

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de Master**

En : Génie civil

Spécialité : Structure

Par :

Akaf Houssef Fethallah

Chaouche Mohammed Wanis

Sujet :

**Contribution à l'étude des matériaux composites
biosourcés à base de plâtre**

Soutenu publiquement le 26 Septembre 2023

devant le jury composé de :

Mme SAIL Latifa	Professeure	Univ. Tlemcen	Présidente
M TALEB Omar	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur
M HOUTI Farid Brahim	MAA	Univ. Tlemcen	Encadrant
M BENOSMAN Ahmed Soufiane	Professeur	ESSA. Tlemcen	Encadrant
Melle MESLI Imane Fatima Zohra	Dr	Univ. Tlemcen	Encadrante

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme le présent travail.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement nos encadrants **M. HOUTI Farid Brahim, Professeur BENOSMAN Ahmed Soufiane et Mlle MESLI Imane Fatima Zohra** pour leurs précieuses aides, leurs conseils éclairés et leur soutien constant tout au long de ce travail de recherche. Nous leurs sont profondément reconnaissants.*

*Nous tenons aussi à exprimer notre gratitude au **Professeure SAIL Latifa** qui à accepter d'honorer la présidence de ce jury.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciements au **Dr TALEB Omar** pour l'honneur d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à tous ceux et celles qui nous ont aidé à la réalisation de ce modeste travail, toute l'équipe du laboratoire, particulièrement **Mr HENNAOUI Mustapha, Mr Hakim et Mme BOUKLIKHA Fadia** pour leur gentillesse et leur disponibilité tout au long de ce projet.*

*Nous remercions également le Directeur du laboratoire **LABMAT de l'ENPO-MA d'ORAN, le Professeur MOULIMohamed**, ainsi que le **Dr BADACHE Abdelhak** pour leur chaleureux accueil et contribution.*



Dédicace

A nos parents

A nos frères et sœurs

A nos familles

A tous nos amis

Liste des figures

Figure 1 : Phase du plâtre	3
Figure 2 : Différents systèmes de cristallisation du gypse	3
Figure 3 : Photos prises au MEB des deux formes de semi-hydrate	5
Figure 4 : L'extraction du gypse à ciel ouvert et souterraine	6
Figure 5 : Concassage du gypse	6
Figure 6 : Four de cuisson du gypse	7
Figure 7 : Conductivité du plâtre en fonction de la température [10]	11
Figure 8 : Comment le gypse retarde la transmission de la chaleur. [12]	12
Figure 9 : Influence du rapport E/P sur la densité.	13
Figure 10 : Influence du rapport E/P sur les résistances mécaniques.....	13
Figure 11 : Carte représentant les principales régions de production d'olivier <i>Olea europaea</i> dans le monde (COI, 2018).....	19
Figure 12 : Composition de l'olive (Nefzaoui, 1984)	20
Figure 13 : les grignons d'olive.....	20
Figure 14 : Obtention de grignon d'olive par le système de presse [27].....	21
Figure 15 : Système continu d'extraction avec centrifugation à 2 phases [30].....	22
Figure 16 : Système continu d'extraction avec centrifugation à 3 phases [29].....	22
Figure 17 : Modèle de l'économie circulaire[34].....	26
Figure 18 : (a) Paille de riz hachée, (b) Mélange sec de paille hachée, de gypse et d'agents moussants, (c) Mélange de déchets agricoles, de gypse, d'agents moussants et d'eau, (d) Panneau de gypse moussé, (e) Blocs creux, (f) Blocs creux[35].....	27
Figure 19 : Les billes de polystyrène[36]	28
Figure 20 : Déchets de papier[37]	29
Figure 21 : Déchets de plaques. [38]	30
Figure 22 : Fibres plastiques.[39]	31
Figure 23 : Agrégats du caoutchouc.[40]	32
Figure 24 : Plâtre KNAUF	35
Figure 25 : Lavage du grignon d'olive	36
Figure 26 : Séchage naturel à l'aire libre.....	36
Figure 27 : Masse volumique du plâtre	37
Figure 28 : Essai de prise avec l'appareil Vicat	38
Figure 29 : Masse volumique de la chaux	38
Figure 30 : Masse volumique de sable	39
Figure 31 : masse volumique des grignons d'olives	39
Figure 32 : Tamiseuse d'analyse granulométrique.....	40
Figure 33 : Courbes granulométrique du sable et du déchet	40
Figure 34 : les matériaux utilisés.....	42
Figure 35 : moule (4 x 4 x 16) cm ³	43
Figure 36 : Eprouvettes réalisées Ø (80mm) épaisseur de 1cm	43
Figure 37 : Balance.....	44
Figure 38 : Eprouvettes réalisées (4×4×16 cm ³)	45
Figure 39 : Duromètre Shore C	46

Figure 40 : Dispositif pour l'essai de résistance à la traction	46
Figure 41 : Dispositif pour l'essai de résistance à la compression	47
Figure 42 : Essai d'absorption capillaire	48
Figure 43 : Les échantillons dans l'eau (Cycle Etuve-Immersion)	49
Figure 44 : Les échantillons dans l'étuve (Cycle Etuve-Immersion)	49
Figure 45 : Appareil pour l'essai de l'acoustique.....	50
Figure 46 : Variation de la densité en fonction du pourcentage du déchet	52
Figure 47 : Variation de la dureté en fonction des pourcentages du déchet.....	53
Figure 48 : Variation de la résistance à la flexion en fonction du pourcentage du déchet..	54
Figure 49 : Variation de la résistance à la compression en fonction du pourcentage des déchet	55
Figure 50 : Variation de l'absorption capillaire en fonction du pourcentage du déchet	56
Figure 51 : Résistance à la flexion avant et après cycle étuve-immersion à 14 jours	58
Figure 52 : Résistance à la compression avant et après cycle étuve-immersion à 14 jours	58
Figure 53 : Variation du taux d'affaiblissement.....	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différences entre les sulfates de calcium semi-hydratés α et β	5
Tableau 2 : Propriétés caractéristiques des deux variétés usuelles de semi-hydrate.....	10
Tableau 3 : Mode d'obtention des différents types de grignons et composition physique .	23
Tableau 4 : Composition chimique des différents types de grignons.....	24
Tableau 5 : Temps de prise du plâtre.....	37
Tableau 6 : Les résultats des essais	41
Tableau 7 : Les différents échantillons et leurs composants	42
Tableau 8 : Variation de la densité en fonction du pourcentage du déchet	55
Tableau 9 : Variation de l'absorption capillaire en fonction du pourcentage du déchet	55
Tableau 10 : Variation de l'absorption capillaire en fonction du pourcentage du déchet...	57
Tableau 11 : Variation de l'absorption après deux cycles d'étuve-immersion.	59
Tableau 12 : Variation de l'isolation phonique en fonction du pourcentage du déchet	59

Liste abrégation

Symboles	Désignations	Unités
ρ	La densité	kg/m^3
R_f	Résistance à la flexion	MPa
F_f	Charge à la rupture	N
B	Largeur de la section carrée du prisme	mm
L	Distance entraxe des rouleaux d'appuis de l'éprouvette	mm
R_c	Résistance à la compression	MPa
F_c	Charge à la rupture	N
α	Largeur de la section carrée	mm
I	L'absorption	mm
m_t	La variation de la masse de l'éprouvette à l'instant (t)	g
A	La surface du spécimen en contact avec l'eau	mm^2
d	La masse volumique d'eau	g/mm^3
T	le temps	s
S	Le coefficient de sorptivité	$(\text{mm/s}^{0.5})$
E/P	Rapport (Eau/Plâtre)	-
S/P	Rapport (Sable/Plâtre)	-

Sommaire

Résumé	i
Introduction générale	1
Chapitre 1 :Généralité	
Partie A : Généralités sur le plâtre	2
I.1 Historique	2
I.2 Définition et origine du plâtre	2
I.3 Le gypse	3
I.3.1 Le gypse naturel	3
I.3.2 Le gypse de synthèse	4
I.4 Les anhydrites	4
I.4.1 Les phases semi-hydratées α et β :	4
I.5. Fabrication du plâtre.....	5
I.5.1 L'extraction	5
I.5.2 Concassage primaire.....	6
I.5.3 La cuisson	6
I.5.4 Le broyage	8
I.5.5 L'homogénéisation et l'adjuvantation :	8
I.5.6 Le contrôle et la validation des produits :	9
I.6 Propriétés physiques :	9
I.6.1 La prise	9
I.6.2 Durcissement	10
I.6.3 La conductivité thermique	11
I.6.4 Isolation acoustique	11
I.6.5 Résistance au feu	11
I.7 Propriétés mécaniques et mise en œuvre du plâtre :	12
I.7.1 Pâte pure de plâtre	12
I.8 Utilisations du plâtre	13
I.9 Matériaux biosourcés	14
I.9.1 Les filières des différents matériaux biosourcés :	15
I.9.2 Les avantages des matériaux biosourcés :	16
Partie B : Généralités sur les déchets	17
I.1 Introduction	17

I.2 Définition des déchets	17
I.3 type des déchets.....	17
I.3.1 Déchets verts	17
I.3.2 Déchets plastiques	18
I.3.3 Déchets inertes.....	18
I.3.4 Déchets ultimes	18
I.3.5 Déchets de verre	18
I.4 Histoire et l'origine de l'olivier.....	18
I.5 Définition de l'olive	20
I.5.1 les sous-produits de l'olive.....	20
I.6 Les margines	20
I.7 Définition des grignons d'olives	20
I.7.1 La production des grignons dans l'industrie oléicole.....	21
I.8 Les méthodes d'extractions de grignon d'olive	21
I.8.1 La méthode d'extraction par presse (système traditionnel).....	21
I.8.2 La méthode d'extraction par Centrifugation	21
I.9 Les types de grignon d'olive	22
I.9.1 le grignon brut	22
I.9.2 le grignon épuisé.....	22
I.9.3 le grignon partiellement dénoyauté	22
I.10 Caractéristiques du grignon d'olive	23
I.10.1 Caractéristiques physiques.	23
I.10.2 caractéristiques chimiques.....	23
I.11 Valorisation du grignon d'olive	25
I.11.1 Utilisation des grignons d'olive pour la fertilisation des terres agricoles	25
I.11.2 Utilisation des grignons d'olive comme alimentation animale	25
I.11.3 Utilisation des grignons d'olive comme absorbant	25
I.11.4 Utilisation des grignons dans les matériaux de construction.....	25
I.12 L'économie circulaire	25
Partie C : Les différents travaux réalisés sur le plâtre.....	26
I.1 Température élevée et comportement de performance de la paille de riz comme blocs creux de gypse expansé à base de biomasse.....	26
I.2 Étude d'un composite de plâtre à base de sable de dune et de polystyrène expansé	28

I.3 Caractérisation et optimisation du gypse écologique en utilisant la méthodologie des surfaces de réponse	28
I.4 Caractérisation mécanique des mortiers de plâtre avec des déchets issus du secteur automobile	29
I.5 Contribution à l'étude des matériaux composites plâtres/déchets.....	30
I.6 Contribution à l'étude de la durabilité de mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier	31
I.7 Propriétés thermiques du plâtre renforcé aux fibres de dattier	31
I.8 Efficacité de l'utilisation des déchets de caoutchouc comme agrégats pour améliorer les performances thermiques des composites à base de plâtre.....	32
I.9 Conclusion.....	33

chapitre2: Matériels et méthodes d'essais

II.1 Introduction.....	35
II.2 Matériaux utilisés.....	36
II.2.1 Le plâtre	37
II.2.2 Le sable	38
II.2.3 La chaux.....	39
II.2.4 Le déchet des grignons d'olives.....	40
II.2.5 Eau de gâchage	41
II.3 Propriétés physiques des matériaux	42
II.3.1 propriétés physiques du plâtre	43
II.3.1.1 Masse volumique	44
II.3.1.2 Le temps de prise du plâtre	45
II.3.2 propriétés physiques de la chaux	46
II.3.2.1 Masse volumique	47
II.3.3 propriétés physiques du sable	48
II.3.3.1 Masse volumique	49
II.3.2.1 Analyse granulométrique	50
II.3.4 propriétés physiques des grignons d'olives	51
II.3.4.1 Masse volumique	52
II.4 Confection du mortier	53
II.4.1 Définition du mortier	54
II.4.2 Etude de la composition du mortier de plâtre	55
II.4.2.1 Détermination du rapport E/P	56

II.4.2.2 Détermination du rapport S/P	57
II.4.2.3 Le dosage de la chaux	58
II.4.3 Préparation des échantillons	59
II.4.4 Formulation du mortier	60
II.4.4.1 Matériels utilisés	61
II.4.4.2 Mode d'emploi.....	62
II.5 Description des essais expérimentaux à effectuer	63
II.5.1 Essai de compression	64
II.5.2 Essai de Traction.....	65
II.5.3 La densité	66
II.5.4 Absorption capillaire.....	67
II.5.5 Etuve immersion	68
II.5.6 Dureté superficielle (Shore C)	69
II.5.7 Résistance au feu.....	70
II.5.8 Isolation phonique.....	71
II.6 Conclusion.....	71

Chapitre 3: résultats et discussions

III.1 Introduction	73
III.2 La densité	74
III.3 Dureté superficielle (Shore C)	75
III.4 Résistance à la Traction par flexion	76
III.5 Résistance à la compression	77
III.6 L'absorption capillaire	78
III.7 Etuve immersion	79
III.7.1 Les résultats de la résistance à la flexion et à la compression avant et après l'essai d'étuve immersion	80
III.8 Isolation phonique	81
III.9 Conclusion	82

Résumé:

Le plâtre est considéré comme l'un des matériaux de construction le plus disponible et le plus utilisé au monde en raison des propriétés qu'il offre dans le domaine de la construction, mais il présente malgré cela de nombreux inconvénients, comme les propriétés mécaniques et l'isolation phonique, pour lesquels il faut trouver des solutions.

Notre recherche vise à valoriser des déchets de l'industrie oléicole locale utilisés dans des mortiers de plâtre en substitution volumique de sable à différents pourcentages (0,25,50, 75, 100)% et d'étudier l'influence de ces proportions sur les propriétés physiques, mécaniques et acoustiques. Les résultats obtenus montrent que l'incorporation des grignons d'olive réduit le poids des mortiers et ceci jusqu'à 16% avec un taux de remplacement de 100%. Il convient de noter que le mortier de plâtre avec 25% de déchet à donner une dureté superficielle Shore C de 76 et une bonne isolation phonique d'où une application pour les bâtiments à usage d'habitation.

Mots clés : Mortier de plâtre, déchets biosourcés, grignon d'olive, résistances mécaniques isolation phonique, Dureté superficielle

Abstract:

Plaster is considered one of the most readily available and widely used construction materials in the world due to its advantageous properties in construction. However, it also comes with a number of drawbacks, such as poor mechanical properties and sound insulation, for which solutions need to be found.

Our research aims to valorize waste from the local olive industry by using it in plaster mortars as a replacement for sand at different volumetric percentages (0, 25, 50, 75,100%) and studying the influence of these proportions on the physical, mechanical, and acoustic properties. The results obtained show that the incorporation of olive pomace reduces the weight of the mortars by up to 16% with a 100% replacement rate. It is noteworthy that the plaster mortar with 25% waste gave a Shore C surface hardness of 76 and good sound insulation, making it suitable for residential buildings.

Keywords: Plaster mortar, bio-sourced waste, olive pomace, mechanical strength, sound insulation, surface hardness.

ملخص

يعتبر الجبس من أكثر مواد البناء المتوفرة والأكثر استخداماً في العالم نظراً للخصائص التي يقدمها في مجال البناء، ولكن رغم ذلك له عيوب كثيرة، مثل الخواص الميكانيكية وعزل الصوت، والتي لا بد من إيجاد حلول لها. يهدف بحثنا إلى ترمين مخلفات صناعة الزيتون المحلية المستخدمة في ملاط الجبس في استبدال الرمل بالحجم بنسب مختلفة (0,25,50,75,100)% ودراسة تأثير هذه النسب على الخواص الفيزيائية والميكانيكية والصوتية. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن دمج ثقل الزيتون يقلل من وزن الملاط بنسبة تصل إلى 16% مع معدل استبدال يصل إلى 100%. وتجدر الإشارة إلى أن الملاط الجبس الذي يحتوي على 25% من النفايات يعطي صلابة سطح تبلغ 76 وعزلاً جيداً للصوت، وبالتالي يمكن استخدامه في المباني السكنية.

الكلمات المفتاحية: الملاط الجبس، النفايات الحيوية، ثقل الزيتون، المقاومة الميكانيكية، عزل الصوت، صلابة السطح.

The background features three decorative orange circles of varying sizes, each composed of multiple overlapping layers. Two thin orange lines originate from the top left and extend towards the circles, while a third line extends from the top right towards the bottom right circle.

Introduction Générale

Ces dernières années, les études dans le domaine des matériaux de construction se sont focalisées sur la production de matériaux biosourcés respectueux de l'environnement afin de réduire les impacts environnementaux des matériaux traditionnels et de créer des produits durables. Bien que ces matériaux offrent des avantages considérables tels qu'une résistance mécanique, physique et une isolation acoustique accrue ainsi qu'une esthétique améliorée.

Dans ce contexte, les matériaux composites biosourcés ont émergé comme une solution prometteuse pour répondre à cette préoccupation environnementale. Ils utilisent des matériaux d'origine naturelle tels que les grignons d'olive, qui sont les résidus solides issus de la première pression des olives. Dans le présent travail, nous étudions la contribution des matériaux composites à base de plâtre. Ce dernier est couramment utilisé dans le monde entier en raison de sa disponibilité considérable, mais son utilisation est souvent limitée du fait de sa nature fragile.

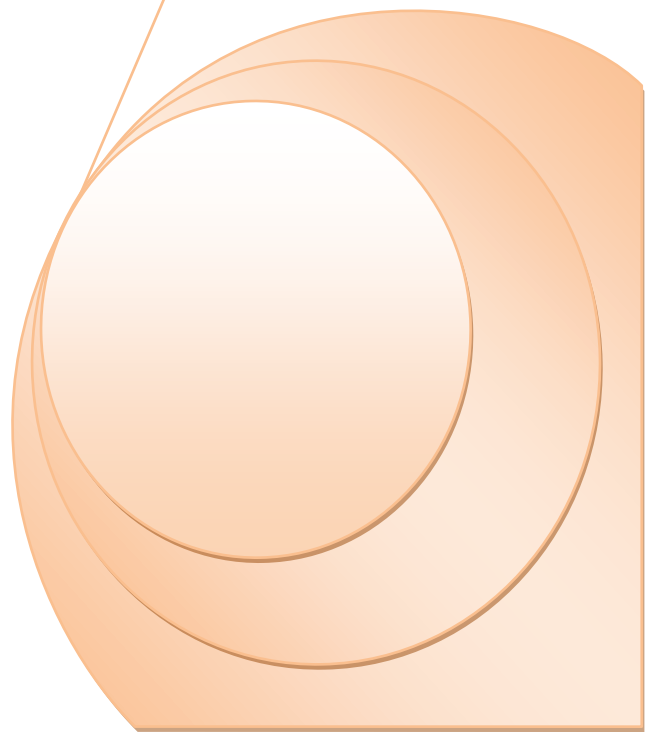
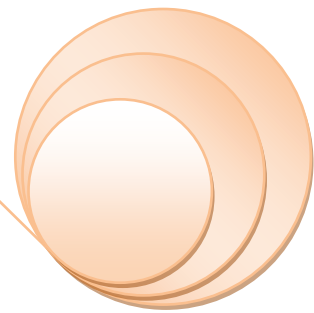
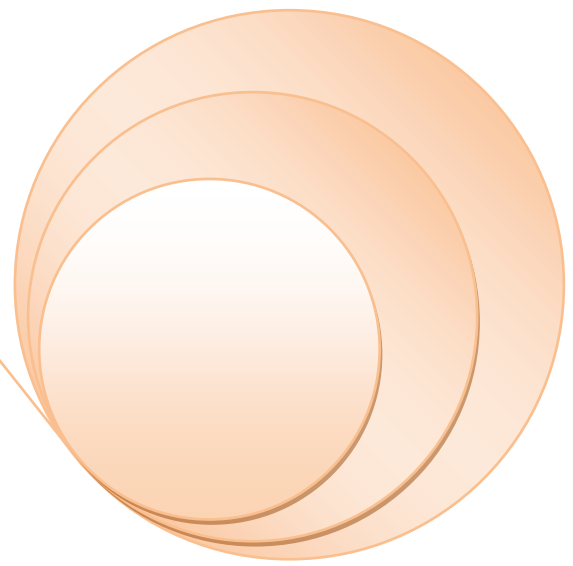
Notre objectif est donc d'étudier l'utilisation de matériaux composites biosourcés dans les mortiers de plâtre en examinant leurs résistances mécaniques, leur comportement vis à vis d'eau et leur isolation phonique. Les matériaux utilisés dans cette étude comprennent le plâtre, le sable et les grignons d'olive avec différentes substitutions en volume (0, 25, 50, 75, 100%).

Le travail est divisé en trois chapitres distincts :

- ❖ Le premier chapitre se compose de deux parties : la première portant sur la description détaillée du plâtre, de ses propriétés physiques et mécaniques ainsi que ses caractéristiques structurelles. La deuxième partie fournit une vue non exhaustive des différents types de déchets plastiques, végétales et chimiques ainsi que les différents travaux réalisés sur les mortiers plâtre.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à la partie expérimentale où nous présentons en détail la méthodologie utilisée pour formuler et préparer les mortiers composites de plâtre à base de grignons d'olive.
- ❖ Le chapitre trois représente les résultats obtenus et leurs discussions ainsi que la comparaison avec d'autres résultats de la littérature.

Enfin on terminera par une conclusion succincte et des perspectives.

Chapitre01 : **Généralités**



Partie A : Généralités sur le plâtre

I.1 Historique

Le plâtre est connu depuis l'époque néolithique, environ 9000 ans avant J.C. Dès cette époque il fut couramment utilisé. La plus ancienne découverte remonte à 7000 ans avant J.C, sur le site de CatalHûyük (en Anatolie), où l'on trouve du plâtre sur les murs sous forme d'enduit. Les Sumériens, les Assyriens et surtout les Égyptiens ont beaucoup utilisé le plâtre notamment pour la confection des masques funéraires dont le premier exemple connu est celui du roi Téty (datant de 2400 ans avant J.C., site de Saqqara).[1]

Plus récemment, la généralisation de l'emploi du plâtre est liée à un édit de Louis XIV promulgué en 1667, imposant l'utilisation d'un enduit de plâtre dans les maisons à ossature de bois. Cet édit faisait suite à l'incendie de Londres l'année précédente (1666), le plâtre étant déjà connu par sa propriété ignifuge.

Actuellement, le plâtre est utilisé soit directement en enduits, ou bien en éléments préfabriqués, carreaux ou plaques (couche de plâtre entre deux cartons) et particulièrement à l'intérieur, grâce à ses propriétés d'isolation thermique, acoustique et sa résistance au feu.[2]

I.2 Définition et origine du plâtre

Le plâtre est un matériau issu du gypse qui est un sulfate de calcium di-hydraté de formule ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) et que l'on trouve à l'état naturel sous forme d'albâtre ou de cristaux de sélénite. Le minerai gypse est généralement extrait de mines ou de carrières souterraines puis partiellement déshydraté par cuisson aux alentours de 110 °C-150 °C. Il est ensuite broyé pour donner la poudre blanche du plâtre : on obtient alors le semi hydrate ($\text{CaSO}_4, \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Selon les pressions de vapeur d'eau du milieu de cuisson du gypse, on peut obtenir deux variétés de semi-hydrate : le semi-hydrate α et le semi-hydrate β [3]. Un chauffage à plus haute température du gypse 290 °C donne de l'anhydrite (CaSO_4) sulfate complètement déshydraté, appelé "surcuit" [4].

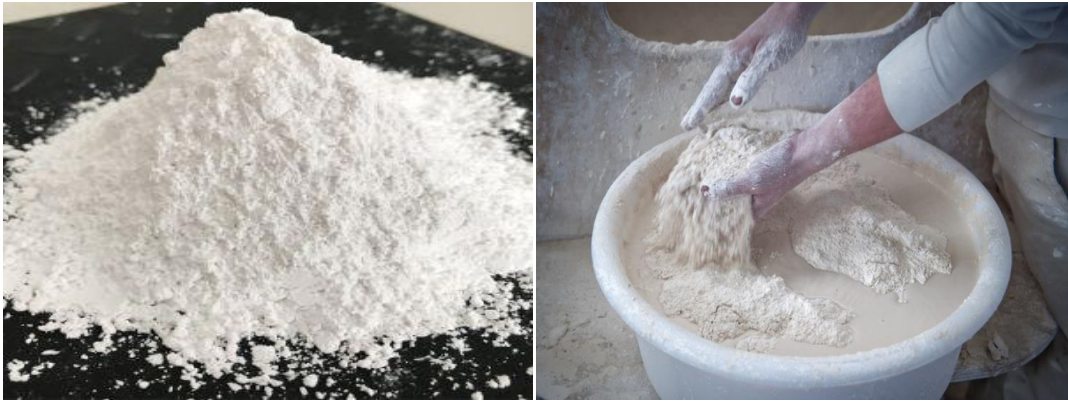


Figure 1:Phase du plâtre

I.3 Le gypse

I.3.1 Le gypse naturel

Le gypse est une roche sédimentaire soluble dans l'eau, appartient à la famille des évaporites. Son origine est généralement attribuée à l'évaporation de l'eau provenant de lagunes marines sursaturées. Les dépôts les plus importants remontent à l'ère secondaire ou tertiaire. Le gypse se trouve en quantités relativement abondantes dans la nature, avec de nombreux gisements répartis dans le monde entier, notamment en France, au Mexique et en Espagne. Au niveau moléculaire, le gypse cristallise dans le système monoclinique et présente une structure feuilletée composée d'une couche d'eau alternante avec deux couches de sulfate de calcium. Les principales variétés de gypse que l'on trouve dans la nature sont : - sous forme macro-cristallisée : le gypse lamellaire, le fer de lance, le gypse lenticulaire, la rose des sables (Fig.2). - sous forme micro-cristallisée : l'albâtre, le gypse fibreux, le gypse saccharoïde (Fig.2), le gypse éolien.



Figure 2:Différents systèmes de cristallisation du gypse.[4]

Le gypse exploité dans l'industrie plâtrière est une roche micro-cristallisée à grains généralement fins (gypse saccharoïde). Il est rarement pur et se trouve mélangé à des impuretés en nombre et proportion variables d'une carrière à l'autre : argile, calcaire, silice, dolomie, anhydrite, etc.

I.3.2 Le gypse de synthèse

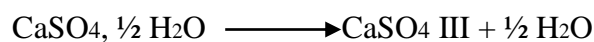
Le gypse synthétique est créé grâce à des réactions chimiques industrielles. Les différentes sources principales de gypse chimique incluent la production d'acide phosphorique par attaque sulfurique du phosphate naturel, la fabrication d'autres acides minéraux (comme l'acide borique et l'acide fluorhydrique) ou organiques (comme l'acide citrique et tartrique), la fabrication d'oxyde de titane qui donne naissance autitano-gypse, et la désulfuration des gaz et des fumées qui produit du désulfo-gypse.

Cependant, la production de gypse de synthèse est limitée en raison de contraintes techniques et économiques. En effet, l'élimination des impuretés générées au cours de ce type de réaction nécessite des traitements chimiques coûteux.[5]

I.4 Les anhydrites

L'anhydrite naturelle, avec la formule chimique CaSO_4 , est souvent présente dans les formations géologiques contenant du gypse ou du sel, ainsi que dans certains gisements minéraux. On pense généralement que l'anhydrite s'est formée, tout comme le gypse, par évaporation de l'eau de mer. Cependant, elle peut aussi être le résultat d'une déshydratation lente du gypse lors de mouvements géologiques marqués par une forte pression [6].

On peut également obtenir de l'anhydrite en chauffant le gypse à des températures élevées. Selon la température à laquelle on cuit le gypse, on peut obtenir différents types d'anhydrite, désignés comme anhydrite I, II ou III, en raison de leurs structures cristallographiques distinctes. L'anhydrite III apparaît en premier à une température de 200 °C. Elle est soluble dans l'eau et se réhydrate très rapidement en présence de vapeur d'eau, lors d'une réaction appelée réversion.



La structure hexagonale de l'anhydrite III se convertit en une structure orthorhombique, connue sous le nom d'anhydrite II, à environ 220 °C pour le semi-hydrate α et à environ 350 °C pour le semi-hydrate β . À une température de 1230 °C, l'anhydrite II subit une transformation en anhydrite I de structure cubique, qui est très difficile à réhydrater. Cependant, l'anhydrite I est instable à température ambiante et se décompose à 1250 °C selon la réaction :



I.4.1 Les phases semi-hydratées α et β :

Le semi-hydrate α est produit en faisant cuire le gypse $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ dans un autoclave à une pression de 1 bar et à une température comprise entre 105 et 110 °C. Cette méthode est appelée "préparation par voie humide". Le semi-hydrate α se présente sous forme de cristaux bien formés. En revanche, si le chauffage est effectué dans un environnement sec sans eau, on parle alors de "préparation par voie sèche", qui conduit à la forme β du semi-hydrate. La perte

d'eau du gypse est violente et le semi-hydrate β a une cristallisation médiocre. La Photo 3 permet de comparer les deux formes de semi-hydrate ainsi obtenues.

Le semi-hydrate β se caractérise par des particules floconneuses, ce qui entraîne un taux de porosité plus élevé, des propriétés mécaniques plus faibles et une surface spécifique plus grande par rapport à la forme α . Par conséquent, le semi-hydrate β présente une vitesse d'hydratation plus rapide. Une étude menée par Lewry et Williamson [7], avec un rapport eau/plâtre de 0,6, a confirmé que la forme α a une vitesse d'hydratation plus lente et un temps d'induction plus court que la forme β [3]. C'est pourquoi la forme β du plâtre est souvent préférée dans l'industrie. D'un point de vue structural, des études utilisant la diffraction des rayons X et la spectrométrie infrarouge n'ont détecté aucune différence entre ces deux structures [8]. Les principales différences entre les formes α et β du semi-hydrate sont récapitulées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Différences entre les sulfates de calcium semi-hydratés α et β . [4]

Paramètres	α – semi hydrate	β – semi hydrate
Dimensions des cristaux	10 – 20 μm	1 – 6 μm
Porosité de la matrice	Non poreuse	Poreuse
Cinétique de prise	Faible	Haute
Résistance finale	Haute	Basse

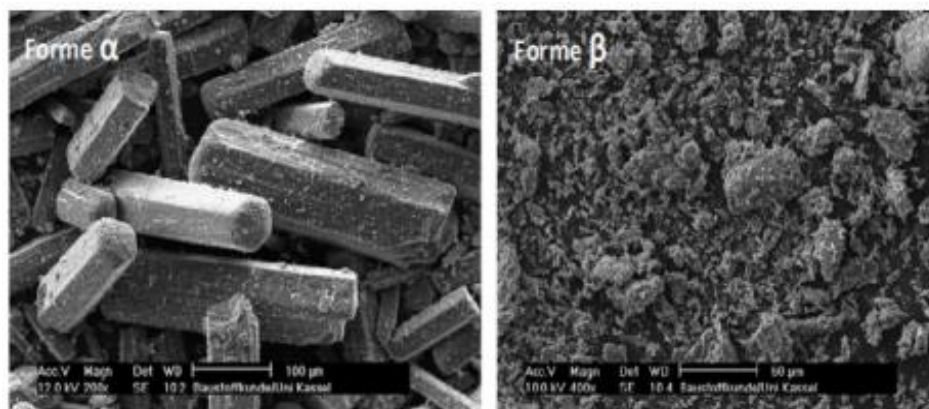


Figure 3 : Photos prises au MEB des deux formes de semi-hydrate[4]

I.5. Fabrication du plâtre

I.5.1 L'extraction

Le gypse est extrait de mines souterraines ou à ciel ouvert à l'aide d'équipements de forage spécifiques et d'explosifs non polluants. Les dimensions maximales de la roche extraite sont de 50 cm. [9]



Figure 4:L'extraction du gypse à ciel ouvert et souterraine [9]

I.5.2 Concassage primaire

Le processus de concassage vise à transformer le gypse extrait de la carrière en produits de taille plus petite. Après concassage, il ne reste généralement aucun bloc dont la dimension dépasse 10 cm. Cette fragmentation permet de rendre le gypse facilement transportable, par exemple sur des bandes transporteuses et de l'acheminer vers une usine pour un traitement ultérieur.



Figure 5:Concassage du gypse[9]

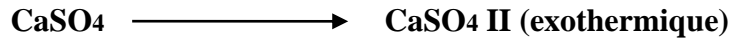
De très nombreux types de concasseurs existent sur le marché et peuvent traiter jusqu'à (1 200 à 1 300 t/h).

I.5.3 La cuisson

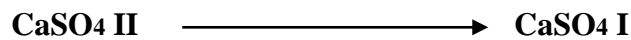
En déshydratant le gypse de manière plus ou moins intense, on peut obtenir les éléments constitutifs du plâtre. La déshydratation des gypses dépend de plusieurs facteurs, tels que la température, la durée de cuisson, le type de gypse, la granulométrie, ainsi que d'autres paramètres comme la pression de vapeur d'eau.

(Anhydrite III)

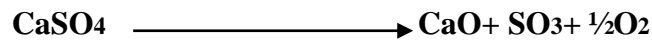
Si on continue à chauffer du sulfate anhydre, il subit une nouvelle transformation entre 220°C et 350°C. Cette transformation ne modifie pas la composition du sulfate, mais le transforme en anhydrite I.

**(Anhydrite II)**

À des températures encore plus élevées, d'environ 1225°C, on observe un phénomène endothermique qui correspond à une nouvelle transformation, sans modification de composition, de l'anhydrite II en anhydrite I (CaSO₄I).

**(Anhydrite I)**

À des températures supérieures à 1450°C, l'anhydrite I se désintègre en CaO (chaux vive) et en SO₂. Cette décomposition peut également se produire à une température plus basse, d'environ 880°C, si le four est fortement ventilé et dans un environnement oxyde réducteur.

**I.5.4 Le broyage**

Une fois cuit, le plâtre est réduit en poudre par broyage. La taille des grains obtenus est un critère crucial pour les propriétés du produit final. [9]

a) Le broyage standard : Le plâtre est fragmenté en particules de 200 µm en utilisant un système de marteaux rotatifs à l'intérieur d'un tamis.

b) Le broyage / sélection : De manière similaire au broyage standard, le plâtre est broyé par des marteaux tournants puis aspiré à travers une "cage d'écureuil" en rotation. En fonction de son poids (et donc de sa taille), la particule de plâtre est soumise à deux forces opposées (centrifuge et aspiration) qui déterminent si elle traverse ou non la cage d'écureuil [11].

I.5.5 L'homogénéisation et l'adjuvantation :

Sur le site industriel, il y a cinq (05) mélangeurs utilisés pour mélanger des proportions variables de plâtre beta en fonction de l'utilisation souhaitée du produit final. Des adjuvants sont ajoutés, qui conféreront au matériau des caractéristiques spécifiques telles qu'une cinétique particulière, une expansion spécifique et une fluidité contrôlée. Tout au long du processus, de nombreux prélèvements et contrôles sont effectués sur le plâtre. Cela permet de corriger et d'améliorer le produit afin qu'il réponde parfaitement aux exigences du client telles qu'elles sont définies dans le cahier des charges.

I.5.6 Le contrôle et la validation des produits :

Avant l'extraction du gypse, son humidité et sa pureté sont régulièrement vérifiées. Ensuite, tout au long du processus de fabrication, des échantillons sont prélevés et analysés par le laboratoire qualité de l'usine, qui se consacre entièrement à cette tâche. Ces contrôles permettent de valider définitivement les produits finis et de réguler les paramètres de cuisson, de broyage et de mélange. Ils garantissent la qualité des plâtres mis en vente [10].

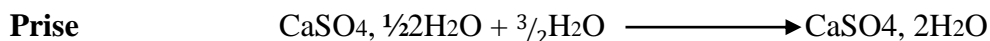
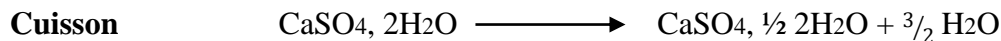
I.6 Propriétés physiques

I.6.1 La prise

Les produits obtenus par déshydratation thermique du gypse ont la particularité de retrouver leur niveau d'hydratation initiale et de se reconstituer en gypse lorsqu'ils entrent en contact avec l'eau. Ce phénomène est connu sous le nom de prise du plâtre. Plusieurs mécanismes ont été proposés pour décrire ce processus, qui se déroule en trois phases successives :

- Une phase chimique d'hydratation.
- Une phase physique de cristallisation.
- Une phase mécanique de durcissement.

La prise est la réaction inverse de la cuisson



I.6.1.1 Accélérateurs de prise: Dans certaines situations, notamment lors de la préfabrication, il peut être nécessaire d'accélérer le processus de prise du plâtre afin de permettre un démoulage plus rapide. Pour ce faire, on utilise des accélérateurs qui sont des produits minéraux contenant des germes de cristallisation tels que le gypse broyé. Ces accélérateurs ont également la capacité de diminuer la solubilité du sulfate de calcium dihydraté. Parmi les substances utilisées à cet effet, on trouve le sulfate de fer, les acides sulfuriques, les chlorhydriques ou nitriques, ainsi que les chlorures, les bromures et les iodures alcalins. Le bichromate de potassium est également couramment utilisé comme accélérateur [12].

I.6.1.2 Retardateurs de prise : Afin de faciliter le travail dans le domaine de la construction, de l'art ou de l'industrie, il est parfois nécessaire de retarder la prise du plâtre pour pouvoir le travailler plus facilement. Différents mécanismes peuvent être utilisés pour retarder la prise du plâtre :

- Diminution de la solubilité des phases anhydres.
- Adsorption des ions à la surface des cristaux de gypse en cours de décroissance et incorporation de ces ions dans leurs réseaux.
- Formation des complexes limitant la diffusion vers les cristaux de gypse.

-Les principales substances utilisées pour retarder la prise du plâtre sont les phosphates alcalins et d'ammonium, les acides organiques et leurs sels solubles (par exemple l'acide citrique et les citrates), et les protéines dégradées [12].

I.6.1.3Épaississeurs et rétenteurs d'eau : Les épaississeurs sont des substances qui permettent d'augmenter la consistance de la pâte de plâtre, ce qui entraîne un début d'utilisation plus précoce du matériau. Un épaississeur couramment utilisé est l'amidon. En plus de leur action épaississante, ces produits ont également un effet retardateur de prise limité lorsqu'ils sont associés à des retardateurs plus puissants. Cela permet d'utiliser la pâte dès la fin du gâchage et d'allonger la durée d'utilisation. De plus, ces épaississeurs facilitent la mise en œuvre du plâtre.

Certains épaississeurs ont également la capacité de retenir l'eau dans la pâte, empêchant ainsi son évaporation ou son absorption par le support. Cette rétention d'eau permet au plâtre de s'hydrater normalement pendant le processus de prise. En l'absence de rétenteur d'eau, le plâtre appliqué sur son support risque de se dessécher trop rapidement.

Parmi les produits utilisés comme épaississeurs et rétenteurs d'eau, on peut citer les éthers celluloses, tels que la méthylcellulose (MC), la carboxy méthyl cellulose (CMC) et d'autres dérivés tels que l'hydroxyéthylcellulose (HEC) et l'hydroxypropylcellulose etc.[12]

I.6.2 Durcissement

Le processus de durcissement comporte trois phases :

- Dissolution des produits du semi-hydrate de Ca.
- L'hydratation du semi-hydrate aboutissant à la formation du double hydrate de Ca.
- La cristallisation de l'hydrate.

Tableau 2. Propriétés caractéristiques des deux variétés usuelles de semi-hydrate

Propriétés	Semi-Hydrate α	Semi-Hydrate β
Masse volumique (Kg/m ³)	2,76 .10 ³	2,63 .10 ³
Temps de prise (min)	15 à 20	25 à 35
Expansion (mm/m)	2,8	1,6
Résistance à la traction (MPa)	6,5	1,3
Résistance à la compression (MPa)	56	5,6
Solubilité dans l'eau à 20 °C (en g de CaSO ₄ pour 100 cm ³)	0,63	0,74

I.6.3 La conductivité thermique

La conductivité thermique du plâtre est un phénomène complexe qui est affecté par de nombreux facteurs, tels que l'humidité, le rayonnement, la microstructure, les ressources, les modes de fabrication et les méthodes employées. En conséquence, les valeurs de conductivité thermique du plâtre rapportées par différentes études varient considérablement. Cependant, les valeurs suivent généralement une tendance similaire, comme le montre la figure 7. La figure montre la conductivité thermique du plâtre en fonction de la température, telle que rapportée par quelques études. Les symboles représentent les valeurs mesurées et les lignes représentent les courbes modifiées dans les modèles de transfert de chaleur pour fournir une bonne calibration entre résultats numériques et expérimentaux.[12]

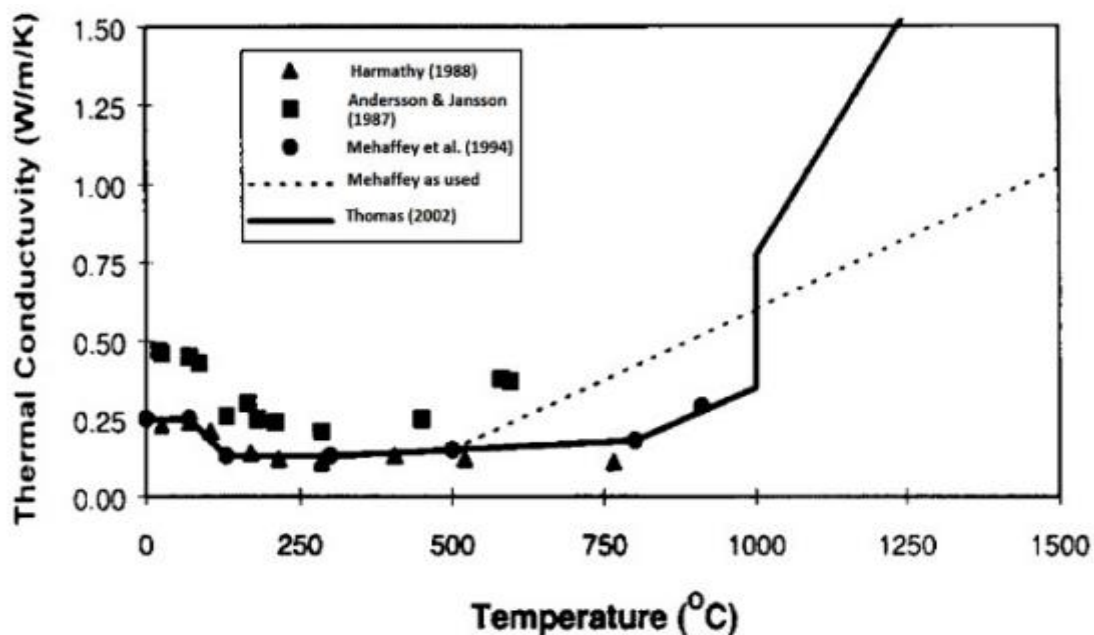


Figure 7 : Conductivité du plâtre en fonction de la température [13]

I.6.4 Isolation acoustique

Le plâtre est un matériau idéal pour la fabrication de panneaux architecturaux et ornementaux. Il est facile à travailler, peu coûteux et peut être facilement moulé dans des formes complexes. Les panneaux en plâtre peuvent également aider à améliorer l'acoustique d'une pièce en atténuant les réverbérations. Cela en fait un matériau populaire pour les projets de décoration et de construction. [14]

I.6.5 Résistance au feu

Le plâtre est un matériau incombustible qui a la capacité d'absorber la chaleur et de retarder la montée en température grâce à l'évaporation de l'eau qu'il contient. Lorsqu'il est utilisé pour protéger les structures en bois ou en acier, le gypse (composant principal du plâtre) libère de la vapeur d'eau sous forme de barrière thermique. Ce processus, appelé calcination, se produit à une température légèrement supérieure à celle de l'eau bouillante (100 °C), mais bien en dessous de la température à laquelle l'acier perd sa résistance ou le bois s'enflamme. Une fois

la calcination terminée, le gypse calciné continue de protéger les éléments structurels sous-jacents en formant une barrière contre l'exposition directe aux flammes. Pendant un incendie, le plâtre ne dégage pas de produits toxiques, mais seulement de la vapeur d'eau. [15]

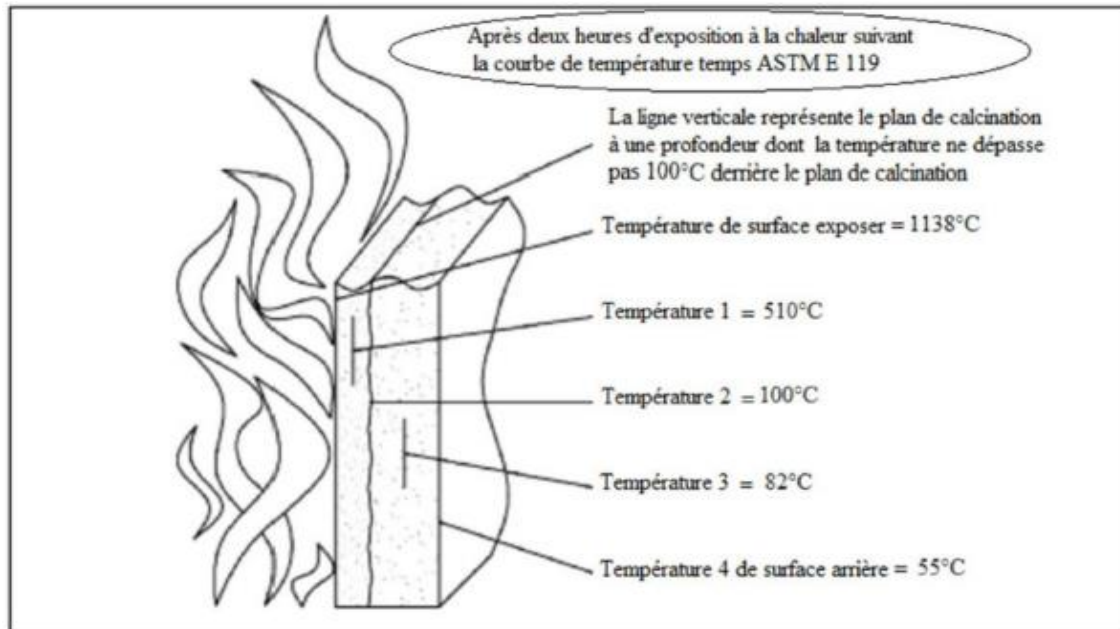


Figure 8 : Comment le gypse retarde la transmission de la chaleur. [15]

I.7 Propriétés mécaniques et mise en œuvre du plâtre :

Le plâtre peut être utilisé dans le génie civil sous forme de pâte pure, en mortier ou en béton.

I.7.1 Pâte pure de plâtre

Contrairement au ciment, la pâte de plâtre pure est obtenue par saupoudrage de la poudre de plâtre dans l'eau jusqu'à saturation de celle-ci. Le taux de gâchage à saturation est le rapport du poids de l'eau utilisée pour la mise en œuvre du plâtre sur le poids de celui-ci et il est déterminé selon la norme (NF B12-401). [16]

I.7.1.1 Propriétés de la pâte pure : Les courbes ci-dessous donnent l'influence du rapport E/P sur la densité et sur la résistance mécanique de la pâte pure du plâtre. [17]

A- La densité

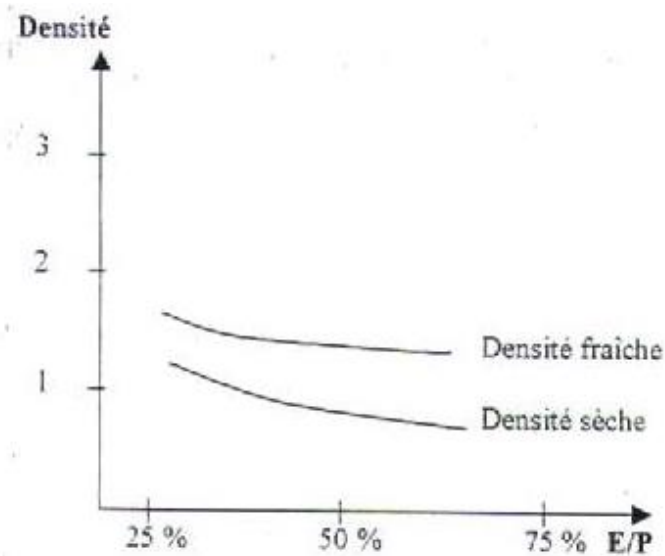


Figure 9: Influence du rapport E/P sur la densité.[18]

B- Les résistances mécaniques

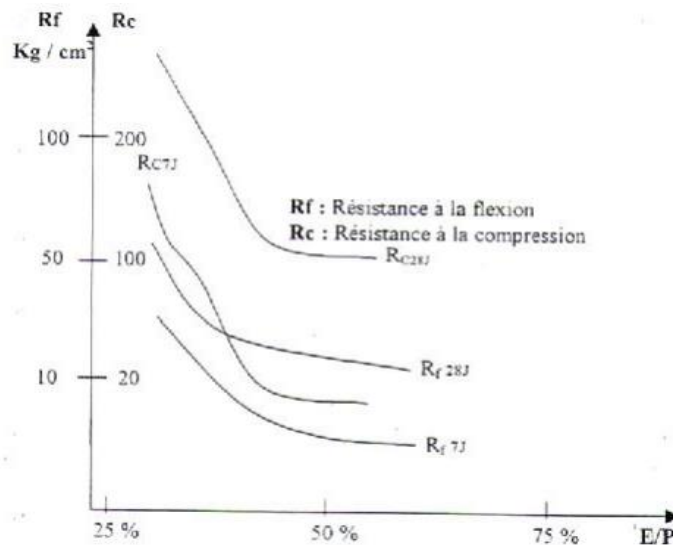


Figure 10 : Influence du rapport E/P sur les résistances mécaniques.[18]

On remarque que le rapport E/P a un impact direct sur les propriétés du produit résultant.

En augmentant le rapport E/P, la densité diminue (matériau devient poreux) et les résistances mécaniques diminuent [19]. Donc, il est recommandé d'utiliser un rapport E/P de 0,6 pour avoir une meilleure ouvrabilité et une résistance satisfaisante.

I.8 Utilisations du plâtre

Le plâtre est un matériau de construction traditionnel utilisé dans plusieurs secteurs tels la construction sous forme d'enduit ou de mortier pour assembler des ouvrages en maçonnerie,

secteur de l'industrie pour produire des plaques et des carreaux de plâtre [20] et d'autres secteurs tels que la santé, l'esthétisme, la performance et le confort.

On peut citer certaines applications modernes:

- ❖ Cloisons sèches et doublages.
- ❖ Plafonds suspendus.
- ❖ Eléments constructifs préfabriqués.

Les plaques de plâtre constituent une solution à divers problèmes rencontrés en construction:

- Pièces humides : plaques hydrofuges.
- Protection contre les incendies : coupe-feu.
- Résistance aux chocs : plaques de très haute dureté.
- Absorption acoustique : Plaques renforcées.
- Isolation acoustique : plaques épaisses.

I.9 Matériaux biosourcés

Les matériaux biosourcés sont définis comme des matériaux dont au moins un de leurs composants est issu de la biomasse [21, 22,23]. La biomasse englobe toutes les matières premières végétales d'origine biologique telles que le bois, le chanvre, la paille, le bambou, la noix de coco, le bananier, la bagasse, le lin, etc. Elle inclut également les matières premières animales d'origine biologique comme la peau et la graisse, à l'exception des matières formées géologiquement ou fossiles [24]. La biomasse est reconnue comme une source d'énergie renouvelable et idéale pour remplacer les combustibles fossiles. Elle peut être classée en trois catégories :

- 1) les déchets organiques provenant des ménages et des industries de transformation ;
- 2) les résidus agricoles tels que la paille de riz, les tiges de céréales et la balle de riz ;
- 3) les cultures destinées à la production de ressources énergétiques telles que le colza, les graines de jatropha, etc., qui peuvent être utilisées pour produire du bioéthanol et du biodiesel.

Depuis 2003, l'intérêt pour l'utilisation des matériaux biosourcés dans l'isolation s'est considérablement accru. Cependant, après 2010, on a observé une forte augmentation du nombre de travaux de recherche réalisés dans ce domaine. Selon certains auteurs, l'Algérie se positionne parmi les cinq premiers pays en termes de recherche sur les matériaux biosourcés pour l'isolation thermique. En Europe et au Royaume-Uni, les matériaux privilégiés dans la recherche sont le chanvre, le lin et les pailles. En revanche, en Algérie, les matériaux privilégiés dans la recherche sont le bois, la paille et le palmier dattier.

I.9.1 Les filières des différents matériaux biosourcés :

Les filières végétales : le bois, le chanvre, le lin, le miscanthus, les céréales.



Les filières animales : la laine de mouton, les plumes de canard.



Les filières issues de recyclage : la ouate de cellulose, le coton recyclé.



- **Le bois** est utilisé depuis très longtemps dans la construction. Il offre d'excellentes performances thermiques et acoustiques. Il permet la création de produits de construction comme les structures porteuses, le bardage, les menuiseries, les panneaux de bois et la laine de bois pour isolation.
- **Le liège** : est un matériau biodégradable réalisé à partir de chêne-liège ou de bouchons recyclés sans additif et imputrescible. Il propose de bonnes performances thermiques, acoustiques et une réaction au feu. C'est l'un des seuls matériaux biosourcés qui peut servir à l'isolation des planchers.
- **La paille** : est un matériau biosourcé très économique qui nécessite aucun traitement et peut être utilisé pour revêtement de façade et l'isolation thermique intérieure ou extérieure.
- **Le lin ou la laine de mouton** : il s'agit d'une alternative renouvelable pour remplacer les laines minérales dans les travaux d'isolation avec sa faible conductivité thermique, ils sont généralement transformés en panneaux d'isolation semi-rigide.
- **Le chanvre** : cette plante régule l'humidité, avec une bonne réponse face au feu. Avec de bonnes performances thermiques et acoustiques, il est utilisé pour l'isolation des combles et des murs de toiture et peut être transformé en béton de chanvre pour créer des murs porteurs.

- **Le papier ou le carton à base de bois** : recyclables, ces matériaux sont économiques et parfaits pour isoler des combles.
- **La ouate de cellulose** : est produite à partir des journaux recyclés, sa production nécessite peu d'énergie pour d'excellentes performances d'isolation. Elle doit subir un traitement chimique pour résister aux incendies, et s'utilise principalement sous forme de plaques pour les combles perdus, les murs ou les planchers.
- **Le textile recyclé** : La production de matériaux de construction à base de textile recyclé est réalisée principalement grâce aux chutes de l'industrie textile et aux vêtements usagés des ménages qui sont rapportés dans des bennes de tri. Après un tri selon les matières les vêtements sont défibrés, mélangés et thermoliés. Cet éco matériau sert à l'isolation des murs, des combles perdus et des rampants de toiture.

I.9.2 Les avantages des matériaux biosourcés :

- **Un choix de matériaux allant du gros œuvre à la finition**

Les matériaux biosourcés couvrent un large éventail d'applications tels que le bois d'œuvre ou les isolants en fibres végétales, sont désormais couramment utilisés dans construction. D'autres solutions se développent rapidement : la construction en bottes de paille, les bétons et mortiers végétaux, les matériaux composites à base de bois ou de chanvre, les produits d'aménagement intérieur tels que les peintures, revêtements de sols ou muraux, etc.

- **Des performances thermiques et hygrothermiques**

Les matériaux biosourcés possèdent des propriétés allant bien au-delà de leur seule performance thermique pour l'isolation des bâtiments. Ce sont des matériaux hygrothermiques qui permettent de réguler les variations de température et d'humidité à l'intérieur des bâtiments et offrent aussi d'excellentes propriétés acoustiques

- **Un confort sain, été comme hiver**

Les matériaux biosourcés ont une capacité d'offrir une meilleure qualité d'air à l'intérieur. Le seuil d'émission de composés organiques volatils est inférieur à la classe exigée et certains ont même des capacités dépolluantes. Les parois biosourcées retardent également les transferts de chaleur à l'intérieur des parois (déphasage thermique). Cette caractéristique propre aux isolants biosourcés permet d'assurer un confort à l'intérieur des bâtiments été comme hiver.

- **Matériaux renouvelables et écologiques** : Ce sont des matériaux qui ont un impact positif sur l'environnement, car ils stockent le carbone présent dans l'air. Ils participent activement à la diminution des gaz à effet de serre.

Partie B : Généralités sur les déchets

I.1 Introduction

Le terme "déchet" englobe plusieurs catégories de substances en fin de vie, telles que les feuilles, les déchets alimentaires, les matières radioactives, les produits chimiques, les huiles moteur et les emballages, qui sont tous laissés dans des lieux spécifiques.

Dans un contexte de population mondiale croissante, d'industrialisation et de progrès technologiques, l'accumulation des déchets constitue désormais une menace pour l'environnement, la santé et la sécurité humaine. Il est donc essentiel que chacun, qu'il s'agisse d'individus, d'organisations ou de gouvernements, s'engage collectivement à résoudre ce problème, pour le résoudre il est nécessaire de réduire la production de déchets, de les recycler et de les composter. Il est également important de se tourner vers des matériaux durables, comme les thermoplastiques.

Les thermoplastiques sont des matériaux qui peuvent être fondus et refondus à plusieurs reprises. Ils sont fabriqués à partir de ressources renouvelables et ils peuvent être recyclés à 100%. Les thermoplastiques sont utilisés dans une grande variété d'applications, notamment dans l'automobile, l'électronique, le bâtiment et le packaging.

Les thermoplastiques sont une solution durable aux problèmes posés par les déchets. Ils permettent de réduire la production de déchets, de préserver l'environnement et de réduire les coûts.

I.2 Définition des déchets

Aujourd'hui, le concept de déchet est varié et sa définition diffère en fonction du secteur et du point de vue considérés, allant de l'étymologie à l'économie, en passant par l'environnement et le domaine sociétal. [25]

On peut définir le déchet comme toute matière, substance ou objet dont le détenteur décide de se débarrasser, que ce soit volontairement ou obligatoirement selon les lois nationales en vigueur, et qui n'a plus de valeur commerciale ou d'utilité. [26]

I.3 type des déchets

I.3.1 Déchets verts

Les déchets verts sont des résidus organiques provenant de l'entretien des espaces verts. Habituellement, en agriculture, ces déchets sont utilisés compostés, mais ils peuvent également être utilisés broyés sans nécessiter de compostage.

Il existe de nombreuses sources de déchets verts, tels que les feuilles mortes, les tontes de gazon, les tailles de haies et d'arbustes, les résidus d'élagage, les déchets de jardin collectés séparément chez les particuliers, les déchets de fleurissement, les plantes et fleurs fanées, ainsi que les déchets de potager. [27]

I.3.2 Déchets plastiques

Le plastique est une substance qui est présente partout et qui présente un danger significatif. On le retrouve dans nos maisons, à l'extérieur et même sur notre lieu de travail. Il pose un risque majeur pour la nature, l'environnement et de nombreuses espèces animales, ce qui en fait une menace pour la planète dans son ensemble.

I.3.3 Déchets inertes

Les déchets inertes sont considérés comme des déchets qui ne présentent aucun danger pour l'environnement, car ils ne subissent pas de décomposition, ne brûlent pas et ne réagissent pas de manière à causer des dommages physiques ou chimiques à l'environnement.

Cette catégorie de déchets inclut divers matériaux tels que les pavés, les sables, les gravats, les tuiles, le béton, le ciment et le carrelage.

I.3.4 Déchets ultimes

Les déchets ultimes sont les déchets qui ne peuvent plus être recyclés, valorisés énergétiquement ou traités de manière économique. Ils sont généralement enfouis dans des décharges. Ils peuvent être dangereux pour l'environnement et la santé humaine. Il est important de réduire la production de déchets ultimes en recyclant, valorisant énergétiquement et en compostant autant que possible.

I.3.5 Déchets de verre

Le verre est un matériau unique qui peut être réutilisé à l'infini sans perdre sa qualité. Cela signifie que nous pouvons fabriquer de nouveaux objets en verre en utilisant du verre recyclé. La réutilisation du verre réduit la quantité de déchets produits, ainsi que la consommation de matières premières et d'énergie. Par exemple, la réutilisation d'une bouteille de verre permet d'économiser 95 % de l'énergie nécessaire à la fabrication d'une nouvelle bouteille.

La réutilisation du verre est donc une solution durable qui permet de protéger l'environnement et de réduire les coûts. Il est important de recycler et de réutiliser le verre autant que possible.

La réutilisation du verre est un geste simple qui permet de faire une réelle différence pour l'environnement.

I.4 Histoire et l'origine de l'olivier

L'olivier est un arbre emblématique du bassin méditerranéen. Depuis des temps immémoriaux, il a été considéré comme un symbole de sagesse, de paix, de richesse et de gloire. [28] On le trouve planté dans une variété de sols, mais il prospère généralement dans des terrains pauvres, tels que les sols rocheux et calcaires, là où d'autres cultures ne pourraient

pas survivre. Ce qui le rend unique, c'est sa capacité à se multiplier facilement. Il peut prendre racine à partir de n'importe quelle partie de l'arbre, à l'exception des feuilles. [29]

L'origine de l'olivier demeure incertaine, mais on pense généralement que son berceau se trouve en Asie mineure, il y a environ six mille ans avant J.C. Il est apparu initialement en Palestine et au Liban. Par la suite, la culture de l'olivier s'est étendue au-delà du bassin méditerranéen avec la découverte de l'Amérique en 1492. On a trouvé des oliviers au Mexique, au Pérou, en Californie, au Chili et en Argentine dès 1560. [30]

L'olivier s'est également largement répandu à Chypre, sur les côtes de la Turquie, en Syrie, dans le sud de l'Espagne, en France et en Italie. En Afrique du Nord, la culture de l'olivier existait déjà avant l'arrivée des Romains. [31]

D'après le Conseil Oléicole International, des peintures rupestres datant du II^e millénaire avant J.C ont été découvertes en 1957 dans la zone montagneuse du Sahara Central (Tassili dans le Hoggar en Algérie). Ces peintures représentent des hommes couronnés de branches d'olivier, témoignant ainsi de la connaissance de cet arbre pendant ces époques anciennes. [32]

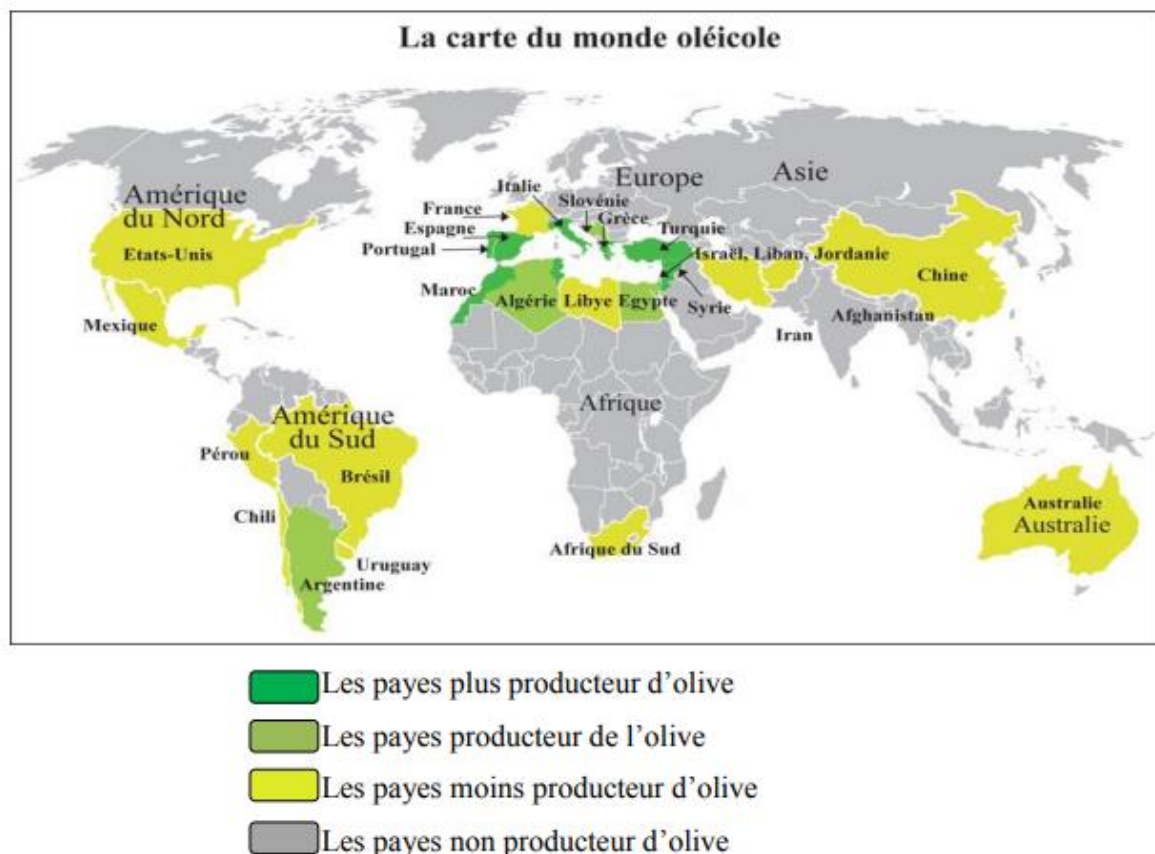


Figure 11 : Carte représentant les principales régions de production d'olivier *Olea europaea* dans le monde (COI, 2018).

I.5 Définition de l'olive

L'olive est une drupe dont la composition varie en fonction de sa variété, du sol et du climat. Elle est composée du noyau, de l'amandon, de l'épicarpe et de la pulpe. [33]

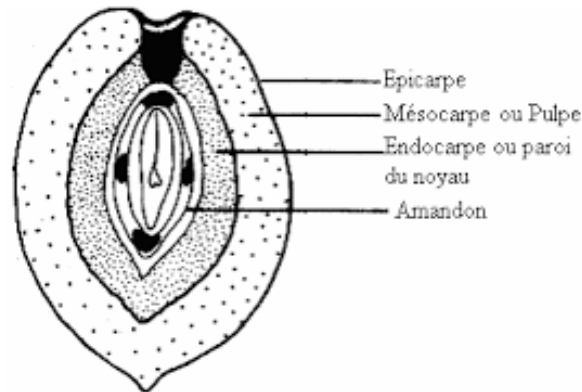


Figure 12 : Composition de l'olive [33]

I.5.1 les sous-produits de l'olive

Parmi les plus importants sous-produits de l'olivier on retrouve les margines et les grignons.

I.6 Les margines

Lorsque l'huile d'olive est extraite, cela génère des déchets liquides appelés margines, parfois également désignés sous le terme d'eaux de végétation. Les margines se présentent sous la forme d'un liquide visqueux de couleur brune noirâtre avec une odeur désagréable.

I.7 Définition des grignons d'olives

Les grignons sont les résidus solides issus de la première pression des olives. Ils sont composés de la pulpe et des noyaux d'olives. Le poids des grignons représente environ un tiers du poids des olives fraîches triturées. Les grignons contiennent en moyenne 28,5% d'eau, 41,5% de coque, 21,5% de pulpe et 8,5% d'huile.

Les grignons peuvent être utilisés pour produire de l'huile d'olive, de l'engrais, du biogaz et du combustible solide. Ils peuvent également être utilisés comme paillage ou comme mulch.



Figure 13: les grignons d'olive

I.7.1 La production des grignons dans l'industrie oléicole

L'industrie oléicole produit deux résidus, les margines et les grignons. La production mondiale de grignons est estimée à 2,9 millions de tonnes, et en Algérie, elle atteint 156.104 quintaux par an. Cependant, ces résidus peuvent provoquer des pollutions dangereuses pour la santé humaine et l'environnement. C'est pourquoi il est crucial de valoriser ce sous-produit qui contient des composés intéressants.

I.8 Les méthodes d'extractions de grignon d'olive

Il existe 2 méthodes pour obtenir le grignon :

I.8.1 La méthode d'extraction par presse (système traditionnel)

La méthode traditionnelle de pression des olives consiste à utiliser des broyeurs. Les olives sont d'abord broyées, puis malaxées sous des meules. Environ une demi-heure plus tard, une pâte est obtenue, composée à la fois de grignon et d'un moût contenant l'huile et les margines. [31]

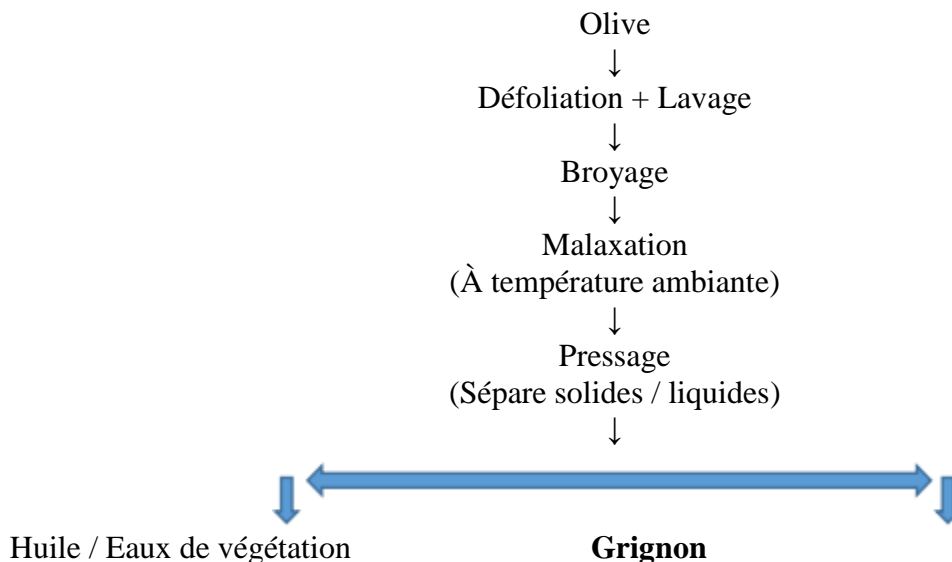


Figure 14: Obtention de grignon d'olive par le système de presse [31].

I.8.2 La méthode d'extraction par Centrifugation

Les machines utilisées pour le processus de centrifugation sont des centrifugeuses horizontales, qui fonctionnent à une vitesse angulaire jusqu'à 3000 fois supérieure à celle de l'accélération gravitationnelle naturelle. La centrifugation continue comprend les étapes suivantes : effeuillage et lavage, broyage des olives, malaxage de la pâte d'olive, centrifugation avec ou sans ajout d'eau, selon qu'il s'agit d'un système à deux ou trois phases, comme illustré dans les deux figures suivantes [31].

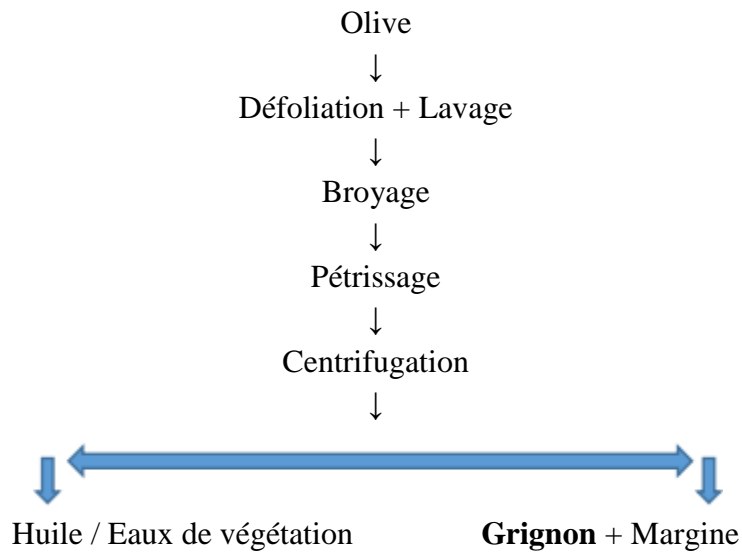


Figure 15: Système continu d'extraction avec centrifugation à 2 phases [34]

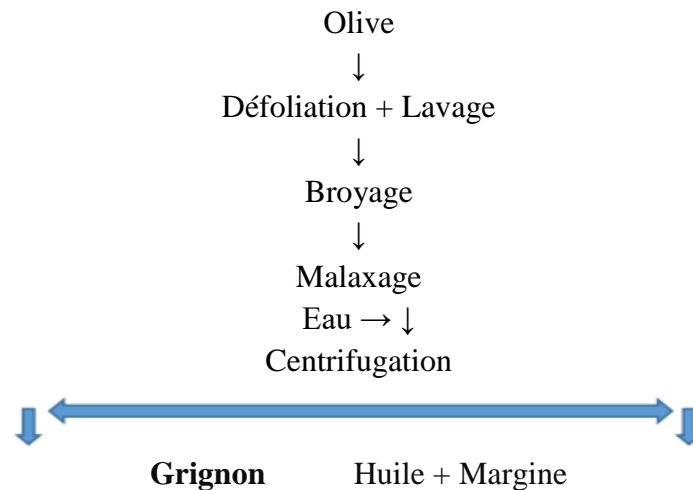


Figure 16: Système continu d'extraction avec centrifugation à 3 phases [33]

I.9 Les types de grignon d'olive

Les grignons sont divisés en fonction du traitement qu'ils subissent :

I.9.1 le grignon brut

Il s'agit du résidu issu de la première extraction de l'huile d'olive à partir de l'olive entière par pression. En raison de ses niveaux élevés en eau et en huile, il se détériore rapidement lorsqu'il est exposé à l'air.

I.9.2 le grignon épuisé

Il s'agit du résidu qui reste une fois que l'huile a été extraite du grignon brut à l'aide d'un solvant, généralement de l'hexane.

I.9.3 le grignon partiellement dénoyauté

Ce résidu est obtenu en séparant partiellement le noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation. S'il contient encore de l'huile non extraite, il est appelé « gras ». En revanche, s'il

Tableau 4:Composition chimique des différents types de Grignons [32]

Type	Matières sèches	(%) de la Matière sèches			
		Matières minérales	Matières azotés totale	Cellulose brute	Matières grasses
Grignon brute	75-80	3-5	5-10	35-50	8-15
Grignon gras partiellement dénoyauté	80-95	6-7	9-12	20-30	15-30
Grignon épuisé	85-90	7-10	8-10	35-40	4-6
Grignon épuisé partiellement dénoyauté	85-90	6-8	9-14	15-35	4-6
Pulpe grasse	35-40	5-8	9-13	16-25	26-33

- a- La teneur en cendres :** elle est généralement faible, environ 3- 5%.Des niveaux plus élevés peuvent être observés en cas d'absence de lavage et lorsque les olives sont ramassées directement du sol. [36]
- b- Les teneurs en matières azotées :** elles se situent en moyenne autour de 10%. Cependant, la majeure partie de ces matières est liée à la paroi cellulaire et donc moins facilement disponible pour l'animal. [37]
- c- Les teneurs en matières grasses :** La teneur en matières grasses est généralement assez élevée et varie principalement en fonction du procédé technologique utilisé. L'épuisement, qui est une étape essentielle d'un point de vue économique, permet d'obtenir un produit dont la teneur en matières grasses se situe généralement entre 3 et 4% de la matière sèche. [34]
- d- Les teneurs en cellulose brute :** elles sont élevées, allant de 32 à 47%, mais grâce à un processus de tamisage, elles peuvent être réduites à des valeurs comprises entre 14 et 26%. Une analyse plus approfondie de la fraction fibreuse a révélé que les grignons contiennent des quantités élevées de constituants pariétaux, en particulier une fraction indigestible. Le tamisage permet de réduire la teneur de toutes les fractions "fibreuse", en particulier celle de la lignine et de la cellulose. La fraction pariétale des grignons se distingue par une forte concentration de lignine, qui peut atteindre jusqu'à 30% du total des fibres. [36]
- e- La teneur en composés phénoliques :** La quantité de composés phénoliques présente dans les grignons ne dépasse pas 1% de la matière sèche. Cette faible teneur s'explique par le fait que les poly phénols de l'olive sont éliminés dans l'huile et les margines lors du processus de trituration. [36]

I.11 Valorisation du grignon d'olive

Le grignon d'olive est une ressource renouvelable. Cependant, si elle n'est pas valorisée, sa teneur en matière organique peut entraîner une pollution.

Les grignons ont une large gamme d'applications ils peuvent être utilisés dans :

I.11.1 Utilisation des grignons d'olive pour la fertilisation des terres agricoles

Les grignons d'olive peuvent être utilisés comme engrais sur les terres agricoles pour améliorer la fertilité des sols et la productivité des cultures.

I.11.2 Utilisation des grignons d'olive comme alimentation animale

Dans de nombreux pays, les grignons d'olive, sous diverses formes, sont intégrés à l'alimentation animale en ajoutant d'autres composants tels que du son, du cactus, de la mélasse, du fourrage, etc. [36]

I.11.3 Utilisation des grignons d'olive comme absorbant

Plusieurs études ont été menées sur la fabrication de charbon actif à partir des grignons d'olive, en raison de sa capacité à absorber les métaux lourds et le phénol. Cette technologie offre une alternative prometteuse pour le traitement des eaux usées et des margines. [37]

I.11.4 Utilisation des grignons dans les matériaux de construction

En réutilisant les grignons d'olives comme matière première dans l'industrie du bâtiment, on peut non seulement réduire les déchets de l'industrie oléicole, mais aussi compenser les coûts des matières premières. Ce processus s'avère écologique et durable, en préservant ainsi les ressources naturelles.

I.12 L'économie circulaire

L'économie circulaire fait partie du champ de l'économie verte. Ces enjeux sont à la fois environnementaux, économiques et sociaux.

Elle aborde la question du développement durable en adoptant une approche courante consistant à générer des avantages en combinant une meilleure efficacité énergétique et une utilisation rationnelle des matières premières.

Dans le cadre de l'économie circulaire, on favorise autant que possible l'utilisation de matériaux renouvelables. Ainsi, l'utilisation de matières premières d'origine végétale qui se renouvellent chaque année contribue à la mise en place d'un système d'économie circulaire.



Figure 17:Modèle de l'économie circulaire [38]

Partie C : Les différents travaux réalisés sur le plâtre

I.1 Température élevée et comportement de performance de la paille de riz comme blocs creux de gypse expansé à base de biomasse

Référence : S. Singh et al. (2023) [39]

L'objectif de cette recherche est d'étudier l'effet des agents moussants et de la paille de riz en tant que déchets biosources dans les blocs creux à base de plâtre.

Les propriétés mécaniques, thermiques, acoustiques, la résistance au feu, le profilage de la température et la capacité de charge à haute température ont été étudiés.

Dans cette recherche Les agents moussants utilisés sont : le sulfate d'aluminium et l'alun de potassium avec un rapport de 1 : 1 et la paille de riz qui a été coupés en morceaux de 1 pouce un ajout de (0-15)% en poids. Le rapport eau-gypse variant de [0,55 à 0,70].

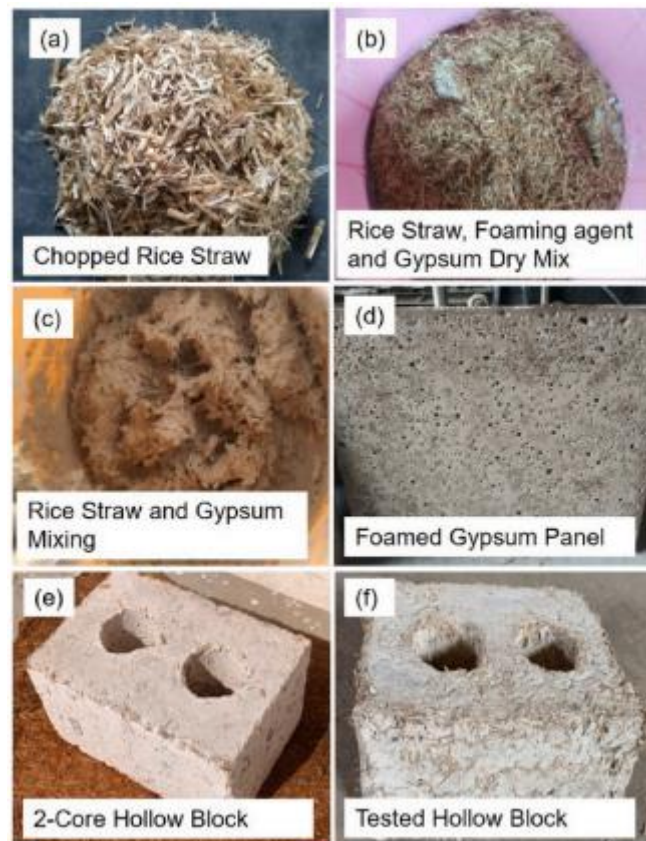


Figure 18:(a) Paille de riz hachée, (b) Mélange sec de paille hachée, de gypse et d'agents moussants, (c) Mélange de déchets agricoles, de gypse, d'agents moussants et d'eau, (d) Panneau de gypse moussé, (e) Blocs creux, (f) Blocs creux [39]

Les blocs creux de taille de $(300 \times 200 \times 150)$ mm³ ont été coulés pour les essais de compression, ainsi des cubes de $(50 \times 50 \times 50)$ mm³ ont été destinés aussi à des essais de compression et de la densité sèche. Pour les essais de conductivité thermique ils ont coulé un panneau de gypse de taille $(30 \times 30 \times 25)$ mm³. Pour le test d'absorption d'eau il a été effectué sur un échantillon de (175×75) mm² et pour l'analyse acoustique des échantillons de diamètre de 100 mm et 29 mm avec une épaisseur de 20 et 75 mm.

Pour voir la performance au feu le test de propagation de la flamme à la surface a été effectué sur des échantillons de 5 % paille de riz de dimension $(900 \times 270 \times 30)$ mm³.

S. Singh et al. ont montré que la densité diminue de 5 à 10 % en présence des agents moussants et l'absorption d'eau augmente. Et pour la résistance à la compression l'augmentation de la teneur en paille de riz diminue progressivement la résistance avec une réduction de 20 à 40.

L'étude thermique des composites de plâtre avec la paille de riz et l'agent moussant a montré une réduction d'environ 50 %. Une teneur similaire d'échantillons sans agent moussant montre une réduction d'environ seulement 25-35%.

Pour la résistance au feu l'essai a montré qu'il n'y avait pas de propagation des flammes à la surface et que la surface n'était pas endommagée après l'essai, l'échantillon est donc classé dans la catégorie

I.2 Étude d'un composite de plâtre à base de sable de dune et de polystyrène expansé

Référence : Laoubi et al. (2018) [40]

Cette recherche vise à mettre en évidence les propriétés physicomécaniques d'un nouveau matériau composite composé de plâtre, de sable de dune et de billes de polystyrène expansé (EPS).

Dans cette étude ils ont travaillé sur différents pourcentages (20,30,40,50) % et différents diamètres ϕ (3,15 ; 4 ; 5-7) mm de particules de polystyrène expansé EPS, le sable de dune (0/0.63mm) et la chaux comme un retardateur de prise afin de tester la densité, les résistances mécaniques et la conductivité thermique.



Figure 19: Les billes de polystyrène [40]

Le rapport plâtre/sable utilisé est ($P/S = 0,50$) en poids et eau sur plâtre est ($E/P = 0,6$).

Les résultats obtenus ont montré que l'incorporation progressive d'un pourcentage croissant de PSE diminue la densité du composite de plâtre et améliore par conséquent ses propriétés thermiques.

Et pour la résistance mécanique elle a diminué avec l'augmentation de la teneur en PSE, mais une résistance mécanique relativement bonne est obtenue avec de faibles quantités de PSE.

I.3 Caractérisation et optimisation du gypse écologique en utilisant la méthodologie des surfaces de réponse

Référence : S. Balti et al. (2023) [41]

Dans cette recherche ils ont étudié l'effet de l'incorporation des déchets de papier et de l'agent tensioactif (surfactant) sur la densité, la porosité et les propriétés mécaniques en utilisant la méthodologie de surface de réponse RSM avec la matrice de Doehlert.



Figure 20:Déchets de papier [41]

Une étude préliminaire a été réalisée pour fixer le domaine expérimental des facteurs. Les trois principaux facteurs de paramètres sont rapport eau/gypse [0.7 ; 0.8 ; 0.9], agent tensioactif/gypse [0.003 ; 0.0065 ; 0.01] et pâte à papier/ (gypse + agent tensioactif) [0 ; 0.1 ; 0.2] pour optimiser la formulation du nouveau matériau à base de plâtre de déchet de papier et de surfactant.

D'après les résultats obtenus ils ont distingué que l'ajout du déchet de papier et le surfactant augmente significativement la porosité en entraînant une réduction de la densité et donne des propriétés mécaniques acceptables (2,45 MPa pour la résistance à la flexion et 5,07 MPa pour la résistance à la compression). Cependant, la présence de déchets de papier a joué un rôle clé dans la modification des propriétés mécaniques en retardant la formation de fissures et en contrôlant leur propagation dès lors qu'ils réduisent la fragilité du gypse.

I.4 Caractérisation mécanique des mortiers de plâtre avec des déchets issus du secteur automobile

Référence : A. AsadiArdebili et al. (2023) [42]

L'objectif principal de cette recherche est de caractériser de nouveaux matériaux à base de plâtre et des déchets du secteur automobile (Polyuréthane, carbone et fibre de verre) obtenus lors de la production de panneaux arrière d'automobiles.



Figure 21:Déchets de plaques. [42]

Des spécimens ont été produits en incorporant différents pourcentages (2,5, 6, 11) % et tailles (<1, 1,2,4, >5) mm de déchets mixtes et un rapport eau/plâtre de(0,5, 0,6, et 0,7). Ces échantillons ont été testés en fonction de leur densité apparente, de leur dureté superficielle, de leur résistance à la flexion, à la compression et à l'adhérence.

Les résultats obtenus montrent que les plus faibles densités sont obtenues lorsque le rapport eau/gypse est plus élevé. L'augmentation du pourcentage d'ajouts implique une légère réduction de la densité et une dureté superficielle similaire à celle de la référence.

Pour la résistance à la flexion il faut noter que tous les échantillons ont donné des valeurs supérieures à la norme minimale de 1 MPa et le meilleur comportement mécanique a été obtenu avec E/P=0.7 et un ajout de déchet de 6%

Enfin la force d'adhérence a augmenté dans tous les composés et le meilleur résultat a été obtenu pour l'échantillon contenant 11 % de déchets et un rapport de 0,6 w/p.

I.5 Contribution à l'étude des matériaux composites plâtres/déchets

Référence : T. Ben Youbi, S. Hammoui(2020) [43]

L'objectif principal est de renforcer le plâtre par des fibres plastiques récupérés à partir de déchets de sacs de plâtre de marque KNAUF afin d'étudier l'influence du taux de ces fibres allant de 0% à 2% de longueur égale à 12 mm sur le comportement physique, mécanique et thermique des composites à base de plâtre.

Les résultats obtenus par **Ben Youbi et Hammoui** ont montré que l'ajout de fibres de plastiques réduit la résistance à la flexion dû à l'effet de la géométrie et de l'orientation des fibres et la résistance à la compression aussi. Il semble que l'ajout de fibres entraîne une augmentation des vides dans les mélanges.

L'absorption d'eau des mortiers de plâtre avec des fibres diminue légèrement. Ils ont obtenu de meilleurs résultats avec une teneur en fibres de 0,5%. Ils ont également observé une légère augmentation de la conductivité thermique des mortiers de plâtre avec l'ajout de fibres.



Figure 22: Fibres plastiques. [43]

I.6 Contribution à l'étude de la durabilité de mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier

Référence : M.Rachedi et al. (2017) [44]

L'objectif principal de cette étude est de valoriser des matériaux locaux tels que (plâtre, sable de dunes et les fibres de palmier dattier) et d'améliorer les propriétés mécaniques, physiques et la durabilité de ces matériaux.

Rachedi et al. ont fixé la longueur de la fibre du palmier dattier à 10mm avec différents pourcentages (0.5/1/1,5/2) % et ils ont trouvé que 1,5 % de fibre donne les meilleurs. Puis, ils ont travaillé avec 1,5 % de fibre et ils ont varié la longueur de 10 jusqu'à 40 mm. Ils ont trouvé que la longueur de 20 mm a donné le meilleur résultat.

Il a été conclu que les composites renforcés par des fibres végétales présentent d'excellentes propriétés physiques et ce qui permet de les utiliser dans divers domaines de la construction, tels que des plaques de murs préfabriqués, des murs porteurs ou des plaques de couverture de façades.

I.7 Propriétés thermiques du plâtre renforcé aux fibres de dattier

Référence : M.Rachedi et al. (2020) [45]

Cette recherche vise à étudier les propriétés thermiques des nouveaux mortiers composites de plâtre renforcé avec des fibres végétales de palmier dattier.

Rachedi et al. ont étudié quatre niveaux de remplacement des fibres (0.5-2) % en poids avec quatre longueurs allant de 10 à 40 mm des mortiers de plâtre sur les performances thermiques. Les fibres ont été traitées dans une solution de 1% de NaOH.

Les résultats ont montré une diminution de la conductivité, l'effusivité et la diffusivité avec l'augmentation de la teneur en fibre et une augmentation de la chaleur spécifique.

L'incorporation de ces fibres végétales modifie le comportement rhéologique et mécanique du matériau. En conséquence, les fibres de palmier augmentent considérablement la ductilité des matériaux.

Le composite contenant 2% de fibre et 40 mm de longueur présente les meilleures caractéristiques thermiques.

I.8 Efficacité de l'utilisation des déchets de caoutchouc comme agrégats pour améliorer les performances thermiques des composites à base de plâtre

Référence : Abdelaziz Meddah (2020) [46]

L'objectif principal de cette recherche est d'étudier les caractéristiques mécaniques et thermiques d'un nouveau composite de mortier de plâtre et de déchet de caoutchouc broyé avec différents pourcentages de (0% à 50%) avec un pas de 10 et un rapport eau/plâtre est de 0,6.

Parmi les conclusions obtenues on cite :

L'augmentation de la teneur en caoutchouc diminue le poids unitaire du matériau (mortier léger) et réduit le taux d'absorption capillaire en raison de l'aspect non absorbant du caoutchouc. Ainsi, il peut contribuer à améliorer sa durabilité. Les résistances à la compression et à la flexion du composite diminuent avec l'augmentation de la teneur en caoutchouc. Malgré cette diminution en termes de résistance, on peut noter qu'il est toujours possible d'utiliser ce matériau dans les bâtiments pour les éléments non structuraux qui ne nécessitent pas de force.

Pour les caractéristiques thermiques, l'ajout des déchets de caoutchouc améliore l'isolation thermique en réduisant la conductivité et la diffusivité thermique qui est un avantage pour empêcher le transfert de chaleur et économiser de l'énergie dans les bâtiments.



Figure 23: Agrégats du caoutchouc. [46]

I.9 Conclusion

Le plâtre est un matériau de construction polyvalent, utilisé sous forme d'enduits ou d'éléments préfabriqués. Il présente de nombreux avantages, notamment une isolation thermique, phonique efficaces, une résistance au feu et un coût abordable, mais il est aussi connu pour sa faible résistance mécanique et son mauvais comportement vis-à-vis l'humidité.

Dans notre étude on a utilisé le déchet de grignon d'olive afin d'essayer d'améliorer certaines caractéristiques du plâtre.

The background features three large, overlapping orange circles of varying sizes, each with a white-to-orange gradient. Two thin orange lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles. The text is positioned on the left side of the page.

Chapitre 2 :

Matériaux et méthodes d'essais

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous avons élaboré un programme expérimental pour caractériser les matières premières et le déchet des grignons d'olive utilisés dans la composition des mortiers de plâtre afin d'étudier les propriétés physiques, mécaniques et acoustiques sur la base des essais normalisés. Il est crucial de connaître ces caractéristiques pour mener des recherches ou des études d'investigation, car chacune d'entre elles peut avoir une influence considérable sur les résultats des études.

II.2 Matériaux utilisés

Les composites étudiés sont confectionnés à partir du plâtre, sable, chaux et de déchet de grignon d'olive.

II.2.1 Le plâtre

Le plâtre utilisé dans cette recherche est commercialisé par l'entreprise KNAUF situé à Boufatis wilaya d'Oran. C'est un Plâtre de construction qui convient aux travaux d'aménagement, des constructions neuves ou en rénovation, à l'exception des locaux humides et des parois extérieures.



Figure 24: Plâtre KNAUF

II.2.2 Le sable

Le sable utilisé dans notre étude est un sable fin (0/4) de granulats roulés prélevés de carrière d'El Bouihi Wilaya de Tlemcen.

II.2.3 La chaux

Dans cette recherche la chaux est utilisée dans le but de retarder la prise du plâtre, elle diminue la solubilité de ce dernier et permet d'augmenter son temps d'emploi. En plus elle n'affecte pas ces propriétés mécaniques (C.N.E.R.I.B).

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.2.4 Le déchet des grignons d'olives

Le matériau est issu des déchets lors de l'extraction de l'huile d'olives. Le grignon d'olive employé dans ce PFE provient de l'huilerie étatique d'Ouzidane située à Chetouane, Wilaya de Tlemcen.

Le grignon a été lavé à l'eau chaude pour séparer les résidus de fragments des noyaux puis séché naturellement à l'air libre et étuvé à 40°C pendant 48 heures.



Figure 25: Lavage du grignon d'olive



Figure 26 : Séchage naturel à l'air libre

II.2.5 Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisé est l'eau de robinet exempte de toutes impuretés qui provient de l'ADE située à la commune de Chetouane wilaya de Tlemcen.

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.3 Propriétés physiques des matériaux

II.3.1 Propriétés physiques du plâtre

II.3.1.1 Masse volumique

La masse volumique apparente du plâtre varie de 635 à 700 Kg/m^3 avec une moyenne de 670 Kg/m^3 alors que sa masse volumique absolue varie entre 1300 et 1450 Kg/m^3 avec une moyenne de 1375 Kg/m^3 .



Figure 27: Masse volumique du plâtre

II.3.1.2 Le temps de prise du plâtre

Nous avons utilisé l'appareil de Vicat Figure 28 pour mesurer le temps de début et de fin de prise du plâtre. Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau suivant.

Tableau 5: Temps de prise du plâtre

La prise	Temps (s)
Début de prise	9min30s
Fin de prise	12min20s



Figure 28: Essai de prise avec l'appareil Vicat

II.3.2 Propriétés physiques de la chaux

II.3.2.1 Masse volumique

La masse volumique apparente de la chaux est de 545 Kg/m^3 tandis que la masse volumique absolue est de 2200 Kg/m^3



Figure 29: Masse volumique de la chaux

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.3.3 Propriétés physiques du sable et du grignon d'olive :

II.3.3.1 Masse volumique du sable

La masse volumique apparente du sable est de 1424 kg/m^3 , alors que la masse volumique absolue déterminée par la méthode du ballon est de 2635 kg/m^3 et par la méthode de l'éprouvette graduée est de 2666 Kg/m^3



Figure 30: Masse volumique de sable

II.3.3.2 Masse volumique du grignon d'olive

Pour ce matériau la masse volumique apparente obtenue est de 730 Kg/m^3 , alors que la masse volumique absolue est 1260 Kg/m^3 par la méthode de ballon et de 1400 Kg/m^3 par la méthode graduée



Figure 31: masse volumique des grignons d'olives

II.3.3.3 L'analyse granulométrique pour le sable et le grignon d'olive

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat et pour déterminer le module de finesse selon la norme (NF P 18-540).



Figure 32: Tamiseuse d'analyse granulométrique

La courbe granulométrique du sable et du déchet sont exhibées dans la même **figure33** pour faciliter la comparaison des distributions granulaires, on peut remarquer que le sable a une teneur en fine plus importante que le déchet des grignons.

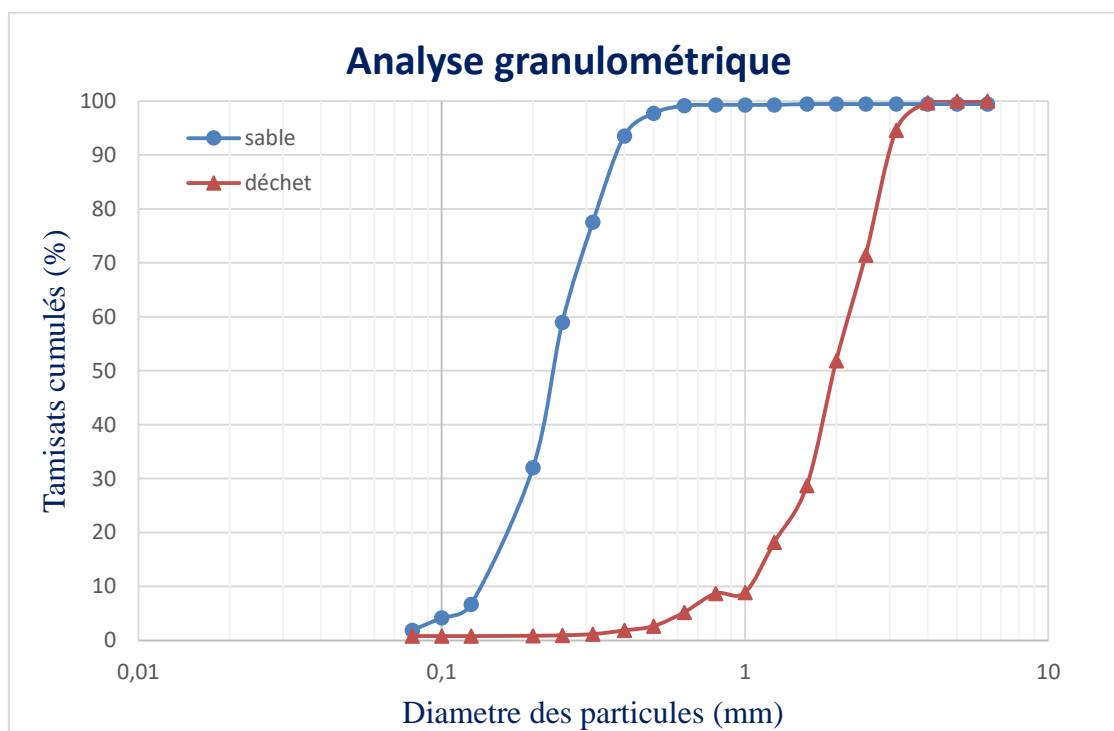


Figure 33 : Courbes granulométrique du sable et du déchet

Chapitre 03: Résultats et discussion

D'autres essais ont été effectués sur le sable et le déchet de grignon d'olive pour déterminer certaines caractéristiques physiques. Le **Tableau 6** montre le résultat de ces essais

Tableau 6: Les résultats des essais

Les essais	Sable	Déchet
Masse volumique apparente (Kg /m³)	1424	730
Masse volumique absolue (Kg /m³)	2635	1260
Equivalent de sable visuel	95	/
Equivalent de sable avec piston	91	/
L'essai d'absorption	1,8%	19,15%
Module de finesse	1.6	4.33
Pourcentage des fines (%)	1.72	/

On constate à partir des résultats des masses volumiques que le déchet de grignon est plus léger comparé au sable naturel qui est un sable propre, ceci justifie le choix d'une substitution volumique. On remarque aussi que l'absorption d'eau du déchet est nettement plus élevée que celle du sable naturel.

II.4 Confection du mortier

II.4.1 Définition du mortier

Le mortier de plâtre est obtenu en mélangeant le plâtre, le sable, l'eau et la chaux comme un retardateur de la prise.

II.4.2 Etude de la composition du mortier de plâtre

II.4.2.1 Détermination du rapport E/P

Pour la détermination du rapport E/P correspondant à une bonne maniabilité, nous avons effectué des essais de consistance du plâtre.

Cet essai nous a conduit à trouver le diamètre d'étalement recommandé par le **D.T.R E6.2.1** qui est de 12cm avec un taux E/P de 0,6 qui est convenable selon le **C.N.E.R.I.B**

II.4.2.2 Détermination du rapport S/P

Selon le **C.N.E.R.I.B** il est recommandé de prendre le rapport S/P=0,5 en poids

II.4.2.3 Le dosage de la chaux

On a pris un dosage de 6% de la masse du plâtre selon les recommandations du **C.N.E.R.I.B**.

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.4.3 Préparation des échantillons

Les mortiers étudiés sont confectionnés avec un rapport E/P = 0,6 et S/P=0,5 en poids et un dosage de 6% de la chaux par rapport à la masse du plâtre pour une quantité nécessaire à remplir les moules $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.

Notre étude consiste à réaliser des échantillons de mortier en substituant le sable par le déchet de grignon d'olive en volume et ceci par un palier de 25% allant de 0% à 100%.

Tableau 7: Les différents échantillons et leurs composants

Matériaux (g)	B0 100% Sable 0% Déchet	B1 75% Sable 25% Déchet	B2 50% Sable 50% Déchet	B3 25% Sable 75% Déchet	B4 0% Sable 100% Déchet
Plâtre	1400	1400	1400	1400	1400
Sable	700	525	350	175	0
Déchet	0	89,7	179,4	269,1	358,1
Chaux	84	84	84	84	84
Eau	840	840	840	840	840

Les composites sont notés respectivement :

B0 : 100% sable et 0% déchet.

B1 : 75% sable et 25% déchet.

B2 : 50% sable et 50% déchet.

B3 : 25% sable et 75% déchet.

B4 : 0% sable et 100% déchet.



Figure 34: les matériaux utilisés

Chapitre 03: Résultats et discussion

Les éprouvettes de dimension (4x4x16) cm³ seront destinées aux essais de :

- Résistance à la compression
- Résistance de traction par flexion
- Détermination de la densité
- Absorption capillaire
- Etuve immersion
- Dureté superficielle
- Résistance au feu



Figure 35: moule (4 x 4 x 16) cm³

D'autres éprouvettes ont été faites pour l'essai de l'isolation phonique sur des sections en PVC de diamètre Ø (80mm) et une épaisseur de 1cm.



Figure 36: Eprouvettes réalisées Ø (80mm) épaisseur de 1cm

II.4.4 Formulation du mortier

II.4.4.1 Matériels utilisés

- **Balance électrique** : une balance électrique avec une précision de mesure de 0.001 et une capacité minimale de 10 Kg, nous permet de peser les quantités nécessaires avec une grande précision.



Figure 37: Balance

- **Malaxeur** : Malaxeur est équipé d'une cuve de capacité de cinq litres et d'une pale qui peut tourner à deux vitesses différentes (lentes et rapides)

II.4.4.2 Mode d'emploi

- **Le malaxage s'effectue selon les étapes suivantes :**
 - On introduit tout d'abord le plâtre, le sable, le déchet et la chaux dans la cuve du malaxeur et on les mélange à sec manuellement pendant 10 secondes pour avoir un mélange homogène.
 - Puis on rajoute toute la quantité d'eau en mélangeant manuellement pendant 20 secondes puis on poursuit le malaxage au malaxeur pendant 20 secondes.
 - Après le malaxage, le mélange obtenu est versé dans un moule en procédant par trois couches chacun a été piqué à la truelle pour éviter les problèmes de ségrégation.
 - Après le remplissage des moules les éprouvettes ont été conservées à l'air libre et recouvertes d'une toile plastique

Chapitre 03: Résultats et discussion

- En dernier, les éprouvettes sont démoulées et placées à l'air libre jusqu'au jour de l'essai.



Figure 38: Epreuves réalisées (4×4×16 cm³)

II.5 Description des essais expérimentaux à effectuer

II.5.1 La densité

La détermination de la densité du mortier ρ est réalisée pour les différents mortiers préparés.

La masse d'une éprouvette M est mesurée. Dans notre cas, des éprouvettes de dimensions (4x4x16) cm³ sont utilisées.

La masse volumique est calculée en divisant la masse par le volume correspondant aux dimensions de fabrication. Ainsi, la masse volumique du mortier durci ρ est définie comme suit:

$$\rho = \frac{M}{V}(\text{kg/m}^3) \quad (2.1)$$

II.5.2 Dureté superficielle (Shore C)

La dureté shore C est une mesure de la dureté d'un matériau. Elle est utilisée principalement pour les matériaux élastomères et plastiques durs. Selon la procédure de la **norme EN 13279-2 (2014)**. Un duromètre a été utilisé pour mesurer la dureté Shore C sur les deux faces longitudinales de chaque échantillon prismatique de dimension (4x4x16) cm. Une force perpendiculaire a été appliquée en cinq points différents. Cette propriété a été évaluée sur trois échantillons par niveau de remplacement. La dureté superficielle des composés a été exprimée comme la valeur moyenne des mesures.



Figure 39: Duromètre Shore C

II.5.3 Essai de Traction par flexion ;

Selon la norme **EN-13279-2(2014)**.L'essai de traction des éprouvettes prismatiques (dimensions 4x4x16) est une méthode mécanique utilisée pour évaluer la résistance à la flexion. L'essai est effectué en appliquant une flexion "trois points" à une vitesse de chargement de 50 N/s + 10 N/s, comme illustré la **Figure 40** dans ci-dessous.



Figure 40: Dispositif pour l'essai de résistance à la traction

La résistance à la rupture par flexion est donnée au moyen de la formule suivante :

$$R_f = \frac{1.5 * F_f * L}{B^3} \quad (2.2)$$

Chapitre 03: Résultats et discussion

Où :

L: Distance entraxe des rouleaux d'appuis de l'éprouvette (4x4x16) cm

L=10cm

R_f : Résistance à la flexion en MPa

F_f : Charge à la rupture en N.

B: Largeur de la section carrée du prisme en mm ($b = 40$ mm).

II.5.4 Essai de compression

La méthode de compression implique l'application d'une force de compression sur l'échantillon jusqu'à ce qu'il soit complètement écrasé selon la norme **NFP 18-406**. La procédure de compression est illustrée dans la **Figure 41** :



Figure 41: Dispositif pour l'essai de résistance à la compression

La valeur de la contrainte de rupture à la compression est exprimée par la formule suivante :

$$R_c = \frac{F_c}{\alpha^2} \quad (2.3)$$

Avec

R_c : Résistance à la compression en MPa

F_c : Charge à la rupture en N.

α : Largeur de la section carrée en mm ($a=40$ mm)

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.5.5 Absorption capillaire

Cet essai a été réalisé dans le but d'évaluer la porosité interne du matériau. Il consiste à envelopper les échantillons sur les parois avec un isolant, dans notre cas on a utilisé un Ruban Adhésif d'Aluminium, ensuite on a placé les éprouvettes de mortier de différents pourcentages dans une étuve à 60°C pendant 48H. Ensuite, ces éprouvettes sont immergées partiellement dans l'eau à 0,5cm de profondeur selon la norme ASTM C1585-20. L'eau absorbée est déterminée à plusieurs moments (1', 5', 10', 20', 30', 60', 120', 180', 240', 300', 360', 1j, 2j, 4j, 5j, 6j, 7j.).

L'absorption capillaire est donnée par la relation suivante :

$$I = S \cdot \sqrt{t} \quad (2.4)$$

Avec $I = m_t / A \cdot d \quad (2.5)$

I : L'absorption en (mm)

m_t : La variation de la masse de l'éprouvette à l'instant t en (g)

A : La surface du spécimen en contact avec l'eau (mm²)

d : La masse volumique d'eau est négligée (g/mm³)

T : le temps ($S^{0,5}$)

S : Le coefficient de sportivité ($g \cdot S^{0,5}$)



Figure 42: Essai d'absorption capillaire

Chapitre 03: Résultats et discussion

II.5.6 Etuve immersion

Cet essai a pour but de déterminer la capacité des composés à sécher après avoir été complètement immergés.

Il est réalisé en utilisant la procédure non standardisée utilisé par [47] dans son doctorat. Les échantillons ont été immergés dans l'eau pendant 48H, puis ils ont mis dans une étuve à 40°C durant 2 jours. Ce processus a été effectué deux fois (Deux cycles).

La dureté shore C, la résistance à la compression et à la traction ont été vérifiées afin de comparer avec les échantillons qui n'avaient pas été testés avec l'eau.



Figure 43:Les échantillons dans l'eau (Cycle Etuve-Immersion)



Figure 44:Les échantillons dans l'étuve (Cycle Etuve-Immersion)

II.5.7 Isolation phonique

L'essai d'absorption acoustique a été réalisé au laboratoire LAMBAT à l'ENPO d'Oran qui permet de tester l'affaiblissement acoustique, en décibel (dB) à l'aide d'un décibel mètre de

Chapitre 03: Résultats et discussion

différents matériaux. L'échantillon à tester PVC de diamètre \varnothing (80mm) et une épaisseur de 1cm est placé à une extrémité du tube d'impédance. Un bruit blanc est généré dans le tube pour produire des ondes planes, et les pressions sonores sont mesurées à l'entrée et à la sortie de l'échantillon.



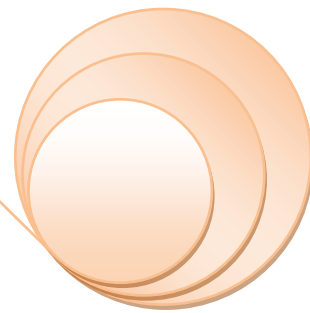
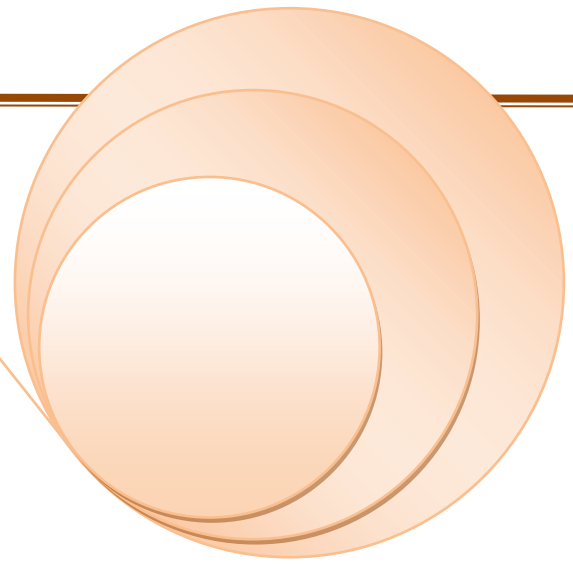
Figure 45:Appareil pour l'essai de l'acoustique.

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous entreprenons une caractérisation approfondie des matériaux utilisés, en se focalisant sur leurs propriétés physique.

Les résultats obtenues à partir des essais réalisés démontrent une parfaite conformité aux perspectives des normes en vigueur.

Le prochain chapitre se penchera spécifiquement sur les résultats et leurs discussions.

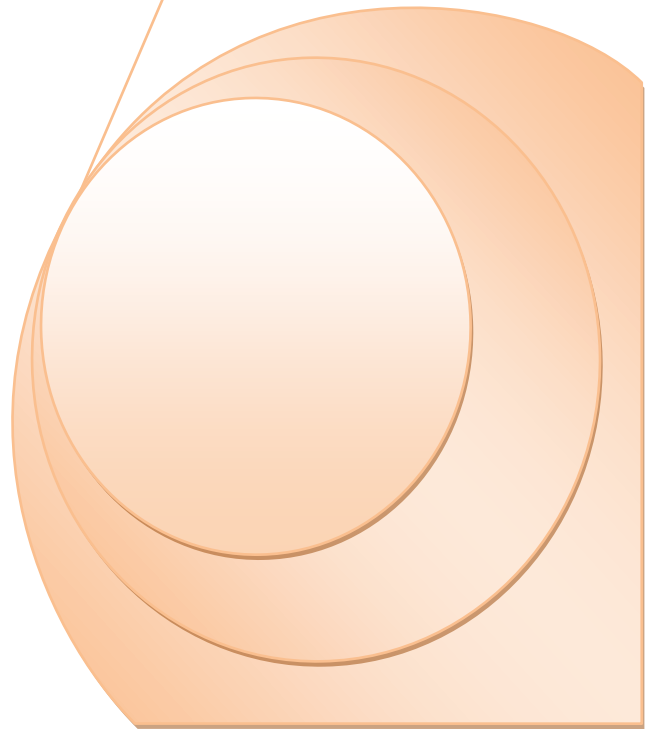


Chapitre 3 :

Résultats

Et

Discussion



Chapitre 03: Résultats et discussion

III.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à l'analyse et à l'interprétation des résultats d'un programme expérimental qui a pour objectif d'étudier l'effet des déchets de grignons d'olive avec différents taux de remplacement sur les mortiers de plâtre.

Les résultats obtenus des différents tests effectués à l'état durci, sont présentés et discutés. Ensuite, on a étudié le comportement des résistances mécaniques à l'eau des nouveaux mortiers végétaux de plâtre.

III.2 La densité

La variation de la densité en fonction du pourcentage du déchet des grignons d'Olive à 14,28 et 56 jours est représentée sur le tableau 7.

Tableau 8: Variation de la densité en fonction du pourcentage du déchet

Les échantillons	Mv (14 jours) (kg/m ³)	Mv (28 jours) (kg/m ³)	Mv (56 jours) (kg/m ³)
B0	1.554	1.496	1.473
B1	1.526	1.414	1.428
B2	1.463	1.378	1.379
B3	1.365	1.329	1.314
B4	1.286	1.283	1.268

La figure 46 ci-dessous représente la variation de la densité humide en fonction des pourcentages de remplacement à l'âge de 14,28 et 56 jours.

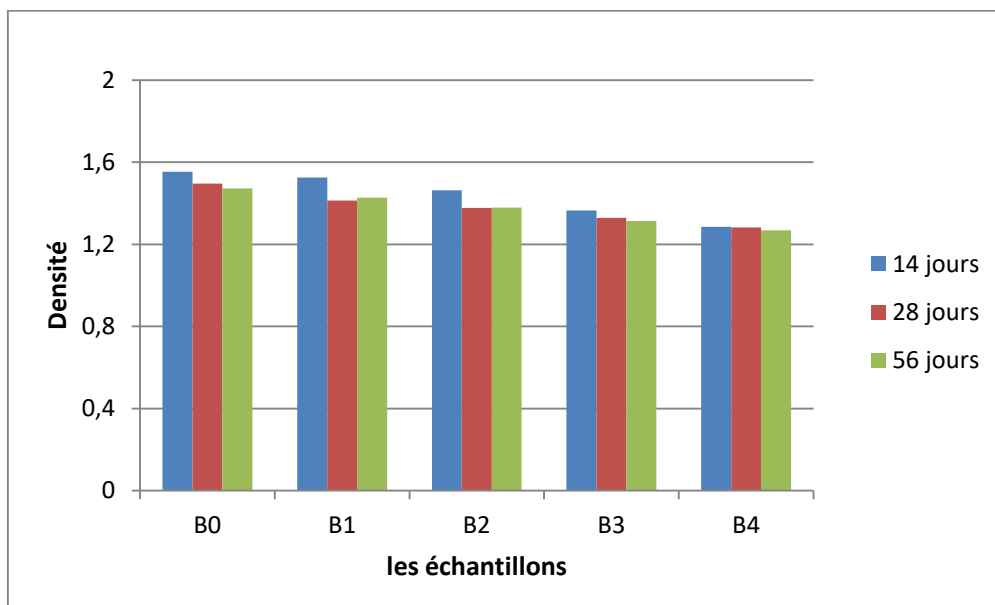


Figure 46: Variation de la densité en fonction du pourcentage du déchet

Chapitre 03: Résultats et discussion

D'après ces résultats de la figure 46, on peut distinguer que la densité du mélange diminue lorsque la teneur en déchet augmente en raison du faible poids unitaire du grignon d'olive par rapport au sable substitué.

La densité a diminué légèrement pour le composite B1 pour tous les âges avec une réduction de seulement 2% à 3% mais elle est plus importante pour les échantillons B3 et B4 avec une réduction respectivement de 11% et 16% par rapport au mortier de référence B0 et cela pour tous les âges. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par [44] qui ont travaillé sur les déchets des palmiers dattiers.

III.3 Dureté superficielle (Shore C)

Les Résultats de la dureté superficielle Shore C en fonction des pourcentages de déchets de grignon d'olive sont montrés dans la figure 47 suivante:

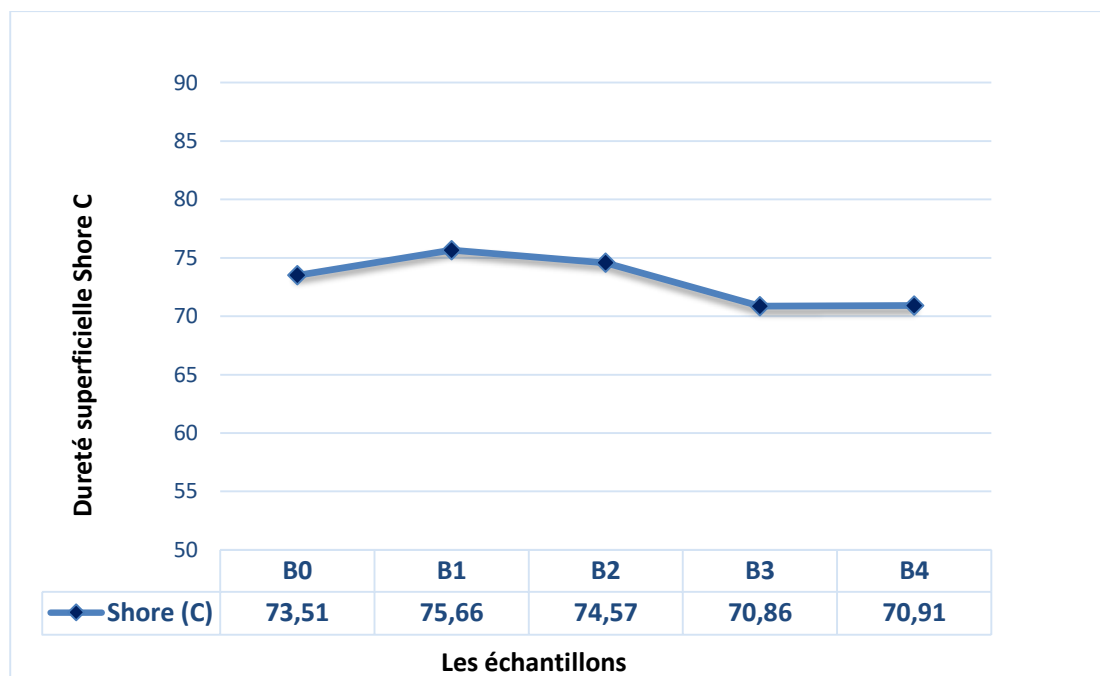


Figure 47: Variation de la dureté en fonction des pourcentages du déchet

D'après les résultats obtenus on remarque que la dureté superficielle Shore C a augmenté à 75,66 soit une augmentation de 3% pour l'échantillon de B1 contenant 25% de déchet par rapport à l'échantillon de référence B0 mais au-delà de ce seuil on remarque une légère réduction de la dureté d'environ 3,5% pour les échantillons B3 et B4. Les résultats obtenus concordent avec les travaux réalisés par [48].

III.4 Résistance à la Traction par flexion

Les résultats de la résistance à la flexion obtenue sur le mortier de plâtre à base de déchet de grignon d'olive à 14,28 et 56 jours sont illustrés dans la figure 48.

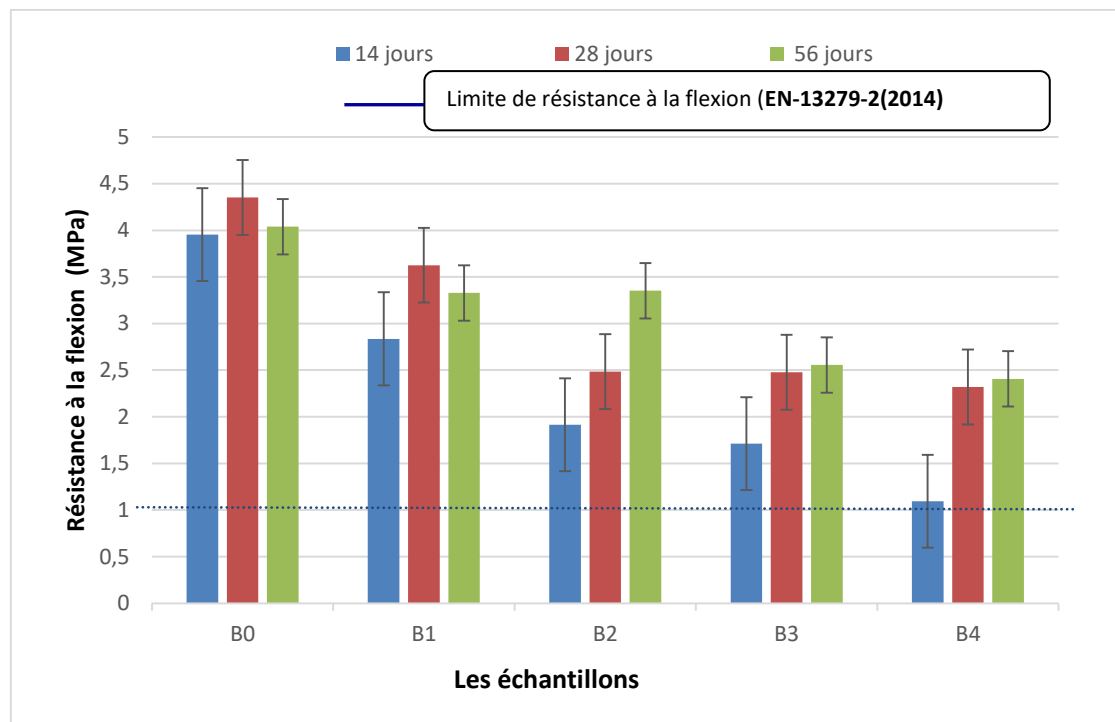


Figure 48: Variation de la résistance à la flexion en fonction du pourcentage du déchet

On note que l'incorporation des déchets de grignon d'olive a une influence négative sur la résistance à la traction par flexion, ce qui entraîne une baisse de la résistance à la flexion à 14 jours des composites B1, B2, B3 et B4 est respectivement de 29, 51,57 et 73% respectivement par rapport à celle du mortier témoin B0. Cette réduction de la résistance peut être attribuée aux propriétés physiques et géométriques des particules de grignon d'olive qui engendrent des fragilités locales dans la matrice de plâtre.

Toutefois, il convient de noter que, dans tous les cas, l'ensemble des résistances à la flexion obtenues à 14, 28 et 56 jours et l'ensemble des substitutions étaient supérieures à l'indice de référence minimum de 1 MPa fixé par la norme EN 13279-2 (2014)

Les résultats de la présente étude sont cohérents avec les résultats de la littérature [40, 46] qui ont montré des réductions importantes de la résistance à la flexion des composites de plâtre avec déchet plastique et de caoutchouc respectivement.

III.5. Résistance à la compression

Les résultats de la variation de la résistance à compression des mortiers de plâtre étudiés en fonction des pourcentages de particules des grignons d'olive à 14, 28 et 56 jours sont représentés sur la figure 49.

Il y a lieu de constater presque les mêmes remarques que celles pour la résistance à la flexion. Cette diminution augmente avec l'augmentation du taux de substitution de déchets.

Chapitre 03: Résultats et discussion

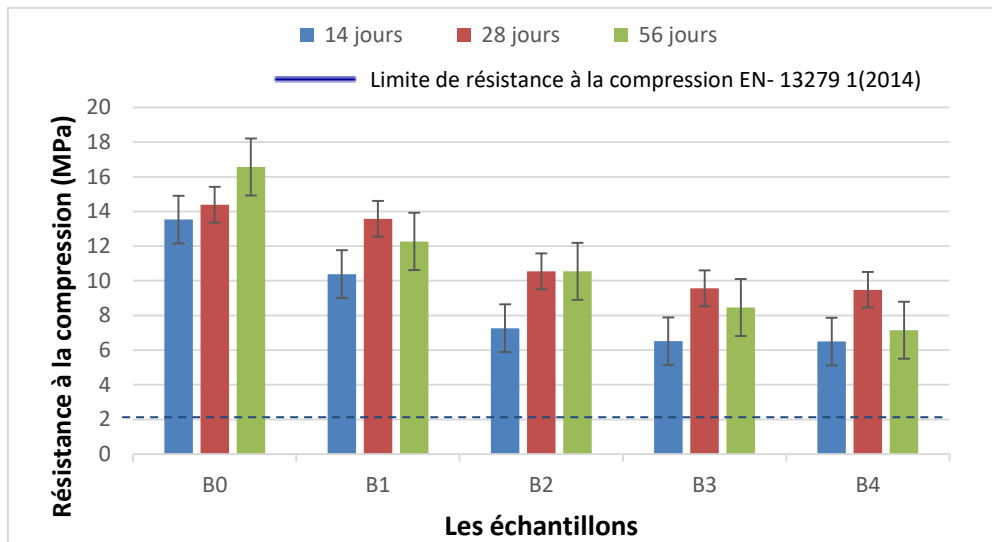


Figure 49: Variation de la résistance à la compression en fonction du pourcentage des déchets

On remarque que la résistance à la compression a diminué de 10 MPa pour l'échantillon B1 à 6 MPa pour l'échantillon B4 à 14 jours soit une réduction de 24% à 52% par rapport à celle du mortier témoin B0. On note aussi une réduction de 6 à 34 % à 28 jours et une réduction 16 à 57% à 56 jours par rapport à la référence. Il semble que l'ajout du déchet entraîne une augmentation de la porosité dans les mélanges, ce qui se traduit par une diminution de la résistance mécanique [40, 46].

L'ensemble des valeurs obtenues de la résistance à la compression sont supérieures à l'indice de référence minimum de 2 MPa fixé par la norme EN 13279-1 (2014)

III.6L'absorption capillaire

L'absorption d'eau par capillarité est examinée pour tous les mortiers avec et sans déchet de grignon d'olive à l'âge de 14 jours.

a) Remontée primaire

Tableau 9: Variation de l'absorption capillaire en fonction du pourcentage du déchet

Temps (s½)	0	8	17	24	35	42	60	85	104	120	134	147
	I (mm)											
B0	0,000	0,002	0,007	0,009	0,014	0,017	0,024	0,035	0,043	0,046	0,047	0,047
B1	0,000	0,002	0,006	0,009	0,013	0,016	0,023	0,033	0,041	0,046	0,047	0,048
B2	0,000	0,003	0,006	0,009	0,013	0,015	0,022	0,031	0,039	0,044	0,048	0,049
B3	0,000	0,004	0,006	0,008	0,012	0,015	0,021	0,030	0,038	0,043	0,048	0,050
B4	0,000	0,005	0,006	0,009	0,014	0,017	0,024	0,034	0,042	0,048	0,051	0,052

Chapitre 03: Résultats et discussion

b) Remontée secondaire

Tableau 10: Variation de l'absorption capillaire en fonction du pourcentage du déchet

Temps (s ^{1/2})	294	416	588	657	720	778
	I (mm)					
B0	0,048	0,048	0,049	0,049	0,050	0,050
B1	0,049	0,050	0,052	0,053	0,053	0,054
B2	0,052	0,053	0,054	0,055	0,055	0,056
B3	0,054	0,055	0,056	0,057	0,057	0,057
B4	0,056	0,057	0,058	0,058	0,058	0,059

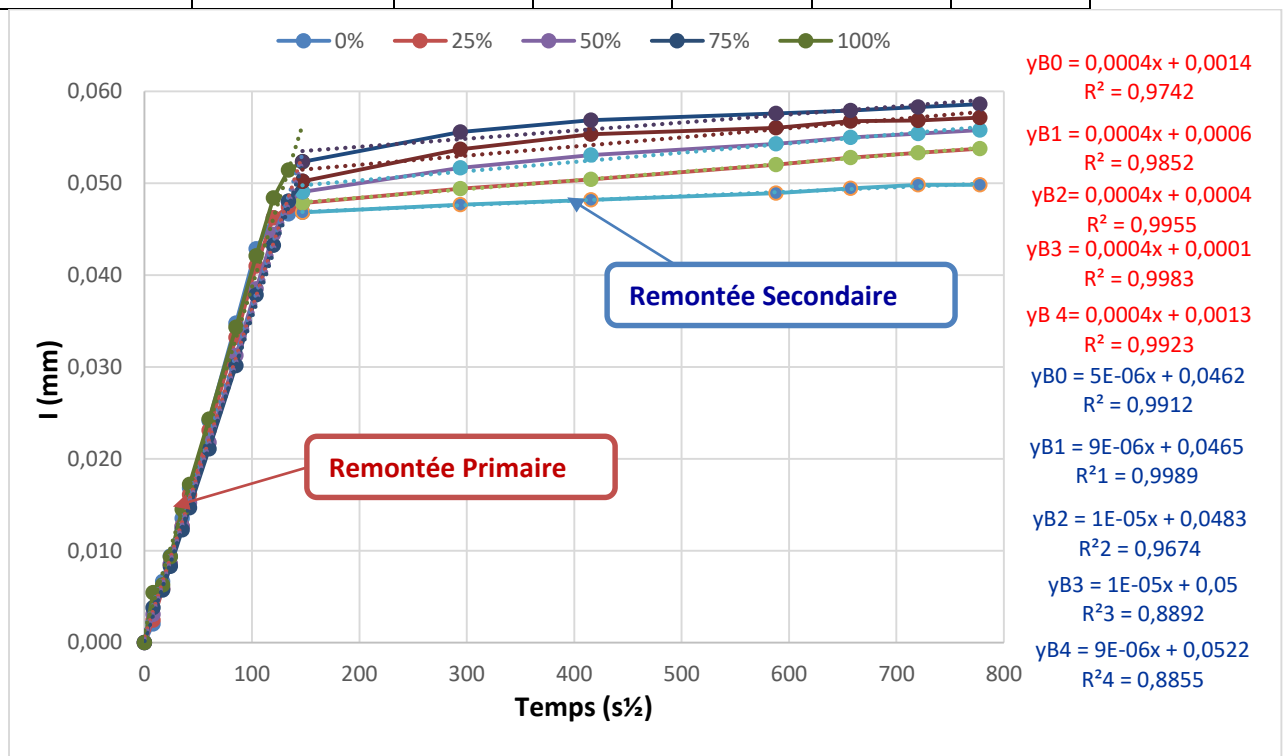


Figure 50: Variation de l'absorption capillaire en fonction du pourcentage du déchet

La Figure 50 montre la relation entre la masse d'eau absorbée et le pourcentage du déchet de grignon d'olive. Il est évident que la masse d'eau absorbée augmente progressivement au fil du temps. On peut noter que le remplacement partiel du sable par le déchet de grignon d'olive augmente considérablement le taux d'absorption.

Le résultat obtenu correspond au travail réalisé par [46], ils ont trouvé que le taux d'absorption d'eau par capillarité augmente en fonction de l'augmentation de la teneur en caoutchouc.

Chapitre 03: Résultats et discussion

III.7 Etuve immersion

Les résultats des échantillons soumis à deux cycles de mouillage-séchage à l'âge de 14 jours sont résumés dans le tableau 10

Tableau 11: Variation de l'absorption après deux cycles d'étuve-immersion

		Cycle 01				Cycle 02			
	Poids sec (g)	Poids après saturation (g)	Absorption d'eau (%)	Poids après séchage (g)	Poids /Poids initial	Poids après saturation (g)	Absorption d'eau (%)	Poids après séchage (g)	Poids /Poids initial
B0	1160	1372	+18,3%	1158	-0,2%	1371	+18,2%	1159	-0,1%
B1	1126	1326	+17,7%	1113	-1,2%	1321	+17,3%	1107	-1,7%
B2	1154	1302	+12,8%	1085	-6,0%	1298	+12,5%	1081	-6,4%
B3	1136	1273	+12,1%	1048	-7,7%	1266	+11,5%	1036	-8,8%
B4	1084	1235	+13,9%	996	-8,1%	1226	+13,1%	973	-10,3%

Après chacun des cycles étuve-immersion, la capacité d'absorption d'eau a diminué de 17,7% jusqu'à 12% au fur et à mesure que le déchet du grignon d'olive est incorporé dans le mélange, en particulier l'échantillon B4 qui a connu une légère augmentation dans l'absorption et cela dans les deux cycles.

On remarque aussi une perte de masse de 1,7% pour l'échantillon B1 jusqu'à 10,3% pour l'échantillon B4 après deux cycles d'étuve-immersion.

III.7.1 Les résultats de la résistance à la flexion et à la compression avant et après l'essai d'étuve immersion

Les figures 51 et 52 expriment les résultats de la résistance à la flexion et la résistance à la compression respectivement avant et après l'essai d'étuve immersion à 14 jours

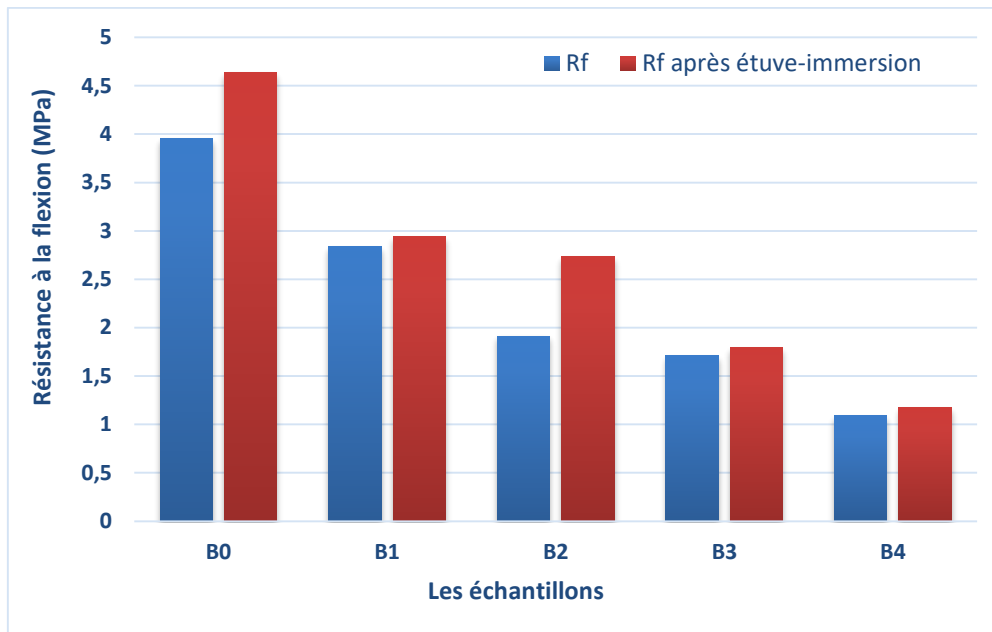


Figure 51: Résistance à la flexion avant et après cycle étuve-immersion à 14 jours

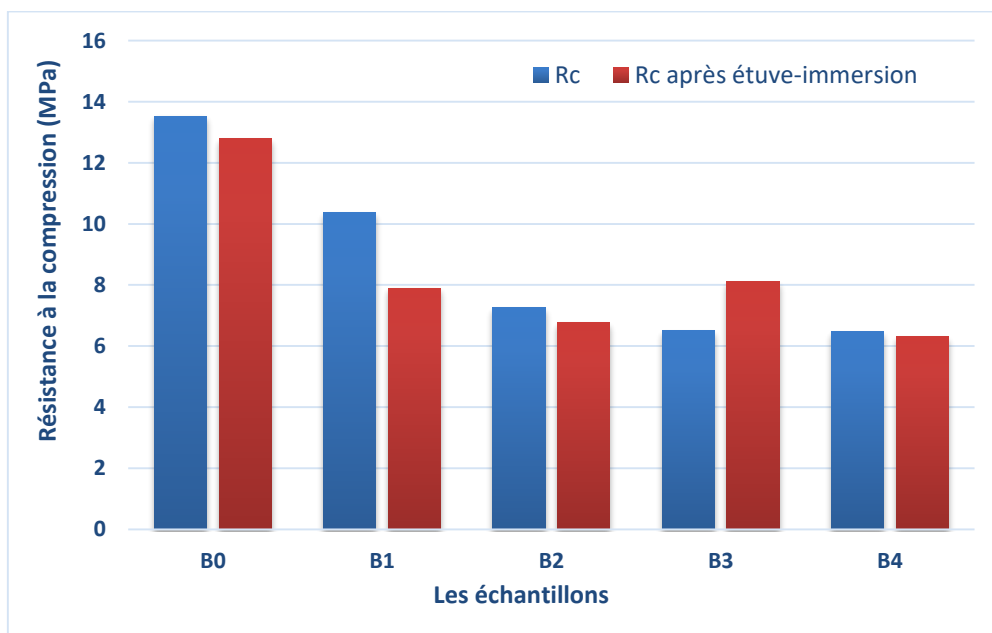


Figure 52: Résistance à la compression avant et après cycle étuve-immersion à 14 jours

Pour vérifier l'effet de l'eau sur les propriétés mécaniques, une comparaison a été faite entre les résultats de la résistance à la compression et à la traction obtenues par les échantillons de cet essai et les échantillons d'essai de compression et traction qui n'avaient pas été soumis à l'eau. Les résultats sont présentés dans les figures 51 et 52.

Chapitre 03: Résultats et discussion

On note que la résistance à la compression a diminué pour les échantillons B1, B2 et B4 soumis à l'eau par rapport aux échantillons normaux, contrairement à l'échantillon B3 qui a connu une légère augmentation par rapport à l'échantillon B3 de l'essai de compression.

Et pour l'essai de traction c'est tout le contraire on a une augmentation de la résistance dans tous les composites sur tout pour les mortiers B0 et B2 qui ont connu une augmentation respectivement de 17 et 42%, inversement des résultats obtenus par [48] ou les résistances à la traction de l'ensemble des remplacements ont diminués.

III.8 Isolation phonique

Les résultats du taux d'affaiblissement acoustique en fonction des différents pourcentages de déchets des grignons d'olive de 1 cm d'épaisseur sont présentés dans le tableau 11

Tableau 12: Variation de l'isolation phonique en fonction du pourcentage du déchet.

Les échantillons	B0	B1	B2	B3	B4
	Db				
Entrée	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7
Sortie	79,7	85,3	83,7	78,5	83,4
Le taux d'affaiblissement acoustique (%)	31,7%	26,9%	28,25%	32,75%	28,55%

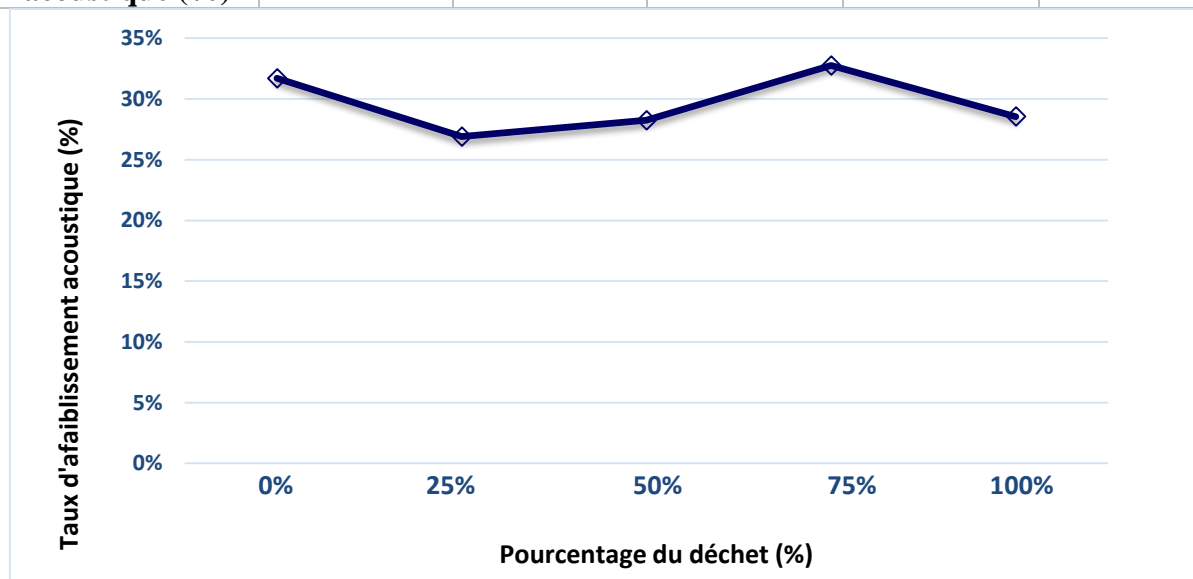


Figure 53: Variation du taux d'affaiblissement

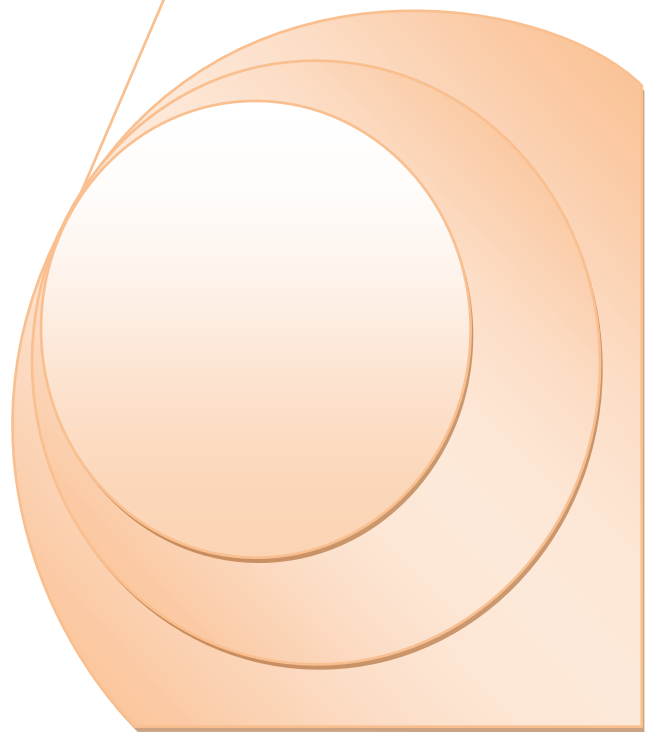
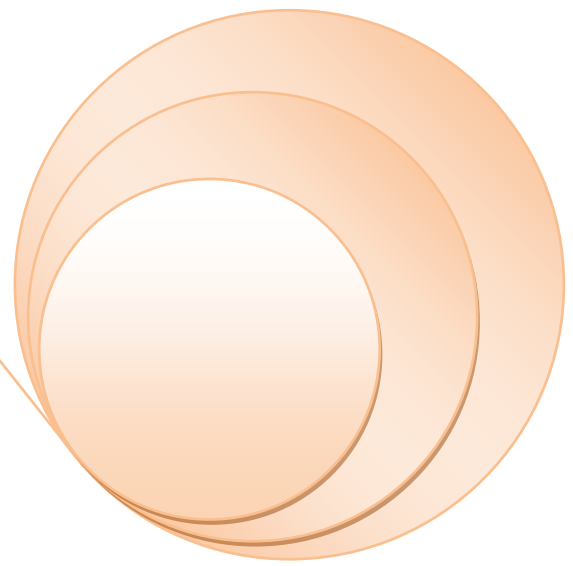
D'après ces résultats on remarque une diminution du taux d'affaiblissement de 27 % pour le mortier composite B1 au-delà de ce seuil on remarque une légère augmentation. Le mortier B1 avec 25% de substitution de déchet de grignon d'olive présente une meilleure isolation phonique.

III.9 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons effectué plusieurs expériences sur un mortier de plâtre végétalien utilisant différents pourcentages de déchet de grignon d'olive allant de 0% à 100% avec un pas de 25%. Parmi les résultats obtenus on peut déduire les résultats suivants :

- ❖ L'incorporation des grignons d'olives dans les mortiers composites à base de plâtre a conduit à une diminution de la densité qui étaient compris entre 1510 et 1280 kg /m³.
- ❖ L'Absorption d'eau par capillarité a augmenté avec le taux de substitution en volume des particules de grignons et cela grâce aux grignons d'olive qui ont un coefficient d'absorption d'eau plus élevé que le sable.
- ❖ Les résistances à la compression et à la flexion ont connu une diminution pour l'ensemble des composites. Toutes fois les résultats des résistances mécaniques sont supérieurs à la limite recommandée.
- ❖ Le mortier de plâtre avec 25% de grignons d'olive a présenté une meilleure isolation phonique et un meilleur résultat de la dureté superficielle shore C.
- ❖ Les échantillons des mortiers de plâtre à base de déchets des grignons d'olive après deux cycles d'étuve-immersion ont donné une perte de masse spécifiée pour le mortier B4 toute fois il ya une grande perte significative de résistance mécanique par rapport au mortier de référence B0.
- ❖ Ce type de mortier à 25% de grignon d'olive peut être conseillé dans les bâtiments à usage d'habitation.

Conclusion Générale



CONCLUSION GENERALE

Cette étude visait à évaluer les propriétés mécaniques, physiques et acoustiques d'un composite de mortier de plâtre nouvellement développé, auquel des déchets de grignon d'olive ont été ajoutés à des concentrations variables. Après avoir effectué une recherche bibliographique approfondie et analysé les résultats obtenus, il est possible de tirer les conclusions suivantes:

- ❖ L'incorporation du déchet du grignon d'olive a entraîné une diminution de la densité.
- ❖ L'utilisation du déchet de grignon d'olive a augmenté l'absorption d'eau par capillarité à cause du taux d'absorption de ce dernier qui est plus important que celui du sable.
- ❖ Sur le plan mécanique, les résistances à la compression et à la flexion ont connu une diminution avec l'incorporation du déchet.
- ❖ Le composite B1 a dévoilé des meilleurs résultats pour les essais d'isolation phonique et de la dureté superficielle shore C.
- ❖ Pour l'essai d'étuve-immersion les échantillons B3 et B4 ont connu une perte de masse spécifiée et cela dans les deux cycles de mouillage-séchage.

En perspective, il serait intéressant d'étudier d'autres pourcentages plus importants du déchet de grignon d'olive afin de voir leurs impacts sur les caractéristiques physiques, mécaniques et thermiques. Il est aussi intéressant d'essayer d'améliorer les résistances mécaniques en ajoutant des matériaux biosourcés tels que les fibres végétales comme la paille de riz....

Il serait aussi judicieux de réaliser l'essai de résistance au feu qui été programmé dans cette recherche mais malheureusement par manque de temps on n'a pas pu le faire. Cet essai permet de voir le comportement du plâtre vis-à-vis du feu qui est essentiel pour assurer la sécurité en cas d'incendie.

Références Bibliographiques

- [1] «<https://www.placoplatre.fr>,» [En ligne]
- [2] **M.SYLAIN**, etude de comportement mecanique du platre prise en relation avec sa microstructure, lyon(france): these doctorat, 2001.
- [3] **N.B.Singh and B.Middendorf**, "calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization," progress in crystal growth and characterization of materials, vol. 53, 2007.
- [4] **D.Daligand**, "Plâtre," Techniques de l'ingénieur, vol. C910, pp. 1-16
- [5] **H.Chelabi**, Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre, 2017.
- [6] **A.Lewry and J.Williamson**, "The setting of gypsum plaster," Journal of materials science, vol. 29, 1994, pp. 6085-6090.
- [7] **L.Sedkaoui, F.Kheloui**, memoire master, universite mouloud mameri de tizi-ouzou, (2016)
- [8] **J.Bensted and S.Prakash**, "Infrared Spectra of Calcium Sulphate Hemihydrate," nature physical science, vol. 232, 1971, pp. 174-175.
- [9] **Céline.Martias**, Synthèse et caractérisation de matériaux composites à base de sulfate de calcium destinés à la protection incendie, Université de Toulon, Français., 2011.
- [1] **Secret de fabrication du plâtre – le plâtre industriel – L’entrevues – numéro 23 – page 13**
- [10] «<http://www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/download/idees/ID/37> fabrication du plâtre orthopédique,» [En ligne].
- [12] **D.Daniel**, « technique de l'ingénieur ‘plâtre ‘ » C910 v3,, 10 mai 2002
- [13] **Gypsum systems**, Fire resistance design manuals sound control 19th Edition GA-600-(2009), (2009).
- [14] **H.Chelabi**, Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre, 2017.).
- [15] Le plâtre et la construction durable/Syndicat National des Industries du Plâtre, septembre 2016.
- [16] **Djoudi Amina** “Caractérisation structurale et rhéologique des bétons de plâtre et leur renforcement par les fibres végétales du palmier dattier“, thèse de magister, universite de laghouat, 2001. p (25,32,33)
- [17] **M.Rachedi**, Contribution à l’Etude de la durabilité de mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier p (27-28)
- [18] **M.Rachedi**, Mémoire Magister, Université kasdi merbah ouargla, (2013)
- [19] **C.N.E.R.I.B.**, “Recommandations pour la construction en plâtre“, Centre National d’Etudes et de Recherche Intégrées au Bâtiment, 2003.
- [20] **BOUNOUA FETHI** Technologie De Fabrication Et Contrôle De La Qualité Du Plâtre Université Badji Mokhtar-Annaba- Juin 2015 p.44 (chelabi et taleb 27)
- [21] **D.Lelièvre** Simulation numérique des transferts de chaleur et d’humidité dans une paroi multicouche de bâtiment en matériaux biosourcés. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Sud, Lorient; 2015.
- [22] **Y.AitOumeziane** Evaluation of the hygrothermal performance of a wall by numerical simulation : application to hemp concrete walls. Thèse de doctorat, INSA de Rennes; 2013.
- [23] **Ho Thi TN**. Étude de l’influence de la température et de l’humidité sur les propriétés mécaniques en traction des fibres de chanvre et de coco. Thèse de doctorat, Montréal: École de technologie supérieure de Québec; 2008.
- [24] **F.Bennai** Étude des mécanismes de transferts couplés de chaleur et d’humidité dans les matériaux poreux de construction en régime insaturé. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle; 2017.
- [25] **Kebier Mohammed** Usage du plâtre dans l’ancien bâti(Cas de timchemt à Ghardaïa) 2017.

Références Bibliographiques

- [26] **Bâle**, la convention de Bâle, 1989.
- [27] **Définition légale selon la directive, EUR-Lex, 2008.**
- [28] **M. Benlemlih, J. Ghanam**, «polyphénols d'huile d'olives, trésors santé», 2ème édition, 208 pages, 2016.
- [29] Récupéré sur : <https://www.olivierdeprovence.com/odpce-fr/olivier-culture.php> 2023
- [30] **A. Chevalier**, L'origine de l'olivier cultivé et ses variations. Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 1948, N303-304.
- [31] **Davoud Tavakoli, Masoumeh Hashempour, Ali Heidri**, «Use of waste materials in concrete», Pertanika J. Sci. et Technol, 2018, 26(2), 499-522.
- [32] **C.O.I. L'Olivier**, l'huile, l'olive - Madrid / Espagne, 1998.
- [33] **A. Nefzaoui**, Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier. In : Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Étude FAO production et santé animales 43, Rome, 1984. (16)
- [34] **B. Hansali, A. Boulaares**, « Enrichissement de l'huile d'olive par des antioxydants naturels (feuilles de pistacialentiscus) », Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, 2019
- [35] **A. NEFZAOU**, contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits ; Option méditerranéennes série séminaire N 16, PP 101-108. École supérieure d'horticulture. Sousse Tunisie, 1991.
- [36] Récupéré sur : <https://www.fellah-trade.com/fr/filiere-developpement-durable/fichestechniques/sous-produits-olivier> 2023
- [37] **S. Atmane, R. Bareche**, "Elaboration et caractérisation d'un matériau composite à base de PVC et de grignon d'olive local", Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2017.
- [38] Récupéré sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/materiaux-construction-biosources-et-geosources>
- [39] **S. Singh et al.** Elevated temperature and performance behaviour of rice straw as waste bio-mass based foamed gypsum hollow blocks Journal of Building Engineering 69 (2023) 106220
- [40] **Laoubi et al.** Study of a New Plaster Composite Based on Dune Sand and Expanded Polystyrene as Aggregates 402 The Open Civil Engineering Journal, 2018, Volume 12
- [41] **S. Balti et al.** Characterization and optimization of eco-friendly gypsum materials using response surface methodology Journal of Building Engineering 69 (2023) 106219
- [42] **A. Asadi Ardebili et al.** Mechanical characterization of gypsum mortars with waste from the automotive sector Construction and Building Materials 370 (2023) 130675
- [43] **T. Ben Youbi, S. Hammoumi**, Mémoire Master, Université de Tlemcen, (2020)
- [44] **Rachedi et al.** Contribution à l'étude de la durabilité de mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier Revue des Energies Renouvelables Vol. 20 N°2 (2017) 243 – 251
- [45] **Rachedi et al.** thermal properties of plaster reinforced with date palm fibers civil and environmental engineering vol. 16, issue 2, 259-266(2020)
- [46] **Abdelaziz Meddah.** Effectiveness of using rubber waste as aggregates for improving thermal performance of plaster-based composites (2020) Innovative Infrastructure Solutions (2020) 5:61]

Références Bibliographiques

[47] **M. del Río Merino**, *Élaboration et applications constructives de panneaux préfabriqués en plâtre allégé renforcé de fibres de verre E et autres additifs*, PhD, Université Polytechnique de Madrid (Espagne), 1999. doi:oa:oa. upm.es:612.

[48] **M.I. Romero-Gomez**, *´ R.V. Silva, I. Flores-Colen, J. de Brito, Influence of polypropylene residues on the physico-mechanical and water-resistance properties of gypsum plasters*, *J.Clean.Prod.*371 (Oct. 2022), 133674, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133674>.