

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la Technologie*

*Département de Génie de l'Environnement*

*Mémoire*

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

**FILIÈRE : Génie des Procédés**

**Spécialité : Génie des Procédés de l'Environnement**

Par

➤ **Oulmi Samira**

*Intitulé*

***Valorisation de sous-produit oléicole dans la fabrication de terre cuite***

*Soutenu le : 03/07/2023.*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M. Kars Houssam Eddine</i>	<i>MCB</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.Hallati Abd Elhak</i>	<i>Prof</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.Riad Ayeche</i>	<i>MCA</i>	<i>Encadrant</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.Oussama kessal</i>	<i>MCA</i>	<i>Co-encadrant</i>	<i>Univ-BBA</i>

*Année Universitaire 2023/2024*



# Remerciements

*Je tenais à remercier avant tout dieu tout puissant qui nous a donné la volonté, la force et la patience pour élaborer mon travail.*

*Les travaux reportés dans ce mémoire ont été effectués au laboratoire de briqueterie SARL GIPAR. Alors, nous remercions les professeurs **Farid et Zoubir** les ingénieurs du laboratoire de génie civil, pour son accueil.*

*Je remercie particulièrement mon encadrant "**M. Riad Ayeche** " et mon Co-encadrant "**M. Oussama Kessal** " pour leur aide précieuse, leur conseils constructifs et orientations d'efforts pour la réalisation de ce travail.*

*Je remercie vont à **M. Kars** d'avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Je remercie le **M. Hallati** d'avoir accepté l'examination de ce travail.*


*Je remercie également tous les enseignants du département de Génie de l'Environnement.*

*Enfin, je remercie aussi toutes les personnes qui ont apporté leurs aides pour l'accomplissement de ce modeste travail.*




# *Dédicace*

*A **ma mère**, la lumière de ma vie, la source de mes efforts.*



*Tu représentes pour moi le symbole de la femme forte et courageuse,  
tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le  
bon chemin dans leur vie et leurs études. Je voudrais te remercier pour  
ton amour et surtout pour tous les sacrifices que tu as consentis pour  
nous.*



*A **mon père**, mon exemple éternel, je te remercie pour tout le soutien  
et l'amour que tu ma porter depuis toujours.*

*A mon frère et mon héros : Mohamed.*

*A ma moitié et mon bon exemple dans la vie, ma sœur : Asma et ma  
chère sœur Karima.*

*A ceux que j'aime beaucoup, qui m'ont toujours soutenue, et étaient  
toujours à mes côtés,*



## ***Sommaire :***

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale..... 1**

### **Chapitre I : production d'huile d'olive et leur impact environnemental**

I.1.Introduction.....	3
I.2. Production d'huile d'olive .....	3
I.2.1. Production mondiale .....	<b>3</b>
I.2.2. Production Algérienne.....	4
I.2.3. Processus d'extraction d'huile d'olive .....	5
I.3. Les margines .....	6
I.3.1. Généralité .....	6
I.3.2. Définition .....	6
I.3.3. Déchet liquide .....	8
I.3.3. Caractérisations physiques et chimiques des margines.....	8
I.3.4. Compositions des margines.....	8
I.3.5. Impact des margines.....	9
a) Impact sur les eaux .....	9
b) Impact sur les sols .....	10
c) Impact sur l'air .....	10
I.3.6. Cadre législatif et normatif des rejets d'eau usées du secteur oléicoles.....	10

I.3.7. Traitement et valorisation des margines.....	12
1) Traitement des margines .....	12
2) Valorisation des margines .....	12
I.4. Grignons d'olive .....	14
I.4.1. Définition .....	14
I.4.2. Différents types de grignons d'olive <sup>[28]</sup> .....	14
a) Les grignons bruts .....	14
b) Grignons épuisés.....	14
c) Grignons épuisés partiellement dénoyautés.....	15
I.3.3. Caractérisations physique et chimiques des grignons d'olive.....	15
I.3.4. Utilisations des grignons d'olive.....	15

## **Chapitre II : terre cuite et son processus de fabrication**

II.1. Historique de terre cuite.....	16
II.2. Définition de terre cuite .....	16
II. 3. Compositions de terre cuite .....	16
II.3.1. Matière première.....	17
II.3.2. Caractérisation des principales argiles.....	18
II.3.2.1. Types de terre cuite .....	18
II.3.2.2. Autres caractéristiques de terre cuite.....	18
II.3.2.3. Processus de fabrication de terre cuite.....	19
1) Extraction.....	19
2) Préparation de l'argile.....	19
3) Broyage et malaxage.....	20

4) Moulage de brique .....	20
5) Séchage .....	21
6) Cuisson .....	21
7) Refroidissement .....	22
II.3.3. Déchet de brique rouge .....	22
II.3.3.1. Définition .....	22
II.3.3.2. Caractérisation de déchet de brique rouge .....	23

### **Chapitre III : Matériels et plans d'expériences**

III.1. Rappel des objectifs.....	24
III.2. Matériels et méthodes.....	24
III.2.1. Margine.....	24
III.2.2. Déchet de brique rouge .....	24
III.2.3. Matériels utilisés.....	24
III.3. Préparation des mélanges .....	25
III.3.2. Caractérisations physique et chimique des margines .....	27
III.3.1 Ph.....	27
III.3.2 Conductivité.....	27
III.3.3 DBO5.....	27
III.3.4 Humidité .....	27
III.5. Définition de plan d'expérience .....	28
III.5.1. Domaine expérimental .....	28
III.5.2. Démarche mythologique d'un plan d'expérience .....	28
III.6. Types de plan d'expériences .....	29

III.6.1 Plan factoriel complet.....	29
III.6.2 Plan factoriel complet à deux niveaux.....	29
III.7. Analyses des résultats.....	29
III.7.1. Analyses de régression .....	29
III.7.2. Analyse graphique des résultats .....	30
A. Méthode des surfaces de réponses.....	30

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

IV.1 introduction .....	31
IV.3 Caractéristiques géométriques : .....	32
IV.4 Caractéristiques mécaniques .....	32
IV.4.1 Résistances mécaniques .....	32
IV.4.2 La durabilité .....	33
IV.5 Effet de dosage de chamotte et margine sur les résistances mécaniques .....	33
IV.5.1 Modèle de la résistance à la compression : .....	34
IV.5.2 Modèle de Résistance à la traction.....	36
IV.6 Effet de dosage de chamotte et margine sur la durabilité .....	39
IV.6.1 Modèle d’Absorption d’eau total.....	39
IV.7 Les résultats.....	41
IV.8 Conclusion .....	44
<b>Conclusion générale</b> .....	46
<b>Références bibliographiques</b> .....	

## Liste de figures :

<b>Chapitre I</b>		
<i>Figure I.1.</i>	<i>Production mondiale d'olive en 2016</i>	<b>4</b>
<i>Figure I.2.</i>	<i>Evolution de la production oléicole en Algérie</i>	<b>5</b>
<i>Figure I.3</i>	<i>Processus d'extraction des huiles d'olive</i>	<b>6</b>
<i>Figure I.4</i>	<i>Echantillon de la margine pour analyses au laboratoire</i>	<b>7</b>
<i>Figure I.5</i>	<i>Margine jetée dans la nature sans traitement</i>	<b>7</b>
<i>Figure I.6</i>	<i>Grignon d d'olive</i>	<b>14</b>
<b>Chapitre II</b>		
<i>Figure II.1</i>	<i>Types de terre cuit</i>	<b>18</b>
<i>Figure II.2</i>	<i>Triage de matière en extraction</i>	<b>19</b>
<i>Figure II.3</i>	<i>Broyeur à moule</i>	<b>20</b>
<i>Figure II.4</i>	<i>Mouleuse sous vide</i>	<b>20</b>
<i>Figure II.5</i>	<i>Tunnel de séchage pour le brique.</i>	<b>21</b>
<i>Figure II.6</i>	<i>Four tunnel de la brique</i>	<b>21</b>
<i>Figure II.7</i>	<i>Echantillon de chamotte</i>	<b>22</b>
<b>Chapitre III</b>		
<i>Figure III.1</i>	<i>Mouleuse</i>	<b>25</b>
<i>Figure III.2</i>	<i>Finisseur</i>	<b>25</b>
<i>Figure III.3 :</i>	<i>Malaxeur</i>	<b>25</b>
<i>Figure III.4</i>	<i>Courbe de séchage obtenue dans la salle de contrôle</i>	<b>26</b>
<i>Figure III.5</i>	<i>Déchet de brique rouge</i>	<b>27</b>
<i>Figure III.6</i>	<i>Argile rouge medjana broyée</i>	<b>27</b>
<i>FigureIII.7.</i>	<i>Surface de réponse</i>	<b>30</b>
<b>Chapitre IV</b>		
<i>Figure IV.1</i>	<i>Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues</i>	<b>34</b>
<i>Figure IV.2</i>	<i>L'évolution de la résistance à la compression</i>	<b>36</b>
<i>Figure IV.3 :</i>	<i>Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévus</i>	<b>37</b>
<i>Figure IV.4</i>	<i>L'évolution de la résistante à la flexion</i>	<b>38</b>



<b>Figure IV.5</b>	<i>Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévus</i>	<b>40</b>
<b>Figure IV.6</b>	<i>L'évolution de l'absorption d'eau</i>	<b>41</b>
<b>FigureIV.7.</b>	<i>L'évolution de la résistance à la compression en fonction de DBR et Margine</i>	<b>43</b>
<b>Figure IV.8</b>	<i>L'évolution de la résistante à la flexion en fonction de DBR et margine</i>	<b>44</b>
<b>Figure IV.9</b>	<i>L'évolution de 'absorption en fonction de DBR et margine</i>	<b>45</b>

## Liste de tableaux :

<b>Chapitre I</b>		
<b>Tableau I.1.</b>	Production mondiale d'huile d'olive	<b>3</b>
<b>Tableau I.2.</b>	<i>La concentration des compositions de margine</i>	<b>8</b>
<b>Tableau I.3</b>	Valeurs limités Algériennes des paramètres de rejets d'effluents liquides industrielles	<b>10</b>
<b>Tableau I.4</b>	<i>Méthodes et processus proposés pour la valorisation des margines</i>	<b>12</b>
<b>Tableau I.5</b>	<i>Compositions chimiques indicative des différents types de grignons</i>	<b>15</b>
<b>Chapitre II</b>		
<b>Tableau II.1</b>	<i>Caractérisations d'argile pour fabriquer le brique</i>	<b>17</b>
<b>Tableau II.2</b>	Composition minéralogique de déchet de brique	<b>23</b>
<b>Chapitre IV</b>		
<b>Tableau IV.1</b>	<i>Analyses granulométriques de constituant de mélange</i>	<b>31</b>
<b>Tableau IV.2</b>	<i>Récapitulation des rapports de mélanges</i>	<b>32</b>
<b>Tableau IV.3</b>	<i>Résumé de l'ajustement</i>	<b>34</b>
<b>Tableau IV.4</b>	<i>Estimation des coefficients</i>	<b>35</b>
<b>Tableau IV.5</b>	<i>Résumé de l'ajustement</i>	<b>37</b>
<b>Tableau IV.6</b>	<i>Estimation des coefficients</i>	<b>38</b>
<b>Tableau IV.7</b>	<i>Résumé de l'ajustement</i>	<b>40</b>
<b>Tableau IV.8</b>	<i>Estimation des coefficients</i>	<b>41</b>
<b>Tableau IV.9</b>	<i>Nomenclature des mélanges dans l'étude</i>	<b>42</b>

## Liste des abréviations :

FAO: Food and Agriculture Organization.

UE : Union européenne.

ITAFV : : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne.

pH : potentiel d'hydrogène.

Ph : poids humide.

DCO ; demande chimique en oxygène.

DBO5 : Demande biologique en oxygène.

°C : Degré Celsius.

MES : matière en suspension.

DBR : déchet brique rouge

M : margine

Rf : résistance à la flexion

Rc : résistance à la compression

ABS: absorption

# *Résumé*

Afin de n'oublier pas les matériaux locaux, qui contribuent à réduire la consommation d'énergie et les coûts de construction, des déchets de brique rouge ont été utilisés pour réduire l'utilisation de matières premières dans la fabrication de briques de terre cuit.

L'objectif assigné à ce travail est de produire un nouveau matériau de construction (brique rouge) qui permet d'avoir une belle et une solide construction au même temps de valoriser les margines et les déchets de brique rouge (chamotte) dans la fabrication de ce matériau. Ce travail présente une synthèse de travaux relatifs à l'étude de l'effet engendré par l'intégration de différents teneurs de sous-produits à l'état liquide « margines » issus de l'extraction de l'huile d'olive sur les propriétés physicomécanique des éprouvettes. L'ensemble des propriétés physico-mécaniques testées après la fabrication des éprouvettes incorporés de « margines » et déchets de brique rouge cuites à 900°C, montre une augmentation progressive du pouvoir d'absorption d'eau des nouveaux matériaux suite à la combustion de la matière organique présente dans les margines. De même, une augmentation de résistance de compression.

Un plan d'expérience du type plan des mélanges a été suivi afin de limiter le nombre d'expériences à réaliser, cibler les paramètres influençant les propriétés physico-mécaniques des éprouvettes ainsi que la détermination des pourcentages optimales de chaque composant du mélange des éprouvettes.

Les briques fabriqués par le déchet de brique rouge (brique cuite) et margine liquide donnent des résistances mécaniques et durabilité considérablement plus fortes par rapport aux briques fabriqué au sable concassé.

**Mots clés :** la margine, chamotte (déchet de brique rouge), plan d'expérience, résistances mécaniques, durabilité.

## المخلص

حتى لا ننسى المواد المحلية التي تساهم في تقليل استهلاك الطاقة وتكاليف البناء ، تم استخدام مخلفات الطوب الأحمر لتقليل استخدام المواد الخام في صناعة طوب الاحمر .

الهدف المحدد لهذا العمل هو إنتاج مادة بناء جديدة (الطوب الأحمر) مما يجعل من الممكن الحصول على بناء جميل وصلب في نفس الوقت تثمين مياه الخضار ونفايات الطوب الأحمر (شاموت) في تصنيع هذه المادة. يقدم هذا العمل توليفة من العمل المتعلق بدراسة التأثير الناتج عن دمج المحتويات المختلفة للمنتجات الثانوية. في الحالة السائلة "الهوامش" الناتجة عن استخلاص زيت الزيتون على الخواص الفيزيائية الميكانيكية لعينات الاختبار.

تم اختبار جميع الخصائص الفيزيائية الميكانيكية بعد تصنيع العينات المدمجة مع "الهوامش" ونفايات الطوب الأحمر التي تم إطلاقها عند 900 درجة مئوية ، مما يدل على زيادة تدريجية في قدرة امتصاص الماء للمواد الجديدة بعد احتراق المادة العضوية الموجودة في مياه المورج. وبالمثل ، زيادة مقاومة الضغط.

تم اتباع خطة تجربة من نوع خطة الخليط من أجل الحد من عدد التجارب التي سيتم إجراؤها ، واستهداف المعلمات التي تؤثر على الخواص الفيزيائية الميكانيكية للعينات وكذلك تحديد النسب المئوية المثلى لكل مكون من خليط العينة.

يمنح الطوب المصنوع من نفايات الطوب الأحمر والهوامش السائلة قوة ميكانيكية ومتانة أعلى بكثير مقارنة بالطوب المصنوع من الرمل المسحوق.

**الكلمات المفتاحية:** مياه نباتية ، شاموت (نفايات الطوب الأحمر) ، تصميم تجريبي ، مقاومة ميكانيكية ، متانة.

# *Abstract*

In order not to forget the local materials which help to reduce energy consumption and construction costs, waste red bricks have been used to reduce the use of raw materials in the manufacture of clay bricks.

The specific objective of this work is to produce a new building material (red brick) which makes it possible to obtain a beautiful and solid building at the same time to value the margins and waste of red brick (chamotte) in the manufacture of this material. The recovery of vegetable water and red brick waste (chamotte) in the manufacture of building materials. This work presents a synthesis of the work related to the study of the effect resulting from the incorporation of different levels of by-products. In the liquid state, the “margins” resulting from the extraction of olive oil affect the physico-mechanical properties of the test samples. All physico-mechanical properties were tested after fabrication of samples associated with “margins” and waste red bricks fired at 900°C, which shows a gradual increase in the water absorption capacity of the new materials after combustion of the organic matter contained in the plant. water. Likewise, the resistance to pressure increases.

A mixing plan-type experiment plan was followed in order to limit the number of experiments to be carried out, to target the parameters affecting the physico-mechanical properties of the samples and to determine the optimal percentages of each component of the sample mixture.

Bricks made from waste red bricks (fired bricks) and liquid margins offer far superior mechanical strength and durability compared to bricks made from crushed sand.

**Keywords:** plant water, chamotte (red brick waste), experimental design, mechanical strength, durability.



# ***Introduction générale***



## **Introduction générale**

**L**a protection de l'environnement et la maîtrise de l'énergie sont l'un des piliers du développement durable et un enjeu majeur pour l'avenir des hommes et de la planète. C'est pourquoi la dégradation de l'environnement et le changement climatique frappent l'humanité. L'Algérie fait partie des pays qui accordent une grande importance à la durabilité environnementale, l'une des priorités de son plan de développement économique et social.

Parmi les nuisances qui touchent l'environnement il existe la pollution des eaux, c'est la dégradation physique, chimique et biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques. Le développement des activités humaines génère d'importantes quantités de déchets de diverses formes et compositions, parmi ces activités, l'industrie oléicole. La production de l'huile d'olive est une activité économique importante dans notre pays. L'Algérie fait partie des principaux pays méditerranéens dont le climat est des plus propices à la culture de l'olivier. Elle se positionne après l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie qui sont par ordre d'importance, les plus gros producteurs d'huile d'olive.

En effet et comme toutes les industries agro-alimentaires, l'opération d'extraction nécessite de grandes quantités d'eau. Par conséquent, cette industrie engendre des quantités importantes de déchets solides (grignons d'olive) et liquides (des margines), la quantité de margine produite lors l'extraction de l'huile d'olives peut atteindre même des valeurs supérieures à 1 L/kg d'olive. Leur effet nocif dérive en grande partie de leur contenu en composés phénoliques qui peuvent inhiber la croissance des micro-organismes. Ainsi, le traitement de ces margines avant leur rejet s'avère indispensable afin de préserver les nappes phréatiques et limiter les dégâts sur l'environnement. Les difficultés de traitement de cet effluent sont principalement liées à la charge organique élevée à la présence de composés organiques toxiques qui sont difficiles à biodégrader, tels que les composés phénoliques.

Pour ces différentes raisons, il est plus d'urgent d'éliminer ou réduire la pollution causée par ces margines et en même temps trouver des voies de valorisation rentrant dans le cadre de développement durable.



C'est dans ce cadre que notre travail envisagé pour produire un nouveau matériau de construction qui est un brique rouge on valorisons le produit dangereux dans la fabrication de ce matériau.

Ce présent mémoire se décompose donc en quatre chapitres :

Le premier chapitre concerne l'étude bibliographique, dans lequel sera présenté essentiellement des généralités sur les margines, leurs caractéristiques et leurs impacts sur l'environnement,

Le second chapitre est consacré à la présentation de terre cuite et leurs procédures de fabrication ainsi leurs caractérisations.

Le troisième chapitre est réservé pour la méthode et le plan d'expérience.

Le quatrième chapitre concerne pour l'interprétation des résultats obtenus.

Enfin, une conclusion générale accompagnera ce manuscrit, et mettra l'accent sur les résultats obtenus lors de cette étude ainsi que des perspectives.

*chapitre I :*  
*production d'huile d'olive*  
*et leur impact*  
*environnemental*



## I.1.Introduction

La culture des olives fait partie de la tradition des pays méditerranéens parmi lesquels notre pays l'Algérie. La production d'huile d'olive est une activité traditionnelle en Algérie, elle constitue une source de subsistance pour de nombreuses familles. C'est un symbole de civilisation et en même temps un délice nécessaire sur leur table. Néanmoins la culture de l'huile d'olive n'est pas sans conséquence pour l'environnement car elle génère des sous-produits lors de l'extraction : le grignon constitué du noyau, de la peau et pulpe de l'olive, et les margines : effluent liquide de couleur noire plus ou moins pâteux, qui est rejeté dans la nature et qui cause de réels problèmes environnementaux. <sup>[1]</sup>

## I.2. Production d'huile d'olive

### I.2.1. Production mondiale

Selon l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) la production de l'huile d'olive se concentre principalement dans les pays du pourtour méditerranéen : Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Syrie Tunisie, Algérie et Maroc. <sup>[2]</sup>

Les perspectives de la production dans l'UE devraient atteindre environ 1,989 millions de tonnes d'huile d'olive pour la campagne 2019/2020 enregistrant ainsi une baisse de 12% par rapport à la campagne 2018/2019 (2,264 millions de tonnes).

**Tableau I.1** : Production mondiale d'huile d'olive. <sup>[3]</sup>

Production	2018/2019(million tonne)	2019/2020(million tonne)	Variation
Espagne	1790	1230	-31%
Italie	174	322	85%
Tunisie	140	350	150%
Grèce	120	300	150%
Turquie	194	225	16%
Maroc	200	145	-28%
Portugal	100	120	20%
Algérie	97	82	-15%
Total UE	2264	1989	-12%
Total monde	3178	3121	-2%

En ce qui concerne les autres zones géographiques en dehors de l'UE la Commission Européenne estime à environ 1,133 millions tonnes la production totale enregistrant ainsi une hausse de 24% par rapport à la campagne précédente due principalement à la hausse de la production en Tunisie avec 300 mille tonnes (+150%), la Turquie avec 225 milles tonnes (+16%) et 608 milles tonnes d'huile d'olive pour le reste des pays producteurs (601 milles tonnes en 2018/2019).

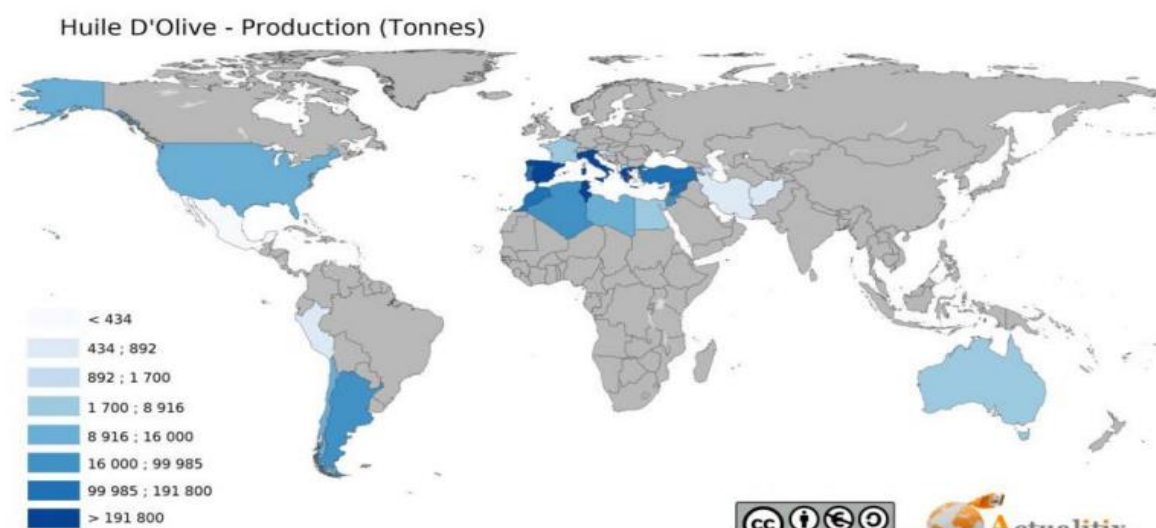


Figure I.1 : Production mondiale d'olive en 2016<sup>[4]</sup>.

## I.2.2. Production Algérienne

L'Algérie fait partie des principaux pays méditerranéens dont le climat est des plus propices à la culture de l'olivier. Le potentiel oléicole est concentré dans les régions montagneuses et se répartit principalement dans trois régions : le Centre nord, principalement Tizi-Ouzou, Bouira et Bejaia avec 54,3 % de la surface totale, l'Est (**Jijel, Guelma, Skikda, et Mila**) avec 28,3 % et l'Ouest qu'occupe à peine 17% (**Tlemcen, Sig et Mascara**).<sup>[5]</sup>

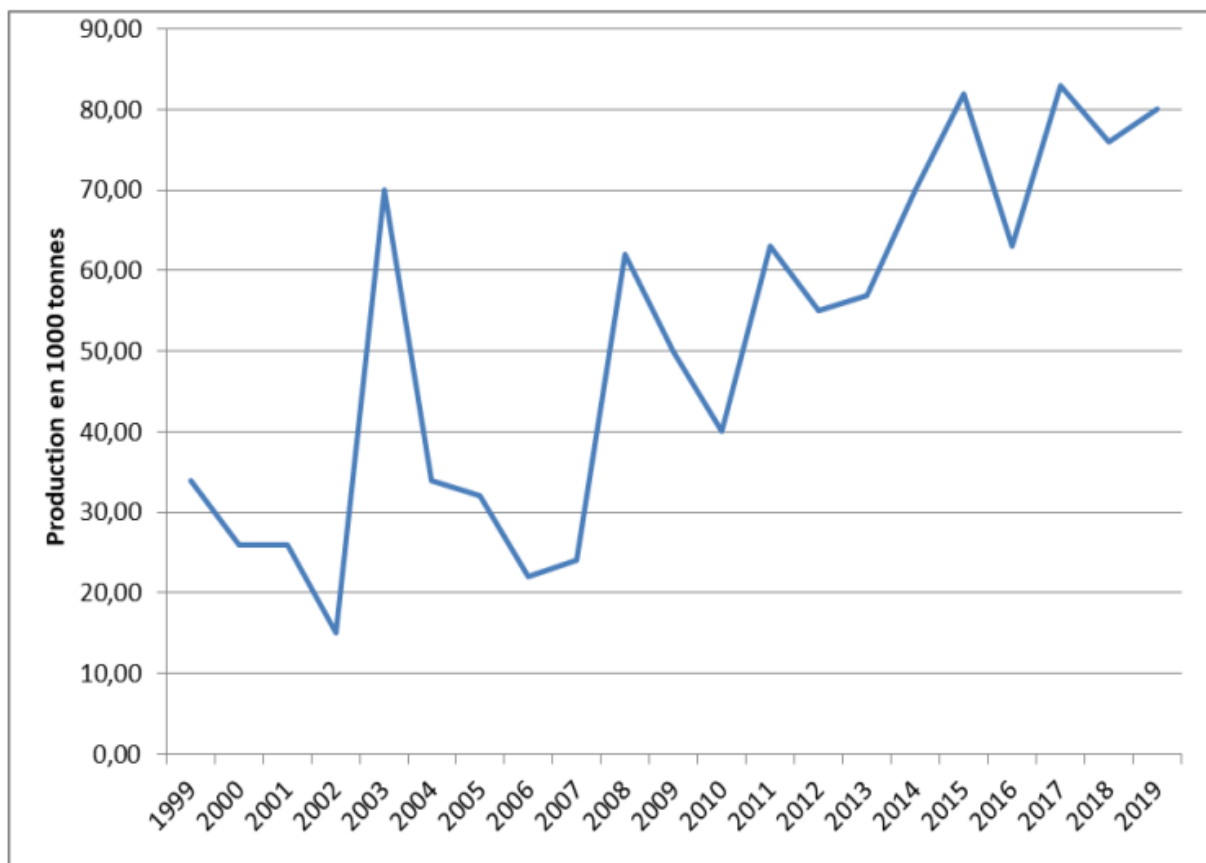


Figure I.2 : Evolution de la production oléicole en Algérie <sup>[6]</sup>.

### I .2.3. Processus d'extraction d'huile d'olive

L'extraction de l'huile d'olive se fait de deux manières : traditionnelle et moderne. La figure suivante présente les principales étapes de cette extraction, ainsi que les sous-produits générés au cours de ce processus.

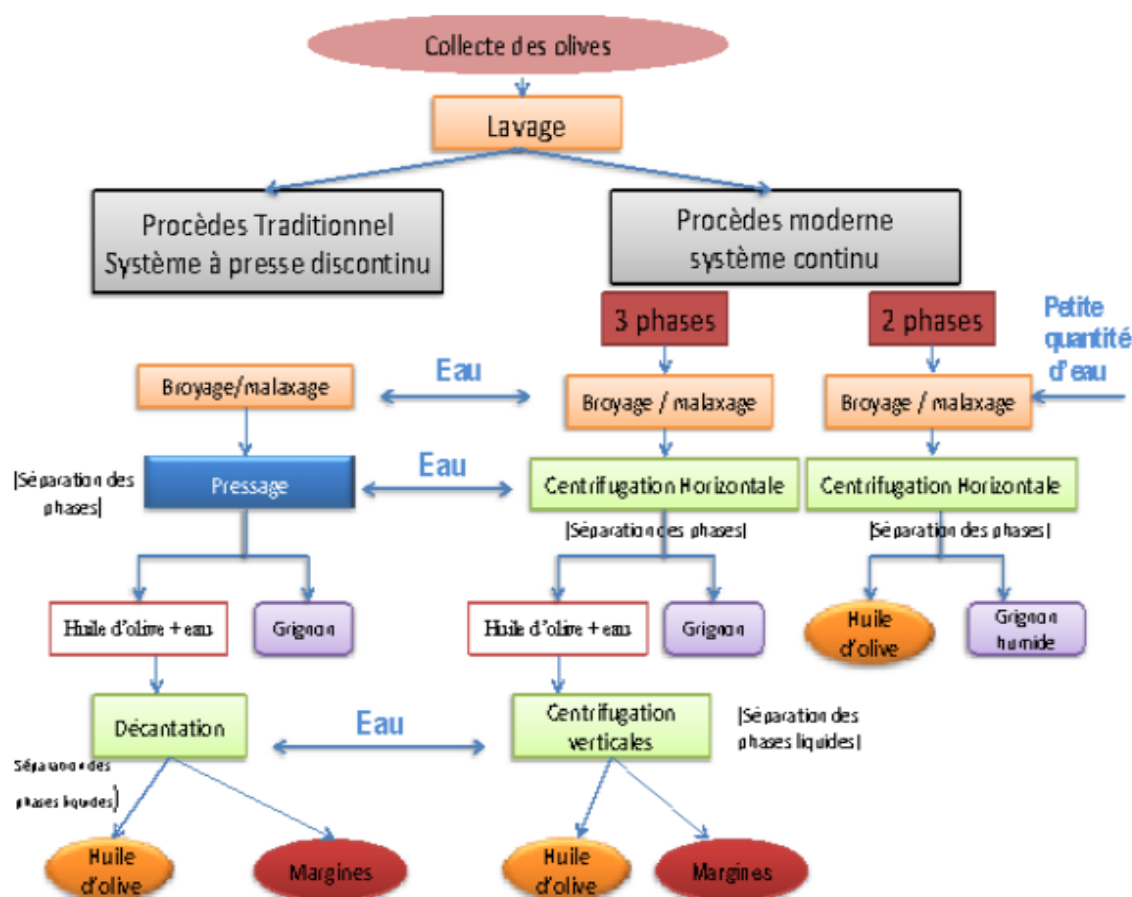


Figure I.3 : Processus d'extraction des huiles d'olive

## I.3. Les margines

### I.3.1. Généralité

Le processus d'extraction de l'huile d'olive génère un rejet liquide qu'on appelle : margine. Ces rejets ont une composition et des caractéristiques particulières ce qui les rend nocifs pour l'environnement. La gestion de ces derniers pose un sérieux problème pour de nombreux pays surtout les pays méditerranéens.

Le processus de trituration des olives produit principalement l'huile d'olive vierge et l'huile de grignon (huile secondaire extraite par des solvants organiques) et engendre deux résidus l'un liquide (les margines) et l'autre solide (les grignons). Les olives contiennent environ 20% d'huile, 30% de grignons et 50% d'eau de végétation. [7]

### I.3.2. Définition

Les margines, l'ensemble de déchets liquides, sont constituées, en fonction du système de séparation utilisé dans l'opération d'extraction : des eaux de lavage du fruit, des eaux de rinçage

de trémies de stockage, des eaux ajoutées au cours du malaxage, des eaux de nettoyage d'huile et des eaux de végétation de l'olive elle-même, qui représentent à elles seules 40 à 50% des eaux.<sup>[7]</sup>



Figure I.4 : Echantillon de la margine pour analyse au laboratoire

En Algérie, mais également dans d'autres pays oléicoles, les margines sont dans la plupart des cas déversés sans aucun traitement dans le milieu naturel, soit directement soit à travers le réseau public d'assainissement. Se présentent comme un liquide aqueux de couleur brune rougeâtre à noire, d'aspect trouble, une odeur spécifique d'huile d'olive et d'un goût amer. Cet effluent relativement riche en matières organiques constitue un facteur de pollution qui crée un problème réel à l'industrie oléicole.<sup>[8]</sup>



Figure I.5 : Margines jetées dans le la nature sans traitement préalable

### **I.3.3. Déchet liquide**

- Générés lors du processus de préparation de l'olive destinée au broyage.
- eaux de lavage du fruit.
- eaux de rinçage des trémies de stockage.
- eaux de végétation de l'olive elle-même.
- eaux de nettoyage de l'huile.
- eau ajoutée au cours du processus.

Dont l'ensemble constitue ce que l'on appelle typiquement les margines.<sup>[9]</sup>

### **I.3.3. Caractérisations physiques et chimiques des margines**

Les margines sont caractérisées par une forte charge organique incluant différentes substances organiques telles que les sucres, composés phénoliques, acides organiques. Ces effluents présentent, en outre, une couleur noir foncé due aux lignines polymérisées avec les composés phénoliques, une acidité moyenne (pH d'environ 5), et une conductivité électrique élevée. Les margines sont très riches en composés phénoliques. À côté des composés phénoliques, les margines contiennent d'autres composés intéressants tels que les sucres, protéines, et le phosphore, etc.

### **I.3.4. Compositions des margines**

Les margines présentent une composition chimique très complexe et hétérogène. Elles contiennent une variété de composés organiques et minéraux dont les plus abondants sont le potassium, le calcium, le sodium et le magnésium, de nature et de concentration très différentes. Cette variation est due essentiellement aux procédés d'extraction d'huile d'olive qui représente l'élément le plus important, au stade de la maturité des olives, à la variété de l'olivier, aux conditions climatiques.<sup>[10]</sup>



Tableau I.2 : la concentration des compositions de margines. <sup>[11]</sup>

Paramètres	Données moyennes
Ph	4.5 – 5.5
Conductivité	10 000 µS/ cm
DCO	24 à 200 g/L
Phosphore	200 à 400 mg/l
Potassium	5000 à 11000 mg/L
Calcium	200 à 700 mg/L
Magnésium	130 à 290 mg/L

### **I.3.5. Impact des margines**

Les margines sont des eaux considérées très polluantes car ils sont fortement chargées en matières organiques, elles affectent particulièrement la qualité des eaux dans lesquelles elles sont déversées. <sup>[12]</sup> Ces rejets liquides causent de sérieux dégâts environnementaux. Les mauvaises odeurs, introduites par les margines, provoquent une pollution considérable de l'air par les gaz produits surtout lors du traitement. <sup>[13]</sup>

#### **a) Impact sur les eaux**

Les effluents d'huileries d'olive sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et anti microbiennes (phénols, acides gras, etc.) qu'ils contiennent. Souvent rejetés dans des récepteurs naturels sans aucun traitement préalable, les effluents d'huileries d'olive nuisent fortement à la qualité des eaux de surfaces. La coloration des eaux naturelles due aux tannins est l'un des effets les plus visibles de la pollution. La très forte charge en DCO et surtout en DBO empêche les eaux de s'auto épurer et la pollution peut s'éteindre sur de très longues distances. <sup>[14]</sup>

- La forte teneur en phosphore contenus dans ces margines génère le processus d'eutrophisation. <sup>[15]</sup>

- La teneur en matière grasse provoque la formation d'une couche imperméable à la surface de l'eau empêchant sa correcte oxygénation et le passage de la lumière. <sup>[15]</sup>
- Le déversement direct des margines (au caractère acide) sur le sol détruit la microflore du sol et provoque des effets toxiques entraînant la stérilisation, du sol et le déséquilibre de la symbiose entre la microflore du sol et les plantes. <sup>[16]</sup>

Cet épandage anarchique entraîne la pollution des nappes phréatiques. <sup>[17]</sup>

#### **b) Impact sur les sols**

Épandues sur les sols, les margines diminuent la qualité des sols. Les substances toxiques contenues dans ces eaux se fixent dans les sols. Certaines de ces substances telles que les phénols peuvent inhiber l'activité microbienne du sol, d'autre, des résidus de pesticides notamment, sont nocives aux plantes. <sup>[18]</sup>

#### **c) Impact sur l'air**

Causée généralement par la décomposition de ces effluents. La forte teneur en sels des margines (200 fois plus élevée que les eaux urbaines), leur forte charge organique et leur acidité sursaturent les milieux récepteurs et engendrent des conditions d'anaérobiose adéquates au dégagement d'odeur désagréable liée à la formation d'hydrogène sulfureux ( $H_2S$ ) lors du processus de fermentation. <sup>[19]</sup>

Toutes ces différentes perturbations conduisent à un déséquilibre de la totalité de l'écosystème.

### **I.3.6. Cadre législatif et normatif des rejets d'eau usées du secteur oléicoles**

Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies dans le tableau I.3 et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Tableau I.3 : Valeurs limites algériennes des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels. <sup>[20]</sup>

Paramètre	Unité	Valeur limites	Tolérances aux valeur limites
Température	C°	30	30
Ph	-	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
MES	Mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	“	30	40
Phosphore total	“	10	15
DCO	“	120	130
DBO5	“	35	40
Aluminium	“	3	5
Substance toxique	“	0.005	0.01
Indice de phénol	“	0.3	0.5
Hydrocarbure totaux	“	10	15
Cadmium	“	0.2	0.25
Mercure	“	0.01	0.05
Plomb	“	0.5	0.75
Manganèse	“	1	1.5
Composés organiques chlorés	“	5	7

Les margines avec leurs propriétés physico- chimiques et microbiologiques ont des effets néfastes sur l'environnement et les écosystèmes et représentent l'un des problèmes les plus

importants auxquels sont confrontés la plupart des pays oléicoles sachant que l'Algérie fait partie, même ceux les plus avancés comme l'Espagne la Grèce et l'Italie, d'où la nécessité de leur traitement ou de leur valorisation.

### **I.3.7. Traitement et valorisation des margines**

Jusqu'à nos jours, le traitement des margines constitue un problème complexe vue la qualité et la quantité des substances chimiques qu'elles renferment. En effet, l'application d'un traitement simple s'avère insuffisant et incomplet. Plusieurs traitements de dépollution des margines ont été testés et proposés pour faire face à leur impact environnemental. A noter que la plupart de ces applications sont seulement décrites dans la littérature scientifique. Mais ne sont pas ou difficilement applicables sur le terrain. [21]

#### **1) Traitement des margines**

Plusieurs traitements différents doivent être appliqués sur une même margine pour une réduction significative de la DCO et donc de la toxicité de ces effluents.

Le traitement de l'effluent est très difficile à envisager par les techniques conventionnelles simples, étant donnée la composition complexe de ce déchet qui est riche en matière organique (Sucre, acides organique et phénols .....).[22]

Utilisation et bioconversion des margines face à la toxicité et la pollution causées par les margines plusieurs techniques de traitement ont été développées en vue de diminuer leur DCO, DBO et concentrations en composés organiques. Plusieurs systèmes d'épuration et de procédés de traitement des margines sont cités par la littérature. Ils peuvent être classés en trois catégories [23] :

- Des procédés physiques tels que la distillation, l'évaporation, l'ultrafiltration, l'osmose inverse et l'électrodialyse.
- Des procédés chimiques tels que la coagulation-floculation et l'adsorption.
- Des procédés biologiques.

#### **2) Valorisation des margines**

Les margines peuvent être considérées comme une source de composés inorganiques et organiques, et la récupération des substances résiduelles peut produire des sous-produits destinés à l'agriculture, la biotechnologie, la pharmacie et l'industrie alimentaire (tableau 1.4).

Tableau I.4 : Méthodes et processus proposés pour la valorisation des margines <sup>[24]</sup>

Processus	Objectifs	Déclaration
Processus d'adsorption /désorption en flux continu.	Récupération des composés phénoliques.	L'Amberlite XAD16 a été utilisée comme adsorbant et de l'éthanol acidifié comme solvant de désorption. Le rendement d'adsorption était de 20%.
Distillation solaire.	Séchage de margine et récupération des composés phénoliques.	Un distillateur solaire a été utilisé pour le séchage solaire simultané de margine et la récupération des composés phénoliques avec antioxydant propriétés du distillat.
Extraction à l'aide de liquides ioniques hydrophobes.	Récupération du tyrosol.	Des liquides ioniques hydrophobes ont été proposés pour remplacer les composés organiques volatils conventionnels comme solvants d'extraction pour récupérer le tyrosol de margine.
Fermentation sombre	Production de bio hydrogène	Fermentation sombre de margine par digestat anaérobie thermophile prétraité.

De ce fait la possibilité d'incorporation des margines comme adjuvants dans les matériaux de constructions s'avère une méthode impressionnante ayant un objectif environnemental « lutter contre la pollution ».

Les propriétés physico mécaniques des briques incorporés de margines dépend de plusieurs facteurs <sup>[25]</sup> tel que le pourcentage d'argile, de sable et de margines. Les propriétés mécaniques des terres cuit incorporés de margines sont déterminées en fonction de trois paramètres à savoir, l'absorption de l'eau, retrait volumique et résistance à la rupture. <sup>[26]</sup>

## **I.4. Grignons d'olive**

### **I.4.1. Définition**

Les grignons sont les résidus solides issus la première pressions ou centrifugation et sont la forme des papes et noyaux d'olives. Ce produit peut être transformé en un produit destiné à l'alimentation animale ou en huile dite de grignons d'olive après extraction chimique. <sup>[27]</sup>



Figure I.6 : Grignons d'olive

### **I.4.2. Différents types de grignons d'olive <sup>[28]</sup>**

#### **a) Les grignons bruts**

Le grignon brut est constitué de pulpes pressées et de noyau, il présente une teneur en eau 24 % et en huile 9 % relativement élevée ce qui favorise son altération rapide à l'air libre.

#### **b) Grignons épuisés**

C'est le résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par un solvant, généralement l'hexane. Ce type de grignon est caractérisé par une faible teneur en matière grasse et une faible teneur en eau.

### c) Grignons épuisés partiellement dénoyautés

Sont constitués essentiellement par la pulpe (mésocarpe) et contiennent encore une petite proportion de coques qui ne peuvent être séparées complètement par les procédés de tamisage ou de ventilation utilisés.

### I.3.3. Caractérisations physique et chimiques des grignons d'olive

Tableau I.5 : composition chimique indicative des différents types de grignons. <sup>[29]</sup>

Type de grignons	Matières sèche (%)	Matières minérales	Matières azotées totales (%)	Cellulose brute (%)	Matières grasse (%)
Brut	75 – 80	3 -5	5 – 10	35 -50	8 – 15
Partiellement dénoyauté	80 – 95	6 – 7	9 -12		
Épuisé	85 -90	7 – 10	8 – 10	35 - 40	4 – 6

### I.3.4. Utilisations des grignons d'olive

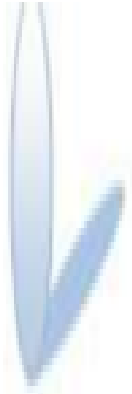
Les grignons sont utilisés par certaines huileries industrielles pour produire l'huile de grignon par une extraction au solvant ou comme combustible dans des chaudières industrielles, des fours et des bains publics. <sup>[30]</sup>

Les données de la littérature qui décrivent toutes les possibilités de valorisation des grignons sont nombreuses, à savoir :

- L'extraction de l'huile résiduelle par solvant : la première étape de valorisation des grignons bruts, quand ils ne sont pas destinés à la fermentation « huile de grignons » utilisée pour la consommation humaine après le raffinage ou pour la fabrication du savon. <sup>[31]</sup>
- Son utilisation comme et pour la production de composés d'arômes d'intérêt dans les domaines agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique.
- Le traitement des eaux usées et de margine : La bio-sorption des métaux lourds et de phénols par les grignons d'olives est une technologie alternative aux méthodes conventionnelles qui sont très chères et peu efficaces. <sup>[32]</sup>

- L'extraction de peptides bioactifs. <sup>[33]</sup>
- Les grignons peuvent servir de milieu de fermentation, pour produire une biomasse probiotique. <sup>[34]</sup>





---

---

# *Chapitre*

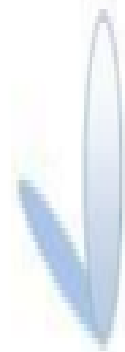
*II :*

*terre cuite et processus de*

---

---

*fabrication*



## **II.1. Historique de terre cuite**

Le matériau terre est utilisé depuis très longtemps dans le monde entier pour la construction des habitations. Dans la plupart des pays, les premières habitations sont en terre. Avec le développement technologique, la construction en terre a reculé considérablement au profit des matériaux modernes (le ciment, la chaux, le bitume, le bois. etc.) à cause de sa faible résistance mécanique et à l'eau. Le réchauffement de la planète incite l'homme à recourir aux matériaux ayant un faible impact environnemental et disponibles en tant que ressource. Le matériau terre souvent cité comme matériau des pauvres, fait son retour en matière de construction durable de coût et de confort. <sup>[35]</sup>

Les briques, depuis longtemps, sont considérées parmi les éléments les plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des briques est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est la brique crue, puis la brique cuite. La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ...etc.).

Les matériaux de terre cuite sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel et industriel. Les terres utilisées à la fabrication des briques de terre cuite sont généralement constituées d'argiles. L'argile est un matériau plastique, de couleur brune devenant souvent rouge à la cuisson selon la température de cuisson et la composition de l'argile. <sup>[36]</sup>

## **II.2. Définition de terre cuite**

La brique rouge est un matériau de construction courant et largement disponible, offrant toutes les caractéristiques souhaitables pour les matériaux de construction, notamment son prix abordable, ses propriétés mécaniques et thermiques, sa facilité de fabrication, sa durabilité et sa résistance aux intempéries. En raison de ces avantages, la demande de briques rouges est en croissance constante, étant directement liée à l'expansion de l'industrie du bâtiment et des travaux publics. <sup>[37]</sup>

## **II. 3. Compositions de terre cuite**

Le matériau intemporel en constante évolution occupe une place prépondérante au centre de l'habitat. Carreaux, briques, tomettes et revêtements de sol en céramique allient esthétique, performances techniques, santé, confort, isolation thermique, respect de

l'environnement et économies pour les constructeurs de bâtiments individuels, collectifs et non résidentiels et pour les habitants du secteur tertiaire.

Les guerriers en terre cuite sont de nature naturelle et empreints de modernité. Les processus et les technologies de fabrication ont considérablement changé au cours des 20 dernières années. Un certain nombre de grands projets d'investissement ont convenu de repenser complètement les outils de fabrication et d'introduire plus d'industrialisation dans le processus de fabrication, qui est désormais entièrement automatisé et robotisé.

### **II.3.1. Matière première**

La matière première principale pour fabriquer des briques rouges est l'argile. L'argile est mélangée avec de l'eau et parfois avec d'autres matériaux tels que du sable, du ciment ou de la poussière de pierre pour améliorer ses propriétés et faciliter la production. Le mélange est ensuite moulé en forme de brique et cuit à haute température dans un four spécialisé pour former la brique rouge solide. D'autres additifs peuvent également être utilisés en fonction des exigences locales et des normes de qualité pour améliorer les propriétés de la brique, comme l'utilisation de colorants pour donner la couleur rouge caractéristique. <sup>[38]</sup>

#### **1. Argile**

La décomposition des roches primaires (éruptives) tel que granite, causé par action chimique (oxydation, carbonations...), action physique (variation de température, l'action d'eau, de gel, érosion).

#### **2. Dégrissant**

Les argiles naturelles présentent généralement un retrait au séchage lent et important dû à leur forte plasticité, ce qui conduit souvent à la présence de défauts microstructuraux après cuisson. Des éléments dégraissants peuvent alors être ajoutés aux argiles afin de diminuer leur plasticité. Les dégraissants sont des éléments inertes jusqu'à haute température, qui se présentent sous forme de gros grains ( $\geq 10 \mu\text{m}$ ) facilitant ainsi l'évaporation de l'eau au cours du séchage et les dégagements gazeux au cours de la cuisson.

## II.3.2. Caractérisation des principales argiles

Tableau II.1 : caractérisation d'argile pour fabrication brique

Elément chimique	%
Silice	35 à 80
Alumine	8 à 25
Oxyde de titane	0.3 à 2
Oxyde de fer	2 à 8
Chaux	0.5 à 15
Magnésie	0 à 3
Soude	0.1 à 1
Potassium	0.4 à 5
Anhydride carbonique	0 à 15

### II.3.2.1. Types de terre cuite

- Brique plein
- Brique creuse
- Brique perforée



Figure II.1 : Types de terre cuite

### II.3.2.2. Autres caractéristiques de terre cuite

- Eclatement.
- Dilatation à l'humidité.
- Isolation thermique.
- Isolation contre feu

### **II.3.2.3. Processus de fabrication de terre cuite**

La production de la brique se base sur une série d'opérations qui tout en étant hautement industrialisées et automatisées. Le processus de production de la brique se compose de différentes étapes. <sup>[39]</sup> :

#### **1) Extraction**

La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. L'argile est extraite dans des argilières. L'argile est omniprésente dans le sous-sol et ses propriétés différentes en fonction de l'origine géologique. Le choix de la carrière est une opération déterminante pour la qualité du produit final. Pour l'excavation de l'argile, l'on fait recours à des excavateurs mécaniques et à des engins traditionnels de terrassement (camion de carrière). L'argile est extraite d'une carrière et accumulée à proximité de l'usine (hangar de stockage) au moyen de camions et scrapeurs.



Figure II.2 : triage de matière en extraction

#### **2) Préparation de l'argile**

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

### 3) Broyage et malaxage

Ces opérations ont pour but de rendre la masse d'argile homogène et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage des briques. Cette étape très importante s'effectue dans un broyeur à meules verticales, il faut le concasser et le moudre par étapes successives en une fine poudre qui sera gâchée à l'eau pour obtenir une pâte (argileuse) présentant la plasticité souhaitée.



Figure II.3 : Broyeur à meules

### 4) Moulage de brique

L'argile est moulée en briques à l'aide de machines de formage. Les briques sont ensuite disposées sur des chariots et transportées dans les séchoirs.



Figure II.4 : Mouleuse sous vide



## 5) Séchage

Les briques sont séchées dans des séchoirs à air chaud pendant environ 24 heures.



Figure II.5 : Tunnel de séchage pour la brique de brûleur à gaz

## 6) Cuisson

Les briques sont ensuite cuites dans des fours à haute température pendant plusieurs heures. La température de cuisson varie généralement de 800 à 1200 degrés Celsius.



Figure II.6 : four tunnel de la ligne de production

## 7) Refroidissement

Les briques sont retirées du four et laissées refroidir lentement pendant plusieurs heures. Une fois les briques refroidies, elles sont prêtes à être utilisées dans la construction.

### II.3.3. Déchet de brique rouge

Le contexte environnemental mondial a placé la question environnementale au cœur des débats scientifiques, plus spécialement les questions de la pollution et de la gestion des déchets. Dans le domaine du Génie Civil réputé par sa grande consommation de matériaux naturels, les avancées scientifiques ont permis de valoriser différentes variétés de sous-produits industriels dans les différentes applications. Dans ce chapitre, nous allons faire la valorisation des déchets dans le domaine du Génie Civil dans le but de proposer une méthode novatrice de formulation nouvelle brique à base de matériaux alternatifs. [40]

Les déchets tout objet qui doit être jeté car il est cassé, usé, contaminé, ou abîmé d'une manière ou d'une autre, pour certains, sera qualifié de déchet, mais ne sera pas nécessairement considéré comme tel par les autres. D'après le code français de l'environnement, le déchet est ainsi qualifié façon essentiellement subjective, où l'acte ou l'intention du détenteur de se défaire/éliminer/abandonner importe plus que de savoir si l'objet est devenu impropre à l'usage, a perdu toute valeur économique ou présente un danger pour l'environnement. [41]



Figure II.7 : échantillon de chamotte (casse de brique)

#### II.3.3.1. Définition

Le déchet de brique est appelé aussi « Briquillons », « Chamotte » ou « Brique concassé ». Il y'a pas beaucoup de données sur l'emploi de déchet de brique, leur consommation universelle de matière première (Brique), leur utilisation comme granulats du béton, en conséquence leur génération en quantités énormes. Les recherches en Algérie sur les matériaux est presque rare.



Lorsqu'on dit « Briquillons » on réfère aux briques morcelées provenant à cause de la démolition ou d'une mauvaise cuisson de brique. « Chamotte » est la brique cuite broyée ou concassée. Les déchets de briques sont des sous-produits de l'industrie des produits rouges. Ils se trouvent en grande quantité au niveau national à cause du nombre élevé de briqueteries et des taux de rejets (briques non conformes où cassées) qu'elles génèrent et qui représentent 10 à 15 % de leurs productions. <sup>[42]</sup>

### II.3.3.2. Caractérisation de déchet de brique rouge

Les types d'argiles dans les briques cuites sont : les illitiques (couleur marron gris à rouge) les kaolinique et les bravais tiques (couleur orange à rose). Les éléments métalliques sont aussi trouvés dans la pâte argileuse. Ces éléments dits « réfractaires » le degré de fusion est très supérieur à celui de la température (800° à 1000°) des fours à brique : la silice (SiO<sub>2</sub>) et de l'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). <sup>[43]</sup> Les déterminants de la couleur basique de la brique (les colorants) ce sont :

- 1- L'oxyde de fer.
- 2- L'oxyde de titane.
- 3- L'oxyde de manganèse.

Les fondants aussi ce sont à deux types :

- 1- Les oxydes alcalins (oxyde de sodium et potassium).
- 2- Les oxydes alcalino-terreux (chaux et magnésie).

La composition minéralogique de déchet de brique rouge a été déterminée par fluorescence X présente les résultats obtenus qui mettent en évidence des pourcentages élevés en silice et en alumine. <sup>[44]</sup>

Tableau II.2: Composition minéralogique de déchets de briques. <sup>[44]</sup>

Elément	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	P. F
Pourcentage%	6.06	66.52	14.20	5.45	2.35	0.73	2.09	0.73	/	1.00

*Chapitre III :*  
*Matériels et plans*  
*d'expériences*



### **III.1. Rappel des objectifs**

Incorporation d'additifs dans le mélange de base des matériaux de construction une solution prometteuse pour répondre aux contraintes économiques d'environnement aujourd'hui. En effet, avec l'ajout d'adjuvants, d'une part, améliorer le pouvoir isolant des briques et à l'inverse améliorer les propriétés isolantes des briques, une des façons de recycler divers déchets. De nombreux additifs ont été étudiés dans les matériaux de construction. Le choix de ces adjuvants est une démarche de développement durable. Utilisation des résidus des procédés de recyclage de la chamotte et margine dans la fabrication d'une brique destinée à recycler ces déchets en un matériau durable.

Cette étude a permis de définir et d'évaluer les potentialités d'amélioration thermique des matériaux de construction. Un des plus grands problèmes d'incorporer des adjuvants est l'augmentation de l'absorption, d'humidité et la diminution de la résistance mécanique. Plusieurs adjuvants ont été étudiés en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, les contraintes économiques et techniques (possibilité de l'intégration dans la chaîne de production), et leurs disponibilités qu'adjuvant ont été retenus pour cette étude : la margine avec le déchet de brique rouge (chamotte).

### **III.2. Matériels et méthodes**

#### **III.2.1. Margine**

Les margines sont les résidus obtenus à partir de l'extraction d'huile d'olive de trois Variétés d'olives : Chamalal, djaraz et ebrkan. Ces olives sont pressées selon le mode de Trituration traditionnel région de Tazamalt 30 km environ à nord de wilaya de Bordj Bou Arreridj.

#### **III.2.2. Déchet de brique rouge**

La chamotte, ou tesson broyé, est une argile brute cuite à une température de 900 °C, collecté à l'usine de GIPAR, broyée et tamisée.

#### **III.2.3. Matériels utilisés**

- ❖ Finisseur.
- ❖ Malaxeur.
- ❖ Mouleuse.
- ❖ Séchoir.
- ❖ Four.
- ❖ Finisseur.



Figure III.1 : Mouleuse



Figure III.2: Finisseur



Figure III.3: Malaxeur

### III.3. Préparation des mélanges

Les matières premières utilisées dans la fabrication des éprouvettes nous l'avons obtenue de l'usine de Mecheri. Le mélange se compose de 80% d'argile rouge medjana broyée, 20 % de sable et de chamotte. La quantité d'eau et margine à ajouter est généralement d'environ 1L pour chaque 7Kg de mélange, ensuite on fait l'agitation pour homogénéiser le mélange avec un malaxeur.

Après mise en forme, l'étape de séchage est nécessaire pour éliminer l'eau résiduelle dans les produits. C'est très délicat et très important pour la qualité finale. Pour cela, il a été décidé



de réaliser ce procédé dans l'usine de Mecheri, à l'aide de séchoirs industriels de 6 voies, après les échantillons ont été libérés dans le four tunnel. Le programme de cuisson utilisé est illustré à la figure. En effet, la température de combustion augmente de 80 °C à 900 °C, les échantillons sont maintenus à cette température pendant 24h.

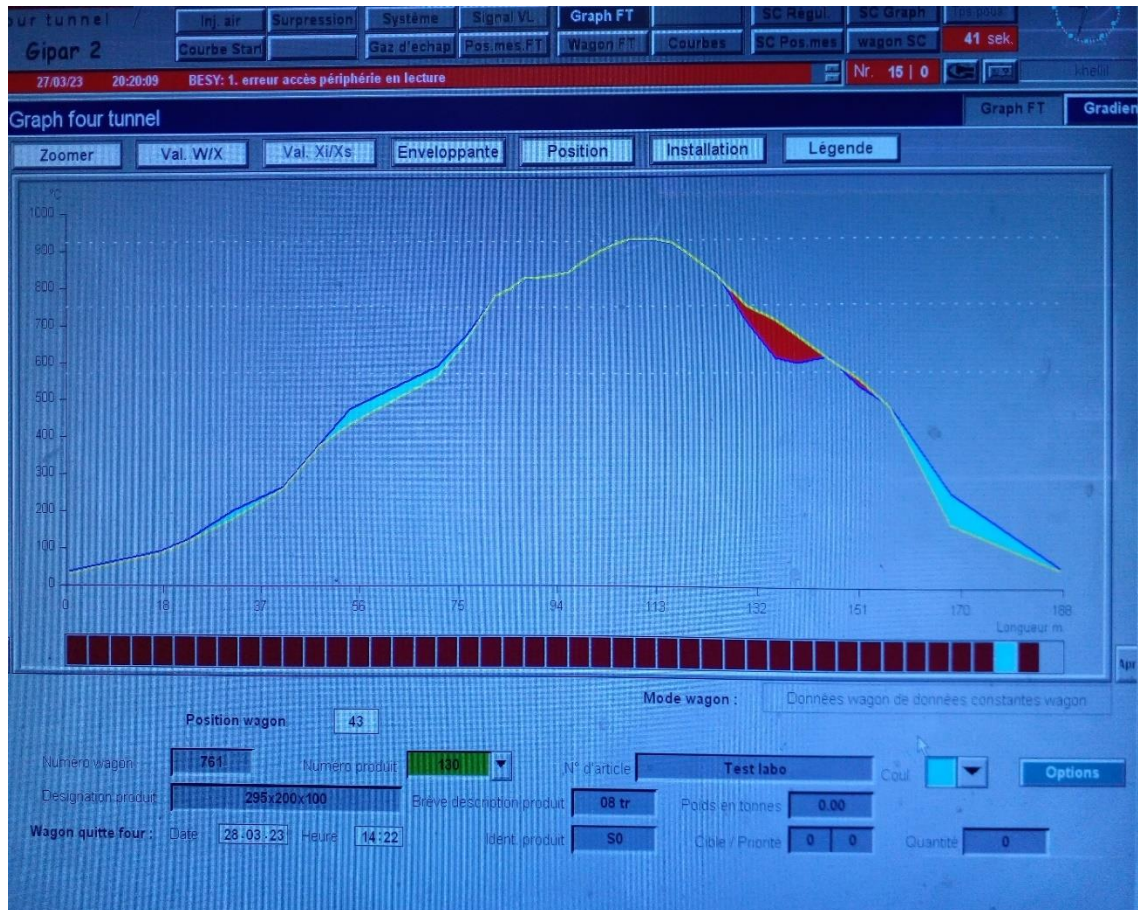


Figure III.4: courbe de cuisson obtenue dans la salle de contrôle

#### ✓ Choix des adjuvants :

Après l'étude bibliographique et compte tenu des contraintes économiques, un matériau auxiliaire a été sélectionné pour être inclus dans le mélange de base pour la fabrication des briques : la chamotte et la margine. Le choix de ces adjuvants s'est principalement justifié par sa disponibilité dans les régions. En fait, il est facilement accessible. C'est un produit local qui est disponible en grande quantité dans la région.

Les résultats ont également montré que la granulométrie de la chamotte est comparable à la fraction granulaire du sable, de l'ordre de l'argile. Cette substance auxiliaire a été ajoutée au mélange de base, dans différentes proportions massiques : chamotte : 25%, 50%. Une campagne expérimentale a été menée pour étudier l'effet de ces additifs sur les propriétés physiques, mécaniques et thermiques du placage de brique.



Figure III.5: Déchet de brique rouge broyé



Figure III.6: Argile rouge Medjana broyée

### III.3.2. Caractérisations physique et chimique des margines

#### III.3.1 Ph

Le pH des margines est une indication de leur taux d'acidité. Il a été déterminé par un pH-mètre modèle (pH 7110)

#### III.3.2 Conductivité

La conductivité a été déterminée selon un procédé. <sup>[45]</sup> Elle a été mesurée par un conductimètre modèle (Cond 7310).

#### III.3.3 DBO5

La demande biochimique en oxygène (DBO5) est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans les margines, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. Pour cela, les échantillons dilués (100ml) ont été incubés dans un DBO-mètre. La DBO est calculée sur la base de la formule suivante :

$$DBO5 = V \times f \times F$$

V : La somme des valeurs enregistrés après 5 jours.

F : facteur de dilution de l'échantillon.

F : facteur de dilution correspondant au volume de l'échantillon présent dans le DBO-mètre = 50, ce qui correspond au volume de 100 ml.

#### III.3.4 Humidité

La matière sèche a été déterminée par dessiccation dans une étuve ventilée jusqu'à poids constant. 100 ml de margines ont été introduit dans un bécher préalablement taré. Ce dernier a été placé dans une étuve à 105°C pendant 48 heures (jusqu'à poids constant). La différence de poids correspond à la perte d'humidité et le résidu caractérise la teneur en matière sèche de l'échantillon.

### **III.5. Définition de plan d'expérience**

Un plan d'expérience est une approche statistique permettant de maîtriser un problème à plusieurs paramètres (facteurs) tout en suivant un programme préconçu des différentes expériences qu'on se doit effectuer. Elle permet d'extraire le maximum d'informations avec un minimum de résultats. La méthode des plans d'expériences permet une interprétation rapide et sans équivoque en fournissant un modèle expérimental précis du système étudié. <sup>[47]</sup>

Les principaux avantages de cette méthode sont :

- Diminution du nombre d'essais.
- Possibilité d'étudier un grand nombre de facteurs.
- Détection des interactions entre facteurs.
- Modélisation des réponses étudiées.
- Une précision optimum des résultats.

#### **III.5.1. Domaine expérimental <sup>[48]</sup>**

Pour chaque étude, l'expérimentateur choisit une partie d'espace expérimental pour effectuer leur recherche. Cette zone spéciale de l'espace est le domaine expérimental. Le domaine expérimental ou Domaine d'étude peut être défini comme l'ensemble de tous les points de la surface délimitée par les niveaux bas et haut de chaque facteur, Lorsque  $k = 2$ , un carré est obtenu pour le DE. Les points expérimentaux sont alors situés aux quatre sommets du carré.

#### **III.5.2. Démarche mythologique d'un plan d'expérience**

L'élaboration d'un plan d'expériences peut être décomposée en différentes étape. La recherche des facteurs influents : C'est de loin l'étape la plus importante dans la conduite d'un Plan d'Expériences. Cette étape nécessite préalablement une sélection des paramètres, un choix des modalités et des interactions à étudier il faut aussi fixer le domaine d'étude pour chacun des facteurs.

## III.6. Types de plan d'expériences

### III.6.1 Plan factoriel complet

Un plan factoriel ou plan complet est obtenu lorsque au moins un essai pour chaque combinaison de facteur est réalisé.

### III.6.2 Plan factoriel complet à deux niveaux

Ces plans permettent l'étude de k facteurs à raison de deux niveaux (-1, +1) par facteur. Ils renferment toutes les combinaisons possibles des k facteurs à leurs deux niveaux. Le nombre d'expériences à réaliser se calcule par : le nombre d'expériences=2 \*nombre de facteur.

## III.7. Analyses des résultats

### III.7.1. Analyses de régression

L'analyse de régression permet d'établir le coefficient de détermination R a partir de la relation suivante :

$$R^2 = \frac{SCM}{SCT} = 1 - \frac{SCE}{SCT}$$

Ce coefficient traduit la contribution du modèle dans la restitution de la variation de la réponse observée. Par définition, mesure l'intensité du lien linéaire entre les valeurs observées et prévues. La valeur du coefficient de corrélation est comprise entre -1 et 1. Pour estimer la qualité descriptive du modèle, dans le cas de plusieurs variables explicatives, il faut obligatoirement utiliser le coefficient de détermination ajusté R<sup>2</sup> ajusté, et éviter d'utiliser le coefficient de détermination R<sup>2</sup>. Le coefficient de détermination ajusté R<sup>2</sup> ajusté calculer par la relation suivante :

$$R_{\text{ajusté}}^2 = 1 - \frac{\frac{SCE}{N-p}}{\frac{SCT}{N-1}}$$

Plus les valeurs de R<sup>2</sup> et R<sup>2</sup> ajusté sont proches de 1, plus la qualité descriptive du modèle est satisfaisante.



### III.7.2. Analyse graphique des résultats

Permis les grands avantages des plans d'expériences est la présentation des résultats sous forme graphique.

#### A. Méthode des surfaces de réponses

La méthode des surfaces de réponse constitue le second volet intéressant de la méthode des plans d'expérience. Cette technique vise à déterminer d'une façon quantitative les variations de la fonction réponse vis-à-vis des facteurs d'influence significative. Dans cette méthode, les modélisations de la fonction réponse peuvent également servir de base à la recherche de conditions optimales. On parle alors d'optimisation indirecte. L'optimisation d'une réponse ou la recherche d'un compromis entre plusieurs réponses consiste à définir, au sein du domaine expérimental, un réglage des facteurs permettant de satisfaire au mieux les exigences énoncées en termes de réponse. La modélisation d'une surface de réponse s'appuie sur l'analyse de la variation des résultats d'essais obtenus suite à un plan d'expérience. La surface de régression ainsi obtenue doit posséder une qualité descriptive et prédictive devant être le meilleur possible au sein du domaine expérimental.

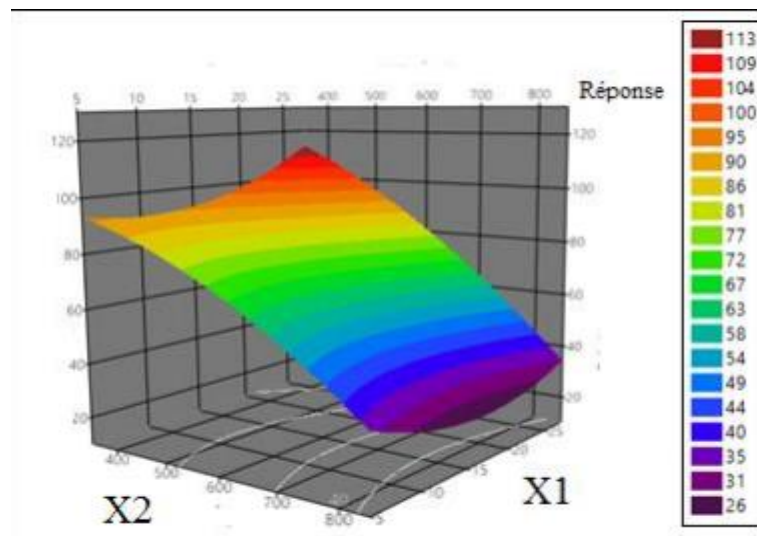
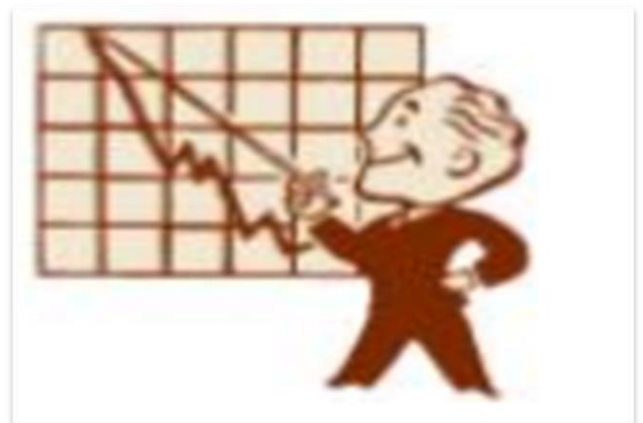


Figure III.7: surface de réponse

# *Chapitre IV :*

## *Résultats et discussion*



## IV.1 introduction

Incorporation d'additifs dans le mélange de base des matériaux de construction une solution prometteuse pour répondre aux contraintes économiques l'environnement aujourd'hui.

De nombreux additifs ont été étudiés dans les matériaux de construction. Le choix de ces adjuvants est une démarche de développement durable. L'utilisation des résidus des procédés de recyclage de la chamotte et margine dans la fabrication d'une brique destinée à recycler ces déchets en un matériau durable.

Dans ce chapitre nous allons regrouper tous les résultats pour traitées la problématique proposer dans notre étude ; puis une modélisation statistique a été réalisée par la méthode de plan d'expériences.

## IV.2 Analyse granulométrique par tamisage [norme NF P 18-560]

### ❖ But de l'essai

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers.

### ❖ Principe

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série des tamis emboîtées les unes sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissante du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieur des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

✓ Les résultats obtenus sont classés dans le tableau IV.1

TableauIV.1 : analyses granulométriques de constituant de mélange

Tamis( $\mu$ m)	1000	500	200	100	63	Total
Mélange d'argile rouge et sable (KG)	0.43	3.08	11.61	7.45	1.21	23.73
Poids de chamotte (KG)	1.15	18.35	68.90	9.57	1.93	100

➤ Tableau IV.2 : Récapitulation des rapports de mélange

<b>M (%)</b>	<b>DBR (%)</b>	<b>RC(MPa)</b>	<b>Rf (MPa)</b>	<b>ABS</b>
0	25	38,949	1,9752	6,53
5	25	46,2375	1,976928	5,8
15	25	46,17933	2,060352	5,82
20	25	46,74525	1,867776	6,77
0	50	41,84617	1,972656	7,56
5	50	41,101	2,234928	7,59
15	50	33,17925	1,58256	7,59
20	50	32,889	1,6848	7,64

### **IV.3 Caractéristiques géométriques :**

La détermination des dimensions se fait selon la norme (NF EN 772-16) ou chaque dimension est déterminé en effectuant deux mesures sur l'échantillon. Les mesures sont réalisées sur la face de brique, la dimension correspond à la moyenne des deux mesures.

Les dimensions (longueur, largeur, hauteur) des briques ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse à affichage digital. Les briques testés présentent les dimensions de (13×5×2.5) cm<sup>3</sup>.

### **IV.4 Caractéristiques mécaniques**

#### **IV.4.1 Résistances mécaniques**

Les résistances mécaniques ont été limitées à des essais de compression et de traction par flexion.

➤ **Essai de compression simple**

L'essai de compression est l'essai le plus couramment pratiqué selon la norme (NF EN 772-1). Il s'effectue sur des éprouvettes de (13×5×2.5) cm<sup>3</sup> à l'aide d'une presse. A cet effet, la résistance à l'écrasement (Rc) est donnée par la relation suivante :

$$Rc = F / S$$

Où :

**Rc** : Résistance à la compression des blocs en (MPa).

**F** : Charge maximale supportée par les blocs (KN).

**S** : Surface moyenne des faces d'essai en cm<sup>2</sup>.

➤ **Essai de traction par flexion (NF EN 772-1)**

Cet essai est réalisé sur des éprouvettes prismatiques (13×5×2.5) cm<sup>3</sup>. Pour mesurer la résistance en traction par flexion on utilisera la méthode de 3 points (flexion trois point). La résistance en flexion  $R_f$  (en N/mm<sup>2</sup>) est calculée au moyen de la formule :

$$f_{cf} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

Où :

**F** : est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

**d1 et d2** : sont les dimensions de la section transversale de l'éprouvette, en millimètres.

**F** : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.

**L** : est la distance entre les appuis, en millimètres.

#### **IV.4.2 La durabilité**

L'absorption totale indique que l'essai consiste à poser des échantillons dans un bac à eau pendant 24 h et on mesure l'augmentation de la masse des échantillons ( $P_h$ ). L'indice A de l'absorption totale de l'eau de chaque bloc est conventionnellement exprimé par la formule :

$$A(\%) = 100 \times \frac{P_h - P_s}{P_s}$$

Où :

**P<sub>h</sub>** : poids de l'échantillon à l'état humide.

**P<sub>s</sub>** : poids de l'échantillon à l'état sec.

#### **IV.5 Effet de dosage de chamotte et margine sur les résistances mécaniques**

Dans cette partie on va utiliser la modélisation statistique (méthode de plan d'expériences) afin de voir l'effet du dosage de la margine M (%) ainsi que le pourcentage de déchet de brique recyclé DBR (%) sur le comportement mécanique (résistance à la compression et à la flexion) de brique rouge.

### IV.5.1 Modèle de la résistance à la compression :

✓ **Graphique des valeurs expérimentales en fonction des valeurs prévues :**

La figure IV.1 présente les valeurs observées en fonction des valeurs prévues du modèle de la résistance à la compression. On constate que les points sont moins dispersés et proche au 1<sup>ère</sup> bissectrice qui est souhaitable. Ceci traduit par une valeur de  $R^2$  proche de 1 ( $R^2 = 0.90$ )

Tableau IV.3

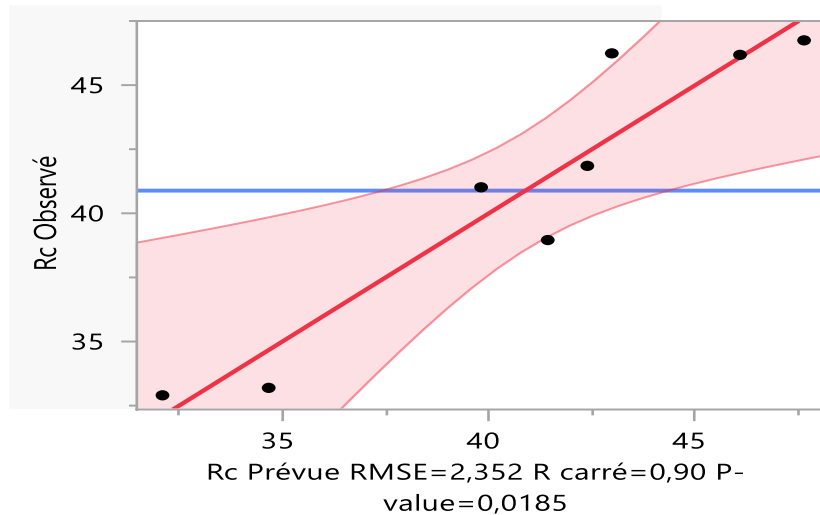


Figure IV.1 : Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévus.

✓ **Résumé de l'ajustement**

Tableau IV. 3 : résumé de l'ajustement

R carré	0,898968
R carré ajusté	0,903193
Racine de l'erreur quadratique moyenne	2,352047
Moyenne de la réponse	40,87944
Observations (ou sommes pondérées)	8

✓ **L'analyse des effets de différents paramètres.**

Tableau IV.4 : estimation des coefficients

Terme	Estimation	Erreur standard	T ratio	Prob. >  t
Constante	40,879438	0,831574	49,16	<,0001*
M (0,20)	-1,021075	1,051867	-0,97	0,3867
DBR (25,50)	-3,648333	0,831574	-4,39	0,0118*
M*DBR	-4,127942	1,051867	-3,92	0,0172*

✓ **L'analyse des effets :**

D'après le tableau IV. 4 on remarque que le dosage de déchet de brique et interaction entre le déchet de brique et le pourcentage de la marge joue un rôle prépondérant sur la résistance mécanique à la compression ; cet effet est exprimé par la valeur la plus faible de Prob. > |t| qui est inférieure à 0.05 pour les deux paramètres. D'autre part on remarque une valeur élevée de la Prob. > |t| pour pourcentage de la marge supérieure à 0.1 ce qui provoque une faible influence de ce dernier sur la résistance à la compression

✓ **Modèle mathématique :**

Le modèle mathématique de la résistance à la compression en fonction de dosage du déchet de brique rouge et de marge est déterminé par :

$$Rc = 40.879 - 1.021 \times \left( \frac{(M - 10)}{10} \right) - 3.648 \times \left( \frac{(DBR - 37.5)}{12.5} \right) + \left( \frac{(M - 10)}{10} \right) \times \left( \frac{(DBR - 37.5)}{12.5} \right) \times -4.127$$

✓ **Représentation graphique de surface de réponse et iso-réponse :**

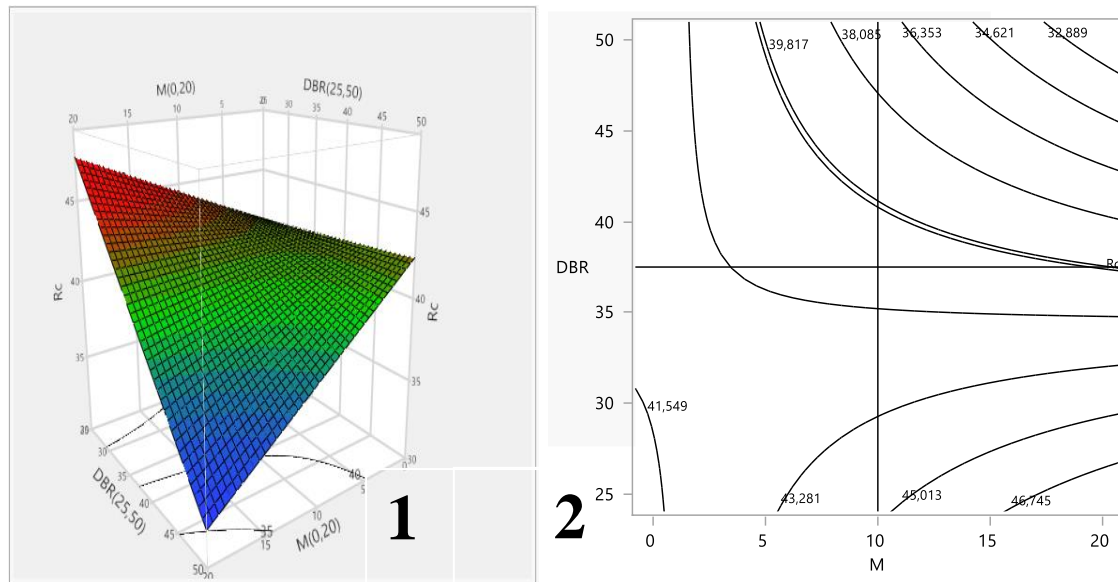


Figure IV.2 : L'évolution de la résistance à la compression

- 1- Surface de réponse
- 2- Graphique iso-réponse

La figure IV.2 représente l'évolution de la résistance à la compression en fonction du pourcentage de la marge  $M$  (%) et le dosage de déchet de brique  $DBR$ .

On peut observer que :

- L'augmentation de la quantité de déchet de brique recyclé de brique utilise dans le mélange provoque une diminution de la résistance à la compression.
- Pour de dosage faible de déchet de brique (inferieur a 30%) la résistance à la compression augmente progressivement avec l'augmentation du pourcentage de la marge. Au-delà de cette valeur (30%de  $DBR$ ) l'ajout de la marge influe diminue proportionnellement la résistance à la compression de brique.

#### IV.5.2 Modèle de Résistance à la traction

✓ Graphique des valeurs expérimentales en fonction des valeurs prévues :

La figure IV.3 présente les valeurs observées en fonction des valeurs prévues du modèle de la résistance à la flexion. On constate que les points sont plus dispersés et loin au 1<sup>er</sup> bissecteur qui est souhaitable. Ceci traduit par une faible valeur de coefficient de régression ( $R^2 = 0.40$ )



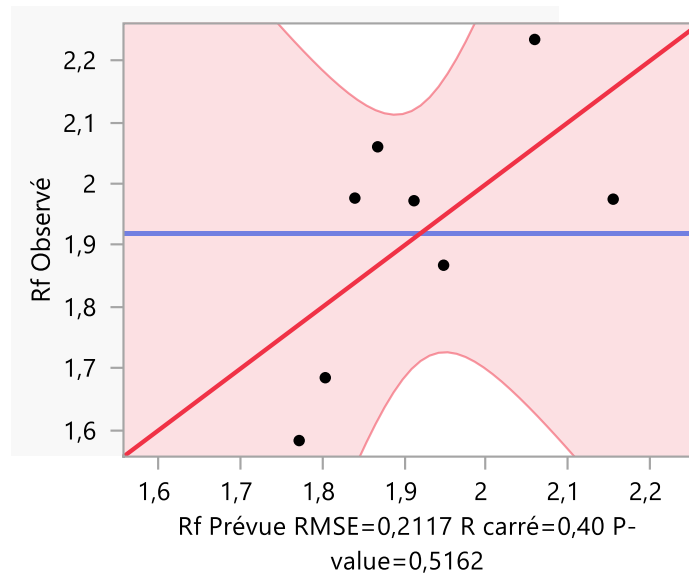


Figure IV.3 : Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévus.

✓ **Résumé de l'ajustement**

Tableau IV. 5 : résumé de l'ajustement

R carré	0,402214
R carré ajusté	0,41612
Racine de l'erreur quadratique moyenne	0,211687
Moyenne de la réponse	1,9194
Observations (ou sommes pondérées)	8

✓ **Estimations des coefficients**

Tableau IV. 6 : estimations des coefficients

Terme	Estimation	Erreur standard	T ratio	Prob. >  t
Constante	1,9194	0,074843	25,65	<,0001*
M (0,20)	0,0598176	0,094669	0,63	0,5618
DBR (25,50)	0,04386	0,074843	0,59	0,5893
M*DBR	0,1321536	0,094669	1,40	0,2352

D'après le tableau IV. 6 on remarque que aucun paramètre influence la résistance mécanique à la flexion ce qui explique le faible coefficient de régression.

✓ **Modèle mathématique :**

Le modèle mathématique de la résistance à la flexion en fonction de dosage du déchet de brique rouge et de marge est déterminé par :

$$Rf = 1.9194 + 0.0598176 \times \left(\frac{M - 10}{10}\right) + 0.04386 \times \left(\frac{DBR - 37.5}{12.5}\right) + \left(\left(\frac{M - 10}{10}\right) \times \left(\frac{DBR - 37.5}{12.5}\right) \times 0.1321536\right)$$

✓ **Représentation graphique de surface de réponse et iso-réponse:**

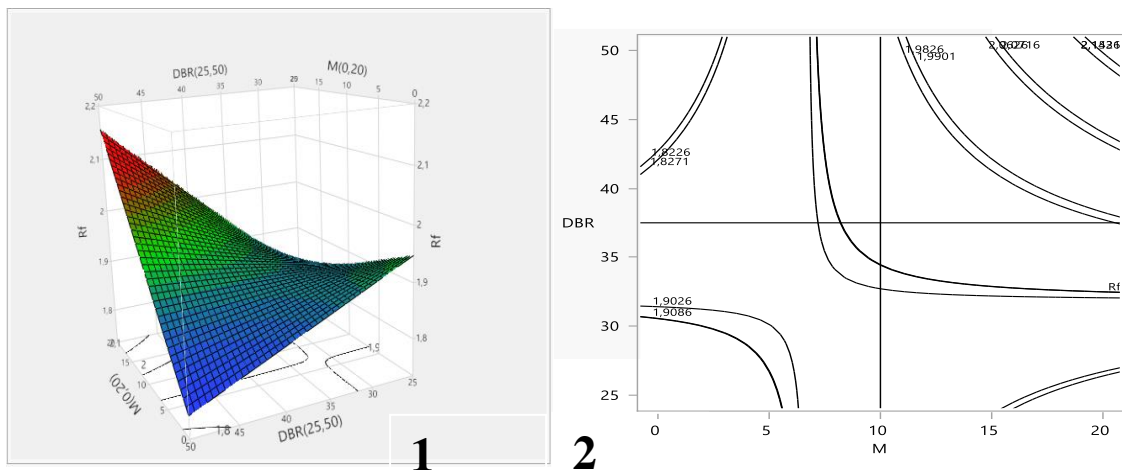


Figure IV.4 : L'évolution de la résistance à la flexion

- 1- Surface de réponse
- 2- Graphique iso-réponse

La figure IV.4 représente l'évolution de la résistance à la flexion en fonction du pourcentage de la marge M (%) et le dosage de déchet de brique DBR. On peut observer que la résistance à la flexion augmente progressivement avec l'augmentation du dosage de marge. Par contre la quantité de granulats recyclés de brique rouge provoque une diminution de la résistance.

## IV.6 Effet de dosage de chamotte et margine sur la durabilité

Dans cette partie on va évaluer statistiquement l'effet de pourcentage de la margine M (%) et le dosage de déchet de brique DBR sur un des meilleurs indicateurs de la durabilité (Absorption d'eau total)

### IV.6.1 Modèle d'Absorption d'eau total

Le test d'absorption a été réalisé selon la procédure américaine : Test de 24 h de submersion dans de l'eau déminéralisée. Les échantillons de brique sont séchés et refroidis selon la procédure. Ils sont ensuite immergés dans l'eau déminéralisée pendant 24 heures. L'absorption d'eau est ensuite calculée par l'équation :

$$\text{Absorption Eau stagnante} = (B - A) / A \times 100(\%)$$

où A et B sont les masses de l'échantillon sec et saturé.

La figure IV.5 présente les valeurs observées en fonction des valeurs prévues du modèle de la résistance à la compression. On constate que les points sont moins dispersés et loin au 1ere bissectrice qui est souhaitable. Ceci traduit par une valeur de R carré proche de 1 (R2 =0.84)

#### ✓ Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues

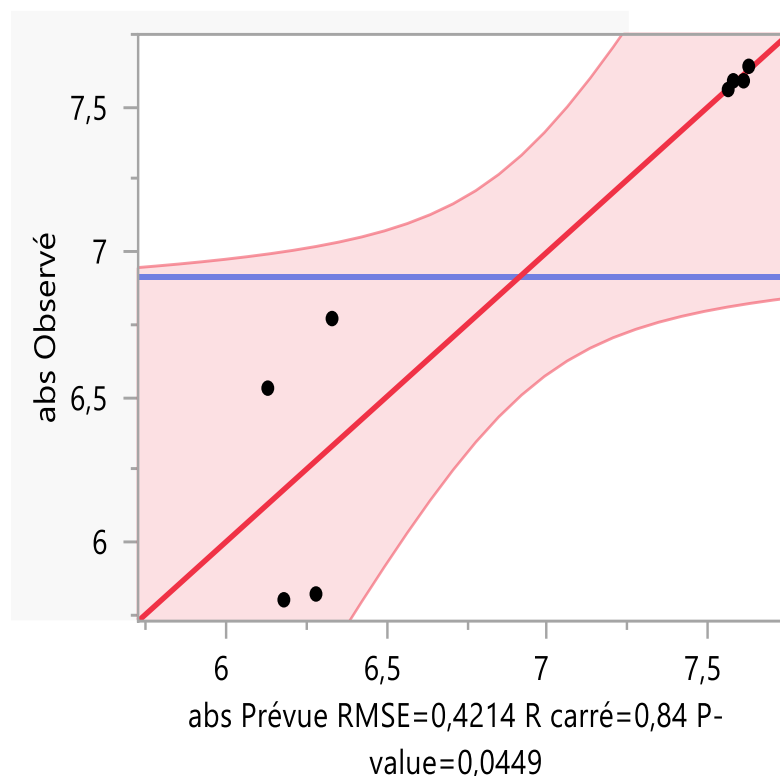


Figure IV.5 : Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévus.

✓ **Résumé de l'ajustement**

Tableau IV. 7 : résumé de l'ajustement

R carré	0,840886
R carré ajusté	0,841551
Racine de l'erreur quadratique moyenne	0,421408
Moyenne de la réponse	6,9125
Observations (ou sommes pondérées)	8

✓ **Estimations des coefficients**

Le tableau IV.8 présente le test des effets qui influence sur la repense étudiée, on peut constater que : le dosage de DBR et la quantité margine influe sur l'absorption totale.

Tableau IV. 8 : Estimation des coefficients

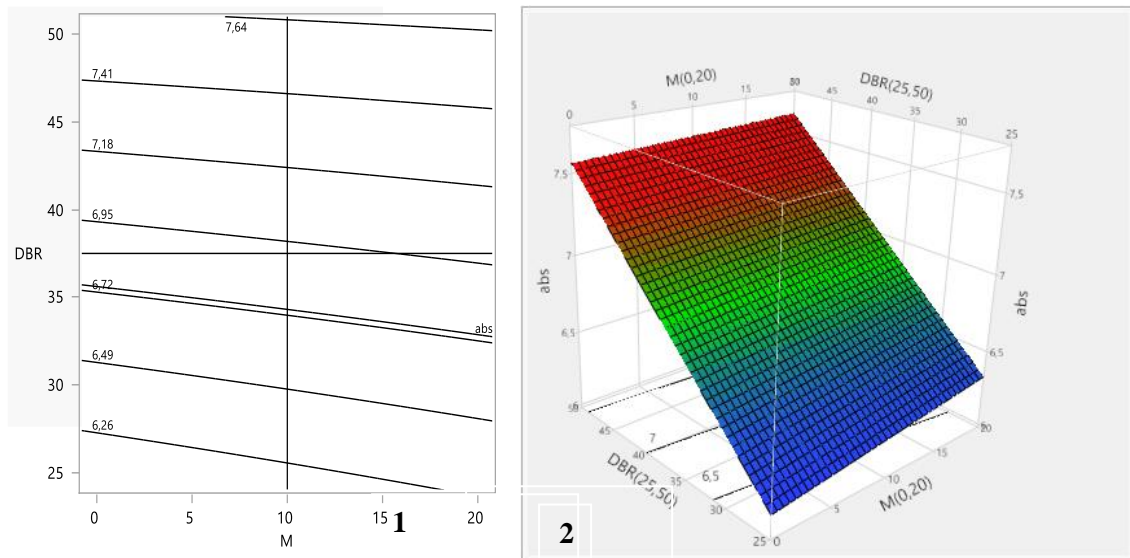
Terme	Estimation	Erreur standard	T ratio	Prob. >  t
Constante	6,9125	0,14899	46,40	<,0001*
M (0,20)	0,066	0,18846	0,35	0,7438
DBR (25,50)	0,6825	0,14899	4,58	0,0102*
M*DBR	-0,034	0,18846	-0,18	0,8656

✓ **Modèle mathématique :**

Le modèle mathématique de l'absorption d'eau en fonction de dosage du déchet de brique rouge et de margine est déterminé par :

$$6.9125 \pm 0.066 \times \left( \frac{(M - 10)}{10} \right) + 0.6825 \times \left( \frac{(DBR - 37.5)}{12.5} \right) + \left( \left( \frac{(M - 10)}{10} \right) \times \left( \frac{(DBR - 37.5)}{12.5} \right) \times -0.034 \right)$$

✓ Représentation graphique de surface de réponse :



La figure IV.6 : l'évolution de l'absorption d'eau

La figure IV.6 représente l'évolution de l'absorption d'eau en fonction du margine et DBR. On peut observer que l'absorption augmente progressivement avec l'augmentation du dosage de DBR. Par contre la quantité de margine provoque une diminution de l'absorption.

### IV.7 Les résultats

Dans cette partie on va essayer de voir l'effet de l'ajout d'un pourcentage de la margine ainsi que le dosage de déchet de brique sur les caractéristique mécanique et la durabilité d'un brique.

Le tableau IV.9 présente la nomenclature des mélanges confectionné dans notre étude

Mélangé	DBR	
	M (%)	(%)
M témoin	0	0
M <sub>0</sub> D <sub>25</sub>	0	25
M <sub>5</sub> D <sub>25</sub>	5	25
M <sub>15</sub> D <sub>25</sub>	15	25
M <sub>20</sub> D <sub>25</sub>	20	25
M <sub>0</sub> D <sub>50</sub>	0	50
M <sub>5</sub> D <sub>50</sub>	5	50
M <sub>15</sub> D <sub>50</sub>	15	50
M <sub>20</sub> D <sub>50</sub>	20	50

✓ **Les résultats de la résistance à la compression**

Évolution de la moyenne de la résistance à la compression en fonction du DBR et marge :

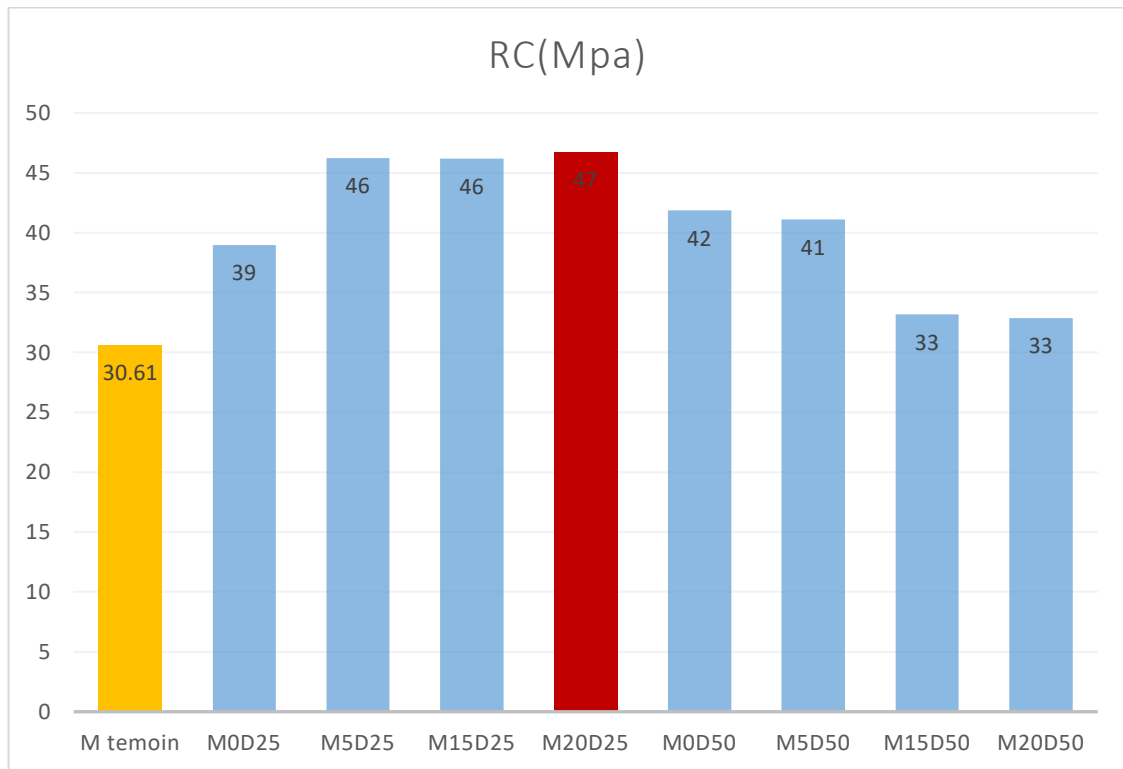


Figure IV.7 Évolution de la résistance à la compression en fonction du DBR et la marge

D'après la figure IV.7 qui présente l'évolution de la résistance à la compression de différents mélanges en fonction de DBR et la marge, nous remarquons que :

- Tous les mélanges présentent une résistance élevée comparativement au témoin.
- L'utilisation de 25% de déchet de brique et 20% de la marge (M<sub>20</sub>D<sub>25</sub>) donne la meilleure résistance à la compression avec un taux d'augmentation atteint le 53.54%.
- L'utilisation de 50 % de déchet de brique diminue d'une manière remarquable la résistance à la compression.

✓ Les résultats de la résistance à la flexion

Évolution de la moyenne de la résistance à la flexion en fonction du DBR et margine :

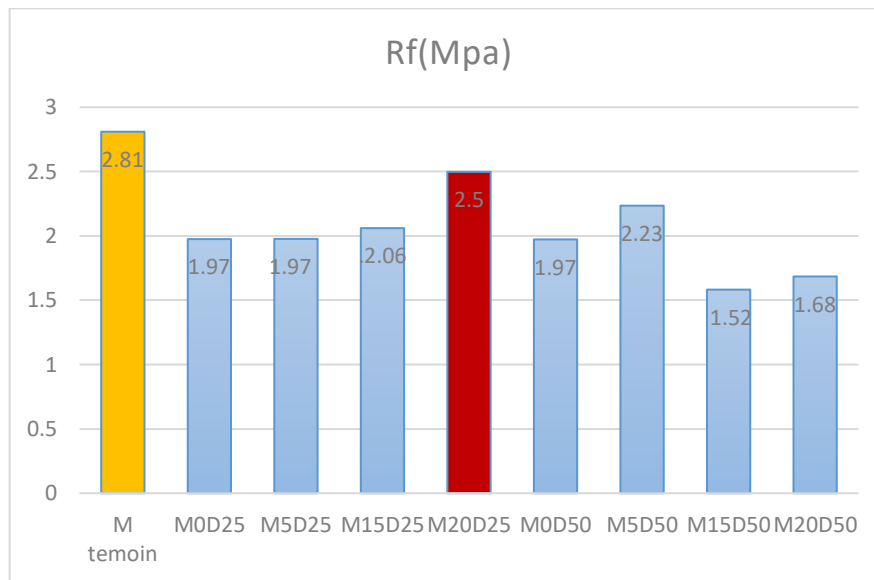


Figure IV.8. Évolution de la résistance à la flexion en fonction du DBR et la margine

D'après la figure IV.8 qui présente l'évolution de la résistance à la flexion de différents mélanges en fonction de DBR et la margine, nous remarquons que :

- Tous les mélanges présentent une faible résistance comparativement au témoin.
- L'utilisation de 25% de déchet de brique et 20% de la margine (M<sub>20</sub>D<sub>25</sub>) donne l'approche de résistance à la compression par rapport au témoin.
- L'utilisation de 50 % de déchet de brique diminue d'une manière remarquable la résistance à la flexion.

✓ Les résultats à l'absorption total d'eau

Évolution de la moyenne de l'absorption total d'eau en fonction du DBR et margine :

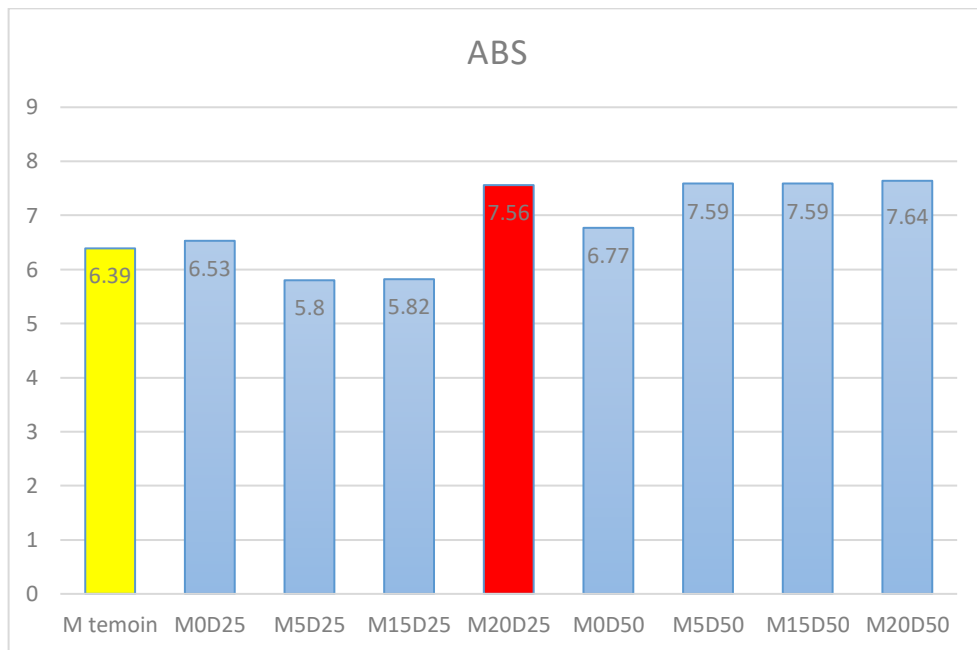


Figure IV.9. Évolution de l'absorption en fonction du DBR et la margine

D'après la figure IV.9 qui présente l'évolution de l'absorption de différents mélanges en fonction de DBR et la margine, nous remarquons que :

- Tous les mélanges présentent une augmentation comparativement au témoin.
- L'utilisation de 50% de déchet de brique et 20% de la margine (M<sub>20</sub>D<sub>50</sub>) donne la meilleure absorption d'eau avec un taux d'augmentation atteint le 18.30%.
- L'utilisation de 25 % de déchet de brique diminue d'une manière remarquable l'absorption d'eau.

## IV.8 Conclusion

Ce chapitre a pour objectif d'évaluer la résistance à la compression et à la flexion aussi à l'absorption totale d'une brique de terre cuite avec des ajouts (adjuvants) avec différents dosages.

L'utilisation du plan d'expérience nous permet d'avoir des lois de comportement qui rassemblent différents paramètres de formulation DBR (%) et le dosage de margine.





# *Conclusion générale*



## Conclusion générale

La nécessité d'obtenir un matériau de base durable dans les constructions de brique de terre cuite était à l'origine un facteur favorisant les ouvrages ayant une durée de vie indéfiniment longue à l'exigence d'un minimum d'entretien, doit conduire à envisager un traitement qui, tout en assurant une résistance mécanique suffisante, tend à augmenter son insensibilité à l'eau.

A la lumière de ce qui précède, on remarque que l'incorporation des ajouts inertes (déchet de brique rouge, margine), contribue d'une façon positive sur les performances mécaniques et la durabilité des briques rouge confectionnés selon les différentes combinaisons avec ces ajouts.

D'après notre partie théorique nous avons découvert que l'incorporation des déchets industriels est une solution adéquate pour protéger l'environnement.

Dans notre partie pratique nous nous sommes confectionnés des briques à base de déchets puis nous avons trouvés des résultats proches de ceux des briques fabriqués à base d'argile. En bref nous concluons que la valorisation de la casse et la margine dans le domaine du Génie civil est une solution idéale pour sauver notre environnement, vu son efficacité dans la fabrication des briques.

L'étude expérimentale nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

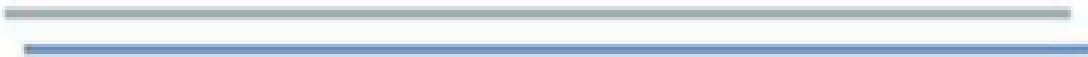
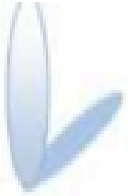
- Les résistances mécaniques (compression) augmentent en fonction de la teneur en DBR et margine. La teneur de DBR (25%) et M (20%) donne les meilleurs résultats avec une augmentation de 53.54%.

- Une diminution de la résistance à la flexion avec l'ajout de DBR et margine. Pour 25% de DBR et 20% margine, cette diminution est de l'ordre 28.82% et 16.41%.

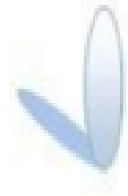
- L'absorption totale augmente avec l'augmentation des DBR et margine jusqu'à 18.30%.

De plus, cette étude nous a permis de mettre en évidence la possibilité de la réutilisation des déchets de brique rouge et le déchet oléicole comme des adjuvants dans le brique de terre cuite.

Toujours notre premier objectif est d'économiser les coûts de construction et de réduire l'épuisement des matières premières de la nature et éliminer les déchets industriels de manière utile et réfléchi et obtenir de bonnes propriétés de brique rouge, innovantes et très pratiques.



# *Références bibliographiques*



## **Références bibliographiques**

- [1] M.AGGOUN-ARHAB, Caractérisation de la composition en micro constituants des margines issues de la production oléicole et utilisabilité comme complément dans la ration chez la vache laitière, 2016. Thèse de l'Université Frères Mentouri Constantine.
- [2] N. SIFOUN .2007.Traitement des effluents des huileries d'olive par oxydation au H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.memoire de magister. Spécialité : génie de l'environnement, option : traitement des effluents industriels, Université M'hamed Bougara Boumerdès.
- [3] Commission européenne(2020) . [https://ec.europa.eu/info/index\\_fr](https://ec.europa.eu/info/index_fr)
- [4] FAO,2016. Production de l'huile d'olive.
- [5] Ouferhat- Ait Hamlat, Les contraintes de la filière Huile d'Olive en Algérie,Cas de la Wilaya de Bejaia ; Commune d'Ighil Ali,thèse Master II N, 2015. Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou. 49 P
- [6] USDA,2019 : Le département de l'agriculture des États-Unis
- [7] H. AISSAM. Etude de la biodégradation des effluents des huileries (margines) et leur valorisation par production de l'enzyme tannase. (2003). Thèse de doctorat à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
- [8] NEFZAOUI A. (1987). Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits. Séminaire sur l'économie de l'olivier. Tunis
- [9] M.AGGOUN-ARHAB, Caractérisation de la composition en micro constituants des margines issues de la production oléicole et utilisabilité comme complément dans la ration chez la vache laitière, 2016. Thèse de l'Université Frères Mentouri Constantine.
- [10] NEFZAOUI A. (1991). Valorisation des sous produits de l'olivier. Option méditerranéennes. Série n 16 : 101-108
- [11] A. ESMAIL, H. ABED, M. FIRDAOUS, N.CHAHBOUN, Z. MENNANE, study of oil mill wastewater (OMW) from three different regions of Morocco, J. Mater. Environ. Sci.5 (1), 2014,121-126.
- [12] Seraphim P., Maria G.P., Stylianos F., Michael K., George A., « Citric acid production by *Yarrowia lipolytica* cultivated on olive-mill wastewater-based media». Bioresource Technology, 99, 2419–2428, 2008.

## *Références bibliographiques*

---

- [13] Lacomelli A., « Olive mill waste water & SAP adopted by BACRON contracting parties». Work Shop on Agro- industry development in the coastal areas, with special focus on the olive oil industry. Beirut –Lebanon, 4- 6 December 2000.
- [14] H. BOUDOUKHANA. Impact des margines sur les eaux de oued Bouchtata wilaya de Skikda. (2008). Thèse de magister de l'université du 20 aout 1955 Skikda
- [15] M.AGGOUN-ARHAB, Caractérisation de la composition en micro constituants des margines issues de la production oléicole et utilisabilité comme complément dans la ration chez la vache laitière, 2016. Thèse de l'Université Frères Mentouri Constantine.
- [16] H. AISSAM. Etude de la biodégradation des effluents des huileries (margines) et leur valorisation par production de l'enzyme tannase. (2003). Thèse de doctorat à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
- [17] S. DERMERCHE, M. NADOUR, C. LARROCHE, F. MOULTI-MATTI, P. MICHAUD (2013).Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies .Process Biochemistry,2013, 48, 1532–1552
- [18] Benyahia N., Zein K (2003). Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. 2ème Conférence Internationale Swiss Environmental Solutions for Emerging Countries. Lausanne (Suisse), 7p.
- [19] NIAOUNAKIS M. and HALVADAKIS C.P. (2004). Olive mill waste management, literature review and patent survey. Athens, Greece: Typothito-George Dardanos, Athens.
- [20] Journal officiel de la république Algérienne démocratique et populaire (2006)
- [21] Ranalli A (1991). The efferent from olive mills: proposals for re-use and purification with reference to Italian le gislation olive 37, 30-39.
- [22] Gracia-Gómez A., Roig A ;Bernal M.P. Composting of solid fraction of olive mill-wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. Biores . Technol., (2003) 86 (1), 59-64.
- [23] Nadour M, (2015). Extraction, caractérisation des polysaccharides et des polyphénols issus des sous-produits oléicoles. Valorise des polysaccharides à vise alimentaires. Thèse Doctorat. Faculté des Sciences Biologique et des Sciences Agronomique, Département de BiochimieMicrobiologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

[24] Charis Michel Galanakis, (2017). Olive mill waste, recent advances for the sustainable management-Academic Press.300p

[25] DARVE F ; HICHERP-Y ; J-M. RENOUEAU. Etudes en mécanique des matériaux et des structures « Les géo matériaux » Tome1, Ed, Hermès, (1995) pp89-100, Collection.

[26] ] Mekki H, Ammar E, Anderson M and Benzina M, Recyclage des déchets de la trituration des olives dans les briques de construction. Ann Chim Sci Mat, (2003) 28: 109-127.

[27] Lesage-Meessen L., Navarro D., Maunier S., Sigoillot J-C., Lorquin J., Delattre M., Simon J-L., Labat M. (2001). Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems. Food Chemistry, 75, 501-507p.

[28] René Sansoucy, (2014). Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen. Etude Fao production et santé animales 43. (FAO, Rome). M23 ISBN 92-5-201488-8 <http://www.fao.org/3/X6545F/X6545F00.htm#TOC>

[29] Vincan (2006) les huiles reçoivent différentes dénominations correspondant à des critères fixés par la réglementation.

[30] Nefzaoui, A. (1987). Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits. Séminaire sur l'économie de l'Olivier, Tunisie. [31] Yacoub Y. (1997). Valorisation des sous-produits. L'investisseur agricole. 19

[32] Stasinakis S., Irene E., Anastasios V., Petalas C., Halvadakis P. (2008). Removal of total phenols from olive-mill wastewater using an agricultural by-product, olive pomace, J. Hazard. Mater. 160

[33] Esteve C., Marina M.L., García M.C. (2015). Novel strategy for the revalorization of olive (*Olea europaea*) residues based on the extraction of bioactive peptides. Food Chem. 167

[34] Mennane Z., Tada S., Aki I., Faid M., Hassani S., Salmaoui S. (2010). Caractérisation physicochimique et microbiologique des grignons d'olive de 26 huileries traditionnelles de la région de Beni Mellal (Maroc). Technologies de laboratoire. 5, N°19.

[35] A. Nabei, T. K. Sowa, T. Shimizu, T. Okubo, M. Maekawa, M. Munakata, Polyhedron, 28 (2009) 1734.

[36] C.R. Bhattacharjee, P. Goswami, P. Mondal, Inorg. Chim. Acta, 387 (2012) 86.

[37] A. Nabei, T.K. Sowa, T. Okubo, M. Maekawa, M. Munakata, Inorg. Chim. Acta, 361 (2008) 3489.

## ***Références bibliographiques***

---

- [38] S. Majumder, S. Dutta, L. M. Carrella, E. Rentschler, S. Mohanta, J. Mol. Struct., 1006 (2011) 216.
- [39] C. R. Bhattacharjee, P. Goswami, P. Mondal, Inorg. Chim. Acta, 387 (2012) 86.
- [40] [xmlui/bitstream/handle/123456789/582/memoire%20hamel%20corrig%C3%A9.pdf](#)
- [41] P. Pimienta, B'étons de d'échets : pr'évenir les risques. 1997.
- [42] Barkat A bderezzak. (2006). Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton, Mémoire de magister en génie civil, université KASDI MERBAHOUARGLA
- [43] M. Afès 7 G. (2000). Stabilisation des sols gonflants : CAS D'UNE ARGILE EN PROVENANCE DE MILA (ALGERIE), Didier Bull Eng Geol Env 59, pp 75–83. [11] C. Brian Smith, Infrared Spectral Interpretation: A Systematic Approach, CRC Press, 1998.
- [44] Aissa Salem. (2016). Effet de l'activation mécanique de l'argile cuite (déchets de briques) sur le comportement mécanique du mortier. Mémoire de master, université Mohamed Boudiaf M'sila, 112p.
- [45] RECHTSCHAFFNER R. L. «Saturated Fractions of 2n and 3 Factorial Designs». Technometrics, vol. 9. (1967)
- [46] J. Goupy and L. Creighton. Introduction aux plans d'expériences - 3ème édition - Livre+CD-Rom. Technique et ingénierie. Dunod, 2006.
- [47] J. Goupy and L. Creighton. Introduction aux plans d'expériences - 3ème édition - Livre+CD-Rom. Technique et ingénierie. Dunod, 2006.
- [48] Moresteam. Design of experiments (doe). "https ://www.moresteam.com/toolbox/design-ofexperiments.cfm". (Accessed on 17/12/2018).

