

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université -Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département Génie Civil & Travaux Publics



Projet de fin d'études  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
Domaine : SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
Filière : travaux publics  
Spécialité : voies et ouvrage d'art  
**Thème**

## **Valorisation des déchets dans les éco-matériaux exemple (brique cuite à base de vase)**

- Mr. BOUKHALFA Hatem
- Mr. HADJ KADDOUR SAID

**Devant le jury composé de :**

Mme. DERBAL AHLEM	M C B U.A.T.B.B	Présidente
Mme. ABDESLAM RABHA	M A A U.A.T.B.B	Examinatrice
Mme. MAROUF HAFIDA	M C A U.A.T.B.B	Encadrante

*Année universitaire 2020/2021*

---

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# ***REMERCIEMENTS***



## Remerciement

*Nous tenons tout d'abord à remercier « Dieu » le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*Nous adressons notre remerciement à nos très chers parents qui nous ont aidés à faire cette formation.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Mme. MAROUF HAFIDA pour l'orientation et pour son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous avons l'honneur de remercier d'avance tous les enseignants qui ont contribué à notre cycle d'études ainsi que les juristes Mme DERBAL AHLEM et Mme ABDESSALAM RABHA pour avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*





# *Dédicaces*

## *A ma très chère mère*

*À celle qui a sacrifié d'innombrables belles choses depuis qu'elle m'a mis au monde. Sans ton écoute, ta générosité et ton dévouement, je ne serais pas arrivée où j'e suis.*

*Le succès de ce travail n'est rien qu'une minime part du succès que tu mérites. J'espère maman, avoir accompli une part de tes espérances après ces années d'études, ces longs moments de stress vécu en attendant ce jour, que tu pourras enfin savourer le fruit de ton travail acharné, de tes nuits passées à mes côtés en veillant sur moi ou en priant pour moi.*

*Quoique je fasse, je ne te remercierai jamais assez pour tout ce que tu as fait pour moi.*

*Voudrais-tu trouver dans ce témoignage l'expression de ma reconnaissance et gratitude. Qu'ALLAH, tout puissant, te garde et te procure santé et longue vie.*

## *A mon très cher père*

*À l'homme qui se cache derrière son silence et sa sagesse, le plus doux et profond amour.*

*Ta perspicacité et tes encouragements ont eu des implications majeures dans ma vie et mes choix.*

*Ma situation actuelle n'est que le fruit de ton engagement de parent et de tes conseils si précieux.*

*Toutes les langues ne me suffiront pas pour exprimer ma reconnaissance et gratitude cher papa.*

*Puisse ALLAH, le tout puissant, te comble de ses bienfaits.*

*A mon très chers frères Mohamed et Youcef et mes belles sœurs*

*Manel et Dounia Qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*Et enfin à notre ami MOUSTAPHA CHAMSOU IBRAHIM pour l'aide qu'il nous a apportée*

*SAID.*

### *A ma chère mère*

*Quoi que je fasse ou je que je dise je ne saurai point de te remercier ma mère GAGUECHE NASSIBA comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta pressens à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les défirent obstacles.*

*Qu'ALLAH, tout puissant, te garde et te procure santé et longue vie.*

### *A mon cher père*

*Vous avez toujours à mes côtés mon père ABDELHAMID BOUKHALFA pour soutenir et m'encourager, que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*Qu'ALLAH, tout puissant, te garde et te procure santé et longue vie.*

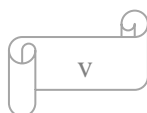
### *A mes chers frères et sœurs*

*Puisse Dieu vous donne de santé, bonheurs, courage et de réussites.*

*A notre ami MOUSTAPHA CHAMSOU IBRAHIM pour l'aide qu'il nous a apportée.*

*Et enfin à tous mes camarades de travail et d'étude.*

**HATEM.**





## **Résumé**

La politique de gestion des déchets s'inscrit dans la *Stratégie nationale environnementale* (SNE). L'Algérie est un pays qui dispose d'une ressource en barrage. Plusieurs barrages algériens ont été menacés par le phénomène d'envasement.

Ce phénomène présente des conséquences plus ou moins dans la retenue et dans la qualité d'eau. Le dragage reste une opération adéquate pour dévasement ainsi le sédiment peut être utilisés dans certaines activités notamment, le domaine de la construction.

Notre travail s'est intéressé à étudier les caractéristiques des déchets d'une part et de confectionner un géomatériau (Brique) à base de vase et étudier ses caractéristiques d'autre part.

Les briques à base de vase ont des caractéristiques similaires à celles des briques fabriquées à 100% argile.

Les essais mécaniques et physiques ont donné des résultats satisfaisants.

Les déchets utilisés sont l'argile prélevée du cotés ouest, et sud du barrage de BouHanifia et la vase ainsi que le grignon d'olive

**Mots clés :** Vase, dragage, géomatériau, Barrage et Brique

## **Abstract**

The waste management policy is part of the National Environmental Strategy (SNE). Algeria is a country, which has a dam resource. Several Algerian dams have been threatened by the siltation phenomenon.

This phenomenon has more or less consequences in the reservoir and in the quality of the water. Dredging remains, an adequate operation for clearing so the sediment can be used in certain activities, in particular the construction industry.

Our work has been interested in studying the characteristics of waste on the one hand and making a geomaterial (Brick) based on silt and studying its characteristics on the other hand.

Bricks made from mud have similar characteristics to bricks made from 100% clay.

Mechanical and physical tests have given satisfactory results.

The wastes used are clay collected from the west, south sides and silt of the BouHanifia dam and olive pomace

Keywords: Vase, dredging, geomaterial Dam, Brick

## ملخص

سياسة إدارة النفايات هي جزء من الاستراتيجية البيئية الوطنية (SNE). الجزائر بلد لديه مورد السدود. تعرضت العديد من السدود الجزائرية للتهديد من جراء ظاهرة الترسيب. هذه الظاهرة لها عواقب أكثر أو أقل في الخزان وعلى جودة المياه. يظل التجريف عملية مناسبة للتطهير بحيث يمكن استخدام الرواسب في أنشطة معينة ، لا سيما صناعة البناء. اهتم عملنا بدراسة خصائص النفايات من جهة وصنع مادة أرضية (لبنة) تعتمد على الطمي ودراسة خصائصها من جهة أخرى.

يتميز الطوب المصنوع من الطين بخصائص مشابهة للطوب المصنوع من الطين بنسبة 100٪.

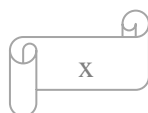
أعطت الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية نتائج مرضية. النفايات المستخدمة هي الطين التي يتم جمعها من الجوانب الغربية والجنوبية وكذا من قاع سد بوحنيفة وثقل الزيتون.

الكلمات المفتاحية: طمي، جرف، سد مواد بيئية ، طوب

# Sommaire

Chapitre I : Généralités sur les argiles .....	2
I.1 Introduction .....	2
I.2 L'argile .....	2
I.2.1 Définition .....	2
I.2.2 Les origines géologiques .....	3
I.2.3 Structure minéralogique.....	4
I.2.4 Classification des minéraux argileux.....	6
I.2.5 Les type d'argiles.....	7
I.2.6 Les propriétés des argiles.....	7
I.3 Les kaolins.....	9
I.3.1 Définitions .....	9
I.3.2 Propriétés physico-chimiques des kaolins .....	9
I.4 Les boues rouges .....	10
I.5 La silice .....	10
I.6 Les feldspaths .....	11
I.7 Conclusion.....	12
Chapitre II : Généralités sur les sédiments .....	13
II.1 Introduction.....	13
II.2 Les sédiments.....	13
II.2.1 Définition .....	13
II.2.2 Le concept vase .....	13
II.2.3 Origines des sédiments.....	14
II.2.4 Constitution des sédiments.....	14
II.2.5 Granulométrie des sédiments .....	15
II.3 Présentation du barrage de Bouhanifa .....	16
II.4 Le phénomène de l'envasement.....	18
II.4.1 Définition .....	18
II.4.2 Les étapes d'envasement de barrage .....	18
II.4.3 Conséquences de l'envasement .....	19
II.5 La problématique de dragage.....	20
II.5.1 Nécessité de l'opération de dragage.....	20
II.5.2 Les techniques de dragage.....	20
II.5.3 Risques causés par l'opération de dragage.....	24

II.6 Quelques moyens de lutte contre l'envasement en Algérie[29] .....	24
II.6.1 Le reboisement, la restauration des sols la formation des banquettes, la plantation de végétation à longues tiges dans les oueds. ....	24
II.6.2 Techniques des transports et de rejets .....	25
II.6.3 Réalisation de barrage de décantation .....	25
II.6.4 Surélévation des barrages : .....	26
II.6.5 Chasses dites à l'Espagnole.....	26
II.6.6 Dragage des barrages.....	27
II.7 Conclusion .....	27
Chapitre III : Le processus de la fabrication de brique .....	29
III.1 Historique .....	29
III.2 Introduction .....	30
III.3 Définition.....	30
III.4 Les différents types de brique.....	30
III.4.1 Brique à terre crue.....	30
III.4.2 Les briques en terre cuites.....	31
III.4.3 Les adobes.....	32
III.4.4 Le pisé.....	33
III.4.5 Les tuiles .....	34
III.4.6 Les briques réfractaires .....	34
III.5 Les différents procédés de la fabrication de la brique .....	35
III.5.1 Processus de boue molle .....	35
III.5.2 Le processus par presse sèche.....	35
III.6 Les différentes étapes de la fabrication de la brique.....	35
III.6.1 Extraction .....	36
III.6.2 Préparation de l'argile [42] .....	37
III.6.3 Le façonnage.....	37
III.6.4 Le séchage.....	38
III.6.5 La cuisson .....	39
III.7 Emballage et stockage de produits finis .....	39
III.7.1 Emballage .....	39
III.7.2 Stockage.....	40
Chapitre IV : Caractérisation des matériaux et fabrication des briques.....	41
IV.1 Caractérisation des Matériaux .....	41
IV.2 La teneur en eau de la vase (NFEN 1097-5) .....	41



IV.2.1 Analyse granulométrique .....	43
IV.2.2 Les limites d'Atterberg de la vase [P 94-512-2] .....	46
IV.2.3 Analyse chimique de la vase.....	51
IV.2.4 Analyse chimique du grignon d'olive.....	51
IV.3 Préparation de la brique.....	52
IV.4 Essais de caractérisation de la brique .....	55
IV.4.1 Essai d'éclatement .....	55
IV.4.2 Essai d'absorption.....	56
IV.4.3 La perte de masse.....	57
IV.4.4 Le retrait.....	58
IV.4.5 Résistance à la flexion .....	59
IV.4.6 Conductivité thermique .....	59
IV.5 Conclusion.....	61

## Liste des tableaux

Tableau II-1 : Classes granulométriques d'un matériau.....	16
Tableau IV-1 : Calcul de la teneur en eau après 24h.....	42
Tableau IV-2 : Calcul de la teneur en eau après 48h.....	43
Tableau IV-3 : Analyse granulométrique de la vase .....	44
Tableau IV-4 : Analyse granulométrique de l'échantillon de l'ouest (S) .....	45
Tableau IV-5 : Analyse granulométrique de l'échantillon de l'ouest (W).....	45
Tableau IV-6 Détermination de La teneur en eau WL.....	49
Tableau IV-7 : Détermination de Teneur en eau Wp .....	50
Tableau IV-8 : Les degrés de plasticité .....	51
Tableau IV-9 Les constituants de la vase .....	51
Tableau IV-10 Les constituants du grignon d'olive .....	52
Tableau IV-11 : Essai d'absorption à eau .....	57
Tableau IV-12 : Les résultats de la perte de masse .....	58
Tableau IV-13 : Les résultats d'essai de retrait.....	58
Tableau IV-14 : Calcul de résistance à la flexion .....	59
Tableau IV-15 : Essai de conductivité thermique a la température 27 °C .....	60

## Liste des figures

Figure I-1 : L'argile[2] .....	3	
Figure I-2 : Représentation schématique de l'empilement des feuillets unitaire dans une argile[6].....	4	
Figure I-3 : Couche tétraédrique et octaédrique.....	6	
Figure I-5 : L'adsorption [10] .....	8	
Figure I-6 : Le pouvoir courant[10] .....	9	
Figure I-7 : Le kaolin[13].....	10	
Figure I-8 : La silice [6] .....	11	
Figure I-9 : le feldspath[6] .....	12	
Figure II-1 : Traversée de la vallée de la Charente par l'autoroute A10.....	14	
Figure II-2 Schéma de la composition simplifié des sédiments portuaires (IDRA Environnement, 2006) [5] .....	15	
Figure II-3 :Barrage de BouHanifia [21] .....	17	
Figure II-4 : Processus d'envasement d'un barrage[22] .....	19	
Figure II-5 : Dragage mécanique .....	22	
Figure II-6 : Pompe hydraulique .....	23	
Figure III-1 : brique en terre crue[33].....	31	
Figure III-2 : brique en terre cuite .....	32	
Figure III-3 : Les adobes .....	33	
Figure III-4 : Construction avec le pisé [36].....	33	
Figure III-5 : Les tuiles en terre cuite [39].....	34	
Figure III-6 : Processus de fabrication de brique[5] .....	36	
Figure III-7 : Carrière d'argile .....	37	
Figure III-8 : Les types d'argile : a) sableuse ; b) gris argileux ; c) riche en fer.....	37	
Figure III-9 : Moulage de brique[32].....	38	
Figure III-10 : Emballage des briques[45].....	40	
Figure III-11 : Parc de stockage[45] .....	40	
Figure IV-1 : Echantillon de vase pesé sur une balance à précision $\pm 0.1g$ .....	42	
Figure IV-2 : Courbe granulométrique de la vase du fond .....	45	
Figure IV-3 : Courbe granulométrique échantillon sud (S) et Ouest (W).....	46	
Figure IV-4 : Appareil de Casagrande .....	48	
Figure IV-5 : Analyse chimique des vase .....	51	
Figure IV-6 : Echantillon de vase après séchage .....	52	
Figure IV-7 : Le broyeur .....	53	
Figure IV-8 : Vase Tamisée .....	53	
Figure IV-9 : Mouleuse de la brique .....	54	
Figure IV-10 : La brique après moulage .....	54	
Figure IV-11 : Brique dans Etuve	Figure IV-12 : Brique après séchage .....	54
Figure IV-13 : Les échantillons de la brique après cuisson .....	55	
Figure IV-14 : Bain-marie.....	56	
Figure IV-15 : Essai d'absorption à eau.....	57	



## Liste des symboles et abréviations

### Liste des abréviations

Mg(OH)<sub>2</sub> : Hydroxyde de magnésium

Al(OH)<sub>3</sub> : Hydroxyde d'aluminium

Å : 10<sup>-10</sup> m

PTT : Postes, Télégraphes et Téléphone

CEC : Capacité d'Echange Cationique

°C : degré Celsius

Ha : Hectare

DA : Dinar Algérien

% : pour cent

W : Teneur en eau

Ms : Msse sèche

Mw: Masse de l'eau dans le sol (échantillon)

Rc : Refus cumulés

T : Tamisat

LTPO : laboratoire travaux publics ouest

WL : Limite de liquidité

Wp : Limite de plastiité

Ip : Indice de plasticité

DTP : Direction de travaux publics

Caco<sub>3</sub> : Carbonate de calcium

C : Carbone

S : sulfate

SO<sub>3</sub> : trioxyde de de sodium

K : Potassium

N : Azote

B : Masse d'échantillon saturé

A : Masse d'échantillon sec

Dc : Dimension après cuisson

Dh : Dimension humide

Ds : Dimension après séchage

Rf : Résistance à la flexion

Mpa : mégapascal

P : force

L : longueur

B : Largeur

$\lambda$  : Conductivité

GO : Grignon d'olive

## Introduction générale

Ces dernières années, l'envasement des barrages en Algérie devient de plus en plus inquiétant et fréquent. Des milliers de m<sup>3</sup> de vase se déposent chaque année au fond des retenues. C'est pourquoi il est d'une extrême urgence de procéder aux travaux de dragage afin de sauver ces ouvrages. Le dragage lui-même pose deux problèmes : économique dont le coût de l'opération est très élevé. L'autre problème c'est bien l'impact des sédiments évacués par les dragues sur la faune et la flore d'un côté et sur la géométrie du cours d'eau en aval d'un autre côté. Mais devant la grande quantité de vase rejetée en aval du barrage de sérieux problèmes d'environnement sont apparus. Il serait alors plus judicieux de mener une réflexion pour une utilisation rationnelle de la vase qui peut être valorisée dans plusieurs domaines. L'objectif de cette étude est l'utilisation des sédiments de vase comme substitut d'argile dans la fabrication des briques après avoir étudié ces caractéristiques physiques et chimiques puis comparer les comportements mécaniques de la brique à base de vase avec ceux des briques ordinaires.

Notre travail est subdivisé en quatre (4) grands chapitres comme suit :

- Le premier chapitre met en lumière la généralité sur les argiles (Ses origines, sa formation et ses différents types)
- Le deuxième chapitre traite la problématique sur l'envasement puis étudie les méthodes de dévasement.
- Le troisième chapitre parle sur la fabrication des briques en général (les différents types ainsi que le processus de fabrication)
- Le quatrième chapitre est consacré pour la partie expérimentale et est scindée en deux parties
  - La fabrication des briques
  - Les différents essais et discussions des résultats

# *Chapitre I*

## *Généralités sur les argiles*

## Chapitre I : Généralités sur les argiles

### I.1 Introduction

Un matériau désigne toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large. Ce dernier est souvent une pièce d'un sous-ensemble. C'est donc une matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique. La nature chimique, la forme physique (phases en présence, granulométrie et forme des particules, par exemple), l'état de surface des différentes matières premières, qui sont à la base des matériaux, leur confèrent des propriétés particulières. On distingue ainsi quatre grandes familles de matériaux.

En science des matériaux, par exemple, « matériau » est un terme générique employé dans le sens de matière, substance, produit, solide, corps, structure, liquide, fluide, échantillon, éprouvette, etc., et désignant notamment l'eau, l'air, et le sable (dans des tableaux de caractéristiques) ; un matériau viscoélastique est souvent qualifié de « fluide à mémoire ». [1]

Dans notre étude nous allons parler des matériaux des constructions.

### I.2 L'argile

Venant du grec "algiolos" dérivé de "argos" qui veut dire blanc, ou du latin "argila" c'est la couleur du matériau utilisé en céramique qui a conduit les anciens à lui donner ce nom. C'est le matériau le plus utilisé depuis l'antiquité

#### I.2.1 Définition

L'argile désigne une matière rocheuse naturelle à base de silicates ou d'aluminosilicates hydratés de structure lamellaire, provenant en général de l'altération de silicates à charpente tridimensionnelle, tels que les feldspaths. Elle peut être une matière localement abondante, très diverse, traitée ou raffinée avant emploi, à la fois meuble ou plastique (souvent après addition d'eau) ou à pouvoir desséchant, absorbant ou dégraissant, voire à propriétés collantes ou encore réfractaires, pour servir par exemple autrefois selon des usages spécifiques, souvent anciens, au potier et au briquetier, au maçon et au peintre, au teinturier et au drapier, au verrier et à l'ouvrier céramiste[2]



**Figure I-1 : L'argile[2]**

## **I.2.2 Les origines géologiques**

### **I.2.2.1 L'héritage**

Les minéraux argileux résultant de la destruction des roches, peuvent soit resté sur place (argiles résiduelles, ex : argiles à silex, argiles de décalcification) soit être transportées sur de longues distances.

En fonction des roches mères et du climat, les minéraux argileux résultant sont différents. En climat froid : l'altération est faible, les minéraux argileux sont identiques ou peu différents des minéraux de la roche (illite et chlorite), ils sont hérités de la roche d'origine. En climat chaud et humide, l'hydrolyse est poussée, la kaolinite se forme en milieu drainé, les smectites en milieu confiné. En climat tempéré, humide, l'altération est modérée, il apparaît des interstratifiés, des illites et chlorites dégradées, de la vermiculite. [3]

### **I.2.2.2 Transformation**

L'état et les conditions de surface entraînent des changements des propriétés cristallographiques du minéral argileux, néanmoins sa structure de base initiale reste conservée. [4]

### **I.2.2.3 La néoformation**

Les phénomènes de surface entraînent la dissolution des minéraux primaires contenus dans la roche mère (argileux et/ou non argileux). Les ions issus de cette dissolution passent dans la solution du sol. Si les conditions de germination et de croissance d'un minéral argileux sont réunies, un nouveau minéral argileux est formé dans le sol. Le minéral argileux est dans ce cas

un minéral argileux secondaire néoformé (kaolinite des sols latéritiques, smectite des vertisols en bas de toposéquence). [5]

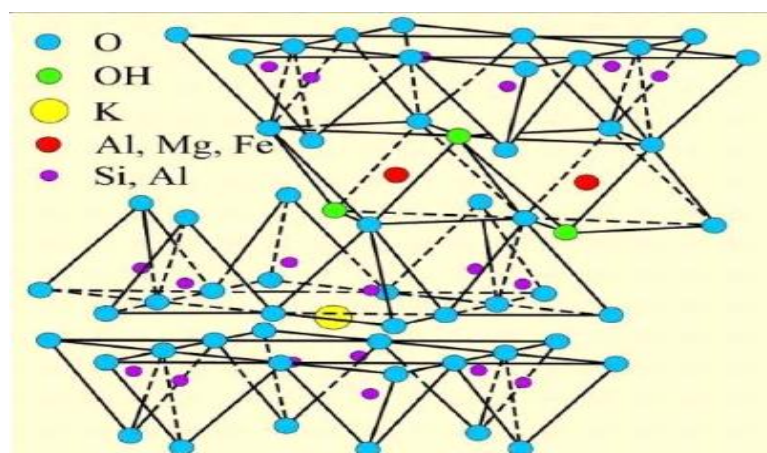
### I.2.3 Structure minéralogique

#### I.2.3.1 les minéraux argileux

Les minéraux argileux sont des silicates hydratés (il s'agit généralement de silicates d'aluminium mais parfois de silicates de magnésium) dont la structure feuilletée permet de les ranger dans la famille de phyllosilicate. La plupart des phyllosilicates sont des minéraux aluminosilicates (oxydes de silicium et d'aluminium), ils sont classés en comme le sont les zéolites en fonction de leur structure microscopique obtenue par diffraction de rayon X.

La figure I.1 montre la structure d'une argile. On distingue quatre niveaux d'organisation :

- Les plans : sont constitués par les atomes.
- Les couches : association de deux plans d'atomes d'oxygène et/ou d'hydroxyle formant des couches de tétraèdre ou des couches d'octaèdre.
- Les feuillets correspondent à des combinaisons de couches.
- L'espace interfoliaire : c'est le vide séparant deux feuillets de même structure, il peut être occupé par des cations (éventuellement hydratés).
- Le cristal : résulte de l'empilement de plusieurs couches[5]



**Figure I-2 : Représentation schématique de l'empilement des feuillets unitaire dans une argile[6]**

A titre illustratif nous définissons les deux couches qui sont : La couche tétraédrique et la couche la couche octaédrique.

a) La couche tétraédrique

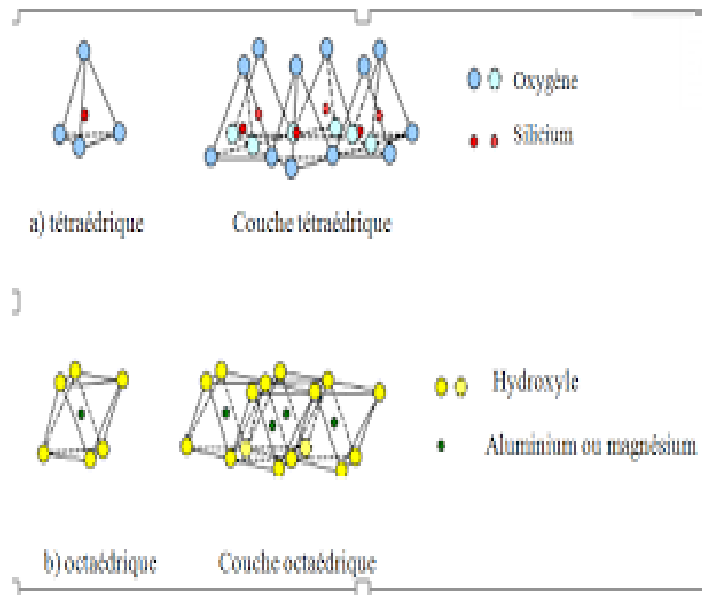
Elle est composée des silices tétraédriques, c'est-à-dire les cations  $Si^{4+}$  entouré de quatre anions  $O^{2-}$  qui constitue les sommets du tétraèdre. Chaque tétraèdre partage atomes d'oxygènes avec les tétraèdres adjacents. Ces atomes d'oxygènes partagés sont arrangés en réseau hexagonal qui forme la base de la couche. Le bilan des charges et négatives présentes dans cette structure n'est pas neutre. En effet chaque tétraèdre d'un est formé d'un cation  $Si^{4+}$  et de trois anions  $O^{2-}$  qui forment la base du feuillet et qui appartiennent aussi à un tétraèdre adjacent, et d'un quatrième anion  $O^{2-}$  qui lui n'est pas partagé. Le bilan des charges est alors :  $4 + 3 \times (-2) / 2 + (-2) = -1$ .

On différencie les argiles par leur type de combinaison d'empilement des feuillets tétraédriques et octaédriques, le cation de la couche octaédrique, la charge de l'argile et le type de matériel interfoliaire. [7]

b) La couche octaédrique (figure I-2) est formée de cations  $Al_3^+$  ou  $Mg_2^+$  entourés de six groupements hydroxyle  $OH^-$ . Ces octaèdres sont reliés entre eux par des anions communs, et forment une couche plane. Le bilan des charges présentes dans le feuillet est de +3 pour le cation  $Al_3^+$  et -1 pour le groupement hydroxyle, mais chaque  $OH^-$  est partagé avec trois cations, ce qui donne :  $+3 + 6 \times (-1) / 3 = +1$ . Pour atteindre l'électroneutralité, seulement deux sites octaédriques sur trois sont occupés par un cation  $Al_3^+$  ; on parle alors de couche di-octaédrique de gibbsite [7]



La figure ci-dessous illustre les deux couches



**Figure I-3 : Couche tétraédrique et octaédrique**

#### **I.2.4 Classification des minéraux argileux**

Les minéraux argileux se répartissent en plusieurs grandes familles :

- Les minéraux argileux dits 1:1 ou TO : Ces derniers sont constitués d'un feuillet tétraédrique surplombant une couche octaédrique. Ils présentent typiquement une taille de 7 Å (TO+interfoliaire). En fonction de la nature du feuillet octaédrique, on distingue les argiles TO à feuillet dioctaédrique (feuillet de type brucite,  $Mg(OH)_2$ ) et les argiles TO à feuillet trioctaédrique (feuillet de type gibbsite,  $Al(OH)_3$ ).
- Les minéraux argileux dits 2:1 ou TOT : Ces derniers sont constitués de deux feuillets tétraédriques encadrant une couche octaédrique. Ils présentent en fonction de l'espèce une taille allant de 10 Å à 18 Å (TOT+interfoliaire). Comme pour les argiles TO, on distingue les argiles TOT à feuillet dioctaédrique et les argiles TOT à feuillet trioctaédrique.
- Les minéraux argileux dits 2:1:1 ou TOT:O : Ces derniers sont constitués de deux feuillets tétraédriques encadrant une couche octaédrique, l'espace interfoliaire est rempli par un feuillet octaédrique. Ce feuillet interfoliaire octaédrique possède la même structure que la brucite, on parle dans ce cas de feuillet brucitique. Les argiles 2:1:1

présentent typiquement une taille de 14 Å (TOT+O). Ce groupe est constitué par le grand groupe des chlorites. On les classe également selon l'aspect dioctaédrique ou trioctaédrique du feuillet octaédrique et du feuillet brucitique. [8]

## **I.2.5 Les type d'argiles**

### **I.2.5.1 Les argiles grésantes**

Ce type est défini dans par [7] des produits vitrifiés, opaques, à porosité très (3 à 7) faible et par conséquent imperméable. Les autres propriétés importantes de grés sont une grande résistance mécanique.

### **I.2.5.2 Les argiles plastiques réfractaires**

Riches en montmorillonites, en kaolinite et halloysite ( $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_42(\text{H}_2\text{O})$ ) [5]

Utilisées pour les très hautes températures, elles sont riches en alumine et très peu colorées [4]

### **I.2.5.3 Les argiles rouges**

Ce sont des argiles contenant kaolinite et illite, du sable, du mica et des oxydes de fer, des composés organiques et des composés riches en alcalins. [9]

## **I.2.6 Les propriétés des argiles**

Il faut avant tout préciser que dans la nature il est très rare de trouver une variété absolument pure, et que l'on rencontre très souvent des mélanges de deux ou plusieurs variétés d'argiles possédant donc en partie les caractéristiques de chacun des constituants.

Les 3 principales propriétés des argiles sont :

### **a) L'absorption**

L'absorption est un phénomène physique et chimique dans lequel les molécules sont retenues en profondeur. Pour les argiles, cette propriété consiste à absorber les toxines par exemple comme le fait une éponge pour l'eau. [10]



**Figure I-4 : L'absorption[11]**

**b) L'adsorption**

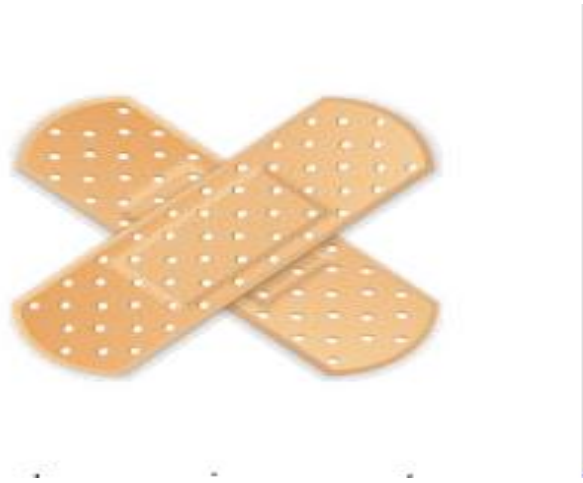
L'adsorption est en chimie un « phénomène de surface » qui consiste à fixer les atomes et les molécules. Un peu comme le fait un aimant, c'est pour les argiles une propriété essentielle (appelée CEC ou Capacité d'Echange Cationique) qui leur permet de fixer les molécules, les gaz [10]



**Figure I-5 : L'adsorption [10]**

**c) Le pouvoir couvrant**

Le pouvoir couvrant est un phénomène physique directement issu de la structure intrinsèque des argiles. Les particules d'argiles vont s'accrocher les unes aux autres permettant de recouvrir des surfaces. Cette propriété est la capacité d'une argile à agir comme un pansement. [11]



**Figure I-6 : Le pouvoir couvrant[10]**

**I.3 Les kaolins**

**I.3.1 Définitions**

Les kaolins sont des argiles blanches, friables et réfractaires, composées principalement de kaolinite, soit des silicates d'aluminium. Découverts à l'origine en Chine, ils sont à la base de la fabrication de la porcelaine, mais sont aussi utilisés dans l'industrie du papier, de la médecine et du cosmétique. [6]

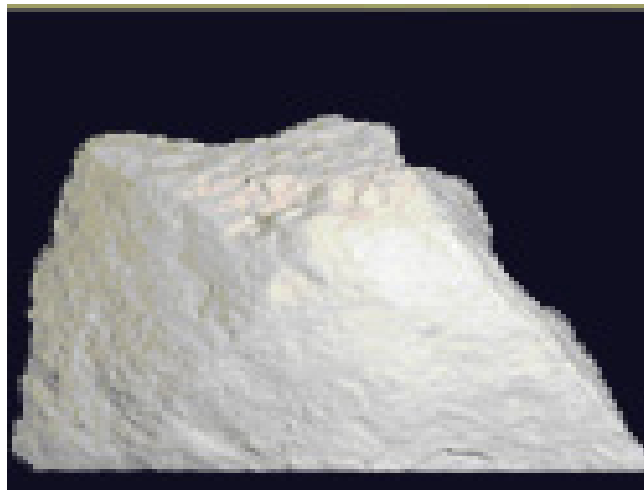
**I.3.2 Propriétés physico-chimiques des kaolins**

De grain grossier et beaucoup moins plastiques que la plupart des argiles sédimentaires, les kaolins purs sont très réfractaires et leur point de fusion dépasse 1 800 °C. Employés seuls, ils sont d'une utilisation difficile à cause de leur faible plasticité et de leur point de fusion élevé. Par conséquent, l'ajout d'autres matériaux au kaolin permet de le rendre plus plastique et

d'abaisser son point de fusion afin d'obtenir des pièces vitrifiées. Ces kaolins ainsi modifiés sont alors appelés porcelaines. [6]

### **I.3.2.1 Propriétés thermiques**

La kaolinite est un minéral réfractaire (température de liquidus d'environ 1800°C), mais en association avec des minéraux comme les micas, les feldspaths ou les carbonates, la température d'apparition d'une phase liquide lors du frittage se trouve abaissée.[12]



**Figure I-7 : Le kaolin[13]**

## **I.4 Les boues rouges**

Les boues rouges sont définies dans [14] comme les résidus de l'extraction d'alumine à partir du traitement de la bauxite. Elles contiennent de la soude caustique, du fer, de l'alumine, du silicium, du titane, du vanadium, du chrome hexavalent, du plomb et du cadmium. Le cumul de tous ces métaux et minéraux fait des boues rouges un déchet toxique pour la faune aquatique.

## **I.5 La silice**

La silice ou dioxyde de silicium désigne une famille de minéraux comprenant plusieurs variétés de formes (polymorphes) tels que le quartz, cristobalite, tridymite et tripoli.

Elle se présente dans la nature sous forme de cristalline ou sous forme amorphe.[15]



**Figure I-8 : La silice [6]**

## **I.6 Les feldspaths**

Le feldspath potassique est minéral commun dans les roches ignées, métamorphiques et sédimentaires détritiques. Le feldspath potassique est un minéral constituant de la plupart des roches intrusives felsiques comme le granite, la syénite, la granodiorite la rhyolite, la trachyte, et certains porphyres. Dans les roches sédimentaires, le feldspath potassique peut être abondant dans les arkoses. Le feldspath potassique se subdivise en trois espèces, selon la température de formation. Les espèces de hautes températures (sanidine, orthose) cristallisent dans le système monoclinique tandis que celle de basse température (microcline) cristallise dans le système triclinique. [15]



**Figure I-9 : le feldspath[6]**

## **I.7 Conclusion**

Ce chapitre a mis en évidence quelques propriétés des argiles, tant sur les plans structuraux et génétiques que pour les bénéfices que l'Homme peut tirer de leur exploitation. L'argile occupe une place importante dans l'industrie des matériaux de construction, vu la disponibilité de son gisement. Ce matériau de construction représente encore une matière première aux usages multiples.

## *Chapitre II*

# *Généralités sur les Sédiments*



## Chapitre II : Généralités sur les sédiments

### II.1 Introduction

Les sédiments est un ensemble d'éléments déposés par l'eau, le vent, la glace qui proviennent de l'usure des continents, c'est à dire de la destruction de roches ou d'être vivants.

La destruction se fait par des mécanismes physiques produisant la fragmentation des matériaux et des réactions chimiques donnant des solutions de lessivage (altération chimique).

Les éléments solides sont déplacés sous l'effet de la gravité, souvent par l'intermédiaire d'un fluide transporteur (eau, glace), et sous l'effet des variations de pression atmosphérique qui produisent les vents. Les éléments en solution sont transportés par l'eau.

- Une partie des produits de destruction peut s'accumuler momentanément sur place, sans être transportée, et constitue alors une couche d'altération ou éluvion.
- Les débris, dans leur majeure partie, sont déplacés puis déposés, généralement dans l'eau, pour former un sédiment détritique (alluvions au sens large). Les éléments en solution qui précipitent, sous avec intervention des êtres vivants, forment un sédiment d'origine chimique ou biochimique

### II.2 Les sédiments

#### II.2.1 Définition

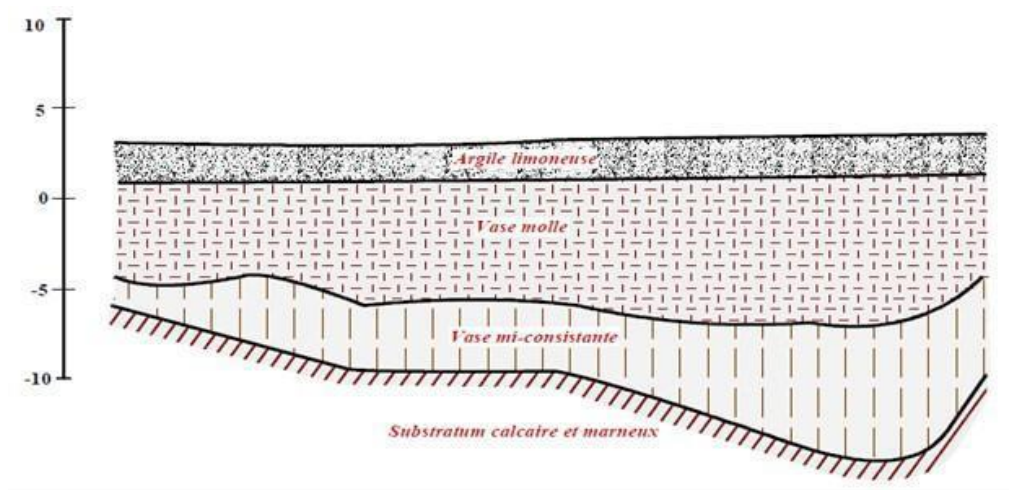
Un sédiment est un ensemble de particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace et qui a fini par se déposer sous l'effet de la pesanteur, souvent en couches ou strates successives.

Un sédiment est caractérisé par sa nature (composition physicochimique), son origine, sa granulométrie<sup>1</sup>, les espèces qu'il contient et son éventuelle toxicité... La consolidation des sédiments est à l'origine de la formation des couches sédimentaires rocheuses.[16]

#### II.2.2 Le concept vase

Le nom de vase (mot emprunté au Néerlandais) est la désignation d'une large famille de sédiments fins, argileux, plus ou moins organiques, pouvant atteindre des teneurs en eau importantes. Elles contiennent une phase minérale dont la granulométrie s'étend des sables, aux argiles et aux colloïdes, une phase organique et une phase liquide. La vase peut se présenter aussi bien à l'état de suspension (crème de vase) que de sol cohérent (sédiment cohésif) présentant alors un caractère plastique, compressible et thixotropique. Elle contient souvent l'habitat d'une faune riche et diversifiée (vers, mollusques, bactéries).

Les vases sont des sols contenant plus de 90% de particules inférieures à 0,2mm, 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. Elles sont fréquemment thixotropes La Figure (II.1) donne un exemple de passage de remblai de l'autoroute A10 sur une épaisseur importante de la vase[17]



**Figure II-1 : Traversée de la vallée de la Charente par l'autoroute A10**

### II.2.3 Origines des sédiments

Il existe deux origines de sédiments à savoir

- Origine endogène : les particules proviennent de la production autochtone du milieu. Il s'agit de débris de macrophytes comme les plantes aquatiques, les cadavres de microphytes et d'animaux ;
- Origine exogène : il s'agit des particules qui sont issues du ruissellement des eaux ou bien transportées par les vents. D'origine naturelles ou anthropiques, elles proviennent de l'érosion des sols, de la décomposition de matière végétale, de l'apport de matière en suspension, de matières organiques, de nutriments ou de micropolluants en raison des rejets agricoles, industriels et domestiques.[18]

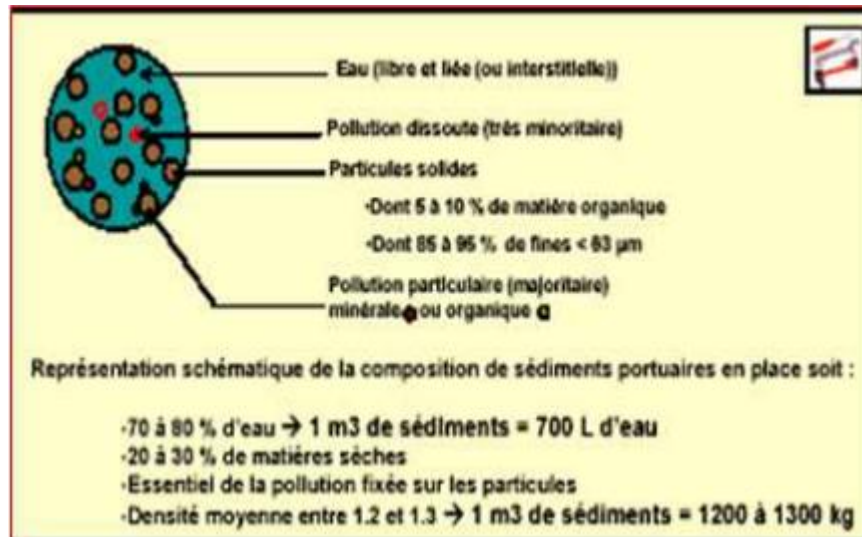
### II.2.4 Constitution des sédiments

Schématiquement les vases sont constituées en général de 4 éléments principaux :

- La matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates) ;
- La fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite) ;

- La fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acides fulviques et humiques) ;
- Une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

Nous montrons sur la fig. II.2 un exemple sur la composition des sédiments portuaires. Ces matériaux représentent des volumes considérables de déchets qui renferment des substances polluantes[19]



**Figure II-2 Schéma de la composition simplifié des sédiments portuaires (IDRA Environnement, 2006) [5]**

### II.2.5 Granulométrie des sédiments

La distribution granulométrique d'un sédiment détermine les caractéristiques granulaires des matériaux et leur distribution statistique de tailles d'une population d'éléments. D'autre part, la répartition de fréquence de taille des grains explique la répartition des sédiments dans un milieu aquatique. En effet, les grosses particules restent en amont tandis que les plus fines se retrouvent en aval. Les différentes classes granulométriques couramment utilisées sont présentées dans le Tableau II.1.

**Tableau II-1 : Classes granulométriques d'un matériau**

Taille	Dénomination
> 20 cm	Blocs
2 cm à 20 cm	Galets et cailloux
2 mm à 2 cm	Graviers
63 $\mu\text{m}$ à 2 mm	Sables (grossiers et fins)
2 $\mu\text{m}$ à 63 $\mu\text{m}$ ,	Limons (ou silt)
< 2 $\mu\text{m}$	Vases, boues argileuses

### II.3 Présentation du barrage de Bouhanifa

Le barrage de BouHanifia est situé à 4 Km au nord de la ville de BouHanifia sur l'oued El Hammam dans la Wilaya de Mascara, il fait également parti du triplex formé par trois barrages en cascade (Ouzert-BouHanifia-Fergouga).

Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable des couloirs BouHanifia-Hacine ; BouHanifia-Mascara, Tizé ; BouHanifia-Sfisef, Graia et la ville de BouHanifia
- Le transfert des eaux vers le barrage de Fergoug pour l'alimentation en eau potable des localités de Mohamadia et Sig.
- Le transfert des eaux vers le barrage de Fergoug pour l'irrigation de la plaine de Hacine et Habra 5500 ha. [20].



**Figure II-3 :Barrage de BouHanifia [21]**

Bien que le Génie militaire, aux environs de 1860 eut commencé de créer des piscines qui servirent aux besoins des malades de l'Armée, ce n'est que beaucoup plus tard, en 1913 lorsque l'agglomération ébauchée passa de l'Administration militaire des Bureaux arabes à celle des communes mixtes que BouHanifia commença à s'organiser.

En 1920, le centre industriel était créé. Une école, une mairie, un bureau de poste étaient construits. Ce dernier fut plus tard remplacé par un immeuble moderne dû à l'Administration des P.T.T.

Pendant la période suivante, la localité était électrifiée, et une église et de nombreux hôtels-restaurants s'édifiaient. De l'humble village amorphe, cet événement allait faire un grand centre thermal et même la capitale du thermalisme algérien.

Les vertus curatives des eaux ont attiré plus de 52 000 curistes, ce chiffre à peine croyable, explique la présence des 18 hôtels plus ou moins importants qui vivent de l'exploitation des eaux. L'attrait de l'équipement perfectionné des Thermes et du Grand Hôtel attenant décide beaucoup de malades (et de simples touristes) à entreprendre le voyage, lesquels eussent hésité à se rendre dans ce désert avant sa création.

Le barrage d'une retenue de 70 millions de m<sup>3</sup> dont la construction qui a commencé en 1930 pour s'achever en 1940 doit son nom au village de *BouHanifia* situé à 4,5 kilomètres au

N-NE. Mise en œuvre par la Société *Léon Chagnaud* d'Alger et *Soletanche* Paris sous la direction de MM. Vergniaud, Drouhin et Arages.

Il remplace celui de l'Oued Fergoug, situé à 20 km en aval, lequel a été détruit en 1927 lors de la crue évaluée à plus de 5000 mètres cubes par seconde.

C'est un barrage d'enrochements arrimés, dont les travaux ont atteint 460 m de longueur totale en crête s'élevant à 56 m au-dessus du thalweg, sa largeur au sommet de 5 m et elle atteint 125 m à la base. Le volume total des enrochements est de 700.000 m<sup>3</sup>, une maçonnerie cyclopéenne en pierres sèches dont les éléments pèsent de 2 à 10 tonnes, certains blocs atteignant même les 15 tonnes. Une ampleur considérable due, pour une grande part aux difficultés du terrain, il forme une boucle de l'oued, un lac de 520 hectares d'une capacité de 70 millions de mètres cubes avec un débit prudemment fixé à 6 000 mètres cubes seconde pour une surface irrigable de plus de 12 000 hectares. [17]

## **II.4 Le phénomène de l'envasement**

### **II.4.1 Définition**

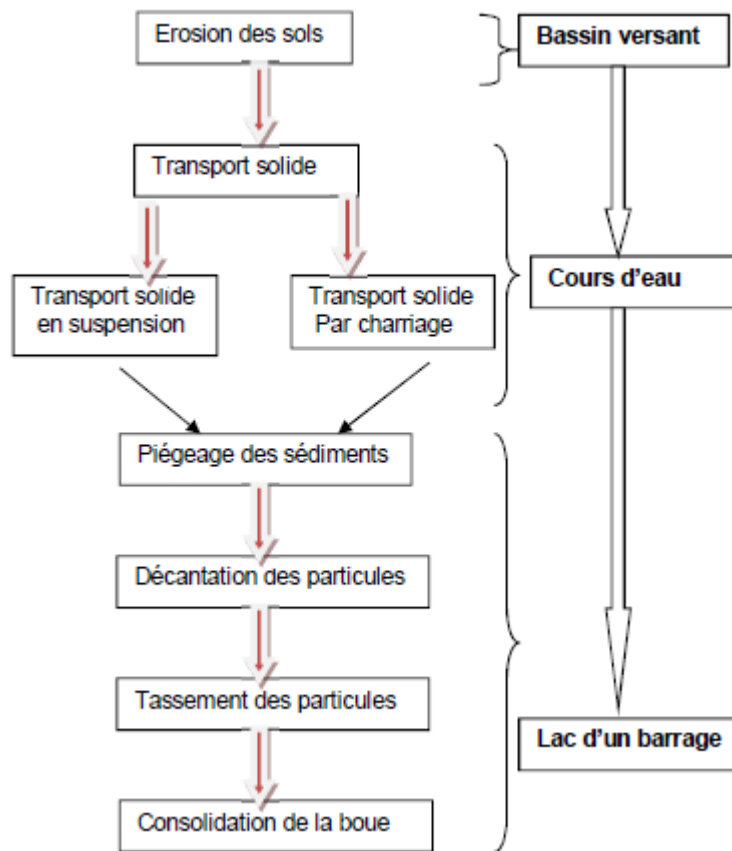
Le phénomène de l'envasement d'un barrage est défini dans [22] comme l'aboutissement d'un processus naturel d'érosion de bassin versant et du sapement des berges de cours d'eau. Ce phénomène enregistre les valeurs les plus élevées dans les régions arides et semi-arides comme le Maghreb et plus particulièrement l'Algérie. Il se manifeste par un dépôt successif des sédiments.

### **II.4.2 Les étapes d'envasement de 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[22]

La figure ci-dessous illustre les étapes d'envasement d'un barrage



**Figure II-4 : Processus d’envasement d’un barrage[22]**

### II.4.3 Conséquences de l’envasement

Cette forte sédimentation présente des conséquences extrêmement gênantes parmi lesquelles on peut citer

- La réduction de la capacité : chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d’un volume considérable de la retenue.
- La sécurité de l’ouvrage : l’indépendamment du problème de la diminution de la capacité du réservoir. L’envasement pose un problème sur la stabilité de l’ouvrage, on sait que pour une variation linéaire de la hauteur de la vase, la poussée progresse au carré de la hauteur.

- Obturation des organes de vidange : un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement des organes de vidange de fond.
- Envasement des canaux d'irrigation : l'irrigation se fait généralement par de l'eau chargée en sédiments, c'est ainsi que ces particules fines vont se déposer dans les canaux réduisant leurs sections mouillées ceci pose le problème de comblement du réseau des canaux d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage.
- Dégradation de la qualité de l'eau : les sédiments véhiculent des produits chimiques (nitrates, sulfates) provenant en particulier des apports en éléments fertilisants pour les cultures, et se déposant dans les réservoirs entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'eau. [23]

## **II.5 La problématique de dragage**

### **II.5.1 Nécessité de l'opération de dragage**

Les facteurs qui poussent à envisager le curage d'un cours d'eau sont liés soit à des considérations hydrauliques, soit à l'entretien et à la restauration du milieu.

Les principaux signes de dysfonctionnement sont :

- Des inondations dues à l'envasement et à l'encombrement du lit ;
- La navigation gênée ou rendue impossible par l'envasement ;
- L'envahissement du lit d'un cours d'eau par la végétation des berges ;
- La prolifération d'algues et de plantes aquatiques ;
- L'encombrement du lit par des dépôts divers (flottants, encombrants, vase affleurante...)
- La divagation du cours d'eau ;
- L'effondrement des berges.

### **II.5.2 Les techniques de dragage**

#### **II.5.2.1 Définition**

On appelle dragage l'opération qui consiste à extraire les matériaux situés sur le fond d'un plan d'eau. L'objectif peut être de réaliser des travaux de génie portuaire (creusement de bassins ou de chenaux), d'entretenir les chenaux fluviaux ou maritimes empruntés par les navires lorsqu'ils ont été comblés par les sédiments, d'effectuer des opérations de remblaiement pour reconstituer les plages ou gagner des terres sur la mer ou d'extraire des granulats marins pour répondre aux besoins du secteur de la construction.



Les travaux de dragage sont réalisés par des navires et engins spécialisés dont les caractéristiques dépendent de la nature des travaux et de l'environnement dans lequel ils doivent être effectués : dragues hydrauliques ou dragues mécaniques, navires capables de manœuvrer ou simples pontons. Les matériaux extraits sont stockés à bord pour être transportés plus loin, placés dans des barges attenantes ou évacués par des canalisations. Selon ses caractéristiques la drague effectue son travail en étant statique ou en mouvement. [24]

### **II.5.2.2 Le dragage mécanique**

Il consiste au dragage par des moyens comme le montre la figure II.4:

- Drague à godets : C'est une technique qui nécessite un tapis roulant pour l'évacuation des produits dragués de la retenue jusqu'à la zone de rejet,
- Benne preneuse : C'est un engin qui sera mis sur un ponton flottant et nécessite des chalands pour évacuer le produit dragué,
- Matériel de terrassement : Il consiste au dragage avec un matériel tel que bulls, pelles hydrauliques, chargeurs hydrauliques et camions pour le transport de vases,

NB : Cette solution de dragage ne peut être réalisée que si la retenue est vide.

Toutefois la technique de dragage la plus appropriée nécessite au préalable la résolution des problèmes :

- L'extraction et le transport des vases de la retenue en utilisant un volume d'eau minimum ;
- La définition et localisation de la zone de rejet susceptible de recevoir les matériaux dragués de la retenue,
- L'exploitation en continu de la retenue d'eau en même temps que le dévasement.[25]



**Figure II-5 : Dragage mécanique**

### **II.5.2.3 Dragage hydraulique**

Cette technique nécessite une drague suceuse refouleuse et une conduite flottante et terrestre pour l'évacuation du produit dragué (vase et eau) jusqu'à la zone de rejet. La figure II.6 montre cette technique de dragage.

Les matériaux sont désagrégés par jets d'eau sous pression ou par rotation d'un outil et mis en suspension pour être aspirés et évacués par des pompes vers les points de stockage.[25]



**Figure II-6 : Pompe hydraulique**

#### **II.5.2.3.1 La drague aspiratrice refouleuse stationnaire**

Ce type de drague est fixé sur des câbles, des chaînes ou des pieux, et aspire par papillonnage autour de sa zone de fixation. L'efficacité du dragage peut éventuellement être augmentée avec l'action complémentaire d'un désagrégateur.

Les matériaux sont ensuite refoulés dans une conduite flottante ou des chalands.[26]

#### **II.5.2.3.2 La drague aspiratrice autoporteuse**

En marche qui aspire les sédiments en naviguant à faible vitesse et stocke ceux-ci à bord avant de les déposer sur un site en mer ou à terre. Ce type de drague est en particulier adapté au dragage des chenaux car il ne perturbe la circulation des navires que de manière limitée ;

#### **II.5.2.3.3 La drague aspiratrice à désagrégateur,**

Utilisée lorsque les fonds sont plus fermes, est équipée d'un dispositif rotatif en bout d'élinde qui lui permet de broyer les matériaux pour permettre leur aspiration ;

Les dragues fendables sont des dragues aspiratrices porteuses en marche dont le fond s'ouvre pour déverser les sédiments en pleine mer.

#### **II.5.2.4 Dragage à l'américaine**

La technique de dragage à l'américaine consiste à rejeter en continu les sédiments pompés dans le milieu, soit au bordé, soit par clapets ouverts. Cette technique est d'autant plus efficace qu'elle est pratiquée dans des zones à forts courants susceptibles d'évacuer vers les zones souhaitées la mixture issue de la surverse. Le dragage à l'américaine est utilisé occasionnellement dans certains estuaires où cette pratique persiste ponctuellement pour répondre à la nécessité d'évacuer rapidement des matériaux encombrant le chenal en liaison avec l'arrivée d'un navire de fort tirant d'eau et qui ne peuvent être transportés et immergés sur le site de dépôt faute de temps. Le recours à ce type de dragage se justifie par des raisons uniquement économiques et non environnementales.[27]

#### **II.5.3 Risques causés par l'opération de dragage**

En 1977 J. Clark caractérisait le dragage comme la menace la plus sérieuse pour les écosystèmes littoraux. Les opérations de dragage posent un problème environnemental car elles favorisent la dispersion des contaminants et donc la bio accumulation. En effet la solution la plus communément employée pour se débarrasser des sédiments dragués était le relargage en mer[28]

#### **II.6 Quelques moyens de lutte contre l'envasement en Algérie[29]**

La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année. Il est rare cependant, que l'on puisse admettre à l'issue d'une période aussi courte, l'abondance d'un aménagement hydraulique particulièrement lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée. Il importe donc, non seulement de prévoir le rythme de comblement de la retenue de façon aussi précise que possible, de manière à prendre les dispositions économiques et sociales qui s'imposent mais aussi et surtout de sauvegarder au maximum l'existence de la retenue en luttant contre ce phénomène utilisé en Algérie. Nous pouvons citer :

##### **II.6.1 Le reboisement, la restauration des sols la formation des banquettes, la plantation de végétation à longues tiges dans les oueds.**

Il est à noter que les tamaris qui ont poussé à l'amont des barrages de Bouhanifia, du Fergoug, de Cheurfas constituent de véritables pièges à sédiments. Dans le cadre de la protection des bassins, un programme spécial a été lancé par les services des forêts. Il s'agirait de traiter une superficie de 1,5 millions d'hectares d'ici l'an 2010. Soit un rythme de réalisation de 67000 ha/an. Les coûts sont évalués à environ 16 milliards de DA.

## **II.6.2 Techniques des transports et de rejets**

Le choix du mode de transport repose sur plusieurs critères, dont

- Le mode d'extraction utilisé
- La situation du site de dépôt (Accessibilité, distance...),
- Les caractéristiques des produits (présence de contaminants, pourcentage de matière sèche...), etc.[30]

### **II.6.2.1 Dépôt à terre**

Dans le cas de volumes limités, les dépôts à terre des sédiments à faible teneur en eau peuvent se faire directement à la benne. Les sédiments peuvent être placés dans des chambres de dépôt qui permettent leur consolidation et facilitent par exemple la réalisation de terrepleins portuaires. [28]

### **II.6.2.2 2. Rejet par émissaire ou par conduite**

Les conduites métalliques ou plastiques sont utilisées pour le transport des matériaux de dragage en mélange aqueux. Ces conduites peuvent être flottantes, immergées ou déposées à terre. Le rejet par émissaire en mer se fait généralement à la suite d'un dragage par aspiration. Les sédiments sont alors refoulés par une conduite, soit en surface, soit au fond.

Lorsque la puissance de la drague refouleuse n'est pas suffisante pour la totalité du transport, des relais de pompage peuvent être installés. [28]

### **II.6.2.3 3. Clapage ou immersion**

Les sédiments sont extraits soit par des moyens mécaniques, soit par aspiration, peuvent donner lieu à des opérations de clapage sur des zones d'immersion bien localisées.[28]

## **II.6.3 Réalisation de barrage de décantation**

Il existe un cas en Algérie, c'est le cas du barrage de Boughezoul qui est exploité partiellement comme bassin de décantation du barrage de Ghrib. Ce barrage a permis de retenir depuis sa création environ  $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase. Il réduit l'envasement de Ghrib de près de 24 %.

#### **II.6.4 Surélévation des barrages :**

Cette technique a été réalisée sur cinq barrages : Fergoug, Mefiouch, Bakhada, K'sob, Zardézas. La surélévation des barrages permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée.

Barrage du Hamiz (wilaya de Boumerdes)

- Barrage construit en 1879 en vue de l'irrigation du périmètre de Mitidja est. L'envasement accéléré de la retenue a permis à l'administration en 1883 de surélever de 7 m pour porter sa capacité à  $23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .
- Barrage des Zardézas

Il a été mis en eau en 1945, sa hauteur de 37 m lui permet d'assurer un volume de  $14,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Du fait de l'envasement accéléré, la capacité du barrage est passé de  $7,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  en 1974.

En 1977, la hauteur du barrage a été portée à 45 m (12, 5 m de plus). Le volume ainsi obtenu est de  $31 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

- Barrage de K'sob

Barrage de capacité de  $11,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  pour une hauteur de 32 m, construit en 1939 pour l'irrigation du périmètre de K'sob. Du fait de la progression de l'envasement de la retenue, la capacité a été réduite à moins de  $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . En 1975, la hauteur du barrage a été porté à 43 m (15 m de plus) pour porter sa capacité à  $31 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

#### **II.6.5 Chasses dites à l'Espagnole**

Méthode utilisée pendant les premières crues pour les barrages de moindre importance (tel que barrage du barrage Hamiz, Beni Amrane, K'sob, ...).

Cette méthode est efficace quand elle est possible. Elle consiste à vider complètement le barrage au début de l'automne et à le laisser vide toutes vannes ouvertes, jusqu'aux premières pluies. La première crue enlève sans difficulté les vases de l'année non encore consolidées.

### II.6.5.1 Soutirage des courants de densité

Le soutirage des courants de densité a donné des résultats spectaculaires en Algérie. Cette méthode est utilisée aux barrages d'Ighil Emda et Oued El Fodda.

- Barrage d'Ighil Emda Le barrage d'Ighil Emda est de capacité  $156 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  à la cote 532 m au-dessus du niveau de la mer. Il a été mis en eau en 1953. Notons que près de 50 % de vases ont été soutirés grâce au système de soutirage à savoir sur  $88.773.564 \text{ m}$  d'apports solides jusqu'à l'année 84. Seulement  $45.657.458 \text{ m}^3$  ont réussi à se décanter et se consolider alors que  $43.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ont été soutirés.
- Barrage de Oued El Fodda Il a été mis en service en 1932 avec une capacité initiale de  $28 \text{ M de m}^3$ . Devant la progression de l'envasement de la retenue et ce qui a entraîné le blocage de la vanne de fond, le barrage a été percé de 04 vannettes de dévasement (Opérationnelles en 1961). Ce système a permis d'évacuer de 1961 jusqu'à 1993 environ  $12 \text{ M de m}^3$  de vase.
- Barrage de Fom El Gherza  
Grâce à la vanne de fond  $600 \cdot 000 \text{ m}^3$  de vase ont été évacuées de 1989 jusqu'à 1993. Notons que de 1982 jusqu'à 1989, la vanne a été bloquée par la vase.

### II.6.6 Dragage des barrages

A travers l'expérience algérienne, le dragage s'est avéré une solution sûre mise à part les difficultés de mise en dépôt et le coût. Jusqu'à maintenant, l'Algérie a procédé à un dragage sur quatre barrages : Le barrage des Cheurfas ( $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ), le barrage de Sig ( $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) barrage de Fergoug et Hamiz. L'Algérie a acquis en 1989 un matériel complexe de dragage à savoir une drague suceuse refouleuse baptisée (Rezoug Youcef N). Cette drague, d'un poids total de  $300 \text{ t}$  est conçue pour refouler à une hauteur de 28 m dans une conduite de 700 mm avec un débit maximum de mixture (vase + eau) de 1600 l/s et pour draguer à une profondeur de 3 à 16 m. Le tableau 2 résume le volume total de vase extrait du barrage de Fergoug jusqu'à 1992.

## II.7 Conclusion

L'envasement des barrages est un phénomène naturel très complexe qu'il faut étudier. Les barrages sont alimentés par les cours d'eau qui charrient en général des sédiments qui se

déposent dans la retenue, et qui provoquent une diminution dans la capacité du barrage. Ce phénomène entraîne une perte de potentiel d'eau allant jusqu'à supprimer dans certains cas les fonctions du barrage. L'Algérie se trouve à la tête des pays les plus touchés par l'envasement des barrages. La connaissance des propriétés et la composition de ces vases est une donnée essentielle pour définir le domaine d'application et les conditions de son utilisation, afin de compenser le coût de dévasement et débarrasser l'environnement de ces matières. Ces vases sont constituées essentiellement d'argile, de limon, de sable fin et de composés organiques.



## *Chapitre III*

# *Processus de fabrication de brique*

## *Chapitre III : Le processus de la fabrication de brique*

### **III.1 Historique**

Le besoin de se protéger de façon durable des intempéries et des prédateurs impose à l'Homme de trouver des matériaux durs et résistants. La pierre naturelle ou les troncs d'arbre peuvent remplir cet office dans les régions où ils peuvent être facilement prélevés. Dans les pays où la végétation est rare et notamment tous les pays méditerranéens, l'argile constitue l'un des premiers matériaux de construction utilisés : la brique est facilement réalisable à partir d'argile ou de terre crue, on a parlé au XIX<sup>e</sup> siècle de « terre franche ». Cette brique de terre crue d'autre part, abandonnée au feu, acquiert solidité et dureté. On lui enlève surtout l'inconvénient de se délayer dans l'eau. Ce progrès profite aux briques aussi bien qu'aux tuiles, aux carreaux et à la céramique en général. Un grand et nouveau progrès est encore réalisé le jour où l'on a su recouvrir cette terre qui reste poreuse et absorbante, d'une couche vitreuse imperméable, d'une glaçure. Ce progrès profite toutefois plus aux tuiles et à la poterie, qu'aux briques pour lesquelles son usage reste marginal. La porte d'Ishtar dans l'actuel Irak, ou le palais de Darius I<sup>er</sup> à Suze dans l'actuel Iran, montrent l'usage maîtrisé des décors en brique de terre cuite émaillée et colorée, qu'avaient les Néo-Babyloniens en -580 et d'autre part les Achéménides vers -500. Au XV<sup>e</sup> siècle, le nord de l'Italie deviendra maître dans l'art de la décoration des habitations et monuments avec des frises, des guirlandes et des festons constitués tout de briques émaillées.

D'abord modelée, la brique apparaît entre le huitième et le septième millénaire av. J.-C., dans la région du Tigre et de l'Euphrate. Les premières maisons en brique ont été découvertes en Mésopotamie — actuel Irak — et l'on estime que l'usage de la brique s'étend rapidement dans tout le Moyen-Orient.

La brique crue est simplement moulée puis séchée au soleil, pour la rendre plus résistante. Elle permet de monter des habitations ou des monuments comme la pyramide d'Amenemhat III, mais reste fragile et résiste mal aux intempéries.[31]

## **III.2 Introduction**

Avec quoi construit-on une habitation ? Avec des briques, naturellement ! Tout le monde connaît ce magnifique produit. Si dans le passé, la couleur rouge était la plus répandue, on dispose aujourd'hui d'innombrables couleurs. On l'observe partout autour de nous. Aujourd'hui, les produits se sont diversifiés - blocs pour murs intérieurs, briques de parement, briques de pavage, ... - mais restent tous des produits en terre cuite.

Savez-vous comment on fait naître ces excellents produits de la matière première ?

## **III.3 Définition**

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d'argile, préalablement mise en forme, à une température appropriée- la température de frittage. Les particules d'argile commencent alors à fondre et s'agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d'ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction. [32]

## **III.4 Les différents types de brique**

### **III.4.1 Brique à terre crue**

Les Briques de Terre Crue sont réputées pour leur dureté, leur stabilisation à la chaux parfaitement maîtrisée lors de leur fabrication en usine et les nombreuses références de chantiers publics et privés réalisées en France et à l'étranger.

Les principaux atouts de ce produit sont l'apport de masse thermique, une bonne diffusivité de la chaleur et une excellente régulation d'humidité dans l'habitat.

Les Briques de Terre Crue sont fabriquées à partir d'argile pure et de chaux (environ 5%). ARGILUS privilégie une fabrication avec une stabilisation à la chaux afin d'éviter des reprises d'humidité trop importantes des cloisons ainsi qu'une détérioration rapide due au gonflement de celles-ci.

Elles peuvent servir à différentes applications :

- Remplissage de colombages,
- Murs d'inertie (Afin d'accumuler la chaleur – derrière un poêle à bois par exemple),

- Murs de cloison,
- Murs capteurs.[33]

La figure ci-dessous montre deux formats de briques en terre crue (6x11x22, 9x15x30)



**Figure III-1 : brique en terre crue[33]**

### **III.4.2 Les briques en terre cuites**

La brique en terre cuite est une brique naturelle, issue de procédés de conception très anciens. Une brique en terre cuite sera généralement conçue à base d'argile et de sable. C'est la couleur de l'argile qui va donner une teinte à la brique, qui sera souvent une brique rouge ou jaune.

Les briques en terre cuite sont des briques de conception artisanale, cuites dans un four à 1200°C. Cela en fait un matériau de construction nettement plus authentique que le parpaing.

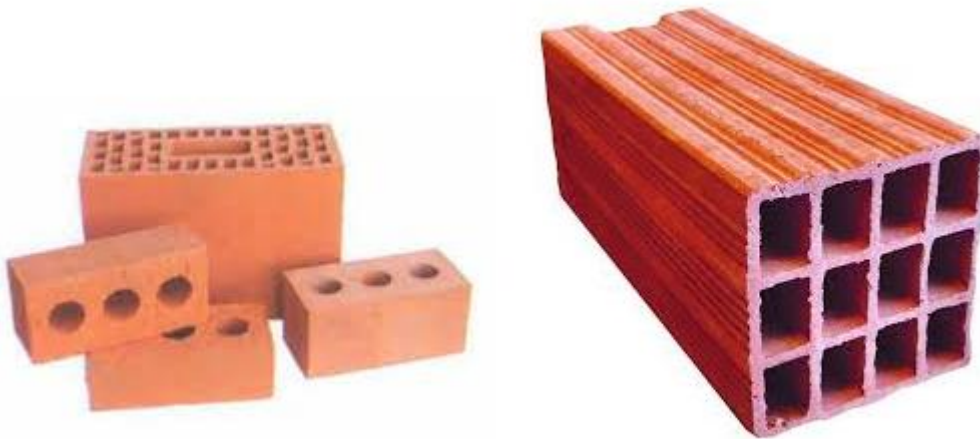
La brique a terre cuite peut être utilisée dans :

- La construction d'un mur intérieur : on peut utiliser n'importe quelle brique de terre cuite pour construire un mur en intérieur. C'est généralement les briques plâtrières qui seront utilisées à cet effet.
- La construction d'un mur extérieur : pour les murs extérieurs, on utilisera plus volontiers des briques pleines en terre cuite, mieux adaptés aux intempéries.
- La construction d'un mur porteur : on peut également utiliser des briques pleines pour construire les murs porteurs d'une maison.
- Le parement : on peut enfin trouver des briques en terre cuite de parement, qui vont tout simplement servir à orner un mur et à lui donner un aspect traditionnel.

Si ce matériau de construction est encore utilisé aujourd'hui, parfois au dépit de briques plus sophistiquées, comme la brique monomur (que nous vous présentions il y a peu), c'est tout simplement car elle a de très nombreux avantages !

Citons ensemble l'intérêt d'utiliser des briques en terre cuite pour vos constructions :

- Une bonne isolation : la brique en terre cuite est naturellement isolante. Associée à des isolants de qualité, elle vous offrira une maison très agréable à vivre !
- Un matériau naturel : contrairement à d'autres briques, la brique en terre cuite est artisanale et écologique. Sa production est en effet très peu polluante. Il s'agit d'ailleurs d'un matériau sain et respirant.
- Une pose facile : monter un mur en briques est facile et rapide, et à la portée de n'importe quel bricoleur expérimenté.
- Un matériau esthétique : enfin, la brique en terre cuite offre un côté naturel et très esthétique à n'importe quelle maison. Sans compter qu'elle n'a pas besoin d'un enduit.[34]



**Figure III-2 : brique en terre cuite**

### **III.4.3 Les adobes**

Les adobes sont des blocs de terre élaborés dans des moules, d'une taille légèrement supérieure à celle d'une brique creuse moderne. Pour élever les murs, on superpose les briques d'adobe et pour les unir, on utilise de l'argile ou de la chaux et du sable.



**Figure III-3 : Les adobes**

#### **III.4.4 Le pisé**

C'est un mur massif construit avec de l'argile et du sable entassé et compressé. Pour former le mur et éviter qu'il s'écroule et pour faciliter le pressage, on utilise un coffrage que l'on appelle banche. Lorsque la banche est installée sur la fondation, on verse la terre à l'intérieur et on procède au pressage. Lorsque le mur est formé, on retire la banche, et on le laisse sécher à l'air libre. Le pisé peut conformer le mur entièrement, ou être installé entre des piliers d'un autre matériel.[35]



**Figure III-4 : Construction avec le pisé [36]**

### III.4.5 Les tuiles

Une tuile est une pièce de couverture servant à recouvrir le toit d'un bâtiment ou d'une habitation. Les tuiles sont pour la plupart d'entre elles fabriquées en terre cuite, bien que l'on puisse également en trouver en béton.[37]

Les tuiles sont utilisées depuis l'Antiquité pour recouvrir les toits des habitations. Aujourd'hui encore ce type de toiture est l'une des plus courantes en France. Normal, quand on connaît ses qualités de résistance aux intempéries notamment et ses pouvoirs isolants. Une toiture en tuiles est aussi écologique car constituée de matériaux naturels. Sans oublier son esthétisme, très apprécié.[38]



**Figure III-5 : Les tuiles en terre cuite [39]**

### III.4.6 Les briques réfractaires

La principale caractéristique de la brique réfractaire est sa résistance à la chaleur intense (jusqu'à 1700° C), contrairement aux briques classiques. Compte tenu de ses qualités, c'est un matériau assez cher pour des constructions courantes. Son utilisation est donc généralement limitée à des travaux concernant la construction de cheminée, d'insert, de four à pain, à pizza ou de barbecue dans la maison.[40]

### **III.5 Les différents procédés de la fabrication de la brique**

#### **III.5.1 Processus de boue molle**

Tout d'abord, l'argile relativement humide est prise, qui a environ 30 eaux dans son poids. Il est ensuite placé dans un moule, soit à la main ou avec une machine à mouler et est pressé dans les moules. La principale préoccupation ici est d'empêcher l'argile de coller aux moules, les moules peuvent être trempés dans l'eau immédiatement avant d'être remplis produisant des briques avec une surface relativement lisse et dense qui sont connus sous le nom de briques frappées par l'eau. Vous pouvez utiliser ce même procédé pour créer des briques moulées au sable ou recouvertes de sable en époussetant le moule humide avec du sable juste avant de former la brique. Ces briques ont une surface texturée et emmêlée.[17]

#### **III.5.2 Le processus par presse sèche**

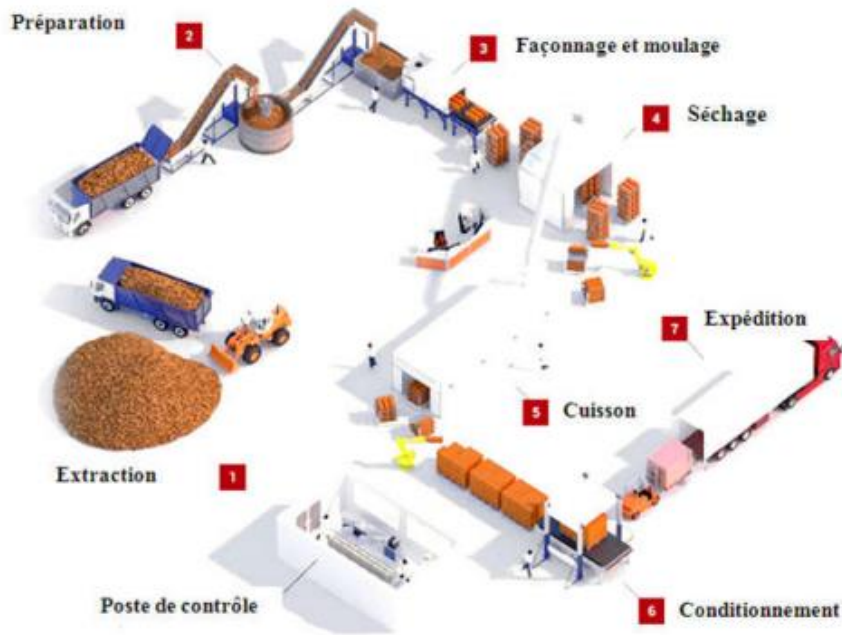
Le processus de presse sèche est le processus le plus couramment utilisé lors de la fabrication de briques réfractaires. Contrairement au processus de boue molle, l'argile dans ce a une teneur en eau minimale, qui est d'environ 10 du poids total seulement. L'argile est placée dans les moules et la presse hydraulique est utilisée pour donner des conditions de pression extrêmement élevée pour les briques. Après avoir été exposés à une pression élevée, les briques sont ensuite séchées et cuites. Alors qu'ils sont encore humides, vous pouvez les graver avec différents dessins, rainures, rainures fonctionnelles ou différents types de textures.[41]

### **III.6 Les différentes étapes de la fabrication de la brique**

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

- L'extraction des matières premières (Argiles et limons)
- La préparation de l'argile
- Le façonnage
- Le séchage
- La cuisson





**Figure III-6 : Processus de fabrication de brique[5]**

### **III.6.1 Extraction**

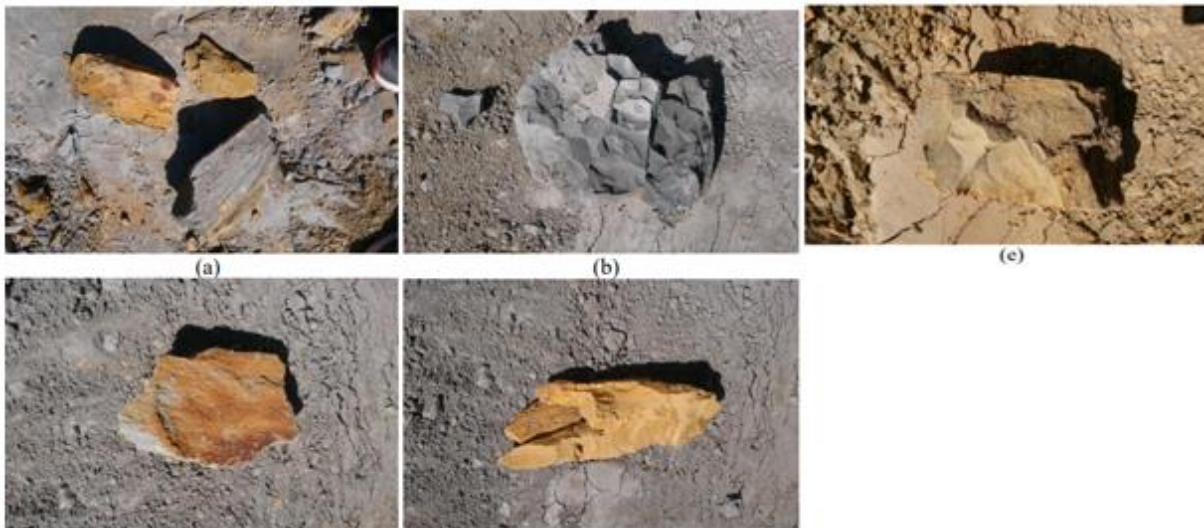
La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. Il faut entendre 'argile' au sens large et considérer également les terres limoneuses et schisteuses, matières premières de même composition minéralogique que l'argile. L'argile est extraite dans des argilières situées en zone d'extraction. 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 et limoneuses en Belgique. Une briqueterie jouxte généralement une argillère. Certaines briqueteries ajoutent des argiles en provenance d'autres argilières afin d'étoffer la gamme de produits. Le transport reste toutefois limité. Il faut savoir que chaque produit de terre cuite nécessite une matière première appropriée : les blocs treillis sont produits principalement à partir d'argiles grasses, extraites et utilisées dans la région du Rupel, le Waasland, la Campine et la région de Courtrai. Les briques de parement moulées main et étirées sont fabriquées à partir de divers argiles et limons.[32]



**Figure III-7 : Carrière d'argile**

### III.6.2 Préparation de l'argile [42]

L'argile provenant de la carrière est souvent un produit naturel inégal et peu homogène. Cette matière brute doit être transformée en un mélange uniforme qui garantit, avec un travail économique, un matériau fini à haute valeur technique. Les types d'argile qui existent dans la carrière sont :



**Figure III-8 : Les types d'argile : a) sableuse ; b) gris argileux ; c) riche en fer  
d) jaune plastique ; e) cimenté**

### III.6.3 Le façonnage

On distingue divers types de briques, en fonction de la manière dont elles sont mises en

forme :

- **Briques moulées main :**

La méthode de moulage la plus ancienne est le façonnage à la main des briques. Le mouleur prend une certaine quantité d'argile, la jette dans un moule en bois préalablement sablé pour éviter que la pâte n'adhère aux parois, presse convenablement la terre pour remplir le moule, arase l'excédent et retourne l'appareil pour démouler la brique crue ou « verte » (= brique non cuite). Pour faciliter cette opération, l'argile doit être relativement ductile (et humide par conséquent), évitant ainsi au mouleur de devoir exercer un effort trop important. Ceci a pour conséquence que la brique «moulée main» présente une surface irrégulière, caractérisée par des plissures.[32]

- **Les briques mécaniques**

Les briques mécaniques sont soit pressées soit étirées. Le moulage à la presse consiste à exercer une forte pression sur l'argile préalablement déposée dans un moule. Quant aux briques étirées, elles sont fabriquées à partir d'un boudin d'argile extrait de la masse découpé en plusieurs sections. Chaque section est étirée pour former une brique. L'étireuse est préconisée pour la fabrication de briques perforées. De plus, cette technique de fabrication est privilégiée en raison de sa rapidité d'exécution.[43]



**Figure III-9 : Moulage de brique[32]**

### III.6.4 Le séchage

Les briques crues chargées en eau doivent être séchées pendant deux à quatre jours dans des séchoirs artificiels. Le séchage permet à l'eau contenue dans la brique de s'évaporer ; à défaut la rétraction de l'eau contenue dans la brique lors de la cuisson risquerait de provoquer un éclatement de la brique. [43]

### **III.6.5 La cuisson**

La cuisson se fait en trois phases : le préchauffage, la cuisson proprement dite, le refroidissement. Un cycle de cuisson dure de 12 à 48h. La cuisson des tuiles et des briques nécessite une température du four de 900°C à 1200°C.

Le matériau a atteint alors ses propriétés de résistance mécanique, porosité, résistance au gel, absorption d'eau, ...

Les fours les plus utilisés sont les fours tunnels. Ils permettent une production en continu. Leur longueur varie de 50 à 210 m et leur largeur d'1 à 10 m.

Des fours intermittents sont réservés à des productions de petite série où le cycle de cuisson est adapté aux types de produits traités.

Le combustible le plus utilisé est désormais le gaz naturel, source énergétique très peu polluante ; celui-ci représente de l'ordre de 96% de la consommation énergétique totale.

De plus, il est possible de modifier la couleur voulue de la brique grâce à un apport ou à une réduction d'oxygène lors de la cuisson. Ainsi, la réduction d'oxygène va avoir pour effet de donner une couleur plus foncée à la brique. [44]

## **III.7 Emballage et stockage de produits finis**

### **III.7.1 Emballage**

Les produits sortis du four après refroidissement sont palettisés, cerclés, houssés et chargés sur camions ou mis sur le parc de stockage. Des robots sont utilisés pour ces manutentions intermédiaires.

Les produits qui, pour des raisons d'imperfections, ne peuvent être commercialisés sont recyclés pour le remblaiement des carrières ou la réfection des chemins de carrière. Ainsi, on ne génère pas de déchets de production. [44]



**Figure III-10 : Emballage des briques[45]**

### **III.7.2 Stockage**

Les paquets emballés sont donc envoyés vers l'expédition où chargés directement sur les moyens de transport pour la livraison.



**Figure III-11 : Parc de stockage[45]**

# Chapitre IV

*Caractérisations des matériaux  
et fabrication des briques*

## *Chapitre IV : Caractérisation des matériaux et fabrication des briques*

Les matériaux utilisés sont les échantillons de vase du côté sud, Ouest et du fond du barrage de Bouhanifia (Mascara), et le grignon d'olive.

### **IV.1 Caractérisation des Matériaux**

#### **IV.2 La teneur en eau de la vase (NFEN 1097-5)**

- **Objectif du test :**

Le test de la teneur en eau permet la détermination de la quantité d'eau existante dans le sol naturel (échantillon).

$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100 (\%)$$

**M<sub>w</sub>** : Masse de l'eau dans le sol (échantillon)

**M<sub>s</sub>** : Masse des particules solides du sol (échantillon)

La teneur en eau est exprimée en pourcentage.

- **Equipements :**

- ✓ Echantillon du sol
- ✓ Récipients
- ✓ Four avec contrôle de températures (étuve)
- ✓ Balance

- **Procédure :**

- ✓ Peser le récipient muni du couvercle (M1). Identifier le avec une étiquette.
- ✓ Placer l'échantillon à l'état naturel dans le récipient et peser l'ensemble (échantillon + récipient), (M2). De préférence garder le fermé afin de garder l'humidité de l'échantillon.
- ✓ Placer l'ensemble (échantillon + récipient) dans l'étuve avec température réglée à

(110 ± 5) °C une fois le récipient dans l'étuve n'oublier pas d'enlever le couvercle.

- Après 24h retirer le récipient avec le sol sec. Remettre le couvercle et peser (M3) en utilisant la même balance.

- Déterminer la teneur en eau **W** exprimée en pourcentage :

• **Détermination de la teneur en eau**

L'essai a été réalisé dans le laboratoire de l'université d'Ain temouchent



**Figure IV-1 : Echantillon de vase pesé sur une balance à précision  $\pm 0.1g$**

$$W = \frac{W_h - W_s}{W_s}$$

$W_h$  : Masse humide

$W_s$  : Masse sèche

$W_{s1}$  : Masse sèche après 24h

$W_{s2}$  : Masse sèche après 48h

**Tableau IV-1 : Calcul de la teneur en eau après 24h**

	Masse humide (g) ( $W_h$ )	Masse sèche (g) ( $W_{s1}$ )	Teneur (%) ( $W$ )
Vase	50	43.1	16
	51.1	44	16.13
Echantillon (S)	48.5	41.2	17.71
	46.3	40.8	13.48
Echantillon (W)	27.2	22	23.63
	24.8	19.9	24.64



**Tableau IV-2 : Calcul de la teneur en eau après 48h**

	Masse humide (g) (W <sub>h</sub> )	Masse sèche (g) (W <sub>s2</sub> )	Teneur (%) (W)
Vase	50	43	16.27
	51.1	44	16.13
Echantillon (S)	48.5	41.2	18
	46.3	40.8	13.48
Echantillon (W)	27.2	22	23.63
	24.8	19.9	24.64

### IV.2.1 Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau, elle comprend deux opérations :

- Tamisage.
- Sédimentation.

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau, elle est tracée en diagramme semi-logarithmique avec :

- En abscisse, le logarithme de la dimension des ouvertures des tamis en valeurs croissantes ;
- En ordonnée, le pourcentage, en poids du matériau total de la fraction du Matériau dont les grains ont un diamètre moyen inférieur à celui de l'abscisse correspondante (passant), on constate que la courbe granulométrique est un élément fondamental de classification du matériau. Les résultats de cette étude permettent de prévoir certaines propriétés du matériau comme la perméabilité, l'aptitude au compactage et l'utilisation comme filtre.

#### Mode opératoire :

- ✓ Prélever (1,5 kg) de matériau (matériau sec) ;
- ✓ Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit la masse du tamis ;
- ✓ Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est respectivement de haut en bas : 5 - 2,5 - 1,25 - 0,63 - 0,315 - 0,125 et éventuellement

0,08mm. La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond ;

- ✓ Verser le matériau sec sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant 5 minutes. Arrêter l'agitateur, puis séparer avec soin les différents tamis ;
- ✓ Peser chaque tamis séparément à 1 g près. Soit  $M_i$  la masse du tamis (i) + le sable. La différence entre  $M_i$  et  $m_i$  (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel  $R_1$  du tamis 1 ;
- ✓ Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur ;
- ✓ Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à  $R_1$ , soit  $R_2$  la masse du refus cumuler du tamis 2 ( $R_2=R_1+\text{Refus partiel sur tamis}$ ) ;
- ✓ Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés  $R_3, R_4, \dots$  ;

Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante :  $T= 100 - R_c$  ;

T : Tamisât en pourcentage [%]

- **Essai pour les différents échantillons**

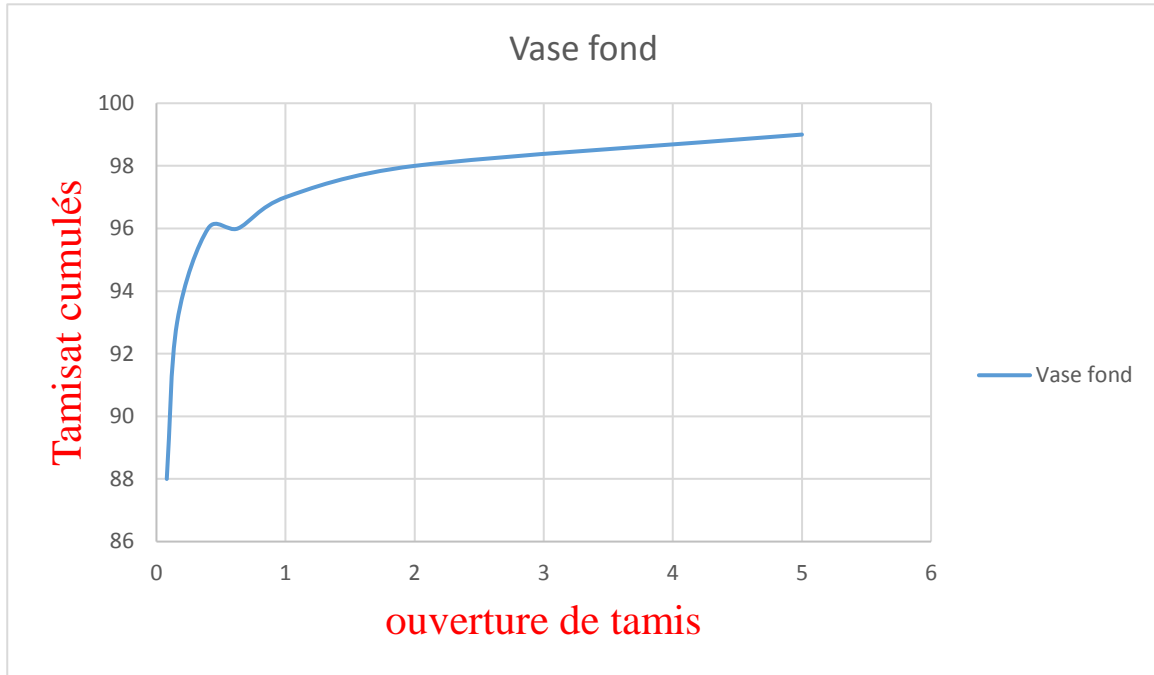
Les essais sont réalisés au laboratoire travaux publics ouest (LTPO)

- ✓ La vase

**Tableau IV-3 : Analyse granulométrique de la vase**

Echantillon N			
Dimensions tamis (mm)	Masse de refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisât cumulés (%)
5	2.09	01	99
2	5.72	02	98
1	9.03	03	97
0.63	10.61	04	96
0.04	11.88	04	96
0.016	19.84	07	93
0.08	34.65	12	88

Voir la courbe granulométrique dans le graphe ci-dessous :



**Figure IV-2 : Courbe granulométrique de la vase du fond**

✓ Echantillons Sud (S)

**Tableau IV-4 : Analyse granulométrique de l'échantillon de l'ouest (S)**

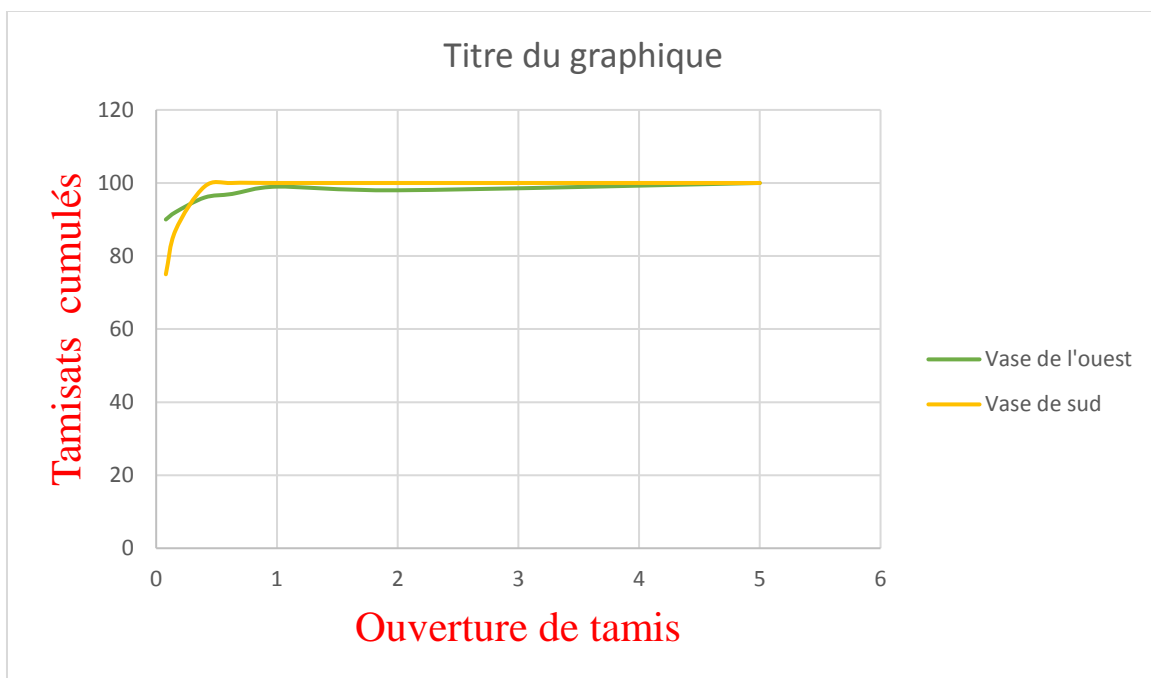
Echantillon S			
Dimensions tamis (mm)	Masse de refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisât cumulés (%)
5	0.86	00	100
2	2.99	02	98
1	6.07	01	99
0.63	8.39	03	97
0.04	11.23	04	96
0.016	23.79	08	92
0.08	31.31	10	90

✓ Echantillons Ouest (W)

**Tableau IV-5 : Analyse granulométrique de l'échantillon de l'ouest (W)**

Echantillon W			
Dimensions tamis (mm)	Masse de refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisât cumulés (%)
5	0		
2	0.17	00	100
1	0.44	00	100
0.63	0.78	00	100
0.04	1.73	0.1	99
0.016	40.45	13	87
0.08	76.01	25	75

Voir la courbe granulométrique dans le graphe ci-dessous :



**Figure IV-3 : Courbe granulométrique échantillon sud (S) et Ouest (W)**

**IV.2.2 Les limites d'Atterberg de la vase [P 94-512-2]**

En géotechnique, les limites d'Atterberg définissent à la fois un indicateur qualifiant la plasticité d'un sol, mais aussi l'essai qui permet de définir ces indicateurs. Cet essai a été établi par l'agronome suédois Albert Atterberg.

La teneur en eau d'un sol peut en effet beaucoup varier au cours des opérations de terrassements.

Pour la fraction fine (graviers exclus), la cohésion tient à la présence d'eau : parfaitement sec, le matériau serait cohérent. Au-dessus d'une certaine teneur (limite de plasticité), on peut le

pétrir en forme de boudin, de boulette ou de fil. Pour une teneur plus forte (limite de liquidité), il forme un liquide, visqueux, qui ne conserve pas la forme qu'on lui a donnée. La détermination, soigneusement normalisée, de ces deux teneurs caractéristiques appelées limites d'Atterberg, est un élément important d'identification, et permet déjà de prévoir certaines propriétés.

- But de l'essai

Identification et classification des sols

- Domaine d'application

Travaux de terrassement – de compactage

- Appareillage
  - ✓ Appareil de casagrande
  - ✓ Balance de 5kg (précision 1g)
  - ✓ Etuve ventilé
  - ✓ Planche à roulets
  - ✓ Capsules en verre
  - ✓ Spatules
  - ✓ Mortier et pilon en porcelaine
  - ✓ Durée de l'essai : 03 jours
  - ✓ Mode opératoire



**Figure IV-4 : Appareil de Casagrande**

N.B : Cet essai est réalisé sur la partie granulométrique appelée mortier inférieur à 0,4mm

- ✓ On malaxe rigoureusement la totalité de l'échantillon afin de bien homogénéiser
- ✓ On remplit la coupelle au tiers
- ✓ On trace le milieu de l'échantillon à l'aide d'un outil à rainurer et l'essai comme immédiatement
- ✓ La coupelle fixée à l'appareil est soumise à une série de chocs réguliers jusqu'à ce que les deux lèvres se ferment (le nombre de coups de fermeture doit être compris entre 15 et 35)
- ✓ Pour confirmer le nombre de chocs, il faut recommencer immédiatement l'essai, si les deux essais successifs ne diffèrent pas plus d'un choc, on prélève à l'aide d'une spatule deux échantillon de chaque côté des lèvres et on détermine la teneur en eau
- Détermination de limites d'Atterberg

La teneur en eau pondérale est déterminée par la formule suivante :

$$W (\%) = \frac{Mw (g)}{Ms (g)}$$

**M<sub>w</sub>**= Masse d'eau

**M<sub>s</sub>**= Masse sèche

### A. La limite de liquidité

Les résultats de l'essai sont présentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau IV-6 Détermination de La teneur en eau WL**

	Echantillon (W)			Echantillon (S)			La vase		
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>eme</sup> essai	3 <sup>eme</sup> essai	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>eme</sup> essai	3 <sup>eme</sup> essai	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>eme</sup> essai	3 <sup>eme</sup> essai
Nombre de cout	15	30	35	15	20	35	20	25	30
N° de la tare	125	26	93	109	123	162	161	138	12
Poids total humide(g)	42.862	44.234	43.83	41.524	38.860	43.531	36.936	38.133	37.065
Poids total sec (g)	41.156	43.034	42.632	39.13	37.160	39.542	34.901	36.442	35.997
Poids de la tare (g)	36.207	38.654	38.904	33.96	33.453	30.317	30.317	32.591	33.507
Poids de l'eau	1.71	1.2	0.95	2.39	1.70	3.99	2.04	1.69	1.07
Poids du sol sec (g)	5.95	4.38	3.74	5.18	3.71	9.23	4.58	3.85	2.49
Teneur en eau (%)	28.68	27.4	25.51	46.05	46.86	43.23	44.39	43.88	42.89
<b>Wl</b>	<b>27.20</b>			<b>45.38</b>			<b>43.72</b>		

La limite de liquidité est donnée par la moyenne entre les trois essais.

### B. La limite de plasticité

La Limite de Plasticité est la teneur en eau à laquelle un boudin d'argile façonné à la main se fissure quand il atteint un diamètre de 3 mm.

Le kit complet comprend :

- ✓ Une plaque de verre de 30 x 30 cm au moins,
- ✓ Le calibre de diamètre 3 mm x longueur 100 mm appelé rouleau,
- ✓ Un jeu de 6 boîtes de conservation pour le stockage des échantillons,

- ✓ Une capsule d'évaporation,
- ✓ Une spatule de malaxage
- ✓ Il est généralement fourni dans un coffret de rangement.
- ✓ Conforme à la norme NF P94-051

Les résultats de l'essai sont présentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau IV-7 : Détermination de Teneur en eau  $W_p$**

	Echantillon (W)		Echantillon (S)		La vase	
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai
N° de la tare	103	140	43	150	33	24
Poids total humide(g)	40.499	39.866	38.638	33.072	34.340	32.955
Poids total sec (g)	40.164	39.560	38.328	32.871	34.136	32.752
Poids de la tare (g)	38.104	37.659	37.059	32.065	33.237	31.873
Poids de l'eau	0.34	0.31	0.31	0.20	0.20	0.20
Poids du sol sec (g)	2.06	1.90	1.27	0.81	0.9	0.88
Teneur en eau (%)	16.30	16.10	24.46	24.94	22.69	23.09

#### Calcul de $W_p$ et $I_p$

$W_p$  est obtenu par la moyenne entre les deux essais et

$$I_p = W_L - W_p$$

-Echantillon (W)

$$W_p = 16.20 \%$$

$$I_p = 11$$

-Echantillon (S)

$$W_p = 24.70 \%$$

$$I_p = 45$$

-Vase

$$W_p = 22.89 \%$$

$$I_p = 21$$



**Tableau IV-8 : Les degrés de plasticité**

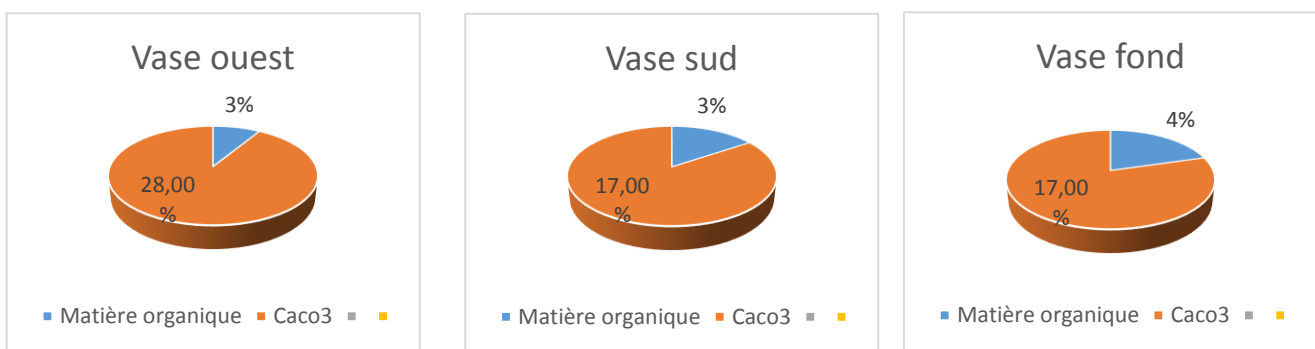
Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 < I_p < 5$	Non plastique (l'essai perd sa signification dans cette zone de valeurs)
$5 < I_p < 15$	Moyennement plastique
$15 < I_p < 40$	Plastique
$I_p > 40$	Très plastique

**IV.2.3 Analyse chimique de la vase**

L'analyse chimique a été faite au laboratoire de la DTP (Tlemcen)

**Tableau IV-9 Les constituants des vases**

	Vase (W)	Vase (S)	Vase (fond)
Caco <sub>3</sub> (%)	28	17	17
Mo (%)	2.674	3.144	4.378
Vbs	1.25	2.10	1.907



**Figure IV-5 : Analyse chimique des vase**

**IV.2.4 Analyse chimique du grignon d'olive**

**Tableau IV-10 Les constituants du grignon d'olive**

S (%)	A (%)	C (%)	So <sub>3</sub> (%)	K (%)	N (%)
45.51	11.07	6.92	0.24	1.23	0.05

### IV.3 Préparation de la brique

Nous avons confectionné 5 types de briques selon les différents mélanges :

- Mélange 1 : 1.5 kg Argile Remchi et 1.5 kg vase ouest (W)
- Mélange 2 : 1.5 kg Argile Remchi et 1.5 kg vase fond
- Mélange 3 : 1.5 kg Argile Remchi et 1.5 kg vase sud (S) bouhanifia
- Mélange 4: 1.5 kg argile tamzoura+0.5 kg vase ouest (W)+0.5kg vase sud (S) + 0.5 kg vase
- Mélange 5: 1.5 kg argile Remchi + 0.6 kg GO+0.3 kg vase sud (S)+0.3 kg vase ouest (W)

#### a) Séchage de vase

Le sédiment a été mis à l'étuve pendant 24h à une température de 105°C



**Figure IV-6 : Echantillon de vase après séchage**

#### b) Broyage de la vase

La vase est broyée à l'aide d'un broyeur disponible dans le laboratoire de notre université

**Figure IV-7 : Le broyeur**



**c) Tamisage de la vase**

La vase a été tamisée par le tamis de diamètre 1mm pour éviter les fissurations de la brique.

**Figure IV-8 : Vase Tamisée**

**d) Moulage de la brique**

La brique a été moulée par la mouleuse de la briqueterie de Remchi



**Figure IV-9 : Mouleuse de la brique**



**Figure IV-10 : La brique après moulage**

**e) Séchage**

La brique a été mise à l'étuve à une température de 120° C pour le séchage.



**Figure IV-11 : Brique dans Etuve**



**Figure IV-12 : Brique après séchage**

**f) La cuisson**

La brique a été cuite à une température de 850° C



**Figure IV-13 : Les échantillons de la brique après cuisson**

**IV.4 Essais de caractérisation de la brique**

**IV.4.1 Essai d'éclatement**

Les bains-marie sont des équipements de laboratoire permettant de chauffer un récipient dans un bain d'eau ou d'huile (en fonction de la température souhaitée). Pour bien choisir son bain-marie, il est nécessaire d'évaluer le volume nécessaire au chauffage de vos échantillons. Il est recommandé d'utiliser un couvercle pour permettre d'éviter l'évaporation et atteindre des températures plus élevées.

Pour les briques des points blancs apparaissent après le chauffage, pour la non fragilité le nombre des points ne doit pas dépasser trois (3) par  $dm^2$  et c'est vérifié pour tous les mélanges.

[46]



**Figure IV-14 : Bain-marie**

#### **IV.4.2 Essai d'absorption**

Le test d'absorption a été réalisé selon la procédure américaine : Test de 24 h de submersion dans de l'eau déminéralisée (ASTM C 67-03a) Les échantillons de brique sont séchés et refroidis selon la procédure décrite en III.1. Ils sont ensuite immergés dans l'eau déminéralisée pendant 24 heures. L'absorption d'eau est ensuite calculée par l'équation :

Absorption Eau stagnante =  $\frac{B-A}{A} * 100 (\%)$ , où A et B sont les masses de l'échantillon sec et saturé.

Les valeurs d'absorption d'eau sont présentées dans



**Figure IV-15 : Essai d'absorption à eau**

Les résultats d'absorption sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV-11 : Essai d'absorption à eau**

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5
Masse cuite(g)	57.3	51.7	52.13	51	41.36
Masse saturée(g)	62.33	53.03	52.9	55.6	50.63
Absorption (%)	8.06	2.5	1.45	9.01	18.30

D'après les résultats de ce tableau nous avons constaté que les mélanges contenant le GO a une valeur d'absorption supérieure et l'argile de Remchi a une capacité d'absorption plus importante que celle des autres mélanges.

#### **IV.4.3 La perte de masse**

Après le séchage les échantillons connaissent une perte de masse après le séchage due à la perte d'eau.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV-12 : Les résultats de la perte de masse**

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5
Masse humide (g)	74.6	73	72.3	62.4	65.7
Masse sèche (g)	64.9	61	61.2	57	53.1
Perte de masse (%)	13	16.43	15.35	8.65	19.17

D'après les résultats de ce tableau nous avons remarqué que les mélanges comportant la vase et le grignon d'olive ont une perte de masse plus élevée plus que les autres cela est due à une forte absorption d'eau lors du mélange.

#### IV.4.4 Le retrait

Les retraits après séchage et à la cuisson sont calculés par l'équation suivante :

- $R (\%) = \frac{Dh - Ds}{Dh} * 100$  Retrait sec
- $R (\%) = \frac{Ds - Dc}{Ds} * 100$  Retrait cuit

Où  $Dh$ ,  $Ds$  et  $Dc$  sont les dimensions de l'échantillon de la brique après façonnage, après séchage et après cuisson respectivement. Les valeurs du retrait sont présentées dans le tableau suivant selon les mélanges

**Tableau IV-13 : Les résultats d'essai de retrait**

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5
Dh (cm)	10	10	10	10	10
Ds (cm)	9.5	9.35	9.39	9.42	9.78
Dc (cm)	9.46	9.27	9.36	9.26	9.47
Retrait sec (%)	5	6.5	6.1	5.8	2.2
Retrait cuit (%)	0.42	0.85	0.32	1.7	3.17



En observant ces résultats on remarque que :

- Les briques contenant la vase présentent un retrait un peu plus important que les briques fabriquées avec 100% argile
- Les briques contenant le taux de grignon d'olive ont un retrait cuit très élevé. Cela est dû à la calcination du grignon d'olive après la cuisson

**IV.4.5 Résistance à la flexion**

La résistance à la flexion est donnée par la formule suivante :

$$R_f = \frac{1.5pl}{b^3} \text{ (Mpa) Avec}$$

**P** : la force nécessaire pour la rupture

**L** : la longueur de la brique

**b** : largeur de la brique

Le tableau suivant donne les résistances de différents mélanges

**Tableau IV-14 : Calcul de résistance à la flexion**

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5
La force p (KN)	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1
Résistance (MPa)	3	4.5	4.5	4.5	1.5

Les résultats de ce tableau nous montrent que l'ajout de la vase ne diminue pas la résistance à la flexion d'une. Par contre les briques contenant le GO présentent une faible résistance à la flexion

**IV.4.6 Conductivité thermique**

La conductivité  $\lambda$  : est le flux de chaleur traversant un matériau d'épaisseur un mètre

Pour une différence de température d'un Kelvin, entre les deux faces entrante et sortante. Elle s'exprime en [W.m-1. k-1 ].Sa valeur permet de quantifier le pouvoir du matériau à conduire la chaleur (en terme amplitude). Plus elle est faible, plus le matériau est isolant (conduction faible).



**Figure IV.13 : Essai de conductivité thermique**

Les résultats de conductivité thermique sont présentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau IV-15 : Essai de conductivité thermique a la température 27 °C**

Différents mélanges	Diffusivité (mm <sup>2</sup> /s)	Chaleur spécifique (mj/m <sup>3</sup> .K)	Conductivité (W/m.k)	Résistivité (°C.cm/w)
Mélange 1	0.192	1.521	0.292	3067
Mélange 2	0.257	3.048	0.776	3406
Mélange 3	0.086	1.919	0.166	2564
Mélange 4	0.462	1.356	0.626	3380
Mélange 5	1.168	0.963	1.124	3380

D'après ces résultats on remarque que :

- Les mélanges contenant la vase et GO présentent une résistivité plus importante que celle des autres mélanges
- Le mélange contenant GO présente une faible conductivité.

### **IV.5 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons découvert que la vase de dragage est un bon matériau qui peut participer à la fabrication des briques avec une proportion importante, jusqu'à 50%. Vu les résultats satisfaisants des différents essais.

L'ajout de grignon de grignon d'olive diminue la résistance à la flexion des briques en présentant un retrait très important. Ce dernier donne des résultats satisfaisants pour l'essai de conductivité thermique.

## **Conclusion générale**

D'après notre partie théorique nous avons découvert que le dévasement est une solution adéquate pour protéger nos ressources en retenue d'eau.

Après le dévasement le produit dragué est rejeté dans l'environnement, Cette action présente des effets néfastes à l'environnement.

Comment se mettre à l'abri de cette pollution ?

Dans notre partie pratique nous nous avons confectionnés des briques à base de vase puis nous avons trouvés des résultats proches de ceux des briques fabriqués à base d'argile.

En bref nous concluons que la valorisation de la vase dans le domaine du Génie civil est une solution idéale pour sauver notre environnement, vu son efficacité dans la fabrication des briques.

## Références

- [1] 30 01 2021. [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riaux>. «wikipedia, "No Title."»
- [2] 26 01 2020. [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Argile>., "No Title."»
- [3] 26 01 2020. [En ligne]. Available: <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/argiles.htm>., "26 01 2020. [En ligne]. Available: <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/argiles.htm>."»
- [4] "carracterisation et quantification de minéraux argileux dans le sol expansif par spectroscopie infrarouge aux échelles du laboratoire et du terrain."»
- [5] 2018-2019. M. B. O. e. M. G. Abdelbasset, Memoire Effet de l'ajout des déchets de brique sur les propriétés physicomécaniques de mortier, "No Title."»
- [6] Wikipedia, "page web." .
- [7] A. EL HACHMI, "No Title," 2013. .
- [8] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Min%C3%A9ral\\_argileux#Classification\\_des\\_min%C3%A9raux\\_argileux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Min%C3%A9ral_argileux#Classification_des_min%C3%A9raux_argileux), "No Title." .
- [9] M. B. O. et M. G. Abdelbasset, "Memoire Effet de l'ajout des déchets de brique sur les propriétés physicomécaniques de mortier."»
- [10] "Argiles : principales propriétés et utilisations - Argiles ABM." <https://www.argiles-abm.com/les-argiles/> (accessed May 28, 2021).
- [11] A. B. M, "PAGE." .
- [12] "Confection d'une brique à base de sable de dune» mémoire magister,."»
- [13] E. et R. naturel Quebec, "Kaolin : propriétés, usages et types de gisements."»

- [14] “Boues rouges en hongrie : une catastrophe majeure prévisible et internationale.”
- [15] “silice: propriétés, usages et types de gisement,” *Enéegie er Ressources Nat. Quebec*.
- [16] “Sédiment — Wikipédia.” <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sédiment> (accessed Mar. 04, 2021).
- [17] C. Universitaire, B. Bouchaib, M. Fili, and G. C. Sp, “Contribution à l’amélioration du confort thermique du bâtiment,” 2020.
- [18] P. Scordia, “Caractérisation et valorisation de sédiments fluviaux pollués et traités dans les matériaux routiers To cite this version : HAL Id : tel-00339371 Délivrée par,” *ecole doctorazle*, 2008.
- [19] T. D. E. Doctorat and E. N. Science, “Valorisation de la vase pour l ’ utilisation dans la technique routière.”
- [20] A. (Agence national des barrages)-dragage des barrages en Algérie), “No Title.”
- [21]  
[https://www.google.com/search?q=Barrage+de+bouhanifa&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwit1Nf25cnvAhWmVRUIHdktDOAQ\\_AUoAnoECAEQBA&cschid=1616618725786495&biw=1366&bih=657#imgrc=2ZevmYITM8PNnM](https://www.google.com/search?q=Barrage+de+bouhanifa&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwit1Nf25cnvAhWmVRUIHdktDOAQ_AUoAnoECAEQBA&cschid=1616618725786495&biw=1366&bih=657#imgrc=2ZevmYITM8PNnM), “image.”  
 .
- [22] B. Remini and D. Bensafia, “Envasement des barrages dans les regions arides : exemples algeriens,” *Larhyss J.*, vol. 27, pp. 63–90, 2016, [Online]. Available: <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/55353>.
- [23] B. Serbah, M. A. Bourabah, S. Bouchemella, J. Eid, N. Abou-Bekr, and S. Taibi, “ÉTUDE DU COMPORTEMENT MÉCANIQUE D’UN SÉDIMENT DE BARRAGE. APPLICATION EN TECHNIQUE ROUTIÈRE MECHANICAL BEHAVIOR OF A DAM SEDIMENT. APPLICATION TO ROAD CONSTRUCTION.”
- [24] “Dragage — Wikipédia.” <https://fr.wikipedia.org/wiki/Dragage> (accessed Feb. 26, 2021).
- [25] BOUKEMMOUM Nour El Houda and N. Abdessalam, “Valorisation des sédiments de barrages Cas du barrage de Ain Dalia (Souk Ahras),” in *Memoire*, 2019.
- [26] “Memoire Online - Caractérisation physico-chimique des sédiments de dragage du Lac

- Est de la lagune de Lomé au Togo - Sama- KÃ©ziÃ© PALOU.”  
[https://www.memoireonline.com/10/12/6334/m\\_Caracterisation-physico-chimique-des-sediments-de-dragage-du-Lac-Est-de-la-lagune-de-Lome-au-Togo7.html](https://www.memoireonline.com/10/12/6334/m_Caracterisation-physico-chimique-des-sediments-de-dragage-du-Lac-Est-de-la-lagune-de-Lome-au-Togo7.html) (accessed Mar. 05, 2021).
- [27] “Rédaction des études d ’ impact d ’ opérations de dragage et d ’ immersion en milieu estuarien et,” 2014.
- [28] M. bayerou Djamila, “Remerciements,” usto.
- [29] P. REMINI Boualem, “L’envasement des barrages : quelques exemples algériens,” 2000.
- [30] p. baticle C. Le guern, P. Conil, B. clozel M. alberecht, D. Levacher, N. Poulhac, c. Schwartz, *Aide à la gestion alternative au rejet en mer de sédiments contaminés provenant de dragage de sites portuaires*. 2004.
- [31] “historique de briques.” [https://fr.wikipedia.org/wiki/Brique\\_\(matériau\)#Histoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Brique_(matériau)#Histoire) (accessed Mar. 28, 2021).
- [32] F. B. de la Brique, R. des C. 19 bte 19, 1000 Bruxelles, E. : Info@brique.be, and Ww.brique.be, “Briques de parement, blocs treillis, briques de pavage ... des produits naturels en terre cuite !,” vol. 8 pages, p. 1.
- [33] “Brique de Terre Crue ARGITECH ® - ARGILUS - Enduits TerreARGILUS – Enduits Terre et Matériaux écologiques.” <https://www.argilus.fr/produit/btc-argitech/> (accessed Mar. 28, 2021).
- [34] “Brique terre cuite : avantages, caractéristique, prix... tout savoir.” <https://www.travaux-maconnerie.fr/brique-terre-cuite-avantages-prix> (accessed Mar. 28, 2021).
- [35] “La construction en terre crue : la brique d’adobe et le pisé. | sitiosolar.com.” <http://www.sitiosolar.com/fr/la-construction-en-terre-crue-la-brique-dadobe-et-le-pise/> (accessed Mar. 28, 2021).
- [36] “le pisé – Recherche Google.” [https://www.google.com/search?q=le+pisé+&tbm=isch&ved=2ahUKEwi5\\_9Wkz9PvAhUKdBoKHUGGBwIQ2-cCegQIABAA&oq=le+pisé+&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzICCAAYAggAMgQIABAeMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYULmQBFjvnARg66IEaABwAHgAgAHECIgBrxmSAQszLTEuMS4xLjEuMZgBAKABAaoBC2d3c](https://www.google.com/search?q=le+pisé+&tbm=isch&ved=2ahUKEwi5_9Wkz9PvAhUKdBoKHUGGBwIQ2-cCegQIABAA&oq=le+pisé+&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzICCAAYAggAMgQIABAeMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYULmQBFjvnARg66IEaABwAHgAgAHECIgBrxmSAQszLTEuMS4xLjEuMZgBAKABAaoBC2d3c)

- y13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=M8tgYPmZCoroacGMnhA#imgrc=k23HfRE7yL6MlM (accessed Mar. 28, 2021).
- [37] “Définition | Tuile | Futura Maison.” <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-tuile-10960/> (accessed Mar. 28, 2021).
- [38] “Toiture en tuiles : avantages, inconvénients, entretien, prix de pose.” <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2423-toiture-tuiles.html> (accessed Mar. 28, 2021).
- [39] “les tuiles – Recherche Google.” [https://www.google.com/search?q=les+tuiles&hl=fr&sxsrf=ALeKk01Y1f3S3rHFLuWwGAFiG0NOnNGP9A:1616959945136&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiZ\\_JSZ3dPvAhWRilwKHQ1BChkQ\\_AUoAXoECAEQAw](https://www.google.com/search?q=les+tuiles&hl=fr&sxsrf=ALeKk01Y1f3S3rHFLuWwGAFiG0NOnNGP9A:1616959945136&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiZ_JSZ3dPvAhWRilwKHQ1BChkQ_AUoAXoECAEQAw) (accessed Mar. 28, 2021).
- [40] “Qu’est-ce qu’une brique réfractaire, quelle utilisation à la maison ?” <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-1842-brique-refractaire.html> (accessed May 16, 2021).
- [41] “Comment faire des briques d’argile - Tout ce que vous devez savoir | African Pegmatite.” <https://mineralmilling.com/fr/comment-faire-des-briques-dargile-tout-ce-que-vous-devez-savoir/> (accessed May 17, 2021).
- [42] D. D. E. Mecanique, B. A. L. A. Eddine, and Z. Nassereddine, “Contrôle par thermographie d’un four de cuisson et effet de la température sur la qualité de la brique «,” 2017.
- [43] “Les différentes fabrications de brique : méthodes - Ooreka.” <https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/656717/les-differentes-fabrications-de-brique> (accessed May 18, 2021).
- [44] “CTMNC.” [http://www.ctmnc.fr/pages/tc\\_fabrication\\_et\\_mise\\_en\\_oeuvre.php](http://www.ctmnc.fr/pages/tc_fabrication_et_mise_en_oeuvre.php) (accessed May 18, 2021).
- [45] A. S. Eddine, “يملعلا ثحبلا و يلاعلا ميلعتلا قرارو” Thème Expertise technique d’une défaillance « Cas de la rupture d’un arbre à la briqueterie de Seybouse » Sommaire,” 2017.
- [46] “Bain-marie.” <https://www.socimed.com/laboratoire/appareils/bain-marie.html> (accessed Jun. 15, 2021).



