

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mohamed Boudiaf - M'Sila**

Faculté De Technologie  
Département De Génie Civil  
N° :.....



DOMAINE : Technologie  
FILIERE : Génie civil  
SPECIALITE : Matériaux

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Académique**

**Par : MAHDADI ABDELKRIM**

**Intitulé**

***L'incorporation des boues de dragage***  
***dans la fabrication des briques***  
***-Etude bibliographique -***

**Soutenu devant le jury composé de**

<b>MAZA Mekki</b>	<b>Université de M'sila</b>	<b>Président</b>
<b>CHIKOUCHE Mohamad Aziz</b>	<b>Université de M'sila</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>BOUALLEG Saida</b>	<b>Université de M'sila</b>	<b>Examineur</b>

**Année Universitaire : 2024 /2025**

# ***Remerciements***

*Au nom d'Allah clément et miséricordieux*

*Je ne remercierai jamais assez Allah pour m'avoir donné la force et la patience afin de conclure ce travail.*

*Le messager de dieu, Mohammed (que la paix et la bénédiction d'Allah soient sur lui) à dit : " Celui qui ne remercie pas les gens n'a pas remercié Allah"*

*Je remercie mon encadreur **Dr. Chikouche Mohamed Aziz** pour l'effort qu'il a fait avec moi et le temps qu'il m'a accordé.*

*Merci, appréciation et respect à vous Monsieur*

*Des remerciements sont également adressés à tous les professeurs et aux personnels du Département de génie civil*

## ***Dédicace***

*A ma chère Mère, que Dieu la bénisse et prolonge sa vie.*

*Au grand général, mon cher père, que Dieu le protège.*

*Au bouquet de roses lumineuses de lumières étincelantes,*

***Ma femme saida et mes enfants Sara ,Yasmine et Inas, que Dieu les protège.***

*A toute ma grande famille, mon frères **Rachid**, et mes sœurs*

***Zineb, Soumia et Naima .***

*A tous ceux qui connaissent Mahdadi Abdelkrim, à ceux qui sont heureux de mon bonheur et tristes de ma tristesse A tous ceux-ci je dédie le fruit de ce travail.*

***MAHDADI ABDELKRIM***

تعتبر السدود من البنى التحتية الهيدروليكية الهامة التي تلعب دوراً حاسماً في إدارة موارد المياه وإنتاج الطاقة. إنها تقوم بتخزين المياه، التحكم في الفيضانات، تشغيل أنظمة الري، توليد الطاقة الكهرومائية، وبالتالي المساهمة في الأمن الغذائي، استقرار النظام البيئي والتنمية المستدامة.

تعاني هذه البنى التحتية من مشكلة صامتة تسمى الترسب. يتم إقتلاع هذه الرواسب من الحوض المائي عن طريق التعرية بفعل الرياح أو المياه، إزالة الغابات، الرعي الجائر، وما إلى ذلك، ونقلها بواسطة التيارات ثم ترسبها في قاع السدود.

تؤدي هذه الظاهرة إلى تقليص عمر السدود. ومن ثم فإن استخراج الرواسب أمر ضروري. أصبحت عملية تخزينها معقدة بشكل متزايد. وفي مواجهة هذا الوضع، يقترح الباحثون استخدامها في صناعة الطوب.

يتضمن الاسترداد استخدام هذه الرواسب، وخاصة تلك الناتجة عن السدود، كمواد خام لإنتاج الطوب المحروق أو الطوب المضغوط. ويعمل هذا النهج على تقليل الأثر البيئي من خلال استعادة النفايات والحد من استخراج الموارد الجديدة.

تلخص هذه الدراسة بعض الأبحاث حول دمج الرواسب المستخرجة من السدود لتصنيع الطوب.

**الكلمات المفتاحية:** الرواسب، السدود، إعادة التدوير، الطوب، الموصفات.

## Résumé :

Les barrages sont des infrastructures hydrauliques importantes qui jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau et la production d'énergie. Ils stockent l'eau, contrôlent les crues, alimentent les systèmes d'irrigation et produisent de l'énergie hydroélectrique, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire, à la stabilité des écosystèmes et au développement durable.

Ces infrastructures souffrent d'un problème silencieux appelé sédimentation. Ces sédiments sont enlevés du bassin versant par l'érosion éolienne ou hydrique, la déforestation, le surpâturage, etc., puis transportés par les courants et déposés au fond des barrages.

Ce phénomène réduit la durée de vie des barrages. L'extraction des sédiments est donc primordiale. Leur stockage devient de plus en plus complexe et encombrant. Face à cette situation, les chercheurs proposent de les valoriser dans l'industrie de la brique.

La valorisation consiste à utiliser ces sédiments, notamment ceux issus du dragage des barrages, comme matières premières pour la production des briques cuites ou de briques de terre stabilisée. Cette approche réduit l'impact environnemental en valorisant les déchets et en limitant l'extraction de nouvelles ressources.

Cette étude résume certaines recherches consacrées à l'incorporation de sédiments de dragage de barrages à l'argile pour la fabrication de briques.

**Mots clés :** Sédiments, barrages, valorisation, brique, caractérisation.

## **Abstract:**

Dams are important hydraulic infrastructures that play a crucial role in water resource management and energy production. They store water, control floods, power irrigation systems, and generate hydroelectric power, thus contributing to food security, ecosystem stability, and sustainable development.

These infrastructures suffer from a silent illness called sedimentation. These sediments are removed from the watershed due to wind or water erosion, deforestation, overgrazing, etc., carried by water currents and then deposited at the bottom of the dams.

As a result of this phenomenon, the lifespan of dams is reduced. Thus, sediment extraction is of paramount importance. Storage of these sediments is becoming increasingly cumbersome. In light of this situation, researchers are proposing the recovery of sediments in the brick industry.

Valuation involves using these sediments, particularly those from dam dredging, as raw materials in the production of fired bricks or earth bricks. This approach reduces environmental impact by utilising waste and limiting the extraction of new resources.

This study summarises some research dedicated to the incorporation of dam dredging sediments alongside clay to make bricks.

**Keywords:** Sediments, dams, reclamation, valuation, characterisation.

# Sommaire

Remerciements .....	I
Dédicace .....	II
:ملخص .....	III
Résumé : .....	IV
Abstract: .....	V
Sommaire.....	VI
Liste des Figures .....	IX
Liste des Tableaus .....	XII
Introduction générale .....	1

## CHAPITRE I. Les barrages

<b>I.1. Définition.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. Historique.....</b>	<b>3</b>
<b>I.3. Types de barrages .....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.1. Les barrages en remblais .....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.1.1. Les barrages homogènes.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.1.2. Les barrages à noyau.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.1.3. Barrage à masque.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2. Les barrages en béton.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.1. Les barrages poids.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.2. Barrage voûte.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.2.3. Barrages à contrefort et à voûte multiple.....</b>	<b>6</b>

<b>I.4. La fonction des barrages.....</b>	<b>7</b>
<b>I.4.1.L’irrigation.....</b>	<b>7</b>
<b>I.4.2. Hydro-électricité.....</b>	<b>8</b>
<b>I.4.3. Distribution pour usages domestiques et industriels.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.4. Navigation fluviale.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.5. Contrôle des crues.....</b>	<b>10</b>
<b>I.5. Les barrages en Algérie.....</b>	<b>10</b>
<b>I.5.1. Historique.....</b>	<b>10</b>
<b>I.6 Les barrages dans le monde.....</b>	<b>14</b>
<b>I.6.1. Le barrage des Trois-Gorges.....</b>	<b>14</b>
<b>I.6.2.Le barrage d'Itaipu .....</b>	<b>16</b>
<b>I.6.3.Barrage de Diamer-Bhasha.....</b>	<b>16</b>

## **CHAPITRE II. Les boues de dragage**

<b>II.1 Définition.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2. Les Causes de l’envasement.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.1. L’érosion hydrique.....</b>	<b>20</b>
<b>II.2.2. La lithologie du sol.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2.3. La couverture végétale.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2.4. Le défrichage des forêts.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2.5. Le surpâturage.....</b>	<b>22</b>
<b>II.3. Mécanisme de l’envasement.....</b>	<b>22</b>
<b>II.3.1. Erosion du sol .....</b>	<b>23</b>
<b>II.3.2. Transport solide dans les oueds.....</b>	<b>24</b>
<b>II.3.3. Piégeage des sédiments.....</b>	<b>24</b>
<b>II.4. Moyens de lutte contre l’envasement.....</b>	<b>25</b>

<b>II.4.1. Dévasement périodique.....</b>	<b>25</b>
<b>II.4.2. Dévasement occasionnel.....</b>	<b>26</b>
<b>II.4.3. Surélévation du barrage.....</b>	<b>27</b>
<b>II.5. Valorisation des boues de dragage dans le génie civil.....</b>	<b>27</b>
<b>II.5.1. Valorisation dans la construction des routes.....</b>	<b>27</b>
<b>II.5.3. Valorisation dans la fabrication des carreaux céramiques.....</b>	<b>28</b>
<b>II.5.5. Valorisation des sédiments le béton.....</b>	<b>29</b>

### **CHAPITRE III. Valorisation des boues de dragage en briqueterie**

<b>III.1. Brique non cuite.....</b>	<b>32</b>
<b>III.2. Brique cuite.....</b>	<b>39</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>50</b>

## Liste des Figures

### CHAPITRE I .

Figure I.1. Schéma du Barrage Sadd El Kafara.....	3
Figure I.2. Barrage de Marib au Yémen.....	4
Figure I.3. Barrage en remblais (homogène).....	4
Figure I.4. Barrage en remblais (à noyau).....	5
Figure I.5. Barrages en remblais (à masque).....	5
Figure I.6. Barrage poids.....	6
Figure I.7. Barrage voûte.....	6
Figure I.8. Barrage à contrefort et à voûte multiple.....	7
Figure I.9. Irrigation avec l'eau du barrage.....	7
Figure I.10. Production Hydro-électrique.....	8
Figure I.11. Les évacuateurs des crues.....	10
Figure I.12. Vue sur le barrage K'sob lors de sa construction.....	11
Figure I.13. Les barrages en Algérie de 1830 -1962.....	11
Figure I.14. Les barrages en Algérie après 1962.....	12
Figure I.15. Evolution de la capacité de stockage pour période 1830-2019.....	12
Figure I.16. Evolution de l'évaporation dans les barrages algériens (39 barrages).....	13
Figure I.17. Variation des débits de fuites dans les barrages algériens (22 barrages).....	14
Figure I.18. Barrage des Trois-Gorges.....	15
Figure I.19. Le barrage d'Itaipu.....	16
Figure I.20. Barrage de Diemer-Bhasha.....	17

## CHAPITRE II

Figure II.1. Un bournier de boues sédimentaires.....	19
Figure II.2. Envasement de barrages.....	20
Figure II.3. Erosion du sol du bassin versant d'Oued Fodda.....	20
Figure II.4. Le défrichement des forêts.....	21
Figure II.5. Surpâturage des subéraies par des vaches (forêt de Ain Barbar).....	22
Figure II.6. Processus d'envasement d'un barrage Réservoir.....	23
Figure II.7. L'érosion du bassin versant de Beni Chougrane.....	24
Figure II.8. Etat de l'oued Labiod avant et après les crues.....	24
Figure II.9. Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un barraged'un barrage.....	25
Figure II.10. Vanne de fond du barrage de Foum El Gherza.....	26
Figure II.11. La drague au centre du barrage de Foum El Gherza.....	26
Figure II.12. Rejet de la vase lors de l'opération de dragage.....	27
Figure II.13. Schéma synoptique d'une surélévation d'un barrage.....	27
Figure II.14. Variation des densités sèches dans l'étude de Abidi et coll.....	28
Figure II.15. Résistance à la flexion en fonction de la température des carreaux céramiques.....	29
Figure II.16. Résistance à la compression des bétons.....	30

## CHAPITRE III

Figure III.1. Résistance à la compression en fonction de la pression de fabrication des briques élaborées par Mohammed et coll.....	32
---	----

<b>Figure III.2. Conductivité thermique en fonction de la pression de fabrication après 28 jours de durcissement à l'air des briques élaborées par Mohammed et coll.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure III.3. Effet du temps de cure sur la résistance à la compression des briques élaborées par Bhairappanavar et coll.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure III.4. Effet du temps de cure sur la résistance à la compression des briques élaborées par Bhairappanavar et coll.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure III.5. Résistance à la compression des briques élaborées par Charif et coll.....</b>	<b>35</b>
<b>Figure III.6. Résistance à la traction des briques élaborées par Charif et coll.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure III.7. Absorption d'eau lors de l'essai d'immersion partielle des briques de terre élaborées par Geuffaf et coll.....</b>	<b>37</b>
<b>Figure III.8. Conductivité thermique et chaleur spécifique des briques de terre élaborées par Geuffaf et coll.....</b>	<b>37</b>
<b>Figure III.9. Courbes de flexion des briques de terre élaborées par Hussain et coll.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure III.10. Résultats de l'essai de flexion des briques de terre élaborées par Irie et coll... </b>	<b>39</b>
<b>Figure III. 11. Pourcentage d'absorption d'eau des briques élaborées par Maarouf et coll.....</b>	<b>40</b>
<b>Figure III. 12. Absorption d'eau après 25 cycles de gel-dégel des briques élaborées par Maarouf et coll.....</b>	<b>40</b>
<b>Figure III. 13. Variation du retrait total ; a) teneur en sédiment et en sable. b) inclusion de sciure de bois dans les briques élaborées par Jamshidi-Chenari et coll.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure III. 14. Variation de l'absorption d'eau avec ; a) la teneur en sable ; b) la teneur en sciure dans les briques élaborées par Jamshidi-Chenari et coll.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure III. 15. La densité et la porosité ouvertes des briques élaborés par Chiang et coll... </b>	<b>44</b>
<b>Figure III. 16. Effet de la température sur le retrait des briques élaborés par Chiang et coll.....</b>	<b>44</b>
<b>Figure III. 17. Effet de la température sur la masse, le retrait, absorption d'eau et la masse volumique des briques élaborés par Huang et coll.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure III. 18. Effet de la température sur l'absorption d'eau, la masse volumique et la résistance à la compression des briques élaborés par Huang et coll.....</b>	<b>46</b>
<b>Figure III. 19. Effet de la température sur l'absorption d'eau et la conductivité thermique des briques élaborés par Goure-Doubi et coll.....</b>	<b>47</b>
<b>Figure III. 20. Images MEB des briques élaborés par Goure-Doubi et coll.....</b>	<b>47</b>
<b>Figure III. 21. DRX des briques élaborés par Goure-Doubi et coll.....</b>	<b>48</b>

## Liste des Tableaus

### CHAPITRE I.

Tableau I.1. Répartition de la capacité hydroélectrique installée à la fin de 2008.....9

### CHAPITRE II

Tableau II.1. Classification des sédiments selon le guide technique routière.....28

Tableau II.2. Résistance à la flexion des carreaux crus et sec en N/mm<sup>2</sup>.....29

### CHAPITRE III

Tableau III.1. Résistance à la traction des briques de terre.....38

Tableau III.2. Résistances à la flexion des briques élaborés par Irie et coll.....39

Tableau III.3. Retrait linéaire et densité des briques élaborées par Hussain et coll.....43

Tableau III.4. Résistance à la compression des briques élaborées par Hussain et coll.....43



# **Introduction générale**



# INTRODUCTION GENERALE

Les barrages sont des infrastructures essentielles, offrant une multitude de bénéfices pour la société et l'environnement. Ils sont principalement utilisés pour la gestion de l'eau, permettant de stocker l'eau, de la distribuer pour l'irrigation, la consommation domestique et l'industrie, ainsi que de générer de l'électricité hydroélectrique. Les barrages aident également à contrôler les inondations et à réguler le débit des cours d'eau, offrant une sécurité accrue aux populations riveraines.

La pluie, les vents et les activités humaines (agriculture, construction, etc.) peuvent éroder le sol et le transporter vers les cours d'eau, augmentant ainsi la quantité de sédiments. L'accumulation de sédiments dans les plans d'eau comme les rivières, les lacs, ou les barrages, réduit leur capacité. Ce phénomène appelé aussi envasement est principalement causé par l'érosion des sols et les activités humaines.

Les barrages retiennent l'eau et les sédiments qu'elle transporte, ce qui conduit à une accumulation de sédiments dans le réservoir. Cette sédimentation réduit la capacité de stockage d'eau du barrage, ce qui peut compromettre son efficacité et sa durée de vie. La quantité de sédiments déposés varie considérablement selon le barrage et les conditions hydrologiques.

La valorisation des sédiments, souvent provenant de dragages, s'effectue dans différents domaines, notamment l'agriculture, la construction ou l'aménagement. Cette démarche vise à réduire les impacts environnementaux de la gestion des sédiments et à tirer parti de leurs propriétés pour des applications utiles.

Dans la construction, ils peuvent servir de substitut aux granulats traditionnels dans le béton ou dans les matériaux de construction en terre. En aménagement, ils peuvent être utilisés pour la création de nouveaux sols ou pour la réhabilitation de zones contaminées.

Dans le domaine de la construction, la valorisation est effectuée en incorporant les sédiments dans les ciments comme ajouts cimentaire, ou dans le béton comme granulats alternatifs. Les chercheurs et professionnels introduisent les sédiments de dragage aussi dans la fabrication de tuiles des carreaux de terre ou différents types de briques.

## Objectif du mémoire

L'accumulation de grandes quantités de sédiments, engendre parfois l'hors d'usage des barrages. Face à cette situation des chercheurs suggèrent l'introduction des sédiments de dragage à côté de l'argile afin de produire la brique. Quelques articles traitant le sujet sont collectés et résumés dans ce travail.

## Structure du mémoire

Pour mettre la lumière sur le sujet, on a partagé la thèse en trois chapitres, ainsi qu'une introduction et une conclusion générale.

\*Le premier chapitre expose les différents modes de construction des barrages, leurs principales fonctions.

\*Le deuxième chapitre est dédié au mécanisme d'envasement des barrages, ces causes et les remèdes à cette maladie.

\*Le troisième chapitre traite quelques manuscrits où les auteurs valorise des sédiments de dragage en les incorporant dans l'industrie de brique.



# CHAPITRE I

## Les barrages



## CHAPITRE I. Les barrages

### I.1. Définition

Les barrages sont des ouvrages hydrauliques qui barrent sur toute la largeur une section d'une vallée et créent ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche. Dans la plupart des cas, la hauteur du barrage dépasse le niveau d'eau atteint par les cours d'eau en période de forte crue[1].

### I.2. Historique

Aux environs de 2900 av JC, le Pharaon MENES, aurait dérivé le Nil à Koseish, pour construire sa capitale Memphis derrière des remparts qui la mettaient à l'abri des crues du Nil. Cet ouvrage en pierres de taille pouvait avoir 15m de hauteur et 450m de longueur en crête. L'homme avait fait confiance, peut-être pour la première fois, pour résister à la pression de l'eau, à une structure gravitaire.

Près de 5000 ans seront nécessaires avant que de telles structures soient conçues et dimensionnées sur la base d'une connaissance du comportement des matériaux utilisés. Le barrage de SADD EL KAFARA, construit sur l'oued Garawi, à 30 km au sud du Caire consistait en 2 murs de maçonnerie de moellons de 24 m d'épaisseur à la base, enserrant un noyau de terre de 36 m d'épaisseur. L'ouvrage de 14 m de hauteur et de 113 m de longueur, fut très rapidement ruiné par submersion, car il ne possédait pas d'évacuateur de crues. Avec une capacité de stockage de 0.5 million de m<sup>3</sup>, il servait à l'irrigation en période sèche (Fig. I.1).

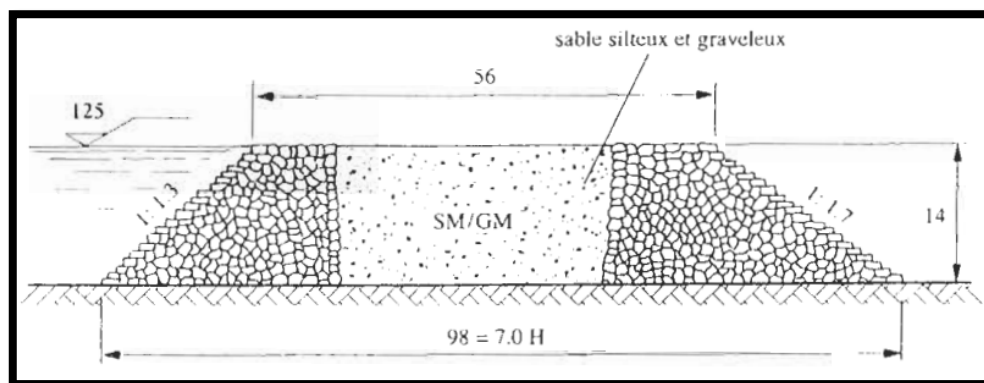


Figure I.1. Schéma du Barrage Sadd El Kafara[1].

A Marib au Yémen, on trouve un autre ouvrage marquant de l'histoire édifié au VIII-ème siècle par le royaume légendaire de Saba. Cet ouvrage ne fut détruit définitivement qu'en l'an 572 lors d'une crue exceptionnelle, soit 1300 ans de service (Fig. I.2)

En 1986, le Yémen a reconstruit un autre barrage en remblais de 40m en amont permettant de stocker 398 millions de m<sup>3</sup>.

A l'aide des matériaux meubles, les constructeurs ont assuré l'étanchéité des ouvrages et en revêtant les parements afin de les protéger contre l'érosion superficielle. C'est ainsi que d'autres barrages ont été construits comme ceux de Jawa en Jordanie, en Sri Lanka, les barrages de Kebar et Kutit en Iran de forme cylindrique, Au Japon au VI-ème siècle. Avec la roue hydraulique afin

de produire de l'énergie, les barrages ont pris une autre dimension. En Allemagne des le XVI-ème siècle, le barrage de Harz a été érigés pour l'exploitation de la force hydraulique.



Figure I.2. Barrage de Marib au Yémen.

### I.3. Types de barrages[2]

#### I.3.1. Les barrages en remblais

Ils présentent l'avantage de pouvoir reposer sur des fondations compressibles. Tous les barrages en terre peuvent être considérés comme des barrage-poids, c'est-à-dire qu'ils résistent à la pression de l'eau par leur propre poids. C'est ce qui explique leur section de forme trapézoïdale. Les barrages en remblai sont, soit des digues en terre, soit des digues en enrochements, ils sont construits par des matériaux naturels comme l'argile, les roches, et les pierres.

##### I.3.1.1. Les barrages homogènes

Un barrage en terre est dit homogène lorsqu'il est constitué d'un même matériau à dominante argileuse, relativement imperméable pour retenir l'eau du réservoir créer par le barrage. Ce type d'ouvrage très ancien a permis la réalisation de très nombreux barrages de faibles dimensions. Selon les ouvrages, la pente des talus sera plus ou moins forte, en fonction notamment des caractéristiques du matériau employé (Fig.1.3).

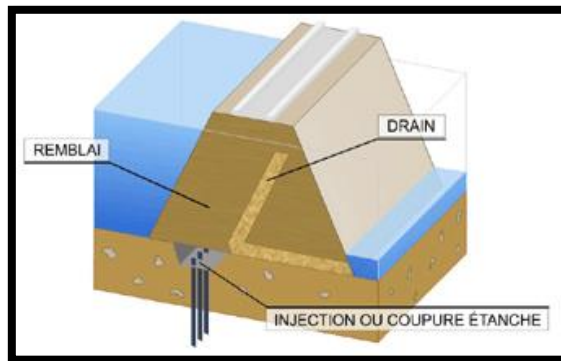


Figure I.3. Barrage en remblais (homogène).

Le barrage d'Ortiz au Mexique détient le record du monde de hauteur avec 120m. En France le record est détenu par la digue des bois noirs et le barrage de Montbel à vocation agricole avec une hauteur de 42m.

### I.3.1.2. Les barrages à noyau

Dans un barrage à noyau, les fonctions de résistance et d'étanchéité sont en quelque sorte séparées. La résistance est assurée par les recharges placées sur les flancs de l'ouvrage, et l'imperméabilité par le noyau central. Le noyau au centre de l'ouvrage va être constitué de la terre la plus imperméable possible. Il sera tenu de part et d'autre par des recharges composées, selon les cas, de terre plus perméable, d'alluvions ou d'enrochements (Fig. I.4).

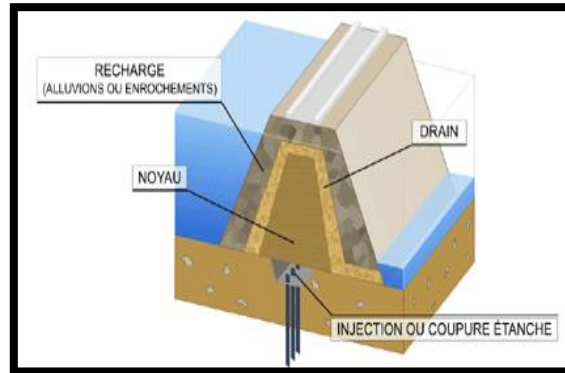


Figure I.4. Barrage en remblais (à noyau)

### I.3.1.3. Barrage à masque

Il peut aussi exister des sites où aucune terre n'est disponible, mais seulement des enrochements. Ceux-ci sont alors employés pour réaliser le corps du barrage, tandis que l'étanchéité est assurée par un masque de béton, ciment ou béton bitumineux posé sur l'ouvrage lui-même, côté amont (Fig.I.5).

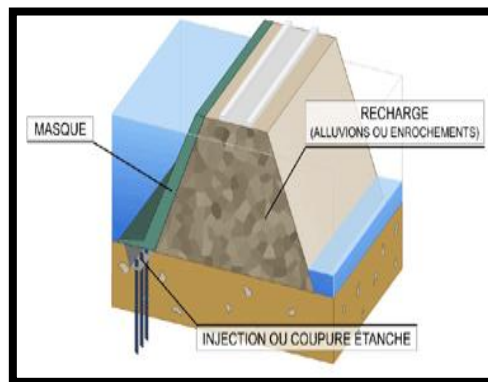


Figure I.5. Barrages en remblais (à masque)

## I.3.2. Les barrages en béton

L'avantage du béton est notamment d'autoriser l'édification d'ouvrages plus résistants. Il en existe deux principaux types : - les barrages poids, - les barrages voûte. S'y ajoutent les barrages à contrefort et à voûtes multiples, variantes des deux premiers.

### I.3.2.1. Les barrages poids

Comme son nom l'indique, ce type de barrage oppose son poids à l'eau pour la retenir. Le barrage poids est constitué d'éléments massifs juxtaposés, nommés plots. En fonction des propriétés de résistance du matériau, la forme triangulaire à l'aval de l'ouvrage s'est peu à peu imposée (Fig. I.6). Dans le but d'économiser le béton, il est possible d'aménager les alvéoles entre les plots ou stabiliser une partie du barrage par son poids propre et en partie par ses appuis sur les rives.



Figure I.6. Barrage poids

### I.3.2.2. Barrage voûte

Le barrage voûte représente l'ultime aboutissement de l'utilisation des propriétés du béton en termes de résistance. Ils agissent comme un voile ou une coque. Il présente une forte courbure en plan et transmet une partie importante des efforts sur les flancs de la vallée. Il permet des économies de volume d'au moins 30 % par rapport à un barrage-poids. L'effort de résistance est reporté par l'arc central sur les rives, permettant de construire des ouvrages moins volumineux, à performance égale. En revanche, les fondations, sur lesquelles se reporte une grande partie de l'effort, doivent posséder des caractéristiques mécaniques élevées afin de supporter celui-ci (Fig. I.7).



Figure I.7. Barrage voûte

### I.3.2.3. Barrages à contrefort et à voûte multiple

Les autres formes de barrages voûtes sont des variantes des deux premiers types. Le barrage à contrefort est ainsi un barrage poids allégé de l'intérieur. Le barrage à voûtes multiples,

quant à lui, repose sur des appuis intermédiaires, lorsqu'une trop grande portée sépare les deux rives d'un cours d'eau (Fig. I.8).



Figure I.8. Barrage à contrefort et à voûte multiple

### I.4. La fonction des barrages

La plupart des barrages sont à but unique, mais il y a un nombre grandissant de barrages polyvalents. Parmi les barrages à but unique, 48% sont pour l'irrigation, 17% pour l'hydro-électricité, 13% l'approvisionnement en eau, 10% le contrôle des crues, 5% pour les loisirs et moins de 1% pour la navigation et la pisciculture.

#### I.4.1. L'irrigation

L'irrigation joue un rôle crucial dans l'adaptation climatique des systèmes agricoles. L'irrigation dissocie la production alimentaire de la variabilité climatique et fournit un effet de refroidissement qui atténue le stress thermique sur les cultures. L'intensification durable par l'irrigation augmente donc la sécurité alimentaire sans nécessiter d'extension des terres cultivées. En 2050, l'exploitation complète des ressources en eau durables nécessiterait 460 km<sup>3</sup>/an d'eau stockée, soit environ +70 % par rapport à aujourd'hui.

À l'échelle mondiale, l'irrigation alimentée par stockage a le potentiel de nourrir 1,15 milliard de personnes, soit un sixième de la population mondiale actuelle et environ 10 % de la population prévue en 2050. Pour exploiter pleinement le potentiel de l'irrigation alimentée par stockage, il faudrait utiliser 460 km<sup>3</sup>/an d'eau stockée. 265 km<sup>3</sup>/an seraient utilisés sur des terres cultivées déjà irriguées, tandis que 195 km<sup>3</sup>/an seraient utilisés sur des terres cultivées pluviales actuellement limitées en eau[3].



Figure I.9. Irrigation avec l'eau du barrage

### I.4.2. Hydro-électricité

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

L'électricité générée par les barrages est de loin la plus grande source d'énergie renouvelable au monde. Plus de 90% de l'électricité renouvelable du monde provient des barrages. L'hydro-électricité offre aussi la possibilité unique de gérer les réseaux électriques grâce à sa capacité de produire rapidement en fonction des pics de demande. Les usines de pompage-turbinage (Fig. I.10), utilisent l'énergie produite pendant la nuit, lorsque la demande est basse, pour pomper l'eau jusqu'au réservoir supérieur. Cette eau est utilisée plus tard pour produire de l'électricité, en période de pointe. Ce système constitue aujourd'hui le seul moyen de stocker de l'électricité de façon économique.



**Figure I.10. Production Hydro-électrique**

Dans ce contexte la Chine a pris les devants, l'Europe, les États-Unis et le Canada continuent de développer une capacité hydroélectrique substantielle (Tableau I.1). Au contraire, l'Afrique a toujours le plus faible taux de développement du potentiel hydroélectrique. La capacité hydroélectrique mondiale devrait augmenter à plus de 1 680 GW en 2035, ce qui représentera plus de 50 % de l'électricité renouvelable d'ici 2035, principalement en Chine et en Inde en Asie, et au Brésil en Amérique latine [le reste sera une combinaison d'énergie éolienne (25 %), de bioénergie (13 %) et d'énergie solaire (7,5 %)]. D'ici 2035, on estime également que la capacité installée totale de la Chine atteindra 420 GW[4].

Tableau I.1. Répartition de la capacité hydroélectrique installée à la fin de 2008.

Country	Hydropower capacity (%)
China	20
Brazil	9
United States	9
Canada	8
Russian Federation	6
India	4
Norway	3
Japan	3
France	2
Italy	2
Sweden	2
Spain	2
Venezuela	2
Turkey	2
Switzerland	2
Mexico	1
Rest of the world	24

### I.4.3. Distribution pour usages domestiques et industriels

Il est important de se rappeler que les précipitations vont en grande partie dans les océans et mers et qu'une grande proportion de celles qui tombe sur les terres s'écoulent aussi jusqu'aux étendues salées. Seulement 2% du total des précipitations s'infiltrent et approvisionnent les nappes phréatiques. Les utilisations simulées d'eau domestique et industrielle sont passées d'environ 300 km<sup>3</sup> en 1950 à 1345 km<sup>3</sup> en 2010, dont 12 % ont été consommées et 88 % ont été rejetées dans des plans d'eau douce. La quantité d'eaux usées domestiques et industrielles a considérablement augmenté au cours de la dernière décennie, mais seulement la moitié n'était pas traitée. La réduction du volume d'eaux usées non traitées à l'échelle du bassin fluvial indique un sujet de préoccupation en Asie de l'Est et du Sud-Est, en Afrique du Nord et en Europe de l'Est et du Sud [5].

### I.4.4. Navigation fluviale

Dans les cours d'eau navigables, la construction de barrages fixes n'est pas envisageable. Pour pallier à cet inconvénient, on construit des barrages mobiles permettant, par leur manœuvre, de régler le niveau de la retenue et d'assurer des flottaisons quasi permanentes malgré les fluctuations du débit. De plus, en périodes de crues, ils s'effacent presque complètement et entravent l'écoulement des eaux au minimum.

Les fonctions principales d'un barrage mobile sont le maintien de la navigation commerciale, la production d'énergie, l'alimentation en eau et la protection des berges. De plus, il protège contre les inondations, et permettent la survie de la faune et de la flore en assurant l'oxygénation de l'eau via un débit minimal.

En Belgique un réseau de voies navigables d'une densité exceptionnelle, où on note pour la seule Région wallonne, plus de 450 km de voies couramment utilisés pour la navigation commerciale. Ces voies représentent un carrefour essentiel du réseau européen en relation directe avec les grands pôles portuaires maritimes (installations d'Anvers, Gand, Zeebrugge et Rotterdam)[6].

### I.4.5. Contrôle des crues

Les barrages et réservoirs peuvent être utilisés pour réguler le niveau des rivières et réguler efficacement le débit ascendant en stockant temporairement l'eau et en la relâchant plus tard. Pour cela, il faut diminuer le niveau du réservoir pour faire plus de capacité de stockage lors des saisons pluvieuses. Cette stratégie élimine les crues. Le contrôle des crues est un des objectifs principaux de la plupart des barrages existant et en cours de construction. Les évacuateurs de crue (Fig. I.11) sont divisés en deux grandes familles. Les évacuateurs de crue à "surface libre" encore appelés déversoirs à seuil libre et les évacuateurs de crue "vannés". Cette seconde famille se décompose elle-même en évacuateurs vannés de surface et les évacuateurs vannés dit "de fond" ou de "demi-fond".



Figure I.11. Les évacuateurs des crues

## I.5. Les barrages en Algérie

### I.5.1. Historique

Les premières tentatives de construction de grandes retenues sur les voies navigables se sont soldées par de nombreux échecs pour deux raisons : une connaissance insuffisante du régime d'écoulement particulier des vallées algériennes, et une mauvaise maîtrise des techniques de construction des barrages.

Le premier barrage construit durant l'époque coloniale fut le barrage de Saint-Denis du Sig en 1846 sur l'oued Mekkera, construit dans le but d'assurer l'irrigation de la plaine environnante de la Sig, suivi du barrage de Meurad construit en 1859, lui aussi destiné à l'irrigation. Cependant, le barrage de Saint-Lucien Tlelat avait de multiples objectifs : alimenter en eau potable le village colonial de Sainte-Barbedu Tlelat et irriguer une superficie de 350 hectares.

Plus de neuf barrages à faible réservoir ont été construits au cours de la période 1846-1910, dont beaucoup ont rencontré des problèmes de rupture en raison de conditions hydrologiques mal connues et de techniques de construction pas encore maîtrisées. La capacité totale de ces barrages était d'environ 40 millions de mètres cubes en 1910[7].

Depuis 1932, treize barrages de grande et moyenne taille ont été construits. Ces barrages comprennent le barrage d'Oued Fodda (225 millions de mètres cubes), le barrage Ghrib (280 millions de mètres cubes), le barrage d'Ighil Emda (100 millions de mètres cubes) et le barrage Erraguene(220 millions de mètres cubes).

Le barrage mixte de Bakhadda, du programme dit « Programme 1920 » avec les barrages de Beni Bahdel, Bouhanifia, Oued Fadda, Ghrib, K'sob (Fig. I.12), Zardézas et Fom El Gharza, formaient ensemble de barrages, augmentant considérablement le potentiel économique de l'Algérie coloniale grâce à la législation sur l'exploitation de l'irrigation.

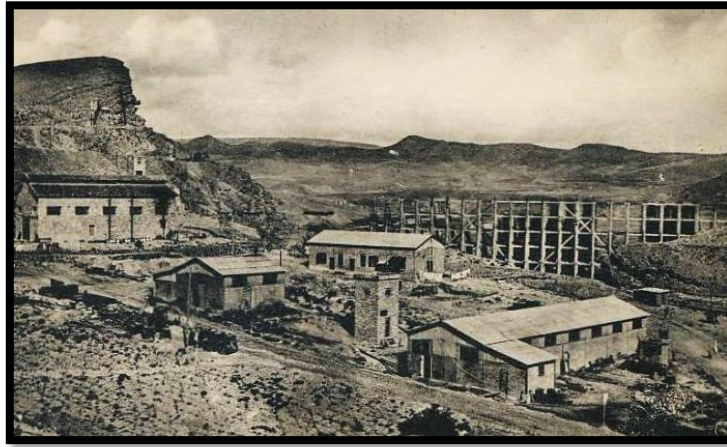


Figure I.12. Vue sur le barrage K'sob lors de sa construction

Les seize barrages construits durant la période coloniale 1830-1962 (Fig. I.13) avaient une capacité totale de stockage d'environ un milliard de mètres cubes, dont 20% ont été perdus à cause de l'envasement, soit environ 200 millions de mètres cubes.

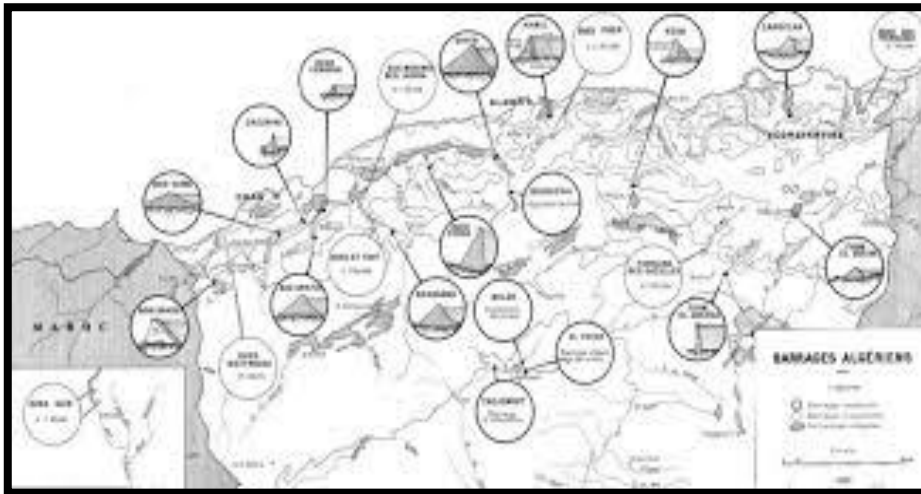


Figure I.13. Les barrages en Algérie de 1830 -1962

A l'indépendance, la population algérienne était de dix millions d'habitants, dont la plupart n'avait pas accès à l'eau potable. De ce fait, l'État algérien s'est retrouvé confronté à des besoins en eau excessifs, les infrastructures hydrauliques d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation ne couvrant que les zones occupées par les colons. Il en résulte que des zones entières n'ont pas un accès adéquat aux ressources en eau.

Avec l'émergence des « espaces nationaux », l'état algérienne, à travers ses organes centraux, a assumé la responsabilité de la gestion des ressources en construisant toute une série d'aménagements majeurs pour mobiliser, transporter et répartir les ressources en eau selon de multiples choix stratégiques et équilibres nationaux réfléchis.

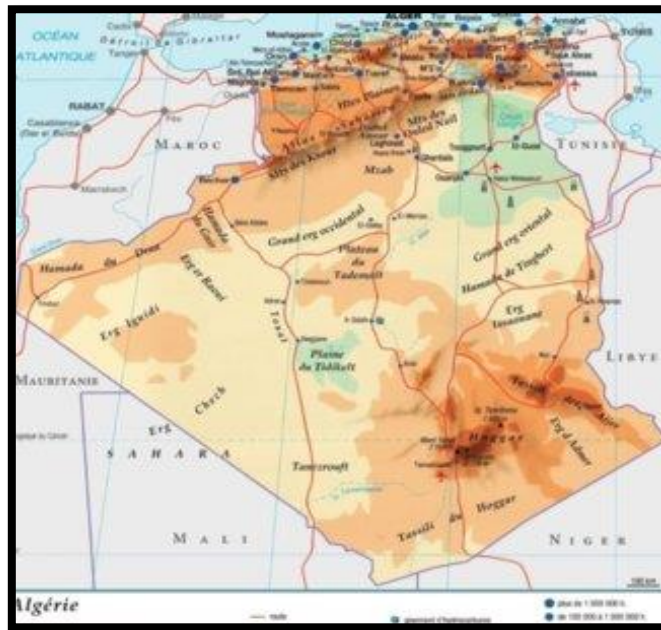


Figure I.14. Les barrages en Algérie après 1962

Deux barrages furent construits durant les huit premières années, le barrage de Cheffia (172 millions) en 1965 et le barrage de Djorf Torba (350 millions de mètres cubes) en 1969. Durant les années suivantes caractérisées par la restructuration du secteur agricole, cinq barrages ont été construits avec une capacité totale de 512 millions de mètres cubes dans le but d'augmenter la superficie des terres irriguées.

La pression de l'eau suite à l'explosion démographique a conduit à l'accélération de la construction d'un grand nombre de barrages, de sorte qu'au cours des périodes (1985-1989, 1990-1994, 1995-1999) vingt-trois barrages ont été construits avec une capacité totale de 2,86 milliards de mètres cubes.

Durant la période (2000-2019), trente barrages ont été construits avec une capacité totale de 4,14 milliards de mètres cubes. Depuis 1962, plus de 60 barrages d'une capacité de plus de 10 millions de mètres cubes ont été construits, augmentant la capacité de stockage d'un milliard de mètres cubes en 1962 à plus de neuf milliards de mètres cubes en 2019, soit neuf fois la capacité disponible en 1962 (Fig. I.15).

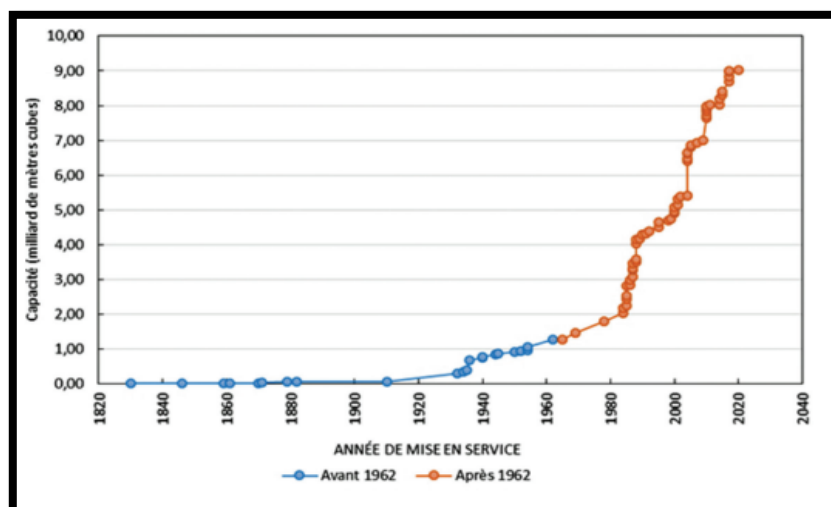


Figure I.15. Evolution de la capacité de stockage pour période 1830-2019 [7]

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et 100x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Plus de 80x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> s'évaporent, 3x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> s'infiltrent et 12.5x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> s'écoulent dans les cours d'eau. Dans l'Algérie du nord, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie disposait de 52 grands barrages d'une capacité de 5.2 milliards de m<sup>3</sup>. Le reste soit 7.3x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> se déversent directement dans la mer.

Ces barrages sont sujet aussi à des problèmes d'évaporation et de fuites. Le phénomène de l'évaporation des lacs des barrages en Algérie est considérable ; une perte de volume très élevée est enregistrée annuellement dans les barrages. La quantité évaporée représente la moitié du volume consommé par l'alimentation en eau potable, l'irrigation et l'industrie (Fig. I.16), ce qui est considérable. La valeur maximale de l'évaporation enregistrée a été de 350 millions de m<sup>3</sup> d'eau durant l'année 1992/1993, par contre la valeur minimale avoisine les 100 millions de m<sup>3</sup> en 2001/2002. La moyenne annuelle de l'évaporation est de 250 millions de m<sup>3</sup> pour les 39 barrages, soit une perte moyenne annuelle de 6.5 % de la capacité totale. Le volume d'eau total perdu durant dix années d'exploitation (1992-2002) avoisine la valeur de 2.5 milliards de m<sup>3</sup>[8].

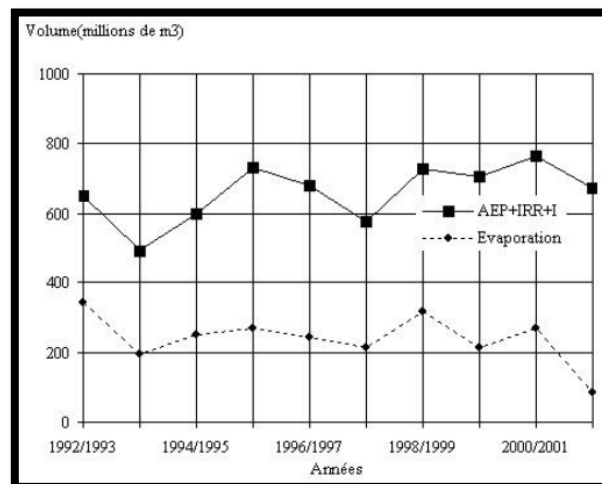


Figure I.16. Evolution de l'évaporation dans les barrages algériens (39 barrages) [8]

Quant à la fuite, il ne s'agit plus de perte de la capacité de l'eau, mais plutôt la déstabilisation de l'ouvrage. Le réseau de collecte installé à l'aval du barrage de Foum El Gherza récupère en moyenne 5 millions de m<sup>3</sup> /an d'eau ce qui permet de l'utiliser pour l'irrigation. Cette irrigation forcée pose des problèmes de salinité des sols, puisque l'eau coule en continu. Mais le grand problème réside dans la circulation des eaux dans les failles de la roche dont la section mouillée augmentera dans le temps suite au changement de températures et les variations de la vitesse de l'écoulement qui engendreront l'érosion de la roche et avec le temps c'est le glissement au niveau des berges et l'ouvrage sera en danger.

Environ 22 barrages ont fait l'objet des mesures périodiques des fuites en Algérie durant les dix dernières années (1992-2002). Certains barrages enregistrent une perte annuelle par fuite avoisinant même la valeur de 10% de leur capacité comme ceux de Ouizert, Foum El Gueiss et Foum El Gherza. La figure I.17 représentant l'évolution du volume de fuites de 22 barrages durant la période : 1992-2002. Il est intéressant de constater que le volume minimum perdu a été enregistré durant l'année 1994-1995, est 20 millions de m<sup>3</sup>. Par contre durant l'année 1998-1999, plus de 75 millions de m<sup>3</sup> d'eau de perte par les fuites ont été enregistrés. Le volume total des

fuites enregistré durant la période 1992-2002 avoisine les 350 millions de m<sup>3</sup>, alors que le volume moyen perdu annuellement est de 40 millions de m<sup>3</sup> d'eau. Les eaux perdues sont collectées à l'aide des réseaux de canaux depuis les résurgences et les sources de fuites jusqu'aux périmètres à irriguer.

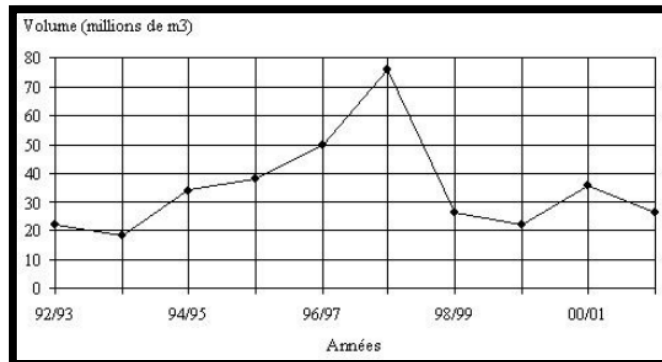


Figure I.17. Variation des débits de fuites dans les barrages algériens (22 barrages) [8]

Le journaliste Kheireddine Boukhalfa[9] a écrit dans le journal « Aujourd'hui News » le 2 décembre 2024 que le ministre des Ressources en Eau, Taha Derbal, a dévoilé que 34 sites ont été identifiés à travers le pays pour la construction de nouveaux barrages, avec une capacité de stockage totale avoisinant un milliard de mètres cubes. Ces infrastructures visent à capter les eaux de pluie et des crues, souvent gaspillées faute d'équipements adéquats, et à les utiliser pour répondre aux besoins domestiques et agricoles. Parmi ces initiatives, 31 études de faisabilité sont déjà finalisées, et d'autres sont en cours d'élaboration pour assurer un déploiement progressif et efficace de ces infrastructures.

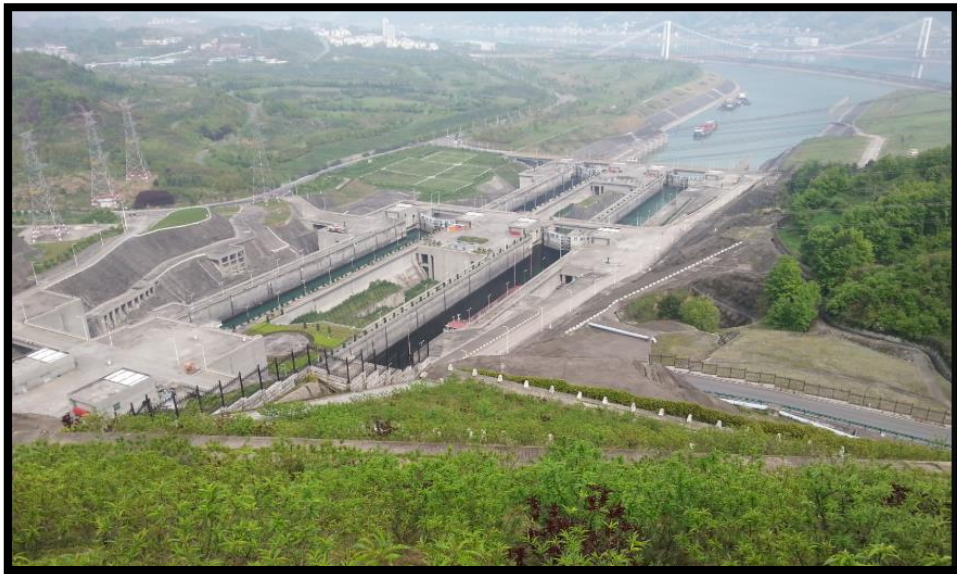
Actuellement, l'Algérie dispose de 81 barrages opérationnels, offrant une capacité de stockage d'environ 9 milliards de mètres cubes. Cinq autres barrages, en cours de réalisation, devraient ajouter 300 millions de mètres cubes supplémentaires. En parallèle, plus de 600 retenues collinaires sont déjà en service, principalement dédiées à l'irrigation agricole, et 159 études pour de nouvelles petites retenues et barrages sont en cours. L'objectif à moyen terme est de porter le nombre de grands barrages à 95 d'ici 2030, avec une capacité totale de 12 milliards de mètres cubes. Le plan prévoit également la construction de 750 petites retenues d'eau, augmentant ainsi les capacités de stockage de 350 millions de mètres cubes supplémentaires.

Ces initiatives s'inscrivent dans une stratégie globale visant à atténuer les effets du changement climatique, notamment les périodes de sécheresse prolongées, qui menacent à la fois l'approvisionnement en eau potable et la productivité agricole. Les nouvelles infrastructures permettront non seulement de sécuriser l'approvisionnement en eau des citoyens, mais aussi de soutenir le développement d'une agriculture durable, clé de la sécurité alimentaire nationale.

## I.6 Les barrages dans le monde[10]

### I.6.1. Le barrage des Trois-Gorges

L'idée de construire un barrage dans les Trois-Gorges est ancienne, elle fut élaborée en 1919. Le but de faciliter la navigation fluviale sur le Yangzi Jiang et un meilleur usage des ressources de celui-ci.



**Figure I.18. Barrage des Trois-Gorges**

Ce barrage est situé à Sandouping, dans la province du Hubei en Chine, à la limite de la région montagneuse du Haut-Yangzi et de la plaine du Moyen-Yangzi, en aval des Trois Gorges là où le fleuve a un débit de  $14\,300\text{ m}^3/\text{s}$ .

C'est un barrage poids, long de 2 335 mètres, et le niveau maximum d'eau du réservoir par rapport à la mer est de 175 ou 185 m. Sa construction a nécessité 27 millions de mètres cubes de béton. Le barrage est constitué de plusieurs parties avec d'Ouest en Est :

- \*Une usine hydro-électrique avec quatorze turbo-générateurs d'une puissance unitaire de 700 MW
- \*Une deuxième usine hydro-électrique avec douze turbo-générateurs d'une puissance unitaire de 700 MW.
- \*Une troisième usine hydro-électrique composée de six turbo-générateurs d'une puissance unitaire de 700 MW et de deux groupes de 50 MW chacun.
- \*Une partie destinée à la navigation, avec ascenseur à bateau et cascade d'écluses

D'une superficie de  $1\,084\text{ km}^2$ , Le volume d'eau emmagasiné est de  $39,3\text{ km}^3$  (39,3 milliards de mètres cubes, soit une masse comparable en tonnes). La capacité de décharge est de  $116\,000\text{ m}^3/\text{s}$ . La puissance des jets qui sortent du barrage a nécessité la construction de « tremplins » afin d'éviter l'érosion du pied du barrage ; l'eau ainsi rejetée a une hauteur de chute d'environ 90 mètres.

Le barrage peut être franchi par un ascenseur à bateaux et un système d'écluses. Grâce à ceux-ci, la navigation sur le Yangzi est possible de six à neuf mois par an. Le trafic fluvial annuel est passé de 10 à 50 millions de tonnes pour des coûts de navigation abaissés de 27 %. La sécurité de la navigation est améliorée grâce au débit régulier sur 650 km.

Les 26 générateurs de 700 MW et les huit générateurs de  $6 \times 700\text{ MW}$  et  $2 \times 50\text{ MW}$  de la centrale ont une puissance installée de  $22\,500\text{ MW}$ , soit sept fois la capacité des centrales hydroélectriques du Rhône ( $2\,950\text{ MW}$ ) ou l'équivalent d'une vingtaine de tranches de centrales nucléaires. Selon les plans originaux, le barrage devait couvrir 10 % de la consommation nationale, cependant il en couvre à peu près 3 %. En 2014, la centrale a produit 98,8 TWh, selon les autorités du barrage, nouveau record mondial de production d'hydroélectricité, détenu jusque-là par la centrale paraguay-brésilienne d'Itaipu avec 98,6 TWh en 2013. Selon la société exploitante « China Three Gorges Corporation », la centrale hydroélectrique des Trois Gorges a

produit 111,8 TWh d'électricité en 2020, battant le précédent record de 103,098 TWh en 2016, détenu par la centrale électrique du barrage d'Itaipu. En 2021, la production s'est élevée à 103,6 TWh.

### I.6.2. Le barrage d'Itaipu

La construction fait appel à 40 000 travailleurs directs, 12 500 000 m<sup>3</sup> de ciment, soit l'équivalent de 212 fois le stade Maracanã, et une quantité d'acier équivalente à 380 fois la tour Eiffel. En comparaison du tunnel sous la Manche, Itaipu a utilisé quinze fois plus de ciment et creusé un volume huit fois supérieur. Une opération appelée Mymba Kuera, qui signifierait « prend l'animal » en tupi-guarani, fut mise en place avant la formation du réservoir dans la zone engloutie. Des équipes du secteur de l'environnement d'Itaipu se sont efforcées de sauver des centaines d'exemplaires des espèces animales de la région.



Figure I.19. Le barrage d'Itaipu

Le barrage d'Itaipu comporte vingt groupes électrogènes, dix à la fréquence du réseau électrique paraguayen (50 Hz) et dix à la fréquence du réseau électrique brésilien (60 Hz). Les unités 50 Hz ont une puissance nominale de 823,6 MVA, un facteur de puissance de 0,85 et un poids de 3 343 tonnes. Les unités 60 Hz ont une puissance nominale de 737,0 MVA, un facteur de puissance de 0,95 et un poids de 3 242 tonnes. Toutes les unités sont évaluées à 18 kV. Les turbines ont une puissance nominale de 715 MW et un débit nominal de 690 m<sup>3</sup> par seconde. Une sous-station blindée au gaz hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) permet une grande compacité du projet. Pour chaque groupe électrogène, il y a une batterie de transformateurs monophasés, augmentant la tension de 18 kV à 500 kV.

### I.6.3. Barrage de Diamer-Bhasha

Le projet est situé en amont du barrage de Tarbela, dont il devrait en partie réduire la charge sédimentaire, et donc rallonger sa durée de vie de 35 ans. Son coût est estimé à l'équivalent entre 11,2 et 14 milliards de dollars. En 2017, le Pakistan renonce à faire financer le projet par la Chine et en septembre 2018, le Premier ministre Imran Khan lance un appel aux Pakistanais de l'étranger pour participer à ce financement.

Le 13 mai 2020, le gouvernement signe finalement un contrat de coentreprise en vue de la construction de l'ouvrage entre la Chine, qui détiendra 70 % des parts, et le Frontier Works Organization de l'armée pakistanaise qui en détiendra 30 %.



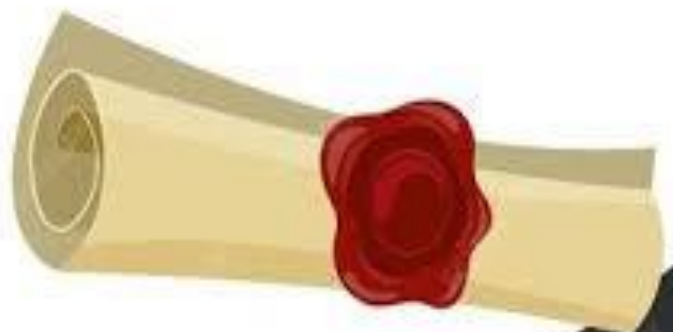
**Figure I.20. Barrage de Diamer-Bhasha**

Le barrage aura une hauteur de 272 mètres ce qui le place parmi les plus hauts barrages en béton du monde. Il devrait permettre de réduire les inondations. Le barrage sera associé à une centrale hydroélectrique de 4 500 MW et l'irrigation de près de 500 000 hectares de terres agricoles et la création de 16 500 emplois.



## CHAPITRE II

# Les boues de dragage



## CHAPITRE II. Les boues de dragage

### II.1 Définition [11]

Un complexe sol-eau pourra en effet être liquide, plastique ou solide, pour une même concentration, suivant la granulométrie de ses particules et leur minéralogie ainsi que de la composition des eaux interstitielles.

L'étude rhéologique des sédiments fins permet la détermination des paramètres importants pour préciser le comportement de ces mixtures de vases ou de boues et définir, par les valeurs numériques, les caractéristiques physiques d'un dépôt en cours de consolidation sous l'eau ou hors d'eau.

Ces mesures rhéologiques informent principalement sur la définition de la viscosité et de la rigidité initiale ainsi que sur la thixotropie ou dilatance du milieu que l'on peut mettre en évidence.



FigureII.1.Un borbier de boues sédimentaires

### II.2. Les Causes de l'envasement

L'érosion hydrique, principale cause de l'envasement d'une retenue de barrage (Fig. II.2), est un phénomène naturel gouverné par des facteurs physiques naturels tels que l'agressivité climatique, la topographie, la lithologie et le couvert végétal. Ce processus naturel se trouve souvent accentué du fait de l'action humaine par le défrichage des forêts, le surpâturage et la mise en culture de terrains à fortes pentes.[12]

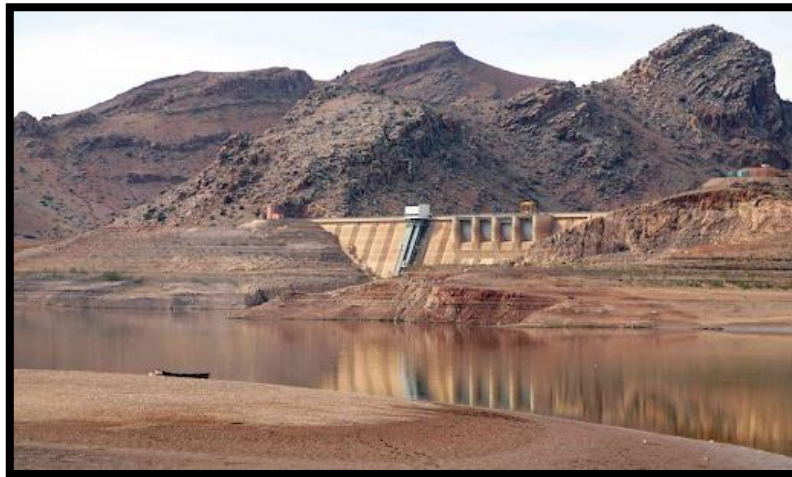


Figure II.2. Envasement de barrages

### II.2.1. L'érosion hydrique [13]

L'abrasion de la croûte terrestre par les courants d'eaux (Fig. II.3), le transport et le dépôt des sédiments sont les trois étapes d'une érosion hydrique. L'impact de cette érosion, n'est pas limité par les zones à moyennes ou grandes précipitations, mais il aille au-delà des régions désertiques, avec des pluies soudaines et torrentielles.

L'érosion hydrique est un phénomène naturel, dont l'intensité varie en fonction des précipitations et de la force du courant, mais aussi de la nature du sol, la cohésion des agrégats, la pente et du drainage du terrain.

Ceci est accentué en climat agressif avec alternance de sécheresse et d'années humides et des pluies d'automne dévastatrices pour les sols. Par l'action de l'eau, des sédiments sont amenés vers les cours d'eau, où ils sont transportés vers de longues distances, en fonction du débit du cours d'eau et de la grosseur des particules.

Les sédiments grossiers sont déposés rapidement, alors que les sédiments fins peuvent demeurer en suspension dans l'eau à très longues distances. La sédimentation survient lorsque l'énergie dans le cours d'eau n'est plus suffisante pour transporter les sédiments. Une accumulation se produit alors dans le lit du cours d'eau, formant parfois des dépôts importants.



Figure II.3. Erosion du sol du bassin versant d'Oued Fodda

### II.2.2. La lithologie du sol [14]

La lithologie constitue le matériau originel du sol et présente une sensibilité à l'altération différenciée selon sa composition minéralogique, sa structure primaire (schistosité, stratification, taille des grains, etc.) et secondaire (fissuration par des diaclases ou des failles). L'intensité de la pente et la forme du versant (convexe, rectiligne ou concave, convergences / divergences d'écoulement) induit une accélération ou un ralentissement des écoulements et leur accumulation, favorisant ainsi l'érosion ou le dépôt; la longueur du versant quant à elle détermine en partie la somme de matériaux transitant en un point et donc les possibilités d'accumulation.

### II.2.3. La couverture végétale [15]

Les activités humaines qui accompagnent le développement ont accéléré la dégradation des couvertures végétales, la fertilité naturelle des sols, le réseau hydrographique augmentant ainsi le ruissellement.

Un survol rapide du nord de l'Algérie, région la plus productive du pays mais aussi la plus fragile, nous montre des montagnes surpâturées et des garrigues brûlées, des collines dénudées, des sols squelettiques cultivés, décapés par l'érosion en rigoles et par le labour des versants et des plaines lacérées par les ravines et les oueds, des rivières torrentielles qui dévorent les basses terrasses et envasent les barrages en une trentaine d'années.

Du fait de l'absence d'un couvert végétal permanent, au lieu de stagner et de s'infiltrer, les eaux se sont mises à ruisseler et à entraîner avec elles la terre et ses fertilisants naturels, en particulier le limon, l'argile et les matières organiques qui sont également des liants des sols fragiles.

### II.2.4. Le défrichage des forêts

L'effet des forêts sur la production d'eau dans un bassin versant est un fait établi : les forêts consomment généralement plus d'eau que les autres types de végétation, donc la déforestation (Fig. II.4) a pour effet d'augmenter la production d'un bassin versant, et la reforestation a pour effet d'en réduire le débit. [16]

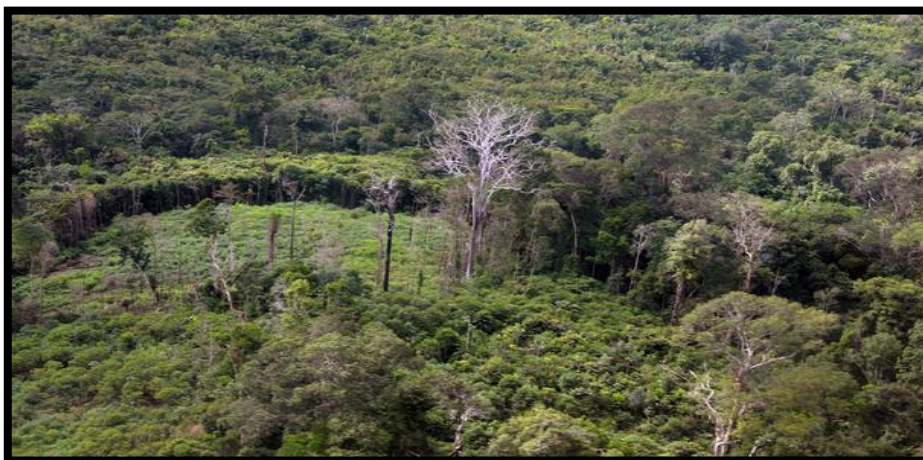


Figure II.4. Le défrichage des forêts.

### II.2.5. Le surpâturage

En Algérie, sur 32 millions d'hectares de pacages et parcours, 20 millions sont situés en zones steppiques, presque la totalité des éleveurs ne dispose pas de terres afin d'alimenter leurs troupeaux [13]. Devant cette situation, ils se tournent vers les forêts et les steppes. Ses parcours se sont fortement dégradés et la production fourragère est équivalente à environ 1/3 de ce qu'elle était en 1968.

L'espèce ovine (Fig. II.5) et caprine sont les premières ennemies de l'écosystème végétales, ils coupent les jeunes arbres et parfois en les déracinant, compromettant ainsi leurs croissances.

Un maintien trop prolongé du troupeau sur les aires pâturées, prélevant une quantité de végétation largement supérieure à la production annuelle, induit la détérioration des caractéristiques du sol et sa fertilité, allant souvent jusqu'à sa stérilisation et la régression de la productivité végétale.



Figure II.5. Surpâturage des subéraies par des vaches (forêt de Ain Barbar)

### II.3. Mécanisme de l'envasement[12]

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 pièges pour se décanter et se tasser au fond du lac du barrage (Fig. II.6).

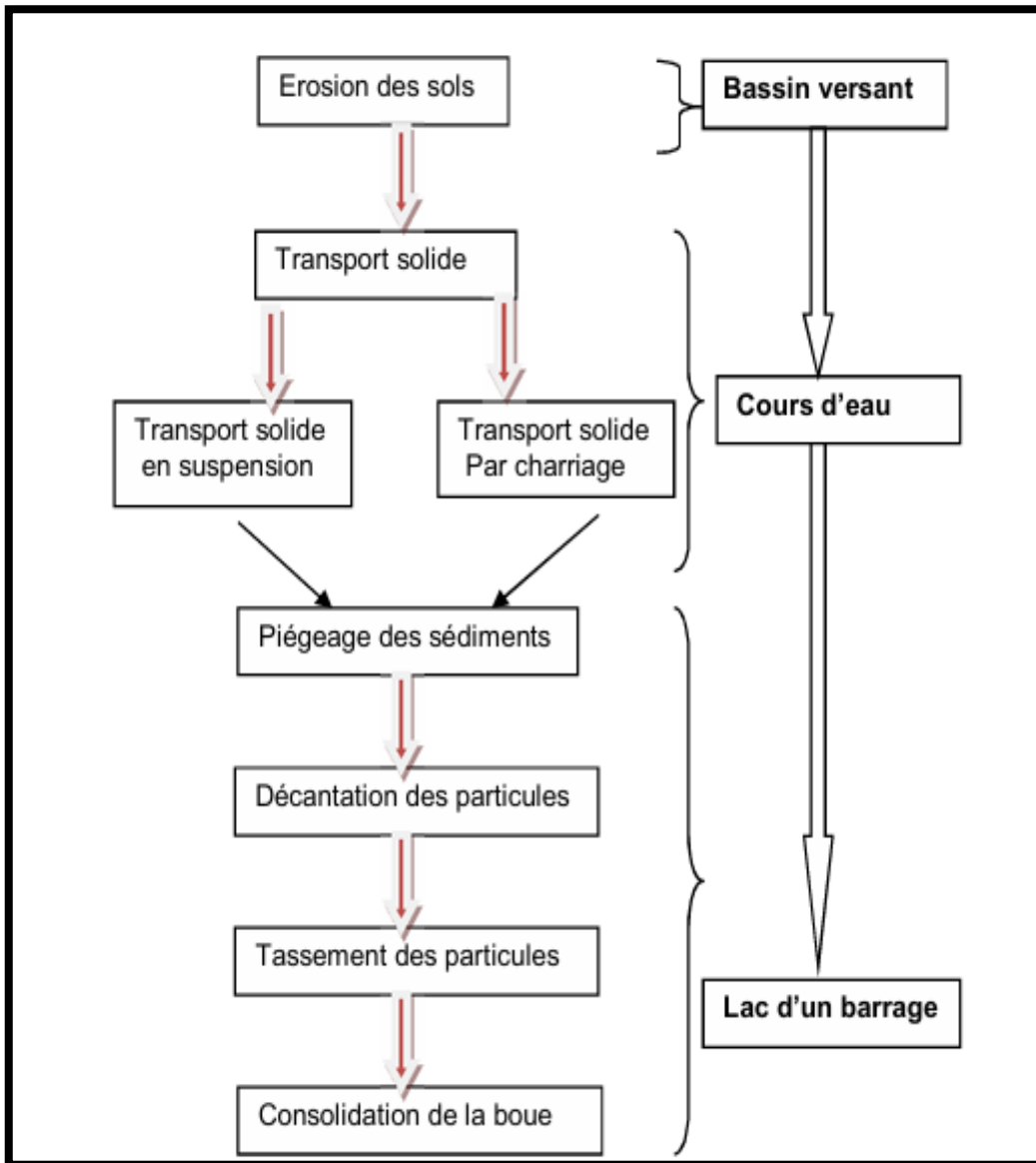


Figure II.6. Processus d'envasement d'un barrage Réservoir [12]

### II.3.1. Erosion du sol

L'érosion correspond à la séparation entre la particule et son support, sans inclure le transport et la sédimentation, même s'il se produit toujours un micro-transport. L'érosion des bassins versants est très répandue dans la région du Maghreb (Fig. II.7), puisque toutes les conditions sont réunies pour déclencher et développer un tel processus comme déjà décrit.

En Algérie le taux d'érosion spécifique atteint la valeur de  $5000 \text{ t/km}^2 \cdot \text{an}$  sur le bassin versant d'Oued Agrioum. Dans les bassins versants du Martil, de l'Ouergha, de Lakhdar, et de la Tessaout au Maroc, le taux d'érosion annuelle dépasse  $2000 \text{ t/km}^2$ . En Tunisie, l'érosion hydrique dégrade les terres cultivables. Au total, 1,2 millions d'hectares sont gravement affectés par l'érosion dans le nord, et le centre de la Tunisie, soit 25% de la superficie totale des terres



Figure II.7. L'érosion du bassin versant de Beni Chougrane.

### II.3.2. Transport solide dans les oueds

Le transport solide dans les oueds est très important surtout en périodes de crues. Les quantités de terre érodées au niveau du bassin versant et les berges sont drainées par les oueds vers le barrage.

Des concentrations en particules fines dépassant les 100 g/l et peuvent atteindre 500 g/l [12] ont été enregistrées à l'entrée de plusieurs retenues.

Avec une pente du lit d'oued supérieure à 1 pour mille, le charriage est très significatif dans les oueds, les crues soudaines et torrentielles charrient les matériaux grossiers, les troncs de palmiers et même des cadavres d'animaux (Fig. II.8)

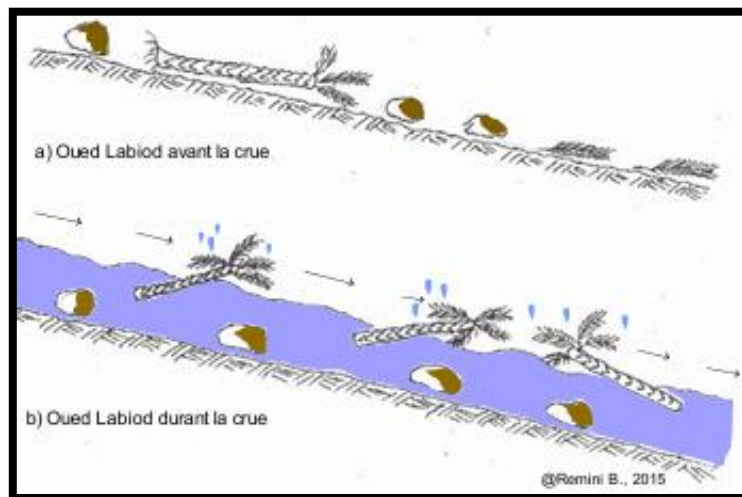


Figure II.8. Etat de l'oued Labiod avant et après les crues [12]

### II.3.3. Piégeage des sédiments

Une fois que les eaux de crue atteignent le niveau du lac du barrage, les matériaux sont piégés par les eaux calmes du barrage. Les particules grossières seront ralenties à l'entrée du barrage en forme de delta. En revanche, les particules fines poursuivent leur chemin en fonction de la concentration, soit sous forme de flux de densité, soit par diffusion. [12]

## II.4. Moyens de lutte contre l'envasement

Le meilleur moyen technique de lutte contre l'envasement est situé au niveau de la source de production des particules, c'est-à-dire au niveau du bassin versant. Diverses méthodes sont appliquées comme le reboisement, la réalisation des banquettes et l'aménagement des ravines par la correction torrentielle. Des solutions alternatives sont aussi proscrites afin de prolonger la durée de vie des barrages comme Les dévasements périodiques, occasionnels ou la surélévation des barrages.

### II.4.1. Dévasement périodique

A l'arrivée des crues, l'ouverture des pertuis de vidange permet de soutirer les courants de densité qui se rapprochent du mur du barrage (Fig. II. 9). Grâce à la forte concentration en particules fines, le courant de densité arrive au pied du barrage après avoir parcouru plusieurs kilomètres.

La technique de soutirage des courants de densité a obtenu de très bons résultats au niveau des barrages d'IghilEmda et d'Erraguene. Avec un rendement de 55%, la durée de vie du barrage d'IghilEmda a triplé [12].

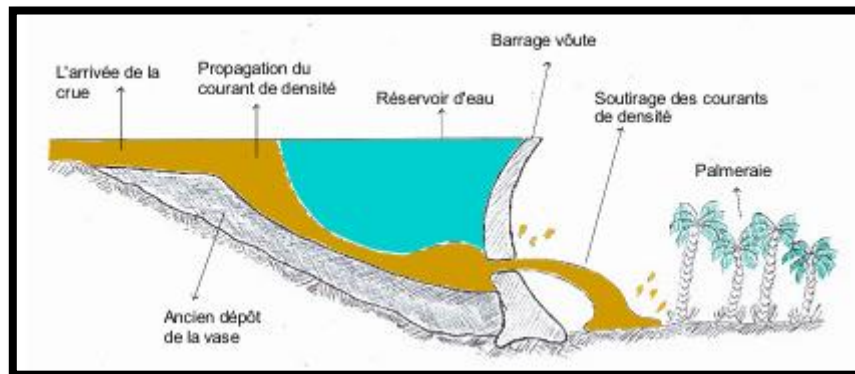


Figure II.9. Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un barrage d'un barrage [12]

Pour éviter le blocage des vannes de fond, l'ouverture périodique des pertuis de vidange permet d'extraire les dépôts vaseux. Dans ce cas, la vase située dans la zone basse perturbe les manœuvres d'ouverture des vannes. Un retard dans l'ouverture pourra avoir des dégâts.

A titre d'exemple, la vanne de fond du barrage d'Oued Fodda est bloquée depuis 1939. Dans Le barrage de Zardezaselle a été bloquée durant les années 90.

La vanne droite du barrage de Sidi Mhamed Ben Aouda a été colmatée suite à un fort taux d'envasement depuis une dizaine d'années. La vanne de fond du barrage de Foum El Gherza (Fig. II. 10) a permis d'évacuer environ  $0.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  durant l'année (1989/1990). Or du fait de la rapidité de l'envasement, cette vanne a été bloquée au bout de 7 ans (1982-1989). De 1990 jusqu'en 1993, une quantité de  $0.1 \times 10^6 \text{ m}^3$  de vase a été évacuée.

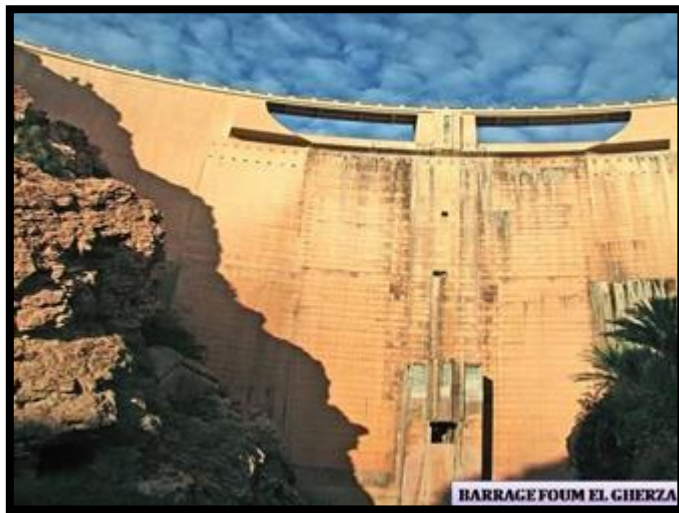


Figure II.10. Vanne de fond du barrage de Foug El Gherza

#### II.4.2. Dévasement occasionnel

Dans le cas où l'envasement atteint un niveau très élevé dépassant un taux de 50%, le dragage peut s'avérer comme ultime solution pour sauver le barrage et prolonger sa durée de vie. Durant l'histoire d'hydraulique Algérienne, l'opération de dragage a été pratiquée sur les barrages de Sig, Cheurfas I, Hamiz, Ksob, Zardezas, Merdja Sidi Abed, Fergoug II et Bouhanifia. Au début des années 2000, le barrage de Foug El Gherza (Fig. II. 11 et FigII.12) a enregistré un envasement cumulé depuis 1950 dépassant les 50% de sa capacité.



Figure II.11. La drague au centre du barrage de Foug El Gherza



Figure II.12. Rejet de la vase lors de l'opération de dragage

### II.4.3. Surélévation du barrage

Dans le cas d'un envasement très avancé, la surélévation d'un barrage surtout s'il s'agit d'un grand barrage peut s'avérer une solution efficace.

Au lieu d'enlever la vase de la cuvette, on surélève la digue de quelques mètres pour un gagner un volume supplémentaire (Fig. II.13).

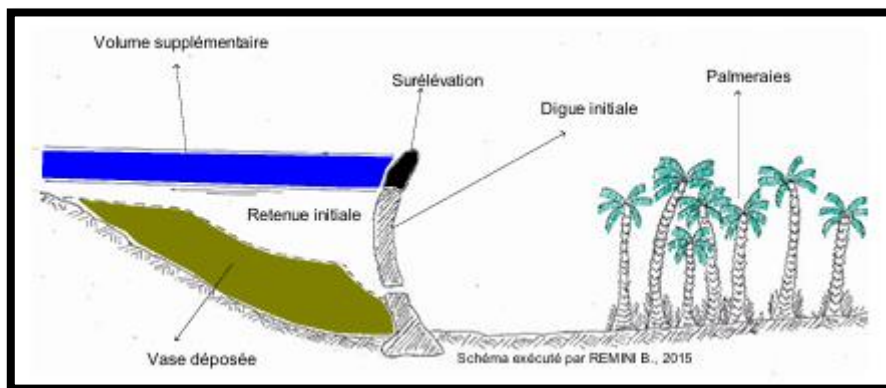


Figure II.13. Schéma synoptique d'une surélévation d'un barrage

## II.5. Valorisation des boues de dragage dans le génie civil[17]

La valorisation des sédiments de dragage est en plein essor depuis plusieurs années. Elle concerne principalement les sédiments marins et fluviaux. Ces sédiments présentent des caractéristiques physico-chimiques, minéralogiques et géotechniques particulières avec une hétérogénéité spéciale parfois importante.

C'est la raison pour laquelle plusieurs travaux de recherche sont entamés afin de trouver des pistes de valorisation répondant aux exigences techniques et réglementaires.

### II.5.1. Valorisation dans la construction des routes

En vue de son incorporation dans les travaux routiers, Abidi et coll. [18], ont constaté que l'incorporation des particules draguées dans le tuf en fractions ascendantes réduit progressivement la teneur sèche et augmente la teneur en eau optimale. L'ajout de 20% de particules draguées du barrage de Bouhanifia au tuf calcaire d'Oran abaisse la densité sèche de

2,22 (g/cm<sup>3</sup>) à 1,95 (g/cm<sup>3</sup>), tandis que la teneur en eau optimale augmente de 9% à 10% respectivement (Fig. II.14).

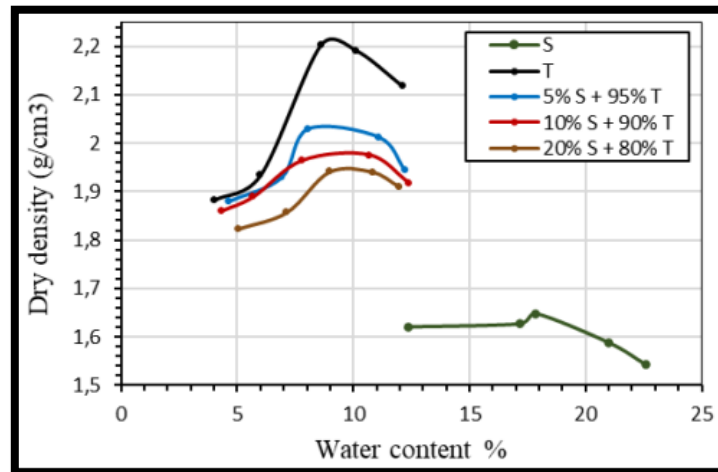


Figure II.14. Variation des densités sèches dans l'étude de Abidi et coll. [18]

Abidi et coll. [18] estiment que les particules du barrage de Bouhanifia appartiennent à la classe des sols A3ts (Tableau II.1). Ces sols se caractérisent par une perméabilité très réduite, d'où une modification significative de leur consistance nécessitant une augmentation significative de leur teneur en eau.

Les trois mélanges de sédiments, appartiennent à la classe B6m. Ces sols présentent généralement une bonne praticabilité grâce à la présence d'une fraction granulaire importante et peuvent être utilisés comme remblais en l'absence de fortes pluies.

Tableau II.1. Classification des sédiments selon le guide technique routière [18]

Param - eters	S	T	5% S + 95% T	10% S + 90% T	20% S + 80% T
Passin g to 2 mm (%)	100	30	33.5	37	44
Passin g to 80µm (%)	70	18	20.6	23.2	28.4
MBV	24	1.69	2,64	3,53	5.56
Ip	23	13	14	14	17
GTR classification	A3 ts	B6 m	B6 m	B6 m	B6 m
	Fine-grained soil, very plastic silt	Clayey sand and gravel	Clayey sand and gravel	Clayey sand and gravel	Clayey sand and gravel

### II.5.3. Valorisation dans la fabrication des carreaux céramiques

L'incorporation de sédiments dans les produits de terre cuite et dans la céramique rouge est de nos jours une solution environnementale très prometteuse pour répondre au problème de valorisation d'une grande variété de déchets solides.

Une comparaison des carreaux de sol en céramique issues de la vase du barrage de l'Oued Fodda et l'argile de Ain Franine utilisée dans l'usine CERAL(Céramique Algérienne) de fabrication des carreaux de sol en céramique qui se trouve dans la région d'Oran, a révélé des résultats très proches [19]. Le tableau II.2, tiré de cette étude indique des valeurs de résistance à la flexion crus et secs presque identiques.

Tableau II.2. Résistance à la flexion des carreaux crus et sec en N/mm<sup>2</sup>[19]

		Oued Fodda	Ain Franine
Cru	1	1.7	2
	2	2.6	2.8
	3	1.8	2
Sec	1	5.5	5.7
	2	6.6	6.9
	3	6.2	6.3

Pour différentes températures de cuisson, Bensala et coll. [19] ont constaté qu'elle est au-dessous de la limite inférieure (170 Kg/cm<sup>2</sup>) pour la température 800°C, bonne pour les températures 900°C, et est au-dessus de la limite supérieure de la norme avec une résistance moyenne de 280Kg/cm<sup>2</sup> à la température 1000 et 1100°C dont la norme exige seulement une résistance de 245 Kg/cm<sup>2</sup>. Plus la température de cuisson augmente plus que le carreau produit résiste bien à la flexion. Dans le cas des carreaux du barrage de l'Oued Fodda, une température de 1000°C est suffisante pour répondre aux normes et exigences internationale ISO 13006 (Fig. II.15).

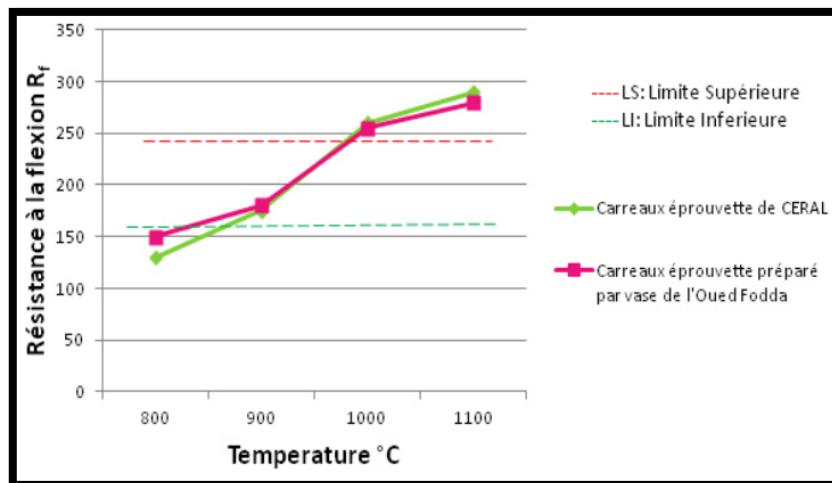


Figure II.15. Résistance à la flexion en fonction de la température des carreaux céramiques [19]

### II.5.5. Valorisation des sédiments le béton

Les grains fins des boues de dragage du barrage K'sob comblent les espaces entre les particules de ciment et tentent de développer une structure compacte sous l'effet filler. Pour cela la résistance à la compression des bétons à ciment modifiés par substitution de 5 et 10 de ciment par les boues est presque identique à court terme. A long terme en raison du manque d'eau détourné par la boue pour s'hydrater, les bétons de ciment modifiés ne sont pas complètement compacts, ce qui conduit à une diminution de la résistance. L'effet filler est remarquable à court terme, mais à long terme, cet effet diminue pour laisser place à d'autres propriétés comme les effets chimiques ou pouzzolaniques (Fig. II.16).

Ajouter à ceci, le caractère pouzzolanique faible des boues, suite au faible pourcentage de Kaolin (seulement 13 %), synonyme d'une faible teneur en silice et alumine réactives. À long

terme, la réaction pouzzolanique ne prend pas le pas sur l'effet filler en raison du faible pourcentage de kaolin. Néanmoins, les bétons à 5 et 10% restent en contact avec le béton témoin [20].

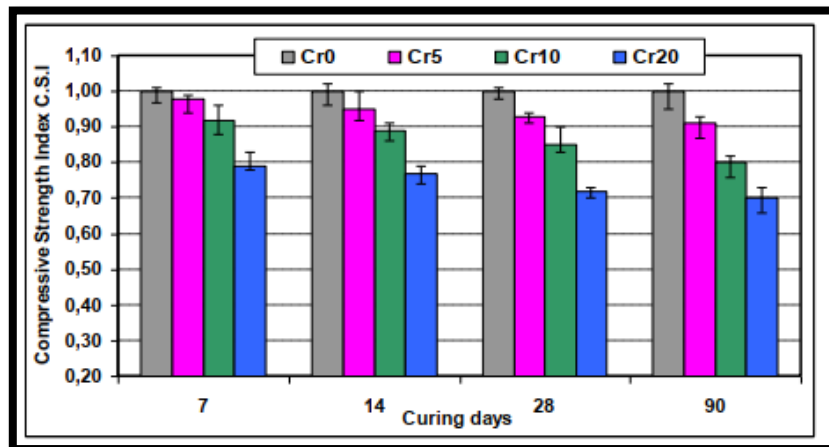


Figure II. 16. Résistance à la compression des bétons [20]



## CHAPITRE III

# Valorisation des boues de dragage en briqueterie



## CHAPITRE III

### Valorisation des boues de dragage en briqueteries

#### Introduction

D'importantes quantités de sédiments dragués se déposent chaque année dans le monde. Leur mise en décharge représente un grave problème environnemental. De plus, les ressources en matières premières de haute qualité pour la fabrication des matériaux de construction s'épuisent et leur utilisation n'est plus viable.

La valorisation des sédiments dragués comme matériaux de construction alternatifs pourrait réduire l'impact de ces deux problèmes. Leurs utilisations dans la fabrication des briques est une issue qui peut s'écrire dans l'économie circulaire de cette matière. De nombreux chercheurs ont introduits à des pourcentages varies ou à côté d'autre matériaux les boues de dragages afin d'élaborer de nouveaux échantillons de briques. Dans ce chapitre quelques études seront traitées.

#### III.1. Brique non cuite

L'industrie de la brique consomme des quantités importantes de matières vierges et d'énergie, libérant de grandes quantités de polluants dans l'environnement naturel. Par exemple, la brique d'argile cuite, fabriquée par un processus de moulage, de séchage au soleil et de cuisson, a une énergie associée de 4,89 MJ/kg. De plus, la demande excessive d'argile due à la production croissante de briques d'argile cuite a entraîné la raréfaction des réserves naturelles d'argile.

Mohammed et coll. [21] ont constaté que la résistance à la compression en fonction de la pression de fabrication des briques pour chaque mélange (sédiment, cendre volante, chaux) augmente avec la pression de formation des briques (Fig.III.1). Les résultats montrés également que les briques sédimentaires formées sous une pression de 50 MPa peuvent être produites comme briques porteuses avec une résistance à la compression supérieure à 6 MPa.

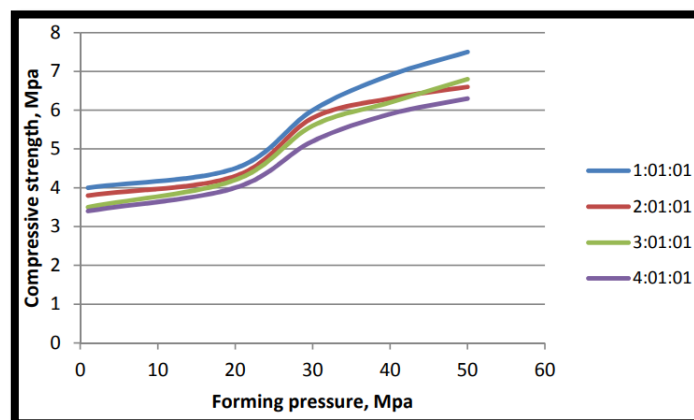


Figure III.1. Résistance à la compression en fonction de la pression de fabrication des briques élaborées par Mohammed et coll.

Quant à la conductivité thermique elle augmente aussi avec la pression de formation (Fig.III.2). Cela s'explique par le fait que la microstructure de la brique sédimentaire se consolide et que l'air emprisonné est expulsé à mesure que la pression de formage augmente. Cependant, la conductivité thermique de la brique sédimentaire reste bien inférieure à celle du béton, soit  $1,7 \text{ W/m}^3$ .

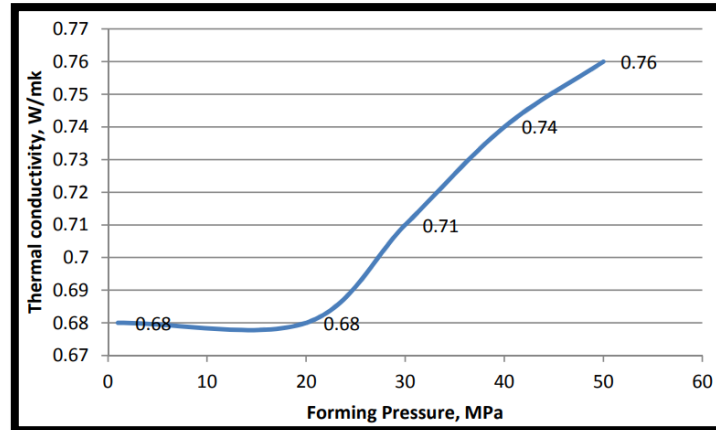


Figure III.2. Conductivité thermique en fonction de la pression de fabrication après 28 jours de durcissement à l'air des briques élaborées par Mohammed et coll.

Bhairappanavar et coll. [22] ont utilisé une boue issue d'une installation de stockage confinée à Cleveland-USA. L'analyse chimique a révélé une teneur élevée en  $\text{SiO}_2$  dans les matériaux dragués, indiquant une forte teneur en sable. La boue a été séchée à l'air, pulvérisé, puis mélangé avec des teneurs en ciment de 5 %, 8 %, 10 % et 12 %, notées C5, C8, etc.

La résistance à la compression des échantillons non compactés (C8P0, C10P0 et C12P0) n'ont pas atteint la limite inférieure de résistance requise (10,3 MPa). De même, que la résistance pour l'échantillon C8P2 contenant 8 % de ciment et compacté sous une pression de 2 MPa est en dessous de la limite inférieure de résistance. D'autres échantillons ont présenté de bonnes performances, avec des valeurs de résistance comprises entre 11,3 MPa et 16,0 MPa (Fig. III.3).

Les résultats des tests d'absorption d'eau, ont montrés que les briques sont conformes aux spécifications ASTM et toutes les valeurs étant inférieures à la valeur maximale autorisée de 20 %. Il a été observé que plus la teneur en ciment et la pression de compactage sont élevées, plus l'absorption d'eau est faible. Par exemple, l'absorption d'eau a diminué de 11 % pour la brique compactée à 4 MPa avec une augmentation de la teneur en ciment de 8 % à 12 % (Fig.III.4). Ces résultats peuvent s'expliquer par une diminution des vides avec l'augmentation de la pression et de la teneur en ciment.

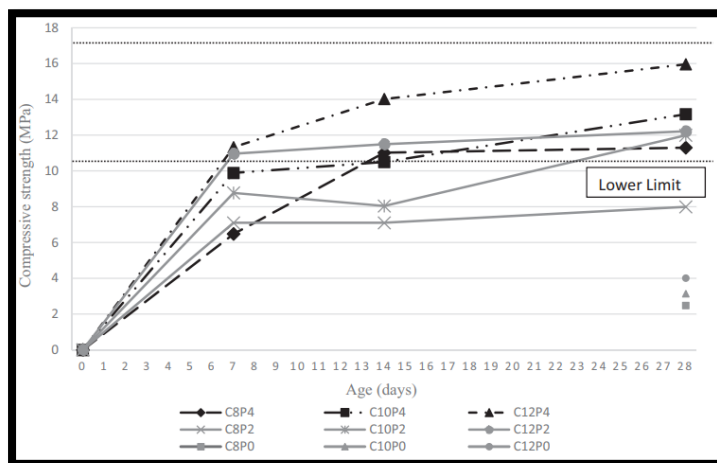


Figure III.3. Effet du temps de cure sur la résistance à la compression des briques élaborées par Bhairappanavar et coll.

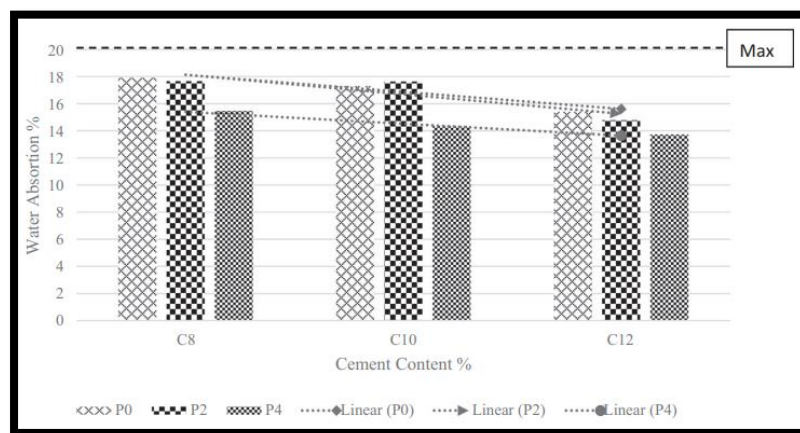


Figure III.4. Effet du temps de cure sur la résistance à la compression des briques élaborées par Bhairappanavar et coll.

Charif et coll. [23] ont étudié les sédiments extraits du barrage de Koudia Medour. Ces sédiments (C) sont composés principalement de quartz ( $\text{SiO}_2$ ) et de calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), en plus d'une quantité d'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sous forme de kaolinite ( $\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2, 2\text{H}_2\text{O}$ ). Afin d'améliorer les caractéristiques des briques de terre comprimée fiables, du ciment (PC) et de la chaux (L) ont été ajoutés à différents pourcentages, ainsi qu'une poudre de verre (GP) et la fibre de verre (GF). Au total 28 compositions ont été étudiées.

La résistance à la compression de l'éprouvette a été déterminée (Fig. III.5). Elle montre que tous les mélanges présentent une augmentation considérable par rapport à l'argile non traitée. Les résultats expérimentaux révèlent que le mélange (poudre d'argile et de verre) offre une résistance à la compression supérieure à celle de l'argile non traitée. Une tendance similaire est observée pour le mélange argile-fibres de verre, où les résultats sont quasiment identiques à ceux de l'argile non traitée.

L'ajout de différents ajouts à différents pourcentages augmente la résistance à la compression avec des valeurs irrégulières. Ceci est dû à l'augmentation de la liaison intergranulaire. L'ajout de chaux augmente également la résistance à la compression à l'exception d'une diminution de plus de 4 % observée. Ceci s'explique par le fait que les grains de chaux ont besoin de plus d'eau pour s'hydrater que ceux du ciment. Une augmentation significative de la résistance à la compression a été observée avec l'ajout de poudre de verre, en raison des caractéristiques pouzzolaniques de ce matériau, un matériau siliceux qui réagit à l'eau et à

l'hydroxyde de calcium, ce qui offre des avantages tels qu'une durabilité et une résistance mécanique accrues, ainsi qu'une réduction de la quantité de ciment nécessaire, ce qui réduit l'impact environnemental. Une très légère augmentation de la résistance à la compression a été observée avec l'ajout de fibres de verre dans tous les mélanges, dont les résultats sont restés pratiquement inchangés. Cela est dû au chevauchement des fibres de verre, ce qui entraîne une mauvaise cohésion

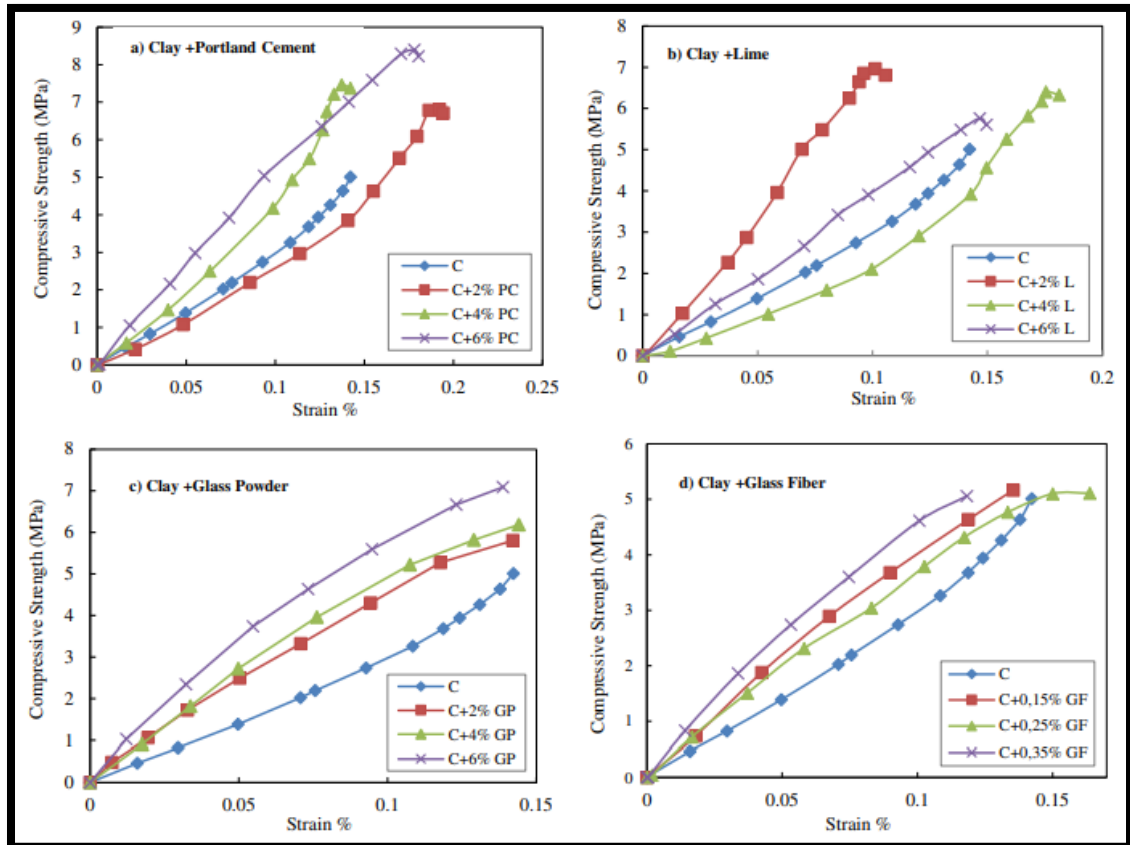


Figure III.5. Résistance à la compression des briques élaborées par Charif et coll.

Dans la même étude des essais de flexion trois points ont été réalisés. L'examen (Fig. III.6) révèle que les échantillons contenant de la poudre de verre présentent une résistance à la flexion inférieure à celle de l'argile non traitée. Une augmentation significative de la résistance à la flexion du mélange (argile-ciment) a été observée. L'ajout de 2 et 4 % de chaux entraîne une augmentation significative de la résistance à la flexion de 2,06 et 2,09 MPa. De plus, l'ajout de 6 % de chaux diminue la résistance à la flexion à 1,88 MPa. L'influence de l'ajout de fibres de verre sur la résistance à la flexion a un effet bénéfique sur le mélange, qui se traduit par une augmentation de 2,06, 2,18 et 2,31 MPa avec des pourcentages respectifs de 0,15, 0,25 et 0,35 %. Ceci est dû au comportement des fibres, connues pour s'opposer à la formation de microfissures à tendance s'étalant. Par conséquent, les briques renforcées de fibres de verre ont présenté une meilleure résistance à la flexion que tous les mélanges, à mesure que les fibres prennent le relais et que la charge recommence à augmenter.

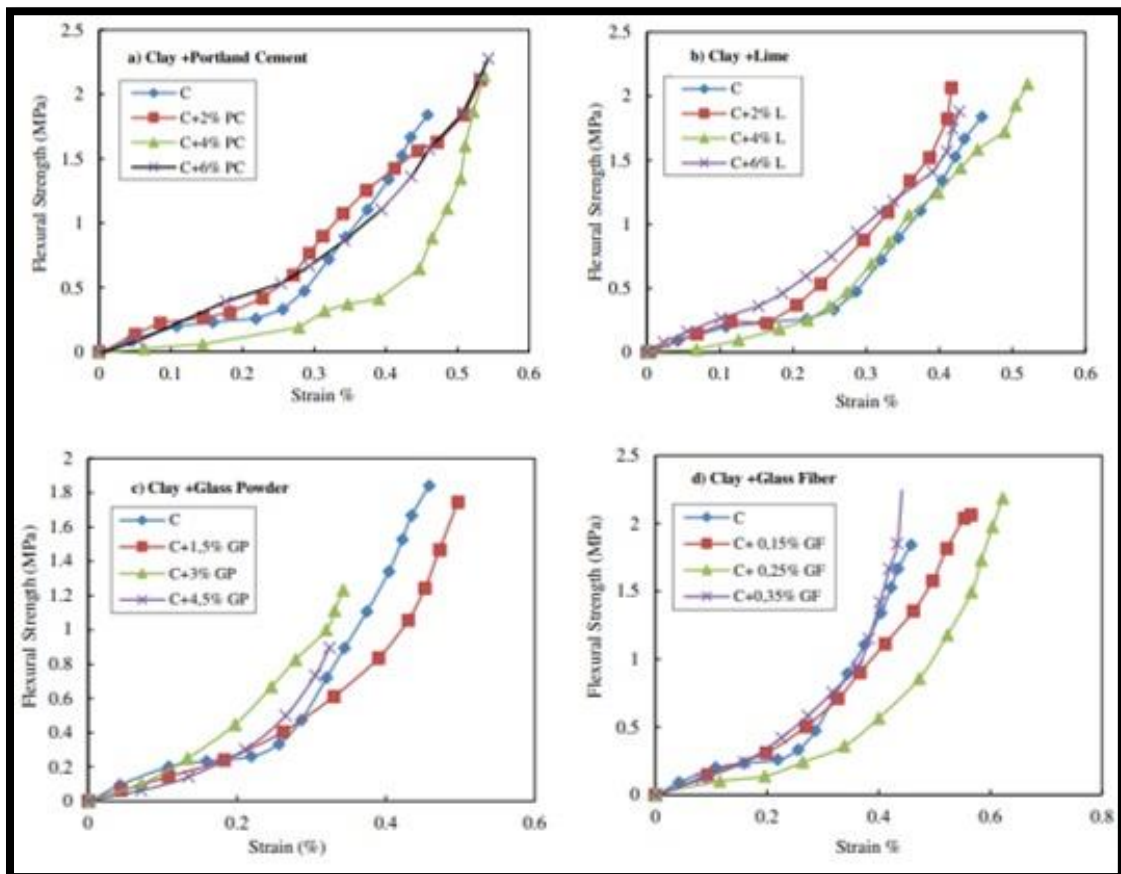


Figure III.6. Résistance à la traction des briques élaborées par Charif et coll.

Gueffaf et coll. [24] ont proposé une solution permettant de valoriser les sédiments du barrage de Koudiat Acerdoune (Algérie) comme matière première potentielle pour la fabrication des briques de sol stabilisés. Le rapport silice/alumine est de 6,57, ce qui suggérait la présence d'une quantité importante de silice libre dans le sédiment. Les sédiments présentaient une plasticité moyenne (IP) de 12,42 % et une limite de liquidité (WL) de 36,49 %. Pour la stabilisation des échantillons préparés, différents pourcentages de ciment et de chaux ont été choisis respectivement (0, 6, 8, 10 et 15 %), (0, 5, 8 et 10 %), ainsi que différentes pressions de compactage (2, 5 et 7 MPa).

Les auteurs ont effectué les essais d'absorption d'eau en immersion partielle en fonction des teneurs en additifs (ciment et chaux). L'augmentation des teneurs en ciment et en chaux réduit l'absorption d'eau (Fig. III.7). L'ajout de ciment induit une porosité superficielle moindre dans les briques par rapport aux briques stabilisés à la chaux et aux briques non stabilisés. Ce résultat est dû à la présence de particules de sédiments cimentés, qui remplissent les pores des briques et empêchent la floculation des particules contenues dans les sédiments. Cependant, la chaux ne réagit qu'avec les phases argileuses et les dimensions des pores sont directement liées à l'effort de compactage.

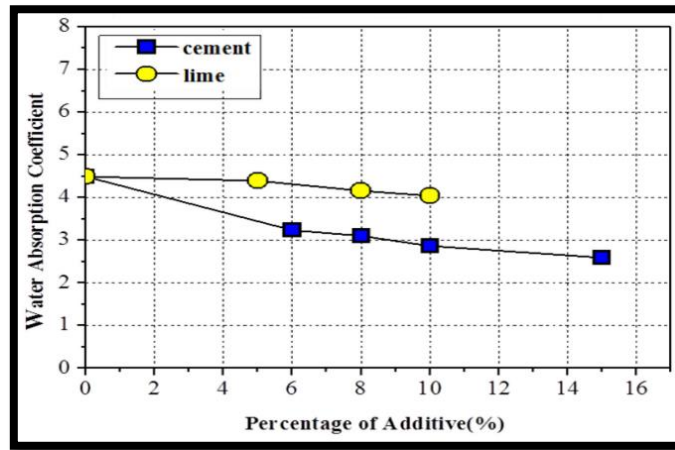


Figure III.7. Absorption d'eau lors de l'essai d'immersion partielle des briques de terre élaborées par Geuffaf et coll.

Les résultats de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique de différents échantillons, conduites par Gueffaf et coll., indiquent une diminution de la conductivité entre 0 et 6 % de ciment et entre 0 et 5 % de chaux (Fig. III.8). Les résultats montrent que la conductivité thermique des briques sédiments/ciment dépend de la teneur en ciment et augmente avec celle-ci. L'augmentation de la conductivité thermique au-delà de 6 % de ciment peut s'expliquer par une augmentation de la cohésion des différents composants des briques. En effet, l'hydratation du ciment permet la formation de composés (CSH et CH) qui renforcent les liaisons entre les composants et favorisent ainsi une diminution de la porosité, ce qui a pour conséquence de créer une structure interne continue et homogène. Cette structure est donc favorable au transfert thermique. Ceci explique l'augmentation de la conductivité thermique et de la capacité calorifique. Pour des éprouvettes stabilisées avec des teneurs en chaux comprises entre 5 % et 10 %, la conductivité thermique varie de 0,67 à 0,73 W/m.K, des valeurs inférieures à celles obtenues avec les briques stabilisés au ciment.

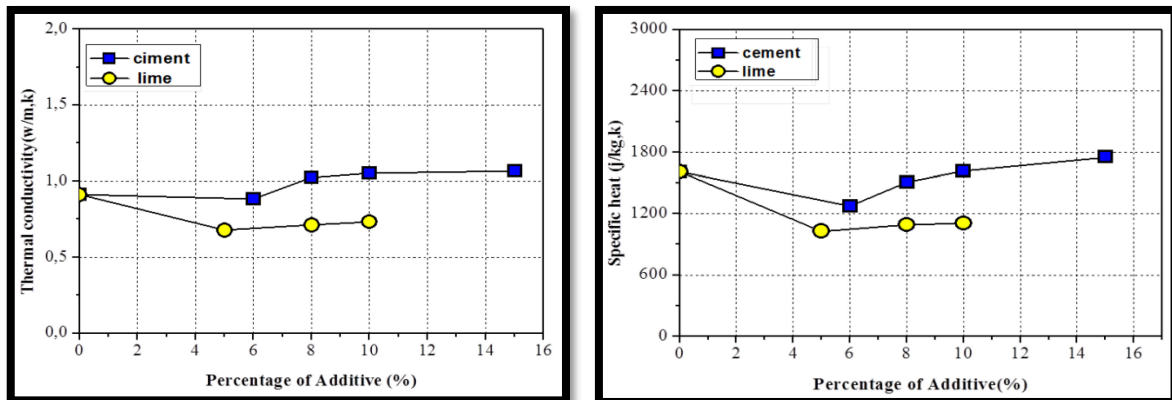


Figure III.8. Conductivité thermique et chaleur spécifique des briques de terre élaborées par Geuffaf et coll.

Hussain et coll. [25] ont étudié trois sédiments provenant du port, de la rivière et du barrage de Saint-Vidian (GAR). La matière organique des sédiments de GAR est très élevée (9,1 %), ainsi que leur limite de liquidité est de 76 % et leur humidité optimale est de 24 % par rapport aux autres sédiments.

Ils ont constaté que l'ajout de fibres augmente considérablement la résistance à la traction des briques de terre (Fig. III.9). Le comportement charge-déflexion des briques non renforcées à 0 % de fibres est cassant. L'ajout de fibres modifie le comportement en ductile à mesure que la

charge est transférée aux fibres. Les fibres naturelles augmentent la rigidité de ces briques en transformant leur comportement en ductile. Après la fissuration initiale, la charge est reprise par les fibres.

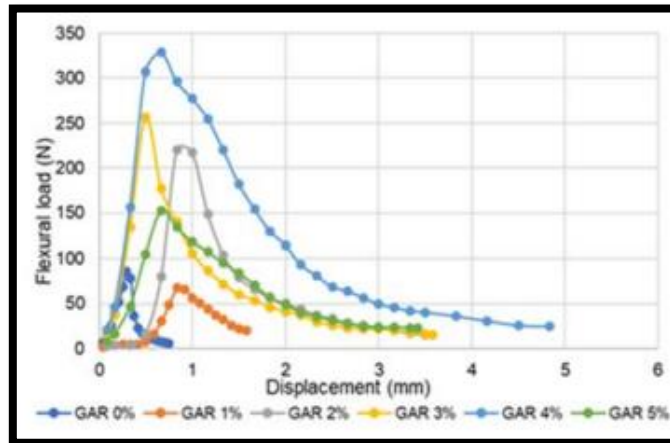


Figure III.9. Courbes de flexion des briques de terre élaborées par Hussain et coll.

La résistance à la traction des sédiments GAR est très faible par rapport aux autres sédiments (Tableau III.1). La résistance à la traction maximale des briques des sédiments GAR est maximale avec un ajout de 4 % de fibres. Le faible pourcentage de particules fines et la teneur élevée en matière organique des sédiments GAR expliquent en grande partie la faible résistance des briques. De plus, la morphologie, la granulométrie et le comportement à la traction des chènervis sont très différents de ceux des fibres de fleur de palmier à huile, ce qui influence également les performances des briques de sédiments.

Tableau III.1. Résistance à la traction des briques de terre.

Fiber content (%)	F = 0%	F = 1%	F = 2%	F = 3%	F = 4%	F = 5%
$\sigma_t$ (MPa) <i>USU</i>	1.79	1.79	2.56	3.19	2.02	2.59
$\sigma_t$ (MPa) <i>DK</i>	0.35	0.48	0.41	0.39	0.35	0.34
$\sigma_t$ (MPa) <i>GAR</i>	0.19	0.16	0.51	0.52	0.6	0.32

Sans l'ajout de fibre, Irie et coll. [26] utilisés quatre types de sédiments de dragage de Tunisie. Lors de l'essai de flexion en trois points, ils constatés que la charge a augmenté linéairement avec la croissance de la flèche, mais a diminué brusquement. La limite d'élasticité en traction correspond à la contrainte de traction exercée sur la surface extérieure au milieu de l'éprouvette lorsque la charge était maximale (Fig. III.10).

Le tableau III.2 présente la limite d'élasticité moyenne en traction des éprouvettes fabriquées à partir de sédiments. Comparés à l'argile utilisée en usine, seuls les sédiments du barrage de Mellegue ont montré une différence significative ( $t = 0,004$ ) et une résistance plus faible. Les autres sédiments ont présenté une valeur « t » supérieure à 0,05. En ce qui concerne les sédiments du barrage de Mellegue, une partie argileuse (grise) a été trouvée à l'intérieur de l'ardoise après cuisson. C'est l'une des raisons de la faible résistance. Dans cette étude, les ardoises ont été cuites selon le même procédé qu'en usine. Il est possible que la cuisson soit plus longue et à une température plus élevée.

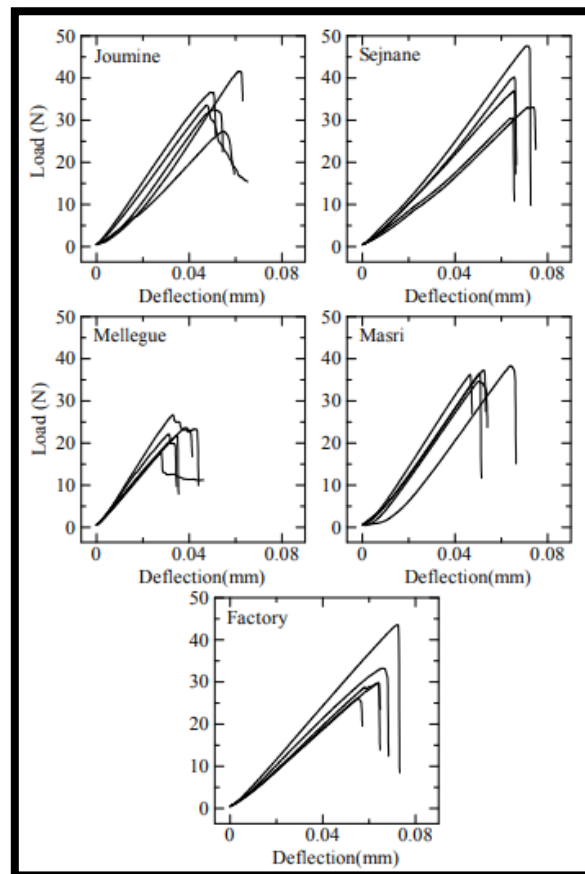


Figure III.10. Résultats de l'essai de flexion des briques de terre élaborées par Irie et coll.

Tableau III.2. Résistances à la flexion des briques élaborés par Irie et coll.

	Maximum Load (N)	Tensile yield strength (MPa)	Deflection at yield point (mm)
Joumine	34.36	12.37	0.053
Sejnane	37.70	13.57	0.068
Mellegue	22.34	8.04	0.033
Masri	36.57	13.17	0.053
Factory	32.52	11.71	0.064

### III.2. Brique cuite

Maarouf et coll. [27] ont utilisés la boue du barrage de Bouhanifia-Algérie. L'analyse granulométrique des sédiments du barrage, a donné environ 14,5 % de fraction argileuse, 70 % de limon et le reste du sable (matière décroissante). Après broyage, tamisage à 80  $\mu\text{m}$  et séchage à 105  $^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures, les échantillons de boue ont été mélangés à de l'eau jusqu'à obtention d'un état plastique. Les échantillons ont été cuites à 900 $^{\circ}\text{C}$ , 950  $^{\circ}\text{C}$ , 1 000  $^{\circ}\text{C}$  et 1 050  $^{\circ}\text{C}$ .

Après avoir été immergée pendant 24 heures dans de l'eau douce, l'absorption d'eau augmentée avec l'augmentation de la température de cuisson. La porosité est liée à la quantité d'eau absorbée, donc la porosité augmente avec la température de cuisson (Fig III. 11)

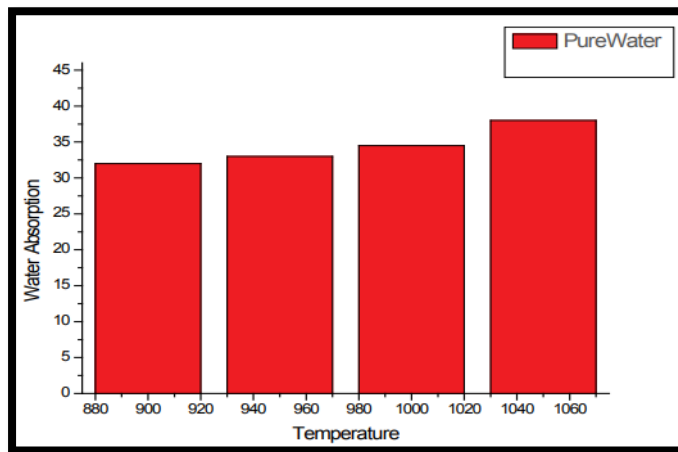


Figure III. 11. Pourcentage d'absorption d'eau des briques élaborées par Maarouf et coll.

La même tendance est constaté dans l'essai de gel-dégel (-15°C à +15°C). Ce test entraîne une légère augmentation de l'absorption d'eau, ce qui s'explique par la détérioration des échantillons analysés.

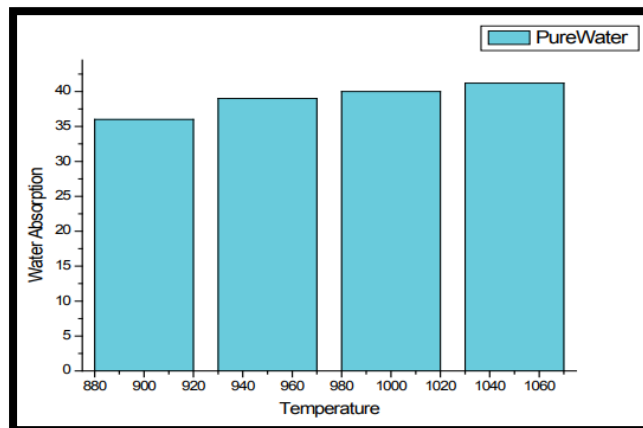


Figure III. 12. Absorption d'eau après 25 cycles de gel-dégel des briques élaborées par Maarouf et coll.

Jamshidi-Chenari et coll. [28] ont utilisé les sédiments du bassin du barrage de Sepidrud-Iran. Ces sédiments fins sont composés de 51 % d'argile et de 49 % de limon et considérés comme des argiles à haute plasticité (CH). Les limites de liquidité et de plasticité des sédiments fins sont respectivement de 51,3 % et 25 %. Différents mélanges ont été élaborés en variant le pourcentage de sédiments, du sable fin et de la sciure.

Jamshidi-Chenari et coll. remarqués que l'augmentation de la teneur en granulométrie fine entraîne une augmentation du retrait total des briques (Fig. III.13). La teneur en sable affecte aussi le comportement au retrait des échantillons de briques fabriqués à partir de sédiments mélangés à du sable fin. L'augmentation du pourcentage de sable entraîne une diminution du retrait total des briques. Cela est dû au fait que les inclusions de sable accélèrent le phénomène de tassement. Cependant, les auteurs pensent que l'efficacité de l'inclusion de sable sur les propriétés de retrait des briques produites dépendra du coefficient d'uniformité du sable, de la granulométrie moyenne et de l'angularité des particules. Il a également été démontré que les échantillons de briques amendées à la sciure de bois présentent un retrait inférieur à celui des échantillons de briques simples fabriquées à partir de sédiments argileux limoneux en raison de l'effet de renforcement des fibres de sciure de bois et de leur action de liaison.

L'utilisation conjointe de sable de dunes et de sciure de bois dans la production de briques d'argile entraînera un retrait encore plus faible (Fig. III.13). Cela est dû au fait que le sable et la sciure contribuent tous deux à la réduction du retrait, et leur inclusion conjointe accélère cet effet.

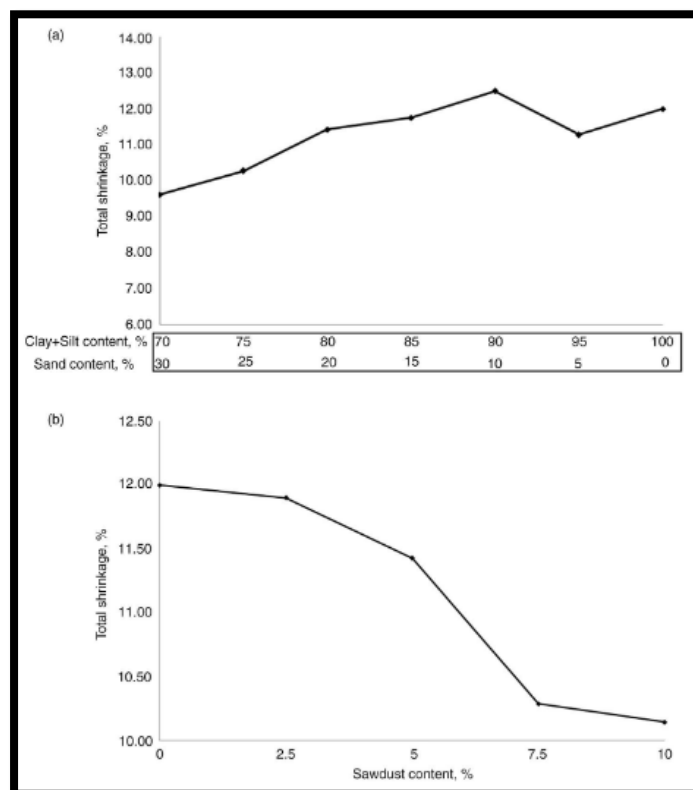


Figure III. 13. Variation du retrait total ; a) teneur en sédiment et en sable. b) inclusion de sciure de bois dans les briques élaborées par Jamshidi-Chenari et coll.

L'absorption d'eau est un facteur clé de la durabilité de la brique. Jamshidi-Chenari et coll. ont aussi effectués des essais d'absorption d'eau sur des briques d'argile cuites à 1 100 °C avec différentes teneurs en sable (Fig.III.14). Ils notés que les briques d'argile ordinaire absorbent plus d'eau que celles amendées au sable et donc une porosité moindre pour les briques amendées au sable par rapport aux briques d'argile ordinaire. Pour les échantillons de briques amendées à la sciure de bois le niveau d'absorption d'eau est directement lié à la quantité de sciure. L'augmentation de la teneur en sciure a entraîné une augmentation de l'absorption d'eau. Cela est dû au fait que les espaces occupés par les fibres de sciure sont laissés vides pendant et après le processus de cuisson lorsque les fibres de sciure organique brûlent complètement. Les vides sont des éléments absorbants d'eau augmentant la capacité d'absorption d'eau de la brique produite.

Selon le critère d'absorption d'eau des briques dans la norme ASTM C62-05, la limite seuil est de 17 % pour la brique de première classe (briques soumises à des conditions climatiques sévères - SW) et de 22 % pour la brique de deuxième classe (briques soumises à des conditions climatiques modérées - MW). Cependant, il n'existe aucune limite d'absorption d'eau en conditions de non-intempéries. Dans ce cas, les briques ne doivent pas être exposées aux intempéries ce qui signifie qu'elles peuvent être utilisées pour des applications intérieures, voire pour des murs extérieurs, à condition d'être recouvertes de matériaux de façade imperméables et de ne pas être directement exposées aux intempéries.

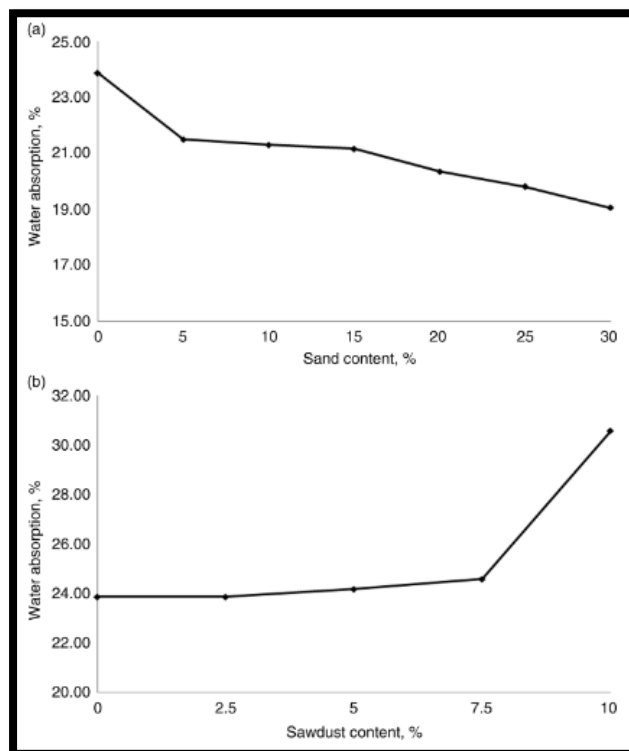


Figure III. 14. Variation de l'absorption d'eau avec ; a) la teneur en sable ; b) la teneur en sciure dans les briques élaborées par Jamshidi-Chenari et coll.

Hussain et coll. [29] se sont intéressés à la réutilisation des sédiments dragués du bassin fluvial Usumacinta-Mexico pour la fabrication de briques cuites. La teneur en calcite de ces sédiments varie de 1,9 à 8,73 %. La matière organique était inférieure à 5 %, ce qui est faible et favorable à la fabrication de briques, car une teneur élevée en matière organique augmente la porosité et l'absorption d'eau des briques, tout en diminuant leur résistance.

Le retrait linéaire et la densité des briques fabriquées avec 100 % de sédiments par Hussain et coll. à différentes températures de cuisson sont présentés dans le tableau III.3. Le retrait linéaire varie selon les propriétés des sédiments. Un retrait linéaire plus élevé est généralement associé à une teneur en humidité de moulage plus élevée, à une teneur en matière organique plus élevée et à une teneur en argile plus élevée. De même, avec l'augmentation des températures, le retrait linéaire des briques augmente. À haute température, autour de 1 100 °C, les pores des briques se remplissent par vitrification, ce qui diminue leur densité et augmente leur retrait linéaire.

Le tableau III.3 montre que la densité des briques augmente avec la température, car les pores se réduisent avec la température en raison de la phase amorphe. De plus, les sédiments argileux présentent un retrait plus important au séchage, ce qui augmente leur densité.

Tableau III.3. Retrait linéaire et densité des briques élaborées par Hussain et coll.

Sediments	Linear shrinkage					Density				
	LS (%)	LS (%)	LS (%)	LS (%)	LS (%)	$\rho$	$\rho$	$\rho$	$\rho$	$\rho$
	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kg/m3)
T1	0.6	0.9	1.6	0.7	1.7	994	1268	1303	1188	1244
T2	0.6	0.9	1.6	0.7	1.7	1146	1155	1148	-	1320
T5	10.7	10.2	12.8	11.1	13.2	1683	1606	1724	1672	1818
T6	1.2	2.1	2.3	3.4	3.4	1321	1337	1277	1358	1432
J3	4.9	4.6	4.6	5.7	6.9	1331	1281	1226	1302	1401
J4	12.7	13.9	12.9	12.1	13.5	1702	1588	1554	1666	1637

Les briques présentent une bonne résistance à la compression elle augmente avec la température (Tableau III.4). Cependant, une température de cuisson élevée augmente le coût et diminue le caractère écologique des briques. La résistance à la compression recommandée varie selon les normes et dépend également de l'utilisation des briques. Selon les normes indiennes, la résistance à la compression minimale recommandée est d'environ 3 MPa, tandis que selon les normes ASTM, elle est d'environ 15 MPa. La résistance à la flexion (résistance à la traction indirecte) des briques cuites est directement proportionnelle à leur résistance à la compression.

Les caractéristiques mécaniques des briques cuites montrent que leur résistance est fortement influencée par la granulométrie et la minéralogie. Le pourcentage de particules fines et de minéraux argileux est un facteur important qui influence la résistance des briques. Les sédiments T2, riches en sable et présentant un faible MBV, présentent une très faible résistance à la compression et à la traction, et les briques issues de ces sédiments sont fragiles. Les briques des sédiments T6 et J3 présentent une bonne résistance à la compression et à la traction à haute température. Une résistance supérieure est obtenue à température modérée avec les sédiments T5 et J4, qui présentent un pourcentage comparativement plus faible de carbonates (calcite et dolomite). La teneur en quartz des sédiments J4 est considérablement plus faible que celle des autres sédiments, tandis que la présence de minéraux argileux, tels que la montmorillonite (17 %), l'illite (6,4 %) et la vermiculite (17,1 %), y est significativement plus élevée. Les minéraux argileux sont responsables de la plasticité des sédiments, essentielle à la résistance des briques. L'effet de la teneur en oxyde des sédiments sur les briques cuites est mal connu, car tous les sédiments présentent une teneur en oxyde adéquate, mais la résistance des briques varie considérablement. L'approche de Winkler concernant les briques cuites semble mieux répondre à la question de l'adéquation des sédiments aux briques cuites, car les sédiments (T5, J4) proches de la zone propice à la fabrication des briques présentent une bonne résistance.

Tableau III.4. Résistance à la compression des briques élaborées par Hussain et coll.

	Sediments	700 °C	800 °C	850 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C
Compressive strength (MPa)	T1	0.40	0.57	0.53	1.84	0.68	2.69
	T2	0.10	0.12	0.94	0.83	0.67	2.00
	T5	15.51	7.59	4.92	13.15	9.04	16.67
	T6	1.33	2.18	2.04	2.93	1.93	6.75
	J3	2.46	3.50	3.00	6.25	3.76	9.05
	J4	17.04	19.00	19.15	15.57	15.65	19.38

Chiang et coll. [30] ont travaillé sur des sédiments collectés du barrage Shi-Men, dans le comté de Tao-Yuan, à Taiwan. Des argiles de granulométrie comprise entre 74 et 300  $\mu\text{m}$  ont été mélangées aux sédiments pour produire des mélanges homogènes avec des ajouts d'argile de 0 %, 5 %, 10 % et 20 % (en poids sec).

L'effet de la température de frittage sur la densité des sédiments de réservoir a été étudié (Fig. III.15). Les auteurs concluent que la température de frittage est un facteur clé qui contrôle

les caractéristiques des échantillons frittés. Une teneur en argile plus faible produit des densités plus élevées. Avec un ajout d'argile de 20 %, la densité des échantillons frittés a légèrement diminué lorsque la température de frittage est passée de 1 100 à 1150 °C. Le frittage des sédiments du réservoir remplacés par un rapport d'ajout d'argile différent a permis de produire des briques de construction de densité relativement élevée. Les densités des échantillons frittés étaient supérieures aux critères empiriques taiwanais, ce qui indique que ces matériaux céramiques sont adaptés aux applications de construction.

Selon les résultats (Fig. III.15), la porosité ouverte diminuait avec l'augmentation de la température de frittage ainsi que la diminution de l'ajout d'argile. La porosité ouverte a diminué de 40 % à 5 % lorsque la température de frittage a été augmentée entre 1 000 et 1 100 °C. La porosité la moins ouverte s'est produite à 1 100 °C et au-dessus, là où les échantillons frittés étaient bien densifiés.

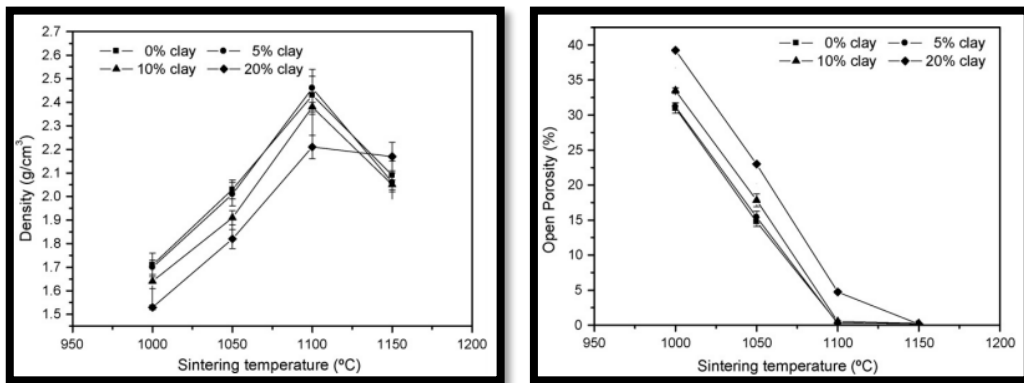


Figure III. 15. La densité et la porosité ouvertes des briques élaborés par Chiang et coll.

La densification des échantillons s'est produite par l'augmentation du taux de retrait (Fig. III.16). Le taux de retrait augmente significativement avec la température de frittage. Dans le cas d'un ajout d'argile de 0 à 10 %, le retrait de l'échantillon fritté diminue légèrement avec l'augmentation de la température de 1 100 à 1 150 °C. Le taux de retrait augmentait tandis que l'absorption d'eau diminuait. On peut en conclure que les meilleures conditions pour les échantillons frittés étaient un taux de retrait plus élevé et une absorption d'eau plus faible.

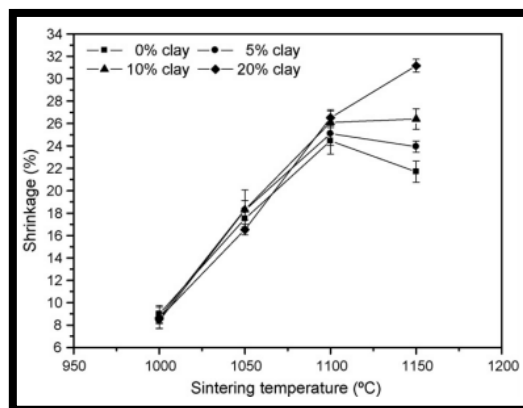


Figure III. 16. Effet de la température sur le retrait des briques élaborés par Chiang et coll.

Huang et coll. [31] ont utilisé les sédiments du barrage de Shi-Men dans le comté de Taoyuan-Taiwan. Les sédiments présentaient une faible teneur en matières organiques, une teneur élevée en éléments Si et Al. La teneur en cendres des sédiments du barrage est élevée, atteignant 90,66 %.

Une plage de températures de frittage de 950°C à 1150°C a été appliquée. Ces températures ont eu un effet minimal sur la perte de poids, qui est de l'ordre de 2 %, en raison de leur faible teneur en matières organiques. Cependant, la température a affecté significativement le retrait à la cuisson, l'absorption d'eau, la masse volumique (Fig. III.17). Le frittage des sédiments de barrage présentait un retrait à la cuisson beaucoup plus faible que celui des boues de la station d'épuration WTP en raison de leur teneur en cendres plus élevée. Néanmoins, ce produit présentait une teinte écarlate. Une technologie doit être développée pour modifier cette couleur avant que la brique de tuiles ne soit utilisée dans la pratique.

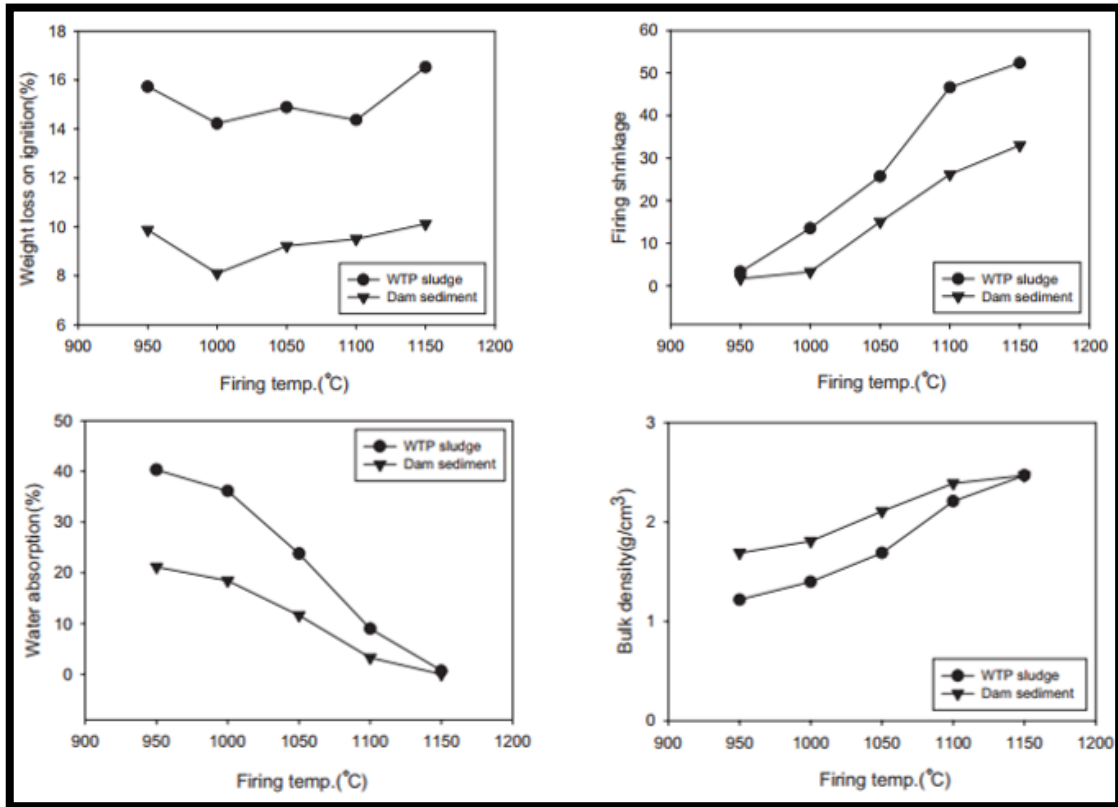


Figure III. 17. Effet de la température sur la masse, le retrait, absorption d'eau et la masse volumique des briques élaborés par Huang et coll.

Afin de valoriser les deux boues, celles-ci ont été mélangées dans diverses proportions. Le ratio de boues de la station d'épuration WTP variait de 0 à 20 %. L'augmentation de la proportion de WTP a produit des agglomérats avec une absorption d'eau plus élevée. L'augmentation de la température de traitement a réduit l'absorption. La masse volumique a augmenté avec l'augmentation de la température de cuisson. Le remplacement des sédiments du barrage par WTP a légèrement diminué la masse volumique en raison d'une porosité plus élevée. L'ajout de boues WTP a diminué la résistance à la compression mais cette observation n'était pas significative à une température plus élevée, 1 100 °C (Fig. III.18).

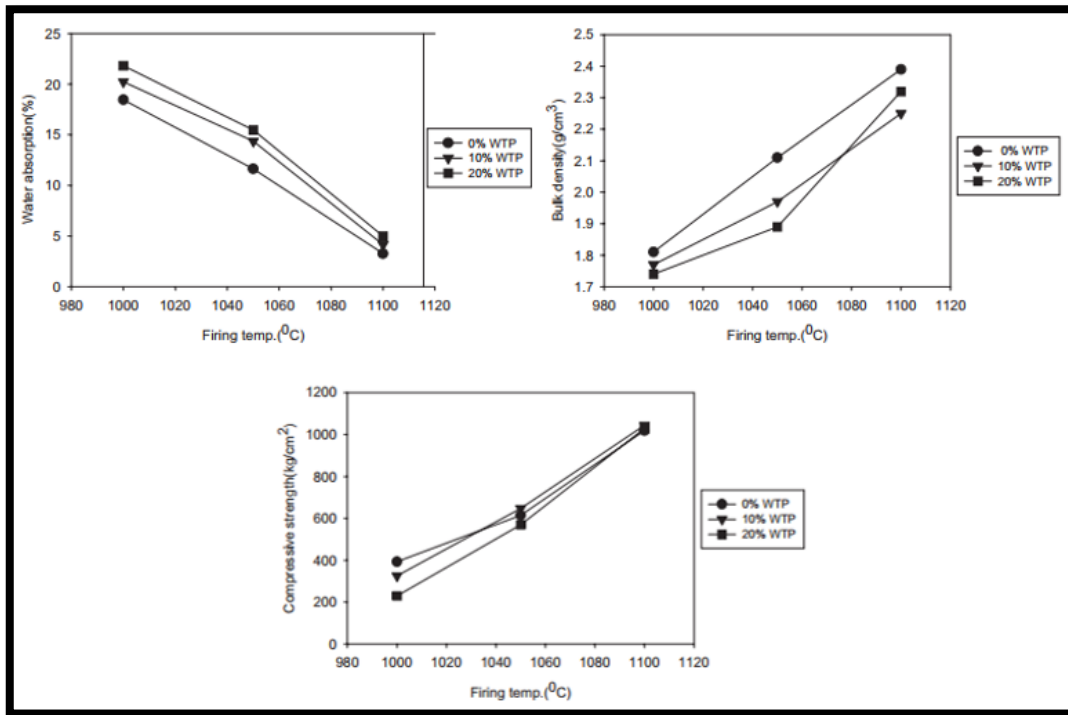


Figure III. 18. Effet de la température sur l'absorption d'eau, la masse volumique et la résistance à la compression des briques élaborés par Huang et coll.

Goure-Doubi et coll. [32] ont prélevé des sédiments de deux réservoirs de barrages. L'échantillon ISE avait un aspect homogène et sa couleur varie du brun au gris, l'échantillon RHI présentait un aspect boueux, et contient de nombreux coquillages et divers résidus végétaux. Les masses volumiques des sédiments varient entre 2,5 et 2,7 g.cm<sup>-3</sup> et sont cohérentes avec les valeurs obtenues pour la plupart des argiles brutes utilisées dans l'industrie céramique traditionnelle. La valeur de surface spécifique BET obtenue pour les sédiments ISE est de 12,45 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>, tandis que celle obtenue pour les sédiments RHI est inférieure (6,15 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>).

Les auteurs ont constaté que la porosité des briques RHI cuites à 1125°C est plus importante que celle des échantillons cuits ISE. De plus, pour ces sédiments, les briques cuites obtenues présentent des densités plus faibles (entre 1,37 et 1,52 g.cm<sup>-3</sup>) que celles de la plupart des briques en terre cuite commerciales (entre 1,8 à 2 g.cm<sup>-3</sup>). Les valeurs d'absorption d'eau des briques cuites ISE et RHI sont déterminés. Les valeurs obtenues varient de 25 % à 31 % et sont proches des exigences autorisées pour les applications de briques cuites. Ces valeurs élevées d'absorption d'eau sont justifiées par le niveau de porosité totale des échantillons étudiés. Néanmoins, les conductivités thermiques effectives correspondantes (0,44 W.m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> pour l'échantillon ISE et 0,66 W.m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> pour l'échantillon RHI) sont très satisfaisantes pour une application finale comme briques cuites de construction. La tendance observée pour les deux sédiments est influencée par leur porosité, mais aussi par leur composition minéralogique selon la littérature (Fig. III.19).

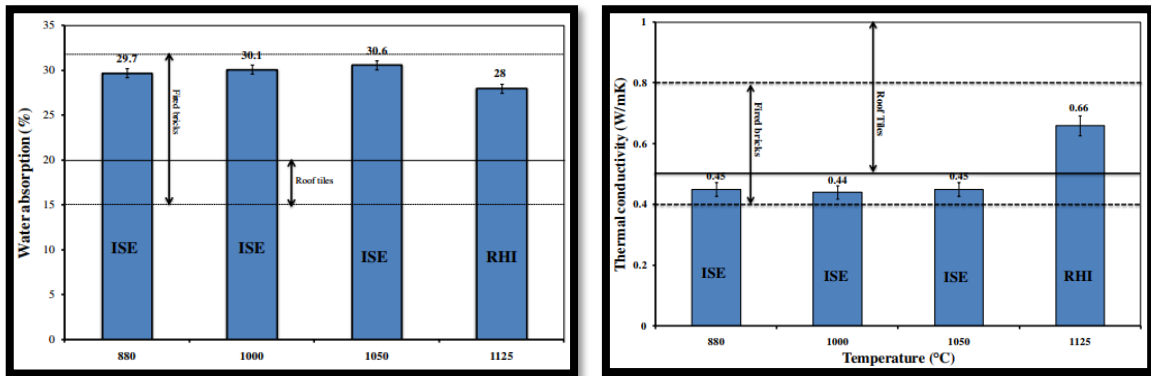


Figure III. 19. Effet de la température sur l'absorption d'eau et la conductivité thermique des briques élaborés par Goure-Doubi et coll.

Goure-Doubi et coll. remarqués que l'échantillon RHI présente de larges pores et une structure lâche, ce qui nuit aux propriétés d'utilisation. Par conséquent, les sédiments RHI ne peuvent pas être utilisés seuls comme produits de construction céramiques standard. L'ajout d'argile plastique aux sédiments RHI a permis de réduire le retrait et d'améliorer la plasticité de la céramique crue. L'ajout de 20 % en masse d'argile RR40® (argile plastique) a permis d'améliorer la résistance à la flexion des briques cuites à base de RHI.

Ce comportement observé est supposé résulter de la microstructure plus densifiée des briques cuites et d'une consolidation plus précoce grâce aux transformations thermiques induites par l'ajout d'argile. Les images MEB (Fig III.20) ont permis d'observer les différences de distribution des pores et les liaisons de striction/pontage entre les grains résiduels. De plus, les analyses DRX (Fig. III.21) des produits cuits indiquent la formation de phases à haute température telles que la wollastonite ( $\text{CaSiO}_3$ ), la géhlénite ( $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$ ), l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et l'anorthite ( $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ ), susceptibles de contribuer à la consolidation des échantillons cuits.

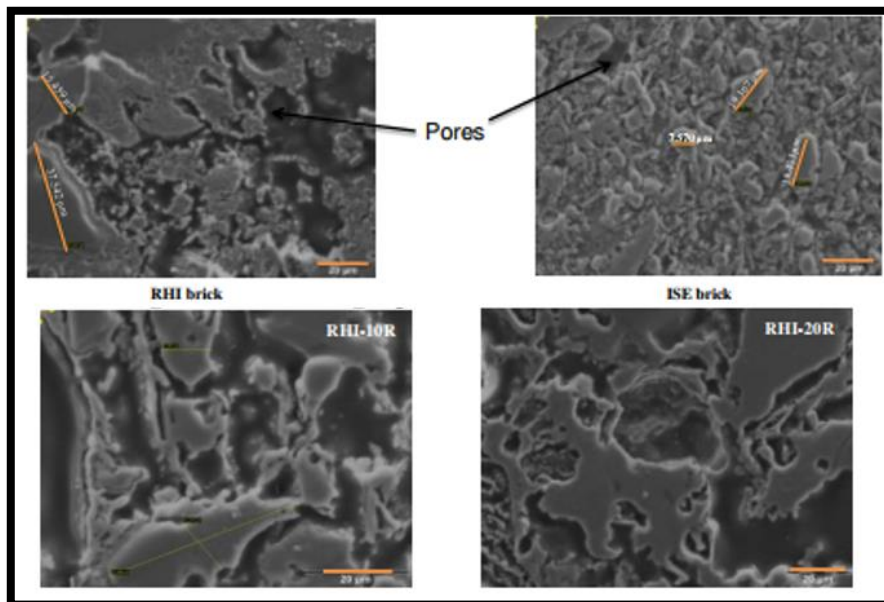


Figure III. 20. Images MEB des briques élaborés par Goure-Doubi et coll.

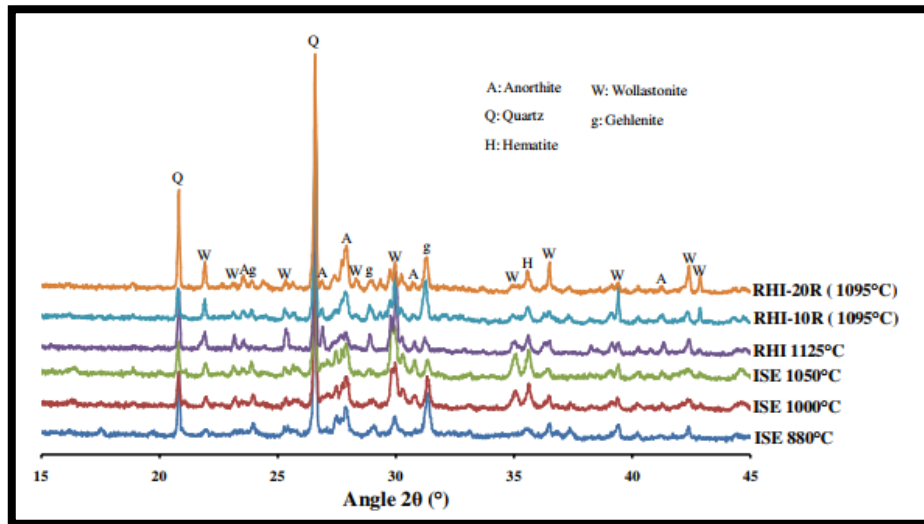


Figure III. 21. DRX des briques élaborés par Goure-Doubi et coll.



## **Conclusion générale**



## CONCLUSION GENERALE

L'accumulation de sédiments (limon, argile, sable) dans le réservoir, réduit la capacité de stockage et l'efficacité du barrage. Ce phénomène a des conséquences majeures sur la durée de vie du barrage, sa capacité de régulation et la qualité de l'eau stockée. Les principales causes de cette accumulation est l'érosion des sols due à la pluie, à la déforestation, à des pratiques agricoles inappropriées, etc.

Les sédiments de dragage désignent les matériaux extraits du fond des cours d'eau lors des opérations de dragage. Ces matériaux comprennent généralement des boues, des débris et parfois des contaminants. Leur traitement pose souvent des problèmes en raison de leur forte teneur en eau, de leur faible résistance et de leur potentiel de contamination. Les sédiments ne peuvent pas être réutilisés sous forme de boues. Dans tous les cas, ils doivent être déshydratés pour obtenir une consistance de sol normale. En cas de contamination, les sédiments dragués doivent subir un traitement spécial pour éliminer leurs effets nocifs. Des procédés de stabilisation sont utilisés pour maîtriser les contaminants.

Le développement économique actuel, combiné à la croissance démographique rapide et au manque d'éducation environnementale, a engendré des ruptures écologiques qui menacent la capacité de la planète à supporter les chocs. Parmi ces ruptures écologiques, on peut citer les impacts environnementaux négatifs résultant de l'extraction inconsidérée des ressources minérales.

L'extraction d'argile, bien que cruciale pour les industries, a des impacts environnementaux importants, notamment la pollution de l'eau et de l'air, l'érosion des sols, la perte de biodiversité et l'altération des paysages. Ces impacts peuvent affecter les écosystèmes terrestres et aquatiques, entraînant potentiellement des dommages et des difficultés à long terme pour les communautés environnantes.

Afin de limiter ou réduire cette extraction, plusieurs chercheurs envisagent d'inclure les sédiments de dragage des barrages à côté de l'argile, pour produire des briques. Après étude de plusieurs documents on a constaté les points suivants :

\* L'utilisation de la pression et des liants comme le ciment ou la chaux, améliorent les propriétés mécaniques et la résistance à l'absorption d'eau des briques. Le volume des vides diminue avec l'augmentation de la pression et de la teneur en ciment.

\*Les teneurs en argile, limon, et sable sont très importantes à déterminer avant l'incorporation de la boue. La granulométrie et la minéralogie influencent les caractéristiques finales.

\*Une teneur élevée en matière organique augmente la porosité et l'absorption d'eau des briques, conduisant à une diminution de la résistance.

\*Le retrait sera plus élevé si l'humidité de moulage le sera, ainsi que la teneur en matière organique et la teneur en argile.

\*Une température de cuisson élevée n'est pas synonyme d'une bonne brique. L'augmentation du coût d'énergie doit être pris en compte.

Lors de cette étude on a remarqué l'absence d'études à long durée sous l'influence d'intempéries naturelles. Des études de durabilité face aux agressions naturelles sont à prescrire



## **Références bibliographiques**



## Référence bibliographie

- [1]-Schleiss, A. J., & Pougatsch, H. (2011). *Les barrages: du projet à la mise en service* (Vol. 17). EPFL Press.
- [2]-Cours pédagogique, Université Mostafa Ben Boulaid-Batna, Département de géologie. [https://geo.univbatna2.dz/sites/default/files/geo/files/techniques\\_de\\_mobilisation\\_des\\_ressources\\_en\\_eau\\_barrages.pdf](https://geo.univbatna2.dz/sites/default/files/geo/files/techniques_de_mobilisation_des_ressources_en_eau_barrages.pdf). Consulté le 11/02/2025.
- [3]-Schmitt, R. J. P., & Rosa, L. (2024). Dams for hydropower and irrigation: Trends, challenges, and alternatives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 199, 114439.
- [4]-Tortajada, C. (2015). Dams: an essential component of development. *Journal of Hydrologic Engineering*, 20(1), A4014005
- [5]-Flörke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F., & Alcamo, J. (2013). Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change*, 23(1), 144-156.
- [6]- P. RIGO, Notes de cours, Faculté des Sciences Appliquées Département ArGEnCo, Voiesnavigables et constructions hydrauliques, [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/73893/1/CoursConstructionhydraulR\\_7c16bce6e4223c2b3e6.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/73893/1/CoursConstructionhydraulR_7c16bce6e4223c2b3e6.pdf). Consulté le 11/02/2025
- [7]-Ouamane, A., Sekkour, I., & Athmani, B. (2022). Mobilisation des eaux de surface: Commentaires généraux sur les barrages en Algérie dans le passé, le présent et le futur. *Agua y Territorio/Water and Landscape*, (20), e5298-e5298
- [8]-Remini, B. (2010). La problématique de l'eau en Algérie du nord. *LARHYSS Journal*, (8), 27-46
- [9]-Boukhalfa K., « L'Algérie mise sur 34 nouveaux barrages pour renforcer sa sécurité hydrique », journal « [Aujourd'hui News](https://aujourdhuinews.dz/2024/12/02/algerie-mise-sur-34-nouveaux-barrages-pour-renforcer-sa-securite-hydrique/) », <https://aujourdhuinews.dz/2024/12/02/algerie-mise-sur-34-nouveaux-barrages-pour-renforcer-sa-securite-hydrique/>, consulté le 24/03/2025
- [10]- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_barrages\\_hydro%C3%A9lectriques\\_les\\_plus\\_puissants](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_barrages_hydro%C3%A9lectriques_les_plus_puissants), consulté le 24/03/2025
- [11]-Migniot, C. (1989). Tassement et rhéologie des vases. Deuxième partie. La houille blanche, 75(2), 95-112.
- [12]-Remini, B., & Bensafia, D. (2016). Envasement des barrages dans les régions arides exemples algériens. *Larhyss journal*, 13(3), 63-90.
- [13]-Chikouche M.A. (2016). Optimisation des ajouts a base d'argiles et vaseuses et son effet sur les propriétés des matériaux cimentaires (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Institut de Génie Civil).

- [14]- Laurent, F., & Rossignol, J. P. (2003). Cartographie des propriétés hydriques des sols à partir de la lithologie et des pentes. Application au bassin versant de la Moine (France, Maine-et-Loire). *EGS*, 10(3), 155-170
- [15]-Mazour, M., &Roose, E. (1996). Influence de la couverture végétale sur le ruissellement et l'érosion des sols sur parcelles d'érosion dans des bassins versants du Nord-Ouest de l'Algérie.
- [16]-Andréassian, V. (2004). Couvert forestier et comportement hydrologique des bassins versants. *La houille blanche*, 90(2), 31-35.
- [17]- GAUTHIER, P. A. (2014). Approche expérimentale de valorisation des sédiments de dragage dans des applications de Génie Civil (Doctoral dissertation, Mines Douai).
- [18]-Abidi, I., Benamara, L., Correia, A. A. S., Pinto, M. I. M., & Cunha, P. P. (2021). Characterization of dredgedsediments of Bouhanifiadam:potential use as a rawmaterial. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(23), 2631.
- [19]-Benasla, M., Benamara, L., &Hadjel, M. (2015). Characterization of dredgingmud dam Oued Fodda and valorization as a building material. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(2), 546-558.
- [20]-Chikouche, M. A. (2021, June). Valorization of HeatTreatedDredgedSludge in the Cement Matrix of Ordinary Concrete. In *Annales de Chimie Science des Matériaux* (Vol. 45, No. 3).
- [21]-Mohammed, B. S., Woen, E. L., Malek, M. A., Sing, W. L., Abbas, N. A., Yusop, H., Muda, R.S., Hashim, M.,& Yong, U. (2013). Development of sediment brick utilizingreservoirsediment and flyash. *AppliedMechanics and Materials*, 420, 276-280.
- [22]-Bhairappanavar, S., Liu, R., &Shakoor, A. (2021). Eco-friendly dredgedmaterial-cement bricks. *Construction and Building Materials*, 271, 121524.
- [23]-Cherif, B. A., Ali, F., Tarek, M., &Massouh, F. (2021). Mechanical behavior of the extraction mud dam for use in the manufacture of CEB. *Civil Engineering Journal*, 7(10), 1774-1786.
- [24]-Gueffaf, N., Rabehi, B., &Boumchedda, K. (2020). Recycling dam sediments for the elaboration of stabilized blocks. *International journal of engineering research in Africa*, 50, 131-144.
- [25]-Hussain, M., Levacher, D., Leblanc, N., Zmamou, H., Djeran-Maigre, I., &Razakamanantsoa, A. (2022). Possible recycling of dredgedsediments in earth bricks-case studies of marine, fluvial and dam sediments. In *XVIIèmes Journées Nationales Génie Côtier–Génie Civil* (Vol. 17, pp. pp-765). Paralia.
- [26]-Irie, M., Kashiwagi, K., Ujiie, K., Nsiri, I., Bouguerra, S., &Tarhouni, J. (2012). Feasibility of exploitation of the sediment in the reservoirs for the sustainability of surface water resource in Tunisia. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (EnvironmentalResearch)*, 68(6), II41-II46.

- [27]-Maarouf, H., Semcha, A., Mahmoudi, N., Bouhamou, N., Benzerzour, M., & Maherzi, W. (2018). Experimental study on the reuse of a dredging sludge from west of Algeria in brick fabrication. *Journal of Materials and Engineering Structures «JMES»*, 5(2), 163-172.
- [28]-Jamshidi-Chenari, R., Rabanifar, H., & Veisheh, S. (2015). Utilisation of Sepidrud dam basin sediments in fired clay bricks: laboratory scale experiment. *Materiales de Construcción*, 65(320), e066-e066.
- [29]-Hussain, M., Levacher, D., Leblanc, N., Zmamou, H., Djeran-Maigre, I., Razakamanantsoa, A., & Hussain, A. (2023). A possible direct recycling of dredged sediments from the Usumacinta River (Mexico) into fired bricks. *Clean Technologies and Recycling*, 3, 172-192.
- [30]-Chiang, K. Y., Chien, K. L., & Hwang, S. J. (2008). Study on the characteristics of building bricks produced from reservoir sediment. *Journal of Hazardous Materials*, 159(2-3), 499-504.
- [31]-Huang, C., Pan, J. R., Sun, K. D., & Liaw, C. T. (2001). Reuse of water treatment plant sludge and dam sediment in brick-making. *Water Science and Technology*, 44(10), 273-277.
- [32]-Gouré-Doubi, H., Lecomte-Nana, G., They, F., Peyratout, C., Anger, B., & Levacher, D. (2015). Characterization and valorization of dam sediment as ceramic materials. *Int. J. Eng. Innov. Technol*, 4(8), 84-91.