

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Civil



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Filière : GENIE CIVIL
Spécialité : TRAVAUX BUPLIC
Thème

**Mise en valeur de la vase dragué du barrage de
bouhanifia dans la fabrication de la brique**

Présenté Par :

- 1) BENALLAL ABDELHAKIM
- 2) ALLILI LEILA

Devant les jurys composés de :

| | | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------|
| M ^{me} BENDOUINA | C.U.B.B (Ain Temouchent) | Président |
| M ^{me} MAAROUF Hafida. | C.U.B.B (Ain Temouchent) | Encadreur |
| Mr GUELIL | C.U.B.B (Ain Temouchent) | Examineur |
| M ^{me} ATTIA | C.U.B.B (Ain Temouchent) | Examineur |

Année universitaire 2015/2016

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné la force de réaliser ce travail.

Le présent mémoire d'initiation à la recherche n'aurait pas été possible sans le soutien et la participation de plusieurs personnes aux quelles nous souhaitons également exprimer toute notre gratitude.

Tout d'abord nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à nos encadreurs, Madame MAROUF HAFFIDA . Maître Assistant. pour son soutien, sa disponibilité, son encouragement et ses précieux conseils le long de l'élaboration de ce projet.

Nous remercions Monsieur Maître Assistant 'A', de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.

Notre gratitude s'adresse également à Monsieur Maître assistant 'A' et à Monsieur..... docteur pour avoir accepté d'examiner ce présent mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les ingénieurs de laboratoire de centre universitaire Ain Temouchent, Melle " KAWTHAR", "madame NAJAT", "monsieur KEDDOU Adel " qui nous ont aidé à élaborer ce mémoire et à toute personne y ayant contribué de près ou de loin, que ce soit sur le plan éducatif ou instructif.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mon père et à ma cher mère et tout la famille BENALLAL.

A mes amis de la promotion travaux publics.

A tout mes professeurs de CUAT

A toutes les équipes des ingénieurs en hydraulique du barrage BOUHANIFIA “MILOUD,
MOKHTARE“.

BENALLAL ABDELHAKIM

RESUME

Une masse importante de vase se trouve actuellement au fond de la retenue du barrage de Bouhanifia d'une capacité initiale de 73.106 m³. Afin de prolonger la «durée de vie» de cet ouvrage, le dragage de la retenue est devenu une solution indispensable. Malgré l'évacuation périodique des sédiments, l'envasement de la retenue augmente d'une année à l'autre. La vase rejetée pose d'énormes problèmes à l'aval du barrage et plus particulièrement dans la région de l'oued El Hammam. Notre étude s'est basée sur des analyses physiques, chimiques et minéralogiques de la vase prélevée dans la retenue du barrage de Bouhanifia. Les résultats obtenus vérifient bien les normes d'une argile utilisée pour la fabrication de la brique.

MOTS CLES : Vase - Barrage - Bouhanifia - Algérie - Valorisation - Analyses - Chimiques - Physiques - Minéralogiques.

ABSTRACT

More than 73,106 m³ of silt is currently at the bottom of the retention of Bouhanifia dam with an initial capacity of 73,106 m³. To extend the " life" of this work , dredging the reservoir has become an indispensable solution. Despite the periodic discharge of sediment by the discharge sluices , siltation of the reservoir increases from one year to another. The vase rejected poses enormous problems downstream of the dam and in particular in the area of Wadi El Hammam . Our study is based on physical, chemical and mineralogical analyzes of mud taken from the dam Bouhanifia . The results verify the good standards of clay used for making brick.

KEYWORDS :

Vase - Barrage - Bouhanifia - Algeria - Valuation - Analysis - Chemical - Physical - mineralogical .

كتلة كبيرة من الطين هي الآن في الجزء السفلي من الاحتفاظ بوحنيقية سد بقدره أولية من M3 73106 . تمديد " الحياة " من هذا العمل ، أصبح التجريف الخزان حلا لا غنى عنه . وعلى الرغم من تصريف الدوري الرواسب انجراف التربة و زيادة خزان من سنة واحدة إلى أخرى . إناء رفض تطرح مشاكل هائلة المصب من السد و على وجه الخصوص في مجال ادي همام . ويستند دراستنا على الفيزيائية والكيميائية و المعدنية ويحلل من الطين المأخوذ من سد بوحنيقية . نتائج التحقق من مستويات جيدة من الطين المستخدمة في صناعة الطوب .

الكلمات الرئيسية: زهرية - قناطر - بوحنيقية - الجزائر - التقييم - تحليل - الكيميائية - الفيزيائية - المعدني .

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

| | |
|---|----|
| Fig(1) Barrage homogène | 2 |
| Fig (2) Barrage à noyon | 3 |
| Fig (3) Barrage à masque | 4 |
| Fig (4) Barrage de bis sorte | 5 |
| Fig (5) Barrage type voute | 5 |
| Fig (6) Barrage de Tignes (rôle ovale)..... | 6 |
| Fig (7) Barrage à double voutes(aussions) | 7 |
| Fig (8) Barrage de la Girotte..... | 7 |
| Fig (9) Barrage de rose end..... | 8 |
| Fig (10) Barrage de mont-Cenis..... | 8 |
| Fig (11) Les étapes de fabrication du brique..... | 11 |
| Fig (13) Bassin de vase .1..... | 11 |
| Fig (14) Bassin de vase .2..... | 12 |

| | |
|---|----|
| Fig (15) Opération de barrage | 15 |
| Fig (16) Envasement des barrages | 16 |
| Fig (17) La digue de barrage | 16 |
| Fig(18) Schéma d'une digue (côté amont)..... | 19 |
| Fig (19) DB sidemen système sensitive .solution | 19 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| Fig (1) Carte de sensibilité à l'envasement des barrages en Algérie..... | 24 |
| Fig (2) Réseau hydrographique du bassin versant de la Macta | 25 |
| Fig (3) Situation géographique de l'emplacement des dragues dans cuvette | 25 |
| Fig(4) Repères géographique de Bouhanifia | 26 |
| Fig (5) Barrage de Bouhanifia | 26 |
| Fig (6) Phénomène de l'envasement de barrage de Bouhanifia | 29 |
| Fig (7) Dragage dans la retenus du barrage de Bouhnifia..... | 31 |
| Fig (8) Inscription sur l'écluse du barrage de Marib construit en 750..... | 32 |
| Fig (9) Vue aérienne du barrage de sayamaïke construit au 7 ^{eme} siècle | 33 |
| Fig (10) La nourriture pousse ou l'eau coule à flot | 34 |
| Fig (11) Générateur dans une usines d'hydro-électricité | 36 |
| Fig (12) Les infrastructures industriels | 37 |
| Fig (13) Grand chargement traverse une «écluse et un barrage | 38 |
| Fig(14) Les crues en Algérie..... | 39 |

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Fig (01) Matière première d'argile | 42 |
| Fig (02) Processus de fabrication des briques 2016..... | 45 |

Chapitre IV

| | |
|--|----|
| Fig (1) Essai bleu méthylène | 51 |
| Fig (2) Limite d'atberberge | 54 |
| Fig (3) Essai de casagrande | 56 |
| Fig (4) Les tamis | 60 |
| Fig (5) Appareil de analyse granulométrie..... | 61 |
| Fig (6) Les galettes après l'étuvage | 62 |
| Fig (7) Le four de cuisson | 63 |
| Fig (8) Après la porosité | 65 |

LISTE DES ABRIVIATIONS ET SYMBOLES

M_h : la masse humide.

M_s : la masse de sol sec.

M_w : la masse de l'eau.

w : la teneur en eau.

VBS : la valeur de bleu du sol.

W_L : limite de liquidité.

W_p : la limite de plasticité.

Rt : Lecture de l'éprouvette A au temps t.

RB : Lecture de l'éprouvette B (Eprouvette témoin).

R : Resistance.

SiO₂ : Silice

Al₂O₃ : Oxyde d'alumine

Fe₂O₃ : Oxyde de fer

CaO : Chaux vive

MgO : Magnesie

K₂O : oxyde de potassium

Na₂O : L'oxyde de sodium

SO₃ :Trioxyde de soufre

Cl : Clore

LISTE DES UNITES

µm : nanomètre

g : gramme

mg : milligramme

L : litre

Tr : nombre de Toure

N : néotène

Mpa : méga pascal

°C : température.

H : heure.

Min : minute

S : seconde.

Chapitre I

Introduction

| | |
|--|----|
| 1. Les types du barrages | 1 |
| 1.1. Les barrages en remblai | 1 |
| 1.1. a. Barrage homogène..... | 1 |
| 1.1. b. Barrage à nayan | 2 |
| 1.1. c. Barrage à masque | 2 |
| 2. Les barrages en béton | 4 |
| 2.1 les barrages poids | 4 |
| 2.2 les barrages noute..... | 5 |
| 2.3 les barrages mixtes..... | 7 |
| 3. fabrication de la brique | 8 |
| 4. problématique de alimentation | 9 |
| 5. dragage des barrages | 10 |
| 6. l'envasement des barrages | 12 |
| 6.1 - processus de l'envasement des barrages | 12 |
| 6.2- problématique de l'envasement..... | 13 |
| 7. Les solutions de sédimentation | 17 |
| 7.1-Respect de l'environnement | 17 |
| 7.2- Des solutions sensibles | 17 |
| 7.3- Respect de l'environnement | 18 |
| 7.4- Protection de la nature | 18 |
| 7.5- Rentabilité | 19 |
| 7.6- Un service complet | 20 |
| 7.7- Scientifiquement approuvé | 20 |
| 7.8- Les avantages | 20 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 8. Les solutions de l'envasement..... | 21 |
|---------------------------------------|----|

Chapitre II

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 23 |
| 2-Description du site du barrage de Bouhnifia | 23 |
| 3-L'envasement du barrage de Bouhnifia | 27 |
| 4-Lancement du dragage de barrage Bouhnifia | 29 |
| 5-Pourquoi avons –nous besoin du barrage | 31 |
| 6-Rôle des barrages | 33 |
| 7-L'utilisation des barrages..... | 34 |
| 7.1- L'irrigation..... | 34 |
| 7.2- Hydro-électricité | 35 |
| 7.3- Distribution d'eau pour usage domestiques et industriel..... | 36 |
| 7.4- Navigation fluviale..... | 37 |
| 7.5- Contrôle des crues | 38 |

Chapitre III

| | |
|--|----|
| 1. Introduction | 40 |
| 2. L'argile , matière première pour les briques en terre cuite | 40 |
| 3. Pourquoi des broques en terre | 41 |
| 4. Processus de production | 41 |
| 5. 1.Extraction matières premières(argile principalement)..... | 42 |
| 5.2.La préparation d'argile | 42 |
| 5.3. Le façonnage | 42 |
| 5.4. Le séchage..... | 42 |
| 5.5. La cuisson | 43 |
| 6. Les ajouts :..... | 43 |
| 6.1. Ajouts dégraissants combustibles | 43 |
| 6.2. Ajouts plastifiants..... | 43 |
| 6.3. Ajouts dégraissants | 44 |

| | |
|---|----|
| 6.3.a. Le sable | 44 |
| 6.3.b. Chamotte..... | 44 |
| 6.3.c. L'argile déshydratée..... | 44 |
| 6.3.d. Le laitier..... | 44 |
| 7. Principaux défauts | 44 |
| 7.1. Défauts imputables à la matière première | 44 |
| 7.1.a. Effervescences | 44 |
| 7.1.b. Inclusion invisibles | 45 |
| 7.1.c. Boursoufflement | 45 |
| 7.2. Défauts imputables au non respect des paramètres technologique. | 45 |
| 7.2-a un fissuration..... | 45 |
| 7.3-b Eclatement | 46 |
| 7.4-c Louer noir | 46 |
| 8. Conclusion..... | 46 |

Chapitre IV

| | |
|--|----|
| 1 . la teneur en eau | 48 |
| 1.1 But de l'essai | 48 |
| 1.2 Définition | 48 |
| 1.3Le principe | 49 |
| 1.3.1 Séchage à l'étuve | 49 |
| 2. Bleu de méthylène (nfp94-068)..... | 49 |
| 2.1 Objectif et principe de l'cession..... | 49 |
| 2.2Propreté | 50 |
| 2.3 Matériel (essai manuel)..... | 50 |
| 2.4Mode opératoire | 51 |
| 3. Limite d'Aherberg (NFp94-052)..... | 53 |

| | |
|--|----|
| 3.1- principe de l'essai | 53 |
| 3.2 But de l'essai | 53 |
| 3.3 Limite de plastic (WP)..... | 54 |
| 3.4 Limite de liquidité (WL)..... | 54 |
| 3.5 Mode opératoire..... | 54 |
| 3.6 Paramètre à retenir | 55 |
| 4. Analyse granulométrie (NFp96-57)..... | 56 |
| 4.1 Définition..... | 57 |
| 4.2 Classe granulaire | 57 |
| 4.3 L'analyse granulométrique par tamisage. | 57 |
| 4.4 analyse granulométrie par sédimentométrie..... | 59 |
| 4.5 Objective | 60 |
| 4.6 Le principe de l'essai | 60 |
| 4.7 Matériel utiliser | 61 |
| 5. Analyse chimique | 61 |
| 6. Procédure de conception | 61 |
| 7. Essai de durabilité | 62 |
| 7.1 Essai absorbions à eau | 63 |

Chapitre V

| | |
|--|----|
| 1. Les caractérisations de la vase | 64 |
| 1.1 La fatenem en eau de la vase | 64 |
| 1.1.1 But de l'essai | 64 |
| 1.1.2 Détermination de la teneur en eau..... | 64 |
| 1.2 Bleu méthylène | 66 |
| 1.2.1 Interprétation | 66 |
| 1.3 Limite d'aherberge | 67 |
| 1.4 Analyse granulométrique par sédimentrique..... | 67 |
| 1.5 Analyse granulométrique par tamis | 68 |
| 1.6 Analyse chimique | 69 |
| 1.6.1 Interprétation | 70 |

INTRODUCTION GENERAL

Depuis 5 000 ans, l'humanité a construit plus de 50 000 grands barrages et réservoirs artificiels, qui régulent environ 3 500 milliards de mètres cubes d'eau par an, soit de l'ordre de 30 p. 100 de la ressource en eau accessible. Cette eau stockée et régulée est utilisée pour l'alimentation en eau de la population, l'irrigation, la production d'énergie hydroélectrique, la protection contre les crues, la navigation, les loisirs et le tourisme, l'environnement...

La diversité des barrages est extrême. Si plus de 30 000 d'entre eux dépassent une hauteur de 15 m, l'essentiel du service rendu provient de quelques milliers de très grands ouvrages qui assurent plus de 90 p. 100 du stockage et de la production hydroélectrique. De 1950 à 1980, ces derniers étaient construits dans les pays industrialisés, alors que l'Asie réalisait de très nombreux barrages de faible hauteur destinés à l'irrigation. Actuellement, la cadence globale de construction de très grands ouvrages s'accroît, mais ils sont localisés essentiellement en Asie et en Amérique du Sud. La construction des petits barrages, au contraire, s'est beaucoup ralentie. L'investissement annuel consacré à ces ouvrages représente environ 1 500 milliards d'euros, dont 50 p. 100 consacrés à la production hydroélectrique.

Si l'évolution de la conception des barrages a connu un rythme très lent pendant des siècles, en raison sans doute du coût de ces ouvrages et des performances à atteindre en termes de sécurité, l'apparition dans les années 1980 d'un nouveau matériau, le béton compacté au rouleau (B.C.R.), a conduit à un changement radical, et les nombreuses innovations qu'il a rendu possibles ont largement révolutionné les habitudes en matière de conception, ainsi que les méthodes et délais de réalisation. En 2006, on recensait près de 350 ouvrages de ce type déjà réalisés, en construction ou à l'étude. Le plus haut de ce type sera le barrage de Nang Ngum III (Laos), en projet, conçu pour s'élever à 220 m.

Auparavant, un autre type de barrage a connu un grand développement.

Introduction :

le barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à réguler le débit du cours d'eau et/ou à en stocker l'eau pour différents usages¹ tels que : contrôle des crues, irrigation, industries, hydroélectricité, pisciculture, réserve d'eau potable, etc.².

le barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau ou à la dériver. Les techniques de la fin du XIX e et du début du XX e siècle ne permettaient pas l'édification de retenues de grande capacité. Les premiers barrages ont surtout une fonction de dérivation d'une partie de l'eau (écrémage) vers une conduite forcée ou un canal d'irrigation. L'amélioration des techniques et des bétons dans le premier quart du XX e siècle permet d'envisager la réalisation de retenues plus conséquentes, capables de réguler la production hydro-électrique. La géologie (nature des roches sur lesquelles sera édifié le barrage, agrégats extraits sur place) et la topographie (largeur de la vallée), commande le type de barrage utilisé.

1- Les types du barrage :

1-1- Les barrages en remblai :

Les barrages en terre présentent notamment l'avantage de pouvoir reposer sur des fondations de médiocre qualité, c'est-à-dire compressibles.

Tous les barrages en terre peuvent être considérés comme des barrage-poids, c'est-à-dire qu'ils résistent à la pression de l'eau par leur propre poids. C'est ce qui explique leur section de forme trapézoïdale. On en trouve de trois types :

- homogène,-à noyau,à masque.

• **1-1-a-Barrage homogène :**

Un barrage en terre est dit homogène lorsqu'il est constitué d'un même matériau à dominante argileuse, relativement imperméable. Selon les ouvrages, la pente des talus sera plus ou moins forte, en fonction notamment des caractéristiques du matériau employé.

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

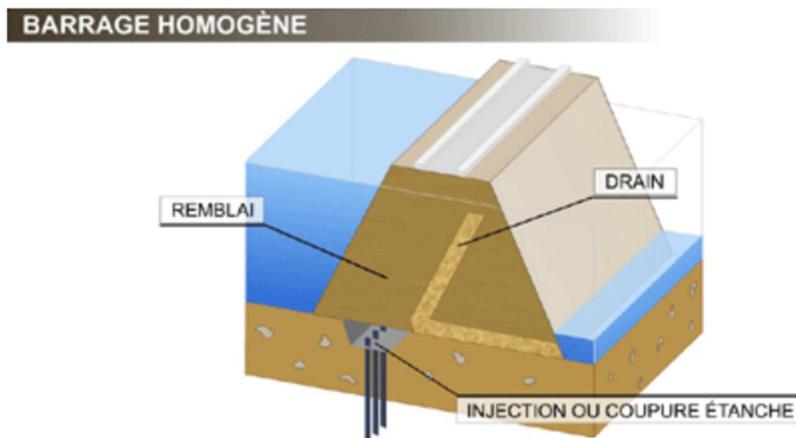


Figure 1 : Barrage homogène

• **1-1-b-Barrage à noyau :**

Dans un barrage à noyau, les fonctions de résistance et d'étanchéité sont en quelque sorte séparées. La résistance est assurée par les recharges placées sur les flancs de l'ouvrage, et l'imperméabilité par le noyau central.

Le noyau au centre de l'ouvrage va être constitué de la terre la plus imperméable possible. Il sera tenu de part et d'autre par des recharges

composées, selon les cas, de terre plus perméable, d'alluvions ou d'enrochements.

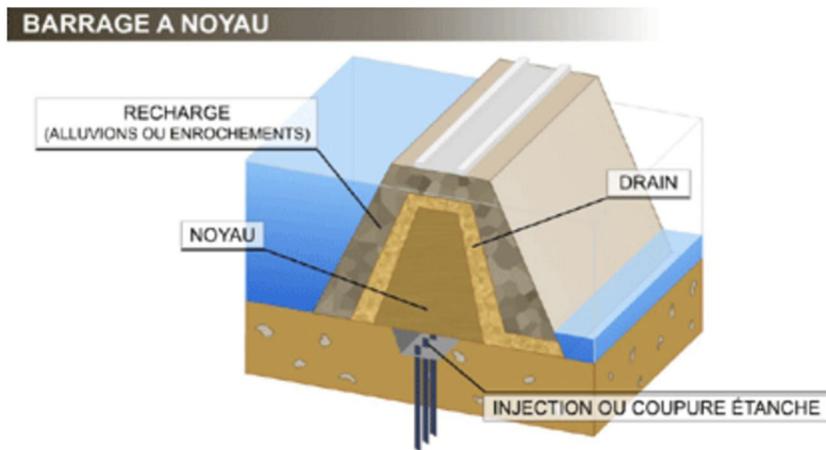


Figure 2 : Barrage a noyau

•1-1-c- Barrage à masque :

Il peut aussi exister des sites où aucune terre n'est disponible, mais seulement des enrochements. Ceux-ci sont alors employés pour réaliser le corps du barrage, tandis que l'étanchéité est assurée par un masque de béton, ciment ou béton bitumineux posé sur l'ouvrage lui-même, côté amont.

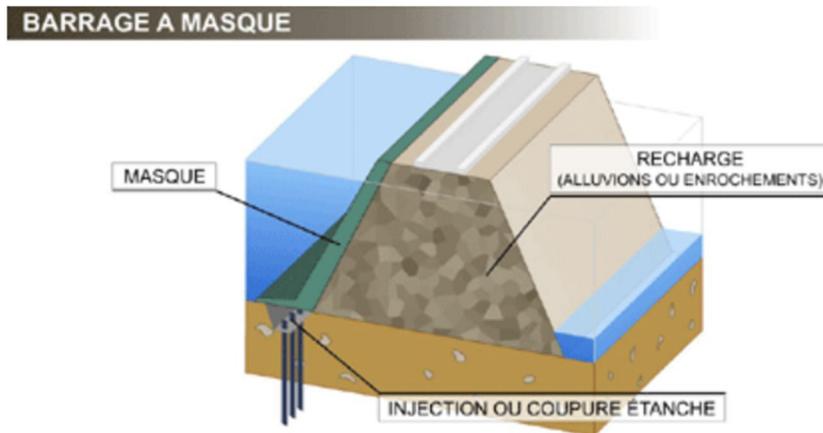


Figure 3 : Barrage à masque

2- Les Barrages en béton :

L'avantage du béton est notamment d'autoriser l'édification d'ouvrages plus résistants. Il en existe deux principaux types :

- les barrages poids,
- les barrages voûte.

S'y ajoutent les barrages à contrefort et à voûtes multiples, variantes des deux premiers

2-1-Les barrages poids :

Bissorte inaugure l'ère des grandes retenues d'altitude. Selon la technique la plus classique à cette époque, on élève une digue-poids de 545 m de long, de 63 m de haut, et de 46 m de large à la base. Les barrages poids classiques ont une section en triangle rectangle. Comme on n'était pas certain de la tenue des bétons à cette altitude, le barrage a été recouvert d'un parement de pierres taillées.

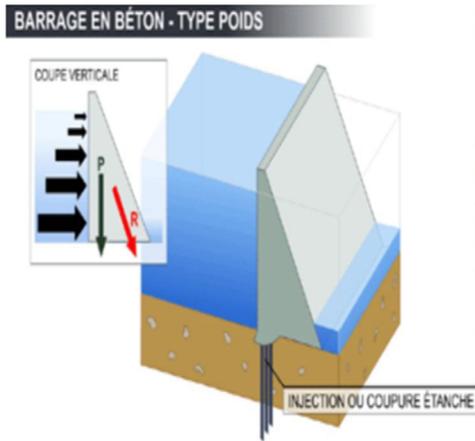


Figure 4 : Barrage de bissorte

Figure 4 : Barrage en béton

2-2- Les barrages voûte :

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

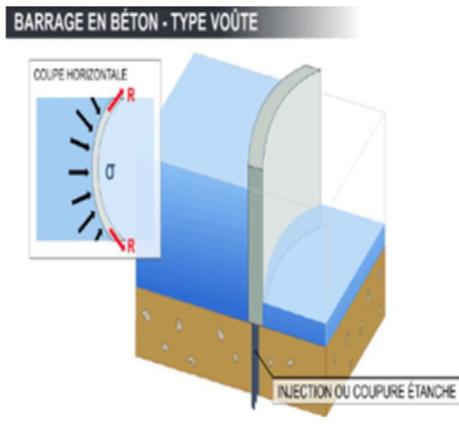


Figure 5 : Barrage type voûte

véritable arc cylindrique de 150 m de rayon et de 295,5 m de développement



Figure 6 : Barrage de tigne (côté aval)



Figure 7 : Barrage à double voutes (aussions)

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



Figure 8 : Barrage de la girotte

2-3-Les barrages mixtes :

Le barrage de Roselend est sans doute le plus bel exemple de barrage mixte. Une gorge étroite et profonde, aux versants dissymétriques a nécessité l'utilisation d'une technique originale : voûte à laquelle on a accolé deux barrages-poids latéraux d'inégale longueur



Figure 9 : Barrage de roselend



Figure 10 : Barrage de mont-cenis

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

3-Fabrication de la brique :

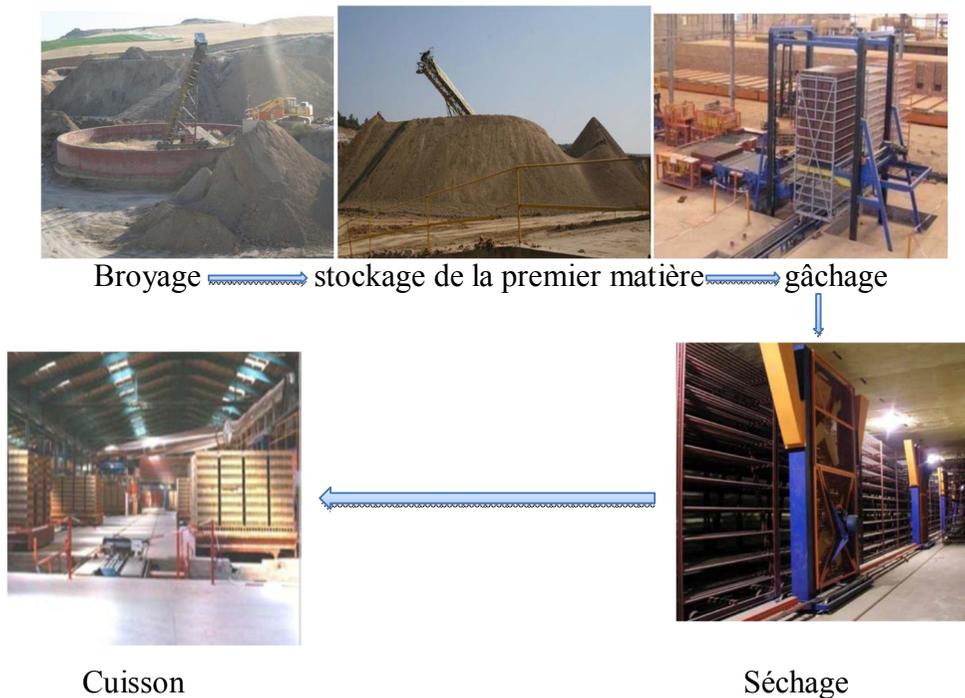


Figure 11 : Etapes de fabrication de la brique

4-Problématique de sédimentation :

Le problème de la sédimentation des barrages en Algérie est connu dans le monde de par son importance. Devant cet état de fait la mesure de l'envasement des barrages présente un intérêt certain pour la quantification des sédiments et l'exploitation des ouvrages.

L'objectif de cette étude est de contribuer à la quantification de l'alluvionnement afin de mieux cerner le dimensionnement des ouvrages hydrotechniques, d'accroître leur durée de vie et de réduire les coûts de réalisation.

L'étude porte sur un échantillon de dix neuf barrages algériens situés dans des bassins versants répartis sur l'ensemble du territoire. Une première réflexion a conduit à identifier la diversité des caractéristiques hydro morpho métriques (indice d'altitude, densité de drainage, indice de pente, coefficient d'écoulement,...) et climatiques (sub - humide, semi-aride, aride).

L'évaluation des volumes des sédiments à partir des mesures topobathymétriques effectuées à deux dates différentes montre une perte dans la capacité initiale, soit 44 % de perte en volume total, qui arrive à la limite de la durée de vie pour certains barrages. Ces derniers résultats ont été exploités dans l'objectif de mettre au point un modèle simple d'évaluation du débit solide accumulé dans les cuvettes des barrages algériens. À partir de cette réflexion, nous avons cherché, graphiquement, les liens préférentiels entre la sédimentation, la superficie et les différents facteurs hydro morpho métriques . On distingue trois facteurs déterminants : la superficie, l'indice d'altitude et le coefficient d'écoulement. Ces derniers paramètres ont permis de mettre au point un abaque de classification en fonction de la continentalité et le contexte géographique. Cette taxonomie a été confirmée par l'analyse en

composantes principales des données hydro morpho métriques des systèmes étudiés.

Mots-clés : sédimentation, barrages, modèles, facteurs hydro climatiques, durée de vie.

5 -Dragage des barrages :

Le dragage est une technique de dévasement sure, mais selon certains auteurs, la récupération d'une capacité, de stockage est une opération très coûteuse et n'est pas économique pour les grandes retenues. Dans certains pays, cette opération s'impose surtout lorsqu'il y a moins de sites favorables la réalisation de nouveaux barrages, ou lorsque la digue est menacée par la forte poussée des sédiments. Le lieu du rejet de la vase draguée se pose chaque opération de dévasement. Généralement, les sédiments dragués sont jetés directement dans le cours d'eau à l'aval du barrage ou transportés jusqu'à la zone de dépôt la plus proche sans tenir compte des problèmes d'ordre esthétiques ou autres qui ont un impact écologique. Le rejet à l'aval du barrage peut augmenter la concentration en particules fines dans le cours d'eau pouvant être préjudiciables à la flore et la faune. Des agriculteurs utilisateurs d'eau à l'aval risquent de se plaindre de la forte turbidité. Ce cas a été constaté, lors du début des opérations de dragage du barrage de Zardez as en 1993 (Remini, 1997) et une solution au devenir de ces rejets s'impose. La valorisation de ces boues dans plusieurs domaines (agricole, industriel et artisanal) peut servir de remède à ce problème. Déjà, les Chinois ont créé des terres agricoles de valeur à l'extérieur des digues latérales des rivières en utilisant les matériaux dragués. Aux États Unis, des projets d'endiguement du mélange d'eau et d'alluvions provenant des opérations de dragage ont été mis au point (CIGB, 1989). Dans le domaine de la construction, l'Algérie

connait un déficit en matériaux qui s'élevait en 1990 à 30% pour les granulats, à 43% pour le ciment et à 52% pour la brique et la tuile. L'exploitation de la vase pour la fabrication des matériaux de construction peut être donc s'avérer utile (Kenai et Remini, 1999). Cette étude s'est orientée vers l'utilisation de la vase pour la fabrication de la brique. Des échantillons de vase prélevés au niveau des vannes de fond de onze barrages les plus envasés en Algérie ont fait l'objet de cette étude.(exemple barrage de bouhanifia)

Dans cette étude nous nous intéressons au barrage de Bouhanifia qui se situe au nord ouest de l'Algérie, et qui fait l'objet d'actions curatives, avec la réalisation de bassins de capture matériaux dragués.



Figure 13 : Bassin de vase -1-



Figure 14 : Bassin de vase -2-



Figure 15 : Opération de draguage

6 -L'envasement des barrages :

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

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

6-1 - Processus de l'envasement des barrages :

en va deux types de processus de l'envasement ;

- Envasement classique (Faible teneur en sédiments: 10 à 30 g/l)
- Envasement par courants de densité (Forte teneur en sédiments: plus de 40g/l)

6-2- Problématique de l'envasement :

Dans de nombreux pays du monde, le transport de sédiments dans les réseaux hydrographiques des bassins versants et leurs dépôts dans les retenues pose aux exploitants de barrages des problèmes dont la résolution ne peut qu'être onéreuse, non seulement la capacité utile est progressivement réduite, mais encore l'enlèvement de la vase est une opération délicate et difficile (Remini, 2003).

Le problème d'envasement des barrages n'est pas un problème propre à l'Algérie, beaucoup de pays dans le monde souffre du problème surtout dans les zones arides et semi-arides, où le manque de ressources hydrique est accentué par l'érosion des sols qui peut atteindre les 5000 t/km²/an contre 30 à 50 t/km²/an en Europe (Abdeli,2007).

- En Australie Chanson (1998) a cité quelques exemples de petits barrages, comme celui de Moore Creek, où deux averses ont pu transporter 85000 m³ de vase, et le barrage été complètement envasé au bout de 26 ans de service, même chose pour le K o r r u m b y n Creek Dam, qui à été complètement envasé au bout de 20 ans de service.
- En Afrique du Sud la moyenne d'envasement pour 170 barrages d'un volume allant de 0,5 à 5000 Hm³ est de 0,35%, ce qui engendre une perte de capacité de 105 Hm³ par an ce qui correspond à une perte économique de 21,2 Millions de Dollars (Braune,1989).

- Pour les USA, vu l'immensité du pays elle diffère d'une région à une autre avec une moyenne de 0,23%, sauf qu'elle varie de 0,07 à 5% à Bennington qui enregistre une érosion record de 5311 tonnes/mil²/an (Chow,1964).
- Le Maghreb est considéré comme le plus touché par le problème d'érosion et d'envasement en Afrique, surtout si on se réfère aux travaux de Walling (1984) qui a lancé une fourchette de l'érosion spécifique de 1000 à 5000 t/km²/an. Les trois pays du Maghreb dispose de 230 barrages d'une capacité totale de 23 Milliards de m³ Dont 61% reviennent au Maroc, 23 % à l'Algérie et 16% à la Tunisie (Remini,2003), ces barrages enregistre une perte annuelle de capacité de 125 Hm³.

D'après Fox (1997) l'envasement moyen au Maroc varie entre 0,11% à 1,6% suivant la région, en Algérie c'est une moyenne de 0,6% de la capacité de stockage qui disparaît chaque année sous la vase, ce chiffre est en hausse d'après le rapport des ressources en eau au Maghreb (2009) pour atteindre 45 Hm³/an avec un volume envasé global de 1,1 Milliards de m³, ce qui représente 17% du volume total de stockage .Ces valeurs paraissent assez réduites, mais leurs conséquences économiques et aussi environnementales sont considérables, en plus des risques sur la stabilité de l'ouvrage, et le fonctionnement des équipements hydromécaniques, sachant que la densité de la vase derrière la digue peut atteindre 1,8.

- Malgré l'importance du problème, on a trouvé que la plupart des études de faisabilité des barrages se base sur des formules expérimentales pour déterminer le volume de vase de projet considéré comme un volume mort, sans être guidé par des facteurs régionaux, ce qui peut engendrer des écarts d'estimation assez considérable.



Erosion



Transport



Solide



Figure 16 : Envasement des barrages

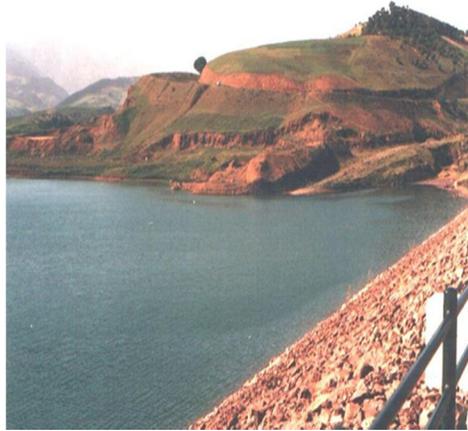


Figure 17 : Digue de barrage

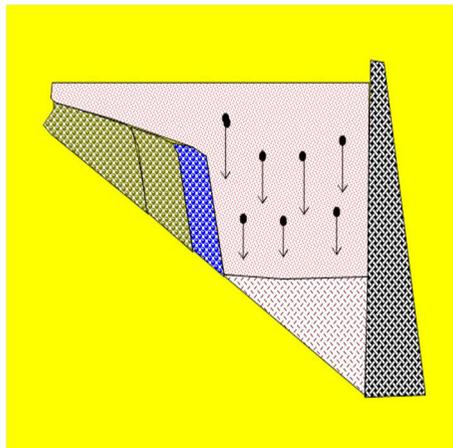
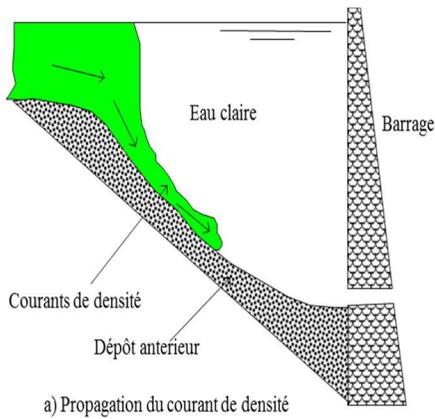


Figure 18 : Schéma d'une digue du barrage (côté amont)





7- Les solutions de sédimentation :

7-1- Respect de l'environnement :

7-2- Des solutions sensibles :

La nouvelle Technologie européenne de DB Sédiments ® relève le défi auquel font face les ouvrages hydro-électriques dans le monde :

- Des outils spécialement conçus draguent les sédiments compactés, les pompes par un système de tubulures et les déposent au niveau de la prise d'eau de l'ouvrage hydraulique, sans obturer la grille crapaudine .
- Les sédiments déposés sont ensuite érodés et amenés vers l'admission d'une centrale hydro-électrique ou vers la vidange du barrage. Cette opération est réalisée sans incidence sur la turbine hydraulique et dans le respect des besoins environnementaux du cours d'eau.

- Dans les usines hydrauliques à accumulation par pompage, les sédiments ont déjà passé la vidange une fois, dans la direction opposée.

Pour que l'effet soit idéal, le processus de dragage doit être effectué en parallèle avec l'opération d'admission d'eau. L'action de la plateforme et de l'outil de coupe est automatisée et programmée selon un modèle régulier/irrégulier. Vous avez la liberté de conserver le niveau de sédimentation ou de le réduire peu à peu pour retrouver la forme initiale « propre » du bassin de retenue.

7-3- Respect de l'environnement :

Les sédiments transférés sont extrêmement importants en aval pour prévenir l'érosion des berges et du lit du cours d'eau. La morphologie du cours d'eau est durablement restaurée dans une situation naturelle équivalente. Le taux de sédiments dans la zone d'aval est rigoureusement adapté pour créer des conditions sans danger pour les poissons et compatible avec la structure du benthos. Les pratiques comme le curage des bassins de retenue entraînent souvent une baisse massive des niveaux d'oxygène générant des niveaux de mortalité piscicole inacceptables. En revanche, notre technologie permet de préserver une teneur en oxygène suffisante grâce à l'injection d'air dans la conduite de transport des sédiments. Veuillez noter que nous ne pouvons pas recommander cette méthode pour les sédiments gravement pollués.

7-4- Protection de la turbine :

Grâce au processus continu et contrôlé qui est mis en œuvre, nos outils hydrauliques limitent la quantité de sédiments à une granulométrie prédéfinie

avec un débit spécifique pour le passage de la turbine. De plus, les principaux paliers de turbine sont protégés par une option de rinçage à l'eau propre. Ces deux caractéristiques préviennent une usure importante des aubes et des joints. Votre turbine est en sécurité.



Figure 19 : DB sédiments système sensitive solutions

7-5- Rentabilité :

En tant qu'exploitant de bassin de retenue, vous pouvez éviter d'importantes pannes. En mettant en œuvre la Technologie DB Sédiments®, vous n'avez plus besoin de vidanger votre bassin de retenue. Vous n'avez plus à gérer les pertes de production. Vous n'avez plus à vous soucier des coûts de déversement. Vous ne gaspillez pas d'eau précieuse. La Technologie DB Sédiments® vous aide à prévenir l'érosion due à une teneur en sédiments insuffisante. En tant qu'administrateur d'une autorité de gestion fluviale, vous n'avez plus à prendre de mesures pour ajouter des sédiments manquants, comme cela est largement pratiqué sur des fleuves comme le Rhin en Allemagne. Chaque bassin de retenue a des propriétés spécifiques. Nous proposons un équipement et des mesures customisés pour les centrales hydro-électriques de toutes tailles, qui vont des kilowatts aux gigawatts, et pour les bassins de retenue allant de quelques milliers de m³ à plusieurs km³.

Nos équipements brevetés et compétitifs au plan économique se distinguent des outils conventionnels de dragage hydraulique/ outil de coupe à plusieurs égards. Selon l'équipement choisi et les besoins spécifiques, l'approche est customisée pour un processus manuel et/ou automatisé fonctionnant à long terme.

7-6- Un service complet :

DB Sédiments® offre un service complet. Choisissez parmi nos prestations : consulting initial, analyse des sédiments, évaluation écologique, installation d'équipements, exploitation, maintenance et orientation scientifique. Nous proposons nos services à partir de notre siège social ou via nos partenaires locaux. Vous pouvez également utiliser notre technologie dans le cadre d'un accord de licence.

7-7- Scientifiquement approuvé :

DB Sédiments® entretient des relations de coopération scientifique avec des universités, des centres de recherche et des organismes officiels. Nous nous concentrons principalement sur l'évaluation des incidences écologiques, l'analyse des avantages morphologiques et l'optimisation des débits de charriage.

7-8- Les avantages :

Les avantages de la Technologie DB Sédiments® sont manifestes :

- Éviter les coûts colossaux des méthodes traditionnelles
- Restaurer intégralement l'écosystème du bassin de retenue
- Mettre en œuvre une solution permanente et durable à vos problèmes de sédiments

- Restaurer la morphologie fluviale en douceur, pour lui faire retrouver un état proche de la nature

8-Les solutions de l'envasement :

Le ministère de l'Agriculture et du Développement rural à travers la Direction générale des forêts s'apprête à lancer une nouvelle méthode de lutte contre l'érosion et l'envasement des barrages. Six projets pilotes seront bientôt lancés au niveau des bassins versants et les zones steppiques.

La révégétalisation est une nouvelle technique de création d'espaces verts qui permet entre autres de lutter contre l'érosion et l'envasement des barrages en leur offrant une durée de vie plus longue.

C'est ce qu'a expliqué, jeudi, Abdellah Ahmed, inspecteur général à la Direction générale des forêts (DGF), lors d'une journée d'étude sur le thème «révégétalisation par la méthode de l'ensemencement hydraulique». Selon ce dernier, cette nouvelle technique qui consiste à créer rapidement une couverture végétale permanente, qui a déjà fait ses preuves ailleurs, «sera une vraie révolution verte si elle est amenée à être homologuée en Algérie».

Cette nouvelle technique est au stade de maturation, dit-il, et une feuille de route sera mise en place pour son lancement prochain.

Pour M. Abdellah, cette méthode est «une nécessité absolue». Il a expliqué que l'Algérie est exposée à deux types d'érosion : éolienne et hydrique.

En raison, dit-il, de nombreux ouvrages hydriques, plus de 80 barrages, que compte le pays et vu les sommes colossales investies dans leur réalisation, leur protection est une nécessité.

Cette méthode qui consiste à placer des tapis végétaux permet le prolongement de la durée de vie des barrages en retardant leur envasement, comme elle peut fournir de l'alimentation pour le bétail, a souligné ce responsable.

Global Eco Solution, société américaine de droit algérien, initiatrice du projet, a expliqué que la revégétalisation qui est réalisée par la méthode de l'ensemencement hydrique est une technique qui a pour but la création d'une couverture végétale permanente qui vise à réduire le flux superficiel de l'eau, la réduction du battement de l'eau, la création d'une couverture de base, la reprise des travaux à impact élevé, réduisant ainsi l'impact dans le paysage. C'est aussi une solution pour prévenir les glissements de terrain, la gestion des eaux de ruissellement et la protection des zones écologiquement sensibles dans les heures critiques après un incendie de forêt.

Soulignons que la technique de la Révégétalisation offre un espace vert dans une période ne dépassant pas un mois tout en permettant une durée de vie de 18 mois des surfaces implantées sans arrosage même sous une température de 45 degrés.

Selon l'inspecteur général de la DGF, les sites pilotes concernés par cette technique sont, entre autres, les barrages de Béni Haroun (Mila) et de l'Oued Mina (RELIZAN)

1-Introduction :

Plus de 35.106 m³ de vase se trouve actuellement au fond de la retenue du barrage de Bouhanifia d'une capacité initiale de 73.106 m³. Afin de prolonger la «durée de vie» de cet ouvrage, le dragage de la retenue est devenu une solution indispensable. Malgré l'évacuation périodique des sédiments par les pertuis de vidange, l'envasement de la retenue augmente d'une année à l'autre. La vase rejetée pose d'énormes problèmes à l'aval du barrage et plus particulièrement dans la région de l'oued El Hammam. Notre étude s'est basée sur des analyses physiques, chimiques et minéralogiques de la vase prélevée dans la retenue du barrage de Bouhanifia. Les résultats obtenus vérifient bien les normes d'une argile utilisée pour la fabrication de la brique.

2-Description du site du barrage de Bouhanifia :

Le barrage de Bouhanifia est situé au nord-ouest de l'Algérie à environ 100 km au sud d'Oran et à 25 km de Mascara (figure 1). C'est un barrage en enrochement arrimé 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. La retenue du barrage de Bouhanifia est alimentée principalement par l'oued El hammam qui prend sa source au niveau des Trois Rivières, point de confluence des oueds Melrir, Hounet (formé par la confluence des oueds Sefioum et Berbour) et l'oued Sahouet (formé par la confluence des oueds Taria et Saïda) et grossi par l'oued Fekane (figure 2). Le bassin versant de l'oued El Hammam en amont du barrage de Bouhanifia couvre une superficie d'environ 7700 km². Il est sous l'influence du climat méditerranéen dont la température oscille entre 8° C et 10° C en hiver à +30° C en été, avec une moyenne des précipitations de 350 mm par an. Les opérations de dragage ont démarré en juin 2013 mais au préalable les bassins de rejet et de décantation ont fait l'objet d'une étude et leur implantation se trouve à quelques kilomètres de la retenue du barrage de Bouhanifia. Plus de six millions de m³ doivent être dragués sur une durée de deux années. Les

moyens utilisés sont assez faibles, composés de deux dragues hydrauliques et à ce jour l'extractionn'excède pas le million de m³. La figure 3 indique la situation géographique des bassins de rejet, la zone comprend à ce jour quatre grands bassins qui sont aptes à recevoir toute la quantité de sédiments dragués. La figure 4 représente une photo du matériel dedragage mis en place.

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

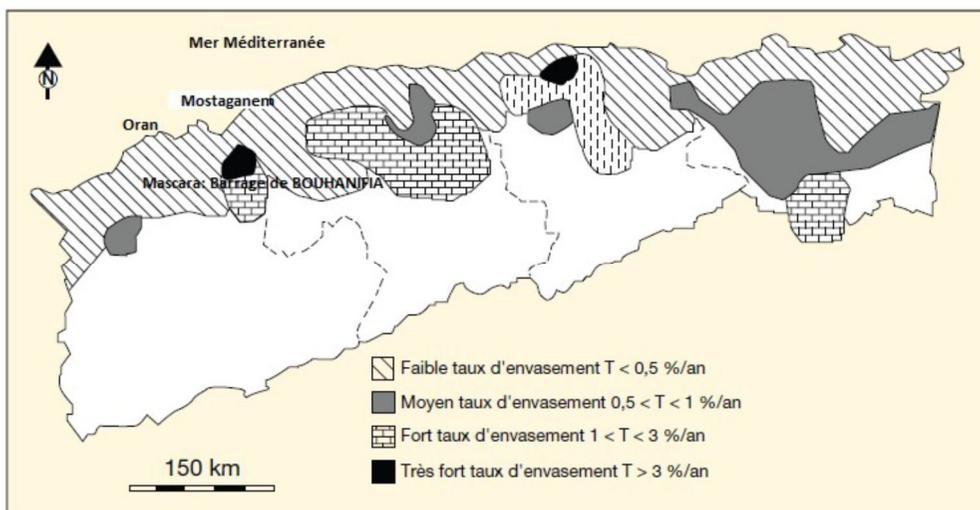


Figure 1 : Carte de sensibilité à l'envasement des barrages en Algérie

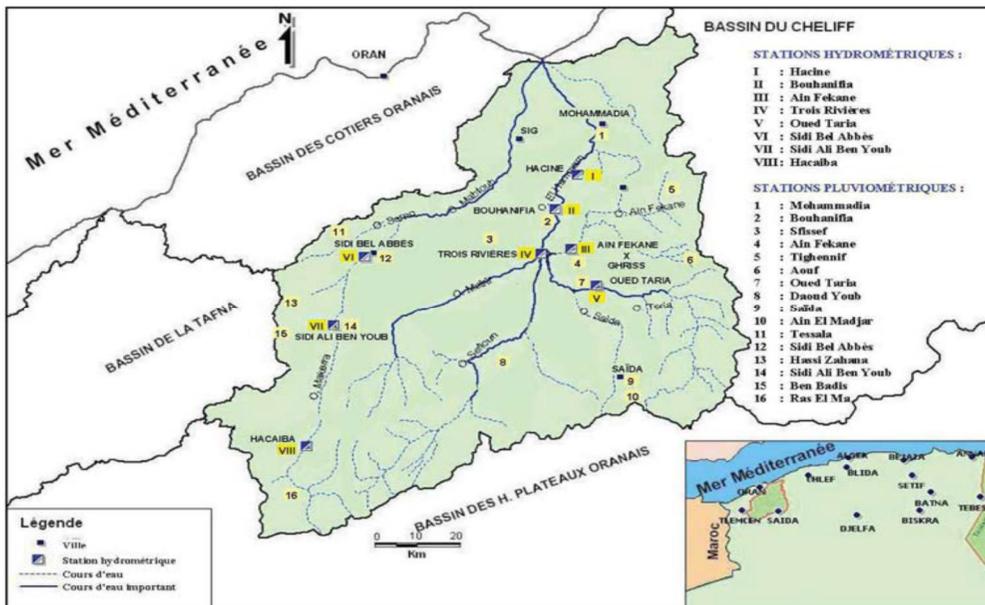


Figure 2 : Réseau - eau hydrographique du bassin versant de la Macta



Figure 3 : Situation géographique de l'emplacement des dragages dans la cuvette de Bouhanifia

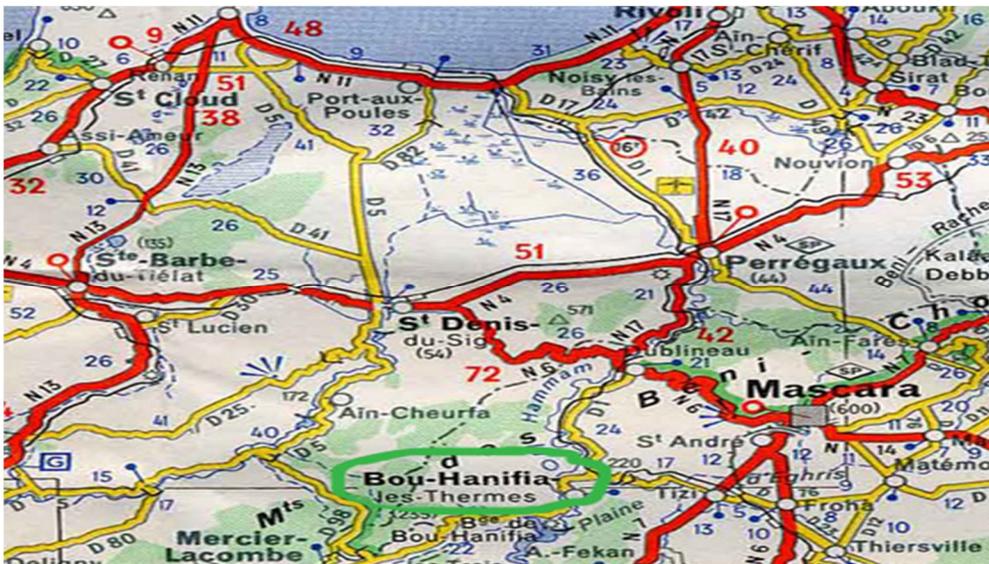


Figure 4 : Repères géographique de Bouhanifia



Figure 5 : Barrage de Bouhanifia

3-L'envasement du barrage de bouhanifia :

Les conséquences de l'envasement des barrages qui se traduisent par la perte des volumes utiles des retenues, continuent à poser des problèmes aux gestionnaires de l'Agence Nationale des Barrages et Transfert en Algérie. La nature des précipitations dans nos régions à climat semi-aride, accentue la dégradation des berges des bassins versants.

Le barrage de Bouhanifia qui fait l'objet de notre étude, vue sa position géographique dans la région de Mascara (ouest algérien), se situe sur l'axe de l'oued El Hammam Eaval du barrage de Ouizert et en amont de celui de Fergoug. Des opérations de dragage estimées à 6 millions de m³ ont débuté en juin 2013, ce qui constitue un terrain expérimental concret pour la recherche de solutions sur les moyens curatives et préventives de lutte à mettre en œuvre contre l'accumulation des sédiments dans la retenue.

Les paramètres qui régissent et caractérisent les bassins versants, la morphologie décours d'eau et le transport solide, doivent être étudiés pour permettre des applications en relation avec les conditions actuelles de l'ouvrage. Nous avons déterminé les propriétés essentielles des cours d'eau, à savoir : la pente, la sinuosité et la rugosité. Les différents résultats permettent de connaître les cours d'eau qui nécessitent des interventions de maintenance et d'entretien, pour minimiser l'érosion et par conséquent contribuer à l'entretien du barrage de Bouhanifia en aval contre l'envasement.

Nous avons utilisé l'équation 1 ci-dessous pour l'estimation du taux d'envasement du barrage de Bouhanifia (REMINI & HALLOUCHE, 2005) ,

$T_{env} \% = 1,6228 t^{0,8707}$, où : T est le taux d'envasement et t le nombre d'années d'exploitation.

Le tableau 1 représente l'estimation de l'évolution de l'envasement en fonction du temps. Nous pouvons remarquer que l'envasement prend de l'ampleur d'année en année, jusqu'à un comblement total en 2062. Cette prévision est susceptible de remettre en cause les méthodes de lutte actuelles.

| Année | 1948 | 1955 | 1975 | 1986 | 2012 | 2062 |
|--|------|-------|-------|------|------|------|
| Mesure bathymétrique de l'envasement Mm3 | 0 | 12 | 20 | 23 | / | / |
| Envasement calculé (1) Mm3 | 0 | 13.16 | 15.75 | 28 | 45 | 73 |

Tab1- Représente l'envasement l'estimation de l'évolution de l'envasement en fonction du temps



Figure 6 : Phénomène de l'nvaselement de barrage de Bouhanifia

4-Lancement du dragage de barrage de bouhanifia :

Confiés à l'entreprise algéro-libanaise «Hydro dragage» pour un montant de plus de 107 milliards de centimes (1 076 692 316,31 DA), les travaux de dragage du barrage de Bouhanifia, à 20 km de Mascara, ont été «officiellement» entamés, ce lundi.

Cette opération consiste à enlever un volume de 6 millions de mètres cubes de vase dudit barrage dans un délai contractuel de 31 mois. Qualifié d'important, ce projet «a pour but de prolonger la durée de vie de cette infrastructure, et ce, par l'augmentation de sa capacité de stockage réduite de 70 à 34 millions de m³ par l'accumulation de la vase», nous précisera le wali de Mascara, Ouled Salah Zitouni. Ce qui distingue l'opération de désenvasement du barrage de Bouhanifia, c'est que la perte d'eau est presque nulle. «Les 18 millions de m³ d'eau que nous devons utiliser après l'enlèvement des 6 millions de m³ de vase ne seront pas déversées dans la mer via le cours de Oued El-Hammam», a ajouté notre source.

Afin d'atteindre cet objectif, de grands bassins de décantation des boues ont été aménagés sur une superficie de 200 hectares de terres située à 5 km en amont du barrage. «Les eaux boueuses pompées du réservoir du barrage sont acheminées par des canalisations jusqu'aux bassins de décantation avant d'être de nouveau réinjectées dans leur lieu d'origine, le barrage en l'occurrence», nous a expliqué le chef de l'exécutif. Sur les lieux, une trentaine d'engins et une centaine d'ouvriers assurent les travaux de réalisation des 15 bassins de décantation destinés à recevoir quotidiennement un volume de 10 000 m³ de vase du barrage.

«Notre objectif est d'enlever un million de m³ de vase chaque 3 mois. C'est pour ça que nous avons décidé d'accélérer le rythme du travail, en optant, à partir de la semaine prochaine, pour la formule H24», nous dira le chef du projet de l'entreprise, Kaddour Karim. Le taux d'envasement du barrage de Bouhanifia atteint actuellement les 53,42 %. «La capacité de stockage du barrage de Bouhanifia, réalisé en 1929 et mis en eau en 1940, a diminué de 70 millions de m³ en 1950 et de 34,5 millions de m³ en 2012. Des efforts sont menés par l'Etat pour limiter le phénomène de l'envasement», nous dira la directrice de cette structure, Naïma Bennabi.



Figure 7 : Matériel de dragage dans la retenue de de Bouhanifia

5-Pourquoi avons-nous besoin de barrages?

Historiquement, les barrages furent construits afin de répondre à un seul problème: l'approvisionnement en eau et l'irrigation. Avec le développement des civilisations, les besoins furent plus importants et plus nombreux, ajoutant aux précédents la nécessité de contrôler les crues, la navigation, la qualité de l'eau, le contrôle des sédiments et l'énergie. Par conséquent des barrages ont été construits pour répondre à ces besoins spécifiques. Un Barrage est la pierre angulaire dans le développement et la gestion des ressources hydrauliques. Les barrages polyvalents sont des projets très important pour les pays en développement, puisqu'un seul investissement permet aux populations de recevoir des bénéfices à la fois domestiques et économiques.



Figure 8 : Inscription sur l'écluse du Barrage de Marib (construit en 750)

La demande en eau augmente régulièrement à travers le monde. Il n'y a pas de vie sur Terre sans eau, l'une des ressources les plus importantes avec l'air et la terre. Depuis les trois derniers siècles, la quantité d'eau extraite des sources d'eau douce a été multipliée par 35 et la population mondiale par 8. Avec une population mondiale actuelle de 6,8 milliards grandissant en moyenne de 90 millions par an et les attentes légitimes des populations pour un meilleur niveau de vie, la demande mondiale en eau devrait augmenter d'au moins 2 à 3% dans les décennies à venir.

Mais les ressources en eau douce sont limitées et inégalement réparties. Les pays dont la consommation est importante mais qui disposent de ressources en eau importantes et d'infrastructures techniques hautement développées, pourraient répondre à la demande grandissante grâce aux différentes manières de conserver, recycler et réutiliser l'eau. Dans de nombreuses régions, la disponibilité des ressources hydrauliques est essentielle pour permettre un développement supérieur au niveau actuel insatisfaisant, parfois même pour la simple survie des communautés existantes ou répondre à la demande grandissante due à la croissance rapide de leur population. Dans ces régions les hommes ne peuvent se passer de l'apport des barrages et réservoirs pour exploiter la ressource hydraulique ;

Les variations saisonnières et les irrégularités climatiques des pluies entravent la gestion efficace de l'écoulement des rivières, avec les inondations et sécheresses qui causent des problèmes aux proportions catastrophiques. Durant presque 5000 ans les barrages ont servi à assurer un approvisionnement en eau suffisant en stockant en période d'excès et en relâchant pendant les pénuries, tout en empêchant et contrôlant les crues.



Figure 9 : Vue aérienne du Barrage de Sayamaike (construit au 7^{ème} siècle)

Avec leur capacité actuelle cumulée d'environ 6 000 km³, les barrages contribuent clairement à la gestion efficace des ressources en eau limitées, inégalement réparties et sujet à de larges fluctuations saisonnières

6-Rôle des barrages :

La plus part des barrages sont à but unique, mais il y a un nombre grandissant de barrages polyvalents. D'après les publications les plus récentes du Registre Mondial des Grands Barrages l'irrigation est de loin la raison la plus courante pour construire un barrage. Parmi les barrages à but unique, 48% sont pour

l'irrigation, 17% pour l'hydro-électricité, 13% l'approvisionnement en eau, 10% le contrôle des crues, 5% pour les loisirs et moins de 1% pour la navigation et la pisciculture.

7- L'utilisation des barrages :

7-1-L'irrigation:

Aujourd'hui, les terres irriguées couvrent environ 277 millions d'hectares soit 18% des terres arables du monde pourtant elles produisent 40% des récoltes et emploient 30% de la population dispersée dans les régions rurales. Du fait de l'importante croissance démographique attendue pour les prochaines décennies, l'irrigation doit être étendue afin d'augmenter la capacité de production. On estime que 80% de la production additionnelle de nourriture en 2025 viendra de terres irriguées. Même avec la diffusion des méthodes de conservation de l'eau et les améliorations des techniques d'irrigations, la construction de réservoirs supplémentaires sera nécessaire.



Figure 10 : La nourriture pousse ou l'eau coule à flot

7-2-Hydro-électricité:

Les usines de production d'énergie hydro-électrique fournissent généralement entre plusieurs centaines de kilowatts et plusieurs centaines de mégawatts, certaines usines immenses peuvent produire près de 10 000 mégawatts afin d'approvisionner en électricité plusieurs millions de personnes. Les usines de production d'énergie hydro-électrique ont une capacité mondiale combinée de 675 000 mégawatts. Elles produisent 2,3 trillions de kilowatts d'électricité par heure, approvisionnant 24% des besoins en électricité mondiaux.

Dans de nombreux pays l'énergie hydro-électrique contribue en quasi totalité à fournir l'énergie électrique. En 1998, les usines hydro-électriques ont produit 99% de l'électricité du pays en Norvège et en République Démocratique du Congo (ancien Zaïre). Le chiffre était de 91% pour le Brésil.

L'électricité générée par les barrages est de loin la plus grande source d'énergie renouvelable au monde. Plus de 90% de l'électricité renouvelable du monde provient des barrages. L'hydro-électricité offre aussi la possibilité unique de gérer les réseaux électriques grâce à sa capacité de produire rapidement en fonction des pics de demande. Les usines de pompage-turbinage, utilisent l'énergie produite pendant la nuit, lorsque la demande est basse, pour pomper l'eau jusqu'au réservoir supérieur. Cette eau est utilisée plus tard pour produire de l'électricité, en période de pointe. Ce système constitue aujourd'hui le seul moyen de stocker de l'électricité de façon économique.



Figure 11 : Générateurs dans une usines d'hydro-électricité

7-3-Distribution d'eau pour usages domestiques et industriels:

Il a été souligné combien l'eau était essentielle pour notre civilisation. Il est important de se rappeler que les précipitations vont en grande partie dans les océans et mers et qu'une grande proportion de celles qui tombe sur les terre s'écoulent aussi jusqu'aux étendues salées. Seulement 2% du total des précipitations s'infiltrant et approvisionnent les nappes phréatiques. Les barrages planifiés, conçus, construits et entretenus correctement pour stocker l'eau contribuent largement à répondre à nos besoins d'approvisionnement en eau. Pour ajuster les variations des cycles hydrologiques, les barrages et réservoirs sont nécessaires pour stocker l'eau et approvisionner avec régularité lors de pénurie.



Figure 12 : Les infrastructures industrielles

Les Infrastructures industrielles comme cette centrale thermique nécessitent des millions de litres par jour. Une ville comme Mumbai en Inde (16 millions d'habitants) a besoin de 4300 millions de litres d'eau par jour (epj), Melbourne en Australie (4 millions d'habitants) a besoin de 1000 millions de litre (epj) et Paris en France a besoin de 700 million de litre (epj). Dans tous ces exemples, l'eau ne pourrait être fournie sans barrages.

7-4-Navigation fluviale :

Du fait des conditions naturelles, les rivières subissent des modifications de débit, niveau, formation de glace, du cours du lit dû à l'érosion et la sédimentation, cela cause des problèmes et obstacles pour la navigation fluviale. Cependant la navigation fluviale a des avantages notables par rapport aux transports routiers et ferroviaires. chaque barge peut transporter d'importantes charges, les cargaisons peuvent être de grandes dimensions et la consommation d'essence est minime comparé aux autres modes de transport. Le développement de la navigation fluviale résulte de l'aménagement accompli de bassins, barrages, écluses et réservoir qui sont régulé afin de réaliser des économies régionales et nationales. En plus des

bénéfices économiques; ce système et les activités des loisirs en découlant réduisent l'érosion, stabilise le niveau des nappes phréatiques



Figure 13 : Un chargement traverse une écluse et un barrage dans une voie fluvial

Ce grand chargement traverse une écluse et un barrage dans une voie fluvial, tout comme ce remorqueur au bas de l'image.

7-5-Contrôle des crues :

Les barrages et réservoirs peuvent être utilisés pour réguler le niveau des rivières et réguler efficacement le débit ascendant en stockant temporairement l'eau et en la relâchant plus tard. La méthode la plus probante pour réguler le débit est la mise en œuvre d'un système intégré de gestion de l'eau qui contrôle le stockage et les relâches des principaux barrages d'un bassin fluvial. Chaque barrage est réglé selon un programme spécifique fixé sur le débit habituel afin de contrôler les flux d'eau sans causer de dommage. Pour cela, il faut diminuer le niveau du réservoir pour faire plus de capacité de stockage lors des saisons pluvieuses. Cette stratégie élimine les crues. Le nombre de barrages et leur système de gestion d'eau sont établis à travers une

planification complète en faveur du développement économique et de l'implication du public. Le contrôle des crues est un des objectifs principaux de la plupart des barrages existant et en cours de construction.



Figure 14 : Les crues en Algérie

1-Introduction :

Les produits de terre cuite , sont les produits céramiques utilisés à la construction des habitations :briques , tuiles ,hourdis , ets ...on les désigné souvent par les termes (produits rouges) .

Aujourd'hui ,en raison des débouchés que lui offre la grande construction , la terre cuite a pris conscience de son importance dans l'économie générale et son organisation professionnelle et technique reste à ce jour non maîtrisée convenablement . son évolution et son perfectionnement ont été considérable ces dernières années surtout en Europe et méritent d'être décrits .

2-L 'argile, matière première pour les briques en terre cuite :

La brique de terre cuite est fabriquée à partir d'argile, matière première issue de la terre. Utilisée depuis plusieurs millénaires pour ses qualités, l'argile est un produit naturel. Si l'argile est largement répandue dans notre sous-sol, la terre cuite apporte un soin particulier à la sélection des argiles.

La pâte qui sert à la fabrication des briques est obtenue par broyage, malaxage de la terre et adjonction d'eau au mélange. Cette pâte modelable est ensuite extrudée et coupée pour former des briques. Après séchage et cuisson, le processus aura donné naissance à un matériau de construction parfaitement en cohérence avec la nature et l'homme.

Pour Boyer Leroux terre cuite, le défi majeur consiste à reproduire jour après jour un niveau de qualité constant qui permette de standardiser la production à l'échelle industrielle.



Figure 1 : Matière première de l'argile

3-Pourquoi des briques en terre?

Depuis que l'Homme est sur Terre l'habitat a toujours été un besoin pour lui. La terre a, par conséquent, été le premier matériau de construction utilisé, de part son abondance et sa facilité à l'emploi.

Les habitations en terre sont les plus répandues dans le monde (Afrique, Moyen-Orient, Amérique latine).

4-Processus de production :

Le processus de production de la terre cuite se compose de différentes étapes :

- 1- L'extraction des matières premières (argiles)
- 2- La préparation de l'argile
- 3- Le façonnage
- 4- Le séchage

5.-La cuisson

5-1-Extraction matières premières (argile principalement) :

L'argile est extraite dans des argilières situées en zone d'extraction. L'argile est omniprésente dans le sous-sol et ses propriétés diffèrent en fonction de l'origine géologique. La carte donne un aperçu des différentes zones argileuses. Une briqueterie jouxte généralement une argilière. Certaines briqueteries ajoutent des argiles en provenance d'autres argilières afin d'étoffer la gamme de produits.

- Fermentation(à partir de 2 mois à 3 mois)

5-2-La préparation d'argile :

- broyer l'argile (40 mm)
- ôter les impuretés
- ajouté le sable (15%)(le sable utiliser tan que d'crissant et éviter le retirés ,pour les normes(25%)

5-3-Le façonnage :

- Étirage
- pressage
- moulage

5-4-Le séchage :

- élimination de l'eau à partir de 80° à 85°
- élimination le vide

5-5-La cuisson :

- évité la reprise de humidité (pré feu)
- L'évaporation des minéraux excédentaires
- Transformation de l'élément de quartz à partir de 574° à 650° dans la zone de pré chauffe (le quartz est élément chimique SiO₂ très important dans la composition de l'argile)
- Le frittage (Corrélation entre le grain) à partir de 890° à 910°



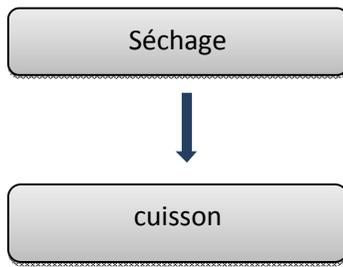


Figure 2 : Processus de fabrication des briques 2016

6- Les ajouts :

Les ajouts pouvant être utilisés dans la fabrication des briques :

6-1-Ajouts dégraissants combustibles :

sciure de bois ,copeau ,tourbe ,bitume, lignite , anthracite et coke sont aussi utilisés pour l'amélioration de la cuisson .

6-2-Ajouts plastifiants :

les argiles très grasses et les argiles bentonitiques .

6-3-Ajouts dégraissants :

Les argiles plastique sont très rarement utilisées en état pur pour la fabrication des la briques à cause des grands retraits qu'elles accusent au séchage et à la cuisson .

Elle provoquent qu'elle accusent au séchage et à la cuisson .

Elle provoquent aussi la déformation et la fissuration des produits.

Pour éviter toutes ces anomalies il est plus rationnel d'introduire un ajout de dégraissant .

✓ 6-3-a-Le sable :

les sables à grains de dimensions 0.15-1.5 mm sont plus convenables

✓ 6-3-b-La chamotte :

c'est un dégraissant très efficace étant donné qu'au cours de la cuisson , il ne provoque aucun phénomène physico-chimique .

✓ 6-3-c-L'argile déshydratée :

généralement la quantité optimum d'ajouts est déterminée après un certain nombre d'essais industriels .

✓ 6-3-d-Le laitier :

ce sont des dégraissants très efficaces à cause de leur bonne granulométrie et de leur bonne stabilité thermique .

7-Principaux défauts :

Les défauts des produits de terre cuite peuvent être distingués en deux types ; les uns sont imputables à la matière première et les autres au non respect des paramètres technologiques de fabrication .

7-1-Défauts imputables à la matière première :**✓ 7-1-a-Efflorescences :**

les efflorescences sont presque toujours dues à la présence de sels solubles contenus dans la matière première

✓ 7-1-b-Inclusion nuisibles :

les inclusions nuisibles que l'on rencontre généralement sur les produits cuits sont les grains de chaux ou de gypse

✓ **7-1-c-Boursoufflement :**

ils sont dus à une structure trop serrée de la pâte associée à une montée en température trop rapide au préchauffage ou à une sur cuisson du produit

7-2-Défauts imputables au non respect des paramètres technologiques :

✓ **7-2-a-Fissuration :**

Les fissures sont dues généralement à un mauvais régime de séchage et de cuisson , parfois elles sont imputables à la mauvaise préparation des argiles (broyage très grossier)

✓ **7-2-b-Eclatement :**

Ils proviennent d'un échauffement trop rapide au moment où l'eau résiduelle, l'eau zéolitique ou de constitution se vaporise au cours de la cuisson

✓ **7-2-c-Cœurs noirs :**

Le phénomène de cœur noir correspond au développement d'une teinte noire dans les zones internes d'un produit de terre cuite .

8-Conclusion :

On nous rétorque souvent que la brique de terre compressée est plus chère que le parpaing à l'achat et qu'elle est plus fragile.

En réalité, la brique de terre offre une isolation thermique, phonique et hydrométrique bien supérieure au parpaing béton et une résistance à la compression également supérieure au parpaing.

Quant au prix d'achat, il s'équilibre lors de la construction car la construction en brique de terre ne nécessite pas d'isolation complémentaire alors qu'un mur de béton (parpaing ou banché) demande une isolation intérieure et extérieure qui a un coût.

1-La teneur en eau :

1-1- But de l'essai :

Les granulats utilisés pour la confection du béton contiennent généralement une certaine quantité d'eau variable selon les conditions météorologiques. L'eau de gâchage réellement utilisée est par conséquent égale à la quantité d'eau théorique moins l'eau contenue dans les granulats. Il faut par conséquent disposer de moyens pour mesurer combien il y a d'eau dans les granulats.

Il y a deux possibilités pour mesurer la teneur en eau :

1. Sécher le matériau humide complètement,
2. Faire entrer l'eau absorbée dans une réaction chimique.

1-2-Définition :

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec .

$$W = E / W_s = (W_h - W_s) / W_s$$

E : le poids d'eau dans le matériau

W_s : le poids du matériau sec

W_h : le poids du matériau humide

Si W est exprimé en % :

$$W\% = 100 (W_h - W_s) / W_s$$

1-3-Le principe :

1-3-1-Séchage à l'étuve :

- Placer une quantité déterminée du matériau humide à tester dans une boîte à pétrin numérotée préalablement et tarée,
- Peser l'ensemble et l'introduire dans une étuve pendant 24 heures sous une température de 105°Celsius,
- Après dessiccation, on pèse l'ensemble une seconde fois,
- déduire les masses humide et sèche de l'échantillon et calculer la W.

Préparation d' échantillon (la vase):

L'échantillon à analyser a été broyé à 80 µm.

2-Bleu de méthylène (NF P94-068) :**2-1-Objectif et principe de l'essai.**

L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est utilisé pour déterminer l'argilo site d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol.

L'essai consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon. Pour cela on utilise du bleu de méthylène, substance adsorbée de préférence par les argiles.

L'essai consiste à mesurer la quantité de bleu de méthylène fixée par 100 g de la fraction granulaire de sol analysé.

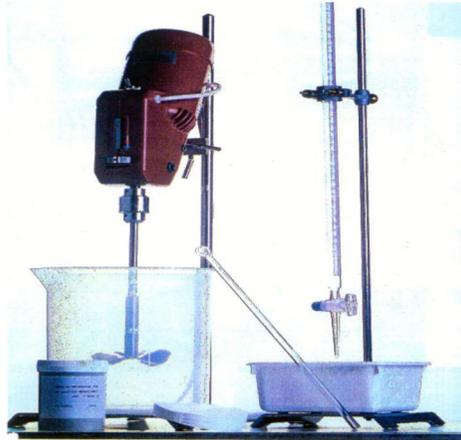


Figure 1 : Essai de bleu de méthylène

2-2-Propreté :

Lorsque l'on frotte des granulats non lavés dans la main (du sable ou des gravillons), on peut constater des traces de poussière sur les doigts. Il s'agit de particules argileuses de petites dimensions. Celles-ci sont susceptibles d'être nuisibles à la qualité du mélange ou de la pâte que l'on veut obtenir à partir du granulat, comme du béton ou un mélange bitumineux.

- Dans les sols, les particules argileuses vont avoir une incidence sur le comportement du sol en présence d'eau.
- Dans le domaine du béton, ces particules perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des défauts d'adhérence entre les granulats et la pâte.
- Dans les mélanges bitumineux, comme les enrobés bitumineux ou les enduits superficiels, un défaut de propreté peut conduire également à une perte d'adhérence du granulat avec le liant et donc à un dés enrobage.

2-3-Matériel (essai manuel) :

L'appareillage à utiliser est le suivant :

- Burette
- Papier-filtre
- Tige de verre
- Agitateur à ailettes.
- Balance
- Chronomètre
- Tamis.
- Eau distillée + pissette.
- Bécher d'une capacité d'environ 1 l à 2 l
- Bleu de méthylène

Il est également possible de réaliser l'essai de façon automatique à l'aide d'un appareil qui combine méthode turbidimétrie et mesure par un colorimètre.

Cet appareil permet d'analyser les sables sur la fraction granulaire 0/4mm ainsi que sur les fillers ou les sols.

2-4-Mode opératoire :

- Tamiser l'échantillon à étudier au tamis 0.5 mm.
- Prélever une masse de 120 gr.
- Calculer la teneur en eau W de la prise d'essai.
- Déduire la masse humide de l'échantillon par $[Masse Humide] = [Masse sèche] \times (1 + [Teneur en eau])$

- Verser un échantillon de 30 gr de sol sec dans le Bécher et ajouter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Agiter sans arrêt le mélange à l'aide de l'agitateur à ailettes.
- Ajouter 5 cm³ de bleu de méthylène dans le Bécher.
- Prélever une goutte de mélange et la placer sur papier filtre.
- Si la tache centrale est entourée d'une auréole bleu turquoise, le test est positif. Dans ce cas l'essai est terminé, les particules argileuses sont alors saturées en Bleu de Méthylène. On recommence l'essai à l'identique, cinq fois à intervalle d'une minute pour le confirmer.
- Si la tache est entourée d'une auréole humide incolore, le test est négatif. Dans ce cas, on ajoute du bleu de méthylène par prises de 5cm³ jusqu'à ce que le teste soit positif. On répète l'essai à l'identique, cinq fois à intervalle d'une minute pour le confirmer.
- Calculer la valeur au bleu du sol (VBS) en appliquant la formule suivante

$$VBS = \frac{B}{m_s C} \times 100$$

B :masse de bleu introduite dans la bécher (en gr)

M_s :masse séché de la prise d'essai (en gr)

C :proportion de 0/5mm soumis à l'essai de la fraction 0/5 du matériau sec

3-Limite d'Atterberg(NF P94-052):

3-1-Principe de l'essai :

On détermine par cet essai les limites de liquidité et de plasticité d'un sol. Cet essai est réalisé sur la partie de sol passant au tamis de 400 μm .

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état.

L'essai réalisé avec le pénétromètre à cône consiste à mesurer l'enfoncement d'un cône de masse normalisé dans le sol remanié et de faire des essais à différentes teneurs en eau.

L'utilisation d'une abaque permet d'obtenir les deux limites recherchées. Il existe d'autres moyens de mesure; la coupelle de Casagrande pour la limite de liquidité et le rouleau façonné de 3 mm pour la limite de plasticité .



Figure 2 : Limites d'atterberg

3-2-But de l'essai :

L'Essai laboratoire Limites d'Atterberg permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins) .

3-3-Limite de plasticité (Wp):

caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

3-4-Limite de liquidité (WL):

caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$WL = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N: nombre de coups

L'indice de plasticité (Ip): $IP = WL - WP$

3-5-Mode opératoire :

- Placer le sol dans le petit récipient en prenant soin de ne pas enfermer de bulles d'air.
- Placer le récipient sous le pénétromètre
- Remonter le cône au plus haut.
- A l'aide de la vis, descendre l'ensemble cône + bâti jusqu'à effleurement du sol
- Agir sur le cercle pour une mise à 0
- Effectuer un lâcher

- Mesurer l'enfoncement en agissant doucement sur l'aiguille (molette centrale).

ATTENTION à la graduation du cercle, elle est en 1/100 de cm, lire 300 signifie 3,00 cm ou 30 mm.

- Recommencer le processus pour d'autres teneur en eau



Figure 3 : Essai de casa grande

3-6-Paramètre à retenir :

La masse mobile Q vaut 80g, on obtient les limites de liquidité et de plasticité en reportant les points de mesures sur l'abaque et en les joignant par une droite. On calcule ensuite l'indice de plasticité. La limite de liquidité et l'indice de plasticité permettent de classer la fraction fine du sol (voir classification LCPC). Seuils retenus :

- 12 : limite supérieur des sols faiblement argileux,
- 25 : limite supérieur des sols moyennement argileux,
- 40 : limites supérieur des sols argileux et très argileux.

4-Analyse granulométrie(NFP 94-057) :

4-1-Définition : 1

On appelle granulats un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, de provenance naturelle ou artificielle, destinés à la confection :

- des mortiers, des bétons,
- des couches de fondation, des couches de base et de roulement des chaussées,
- et des assises et des ballasts de voies ferrées.

Les granulats sont appelés fillers, sables, gravillons, graves ou ballast suivant leurs dimensions.

4-2-Classe granulaire :

- Un granulats est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D .
- Le premier désigne le diamètre minimum des grains d et le deuxième le diamètre maximum D .
- Lorsque d est inférieur à 0.5 mm, le granulats est désigné d/D .
- Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm.

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrées (Norme NFP18-101):

- ✓ Les fines d/D avec $D \leq 0,08$ mm
- ✓ Les sables d/D avec $D \leq 6,3$ mm
- ✓ Les gravillons d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 31,5$ mm
- ✓ Les cailloux d/D avec $d \geq 20$ mm et $D \leq 80$ mm
- ✓ Les graves d/D avec $d \geq 6,3$ mm et $D \leq 80$ mm

Le granulat est dit de classe d/D lorsqu'il satisfait aux conditions suivantes :

- Le refus sur le tamis D est compris entre :
 - ✓ 1 et 15% si $D > 1.56 d$
 - ✓ 1 et 20% si $D \leq 1.56 d$
- Le tamisât au tamis d est compris entre :
 - ✓ 1 et 15% si $D > 1.56 d$
 - ✓ 1 et 20% si $D \leq 1.56 d$
- Le refus sur le tamis 1.56 D est nul
- Le tamisât au tamis $0.63 d < 3\%$; toutefois pour $D \leq 5$ mm, cette limite est portée à 5%.

4-3-L'analyse granulométrique par tamisage :

L'analyse consiste à faire passer un échantillon d'environ 250 g de matière au travers d'une série de tamis calibrés, à récupérer et à peser séparément les fractions retenues par les tamis. Suivant la granulométrie du matériau et les coupures granulométriques voulues, l'analyse est réalisée en voie sèche (coupures supérieures à 212 μm) ou en voie humide (coupures inférieures ou égales à 212 μm).

Il est indispensable de tenir compte d'éventuels composants solubles (analyse en voie humide non réalisable) et de prendre des précautions particulières pour les produits friables. Par ailleurs, la présence d'hydrocarbures (cas particulier de cuttings de forage) ne permet pas la réalisation de l'analyse en

voie humide car le mélange eau-hydrocarbures produit une émulsion qui compromet l'opération.

Les tamis utilisés pour les analyses sont des tamis normalisés RETSCH

| >10 mm | -10/+1 mm | -1 mm/+100 μm | -100 μm |
|--------|-----------|--------------------------|--------------------|
| 75.00 | 9.50 | 880 | 75 |
| 26.50 | 6.70 | 710 | 63 |
| 22.40 | 5.60 | 600 | 53 |
| 16.00 | 4.75 | 425 | 38 |
| | 3.35 | 355 | |
| | 2.80 | 300 | |
| | 2.36 | 250 | |
| | 1.70 | 212 | |
| | 1.40 | 180 | |
| | 1.18 | 150 | |
| | | 106 | |

Tableau 2 : Dimensions des tamis disponibles pour l'analyse granulométrique



Figure 4 : Les Tamis

4-4-Analyse granulométrie par sédimentométrie :

L'analyse granulométrique par sédimentométrie permet de déterminer la distribution en poids .Des particules fines (de diamètre inférieur à 80 μ) d'un sol en fonction de leurs dimensions.L'analyse par sédimentométrie complète l'analyse par tamisage.

La séparation par décantation consiste à déterminer les diamètres équivalent des particules sphériques en fonction de leur vitesse de chute dans un environnement visqueux afin d'obtenir le tracé d'une courbe Granulométrique pour des particules inférieure a 0,08mm

$$V = \frac{g \cdot (\gamma_s - \gamma_w)}{18\eta} \cdot D^2$$

v : Vitesse moyenne de décantation

γ_s et γ_d :Poids spécifiques de la particule et de l'eau en g/cm³

g :La viscosité dynamique du solide

η :L'accélération de la pesanteur en cm/s²

4-5-Objectif :

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 125 mm. On appelle :

- ✓ REFUS sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.
- ✓ TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

4-6-Le principe de l'essai :

- L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.



Figure 5 : Analyse granulométrique

- Les masses des différents refus et tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

4. 7-Matériel utilisé :

- Les dimensions de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.
- La norme actuelle (EN 933-2) préconise, pour l'analyse granulométrique, la série de tamis suivante en (mm): 0.063, 0.125, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125.

5. Analyse chimique :

La chimie analytique est la partie de la chimie qui concerne l'analyse des produits, c'est-à-dire l'identification et la caractérisation de substances chimiques connues ou non. La substance chimique dont on cherche à déterminer les propriétés est appelée analyte.

6-Procédure de Conception :

Pour une réutilisation de la vase draguée au niveau du barrage de Bouhanifia pour une conception de la brique rouge, et Après plusieurs essais préliminaires en suivant la recherche bibliographique pour l'optimisation de formulation pour la Préparation des échantillons cuit

On n'ai passé par les étapes suivantes en essayant de suivre la procédure de fabrication de brique :

- 1- Tamiser la vase dans le tamis du 80 μm
- 2- Malaxer la vase tamisée avec de différents pourcentages d'eau 10% - 15% et 20%
- 3- Mettre les mélanges dans des moules d'aedomètre afin d'atteindre une pression.
- 4- Faire sécher les échantillons à l'étuve pour une durée de 24h

5- La cuisson des éprouvettes a été dans un four de marque Allemande Nabertherm.

Pour une température de 900 °



Figure 6 : Le four de cuisson

7-Essai de Durabilité :



7-1 Essai d'absorption à eau :

Selon la norme EN 771-1 déterminée en divisant le poids de la brique après immersion dans l'eau par le poids initial de la brique.

1-LES CARACTERISATIONS DE LA VASE :

1-1.La teneur en eau de la vase :

1-1-1.But de l'essai

Le but de l'essai c'est déterminer les caractéristiques pondérales du sol tel que la teneur en eau et la masse volumique.

1-1-2.Détermination de la teneur en eau

- 1- Placer une quantité déterminée du matériau humide à tester dans une boîte à pétri numérotée préalablement et tarée
- 2- Peser l'ensemble (soit m_h) et l'introduire dans une étuve pendant **24 H** sous une température de **105°C**
- 3- Après dessiccation, on pèse l'ensemble une seconde fois (soit m_s)

Calcul

M boîte a pétri vide =22.17 g

Mh +M boîte a pétri =120g

Donc :

Mh=120 - 22.17

Mh=97.83g

2/ On l'esse Mh de vase dans une étuve pendant 24H sous une température de 105°C

3/ On pense l'ensemble une seconde fois (ms) : (15/02/2016)

La 1 ère essai :

$$M_s = 71.16g$$

On calcul:

$$M_w = M_h - M_s = 97.83 - 71.16 = 26.67g$$

La teneur en eau (e) : $w = M_w / M_s$

$$w = 26.67 / 71.16 = 0.37 = 37\%$$

la 2 eme essai :

$$M_h = 55,87g \quad ; \quad M_s = 37,29g$$

$$M_w = 55,87 - 37,29 = 18,58g$$

$$W = M_w / M_s = 18,58 / 37,29$$

$$W = 49,8\%$$

| Teneur en eau ω | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|---|---|---|
| Essai No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Masse Tare (g) | 23,29 | 22,17 | | | |
| Masse Tare+ Sol humide (g) | 55,87 | 120 | | | |
| Masse Tare+ Sol sec (g) | 37,29 | 71,16 | | | |

| | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|--|--|--|
| Masse Sol humide m_h (g) | 32,58 | 97,83 | | | |
| Masse Sol sec m_s (g) | 14 | 48,99 | | | |
| Teneur en eau ω (%) | 49,8% | | | | |
| Moyenne | | | | | |

1-2. Bleu méthylène :

1-2-1 Interprétation :

La VBS est une grandeur qui exprime globalement la quantité et l'activité de l'argile contenu dans le matériau étudié.

Le GTR retient 6 seuils:

- 0,1 : seuil d'insensibilité à l'eau.
- 0,2 : seuil au dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.
- 1,5 : seuil entre les sols sablo-limoneux et sablo-argileux.
- 2,5 : seuil entre les sols limoneux peu plastiques et ceux de plasticité moyenne.
- 6,0 : seuil entre les sols limoneux et argileux.
- 8,0 : seuil entre les sols argileux et très argileux.

Le VBS =6,7 donc le **sol argileux**

1-3. Limite d'atterberg :

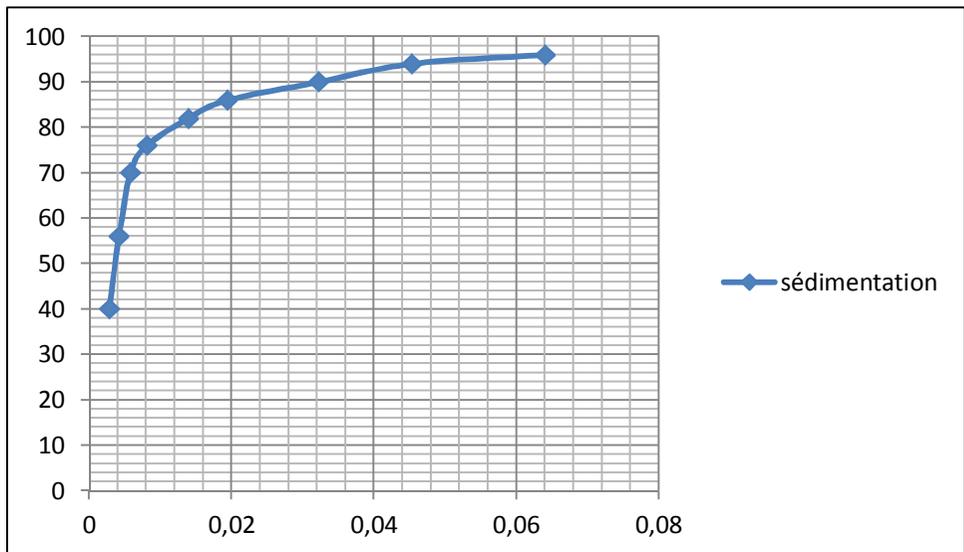
$$I_p = W_L - W_p = 68 - 32 = 36$$

1-4. analyse granulométrique par sédimentation :

1-4-1 Resultat :

1-4-2- Résultat de la sédimentation :

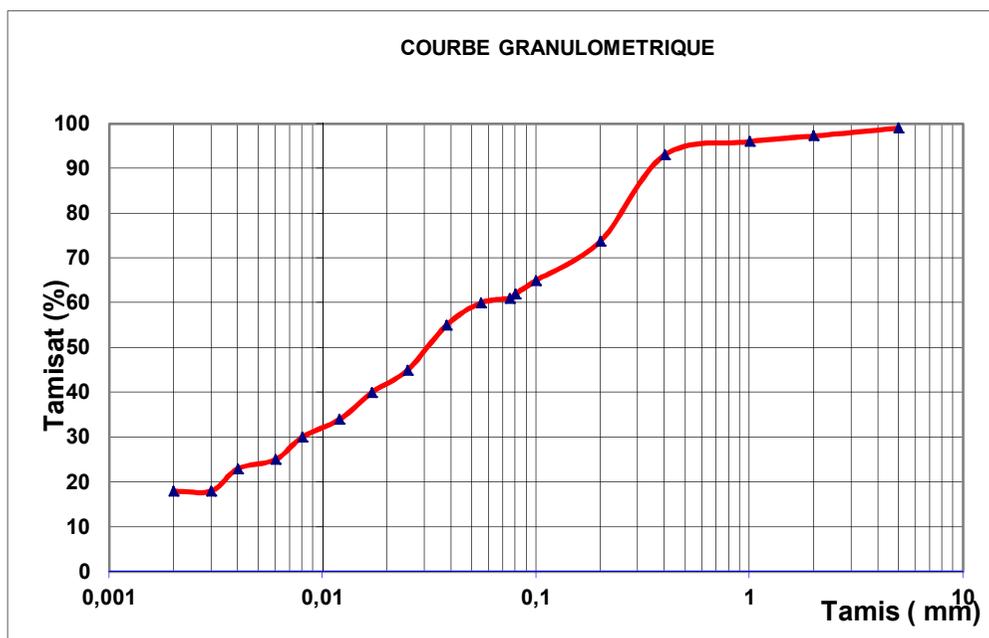
| Le temps (min) | Rt | RB | Température (°c) | Di (mm) | P(%) | % grains <à D |
|----------------|--------|--------|------------------|---------|---------|---------------|
| 30 s | 1,024 | 0,9998 | 20 | 0,0640 | 1,87887 | 95,96 |
| 1 min | 1,024 | 0,9998 | 20 | 0,0453 | 1,87887 | 95,96 |
| 2 min | 1,0235 | 0,9999 | 20 | 0,0322 | 1,83973 | 93,96 |
| 5 min | 1,0225 | 1 | 20 | 0,0194 | 1,76144 | 89,96 |
| 10 min | 1,0215 | 1 | 20 | 0,0139 | 1,68315 | 85,96 |
| 20 min | 1,0205 | 1 | 20 | 0,0081 | 1,60487 | 81,97 |
| 40 min | 1,019 | 1 | 20 | 0,0058 | 1,48744 | 75,97 |
| 80 min | 1,0175 | 1 | 20 | 0,0042 | 1,37001 | 69,97 |
| 4 heure | 1,014 | 1 | 20 | 0,0028 | 1,09601 | 55,98 |
| 24 heure | 1,010 | 1 | 20 | 0,0013 | 0,78286 | 39,98 |



Analyse granulométrique par tamis

Resultat :

| Le temps (min) | Rt | RB | Temperature(0c) | D |
|----------------|--------|--------|-----------------|--------|
| 30 s | 1,024 | 0,9998 | 20 | 0,0708 |
| 1 min | 1,024 | 0,9998 | 20 | 0,050 |
| 2 min | 1,0235 | 0,9999 | 20 | 0,035 |
| 5 min | 1,0225 | 1 | 20 | 0,021 |
| 10 min | 1,0215 | 1 | 20 | 0,015 |
| 20 min | 1,0205 | 1 | 20 | 0,011 |
| 40 min | 1,019 | 1 | 20 | 0,008 |
| 80 min | 1,0175 | 1 | 20 | 0,005 |
| 4 heure | 1,014 | 1 | 20 | 0,003 |
| 24 heure | 1,010 | 1 | 20 | 0,001 |



5.5.1. Interprétation

L'analyse des courbes granulométriques de la vase draguée nous montre une distribution des particules caractérisant d'un sol à granulométrie fine. Ces

sédiments sont composés majoritairement présente un grand pourcentage de sable fin entre 45% et 75% avec de limon ($2\mu\text{m} < \text{grains} < 63\mu\text{m}$) de pourcentage compris entre 45% et 27% avec des pourcentages d'argile compris < 25 %.

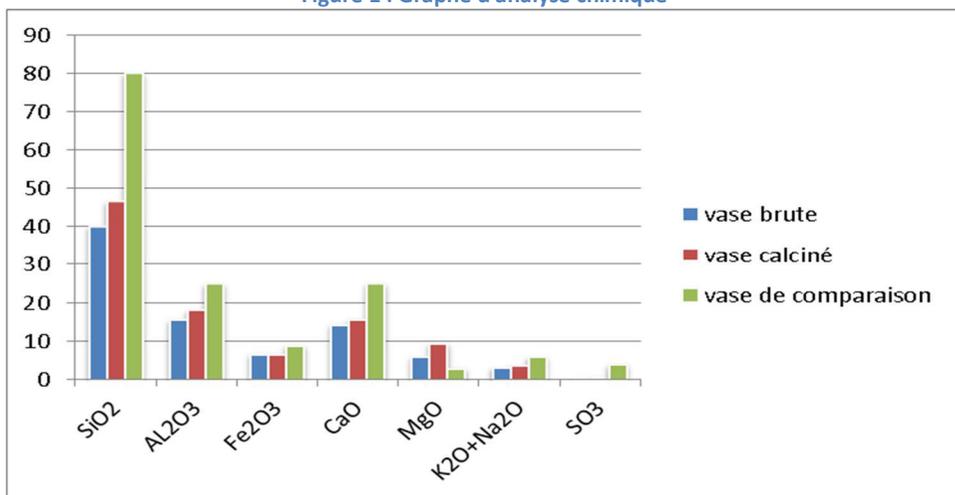
1-4-2. Interprétation

L'analyse des courbes granulométriques de la vase draguée nous montre une distribution des particules caractérisant d'un sol à granulométrie fine. Ces sédiments sont composés majoritairement présente un grand pourcentage de sable fin entre 45% et 75% avec de limon ($2\mu\text{m} < \text{grains} < 63\mu\text{m}$) de pourcentage compris entre 45% et 27% avec des pourcentages d'argile compris < 25 %.

1-5. Analyse chimique :

| Les oxydes | Vase brute | Vase calciné | Vase de recommandé | Unité |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|-------|
| SiO ₂ | 40.13 | 46.64 | 35 à 80 | % |
| AL ₂ O ₃ | 15.58 | 18.16 | 9 à 25 | % |
| Fe ₂ O ₃ | 6.72 | 6.68 | 2.5 à 9 | % |
| CaO | 14.39 | 15.73 | 0.5 à 25 | % |
| MgO | 5.90 | 9.46 | 0 à 3 | % |
| K ₂ O+Na ₂ O | 2.29+0.98 | 2.39+1.38 | 0.5 à 6 | % |
| SO ₃ | 0.50 | 0.74 | 0 à 4 | % |

Figure 1 : Graphe d'analyse chimique



1-5-1-Interprétation :

Nous constatons que la composition chimique de la vase draguée au niveau du barrage de Bouhanifia se trouve en conformité avec les seuils recommandés pour son exploitation en briqueterie.

2-Les caracterisation des resultats :



Figure 2 : Les Galettes après l'étuvage

Conclusions :

Au vu des résultats des essais d'identification des sols qui forment les berges des affluents alimentant le barrage de Bouhanifia, et après diagnostic de leurs états de fonctionnement morpho-sédimentaire, nous avons pu localiser la zone productrice des sédiments. La zone est du bassin versant est celle dont les sédiments atterrissent au niveau des oueds Aine Fekane et Taria. Afin de protéger les berges contre l'érosion, nous avons proposé des techniques qui ont prouvé leur efficacité dans la région méditerranéenne, notamment du côté sud de la région d'étude (région semi aride).

3-Essai de Durabilité :



Figure 3 : Galettes après la porosité

4- Essai d'absorption à eau :

Selon la norme EN 771-1 déterminée en divisant le poids de la brique après immersion dans l'eau par le poids initial de la brique.

Pour 10% la teneur en eau calculée est de 39%, pour les échantillons malaxer avec 15% d'eau l'absorption atteint 34% et à la fin le choix de 20% d'eau nous a donné 29% .

Conclusion générale/ 2016

Conclusion Générale

L'absence de sites favorables à la réalisation de grands barrages en Algérie, nécessite l'entretien des barrages existants. Une quinzaine de barrages existants sur les 52 grands barrages en exploitation sont menacés de comblement et nécessitent un dévasement urgent.

Le rejet des vases à proximité des sites ou à l'aval dans l'oued pose d'énormes problèmes écologiques et environnementaux. Ceci incite à réfléchir sur la réutilisation et la valorisation de la vase dans les domaines de la construction, poterie et agronomique. Les résultats obtenus sont très encourageants pour l'utilisation de la vase comme matière première pour la fabrication de la brique, puisque elle présente les mêmes caractéristiques que celle de l'argile jaune Utilisé à par l'ensemble des briqueteries d'Algérie. Les essais que nous avons effectués sur le produit fini fabrique à partir de la vase se sont avèrent concluants. La résistance à l'écrasement, la masse volumique, la capacité d'absorption d'eau, la porosité , le retrait au séchage et le retrait à la cuisson vérifient bien les normes en vigueur. Cependant, pour améliorer la qualité physique du produit fini en particulier le retrait et la porosité , un ajout de sable est souhaitable. Ces premiers résultats nous encouragent à orienter l'utilisation de la vase drague vers la fabrication des briques. Ce produit rouge peut être Utilisé à comme des objets de décorations par exemple.

La vase doit être considéré désormais comme un produit bénéfique et non pas un simple rejet dont les difficultés d'élimination ou de stockage posent un problème d'environnement. La vase draguée peut être utilisé en fonction de la nature et la granulométrie des sédiments.

Selon les resultats, l'absorption à l'eau à 10% est moins que celui de 20%

Et enfin on espère dans d'autres perspectives inchallah à d'autres essais de durabilité tel que l'essai gel dégel et de calculer la résistance des échantillons dans des moules normés.

Référence bibliographique

[1]Le soir d'Algérie.com .Quotidien Algérie indépendant .Samedi 07 septembre 2013

[2]DB sédiments .Siège social .Bismarckstra Be 142 .47057 Duisburg Germany
Tel.(GER) : 49203 306 – 3620, Fax. (GER) : 49203 306 – 3629
E- mail : info@db-sédiments.com , Skype :dB-sédiments-info
www.db-sédiments.com

[3]Université du Havre .Laboratoire de mécanique de fluide et Génie civil,
Ouai Frissard BP 265 .76055 le Havre cedex (France), les commentaires seront
reçus jusqu'au 20 mars 1998

[4]Professeur –Département de Génie civil – université Saad Dahl ab de Blida
Bp270 Route de Soumaa Blida- Algérie .Chercheur au laboratoire LARHYSS,
Biskra –Algérie .E-mail :reminib@yahoo.fr ,Larhyss/journal n°5 Juin 2006

[5]Atelier scientifique MED - FRIEND Rabat 11-12 décembre 2009, Université
Mohamed V- Ag dal, Faculté des Sciences (REMINI Bou alem,
BENSAFIADjilali)

[6]Larhyss/Journal n° 03, Juin 2004

[7]Ros land 23 aout 1996

[8]XIII èmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil .Dunkerque, 2-4
juillet 2014

[9]DOI:10.5150/jngcgc.2014.110 © Editions Paralia CFL .disponible en ligne
<http://www.paralia.fr>– ava

[10]V. BODIN, Technologie des produits de terre cuite, GOST 9169- 75
MOSCOU, matière première argileuse pour l'industrie céramique, Normes
françaises homologuées sur la brique creuse (NF.P.13-301 décembre 1974)

[11]Université abou Bekrbelkaid (2007 – 2008)

[12]Laboratoire CAP le 31/01/12

[13]Secteur Géo technologies, Hydrogéologie, Prospection géophysique
(GEO³) Institut de Mécanique et de Génie civil (Bât. B52/3), Quartier Poly Tech
1 - Allée de la Découverte 13B – B 4000 LIÈGE, www.argenco.ulg.ac.be/geo3