Km au Nord-Ouest d'Alger Dans le but de réduire la vitesse de comblement de la retenue du barrage de Fergoug et prolonger sa durée de vie, le barrage de Bouhanifia a été réalisé à l'amont.

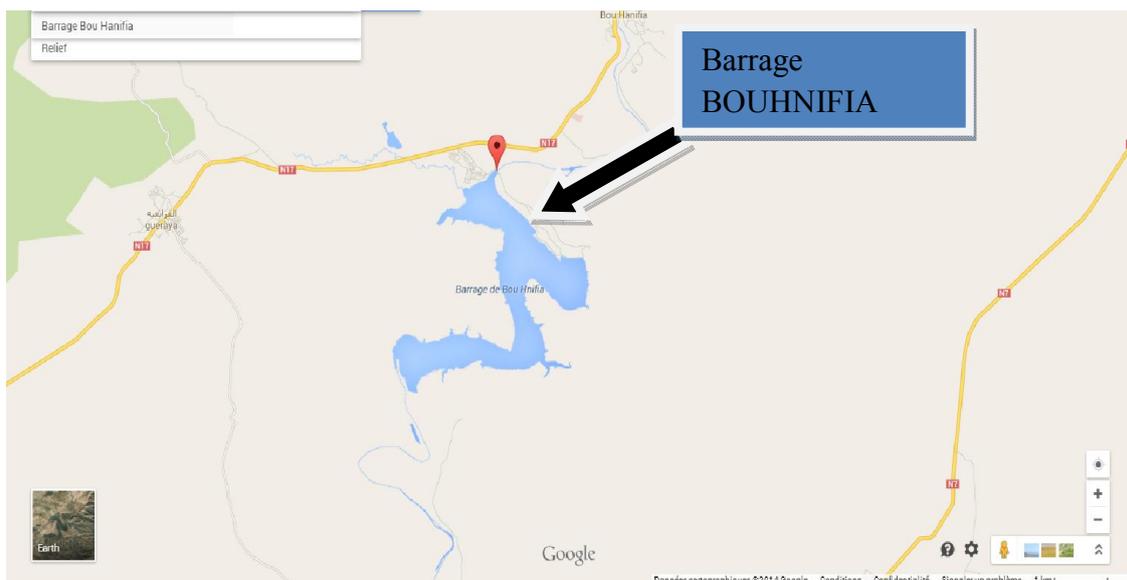


Figure I.11 : Station géographique de barrage Bouhanifia.

Le barrage de Bouhanifia est un grand ouvrage construit sur l'Oued-El-Hammam. Dans le bassin régional 11.

I.5.10 Bassin versant de la Macta

I.5.10.1 Situation géographique :

Le bassin versant de la Macta d'une superficie de 14390 km² est situé au nord-ouest de l'Algérie, il est drainé par deux principaux cours d'eau, qui sont :

- l'oued Mebtouh à l'ouest.
- l'oued El-Hammam à l'Est.

Il est délimité :

- au Nord-ouest par la chaîne montagneuse du Tessala.
- au Sud par les hauts plateaux de Ras-El-Ma et les plaines de Maalifs.
- à l'Est par les plateaux du Telagh et les monts de Tlemcen qui sont le prolongement des monts de Beni-Chegrane.

Le bassin versant de La Macta est subdivisé en trois bassins versants, qui sont :

- bassin versant du barrage de Fergoug.
- bassin versant du barrage de Bouhanifia.
- bassin versant du barrage d'Ouizert.

I.5.10.2 Topographie et relief :

Le bassin versant de la Macta est constitué de :

- La haute plaine de Sidi Bel Abbas ;
- Les plaines de la Habra ;
- Les monts de Ben-Chegrane, dont l'altitude varie de 540 à 900 m ;
- Les monts de Telagh et Saida avec une altitude variant de 600 à 1200 m.

I.5.11 Le bassin versant de (BOUHNIFIA ET FERGOUG) :

I.5.11.1 Le Bassin versant de FERGOUG :

Les caractéristiques morphologiques du bassin versant de la retenue du FERGOUG sont : une superficie totale estimée à 8430 km² dont 7860 pour le bassin versant de l'Oued El Hammam et 570 pour celui de l'Oued Fergoug. L'altitude moyenne est 790 m avec comme altitude maximale de 1454 m.

Ce bassin versant est sous la dominance du climat de l'Atlas tellien dont la température moyenne est de 15,5 °C avec des écarts extrêmes allant de -9°C en hiver à +46°C en été. L'enneigement est en moyenne d'une semaine par an et les précipitations de moyennes de 450 mm par année. [20]

I.5.11.2 Le Bassin versant de BOUHNIFIA :

Le bassin versant de la Macta auquel appartiennent les barrages de Sarno et BOUHNIFIA, possède une surface de 14690 km², il se caractérise par un climat de type méditerranéen dans sa partie nord et semi-aride dans sa partie sud, la pluviométrie annuelle varie de 200 à 450 mm.

Le barrage de BOUHNIFIA est implanté sur l'oued El-Hammam, le bassin versant de cet oued est constitué en grande partie de terrains argileux, d'alluvions et de terrains graveleux. [19]

I.5.11 Caractéristique général sur les deux barrages FERGOUG et BOUHANIFIA**I.5.11.1 barrage FERGOUG :**

Le barrage de FERGOUG est situé à 8 KM au sud de la ville de Mohammedia. Il sert de répartiteur des eaux formés par le système des barrages en cascade (Ouzert-Bouhanifia –Fergoug) [32]

➤ Année de construction : 1966

➤ Année de mise en Eau : 1970

Caractéristique hydrologiques :

➤ Oued	EL-HAMMAM
➤ Capacité initiale	18hm ³
➤ Capacité dernier levé(2004)	0.400 hm ³
➤ Apport annuel	56 hm ³ /an
➤ Envaselement	1.5 m ³ /an
➤ Surface du bassin versant	420KM
➤ Caractéristiques du barrage :	
➤ Type	TERRE
➤ Hauteur	37.50m
➤ Longueur	330m
➤ Côte de retenue(R.IM)	100.50m
➤ Côte plus hautes eaux(P.H.E)	102.00m
➤ Déversoir seuil vanne	5500m ³ /s
➤ Vidange de fond	60m ³ /s

Destination :

- Alimentation en eau potable de la ville de Mohammedia et le couloir de Sig dotation annuelle en 2007 :3.0 hm³
- Irrigation plaine de HABRA :dotation annuelle pour la compagne d'irrigation en 2007=Néant

Contraintes :

- Envasement accru de la cuvette avec présence d'une végétation dense dans la retenue
- Travaux de dévasement à l'arrêt pour manque d'eau
- La monographie et le cahier d'instruction du barrage inexistant
- Fonctionnement des équipements s hydromécaniques lors des crues

Mesures à prendre :

- Mise en place d'un système de gestion et de transmission de données en temps réel
- Protection du bassin versant
- Des actions seront menées après l'achèvement des études de confortement
- Lancer une opération de déforestation de la cuvette pour la sauvegarde de la ressource.

I.5.11.2 BARRAGE BOUHANIFIA :

Le barrage de BOUHANIFIA est situé à 3 KM au nord de la ville de BOUHANIFIA. Il fait partie également du triplex formé du barrage en cascade (Ouzert_BOUHANIFIA-FERGOUG).

- Année de construction 1929
- Année de mis en eau 1940
- Année de surélévation 1990

Caractéristique hydraulique :

- Oued el hamam
- Capacité initial 73 hm³
- Capacité dernier levé (2004) 38.11 hm³
- Apport moyen annuel 80 hm³/an
- Surface au bassin versant 7854 km²

Caractéristique de barrage :

- Type amont enrochement-masque
- Hauteur 54m
- Longueur 496
- Cote retenue normal (R, N) 295.00m
- Cote plus hautes eaux (P.R.E) 300.00m
- Déversoir : seuil vanne 5500 m³/s
- Vidange de fond 430 m³/s

Destination

- Alimentation en eau potable des couloirs « Bouhanifia hacine ; Bouhanifia – sfiset et Bouhanifia-mascara
- Transfert des eaux vers le barrage de Fergoug.
- Irrigation du périmètre de hacine

Contraintes :

- Débitmètre inexistant.
- Les transferts sont exécutés par la vidange de fond
- Réseau de distribution MT défaillant (vétusté)

Mesure à prendre :

- Mise en place d'un système de gestion et de transmission de donnée en temps réel.
- Des actions seront menées après l'achèvement d'étude de confortement.
- Rénovation du réseau de distribution énergétique

I.5.12 Les caractéristiques climatiques :

La hauteur des précipitations diminue rapidement quand on progresse vers le sud du bassin versant. Ainsi, presque la totalité du bassin reçoit en moyenne moins de 500 mm/an, ne dépassant guère 600 mm/an dans les plaines. Elles varient de 500 à 700 mm/an dans les monts de Saida et de 350 à 600 mm/an dans les monts des Beni Chougrane. Dans l'ensemble, le régime climatique de la région est caractérisé par une saison froide relativement tempérée, durant laquelle tombent presque toutes les pluies, suivie d'une période sèche avec quelques orages et pluies torrentielles. Ces différents facteurs précités conduisent à une érosion intense du bassin de l'oued El Hammam. Les particules arrivant dans la retenue du barrage de Bouhanifia ont été prises au niveau de la conduite de vidange, à 1 km et à 5 km en amont du barrage.

I.5.13 Les Caractéristiques chimiques et minéralogiques du sédiment de Bouhanifia :

D'après [LABIOD Z. , REMINI B., BELAREDJ M. composé principalement a :

5.13.a)chimiquement :**Tableau I.5 : Les Caractéristiques chimiques**

Si O ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %
57.95	3.47	5.89	2.65	3.47

5.13.b) minéralogiques :

Sédiment du barrage de Bouhanifia composé de : Quartz, Feldspaths, Calcite, Illite et de Dolomite.

I.6. Conclusion :

La complexité des différents sédiments du dragage est à l'origine de leurs constituants divers et des mécanismes d'interactions entre les phases minérales et organiques. Ceci produit un changement des caractéristiques physico – mécaniques, qui seront difficilement modifiés par un traitement.

L'étude de la valorisation des sédiments dans le domaine de Génie Civil et notamment dans les matrices cimentaires nécessite une étude approfondie comporte une caractérisation chimique, physique et minéralogique pour avoir la possibilité de leur valorisation en tenant en compte les critères économiques et environnementaux, cette partie est traitée dans le chapitre qui suit.