

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de le

Recherche Scientifique

جامعة الجليلي بونعاما-خميس مليانة

Université Djilali Bounaama Khmis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de le Vie et Sciences de la Terra Département de
Biologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Hydrobiologie Appliqué

***L'étude comparatif des Sédiments entre trois Barrages
(Sidi M'hamed ben taiba, Deurdeur, Harezza) Ain defla***

Présenté par :

YOUSFI Djalal

KASTALI Abdelkadir

Encadreur : - M. BOUGARA Mohammed

Président : - M. DJEZZAR Miliani

Examineur : - M. BOUDERBALA Abdelkader

Année universitaire

2019/2020

Remerciements :

Avant tout je remercie ALLAH tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes vifs remerciements à Mr BOUGARA MOHAMMED d'avoir accepté de m'encadrer sur le thème, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de m'apporter une attention tout au long de ce travail.

Je remercie par ailleurs vivement tout les professeurs respectés qui m'ont soutenu tout au long de ma carrière universitaire.

Je tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à ma famille et à mon père et ma mère, qui ma donné beaucoup de aide, soutien et courage pour continuer mon travail.

Enfin, je tiens à remercie profondément toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'achèvement de ce travail.

A tous les enseignants et le personnel de l'université Djilali Bouneama, Khemis Miliana.

DEDICACE 01 :

Au nom de Dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel on a pu réaliser ce travail que je dédie en signe de Respect, de Reconnaissance et D'Amour à :

- ✚ Mon père et ma mère, tous mes frères et sœurs et toute ma famille Yousfi en général.
- ✚ Mon ami proche Youcef, je prie Dieu de le guérir et de le ramener à sa famille, en bonne santé.
- ✚ Tous mes collègues pour leur aide: Sofiane, Mohamed, Abdelkader, Yacine et à toute la promotion hydrobiologie appliqué.
- ✚ Tous les professeurs qui ont supervisé ma formation dans toutes les phases de ma carrière universitaire.
- ✚ Mes amis : Hamza, Salah, Ibtisam, Amine, Akram, Ali.

DEDICACE 02 :

Je dédie ce travail a :

- ✚ mon père et mes frères : houssin, abdelrezak, et mes sœurs roukaia, farida.
- ✚ ma chère fille RAFIF
- ✚ SIHAM ma femme, pour sa présence son soutien moral et sa confiance.
- ✚ Mon binôme YOUSFI DJALAL
- ✚ Toutes mes collègues, et à toute la promotion hydrobiologie appliqué.
- ✚ Mon ami proche Youcef, je prie Dieu de le guérir et de le ramener à sa famille, en bonne santé.
- ✚ Mes amies : Salah, Ismail, moussa, Mouaad, Abdelrahim.
- ✚ Tous les professeurs.

ملخص

تدور هذه الدراسة حول دراسة نوعية الرواسب بالإضافة إلى كيفية انتقالها و ترسيبها في قاع السدود الثلاثة سيدي محمد بن طيبة حريزة و دردر الواقعين في ولاية عين الدفلى و التي تلعب دورا هاما في الري و السقي و الإمدادات اليومية للشرب.

الهدف من بحثنا العلمي هو دراسة هذه الظاهرة بشكل دقيق بالإضافة إلى العوامل المتحكمة فيها و لتسهيل إجراء دراسة تتعلق بمقارنة نوعية الرواسب في كل سد خصوصا أنها تقع في نفس المنطقة مع وجود تمايز جيولوجي مختلف لكل منها.

و من خلال هذه الدراسة و بالاعتماد على النتائج المتحصل عليها يظهر لنا أن هناك اختلاف في نوعية الرواسب المتواجدة في كل سد

الكلمات المفتاحية سد سيدي محمد بن طيبة حريزة دردر الترسيب الرواسب نقل الجزيئات.

RESUME

Cette étude se focalise sur les sédiments et les facteurs de contrôle le phénomène de sédimentation sur les trois barrages (harezza, deurdeur et sidi m'hamed ben taiba) qui situe dans la ville d'Ain defla est utilisé aussi bien pour l'alimentation en eau potable que pour l'irrigation.

Notre travail de recherche consiste à étudier l'évaluation de phénomène d'sédimentation des ces barrages, et la comparaison de la qualité des sédiments dans chaque barrage d'autant qu'il est situé dans la même région avec la différenciation géologique de chacun, et les facteurs contrôlant de la transmission des ces particules.

Au cours de cette étude et d'après les résultats obtenus, il s'avère qu'il y a une différence dans la type de sédiments entre les trois barrages.

- Mots clés : barrage sidi M'Hamed Ben Taïba, Harezza, Deurdeur, sédimentation, sédiments, transmission des ces particules ;.....

ABSTRACT

This study revolves around the harezza, deurdeur and sidi m'hamed ben taiba dams located in the town of Ain defla, which are used for both drinking water supply and irrigation.

Our research work consists first of all in studying the evaluation of the sedimentation phenomenon of these dams, and the comparison of the quality of the sediments in each dam, especially since it is located in the same region with the geological differentiation. of each, in addition to the factors controlling the transmission of these particles.

During this study and from the results obtained, it turns out that there is a difference in the type of sediment between the three dams.

Keywords: sidi M'Hamed Ben Taïba dam, Harezza, Deurdeuer, sedimentation, sediments, transmission of these particles;

Sommaire

Remerciements.

Dédicaces.

Résumé.

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

Introduction générale

01

CHAPITRE I : Transport solide dans les cours d'eau et sédimentation dans les barrages.

I.1-introduction

03

I.2- La sédimentation

03

I.3- Définition de la vase 04

I.4- L'effet de l'envasement sur les barrages 04

I.5- Causes et Origine de L'envasement 05

I.6- la composition des vases 07

I.7- Etapes de sédimentation d'un barrage 08

I.8- les sédimentes 09

I.9- l'origine des sédimentes 09

I.10- la composition des sédimentes 10

I.11- propriétés des sédiments	11
I.12- le rôle écologique des sédiments	13
I.13- transport sédimentaire dans un cours d'eau	15
Transport en suspension	16
Transport par charriage	16
Transport par saltation	17
I.14- Les principaux agents de transport des sédiments dans la nature	17
I.15- Les processus de sédimentation	20
I.16- Conclusion	21
CHAPITRE II : La présentation de site d'étude.	
II.1- Introduction	23
II.2-Bassin hydrographique de trois barrages	23
II.3- Climat de haut –Cheliff	24
II.4- Géologie de bassin versant du Haut Cheliff	25
II.5- Le réseau hydrographique de haut Cheliff	27
II.6- Positionnement des trois barrages	27
II.7- Barrage Harezza	28
Définition	28
Les caractéristiques techniques du barrage harezza	29
Le bassin versant de barrage	29

La géologie de bassin versant	31
II.8- Barrage sidi M'Hamed Ben Taïba	32
Définition	
32	
Les caractéristiques techniques du barrage (SMBT)	32
Le bassin versant de barrage	33
La géologie de bassin versant	34
II.09- Barrage Deurdeur	35
Définition	
35	
Les caractéristiques techniques du barrage deurdeur	36
Le bassin versant de barrage	36
La géologie de bassin versant	37
CHAPITRE III : Présentation du matériel d'échantillonnage pour l'analyse granulométrique	
III.1-Introduction	
41	
III.2-L'échantillonnage des sédiments	41
Méthode	d'échantillonnage
41	
Les étapes d'échantillonnage	42

Matériel	utilisé
43	
III.3-Méthodes d'analyses	45
Méthode	d'analyse granulométrique
45	
Tamisage à sec	45
Pipette d'ROBINSON	48
Conclusion	générale
52	
Références bibliographiques	53

Liste des tableaux :

Chapitre I : Transport solide dans les cours d'eau et sédimentation dans les barrages.

Tableau I.1 : Classification granulométrique [Coste et Sanglera, 1981].

Tableau I.1 : Rôle écologique des sédiments.

Chapitre II : La présentation de site d'étude

Tableau II.1 : Les Bassin versant du Haut Cheliff.

Tableau II.2 : La distance entre les 03 Barrages (Google earth, 2020).

Tableau II.3 : Les caractéristiques techniques du barrage Harezza. Direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla).

Tableau II.4 : Les caractéristiques techniques du barrage (SMBT). Direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla).

Tableau II.5 : Les caractéristiques techniques du barrage deurdeur. Direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla). Direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla).

Chapitre III: Présentation du matériel d'échantillonnage pour l'analyse granulométrique.

Tableau III.1 : Classification granulométrique correspond à la norme [française NF P18-560].

Tableau III.2 : répartition des différents types de texture en fonction du diamètre des particules (Coste et Sanglera, 1981).

Liste des figures :

Chapitre I : Transport solide dans les cours d'eau et sédimentation dans les barrages.

Figure I.1 : photo sur l'envasement des barrages. (Ex : B. BAKHADDA TIARET 2008).

Figure I.2 : Phénomènes du processus de sédimentation du barrage. (Couveignes2001).

Figure I.3 : Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990).

Figure I.4 : Classification des Sédiments par Taille selon l'échelle de (Wentworth).

Figure I.5 : Schéma de modes de transport des sédiments.

Figure I.6 : transport des sédiments par le vent.

Figure I.7 : Le diagramme de Hjulstör (Philippe .J 2005).

Chapitre II : La présentation de site d'étude

Figure II.1 : Les Cinq bassins hydrographiques d'Algérie.

Figure II.2 : Le bassin versant de haut –Cheliff (BOUCHEDJA 2012).

Figure II.3 : Carte géologique de la plaine du Haut Cheliff. (Perrodon, 1957).

Figure II.4 : La distance entre 03 Barrages. (Google earth, 2020).

Figure II.5 : Données Cartographiques satellitaire de barrage Harezza (Google earth, 2020).

Figure II.6 : Le bassin versant d'Oued Harezza. (DGF Ain Defla, 2020).

Figure II.7 : Données Cartographiques satellitaire de barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba (Google earth, 2020).

Figure II.8 : Le bassin versant d'Oued Ebda. (DGF Ain Defla, 2020).

Figure II.9 : Données Cartographiques satellitaire de barrage deurdeur (Google earth, 2020).

Figure II.10 : La carte géologique de bassin versant d'Oued deurdeur (M. BOUROUBA 2018).

Chapitre III: Présentation du matériel d'échantillonnage pour l'analyse granulométrique.

Figure III.1 : technique d'échantillonnage par grappillage.

Figure III.2 : La Benne de type Eckman.

Figure III.3 : verrerie de conservation des échantillons.

Figure III.4 : La corde de mesure de la profondeur de l'eau.

Figure III.5 : Le matérielles utilisés pour l'opération de tamisage.

Figure III.6 : Le matérielles utilisés pour l'opération de pipette d'ROBIRSON.

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

ANBT : Agence Nationale des Barrages et des Transferts.

ADE : Algérienne des eaux.

BSMBT : Barrage de Sidi M'Hamed Ben Taïba.

DGF : Direction Générale des Forêts.

MES : Matière En Suspension.

Vs : Vitesse de chute ou de sédimentation (m/s).

Tonnes / km² / an : volume de transport (tonne-kilomètre-dans l'année)

Mv : La masse volumique

Tours / min : tour par minute

°C : degré Celsius.

g/1ml : germes par 1 millilitre.

m³ /j : mètre cube par jour.

m : mètre.

Km² : kilomètre carré.

hm³ : hectomètre cubes.

hm³ /an : hectomètre cubes/année.

Mm : millimètre.

Introduction générale :

La Wilaya de Ain Defla renferme plusieurs barrages tels que (sidi M'Hamed Ben Taïba, Harezza, Ouled Mellouk Deurdeur) qui joué un rôle très important dans la vie quotidien (l'irrigation, utilisation humaine). Ces barrages souffrent d'un problème majeur qui est l'augmentation de taux et volume de sédimentation de dernières années.

Les sédiments sont des particules fins (Argile, Limons) à grossières (Sable), déplacées et transportées grâce, notamment aux actions naturels, climatique ou humaine (travaux d'aménagement, exploitation du sol). Comme que la charge de sédiments jouent un rôle important dans la modification dans la morphologie des barrages. **[Miller et gupta 1999] ⁽¹⁷⁾.**

Puisque ces barrages constituent la richesse en eau de la région, ils doivent être préservée, dans notre étude et selon les recherches sur le phénomène de la sédimentation, et le type de sédiment quelle est la différenciation des particules sédimentaire de chaque barrage, et est la nature géologique des bassins versant influé sur la quantité et le type des sédiments.

L'objectif de ce travail consiste à faire des recherches et des analyses pour déterminer le type et la nature des sédiments dans ces barrages précédents.

Pour réaliser cette étude, nous allons adopter la méthodologie suivante :

- Dans le premier chapitre nous allons donner un rappelle sur la sédimentation des barrages et transport solide.
- La présentation de la zone d'étude on réaliser dans le deuxième chapitre.
- Dans le troisième chapitre, on exposera les différentes méthodes d'échantillonnage et d'analyse ainsi que le matériel utilisé pour effectuer les types des sédiments.
- Notre étude s'achèvera par une conclusion générale.

CHAPITRE 01 :

**TRANSPORT SOLIDE DANS LES COURS D'EAU ET
SEDIMENTATION DANS LES BARRAGES.**

I.1-Introduction:

Ce chapitre donne un aperçu les deux phénomènes la sédimentation des barrages et transport solide. Le phénomène de sédimentation des barrages est le résultat d'un processus naturel d'érosion des bassins versants et de fragilisation des berges des cours d'eau. Et ce phénomène se produit par l'intégration de deux processus. La première étape qui conduit à la fragmentation ou le fractionnement du sol en particules transférable, et la valeur de l'érosion spécifique en Algérie, varie Entre 20 à 500 tonnes / km² / an. Selon les études menées par les deux chercheurs [Heusch, Demmak, 1982] ⁽⁶⁾. Quant à la deuxième étape, elle est représentée dans le transport solide ou transport des matériaux (particules, argiles, limons, sables, graviers,) à travers plusieurs facteurs, et dont le plus important est le transport de l'eau, par des vallées que vous transférez directement au fond des barrages et réservoirs, et par cela, il perd sa capacité utile. Et cause plusieurs problèmes environnementaux et écologiques



Figure(1.1) : photo sur la sédimentation des barrages. (Ex : B. BAKHADDA TIARET 2008).

I.2- La sédimentation :

Une sédimentation est un processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches. Les facteurs induisant la sédimentation peuvent être variés en nombre et en proportion.

Ordinairement la mécanique des fluides joue un rôle prépondérant, ainsi la sédimentation est-elle accrue dans les zones d'hydrodynamisme atténué tels que les retenues et les barrages. En outre, ces couches se forment en raison de l'accumulation de sédiments le cas des graviers et sables grossiers qui sont transportés à travers le phénomène de transport solide, qui finit par prendre une forme ce qu'on appelle la vase.

I.3-Définition de la vase :

- **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). **[Agence de l'eau de France 2002] ⁽¹⁾**
- ❖ Les vases sont des sols contenant plus de 90% de particules inférieures à 0,2mm, dont 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 et les barrages.

I.4-L'effet de sédimentation sur les barrages :

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

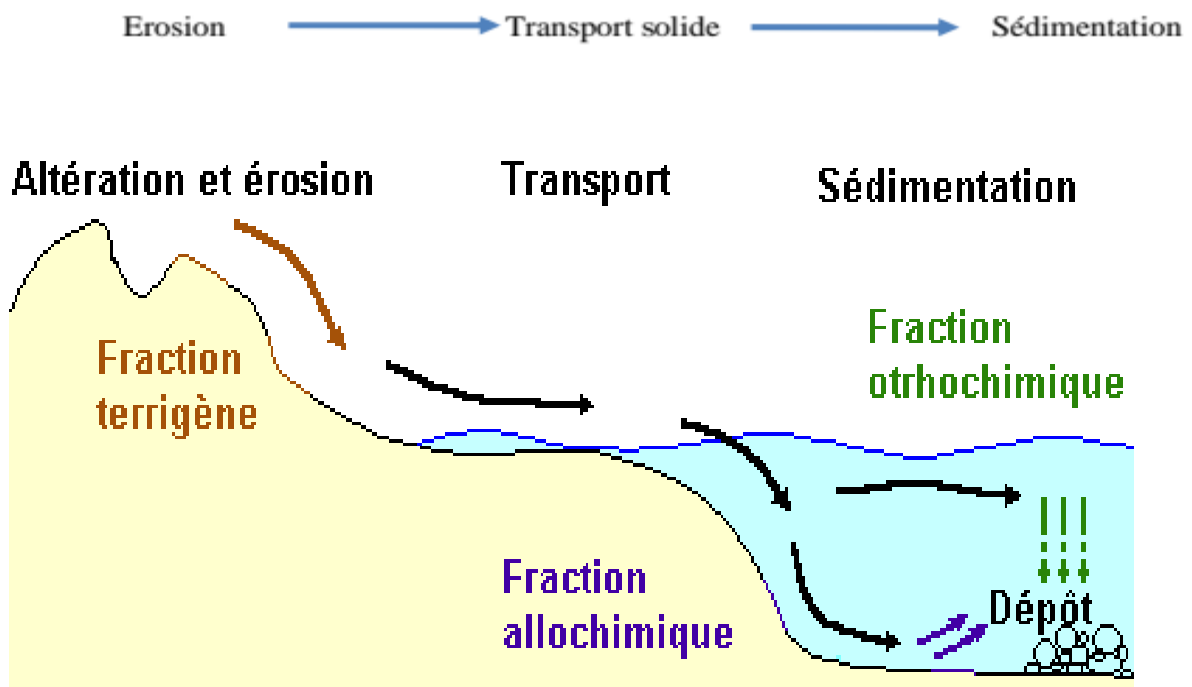
- ✓ **La réduction de la capacité** : chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue.

- ✓ **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. [OUMRANI.N 2009] ⁽¹⁸⁾.
- ✓ **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 déposent dans les réservoirs entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'eau.
- ✓ **La vie aquatique** : L'envasement excessif des barrages modifie les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau et ses effets se font sentir sur l'ensemble de la chaîne trophique. Les fines particules inorganiques sont les sédiments qui causent le plus de problèmes puisqu'elles, entraînent une augmentation de la turbidité et se déposent sur le fond causant une perte d'habitat pour plusieurs espèces aquatiques.

I.5-Causes et Origine de L'envasement :

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 (l'arrachement, le transport et dépôt de matériaux) [SEMCHA 2006] ⁽²⁰⁾.

Depuis quelques siècles, les activités humaines et naturels ont largement contribué à accélérer les processus d'envasement, Parmi elles, l'agriculture est la plus importante. Par exemple, labours, surpâturage, pratiques agricoles inadéquates, teneur en matière organique réduite des agrégats, incendie de forêt [BOU KHEIR et al, 2001] ⁽²⁾. Qui affectent sur capacité du sol à jouer son rôle protecteur et accélèrent l'érosion des berges, en plus les facteurs naturels, qui affecter par la corrosion comme la pluie, le ruissellement et le vent principalement. Toutes ces activités sont considérées comme le premier facteur à l'origine de ce phénomène, est suivie d'un autre phénomène intermédiaire apparent entre l'érosion et le dépôt qui est appelé transport solide, quel est le transfert de matériaux et de particules vers le lieu de dépôt par plusieurs méthodes, dont la plus importante est l'écoulement, et à la fin le processus de dépôt ou la sédimentation, qui est la dernière étape représentée dans le positionnement des particules au fond du barrage (figure 02).



Figure(1.2) : Phénomènes du processus de sédimentation du barrage. (Couveignes2001).

Les phénomènes de l'érosion, le transport et le dépôt de sédiments sont en équilibre et régulière et homogène comme indiqué :

1. **La zone 1:** correspond à la zone de production des matériaux (l'arrachement du sol).
2. **La zone 2:** est celle des transferts des matériaux arrachés en zone 1 (transport solide).
3. **La zone 3:** couvre les sites des dépôts de ces matériaux (retenues et estuaires).

I.6-La composition des vases :

- **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. [Delphine Hardy, Michel 2002] ⁽⁷⁾

IL y a quatre éléments principaux constitués Les vases :

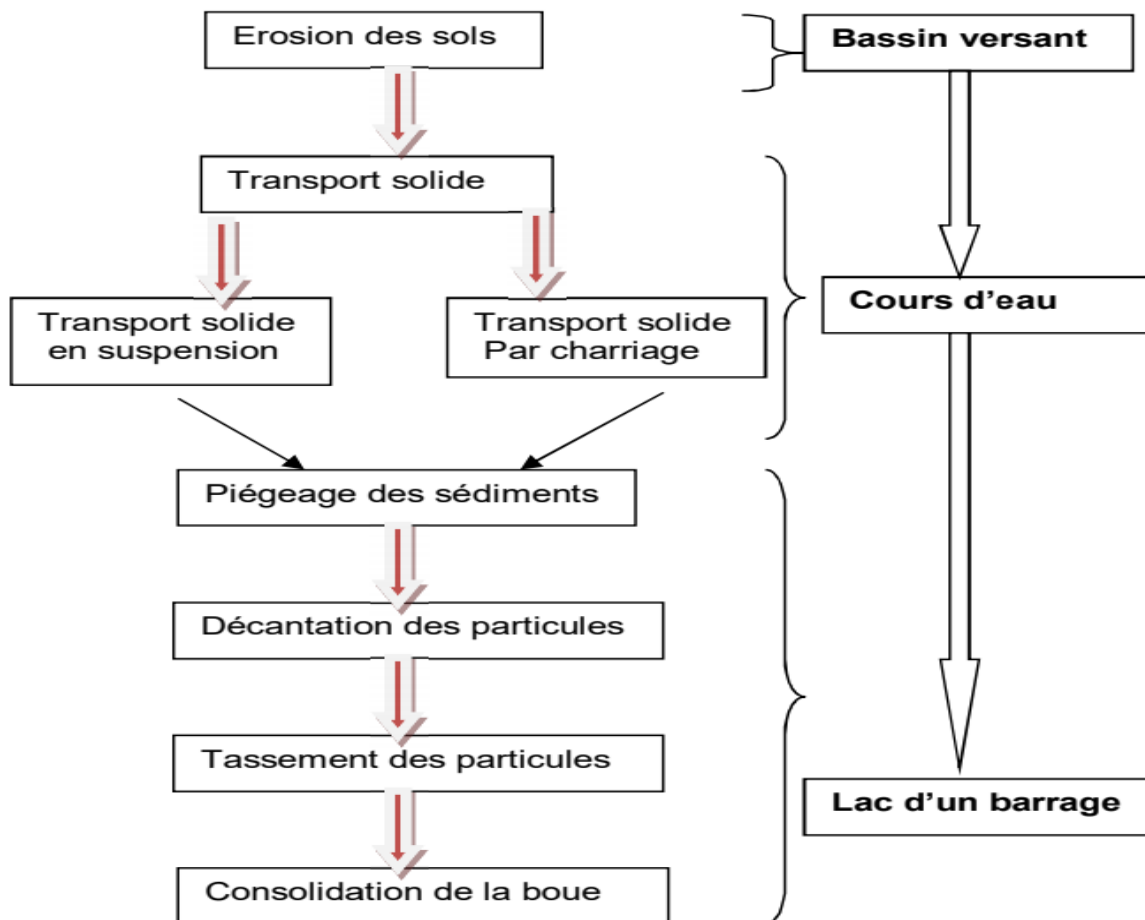
1. La matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates).
2. La fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite).
3. la fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acide fulvique et humiques).
4. Une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

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.

I.7-Etapes de sédimentation d'un barrage :

Le processus de l'envasement d'un barrage débute dans la première phase par l'arrachage des particules fines de leurs positions initiales par le ruissèlement. Dans la seconde phase, les sédiments seront drainés par les cours d'eau jusqu'au barrage. Enfin dans la troisième partie, les particules seront piégées pour se décanter et se tasser au fond du lac du barrage



Figure(I.3) : Processus d'envasement d'un barrage (Remini, 1990)

I.8- Les sédiments :

Les sédiments sont définis comme "un ensemble de particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace et qui a fini par se déposer sous l'effet de la pesanteur, souvent en couches ou strates successives. Un sédiment est caractérisé par sa nature (composition physicochimique), son origine, sa granulométrie" [Guillou N., et al 2010] ⁽¹⁾. et appelés communément vases. Dans le dictionnaire de géologie 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, les éléments décantent et sédimentent, provoquant l'envasement du cours d'eau. Les sédiments peuvent être d'origines naturelles ou anthropiques.

I.9- L'origine des sédiments :

(a) : Les particules d'origines naturelles peuvent être endogène (constituées principalement de matière organiques ou ce qu'on appelle le kérogène. Qui se composé de débris plus ou moins bien conservés de végétaux supérieurs, d'algues ou de particules animales, cadavres [Durand et al., 1972] ⁽⁸⁾. 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.

(b) : Les particules d'origines anthropiques peuvent être minérales ou organique (apports de matière en suspension, de matières organiques, de nutriments ou de micropolluants en raison des rejets agricoles, industriels et domestique). [SCORDIA

Pierre-Yves., 2008] ⁽¹⁹⁾, et que l'ensemble des ces particules est transmise par l'écoulement et formé ce qu'on appelle la pollution et se retrouvent finalement au fond des réservoirs.

I.10- La composition 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.

La composition minérale des sédiments diffère selon leur provenance. Les blocs, les cailloux, les graviers et les sables sont des sédiments terrigènes c'est-à-dire, issus de l'érosion des sols, leur nature chimique dépend principalement des terrains érodés. Ils sont classés en fonction de leurs tailles, on distingue ainsi : les argiles et les limons.

Dénomination	Diamètre (mm)
Argile	$d < 0,002$
Limon	$0,002 < d < 0,063$
Sable	$0,063 < d < 2$
Gravier	$2 < d < 20$
Cailloux	$20 < d$

Tableau (I.1): Classification granulométrique [Coste et Sanglera, 1981].

La fraction fine, relative aux particules inférieures à 80 (μm), est la fraction caractéristique de toute vase. Cette fraction engendre généralement des comportements complexes provoqués par les interactions entre les particules

minérales, les interactions de ces particules avec l'eau contenue dans le milieu, les ions présents dans le milieu, et aussi les éléments organiques.

La taille des cations va aussi jouer son rôle, car plus ils seront de grosse taille, plus ils auront de difficultés à s'insérer entre les feuillets, et donc à jouer un rôle dans le comportement des matériaux fins.

I.11- Propriétés des sédiments :

Les sédiments sont des matériaux fragmentaires, principalement formés par la désintégration physique et chimique des roches de la croûte terrestre. De telles particules varient en taille, de gros rochers à des fragments de taille colloïdale, et varient en formes, arrondies à angulaires. Ils varient également en poids spécifique et en composition minérale, les matériaux prédominants étant les minéraux de quartz et d'argile. Par conséquent, il existe une différence fondamentale de comportement entre les sédiments sableux et les matériaux argileux [Yang, 2003] ⁽²¹⁾

- Donc les sédiments se distinguent par leur propriétés physiques et chimiques vis à-vis du transport solide.

A. Densité :

Des sédiments secs par unité de volume humide son obtenue en divisant le poids d'une quantité de sédiments secs, par le volume qu'elle occupait avant séchage. Cette valeur participe à la caractérisation de la nature des sédiments

B. Porosité :

La porosité du matériau sédimentaire est souvent liée à l'histoire de dépôt des sédiments du lit. En effet, la porosité des grains du fond.

C. Forme :

Ce facteur a influence sur le volume de transport solide.

Les particules de schistes ou d'ardoise, par exemple reposent sur le fond, de façon à offrir le minimum de prise ou courant. Ce la veut dire que, pour une telle particule, la force tractrice n'est pas la même que pour une particule plus arrondie de même volume, les caractéristiques du mouvement s'en trouvent modifiées.

La forme exacte d'une particule sédimentaire n'est pas sphérique, il est donc difficile de trouver une spécification exacte de sa géométrie. Par exemple la forme d'une particule de sable est plus ou moins ronde [Hassanzadeh et al, 2011] ⁽¹⁴⁾

D. La masse volumique de la particule :

La masse volumique a par conséquent un effet important sur le mouvement. Les sédiments naturels peuvent appréciables. Il en résulté une sélection des particules et des effets d'érosion ou de dépôts différentiels. (Le poids de particule dépend de sa taille, et sa masse volumique).

E. Taille des particules :

Les sédiments d'origine naturelle sont généralement composés des particules de taille variée. Les tailles vont d'un diamètre équivalent de plus de 2 mètre (très gros rocher roulant dans le lit des torrents de montagne), jusqu'à moins de $5 \cdot 10^{-4}$ mm (argile très fine restant presque indéfiniment. En suspension sans flocteur).

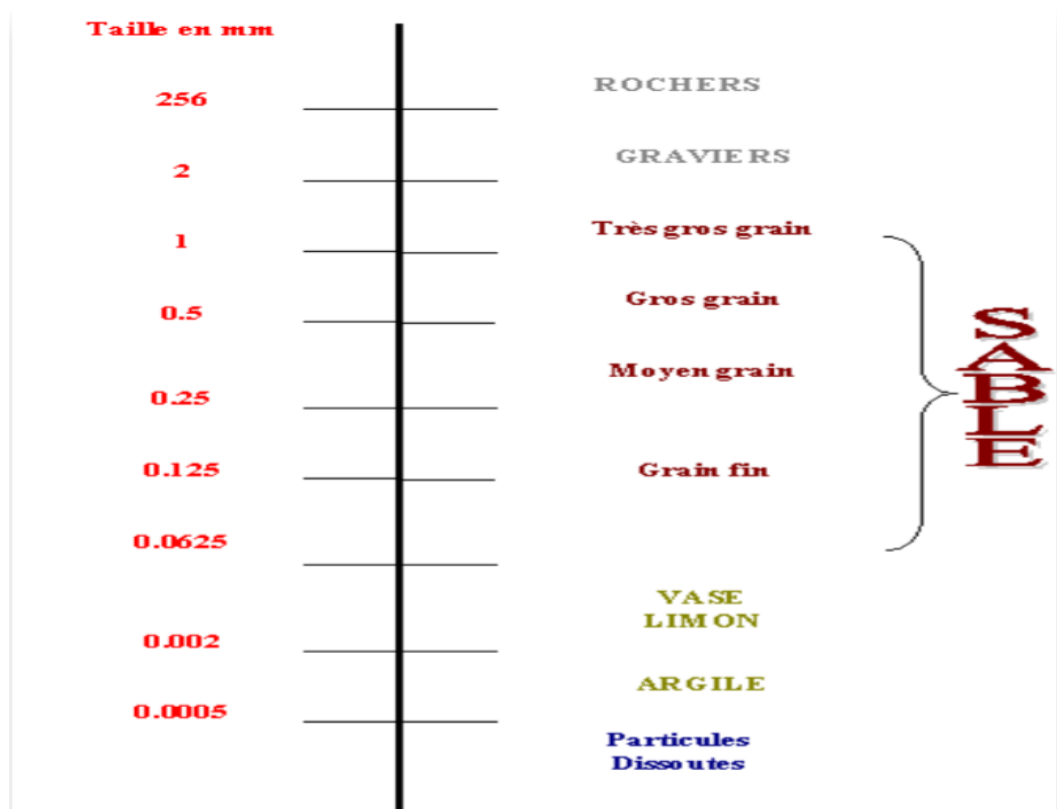


Figure (I.4) : Classification des Sédiments par Taille selon l'échelle de (Wentworth).

I.12- Le rôle écologique des sédiments :

Les sédiments contribuent au bon fonctionnement des biocénoses aquatiques et Terrestres aussi le substrat alluvionnaire joue différentes fonction dans les cycles biologiques.

Il est important de noter que tous les animaux et végétaux n'utilisent pas les mêmes granulométries ni les mêmes caractéristiques hydrodynamiques (vitesse et hauteur d'eau), d'où l'importance de la variété des dépôts alluvionnaires [J. Charrais, 2013] ⁽³⁾.

rôle écologique dans un barrage	rôle écologique dans un cours d'eau
<p>✓ habitat d'alimentation : du fait des interstices résultant de l'agencement des alluvions grossières dans lesquels circulent ou se stockent la matière organique et des organismes vivants.</p>	<p>✓ habitat de reproduction : en tant que support de ponte pour les poissons et les invertébrés sur les substrats submergés, et pour les oiseaux, les insectes et autres invertébrés sur les substrats émergés</p>
<p>✓ Le substrat (sédiments grossiers) participe également à l'auto-épuration de l'eau en favorisant les processus biologiques de dégradation de la matière organique et les cycles biogéochimiques (cycle de l'azote et du phosphore).</p>	<p>✓ habitat de refuge : vis-à-vis des conditions hydrauliques et des prédateurs (ex: protection des œufs, zone de croissance des juvéniles, camouflage de certaines espèces, refuge pour les invertébrés, etc.)</p>
<p>✓ Les sédiments constituent en tant qu'écotone roche-mère/eau un habitat colonisé par des espèces spécifiques (fouisseuses) qui y jouent un rôle majeur (épuration, aération, fermentation, bioturbation). Cette écotone possède un rôle de puits de carbone. Quand il est fin et riche en matière organique il consomme de l'oxygène² et devient anoxique. [Edwards, et al, 1965] ⁽¹⁰⁾.</p>	<p>✓ Les sédiments fins, support de ponte et fonction d'abri) ce qui impacte par conséquent les peuplements faunistiques et floristiques.</p>

I.13- Transport sédimentaire dans cours d'eau :

Après la phase de détachement des matériaux sur les versants, ces derniers sont pris en charge par les cours d'eau qui les transportent vers l'aval. Les caractéristiques de ces sédiments en transfert constituent ainsi un facteur essentiel à la détermination des mesures les plus adéquates à leur gestion. On distingue deux types de charge inhérents à la taille des éléments les constituants, à la matière en suspension (MES) et à la charge de fond.

- Quelques données sur le transport solide:
 - ❖ 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 [Graf, 2000] ⁽¹³⁾.
 - ❖ Le transport total de sédiments par l'eau est l'ensemble de transport de particules solides qui se passe dans une section du cours d'eau [Graf, 1996] ⁽¹²⁾.
 - ❖ Les cours d'eau peuvent aussi transporter d'autres types de matériaux solides entre autres, les arbres arrachés aux berges ou au lit majeur, et la glace [Degoutte, 2001] ⁽⁴⁾.
 - ❖ Les sédiments quand ils sont transportés, peuvent l'être de plusieurs façons. Plusieurs modes de transport sont alors définis [voir par exemple Fredsøe et Deigaard, 1992].

On classe habituellement le transport de sédiments dans un cours d'eau en différents modes (figure 05):

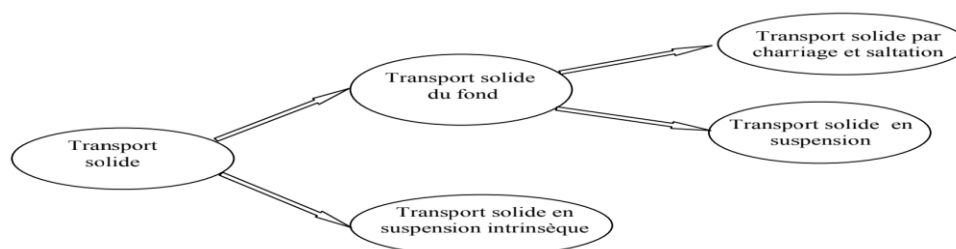


Figure (I.5) : Schéma de modes de transport des sédiments (couveignes, 2001).

(1)- transport en suspension :

La (MES) ne concerne que les éléments les plus fins des matériaux transportés généralement en suspension, par les cours d'eau sans réelle interaction avec le fond du lit. Ces derniers se trouvent dans la tranche supérieure de la lame d'eau et connaissent un déplacement rapide. Les éléments en suspension constituent la fraction la plus importante des sédiments en transfert mais ne représentent qu'une faible proportion de la masse totale en déplacement (environ 10%).

Ces particules sont entraînées par le courant sans jamais se déposer sur le fond. Elles se déplacent par bonds et restent souvent entourées d'eau. La suspension est un état d'équilibre purement mécanique entre les forces de gravité qui ont tendance à entraîner les particules vers le fond de la rivière, suivant la loi de chute, à chacune de ces particules (V_s), et les échanges turbulents de quantité de mouvement qui tendent à homogénéiser la concentration le long d'une verticale [De Linares, 2007]⁽⁵⁾. Ce mode de transport concerne les particules relativement fines (argiles, limons et sables fins, etc. ...).

(2)- : transport par charriage :

La seconde partie des matériaux pris en charge par les cours d'eau concerne la charge de fond qui désigne les matériaux grossiers se déplaçant en continue (roulement ou glissement) ou de manière intermittente en contact avec le fond du lit (saltation). Dans une grande majorité des cours d'eau la charge de fond correspond à une petite fraction (moins de 15%) de la charge totale.

Les particules restent en contact étroit avec le fond et se déplacent en glissant, roulant ou sautant, le courant ne peut pas les mettre en suspension. Elles se déplacent alors en contact quasi-permanent avec le fond. Les poussées hydrodynamiques deviennent juste suffisantes c est atteinte. Dès τ pour commencer à entraîner le matériau de fond, la force tractrice critique que cette valeur de force est dépassée, le

mouvement de charriage commence [De Linares, 2007] ⁽⁵⁾. Ce mode de transport concerne les particules relativement grandes (sables, graviers, galets et blocs, etc.).

(3)- : transport par saltation :

Le terme de saltation est parfois employé pour désigner un type de transport intermédiaire se produisant légèrement au-dessus du niveau où se développe le charriage « pur ». Certaines particules progressent par bonds successifs et se trouvent tantôt sur le fond et tantôt au sein de l'eau : c'est la saltation. Ce phénomène ne possède pas de théorie particulière. Il est considéré avec le charriage [Degoutte, 2001] ⁽⁴⁾.

I.14- Les principaux agents de transport des sédiments dans la nature :

Un sédiment est une particule de taille et d'origine variables, détachée de sa matrice originelle par des phénomènes d'érosion et transportée par la gravité, l'eau, le vent ou la glace. Leur dépôt sur une superficie de taille variable est à l'origine de la formation de couches sédimentaires [Dreano, 2009] ⁽⁹⁾.

(a)- Le vent :

Pour le vent, l'explication est plus concrète. Tout d'abord, le vent est le principal agent de transport dans régions sèches où la végétation est quasi-inexistante comme les déserts, qui représentent un tiers de la surface terrestre. Le vent balaie donc les particules au niveau des surfaces sans humidité ni végétation, qui ont tendance à retenir ces particules, celles-ci sont ainsi facilement transportées selon trois modes qui sont presque les mêmes que pour l'eau :

-Le roulement, ou traction, qui concerne les plus grosses particules.

-La saltation, comme vu précédemment, qui concerne les particules de taille moyenne.

-La suspension, qui concerne les particules les plus fines et qui sont souvent transportées sur de très longues distances.

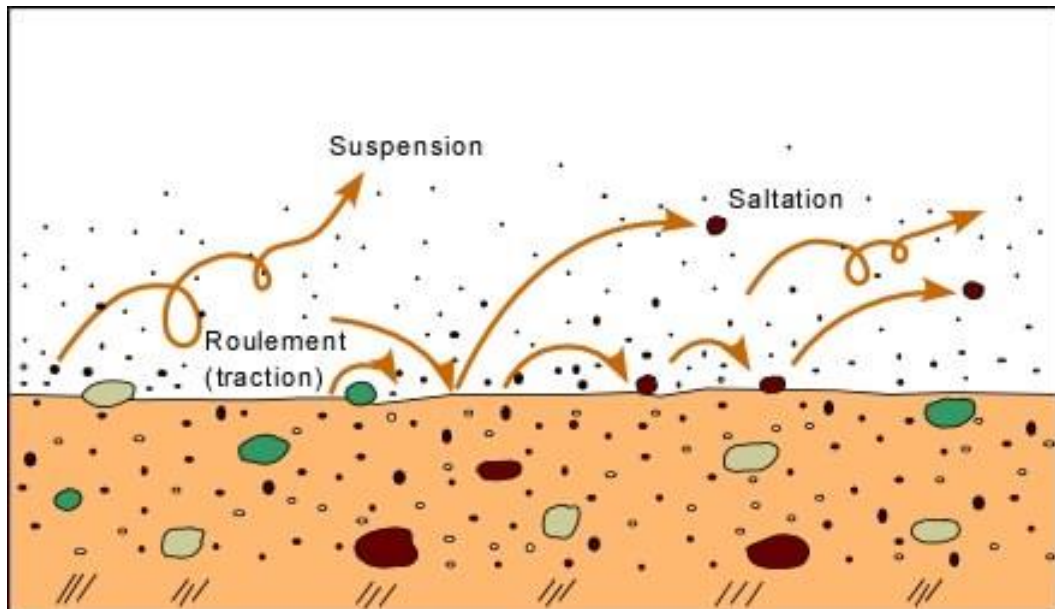


Figure (1.6) : transport des sédiments par le vent

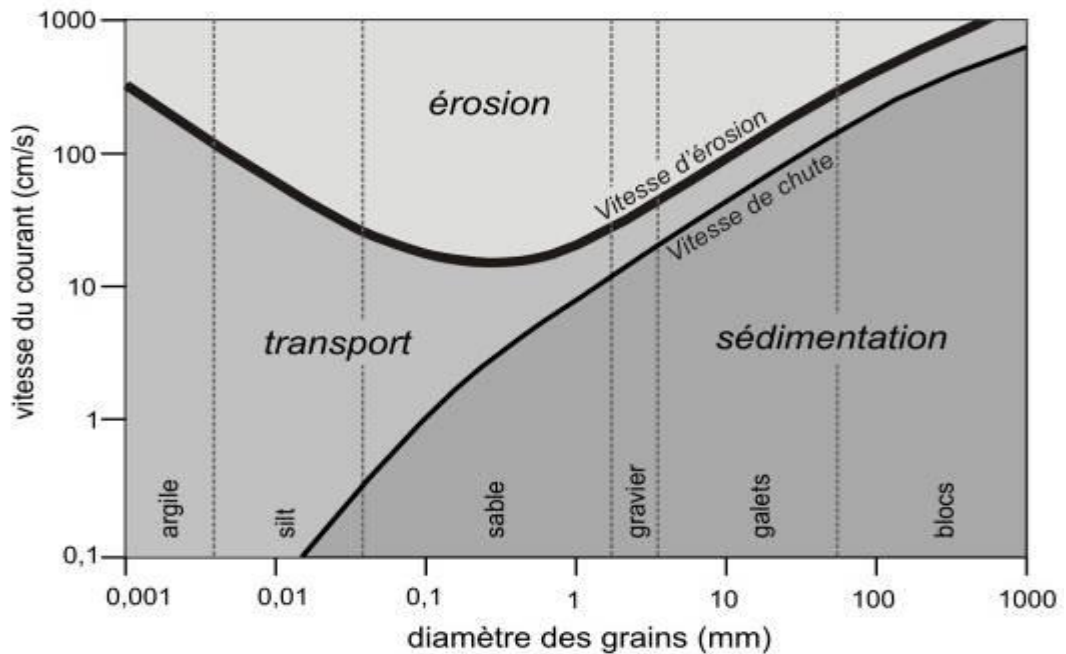
(b)- La glace :

Plusieurs théories existent pour expliquer la propriété glissante de la glace, mais aucune ne peut être totalement admise, du moins sans poser de problèmes. Néanmoins, certaines semblent plus semblables. Prenons donc la théorie selon laquelle les sédiments ne glissent pas directement sur la glace mais sur une très fine particule d'eau créée par la pression, et qui se solidifierait à nouveau en glace directement après le passage de ceux-ci. En effet on peut aisément s'apercevoir que lorsqu'on appuie sur un bloc, car l'eau devient liquide puis se solidifie puisqu'on peut après cette manipulation soulever le bloc.

(c)- l'eau :

Comme énoncé précédemment, l'eau est un agent d'érosion, mais est également le principal agent de transport. On peut donc se demander comment l'eau transporte les sédiments vers un bassin océanique. Ce transport dépend de plusieurs facteurs :

- le débit de l'eau, est le volume d'eau qui passe dans une section pendant une durée, il s'exprime généralement en $m^3.s^{-1}$.
- la capacité d'un cours d'eau est la charge solide maximale que peut transporter un cours d'eau en un point donné, par unité de surface et par unité de temps.
- la compétence exprime la possibilité pour un cours d'eau d'entraîner un matériau de poids maximum, compatible avec sa vitesse.



Figure(1.7) : Le diagramme de Hjulstöröm (Philippe .J 2005)

Hjulstöröm, 1935 a montré qu'il existait trois zones: la zone supérieure d'érosion, par un minimum vers 100 microns, la zone inférieure de sédimentation, et entre les deux, une zone de transport. Donc ce diagramme met en relation l'érosion, le transport et la sédimentation des particules selon leur dimension (en mm) et la vitesse du courant (en cm/s). Par exemple, une particule de 0,1mm sera transportée à partir

d'une vitesse de 2cm/s et sera érodée à partir d'une vitesse de 20cm/s. En-dessous de 2cm/s, la particule se dépose.

Les sédiments ainsi formés seront d'abord des alluvions, c'est-à-dire le dépôt est parfois situé très loin de la partie d'origine de ses éléments. Les alluvions sont susceptibles de se transformer ensuite, par cimentation naturelle, en roches sédimentaires détritiques indurées. Par cycle (altération-transport-sédimentation) peut se reproduire plusieurs fois au cours des temps géologiques.

Le faciès des sédiments sera lié à ses conditions de dépôt, en milieu marin, en milieu lagunaire, en milieu lacustre. Les principaux processus de formation et d'évolution des matériaux sédimentaires.

I.15- Les processus de sédimentation :

La désagrégation et l'altération des matériaux rocheux fournissent une matière meuble désorganisée et peu résistante, qui peut être entraînée par la gravité et les agents d'érosion. En particulier, les agents de transport (vent, eaux, glace) vont transporter la matière meuble jusqu'à une nouvelle situation d'équilibre où une sédimentation.

La sédimentation est un processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches. Les facteurs induisant la sédimentation peuvent être variés en nombre et en proportion.

I.16- Conclusion

Le phénomène de sédimentation des barrages et l'effet de sédiments qui pose plusieurs problèmes tel que la réduction de capacité et la sécurité de l'ouvrage, la dégradation de qualité d'eau et Obturation des organes de vidange, et ces sédiments sont des matériaux solides particuliers d'origine naturelle et anthropiques d'une propriétés

Chapitre 01 : transport solide dans les cours d'eau et sédimentation dans les barrages.

physiques et chimiques (forme, taille, Mv de particule, densité, porosité, etc.) qui véhiculés par l'eau grâce à plusieurs manières, finissent par décanter sur le fond.

Chapitre 02 :
LA PRESENTATION DE LA
ZONE D'ETUDE

II.1- Introduction :

Le présent chapitre donne un aperçu traitant la présentation de site d'étude qui comprend les trois barrages, et pour faciliter la détection du site, nous avons mené une étude approfondie selon la répartition des bassins hydrographiques en l'Algérie (figure 01), notamment le bassin de Haut Cheliff, avec les caractéristiques climatiques, hydrologiques et géologiques de bassin, et l'étude de l'emplacement, et les caractéristiques spécifiques de chaque barrage pour comprendre la relation et la comparaison entre eux.

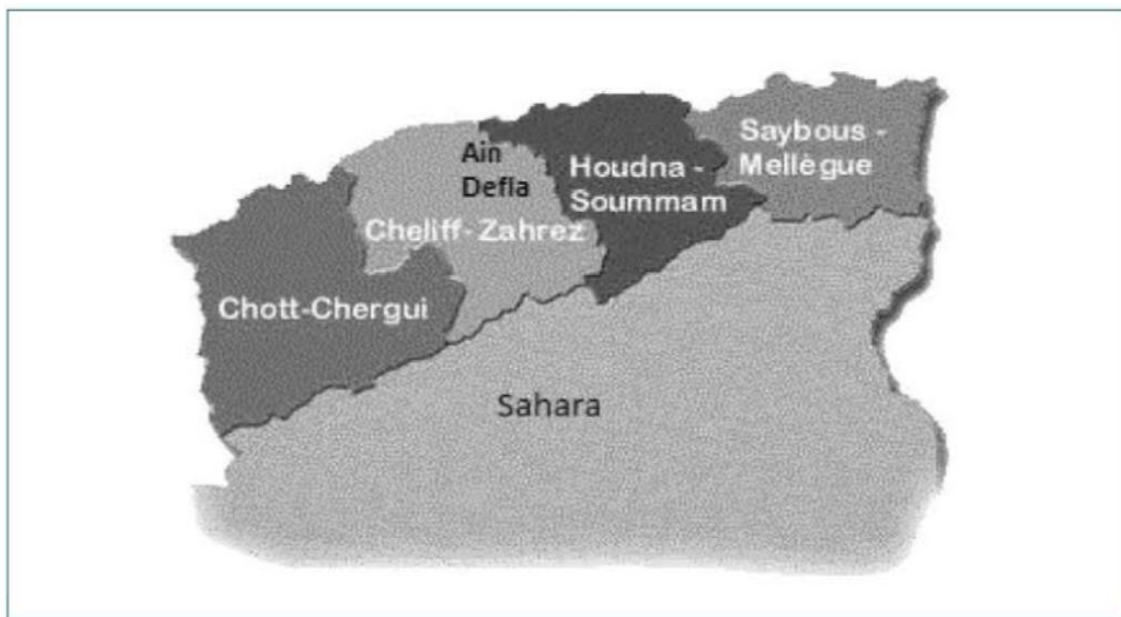


Figure (II.1) : Les Cinq bassins hydrographiques d'Algérie (BOUCHEDJA 2012).

II.2-Bassin hydrographique de trois barrages :

Les limites d'un bassin hydrographique sont constituées par la ligne de partage des eaux superficielle, déterminée par l'hydrographie de la zone de drainage, et à travers la division hydrographique en Algérie, on voit que les trois barrages sont situés exactement à plaine du Haut Cheliff ou plaine de Khemis-Miliana.

- Le Haut Cheliff, situé au Nord de l'Ouarsenis, est allongé grossièrement d'Est en Ouest sur plus de 60 Km de long et une moyenne de 25 Km de large.

Le Haut Cheliff, fait partie du sous bassin hydrographique de Cheliff, qui à son tour fait partie du bassin hydrographique Cheliff-Zahrez, Et qui situé à 120 km au sud-ouest d'Alger, entre 36°12' et 36°30' de latitude Nord et 2°02' et 2°44' de longitude Est dans la vallée de l'oued Cheliff, entre les massifs du Dahra et ceux de l'Ouarsenis, au nord de l'Algérie. Elle a une superficie 21.035 km², Sa longueur est d'environ 50 km pour une largeur de 10 à 20 km. Et couvre 2 communes de la wilaya de Médéa ; et 12 communes de la Wilaya de Ain Defla, entre eux (Bordj Emir Khaled, Djelida, Arib) sur une superficie de 360 km² soit 7 % du territoire de la wilaya.

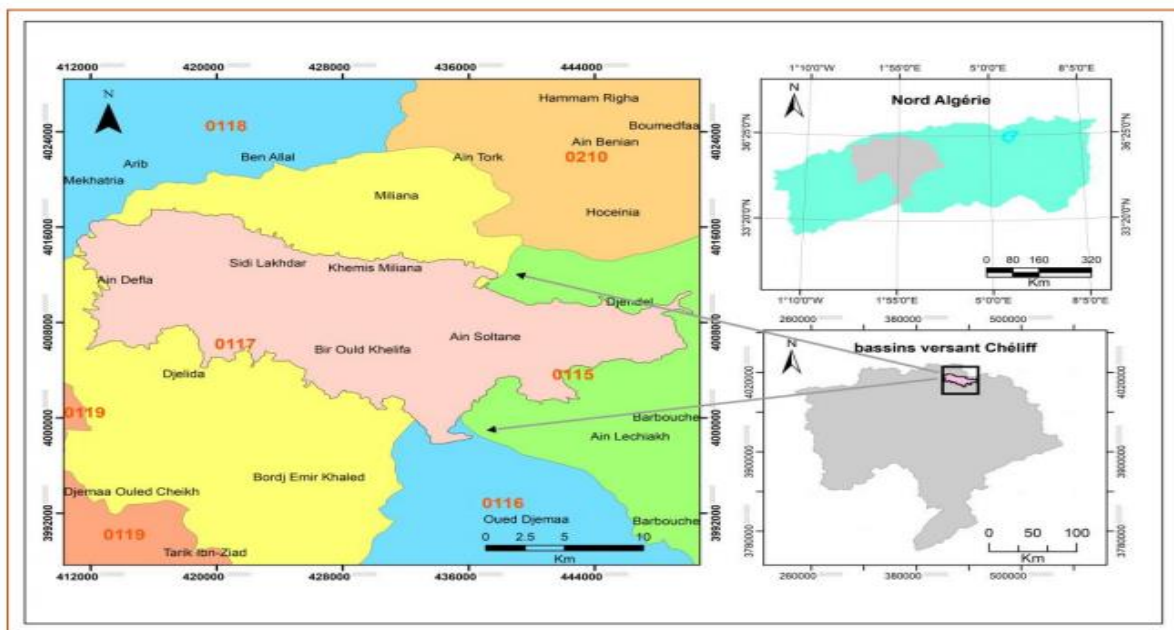


Figure (II.2) : Bassin versant de haut –Cheliff.

II.3- Climat du haut –Cheliff :

En étudiant des caractéristiques climatiques du site, qui sont la température de l'air, précipitations et l'évaporation, selon les données des stations météorologique, il est devenu que l'emplacement des trois barrages est caractérisé par un climat généralement Méditerranéen semi-aride, caractérisé par hiver froid et rigoureux mois de (Décembre, Janvier, Février) et printemps écourté (Mars, Avril, Mai) d'une température de 20 °C avec une été très chauds et secs s'étend sur mois de (Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre) d'une température de 40 °C, Avec des masses d'air Chaud à

partir du mois de mai, et un automne très bref s'étend de Mois (Octobre, Novembre). Avec une pluviométrie moyenne annuelle variable entre Variable (300 à 500 mm/an), Caractérisée par des précipitations très dense et forte Surtout sur les altitudes plus Elevée, Avec neige tombée sur les hauteurs qui touché 600 (m). Comme les versants Sud du Zaccar et Nord de l'Ouarsenis, Il s'avère donc qu'il y a une Série d'étages climatiques (subaride au fonde et subhumide sur les reliefs). Avec une Evapotranspiration annuelle varie entre (1200 à 1500 mm).

II.4- Géologie du bassin versant du Haut Cheliff :

La plaine du Haut Cheliff est limitée au Nord par les calcaires dolomitiques du djebel Zaccar (1 578 m d'altitude) et les grés de djebel Gantas, et au Sud par les premiers contreforts du massif de l'Ouarsenis marno-argilo-gréseux. On y pénètre à l'Est par le seuil de Djendel à 308m d'altitude et on en sort à l'Ouest par le seuil de D'oui à 248m [Mania 1990].

Le plaine de Khemis-Miliana correspond à une dépression subsidient constituée essentiellement par des alluvions primaires et jurassiques de Zaccar et du Doui oriental. S'étend sur le substratum Crétacé du sillon subsidient Tallien, entre le massif de Boumaad et les contreforts du Ouarsenis. Ceci est dû à la superposition de plusieurs phases de plissements et de déformation à partir de l'âge primaire, secondaire et tertiaire (figure 11).

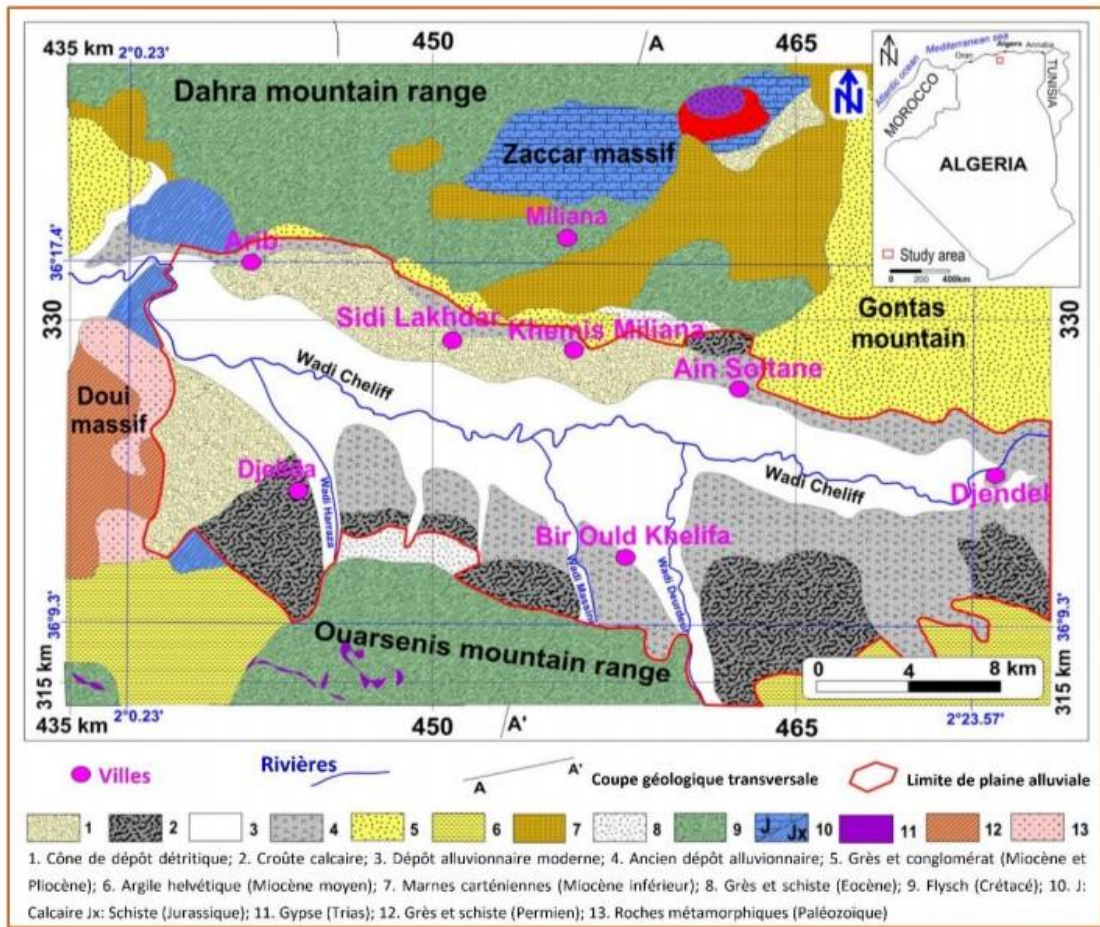


Figure (II.3) : Carte géologique de la plaine du Haut Cheliff. (Perrodon, 1957).

Et dans la plaine du Haut Cheliff, il est possible de distinguer trois principaux types de sols :

1. **Les sols rouges** : sont des sols sablo-limoneux sur grès calcaire pauvres en (MO) et Plus sensibles à l'érosion puisqu'il contient plus quantité de sable avec une perméabilité moyen
2. **Les sols Brunes** : sont des sols calcaires et colluvions.
3. **Les sols verts** : sont des sols argilo-limoneux sur marnes caractérisé par une Faible perméabilité et résistants à l'érosion.

II.5- Réseau hydrographique du haut Cheliff :

Le réseau hydrographique de haut Cheliff qui représente l'eau totale du bassin (Eaux de surface et souterrain) comme les oueds et les barrages, les nappes et est divisé en Plusieurs sous bassins versantes selon les petite Oueds (Tableau 02) qui à leur tour se alimenté par les Barrages et coulée dans le oued principale de Chleff qui traverse et reliée à 09 états d'une longueur de 725 km² et d'une superficie de 43,750 km².

Tableau (II.1) :-Les Bassin versant du Haut Cheliff

N°	Bassin versant	Superficie (km ²)	Code ANRH
01	Oued Cheliff Harreza (Haut Cheliff)	754	01 17
02	Oued Deurdeur (Haut Cheliff)	851	01 16
03	Oued Ebda (Haut Cheliff)	660	01 18
04	Oued Rouina Zeddine (Haut Cheliff)	890	01 19
05	Oued Cheliff Tighzel (Haut Cheliff)	581	01 20
06	Oued Cheliff Harbil (Haut Cheliff)	780	01 15
07	Oued Cheliff Ghrib (Haut Cheliff)	1378	01 14

Source: ANRH (2020).

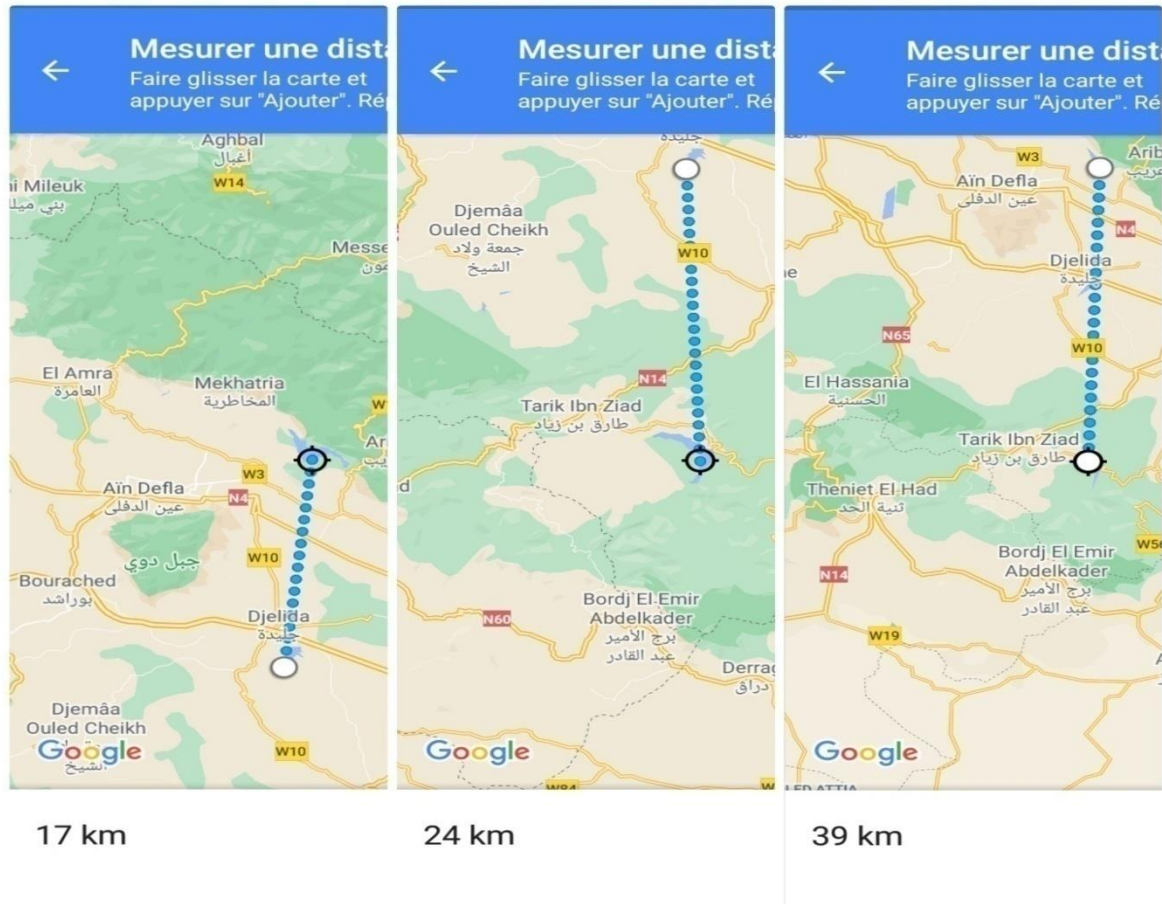
II.6- Positionnement des trois barrages :

Les 03 barrages sont situés sur un seul escalier, sous la forme d'une ligne verticale allant du barrage deurdeur barrage SMBT avec le barrage harezza au milieu. Ils sont séparés par la vallée principale d'oued Chleff sur laquelle se trouve le barrage de Harezza à une distance de **05 km** et sur le côté sud d'oued le barrage de deurdeur par une distance de **14 km** et du côté nord, le barrage SMBT est situé à une distance de **04 km** quant la distance entre les 03 barrages, elle indiquées dans le tableau 03 et (figure 04).

Barrage A	Distance (km)	Barrage B
SMBT	17 (km)	Harezza

SMBT	39(km)	Deurdeur
Harezza	24(km)	Deurdeur

Tableau (II.2) : La distance entre les 03 Barrages.



Figure(II.4) : La distance entre 03 Barrages (Google earth, 2020).

II.7: **Barrage Harezza :**

1- Définition

Le barrage de Harreza se trouve à 15 km au Sud-Ouest de la ville d'El-Khemis, sur l'Oued Harreza, qui est un affluent en rive gauche de l'Oued Cheliff. Il est destiné à satisfaire Partiellement les besoins en eau d'irrigation de la haute plaine rive gauche du Cheliff, par stockage des eaux de l'Oued Harreza et par pompage de l'Oued Cheliff à partir de la station d'el-khemis II. A l'emplacement du site du barrage de Harreza, la superficie du barrage est de 142 km². (ANBT).



Figure(II.5) : Données Cartographiques satellitaire de barrage harreza (Google earth, 2020).

2- Les caractéristiques techniques du barrage harreza. Tableau (II.3) :

Barrage	Harreza
Type	Terre
Oued	Oued harezza
Mise en service	1984
Hauteur	38 m
Surface de bassin versant	143 km ²
Capacité initiale	70.00 hm ³
Capacité dernier levé (2004)	76.65 hm ³
Taux d'envasement	01 %
Apport moyen interannuel de bassin versant	30.80 hm ³ /an
précipitation moyenne annuelle	450 Mm
Longueur	1800m

Source : direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla).

3- Le bassin versant de barrage :

Le bassin versant de l'Oued Harezza (attribué du code 0117) par les services de l'ANRH fait partie du bassin de l'oued Cheliff. Situé à 120 Km à l'Ouest d'Alger, entre les coordonnées géographiques 2° et 2°40' de Longitude Est et entre 36° et 36°40' de latitude Nord, d'une altitude moyenne de 450 mètres, il draine une superficie de 143

Km2. L'Oued Harezza parcourt distance de 40,5 Km suivant une orientation Sud-est vers l'Ouest, au Sud du bassin, le relief atteint une altitude de 765 mètres, tandis que le point le plus bas est À l'exutoire avec une altitude de 313 mètres. [Megueni et Remini, 2008] ⁽¹⁵⁾.

Le bassin versant de l'Oued Harezza, est traversé par l'oued Harezza sur une longueur de 40,5 Km, ce dernier alimente le barrage de Harezza. Et se trouve dans le territoire de la Commune de Djemaa Ouled Chikh et Djelida et se situe dans le coté sud du chef-lieu de Wilaya de Ain Defla. Et se nourrit de la vallée principale (oued harezza), et oued Slimane qui Drainant la partie Ouest du bassin versant. Et Oued Dar Emial du côté Est qui se jeter dans L'Oued harezza.

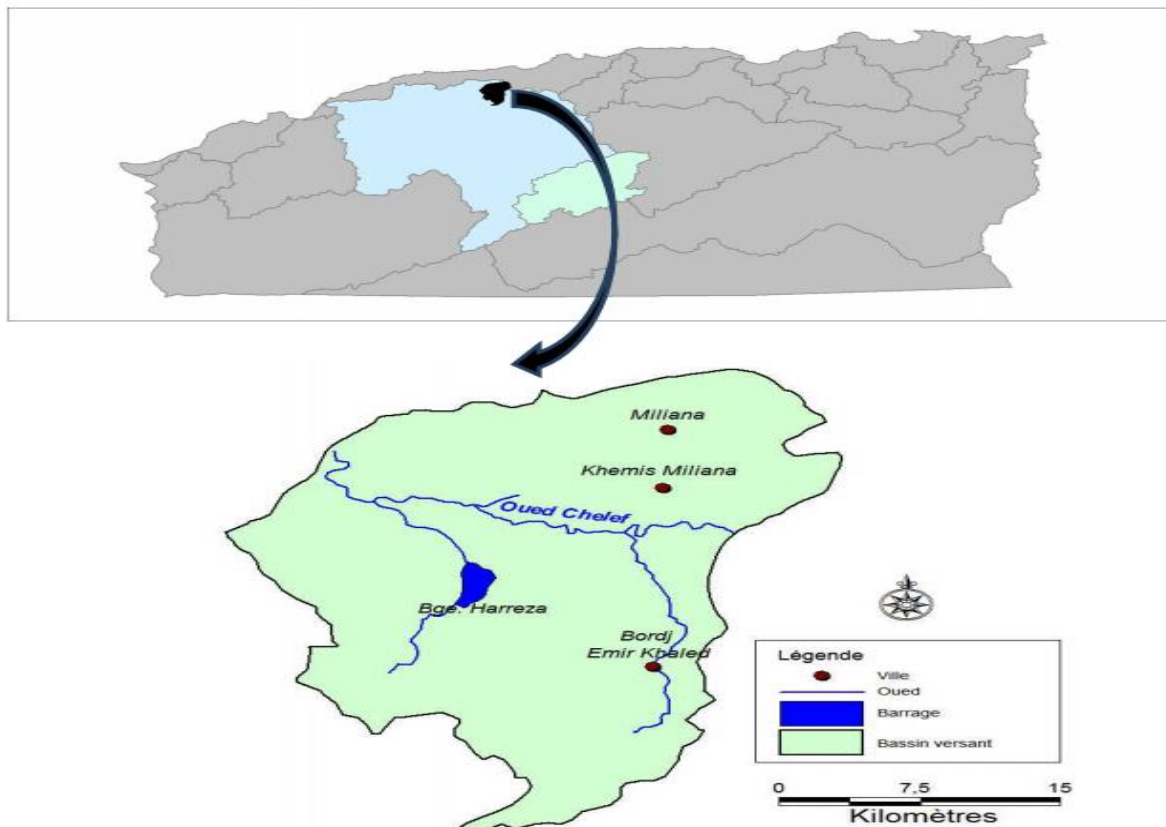


Figure (II.6) : Le bassin versant d'Oued Harezza. (DGF Ain Defla, 2020).

4- La géologie de bassin versant :

Le fond du barrage harezza se compose par de substratum d'un type de sédiment généralement limons en plus l'argile et le calcaire, marne par des proportions variables. Cela a à voir avec le bassin versant qui l'entoure.

Pour faciliter l'étude de la géologie du barrage, il a été étudié partiellement, et que le barrage repose sur :

- En rive droit : sur des matériaux des schistes.
 - En rive gauche : sur des matériaux argilo-détritiques.
 - En fond de la vallée : sur des limons argileux.
- **En rive droite** : la formation est datée de l'Albien (Crétacé moyen). Au-dessous du Substrat se compose de grosses rochers de couleur jaune et de petits rochers de couleur gris Foncé, ce qui qu'ils sont très solides et À l'intérieur de ces roches, il y a également de petits niveaux de sièges en en quartz pour de grands sièges, avec de grands plis en morceaux, aussi au pied de la plage, on trouve les galets enveloppés, ainsi que la boue rouge et dans la digue auxiliaire la fondation de base des schistes était Recouverte d'une couche de matériaux Argilo-détritiques.
- **En rive gauche** : sur une pente très douce affleurent des terrains de couleur rouge. La formation appartient au Miocène qui recouvre la couche de l'Albien et constituée de matériaux argilo Détritiques présentant parfois un faciès conglomératique Détritiques présentant parfois un faciès conglomératique. Au large de cette rive, un encroutement calcaire masque partiellement le substratum, constitué soit Par la série argilo-détritique du Miocène soit par des schistes de l'Albien.

Le fonde de la vallée : et occupé par une terrasse Limoneuse récente constituée de Limons argileux bruns, reposant soit directement Sur le substratum de l'Albien soit sur des Alluvions appartenant au Miocène. Sur une partie De la largeur de la vallée, Cette terrasse Domine une couche d'alluvions de l'ordre de 4 m d'épaisseur. (DGF Djelida ; 2020).

II.9- Barrage sidi M'Hamed Ben Taïba.

1- Définition :

Le barrage de Sidi M'Hamed Ben Taïba est implanté sur l'oued Ebda, affluent rive droite de l'oued Cheliff, est situé dans la commune d'Arib à environ 15 km au Nord Est de la ville de aine Defla, et destiné à la double destination: satisfaire les besoins pour l'irrigation du périmètre d'El Amra – Abadia d'une surface de 8500 hectares et assurer l'alimentation en eau potable des six villes : Khemis miliana, Sidi Lakhdar, Arib, Ain Defla chef-lieu, Mekhatria et El Amra. (ANBT).



Figure(II.7) : Données Cartographiques satellitaire de barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba

(Google «earth, 2020)

2- Les caractéristiques techniques du barrage (SMBT). Tableau (II.4) :

Barrage	Sidi M'Hamed Ben Taïba (SMBT)
Type	Terre
Oued	Oued Ebda (farhat ;El-Had)
Mise en service	2005
Hauteur	62 m
Surface de bassin versant	276 km²
Capacité initiale	75 Hm³
Capacité dernier levé	/
Taux d'envasement	/
Apport moyen interannuel de bassin versant	76 Mm³/an
précipitation moyenne annuelle	938 Mm
Longueur	/

Source : direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla).

3- Le bassin versant de barrage :

Le bassin versant de l'Oued Ebda (attribué du code 01 18) est la plus grande superficie par rapport au barrage de Harezza, d'une superficie estimée à environ 276 km² et périmètre de 70 km avec une altitude minimale 275 m et altitude maximale de 1530 m. qui alimenté par cours d'eau de oued Ebda d'une longueur de 75 km, qui est formé par la confluence de (oued el had sur Partie Est du bassin qui provenant de montagne Boumad et oued farhat qui Provenant de la Montagne de Bssera sur la partie ouest du bassin), est formée principalement de montagnes dont l'orientation est Nord-Est, Sud-ouest. D'une terrain globalement de calcaires (djebel Zaccar au sud, et bancs calcaires à joints siliceux et de calcschistes Marneux Imperméables qui occupent 50 % de la surface du bassin au nord) avec une végétation très Forte qui Couvre près de 60 % de la surface du bassin.

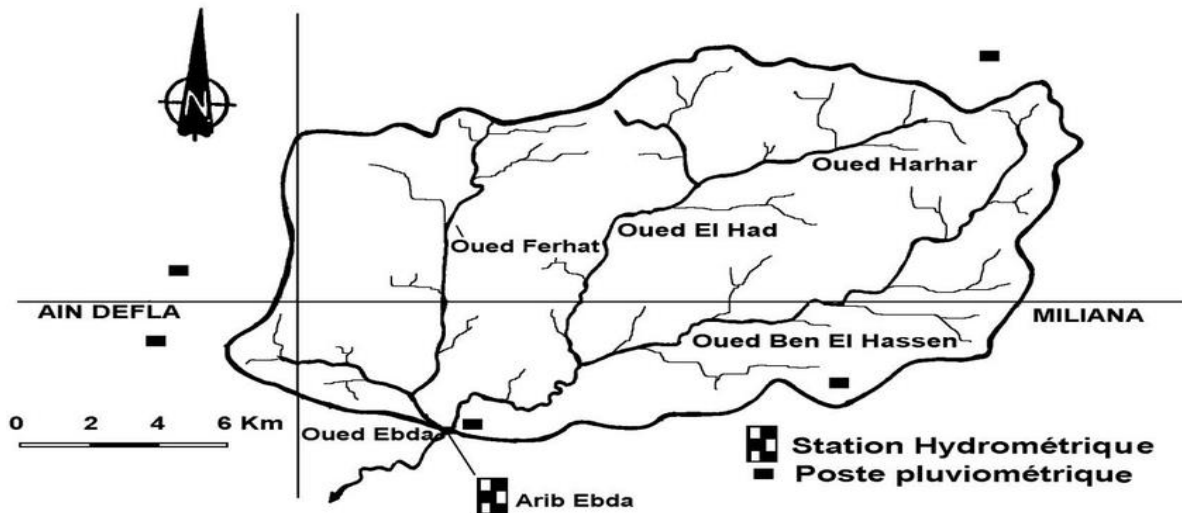


Figure (II.8) : le bassin versant d'Oued Ebda. (DGF Ain Defla, 2020).

4- La géologie de bassin versant :

La majorité des sédiments de substratum du barrage sidi m'hamed ben taïba d'une type Schisteux principalement mais il existe le calcaire et l'argile, ceci est lié à la géologie du bassin versant qui s'y trouve.

Une étude géologique du site de barrage a été établie et il a été constaté qu'il est situé sur une terrain des strates du miocène recouvert partiellement Les Schistes de l'âge Jurassique, avec les calcaires schisteux et les calcaires argileux, de couleur grise à beige sur les deux rives (droite et gauche).

- **Rive droit** : La rive droite est formée par les stratigraphies de calcaire schisteux, et les roches du miocène inférieur affleurent sur longueur de 400 m en aval de l'axe du barrage, et des strates du miocène avec une brèche rugueuse à la base forment la plupart de la rive droite (ouest) de l'oued Ebda.
- **Rive gauche** : Dans cette rive une grande diversité géologique, et on distingue trois zones de failles.

- **Zone A** : cette zone est constituée d'une alternance de : la roche Schistes Argileux- Calcaire d'une couleur grise finement litée et fortement fracturée, avec une Brèches gris foncé de texture moyenne à fine et Sable gris de granulométrie Moyenne à grossière.
- **Zone B** : Cette Zone est constituée par des Schiste calcaire gris Clair ou foncé et Brèche grise foncée.
- **Zone C** : Cette Zone est constituée par du roches de calcaire solide d'une couleur gris en profondeur et jaunâtre a la surface.

Une autre étude plus détaillée sur le site, a révélé que Le barrage surplombe une vaste falaise et qu'il y a de plusieurs failles en aval de l'axe du barrage. Comme il y a une série de faille presque verticale le long de l'oued Ebda, avec deux failles Parallèles à l'oued montrent un déplacement vers le bas en direction de L'Oued. Et une masse des couches de miocène glissé vers l'oued, Représenté par la façade de la partie supérieure de la falaise.

II.10- Barrage Deurdeur

1- Définition :

Le barrage de Deurdeur, situé à 30 km au sud de la ville d'El-Khémis dans la commune Tarik ibn Ziad wilaya d'Ain Defla, a pour but de stocker les eaux de l'Oued Zemmour affluent de l'oued Cheliff. Et il est destiné pour l'alimentation en Eau Potable de Tissemsilt, et pour l'irrigation du périmètre Haut Cheliff. (ANBT).



Figure (II.9) : Données Cartographiques satellitaire de barrage deurdeur (Google earth, 2020).

2- Les caractéristiques techniques du barrage (deurdeur). Tableau (II.5) :

Barrage	Deurdeur
Type	Terre
Oued	Deurdeur
Mise en service	1984
Hauteur	41 m
Surface de bassin versant	468 km²
Capacité initiale	115 hm³
Capacité dernier levé	105.12 hm³
Volume moyen d'envasement	1.05 Mm³ /an
Apport moyen interannuel de bassin versant	/
précipitation moyenne annuelle	540 mm
Longueur	380 m

Source: direction des ressources en eau wilaya (Ain Defla).

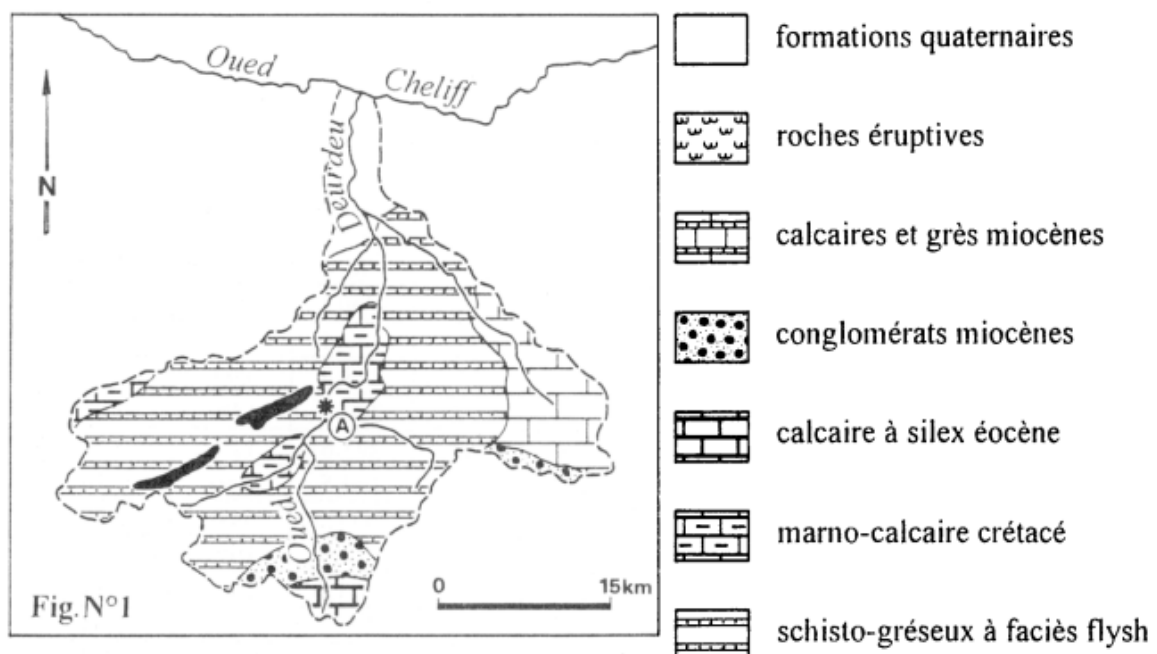
3- Le bassin versant de barrage :

Le barrage situe dans le bassin versant de oued deurdeur (attribué du code 01 16 et Longueur de 176 km) et la plus grande entre les trois barrages d'une Superficie

du 468 km² et se caractérise par une variation topographique, et une couverture végétale dense, et cela est dû à la disponibilité d'eau sur la région. Comme le barrage et oued deurdeur, en plus les petits oueds.

4- La géologie de bassin versant :

Sur la base des recherches menées par le chercheur [Mohamed BOUROUBA 2018] (16). Sur une étude du bassin hydrographique du barrage de Deurdeur, il a donné un aperçu de la structure géologique. Il s'avère que le barrage repose sur une terrain composé d'une formation géologique diversifiée de l'âge Jurassique. Il est couvert généralement par les grès schisteux, avec des couches de marne calcaire au milieu, en plus de calcaire à silex éocène et des conglomérats miocènes sur le côté Sud du bassin, Quant au côté Est du bassin, il est généralement recouvert par des couches de calcaire jurassique. Par pour la côté Ouest du bassin, la plupart de ses couches sont de mélange de calcaires et grès miocènes, avec quelques couches recouvertes de marno-calcaire crétacé à l'extrémité.



Figure(II.10) : La carte géologique de bassin versant d'Oued deurdeur (M. BOUROUBA 2018).

Chapitre : 03

Présentation du matériel d'échantillonnage pour l'analyse granulométrique.

III.1-Introduction :

La démarche méthodologique s'est basée sur les axes de travail fixé au début et qui se révèlent principale objectif identifier le type de sédiments dans les trois barrages, et le plan de recherche dépendait du prélèvement de neuf échantillons au total, répartis en trois échantillons pris soigneusement pour chaque barrage (début, milieu, au sortie du barrage) et de là, ils ont été emmenés au laboratoire pour compléter les expériences afin de révéler le type de sédiments de chaque barrage.

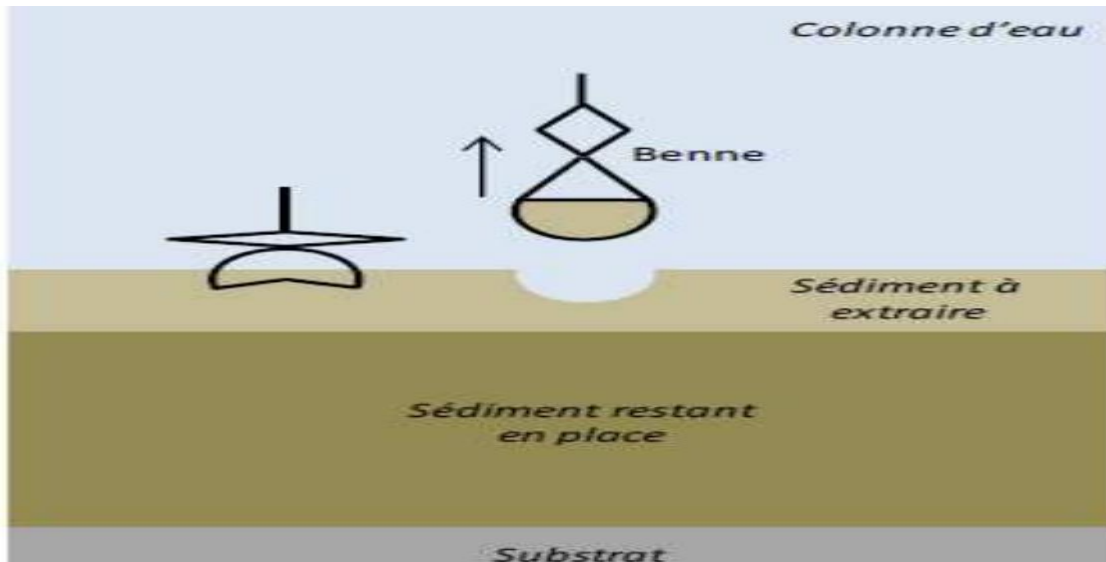
III.2- L'échantillonnage des sédiments :

(A)- La méthode d'échantillonnage :

Les sédiments sont généralement prélevés par grappillage ou par carottage. Le carottage s'effectue au moyen d'appareils tubulaires qui pénètrent dans les sédiments sous l'action de la pesanteur (chute par gravité), d'une vibration, d'une pression hydraulique (eau ou huile) ou de la force humaine (plongeurs en scaphandre autonome). Les carottes de sédiments sont prélevées afin de connaître les conditions physico-chimiques sédimentaires passées ou récentes des sédiments d'un milieu aquatique donné. Le meilleur moment pour prélever des sédiments dans un barrage est pendant les périodes d'étiage, lorsque les zones de dépôt sont faciles à repérer et à échantillonner [Newfoundland(1999)].

Dans cette recherche, nous avons utilisé la technique de grappillage pour prélever des échantillons, et cette procédure sert plus particulièrement au prélèvement sédiments dans les lieux d'eau stagnante; elle est appliquée lorsque les sédiments récemment déposés présentent un intérêt particulier, que les couches sédimentaires passées ne présentent pas vraiment d'intérêt. Ces échantillons instantanés sont faciles à prélever dans les dépôts sédimentaires peu profonds ou lorsque les sédiments, relativement grossiers. L'appareillage utilisé consiste généralement en mâchoires mécaniques qui se referment automatiquement lorsqu'elles sont plongées dans les sédiments. Les trois modèles les plus courants

d'échantillonneurs sont la benne Eckman (pour les sédiments meubles à grains fins), la benne Peterson (pour les fonds durs).



Figure(III.1) : technique d'échantillonnage par grappillage

(B) -Les étapes d'échantillonnage:

A-Étiqueter les contenants d'échantillons en indiquant l'identification du site, le type et la méthode d'échantillonnage, l'identification de l'échantillonneur et la date de prélèvement. Consigner les renseignements suivants au sujet du site et de la procédure d'échantillonnage dans le registre de terrain : l'emplacement ciblé, la date et l'heure d'échantillonnage, la profondeur de l'eau (en mètres), les conditions météorologiques.

b-Déterminez les points d'échantillonnage, où ces points sont éloignés et séparés par exemple (début, milieu, au sortie du barrage).

c-Laver la benne dans le plan d'eau. Rincer le seau et les cuillères avant et après l'échantillonnage de chaque site dans le plan d'eau.

d-S'assurer que les mâchoires de la benne s'ouvrent et se ferment correctement.

e-Relâcher le câble (le cas échéant) et soulever lentement l'échantillonneur du fond de l'eau afin d'éviter la perte de sédiments fins. Enfin, ramener la benne à la surface de l'eau.

f-L'échantillon est jugé acceptable si la profondeur de pénétration désirée est atteinte, que l'échantillonneur s'est refermé complètement, prendre soin d'utiliser les mêmes outils pour le processus suivant.

g-Consigner les observations et mesures suivantes par rapport au sédiment échantillonné (le cas échéant) : la profondeur de pénétration de, le type de matériau (type de sédiment, couleur, taux d'humidité, masse volumique, granulométrie) la présence de débris (débris ligneux ou végétaux, fibres, etc.).

h-Lorsqu'une quantité suffisante de sédiment est prélevée, mélanger l'échantillon composite pendant 30 secondes pour l'homogénéiser, puis le transférer à l'aide d'un outil en acier inoxydable, ou dans la verrerie préalablement préparée.

(C) -matériel d'échantillonnage utilisé :

1)- La benne Eckman.

La benne de type Eckman, est une sorte de carottier-boîte adapté au prélèvement de sédiments cohésifs (vases, vases sableuses). La boîte de section carrée (20 cm à 40 cm de hauteur), d'un poids de 5 à 8 kg fermée sur le dessus par deux couvercles, peut pénétrer assez profondément dans le sédiment meuble. Les deux mâchoires qui constituent le fond se referment sous la tension des ressorts libérés par un messageur. L'accès au sédiment se fait aisément par le dessus.

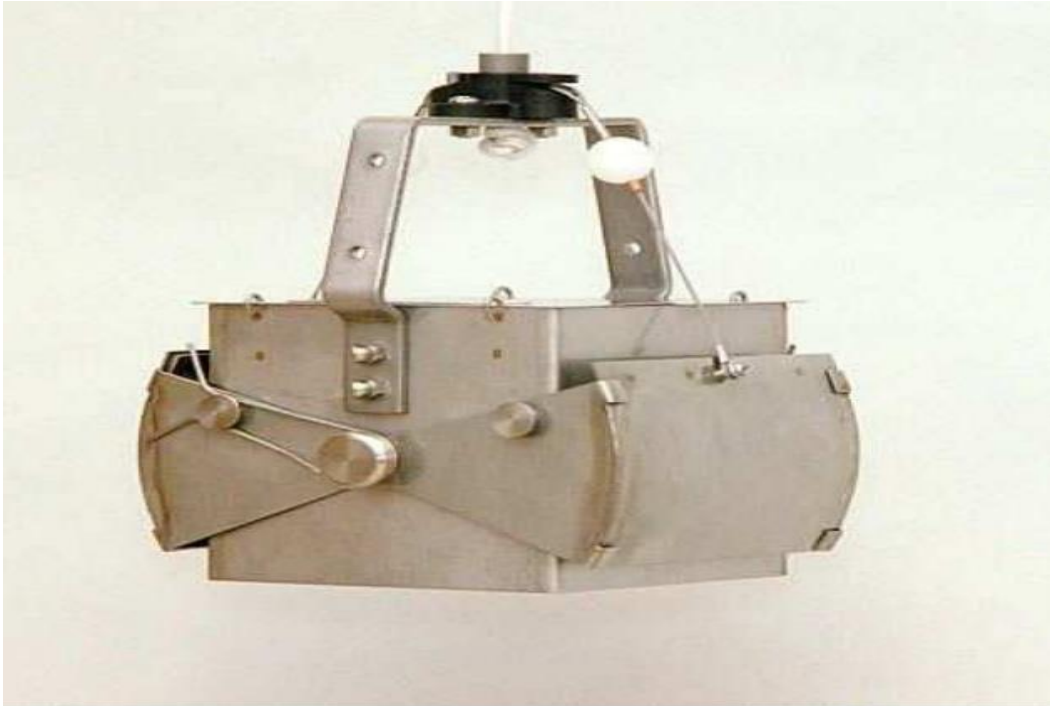


Figure (III.2) : Benne de type Eckman.

2)- Flaconnage :

Tous les flaconnages sont fournis par le laboratoire au préleveur. Le laboratoire devra fournir des flacons « propres », testés au préalable afin de s'assurer de l'absence de contamination. Le laboratoire est responsable des flaconnages fournis ainsi que des consignes de conditionnement de conservation et de transport, et ces flacons doivent être assez volumineux pour permettre l'échantillonnage du sédiment en quantités suffisantes.

Les flacons sont étiquetés clairement et les renseignements nécessaires à la bonne qualification du prélèvement



Figure (III.3) : verrerie de conservation des échantillons.

Les flacons sont étiquetés clairement et les renseignements nécessaires à la bonne qualification du prélèvement.

III.3-Méthodes d'analyses :

(A)- La méthode d'analyse granulométrique :

Pour voir le type de sédiments dans chacun barrage, il est nécessaire à utiliser La méthode d'analyse granulométrique détermine – comme son nom l'indique – la taille des grains, ou particules, dans un mélange, et il existe également plusieurs méthodes pour découvrir le type de sédiments l'une de ces méthodes est la méthode de tamisage à sec.

1) Tamisage à sec :

C'est la méthode la plus ancienne et encore très largement utilisée car la plus économique. Elle consiste à mesurer le poids de matière qui passe au travers des mailles calibrées d'une toile de tamis. On superpose les tamis par maille décroissante et l'on mesure le poids de matière retenue sur chaque tamis. Cette opération peut se réaliser à sec, et en vibrant l'ensemble de la colonne de tamis, les granulés sont

déposés dans chaque maille selon le diamètre spécifié. Après cela, nous tirons les tamis séparément du plus grand au plus petit et nous pesons la somme des particules déposées dans chaque maille, et après cela nous menons une étude comparative selon le (tableau 02) pour déterminer la qualité des sédiments soit (sables au sables fins, limons, argiles, graviers....etc.)

Maxi	Appellation	Mini
200 mm	Cailloux	20 mm
20 mm	Graviers	2 mm
2 mm	sables grossiers	0,2 mm
0,2 mm	sables fins	20 µm
20 µm	Limons	2 µm
2 µm	Argiles	/

Tableau(III.1) : Classification granulométrique correspond à la norme

[française NF P18-560].

Le principe de cette méthode :

L'essai consiste à séparer les grains agglomérés d'une masse connue de matériaux sous l'eau, à fractionner ce sol, une fois séché, au moyen d'une série de tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis.

La masse de refus cumulée de chaque tamis est rapportée à la masse totale sèche de l'échantillon soumis à l'analyse.



Figure (III.5) : le matériel utilisé pour l'opération de tamisage.

- Les étapes de tamisage à sec :
 - ✓ Prélever un échantillon de matériaux et le préparer pour l'analyse
 - ✓ Récupérer les échantillons séchés et mélangés pour chaque barrage.
 - ✓ Préparer les outils nécessaires à l'opération de tamisage (installation de tamis de la grande taille à la petite, balance de poids pour mesurer l'échantillon qui sera testé « 1 kg », spatule qui aide à prélever l'échantillon avec précision.....etc.)
 - ✓ Le matériau séché, de masse M , est versé sur une série de tamis choisis de telle manière que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers haut.
 - ✓ Nous courons le tamis pour vibrer pendant 15 min.
 - ✓ Après la vibration le dépôt de résidus du tamis immédiatement supérieur est pesé (R1)
 - ✓ Cette opération est poursuivie pour tous les tamis pris dans l'ordre des ouvertures décroissantes. Ceci permet de connaître la masse des résidus aux différents niveaux de la colonne de tamis

- ✓ La somme de dépôts sur les différents tamis et du tamisant sur le fond (fillers) doit coïncider avec le poids de l'échantillon introduit en tête de colonne.
- ✓ Après l'échantillonnage la masse de l'échantillon est $M = 1\text{kg}$ Le résultat de l'analyse granulométrique est représenté sur un tableau.
- ✓ Traçage de la courbe granulométrique.
- ✓ Nous traçons les graphes selon les relations suivantes

2) Méthode d'ROBIRSON :

La méthode "ROBINSON". Une méthode simple pour la détermination de la taille des particules, est après suppression des carbonates, des substances organiques et des possibles oxydes de fer la méthode ROBINSON utilisée pour déterminer la fraction des particules plus petites que 38 micromètres. La méthode est basée sur la différence de vitesse de sédimentation entre les particules légères et les plus grosses, dans la méthode "ROBINSON", un échantillon est pipeté à différentes périodes et à différentes profondeurs de la suspension du prélèvement dans une éprouvette, et déterminée par séchage et pesée.

Le principe de cette méthode :

Une pipette d'ROBIRSON est utilisée pour déterminer la distribution de taille des particules d'un échantillon de sédiments, et donne les pourcentages du différent groupe granulométrique dans un échantillon de terre tableau (03).

Diamètre des particules (mm)	Type de texture
<0.002	Argile
0.002 à 0.02	Limono fin
0.02 à 0.05	Limono grossier
0.05 à 0.2	Sable fin
0.2 à 2	Sable grossier

Tableau (III.2): répartition des différents types de texture en fonction du

Diamètre des particules (Coste et Sanglera, 1981).



Figure (III.6) : Le matériel utilisé pour l'opération de pipette d'ROBIRSON

Mode opératoire :

- ✓ Premier jour
- ✓ On tamise le sol dans un tamis de 2mm pour séparer les éléments grossiers et fins.
- ✓ On prend 10g de sol fin (2mm) dans un bécher.
- ✓ Destruction de la matière organique :
- ✓ Verser dans un même bécher 50ml de l'eau oxygéné (H_2O_2) à 30%.
- ✓ Laisser macérer pendant une nuit (on le met dans un grand bucher).
- ✓ Deuxième jour :
- ✓ On chauffe le bécher sur agitateur à température $100^{\circ}C$ jusqu'à disparition de la mousse.

- ✓ On prend le bécher et on ajoute 20ml de H₂O₂ (on ajoute ces gouttes après l'échauffement de bécher).
- ✓ On arrête l'opération lorsqu'il y a arrêt de l'effervescence.
- ✓ Disparition des éléments argileux :
- ✓ On ajoute le contenu dans un grand bécher + 40ml Hexasétophosphate à 4%.
- ✓ Laisser agiter pendant 04heures dans l'agitateur mécanique avec une vitesse de 30 à 50 tours / min.
- ✓ Mettre un entonnoir avec tamis de (0.05mm) sur le cylindre et tamiser la suspension. Laver avec de l'eau distillée jusqu'à ce que toutes les particules <0.05mm passent à travers le tamis dans le cylindre.
- ✓ Remplir le cylindre avec l'eau distillée jusqu' au trait ajusté au 1000ml (1L).
- ✓ Mettre le sable : restant dans le tamis dans une capsule de poids connu et sécher dans l'étuve à 150°C pendant 15 heures.
- ✓ Sédimentation et prélèvement :
- ✓ Mesure de la température des solutions qui se retrouvent dans le cylindre.

Mesure avec la pipette de ROBINSON :

Avant de commencer les mesures, il faut agiter plusieurs fois avec un pied spécial.

- Pour la fraction totale <0.05mm (LG+LF+A+sels solubles) on agite le cylindre et on prend immédiatement un prélèvement de 10ml du milieu du cylindre dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.
- Pour la fraction 0.02mm (LF+A+sels solubles) en agite le cylindre et prend un prélèvement 10 cm après 4 min 40 sec dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.
- Pour la fraction 0.002mm (argile (A) + sels solubles) en agite 10 fois par le pied le cylindre et en prend un prélèvement à 6 cm qui correspond à la température de solution après 4 h et 39 min, dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

- On met ces capsules des pois connu dans l'étuve à 105 c pendant 15 heures pour le séchage.
- On laisse refroidir également le sable et on le pèse, ensuite on tamise à sec à l'aide de deux tamis superpose de 0.250mm et 0.045mm.
- On récupère les deux quantités dans des capsules de poids connu et on pèse ces capsules pour déterminer le sable fin (SF) et sable grossier (SG).

Les calculs :

$\% A = (a * v) / (p * v) * 100.$
$\% LF = (b - a) * v / (p * v) * 100.$
$\% SF = c / p * 100.$
$\% SG = d / p * 100.$
$\% LG = 100 - (\%A + \%LF + \%SF + \%SG)$

- a (gramme) : poids de l'Argile prélevé et pesé à sec.
- b (gramme) : poids de (limon fin + Argile) prélevé et pesé à sec
- c (gramme) : poids de sable fin prélevé et pesé à sec.
- d (gramme) : poids de sable grossier prélevé et pesé à sec.
- v (gramme) : volume de la pipette de ROBINSON égale 10ml.
- V : volume total de l'Allonge égale 1000 ml.

Conclusion générale :

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et le type des sédiments de barrage de sidi M'Hamed Ben Taïba, deurdeur et harezza, à travers de prélèvement des échantillons au fond des barrages et en soumettant à des analyses de laboratoire.

Les différentes études et analyses effectuées sur les échantillons des sédiments du Barrages, ont permis de révéler un différenciation dans le type de sédiments trouvés dans chaque barrage.

Le résultat des recherches elle à donné et confirmé, les sédiments du barrage SMBT sont en fait, un mélange de différents types comme l'argile et le calcaire, et la plupart d'entre eux c'est le Schiste, cela est dû aux couches géologiques dans lesquelles il se trouve en plus de la zone qui l'entoure qui a conduit au transport de particules vers le fond. Quant au barrage d'harezza ses sédiments sont relativement similaires au barrage SMBT, qui est majoritairement l'argile et le schiste, mais surtout le type de limons il est dominé par grand proportion. C'est à cause des couches de fond du barrage, et la géologie de la zone environnante qui ont contribué à la transmission de ce type de sédiment à travers les affluents qui s'y déversent. Et finalement le barrage deurdeur il a également été constaté que le type de sédiments est similaire à celui des deux autres barrages mais la majorité de ses sédiments sont d'un type schiste et marne, cela est dû au phénomène de sédimentation des particules au fond du barrage.

Malgré la différence et la distinction de type de sédiments entre les trois barrages, mais il reste une différence généralement quantitative, car presque les mêmes sédiments sont présents dans chaque barrage, mais avec des proportions variables, est cela dû à la géologie de la région d'Ain defla, et il a participé à la même vallée principale de oued Cheliff.

Les références bibliographiques :

- 1- [Agence de l'eau de France 2002], Chapitre 1/Formation des sols Cours Cnam Géotechnique GGC 112 C. Plumelle.&
- 2- BOU KHEIR R., M.C. GIRARD, M. KHAWLIE et C. ABDALLAH (2001). Érosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens : une revue bibliographique. *Etud. Gest. Sols*, 8 (4), 231-245.
- 3- (Charrais, J 2013). Vers la définition du transport solide suffisant en rivière : utilisation d'indicateurs biologiques Etude bibliographique et propositions d'indices
- 4- Degoutte, G. (2001). Aide-mémoire d'hydraulique à surface libre. Cours à L'Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, Agro ParisTech, France
- 5- De Linares, M. (2007). modélisation numérique bidimensionnelle du transport solide et de la dynamique fluviale. Validation sur deux sites en Loire et sur l'arc. Thèse. Université Joseph Fourier - Grenoble.
- 6- Demmak, A. 1982. Contribution à l'étude de l'érosion et de transport solide en Algérie Septentrionale. Thèse Université pierre et Marie Curie. Prise. 210p.
- 7- [Delphine Hardy, Michel Assié 2002] Rapport : Historique national des opérations de curage et perspectives. « études sur l'eau en France ministère de l'écologie et du développement durable, Agence de l'eau Artois-Picardie».
- 8- Durand, B., Espitalié, J., Nicaise, G., & COMBAZ, A. (1972). Contribution à l'étude de la matière organique insoluble de sédiments anciens (kérogène) par différentes méthodes physicochimiques (lère parties). Inst. Fr. du Pét. Publication Interne.
- 9- Dreano, J. (2009). Dynamique et morphologie de dépôts sédimentaires en chenal expérimental. Université De Rennes 1. Sciences de la Terre Ecole doctorale Sciences de la Matière. Institut de Physique de Rennes U.F.R. Structure et Propriétés de la Matière.

- 10- Edwards, R. W. et H. L. J. Rolley (1965), Oxygen consumption of river muds. J.Ecol. 53 : 1-19
- 11- Guillou N., Chapalain G., Le prêtre A. (2010) Interpolation spatiale des distributions granulométriques des sédiments de fond. CETMEF ed.
- 12- Graf, W; Altinakar M. S. (1996). Hydraulique Fluviale : Ecoulement non Permanent et Phénomènes de Transport, Eyrolles, Paris.
- 13- Graf, W. H., (2000). Hydraulics of sediment transport. New York. McGraw-Hill.
- 14- Hassanzadeh, H; Faiznia, S; Shafai, B. M; Motamed, A. (2011). Estimate of Sediment Transport Rate at Karkheh River in Iran Using Selected Transport Formulas. World Applied Sciences Journal 13 2 : pp.376-384.
- 15- MEGUENNI K REMINI B. EVALUATION DU DEBIT SOLIDE DANS LE BASSIN VERSANT DE HARREZA (ALGERIE). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 7-19 © 2008 Tous droits réservés.
- 16- Mohamed BOUROUBA (2018), l'érosion actuelle dans l'Algérie septentrionale : bilan d'érosion comparatif de deux affluents de Cheliff ; l'Oued Ebda et l'Oued deurdeur. Travaux de l'Institut géographique de Reimis ; n°93-94, 1996, pp. 113-127.
- 17- Miller, A. Gupta, A. 1999 (EDS). Varieties of fluvial Form. Wiley, Chichester, pp 114-143.
- 18- [OUMRANI. N 2009] Influence des sédiments sur la stabilité d'un barrage en exploitation cas du barrage CHEURFAS II : mémoire de magister 2008-2009.
- 19- [SCORDIA Pierre-Yves., 2008] Caractérisation et valorisation de sédiments fluviaux pollués et traités dans les Matériaux routiers. Thèse de doctorat de l'école centrale de Lille. Spécialité : génie civil
- 20- [SEMCHA Abdelaziz., 2006] Valorisation des sédiments de dragage : applications dans le BTP, cas du barrage de FERGOUG .Thèse de doctorat de l'université de Reims Champagne-Ardenne. Discipline : génie civil.
- 21- Yang, C. T. (2003). Sediment transport: Theory and Practice, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering.

