

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Faculté de Technologie

Département de génie civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme

Master en Génie Civil

Option : Structures

Présenté par :

BECHLAGHEM Abdellah Mounir

Thème

**VALORISATION DES DECHET DANS LE PLATRE
ET LE MORTIER PLATRE : BILAN CRITIQUE**

Devant le jury composé de :

SMAIL N.	MCA	Univ. Tlemcen	Présidente
TALEB O.	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur
HOUTI F. B.	MAA	Univ. Tlemcen	Encadrant
BENOSMAN A. S.	Professeur	ESSA-Tlemcen	Encadrant

Année universitaire : 2020/2021



REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier en premier lieu « ALLAH », le Tout Puissant et Miséricordieux qui m'a donné la force, la volonté et le courage pour mener à bien ce travail.

Mes vifs remerciement à mes parents, pour m'avoir soutenu et encouragé tout au long de mes études et qui continuent à m'aider dans tous les projets de l'avenir.

Je voudrais remercier chaleureusement mes encadrants Mr HOUTI Farid Brahim et Pr BENOSMAN Ahmed Soufiane de m'avoir pris en charge, et pour leurs disponibilités, leurs aides et leurs précieux conseils.

Je remercie les membres de jury Dr SMAIN Nadia et Dr TALEB Omar qui me feront l'honneur de juger ce travail.

Enfin, à tous ceux ou celles qui m'ont apportés leurs soutiens de loin ou de près, trouvent ici, l'expression de mes vives et sincères remerciements.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(إن أصبنا فهذا من توفيق الله عز وجل وإن أخطأنا فهذا منا)

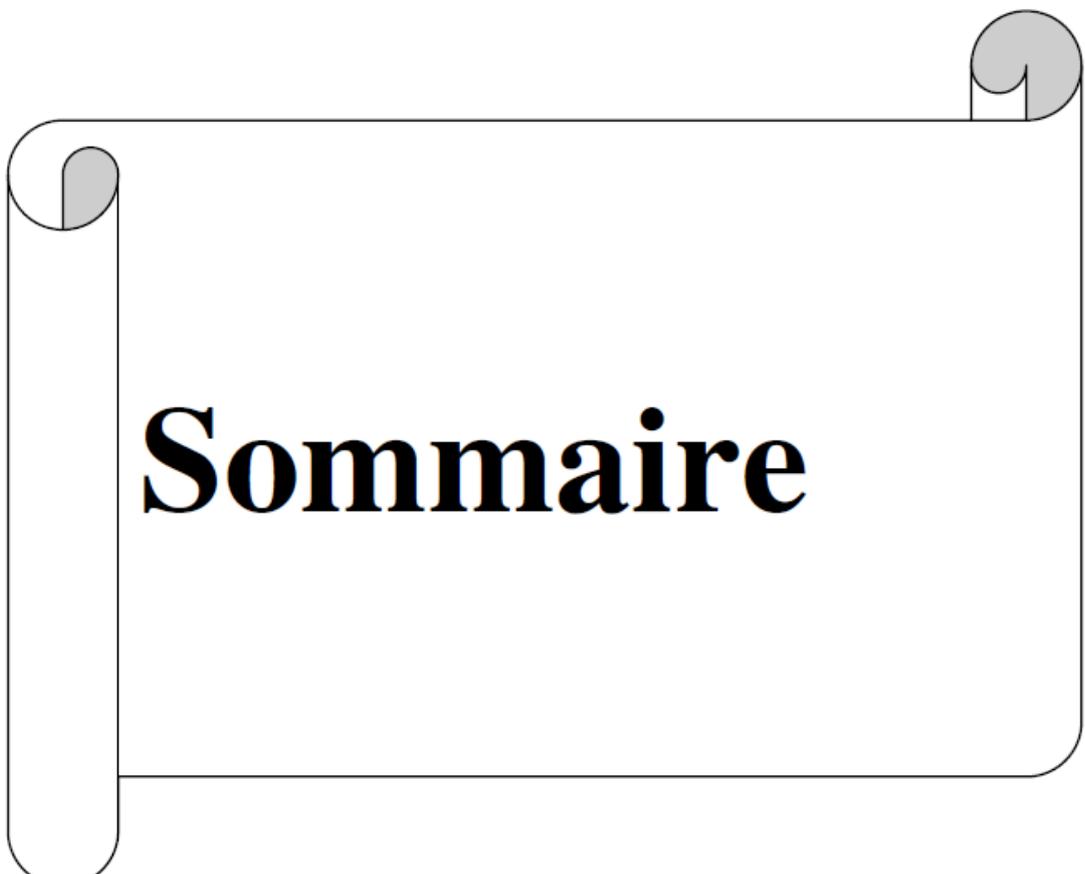
Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ A mes chers parents qui m'ont encouragé tout au long de mes études et sacrifiés leurs vies pour mon bien ;
- ❖ A mes frères ; Taha Yacine ; Anas Abdelmalik
- ❖ A tous mes oncles, tantes, et tous mes cousins et cousines;
- ❖ Toute la famille : BECHLAGHEM et BOUACHA ;

- ❖ Tous mes amis : « Ismail A. ; Mhamed A. ; Yacine A. ; Ben. S. ; Mohammed A. ; Fayçal B. ; Abdeladim R. »
- ❖ A tous mes amis de la promotion de Génie Civil 2021 ;
- ❖ A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

BECHLAGHEM ABDELLAH MOUNIR



Sommaire

SOMMAIRE

Remerciements	3
Dédicace	4
Liste des figures	9
Liste des tableaux	11
Symboles	12
Résumé.....	13
Introduction Générale :	15
Chapitre I : Généralités sur le plâtre.	17
I-1- Introduction générale	17
I-2- Définition : Qu'est ce qu'un plâtre	17
I-3- Historiques du plâtre	17
I-4- Définition du plâtre	18
I.5- Fabrication du plâtre	18
I-6- Types et domaines d'utilisation du plâtre	18
I-6-1- Plâtre de construction	18
I-6-2- Plâtre d'isolation	18
I-7- Conclusion	19
Chapitre II : Les déchets.	20
II.1. Introduction.....	20
II-2- Définition : Qu'est ce qu'un déchet	20
II-3- Valorisation des déchets	20
II-3-1- Recyclage des déchets	21
II-3-2- L'avantage du recyclage	21
II-4- Les différents types de déchets	21
II-4-1- Déchets verts	21

II-4-2- Déchets de verre.....	21
II-4-3- Déchets plastiques.....	21
II-4-4- Déchets inertes.....	22
II-4-5- Déchets ultimes.....	22
II-4-6- Déchet de f in de construction.....	22
II-5- Conclusion.....	22
Chapitre III : Type des déchets valorisés dans les matériaux de construction	24
III.1 Déchets valorisé dans le mortier ou le béton.....	24
III.2 Déchet valorisé dans le plâtre ou le mortier plâtre.....	25
III.3 Propriétés des granulats utilisés dans le plâtre ou le mortier plâtre.....	28
III.4 Programme expérimental	29
III41 Pourcentage de substitution.....	29
III42 Méthodes des essais.....	30
Chapitre IV: Résultats et discussion	33
IV.1 Valorisation de fibres de palmier dattier dans le plâtre.....	33
IV.2 Valorisation de fibres de palmier dattier dans le plâtre.....	36
IV.3 Valorisation de polystyrène dans le plâtre.....	38
IV.4 Valorisation de polystyrène dans le plâtre.....	41
IV.5 Valorisation de Polypropylène dans le plâtre.....	42
IV.6 Valorisation mousse de polyuréthane dans le plâtre.....	45
IV.7 Valorisation des Déchets de copeaux de bois dans le plâtre.....	46
IV.8 Valorisation des Déchets des grains de caoutchouc dans le plâtre.....	48
IV.9 Méthode d'analyse par MEB (Microstructure)	50
Conclusion générale	52

Bibliographie..... 54

Liste des figures :

Figure. IV.1 : la densité apparente des composites en fonction du pourcentage et de la longueur du palmier dattier.	33
Figure .IV.2 : la conductivité thermique des composites en fonction du pourcentage de la longueur de fibre de palmier dattier.....	34
Figure .IV.3 : La capacité thermique massique des composites en fonction du pourcentage et de la longueur des fibres de palmier dattier.....	34
Figure .IV.4 : la diffusivité thermique des composites en fonction du pourcentage et de la longueur de fibre de palmier dattier	35
Figure .IV.5 : Variation de la densité de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres	36
Figure .IV.6 : Variation de l'absorption de l'eau de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres	37
Figure .IV.7 : Variation de la résistance à la compression de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres	37
Figure .IV.8 : Variation de la résistance à la flexion de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres.	38
Figure .IV.9 : Evaluation de la densité du composite étudié en fonction de la proportion et la taille des billes d'EPS.	39
Figure .IV.10 : Variation de la résistance à la flexion des composites étudiés en fonction de la teneur et de la taille de PSE.....	39
Figure .IV.11 : Variation de la résistance à la compression des composites étudiées en fonction de la teneur et de la taille de PSE	40
Figure .IV.12 : Variation de la conductivité thermique du composite étudié en fonction du pourcentage des billes de polystyrène et de la taille de l'EPS.	40
Figure .IV.13 : Résistance mécanique et pertes de masse du mortier de plâtre EPS dans différents environnements.....	41
Figure .IV.14 : Variation de la masse volumique en fonction du pourcentage des fibres ...	42
Figure .IV.15 : Variation du coefficient d'absorption capillaire en fonction du pourcentage en masse de fibres à 14 jours et 28 jours	43
Figure .IV.16 : Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage des fibres à 14 et 28 jours.	43
Figure .IV.17 : La variation de la résistance à la flexion en fonction du pourcentage des fibres à 14 et 28 jours.	44
Figure .IV.18 : Variation de la conductivité thermique en fonction du dosage des fibres .	44
Figure .IV.19 : propriétés mécaniques en flexion et compression pour les différents dosages	45
Figure .IV.20 : Conductivité thermique vs densité pour les deux séries	45
Figure .IV.21 : Variation de la résistance à la flexion pour la composition plâtre + déchet de copeaux de bois avec le temps.	46
Figure .IV.22 : Variation de la résistance à la flexion pour la composition plâtre + déchet	47

de copeaux de bois à l'âge de 28jours.	
Figure .IV.23 : visualisation de la répartition des grains de caoutchouc dans la matrice de plâtre	48
Figure .IV.24 : Effet de la teneur en caoutchouc sur la résistance à la compression.	48
Figure .IV.25 : Effet de la teneur en caoutchouc sur la résistance à la flexion.....	49
Figure .IV.26 : Visualisation à différentes échelles du composite de plâtre contenant des billes d'EPS et du sable de dunes	50
Figure .IV.27 : Analyse SEM d'un composite de plâtre à base d'EPS	50

Liste des tableaux :

Tableau III.1 Différents déchets plastique	24
Tableau III.2 Déchet valorisé dans le plâtre ou le mortier plâtre.....	25
Tableau III.3 Propriétés des granulats utilisés dans le plâtre ou le mortier plâtre.....	28
Tableau III.4 Pourcentage de substitution.....	29
Tableau III.5 Méthodes des essais.....	30

SYMBOLES :

Symboles	Désignations	Unités
ρ_a	Masse volumique apparente	kg/m ³
ρ_s	Masse volumique absolue	kg/m ³
P/D	Rapport plâtre / PFW(déchet de mousse de polyuréthane)	/
R_F	Résistance à la flexion	MPa
R_C	Résistance à la compression	MPa
fp	déchet plastique : Feuillard en polyester	/
Pv	Poudre de verre	/
λ	Conductivité thermique	W .m. °k ⁻¹
J	Diffusivité thermique	J/m ³ .k
Φ	Diamètre	mm
EPS	Polystyrène expansé	/
W	Absorption d'eau	%

Résumé :

Un déchet est le facteur principal de la pollution dans le monde. Il est devenu ainsi un problème avec le développement des villes. Le plâtre désigne principalement un matériau de construction à propriétés isolantes ou ignifuges, fabriqué industriellement à partir de la matière première rocheuse qu'est le gypse.

Ce mémoire fait une synthèse de 13 documents que ce soit des articles, mémoire de master et thèse de doctorat pour les années allant de 2012 à 2020. Nous présentons de ce travail l'essentiel des types des déchets plastiques ou végétaux, les propriétés des différents déchets utilisés, le programme expérimental, les méthodes des différents essais réalisés, les résultats et discussion et enfin une conclusion sur les différents travaux réalisés au cours de ces années.

Nous pouvons dire que la valorisation des déchets utilisés dans ces recherches permet d'aboutir à une diminution de la conductivité thermique d'où une meilleure isolation thermique des matériaux plâtres composites utilisant ce type de déchet. En plus, il est toujours possible d'utiliser ces matériaux composites dans les bâtiments pour des éléments non structurels et qui ne nécessitent pas une résistance élevée.

Mot clés : Valorisation ; Déchets Plastique ; Plâtre ; Mortier plâtre ; Bilan critique ; Propriétés mécaniques, Conductivité thermique, Microstructure.

ملخص :

النفايات هي العامل الرئيسي للتلوث في العالم وهكذا أصبحت مشكلة في تطوير المدن. يشير الجص بشكل أساسي إلى مادة بناء ذات خصائص عازلة أو مقاومة للحريق، يتم تصنيعها صناعيًا من المواد الخام الصخرية التي هي الجبس.

هذه الأطروحة عبارة عن تجميع لـ 13 وثيقة، سواء كانت مقالات أو أطروحة ماجستير أو أطروحة دكتوراه للسنوات من 2012 إلى 2020. نقدم من هذا العمل الأنواع الرئيسية للنفايات البلاستيكية أو النباتية، وخصائص النفايات المختلفة المستخدمة، والبرنامج التجريبي وأساليب الاختبارات المختلفة التي تم إجراؤها والنتائج والمناقشة وأخيرًا الاستنتاج حول الأعمال المختلفة التي تم تنفيذها خلال هذه السنوات.

يمكننا القول إن استرجاع النفايات المستخدمة في هذا البحث يؤدي إلى انخفاض في التوصيل الحراري، وبالتالي عزل حراري أفضل لمواد الجص المركبة باستخدام هذا النوع من النفايات. بالإضافة إلى ذلك، لا يزال من الممكن استخدام هذه المواد المركبة في المباني للعناصر غير الإنشائية التي لا تتطلب قوة عالية.

الكلمات المفتاحية: استرجاع، نفايات بلاستيكية، "جص"، ملاط جص، "توازن حرج"، خواص ميكانيكية، موصلية حرارية، بنية مجهرية

Abstract:

Waste is the main factor of pollution in the world. It has thus become a problem with the development of cities. Plaster mainly refers to a building material with insulating or fire-retardant properties, manufactured industrially from the rocky raw material that is gypsum.

This thesis is a synthesis of 13 documents, whether articles, master's thesis and doctoral thesis for the years from 2012 to 2020. We present from this work the main types of plastic or plant waste, the properties of the different waste used, the experimental program, the methods of the various tests carried out, the results and discussion and finally a conclusion on the various works carried out during these years.

We can say that the recovery of the waste used in this research leads to a reduction in thermal conductivity, hence better thermal insulation of composite plaster materials using this type of waste. In addition, it is still possible to use these composite materials in buildings for non-structural elements that do not require high strength.

Keywords: Recovery, Plastic waste, Plaster, Plaster mortar, Critical assessment, mechanical properties thermal conductivity, microstructure.

Introduction générale

Depuis le 20^{ème} siècle, les plastiques sont de plus en plus utilisés dans une large gamme de produits en raison de leurs propriétés avantageuses, notamment leur faible densité, leur rapport résistance/poids élevé, leur durabilité élevée, leur facilité de conception et de fabrication et leur faible coût.

Actuellement, les produits polymères sont largement utilisés dans presque tous les domaines, en particulier dans l'emballage, le bâtiment et la construction, l'automobile, l'électricité et l'électronique, l'agriculture et d'autres industries. La production mondiale de plastique en 2012 aurait augmenté à 288 millions de tonnes [I]. Plus de la moitié de ce montant a été utilisé pour des produits de consommation jetables ponctuels, qui ont fortement contribué à la production de déchets liés au plastique.

La plupart des types de plastiques ne sont pas biodégradables et ne réagissent pas chimiquement dans l'environnement naturel ; par conséquent, ces produits polymères persistent pendant des décennies, voire des siècles. Certains types courants de plastiques tels que le polychlorure de vinyle (PVC) et le polycarbonate (PC) peuvent libérer lentement des composés toxiques dans l'air, l'eau et le sol dans certaines circonstances. Par conséquent, les déchets plastiques sont considérés comme un problème environnemental grave dans le monde entier.

En 2012, 45,9 millions de tonnes de plastiques ont été consommées en Europe : sur ce total, 25,2 millions de tonnes de plastique ont fini dans le flux des déchets [I].

Selon l'ONU, en 2050 il y aura plus de plastique que de poissons dans les océans [II]. Nous produisons et utilisons une quantité alarmante de plastique, qui finit bien souvent au fond des océans. Chaque année, 9,3 milliards de litres d'eau en bouteille sont consommés en France [III]. Ce qui représente environ 25 millions de bouteilles d'eau en plastique jetées chaque jour. Seulement 9% du plastique est recyclé.

Certaines recherche on fait la valorisation de ces déchets dans le plâtre ou mortier plâtre, et ce pour l'amélioration de certaines propriétés de ce dernier. Mais, cet axe de recherche reste vierge concernant la valorisation des différents types de déchet dans le plâtre.

L'objectif de ce travail est de faire un bilan critique d'ordre général sur l'ensemble des recherches antérieures (Article, Thèse de doctorat, mémoire de master etc.) qui concerne l'étude des propriétés physico-mécaniques, thermiques, attaques chimiques et la microstructure lors de la valorisation de ces types de déchets dans le plâtre ou le mortier plâtre.

Ce travail comporte 4 chapitres :

- Le premier chapitre présente les caractéristiques du plâtre.
- Le deuxième chapitre présente les déchets plastiques et végétaux d'une manière non exhaustifs.
- Le troisième chapitre présente une synthèse sur les travaux de la valorisation des déchets plastiques et végétaux utilisés dans les matériaux de construction.
- Le quatrième chapitre présente les résultats et discussion des travaux présentés dans le chapitre 3.

Enfin nous terminant ce travail par une conclusion générale.

Références bibliographiques :

[I] PlasticsEurope, E., 2013. Plastics-the Facts 2013. An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data.

[II]<https://www.aqua-direct.com/le-blog/actus/64-8-millions-de-tonnes-de-dechets-plastiques-asphyxient-nos-oceans-chaque-annee.html>. (Online 24/06/2021).

Chapitre I

LE PLATRE :

I-1- Introduction générale :[1]

Le plâtre, matériau de construction est largement utilisé pour les enduits ou éléments préfabriqués comme des cloisons légères et des revêtements intérieurs, grâce à ses propriétés d'isolation thermique et acoustique et sa haute résistance au feu, il ne dégage aucun produit toxique en cas d'incendie. Toutefois, le gros problème de ce matériau réside dans sa faible résistance vis-à-vis de la traction, il ne peut être utilisé comme une structure porteuse.

En Algérie, le plâtre est très utilisé dans le bâtiment pour façonner les murs, les plafonds et les moulures décoratives, ceci pour leurs performances énergétiques, du coût et de temps de mise en œuvre.

I-2- Définition : Qu'est ce qu'un plâtre ? [2]

Le plâtre est obtenu à partir du gypse, une roche calcaire qui, une fois réduite en poudre et mélangée à de l'eau, produit une pâte boueuse facile à travailler. Un procédé de chauffage va déshydrater la structure ionique du gypse. Le broyage donnera un résultat sableux mais fin. Au temps des Egyptiens, le plâtre était déjà utilisé comme mortier, mais surtout pour mouler des pièces décoratives. Le gypse est facile à extraire. Parfois, il est même présent en surface.

I-3- Historique du plâtre : [3]

Le plâtre est le matériau le plus ancien utilisé par l'homme avec la chaux et la terre cuite, l'utilisation de plâtre remonte à environ 9000 ans. La facilité à obtenir du plâtre grâce à une température de cuisson très faible et l'abondance de gypse dans la nature expliquent l'ancienneté d'utilisation. La grande pyramide de Kéops a été construite par l'assemblage de blocs de pierre en plâtre.

Plus récemment, l'emploi du plâtre est lié au décret de Louis XIV promulgué en 1667, ce décret faisait suite à l'incendie de Londres l'année précédente, le plâtre est déjà connu pour sa résistance au feu.

Actuellement, le plâtre est utilisé pour les travaux d'intérieur soit en enduit ou bien en élément préfabriqués, carreaux ou plaques.

I-4- Définition du plâtre : [4]

Le plâtre est un matériau obtenu à partir de gypse dans lequel les roches sédimentaires se rassemblent dans d'énormes masses d'évaporateurs, anciennement appelées pierre de gypse, qui existent parfois sous la forme de cristaux d'albâtre ou de sélénite, généralement la pierre ou les carrières sont extraites sous terre puis cuites puis concassées. Il est écrasé et broyé pour donner de la poudre de plâtre blanc.

I.5.Fabrication du plâtre : [5]

Le processus de fabrication du plâtre suit les différentes étapes suivantes [11]:

L'extraction du gypse, Concassage primaire, Stockage, Tamisage, Cuisson (La cuisson par voie sèche (fabrication du plâtre bêta), la cuisson par voie humide (fabrication du plâtre Alpha), Broyage.

I-6- Types et domaines d'utilisation du plâtre : [6]

Ce liant est difficile d'utiliser notamment en raison de la rapidité de son temps de prise, le plâtre utilisé dans la construction a souvent une durée de vie plus longue, grâce à l'ajout de matériaux retardateurs. Un plâtre doit avoir un gâchage facile, donnant une pâte très homogène et l'état de sa surface (finesse des grains).

I-6-1- Plâtre de construction :

Gros et fins, utilisé dans tous les travaux d'étanchéité, pour assembler des briques platères et pour lisser les revêtements.

I-6-2- Plâtre d'isolation :

Le plâtre est un bon isolant thermique, car il absorbe et libère très rapidement l'humidité de l'air mais se décompose dans les endroits humides, aussi il oxyde les métaux ferreux qui nécessitent une galvanisation (recouvrir d'une couche de zinc).

C'est un bon matériau de protection contre l'incendie car il est capable d'absorber une grande quantité d'énergie thermique pour provoquer des transformations chimiques intenses accompagnées de la libération de vapeur d'eau.

I-7- Conclusion :

Le matériau plâtre est couramment utilisé en construction sous forme d'enduits ou éléments préfabriqués et ce, selon ses propriétés physiques, isolation thermique et phonique, résistance au feu et moins onéreux. Néanmoins, le plâtre a une faible résistance à la traction, ce qui nous mène à procéder à son renfort à l'aide de fibres afin d'améliorer ses propriétés en traction et en compression.

Chapitre II

LES DECHETS

II.1 Introduction : [1]

Le déchet peut être associé à de nombreux matériaux en fin de vie, par exemple des papiers, des déchets alimentaires, des matières radioactives, des produits chimiques, des huiles moteurs ou des emballages, c'est-à-dire tous les déchets laissés en place.

Avec l'augmentation significative de la population mondiale, le développement de l'industrie et les progrès technologiques, l'accumulation de déchets est devenue un problème qui menace l'environnement, la santé et la sécurité humaine, ce qui nécessite les efforts de tous individus, organisations et gouvernements pour résoudre ce problème.

Le développement économique et industriel des dernières décennies, ainsi que le souci de préserver l'environnement, ont conduit à l'utilisation de nouveaux matériaux, À cause de leurs performances physiques et chimiques. Leurs propriétés sont très différentes de celles des matériaux de construction traditionnels tels que le béton et le métal. Par conséquent, il est important que leurs propriétés mécaniques et leur évolution dans le temps soient connues afin de garantir leurs performances dans ces nouvelles applications.

II-2- Définition : Qu'est-ce qu'un déchet ?

Le déchet possède aujourd'hui de multiples facettes et est défini différemment en fonction du secteur et du point de vue concernés (économique, environnemental, sociétal...). : [7]

Le déchet est définit comme tous les matières qu'on n'a pas un intérêt : [8]

II-3- Valorisation des déchets : [9]

La valorisation concerne toute opération permettant une réutilisation des déchets par substitution de matière nécessitant ou non un traitement ou une transformation préalable : réemploi, recyclage, réintroduction dans la chaîne de production, etc. Alors que le traitement se réfère à toute opération de valorisation ou d'élimination comprenant la préparation préalable des déchets

II-3-1- Recyclage des déchets : [1]

Le recyclage est défini comme tous les réintroductions de matière dans le processus de production qui le dévie du flux de déchet ces derniers sont retraités en produits, ou matériaux aux fins de leur fonction première ou à d'autres moyens qui ne sont pas compris comme processus de recyclage: la valorisation énergétique, la valorisation des déchets de fin de construction et les opérations de remblayage.

II-3-2- L'avantage du recyclage : [10]

Il réduit le volume des déchets (qui sont devenus une matière première secondaire), réduisant ainsi la pression sur les ressources naturelles. L'expansion actuelle du recyclage est le résultat de plusieurs facteurs, à savoir : la consommation toujours croissante de ressources combinée à l'épuisement progressif de ces ressources et à la dépendance de l'approvisionnement de nos pays; Avec l'ajout des impacts environnementaux importants qui façonnent l'exploitation de ces ressources

II-4- Les différents types de déchets

II-4-1- Déchets verts : [11]

Ce sont des déchets organiques formés de résidus issus de l'entretien des espaces verts. En agriculture, les déchets verts sont en général utilisés compostés, ils peuvent toute fois être utilisés broyés (sans compostage). Les sources de déchets verts sont nombreuses : les feuilles mortes, tontes de gazon, tailles de haies et d'arbustes, résidus d'élagage, déchets de jardin des particuliers collectés séparément, déchets de fleurissements, plantes et fleurs fanées, déchets de potager.

II-4-2- Déchets de verre : [1]

C'est tous les déchets qui sont à base de verre comme les bouteilles. Le verre est la matière première pure pour fabriquer du nouveau verre car nous pouvons le réutiliser sans aucune perte de qualité. La réutilisation réduit les déchets ainsi que la consommation de matières premières et d'énergie. De même, la réutilisation des bouteilles représente une économie significative d'énergie et de matières premières.

II-4-3- Déchets plastiques : [1]

Le plastique est partout et dangereux, et on le trouve partout : à la maison, à l'extérieur et même sur le lieu de travail. Il représente un grand danger pour la nature et l'environnement ainsi que pour de nombreuses espèces d'animaux et constitue donc une menace sur toute la planète.

II-4-4- Déchets inertes : [1]

Les déchets inertes sont des déchets qui ne constituent pas une menace pour l'environnement, ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique qui pourrait nuire à l'environnement.

Dans la famille des déchets inertes, nous classons chacun des pavés, du sable, des granulats, des tuiles, du béton et même du dallage.

II-4-5- Déchets ultimes : [1]

Les déchets ultimes sont des déchets qui ne peuvent plus être valorisés, que ce soit par recyclage ou valorisation énergétique et qui ne sont plus adaptés pour le traitement économique à l'heure actuelle.

II-4-6- Déchet de fin de construction : [12]

Ce sont tous les déchets générés par la construction, types :

Les déchets inertes, les déchets non dangereux, les déchets dangereux, les déchets industriels : (Les déchets industriels spéciaux D.I.S), les déchets industriels banals (DIB).

II-5- Conclusion :

_ Ces dernières années, le traitement des déchets a posé de nombreux défis Environnementaux et économiques. Surtout, avec le grand développement des différentes quantités de déchets produites annuellement.

_ Sur le plan écologique, le concept qu'il faut conserver est celui de «criblage» afin de réduire le nombre de déchets et donc l'impact sur l'environnement. Cependant, ce dépistage doit se faire dans le respect d'une éthique durable dans le respect du développement durable. Il s'agit de promouvoir la réduction des déchets.

_ Sur le plan économique, il est nécessaire de valoriser les déchets pour ses bienfaits. Il ne doit donc pas être détruit sans récupération, mais doit être utilisé pour sa fabrication et sa formation par recyclage. Cette approche permet de multiples avantages économiques.

_ Le traitement des déchets est donc un véritable enjeu économique et environnemental.

Chapitre III

Type des déchets valorisés dans les matériaux de construction

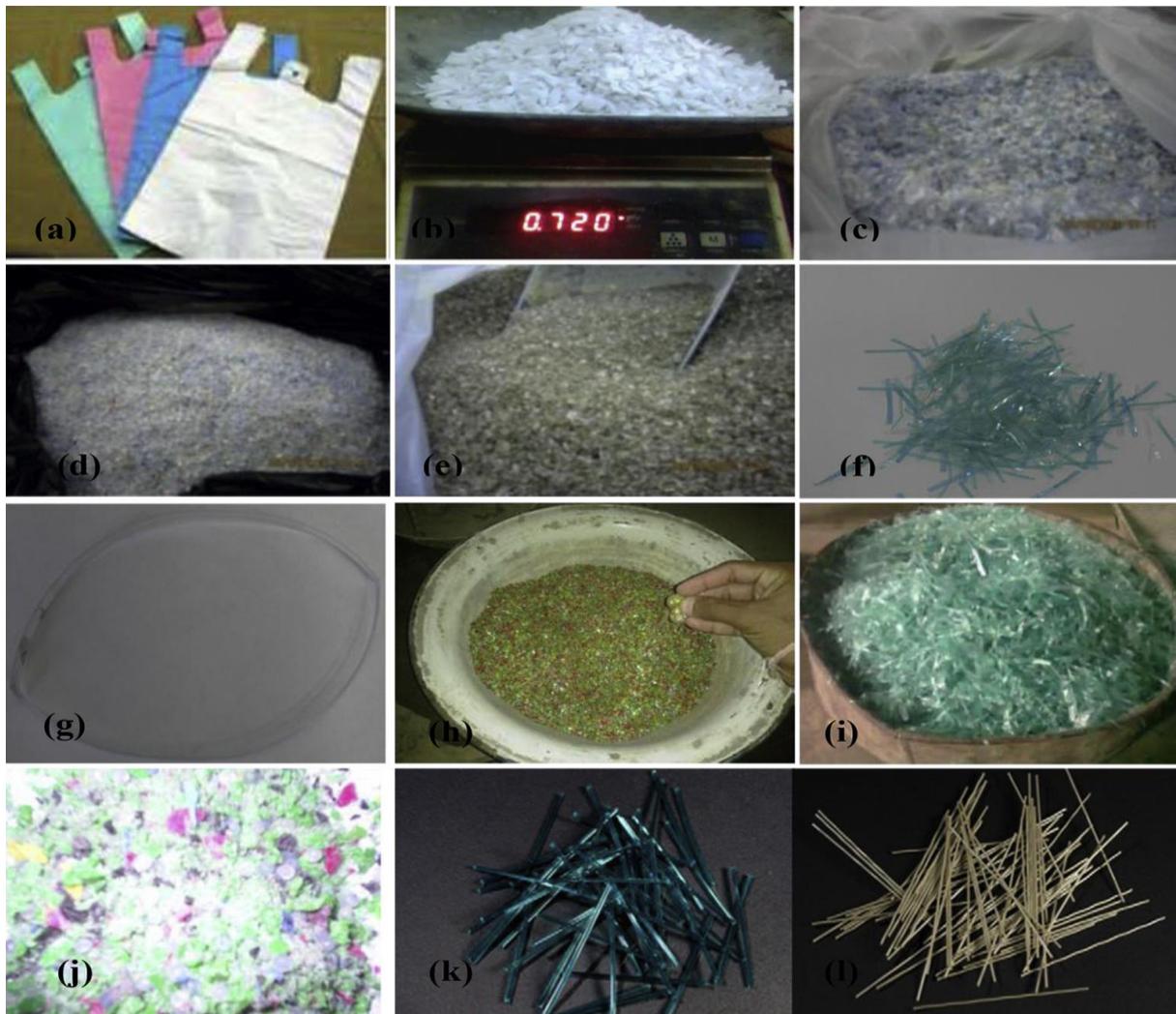
Dans ce chapitre, nous présentons les différents déchets valorisés dans les matériaux de construction

III.1 Déchets valorisé dans le mortier ou le béton

Raju et al [13] ont classé les différents déchets plastiques utilisées dans les mortiers ou le béton.

Le tableau 1 résume ces différents déchets

Tableau III.1 : Différents déchets plastique [13]



(a) Polyéthylène (Raghatate, 2012) [14]

(b) Déchets plastiques (Rai et al., 2012) [15]

(c) Granulats PET- PC (Saikia and Brito, 2013), [16]

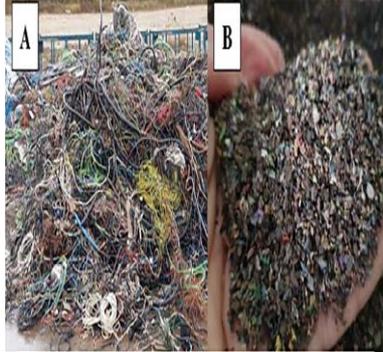
- (d) Granulats en PET - PF (Saikia and Brito, 2013), [17]
- (e) Les granulats PET / PP (Saikia and Brito, 2013), [18]
- (f) Fibre laminaire courte (Foti, 2011), [19]
- (g) Échantillon de fibre « O » (Foti, 2011), [20]
- (h) Fibre déchiqueté (Bhogayata et al., 2013), [21]
- (i) Fibre coupée à la main (Bhogayata et al., 2012a,b), [22]
- (j) Granulats plastiques (Ismail and Al-Hashmi, 2010), [23]
- (k) Polytéraphthalate d'éthylène (Fraternali et al., 2011), [24]
- (l) Polytéraphthalate d'éthylène (Fraternali et al., 2011). [25]

III.2 Déchet valorisé dans le plâtre ou le mortier plâtre :

Le tableau 2 présente les différents déchets plastiques et végétales utilisés dans le plâtre et mortier de plâtre.

Tableau III.2 Déchet valorisé dans le plâtre ou le mortier plâtre

		
Polystyrène (Laoubi)	PET (Corinaldesi)	Copeau de bois (Corinaldesi)
		
Gypse commercial (Pedreño-Rojas. M.A)	Déchets de gypse (Pedreño-Rojas. M.A)	Déchets de polycarbonate. (Pedreño-Rojas. M.A)

		
<p>(g) : Les câbles en attente de recyclage</p>	<p>(h) : Déchet de caoutchouc (Meddah A)</p>	<p>(I) : Fibre polypropylène (Ben youbi T. & Hammoumi S)</p>
		
<p>(j) : Plante. (F.Ebanda)</p>	<p>(k) Racine. (F.Ebanda)</p>	<p>(l) : Fibres lavées. (F.Ebanda)</p>
<p>Palmier dattier</p>		
<p>(m) : Fibres de palmier dattier (RACHEDI M.)</p>	<p>(n) : Déchet de verre (Chelabi H. & Taleb Z.)</p>	<p>(o) : Poudre de verre (Chelabi H. & Taleb Z.)</p>
		
<p>(p) : Feuillard en polyester (Chelabi H. & Taleb Z).</p>	<p>(q) : Plâtre recyclé (Meremat F. & Kiche A)</p>	<p>(r) : Plâtre recyclé (Meremat F. & Kiche A)</p>

	<p>Initial waste</p> 	<p>1-2 mm</p> 
<p>(s) : Copeau de bois (Kassou .Y)</p>	<p>(t) : Déchet de Polystyrène extrudé (A. San-Antonio- González)</p>	<p>(u) : Déchet de Polystyrène extrudé (A. San-Antonio- González)</p>
<p>2-4 mm</p> 	<p>4-6 mm</p> 	
<p>(v) : Déchet de Polystyrène extrudé (A. San-Antonio- González)</p>	<p>(w) : Déchet de Polystyrène extrudé (A. San-Antonio- González)</p>	<p>(x) : Déchet de mousse de polyuréthane grise (Gutiérrez G).</p>
	<p>/</p>	<p>/</p>
<p>(y) : Déchet de mousse de polyuréthane blanche (Gutiérrez G).</p>		

(a) : Polystyrène (Laoubi et al. [26 ,27])

(b, c) : PET ; copeau de bois (Corinaldesi et al.[28])

(d, e, f) : Gypse commercial ; déchets de gypse non chauffés provenant de la production de plaque de plâtre ; déchets de polycarbonate. (Pedreño-Rojas. M.A et al. [29])

(g) : Les câbles en attente de recyclage et derch et plastique produit obtenue après recyclage source (Alejandra Vidales B. et al [30])

(h): Déchet de caoutchouc (Meddah A. et al [31])

(I): Fibre polypropylene (Ben youbi T. & Hammoumi S. [1])

(j, k, l) : plante ; racine à l'origine des fibres ; fibres lavées. (F.Ebanda [32])

(m) : fibres de palmier dattier (RACHEDI M. et al. [33, 34])

(n, o, p) : poudre de verre ; déchet plastique: Feuillard en polyester (Chelabi H. & Taleb Z. [35])

(q, r) : plâtre recyclé (Meremat F. & Kiche A. [36])

(s) : copeau de bois (Kassou .Y [37])

(t, u, v, w) : déchet de Polystyrène extrudé (A. San-Antonio-González et al. [38])

(x,y) : déchet de mousse de polyuréthane grise ; déchet de mousse de polyuréthane blanche (Gutiérrez G. et al. [39])

III.3 Propriétés des granulats utilisés dans le plâtre ou le mortier plâtre :

Les propriétés des différents matériaux utilisés dans le plâtre et mortier de plâtre des travaux sont présentés dans le tableau 3

Tableau III.3 : Propriétés des granulats utilisés dans le plâtre ou le mortier plâtre

	Nom /Nature	Diamètre (mm)	Masse volumique apparente (kg /m ³)	Masse volumique absolue (kg /m ³)	Type
Laoubi et al. [26 ; 27]	Lisse	3.15 ; 4 ; 5-7	22 ;19 ;12,13	36 ;29 ;18 ,5	Granulat
Corinaldesi et al.[28]	PET	9	1.11	/	Granulat
Corinaldesi et al. [28]	Coupeau de bois	0 – 8	0.68	/	Granulat
Pedreño-Rojas.M.A et al.[29]	lisse	4 <	/	/	Granulat
Alejandra Vidales B. et al [30]	/	4	/	1.35	Granulat
Meddah A. et al [31]	/	0.08	1114 ± 14	491 ± 26	Granulat
Ben youbi T. & Hammoumi S. [1]	lisse	12	/	/	Fibre
Ebanda F. et al. [32]		0,03 à 0,215	/	1,352 ;1,44 ;1,45	Fibre
RACHEDI M. et al.		0,2 et 1	512 ,21 – 1088,81	1300 - 1450	Fibre

[33, 34]					
CHELABI H. & TALEB Z. [35]	Déchet plastique	3	0	/	Fibre
CHELABI H. & TALEB Z. [35]	Poudre de Verre	/	/	/	Granulat
Meremat F. & Kiche A.[36]	plâtre recyclé médicale et construction	Plâtre grossier et fin	/	/	Poudre
Kassou .Y [37]	/	/	/	/	/
A. San-Antonio-González et al. [38]		1-2 mm 2-4 mm 4-6 mm			Granulat
Gutiérrez G. et al. [39]	Série1 : mousse de polyuréthane gris Série 2 : mousse de polyuréthane blanche	(165 + 5 mm)	/	/	/

III.4 Programme expérimental

III.4.1 Pourcentage de substitution

Le tableau 4 présente les pourcentages de substitutions des déchets étudiés.

Tableau III.4 : Pourcentage de substitutions

Nom	Pourcentage
Laoubi et al. [26 ,27])	0% 20% 40% 60%
Corinaldesi et al. [28]	15% 25% 40% 62%
Corinaldesi et al. [28]	15% 25% 40% 62%
Pedreño-Rojas.M.A et al. [29]	0% 10% 20% 30% 40%
Alejandra Vidales B. et al [30]	50% 60% 70%
Meddah A. et al. [31]	0% 10% 20% 30% 40% 50%
Ben youbi T. & Hammoumi S.[1]	0% ; 0,5 ;1% ; 1,5% ; 2%
F.Ebanda [32]	/
RACHEDI M. et al. [33]	0% ; 0,5 ;1% ; 1,5% ; 2%
RACHEDI M. et al. [34]	0% ; 0,5 ;1% ; 1,5% ; 2%
CHELABI H. & TALEB Z. [35])	Mélange 1 :0%

	Mélange 2 :1% 2%(fp) Mélange 3 :5% 10%(pv) Mélange 4 :5%(pv) +1%(fp) Mélange 5 : 5%(pv) +2%(fp) Mélange 6 : 10%(pv) +1%(fp) Mélange 7 : 10%(pv) +2%(fp)
Meremat F. & Kiche A.[36]	/
Kassou .Y [37]	0% 10% 20% 30% 40% 50%
A. San-Antonio-González et al. [38]	0% 1% 2% 3% 4%
Gutiérrez G. et al. [39])	P /D : 1/0,5 ; 1/1.0 ; 1/2.0 ; 1/3.0 ; 1/ 4.0

III4.2 Méthodes des essais

Le tableau 5 présente les types des éprouvettes et les essais utilisés

Tableau III.5 : Méthode d'essais

Nom	Type des éprouvettes	Essai
Laoubi et al [26]	4x4x16cm ³	1) Flexion ; compression 2) Analyse minéralogique 3) Conductivité thermique 4) Etude microstructurale 5) Variation de la masse (densité)
Laoubi et al [27]	4x4x16cm ³	1) Changement de masse (dû à l'eau ; l'acide et sulfate) 2) Analyse au microscope optique 3) Analyse par microscopie électronique à balayage
Corinaldesi et al[28]	4x4x16cm ³	1) Flexion ; compression 2) Essai d'absorbions d'eau 3) Densité au test de perméabilité à la vapeur d'eau 4) D'absorption d'eau capillaire 5) Test de conductivité thermique
Pedreño-Rojas.M.A et al. [29]	4x4x16cm ³	1) Densité apparente sèche 2) Flexion 3) Compression 4) Conductivité thermique 5) Analyse par microscopie électronique à balayage (MEB)
Alejandra Vidales B. et al	4x4x16cm ³	1) Caractérisation physico –

[30]		chimique de la matière première 2) Essais sur échantillon de gypse et PR 3) Dureté de la surface 4) Flexion et compression 5) Absorption capillaire 6) Analyse microscopique
Meddah A. et al. [31]	4x4x16cm ³ ET Φ100	1) Variation de la densité 2) Taux d'absorption 3) Compression et flexion 4) Conductivité thermique 5) Diffusivité thermique
Ben youbi T. & Hammoumi S.[1]	4x4x16cm ³ et 7x7x28cm ³	1) Masse volumique 2) Capillarité 3) Compression et traction 4) Conductivité thermique
F.Ebanda [32]	/	/
RACHEDI M. et al. [33]	4x8x16cm ³	1) La densité apparente 2) Conductivité thermique 3) Relation entre la masse volumique apparente et la conductivité thermique 4) Capacité calorifique Spécifique 5) Diffusivité thermique 6) Récapitulation
RACHEDI M. et al. [34]	4x4x16cm ³	1) Détermination la densité 2) Absorption de l'eau 3) Résistance à la flexion 4) Résistance à la compression
CHELABI H. & TALEB Z. [35]	4x4x16cm ³	1) Résistance à la flexion 2) Résistance à la compression 3) Résistance à la traction
Mermat F. & Kiche A.[36]	4x4x16cm ³	1) Résistance à la flexion. 2) Résistance à la compression. 3) densité 4) DRX
Kassou .Y [37]	/	Résistance de flexion
A. San-Antonio-González et al. [38]	4x4x16cm ³	1) Temps de prise 2) Densité 3) Absorption capillaire 4) Dureté de surface Shore C 5) Résistance à la flexion et

		la compression
Gutiérrez G. et al. [39]	4x4x16cm ³	<ol style="list-style-type: none"> 1) Temps de prise et densité apparente 2) Propriétés mécaniques 3) Adhérence 4) propriétés thermiques (TGA) 5) conductivité thermique

Chapitre IV

Résultats et discussion :

Dans cette partie nous présentant les différents résultats obtenue et les discussions des différents recherches.

IV.1 Valorisation de fibres de palmier dattier dans le plâtre [33]

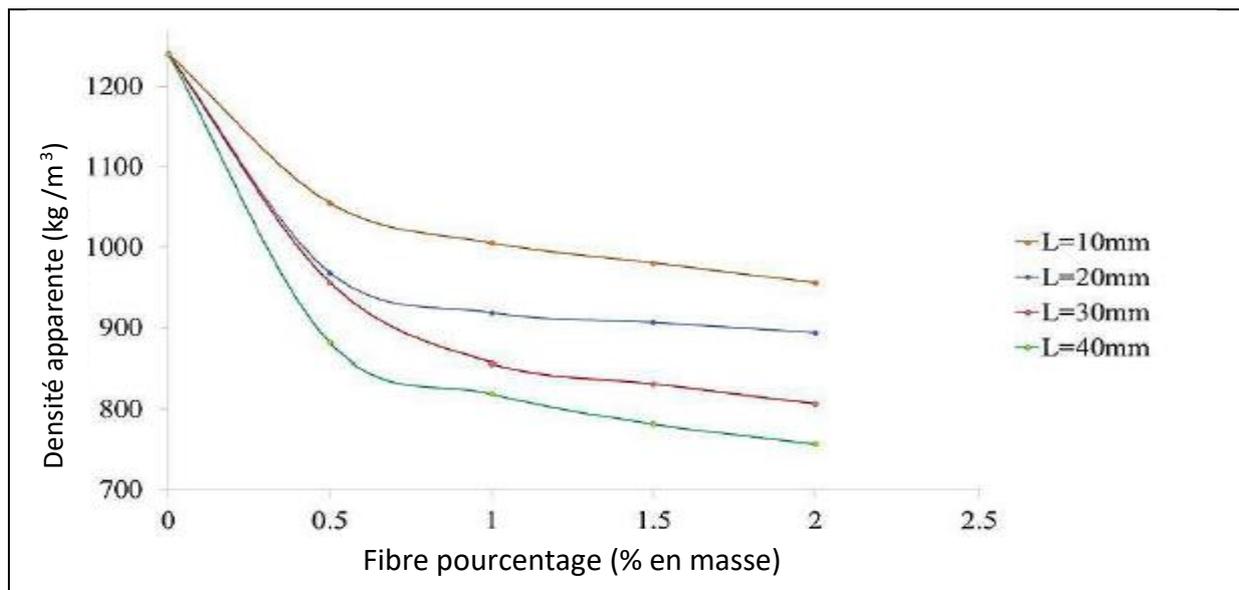


Fig . IV.1 : La densité apparente des composites en fonction du pourcentage et de la longueur du palmier dattier. [33]

La figure IV.1 montre le changement de densité en fonction du pourcentage de fibres de différentes longueurs. On observe que la densité diminue avec l'augmentation du pourcentage et de la longueur des fibres. Nous avons constaté que la densité la plus élevée correspond au composite de référence sans fibre de palmier dattier, tandis que la densité la plus faible est le composite renforcé avec 2% et une longueur de fibre de 40 mm.

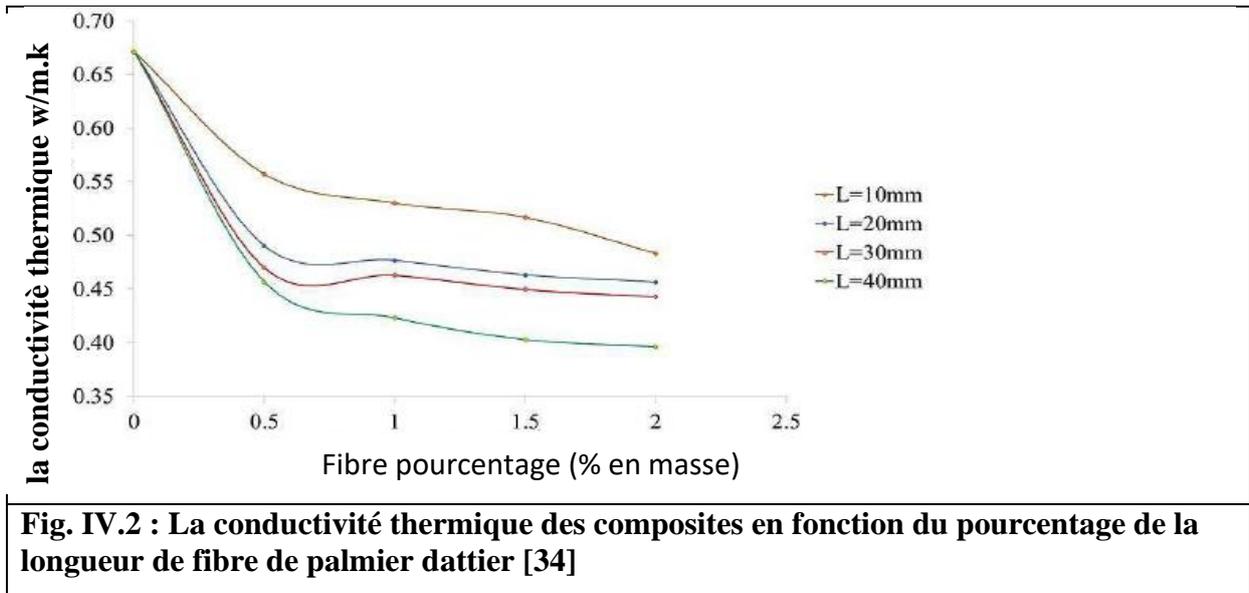


Fig. IV.2 : La conductivité thermique des composites en fonction du pourcentage de la longueur de fibre de palmier dattier [34]

Les résultats montrent que le matériau composite contenant 2 % en masse de fibre de palme de 40 mm de long est le plus isolant ; sa conductivité thermique est passée de 0,671 W/mK de matériau composite non fibreux à 0,396 W/mK (soit une augmentation de 50 %) ; La performance la plus faible est le matériau composite avec le rapport massique de fibres le plus faible de 0,5% et la longueur la plus courte

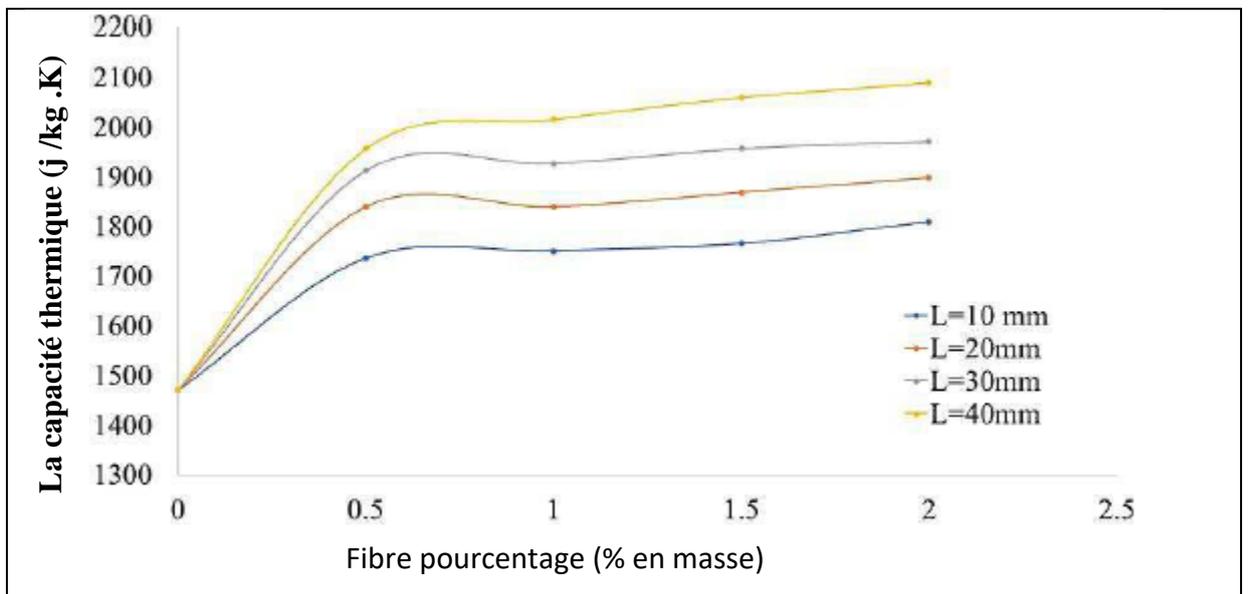


Fig. IV.3: La capacité thermique massique des composites en fonction du pourcentage et de la longueur des fibres de palmier dattier. [34]

La figure IV.3 montre l'évolution de la capacité calorifique spécifique en fonction du pourcentage en poids et de la longueur de la fibre de palmier dattier. On observe que la

capacité thermique massique du matériau composite augmente avec la teneur en masse et en longueur de la fibre de palme dans le matériau composite. Cela signifie que l'augmentation de la teneur en fibres de palme permet au composite d'absorber plus de chaleur.

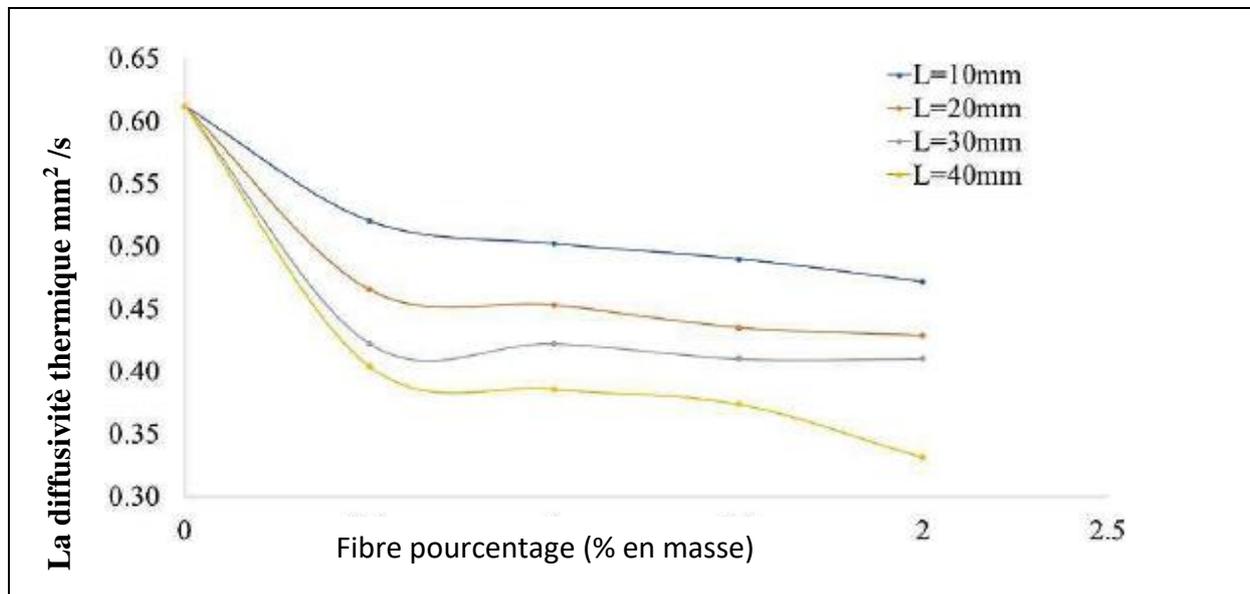


Fig. IV.4 : La diffusivité thermique des composites en fonction du pourcentage et de la longueur de fibre de palmier dattier [34]

Les résultats obtenus montrent que l'ajout de fibre de palme au gypse peut réduire la diffusivité thermique, donc par rapport au gypse pur, le transfert de flux de chaleur prend plus de temps pour traverser le matériau composite. A partir de ces résultats, nous avons remarqué que la teneur en fibres optimale est de 2% et 40 mm de longueur de fibre, car la composition permet une diffusivité thermique minimale.

D'après RACHEDI M. [34] qui a fait des recherches sur la valorisation des fibres de palmier dattier ; dans ce travail les fibres de palmier dattier a frottement augmenté la ductilité des matériaux dans le sud algérien, avec des piques de température de 48 °C en été et inférieure de 0 °C en hiver

Les matériaux isolants peuvent réduire les pertes de chaleur et la consommation d'énergie. Cette étude vise à déterminer les propriétés thermiques d'un nouveau matériau de plâtre pour améliorer la teneur en fibres de palmier de différentes longueurs et quantités.

IV.2 Valorisation de fibres de palmier dattier dans le plâtre [34] :

D'après RACHEDI M. [34] qui a fait des recherches sur la valorisation des fibres de palmier dattier ;les figures suivant :

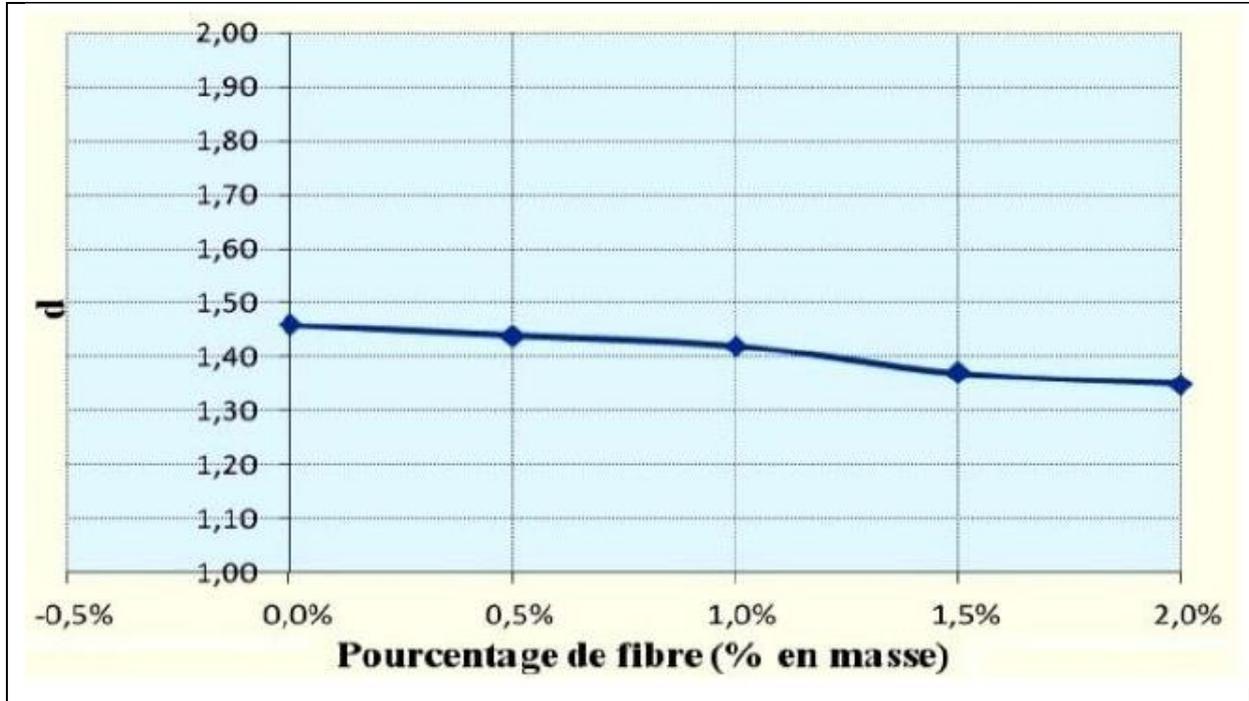


Fig. IV.5: Variation de la densité de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres. [34]

D'après la figure IV.5; On observe la diminution de la densité avec l'augmentation du pourcentage des fibres de palmier dattier.

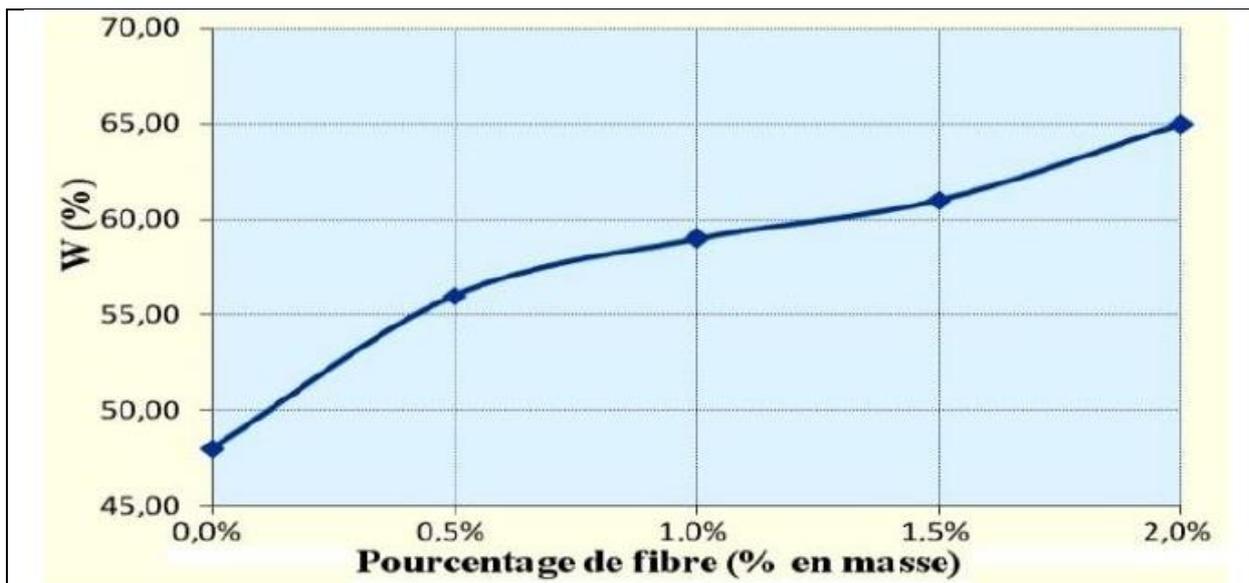


Fig. IV.6: Variation de l'absorption de l'eau de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres. [34]

La figure IV.6 illustre l'évolution de l'absorption d'eau pour un mortier de plâtre renforcé par des fibres de palmier dattier. Il est nettement visible que l'absorption de l'eau augmente en fonction de l'augmentation du pourcentage des fibres végétale. [34]

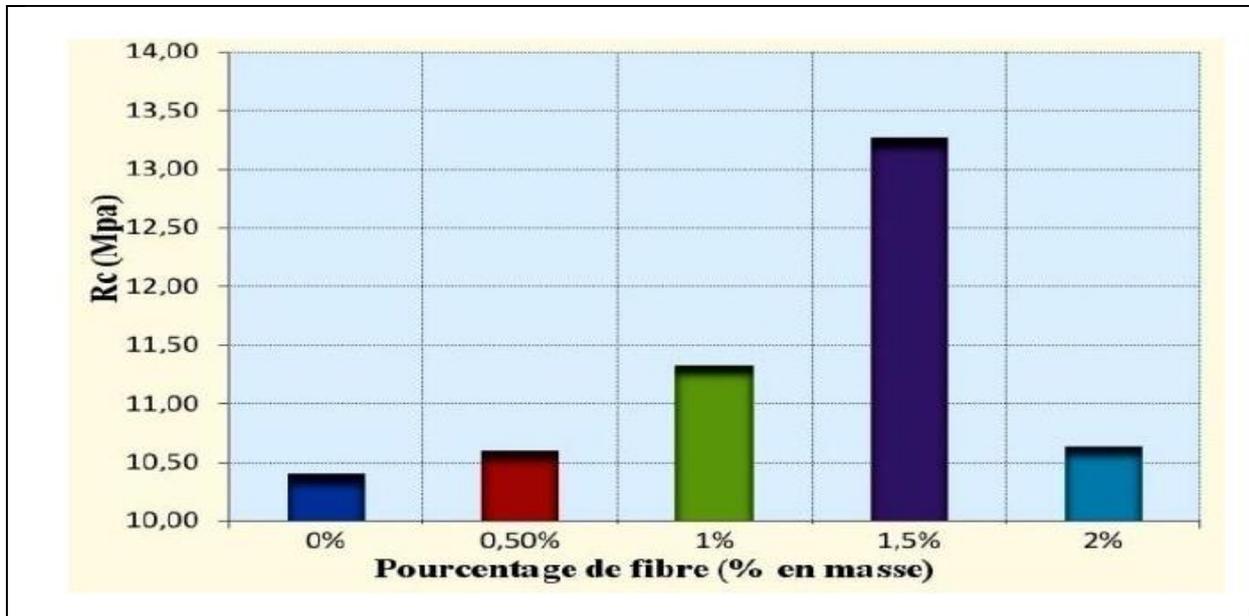


Fig.IV.7: Variation de la résistance à la compression de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres. [34]

Dans la figure IV.7; on remarque que la résistance à la compression croît avec l'augmentation du pourcentage du fibre de palmier dattier jusqu'à 1,5%.

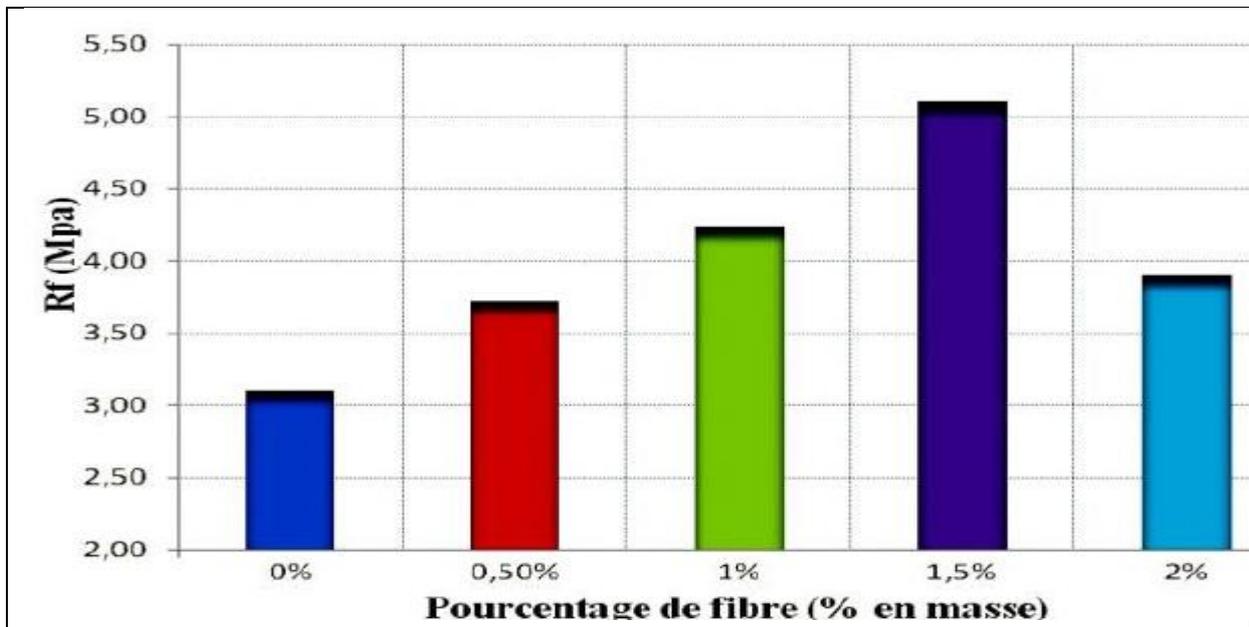


Fig.IV.8: Variation de la résistance à la flexion de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres. [34]

Dans la figure IV.8; on remarque que la résistance à la flexion croît avec l'augmentation du pourcentage du fibre de palmier dattier jusqu'à 1,5%.

IV.3 Valorisation de polystyrène dans le plâtre [26]

D'après Laoubi et al. [26] qui à fait des recherches sur la valorisation de polystyrène dans le plâtres; Il s'agit d'un travail expérimental qui a étudié les matériaux composites de plâtre à base de billes de polystyrène et de sable de dunes.

Le but est d'étudier l'effet de l'ajout de billes de polystyrène expansé sur les propriétés physiques et mécaniques des composites de plâtres étudiés.

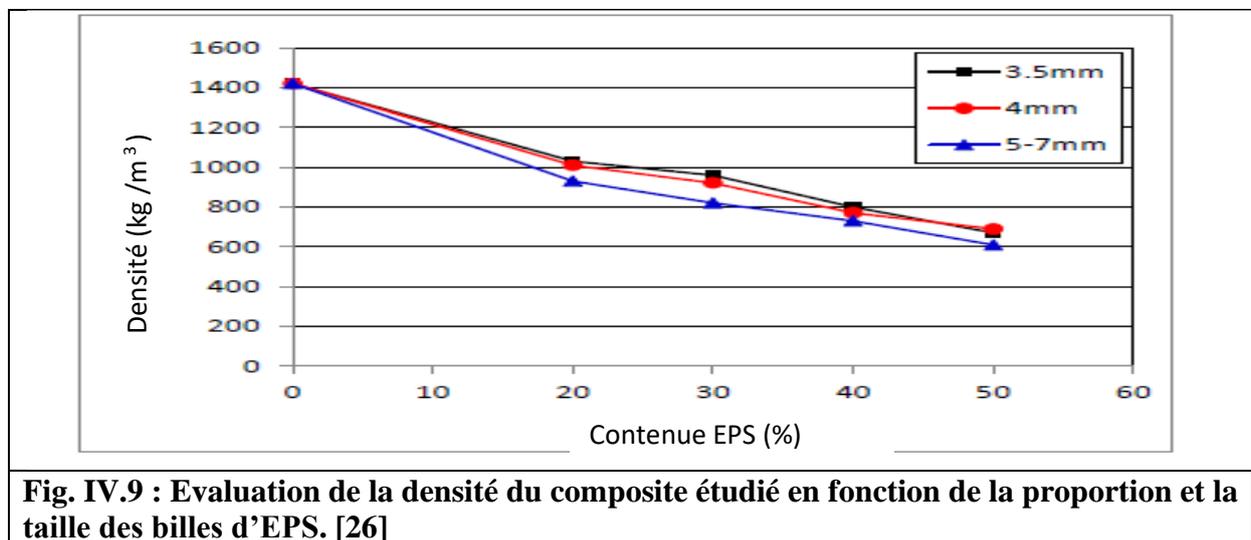


Fig. IV.9 : Evaluation de la densité du composite étudié en fonction de la proportion et la taille des billes d'EPS. [26]

D'après Laoubi et al. [26] : L'incorporation progressive d'un pourcentage croissant de PSE (de 0 à 50%) dans une matrice composée de plâtre et de sable de dunes entraîne une réduction de densité comprise entre 27,15 % et 56,7% (613 et 1414 kg /m³) ; cette réduction de densité est due à la substitution partielle du sable des dunes de plâtre par le granulat léger . D'après la figure IV.9, il est également clair que cette réduction est légèrement supérieure lorsque la taille des billes d'EPS est plus élevée.

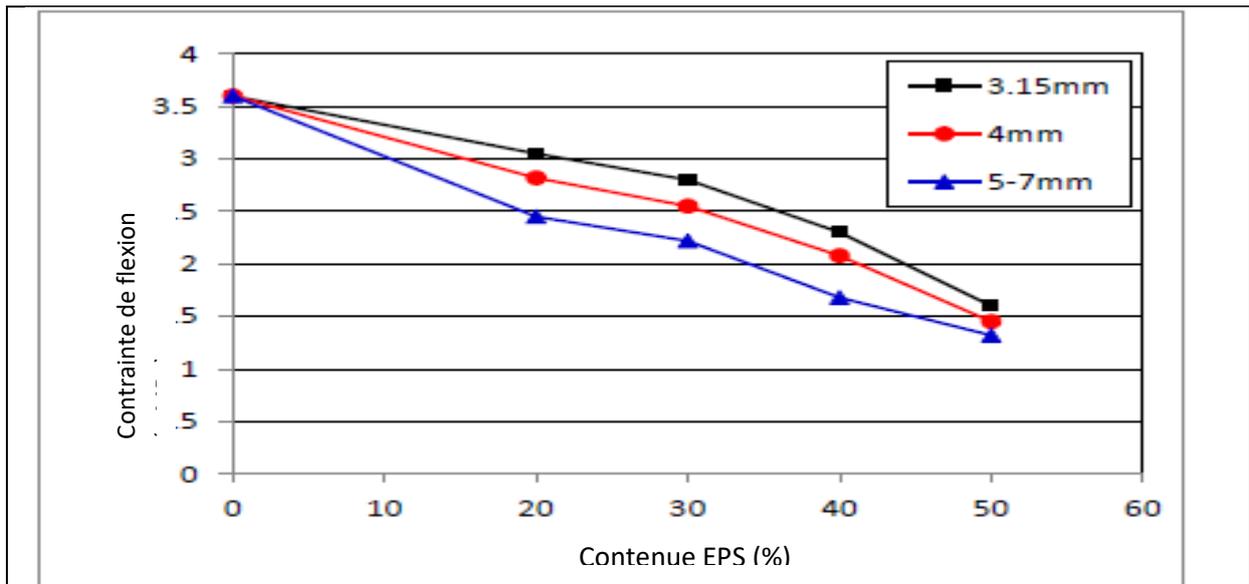


Fig. IV.10: Variation de la résistance à la flexion composites étudiés en fonction de la teneur et de la taille de PSE. [26]

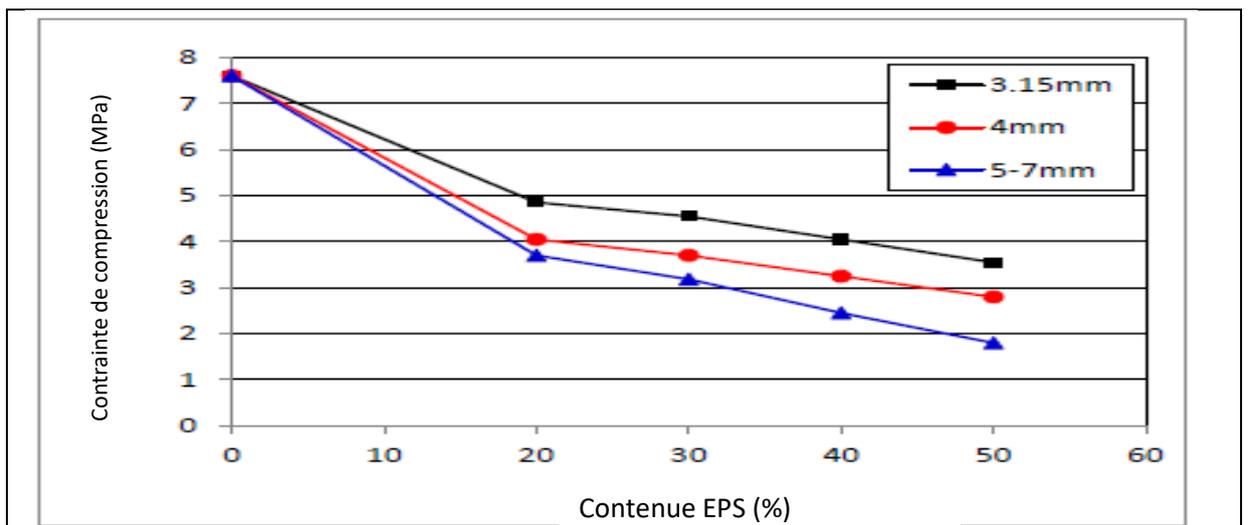


Fig. IV.11: Variation de la résistance à la compression étudiée en fonction de la teneur et de la taille de PSE [26]

D'après Laoubi et al.[26]: la figure IV.10 et IV.11 on remarque une diminution des contrainte de compression et de flexion par rapport à l'augmentation du pourcentage (%) du Polystyrène

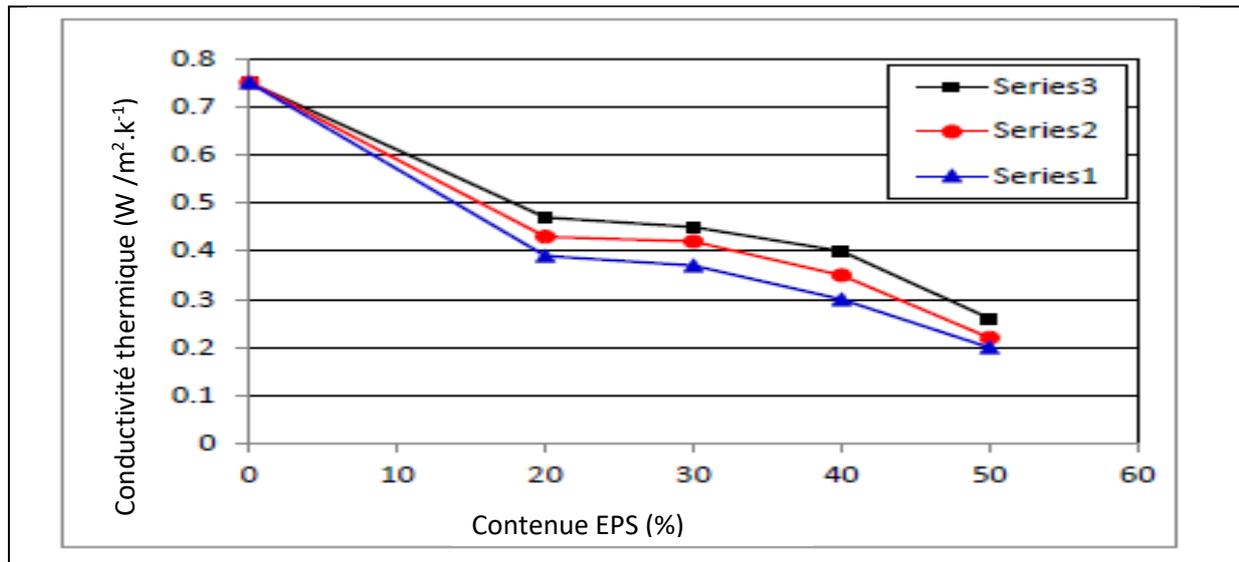
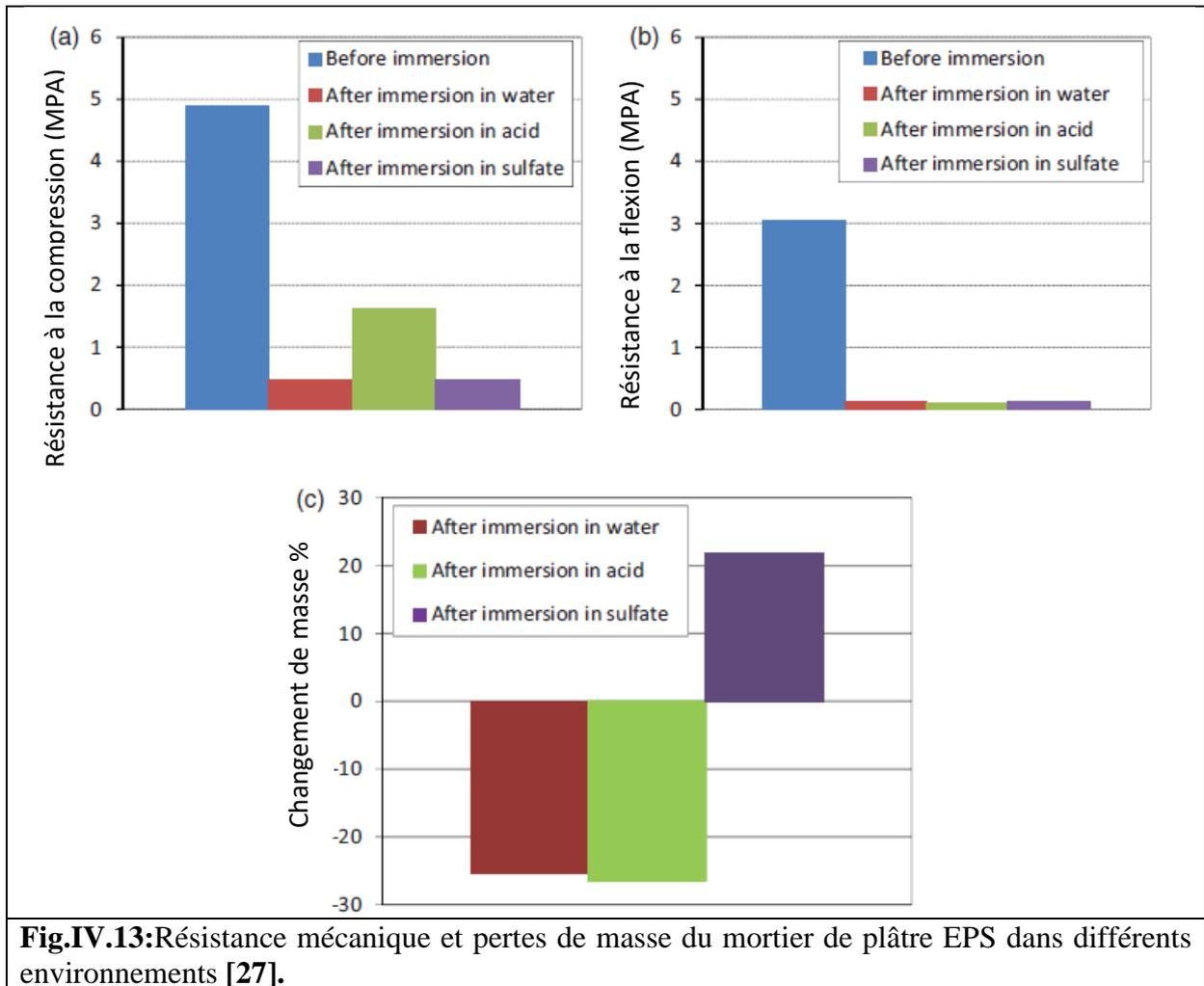


Fig . IV.12:Variation de la conductivité thermique du composite étudié en fonction du pourcentage des billes de polystyrène et de la taille de l'EPS. [26]

On remarque une diminution de la conductivité thermique par rapport à l'augmentation du pourcentage (%) du Polystyrène

IV.4 Valorisation de polystyrène dans le plâtre [27] :

D'après Laoubi et al. [27] qui a fait des recherches sur la valorisation de polystyrène dans le mortier plâtre ; ils remarquent une diminution de la conductivité thermique par rapport à l'augmentation du pourcentage (%) du Polystyrène.



Concernant la perte de masse, il est évident (d'après la figure IV.13) qu'il n'y a pas de différence significative dans la conservation entre la solution acide : environ 25 % et dans l'eau et environ de 26 % dans la solution acide.

Les changements de qualité enregistrés du mortier de gypse à base d'EPS étudié après avoir été immergé dans la solution sont illustrés à la figure IV.13 (c). Dans le cas des solutions aqueuses et acides, une perte de masse a été observée, et dans le cas des solutions de sulfate, une augmentation de masse a été observée.

Les propriétés mécaniques mesurées après immersion dans les différents milieux étudiés (eau, solution acide et solution sulfatée) sont présentées sur la figure IV.13. Évidemment, après immersion de l'échantillon dans la solution, une forte baisse des propriétés mécaniques a été enregistrée.

IV.5 Valorisation de Polypropylène dans le plâtre [1] :

D'après Ben youbi. T & Hammoumi .S. [1] qui ont fait des recherches sur la valorisation de fibre polypropylène dans le plâtre ; c'est une recherche qui fait partie de la contribution expérimentale utilisée pour valoriser les déchets plastiques des sacs de gypse de marque KNAUF sous forme fibreuse dans les composites à base de plâtre. A partir des résultats trouvés, nous pouvons tirer une conclusion sous forme des graphes :

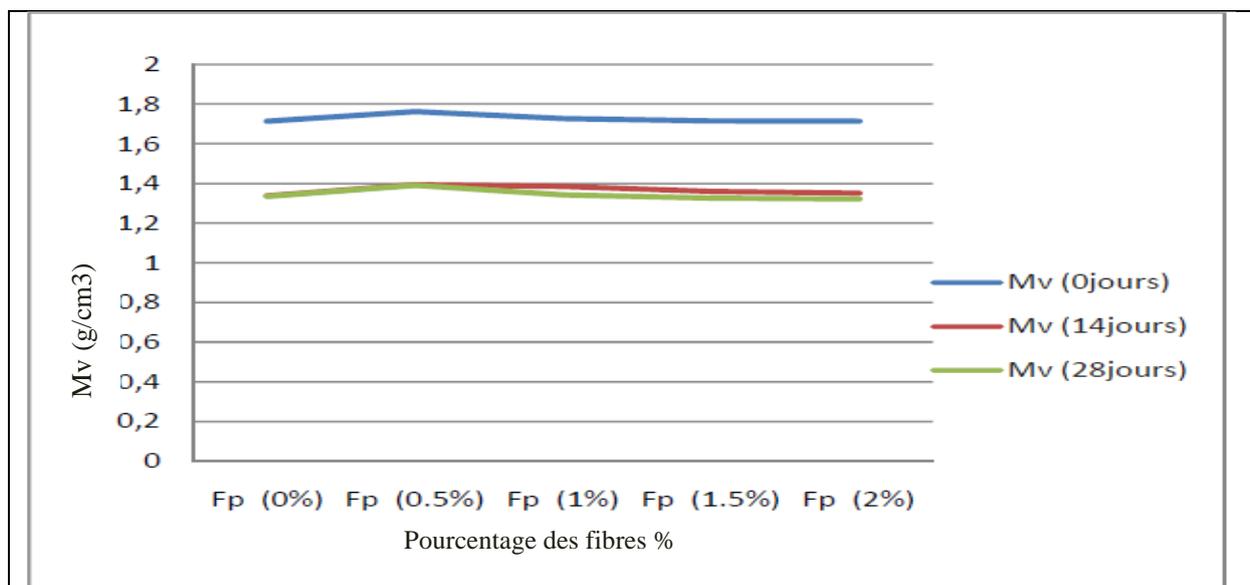


Fig. IV.14: Variation de la masse volumique en fonction du pourcentage des fibres [1]

D'après la figure IV.14, on remarque que la masse volumique du composite de 14 et 28 jours de cure a tendance de diminuée par rapport à celle de 0 jour.

La masse volumique la plus élevée a été constaté lorsque le pourcentage des fibres est de 0.5%. Au-delà de ce seuil, la masse volumique diminue à cause de l'augmentation du volume des vides.

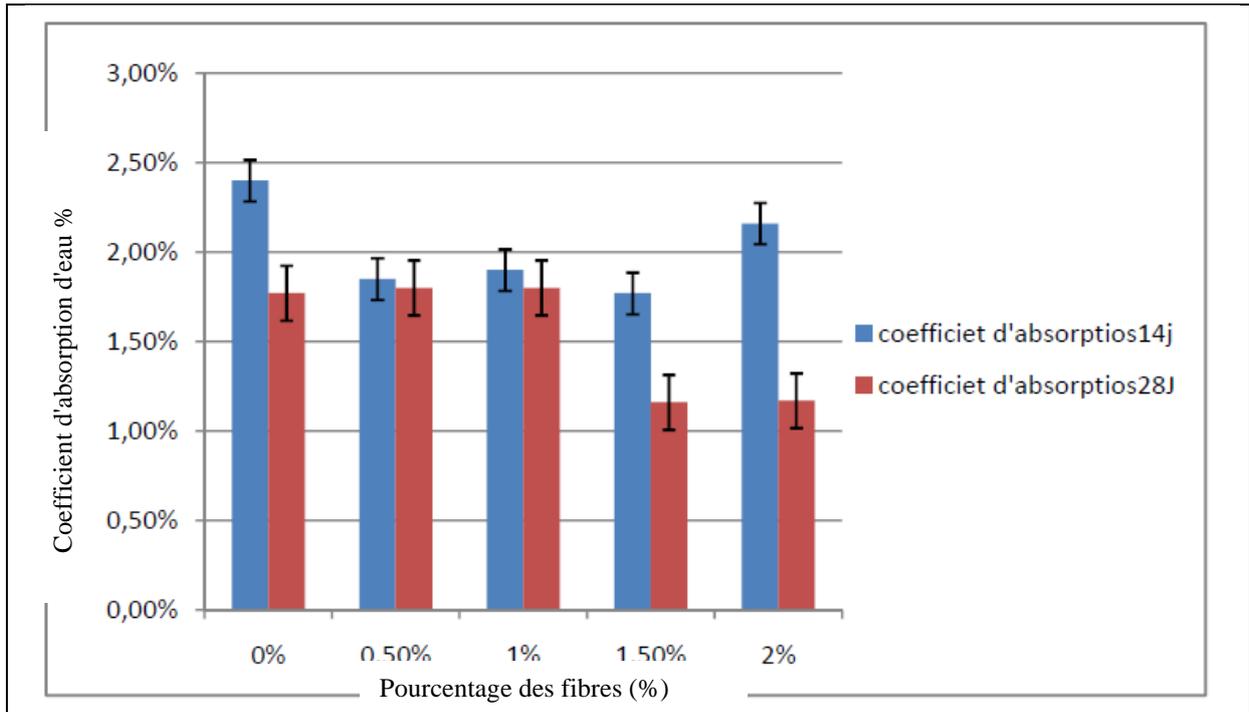


Figure. IV.15: Variation du coefficient d’absorption capillaire en fonction du pourcentage en masse de fibres à 14 jours et 28 jours [1]

D’après Ben youbi.T & Hammoumi .S. [1], ils ont remarqué que le coefficient d’absorption capillaire diminue avec l’âge de l’échantillon comme le montre la figure IV.15, ceci est dû à l’âge de l’échantillon, car au 14ème jour, le plâtre était encore humide à cause des fibres. Ils ont constaté aussi que ce coefficient diminue avec l’augmentation du taux de fibres et ce, surtout à l’âge de 28 jours. Ceci est dû à la nature hydrophobe des fibres.

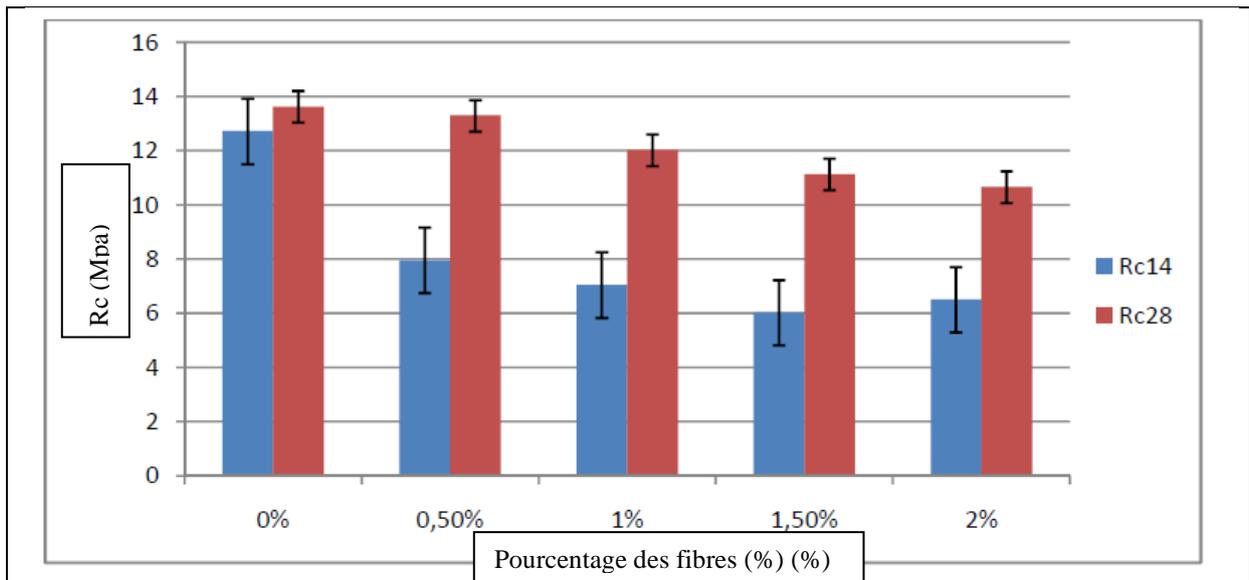


Figure. IV.16: Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage des fibres à 14 et 28 jours. [1]

D'après Benyoubi.T & Hammoumi .S. [1] qui ont fait des recherches sur la valorisation de Polypropylène dans le plâtre; IV.16 on peut constater que la résistance à la compression diminue en augmentant le pourcentage des fibres dans les mélanges.

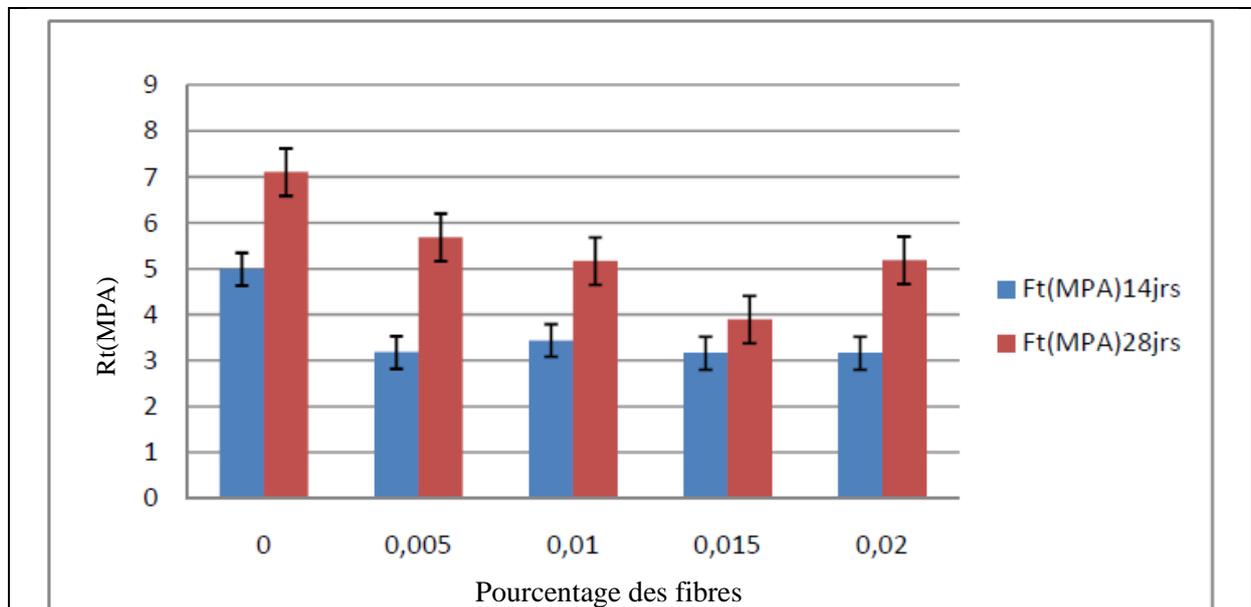


Figure. IV.17 La variation de la résistance à la flexion en fonction du pourcentage des fibres à 14 et 28 jours [1].

D'après Benyoubi.T & Hammoumi .S. [1]; La Figure IV.17 montre que la résistance à la flexion des plâtres fibrés décroît par rapport aux plâtres non-fibrés.

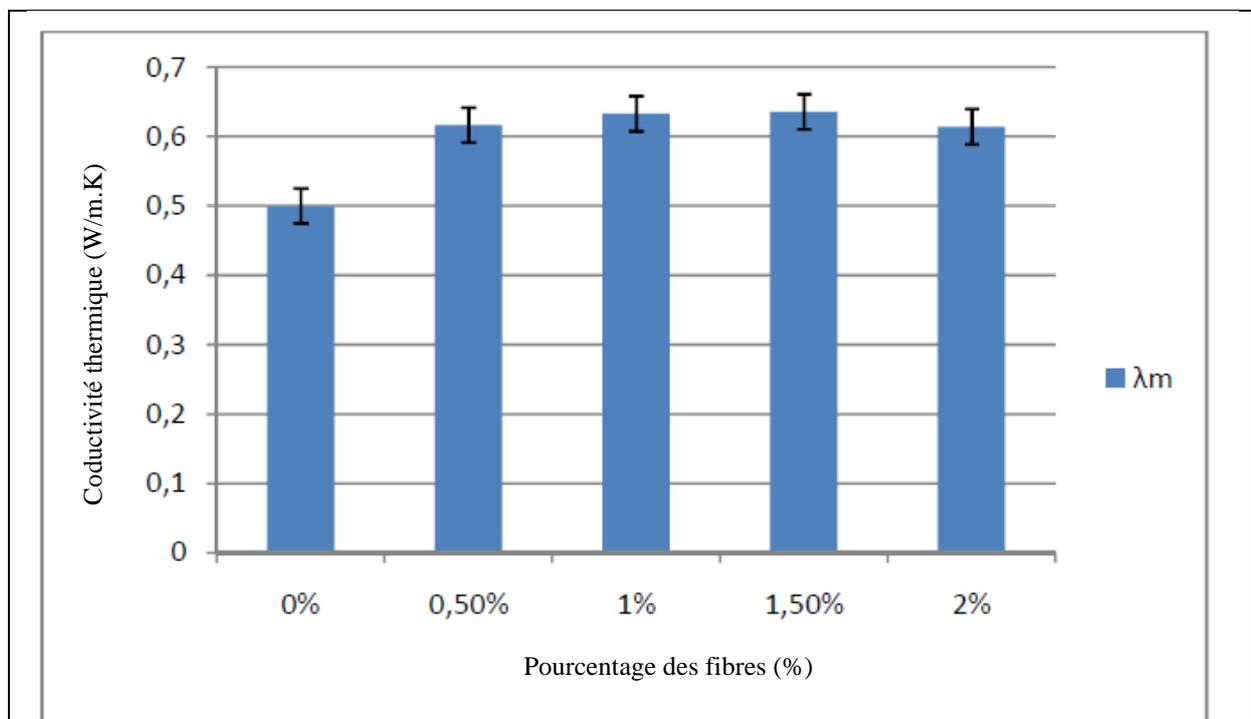


Figure. IV.18: Variation de la conductivité thermique en fonction du dosage des fibres [1].

D'après Benyoubi.T & Hammoumi .S. [1]; on peut remarquer que la conductivité thermique augmente en fonction de l'ajout des fibres.

IV.6 Valorisation de la mousse de polyuréthane dans le plâtre [39] :

D'après S. Gutiérrez-González et al. [39] qui a fait des recherches sur la valorisation des déchets de mousse de polyuréthane gris et blanc

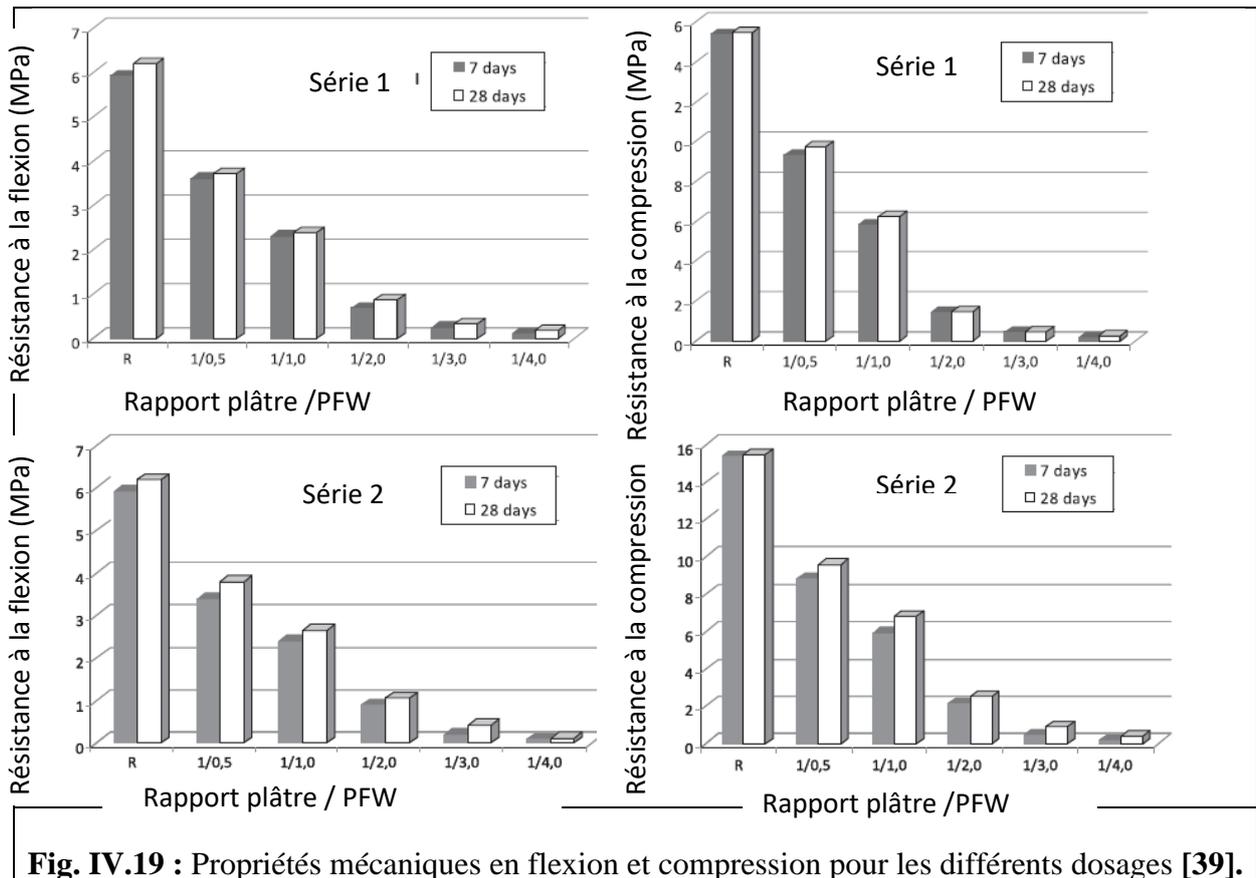


Fig. IV.19 : Propriétés mécaniques en flexion et compression pour les différents dosages [39].

D'après les figures IV.19 ; on observe toujours une diminution de la résistance de flexion et de compression par rapport au rapport plâtre / PFW..

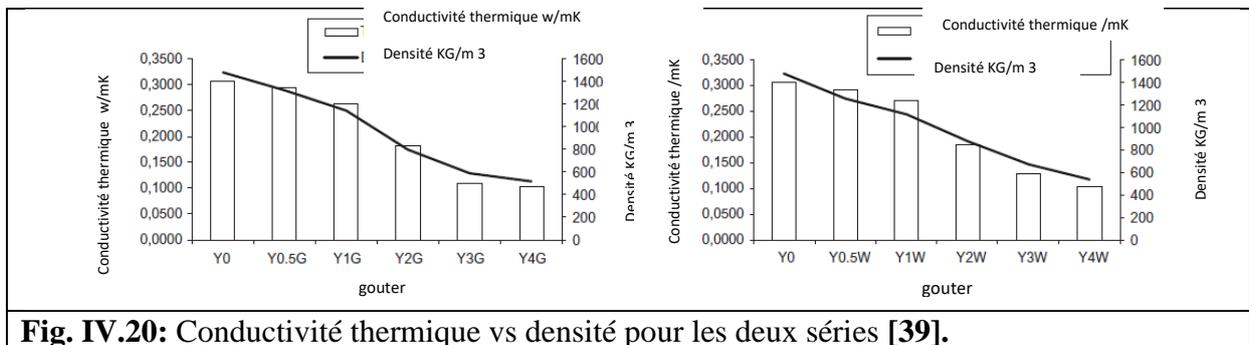


Fig. IV.20: Conductivité thermique vs densité pour les deux séries [39].

D'après les figures IV.20; on observe toujours une diminution de la conductivité thermique et la densité.

En résumé, la fabrication et la caractérisation d'enduits légers de haute qualité ont été présentées de manière simple par l'incorporation progressive de deux mousses de polyuréthane triturées recyclées, selon la norme. Les résultats obtenus établissent que la quantité de mousse polymérique présente dans le composite est le facteur le plus important pour expliquer la variation des propriétés de ces composés [39].

IV.7 Valorisation des Déchets de copeaux de bois dans le plâtre :

D'après Kassou Y. [37] qui a fait des recherches sur la valorisation des déchets des copeaux de bois dans le plâtre a pour but de bénéficier de certaines de leurs caractéristiques physico-thermiques (allègement, isolation thermique) [37].

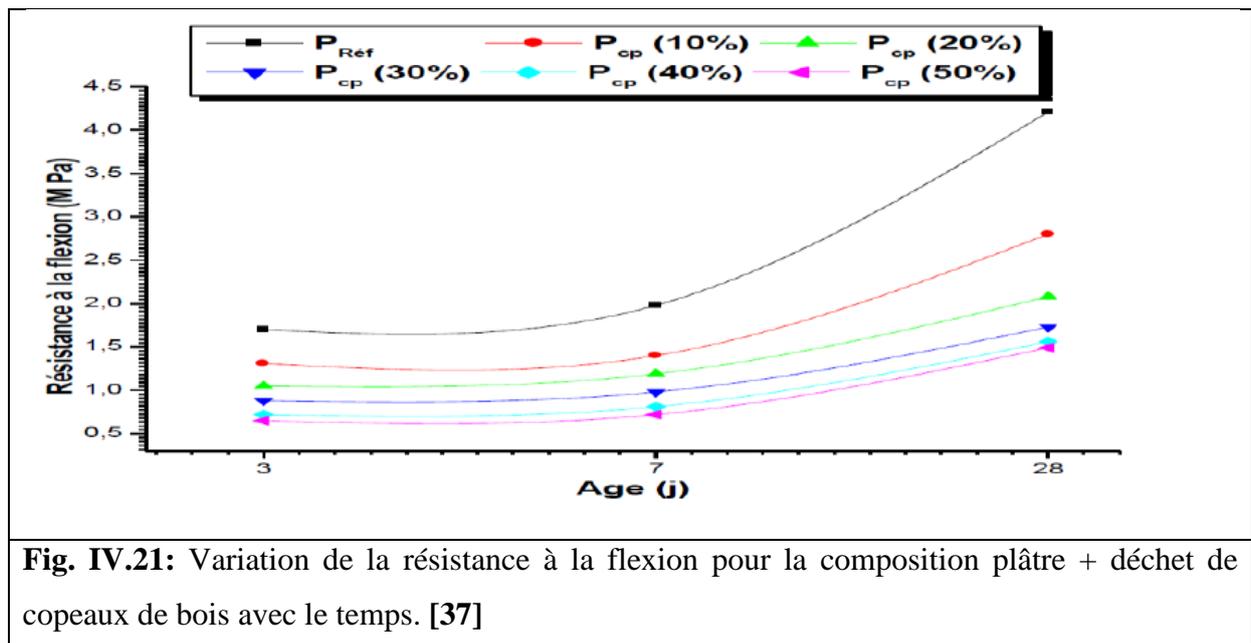


Fig. IV.21: Variation de la résistance à la flexion pour la composition plâtre + déchet de copeaux de bois avec le temps. [37]

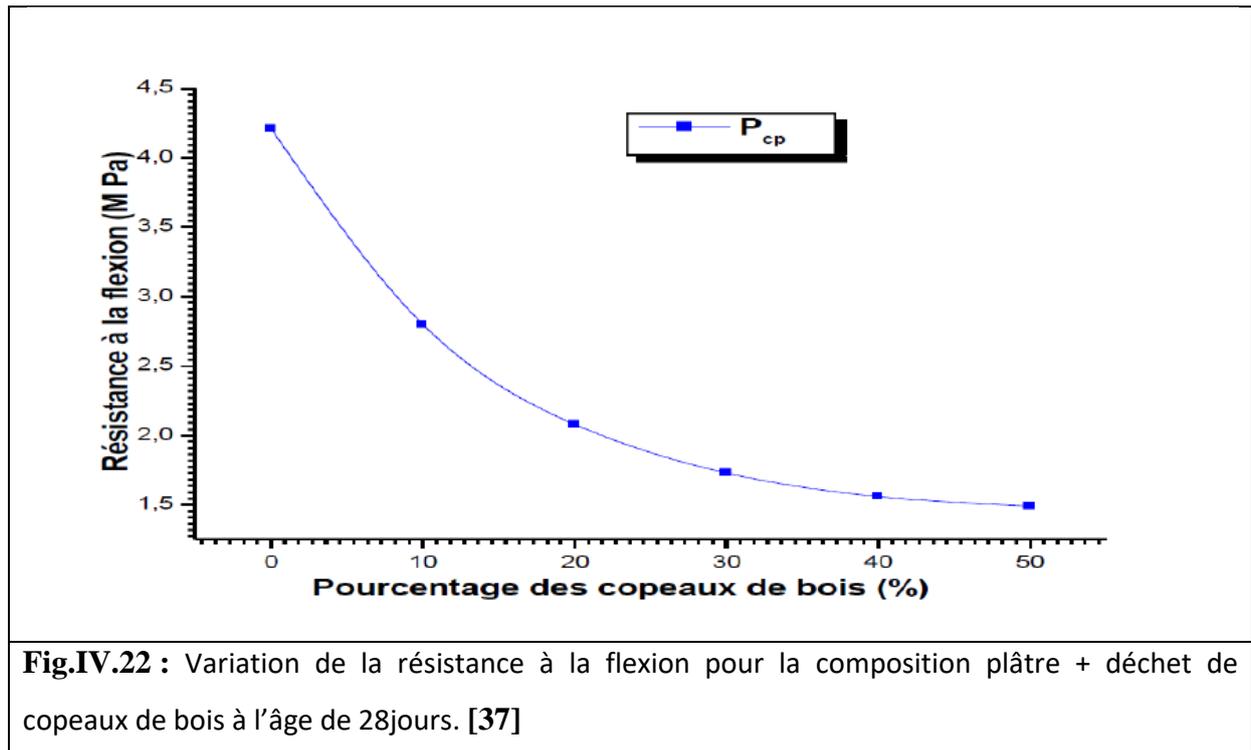


Fig.IV.22 : Variation de la résistance à la flexion pour la composition plâtre + déchet de copeaux de bois à l'âge de 28jours. [37]

La figure. IV.21 montres que la résistance à la flexion augmente avec l'âge. Ceci peut s'expliquer par le fait que la réaction d'hydratation se poursuit et nécessite tout le temps nécessaire pour se compléter, ce qui aide la résistance à la flexion.

On peut voir sur la Figure IV.22 que la résistance à la flexion à 28 jours diminue au fur et à mesure que le pourcentage de sciure augmente. La résistance baisse cette fois La composition du gypse + 50% de sciure atteint 1,49 MPa. Ceci est assez logique car la résistance à la flexion de la composition à base de plâtre est, comme pour le béton conventionnel, une fonction croissante de la densité.

IV.8 Valorisation des Déchets des grains de caoutchouc dans le plâtre :

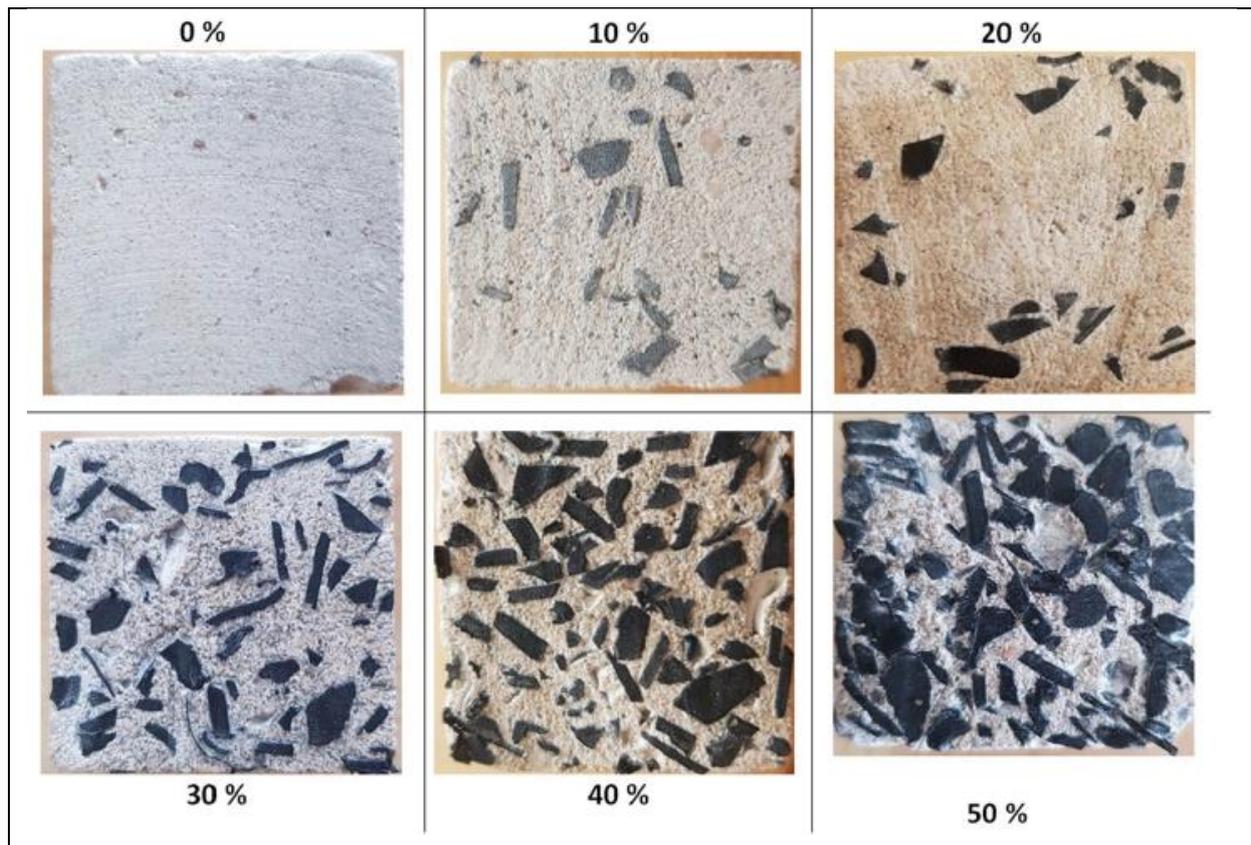


Fig. IV.23 : Visualisation de la répartition des grains de caoutchouc dans la matrice de plâtre. [31]

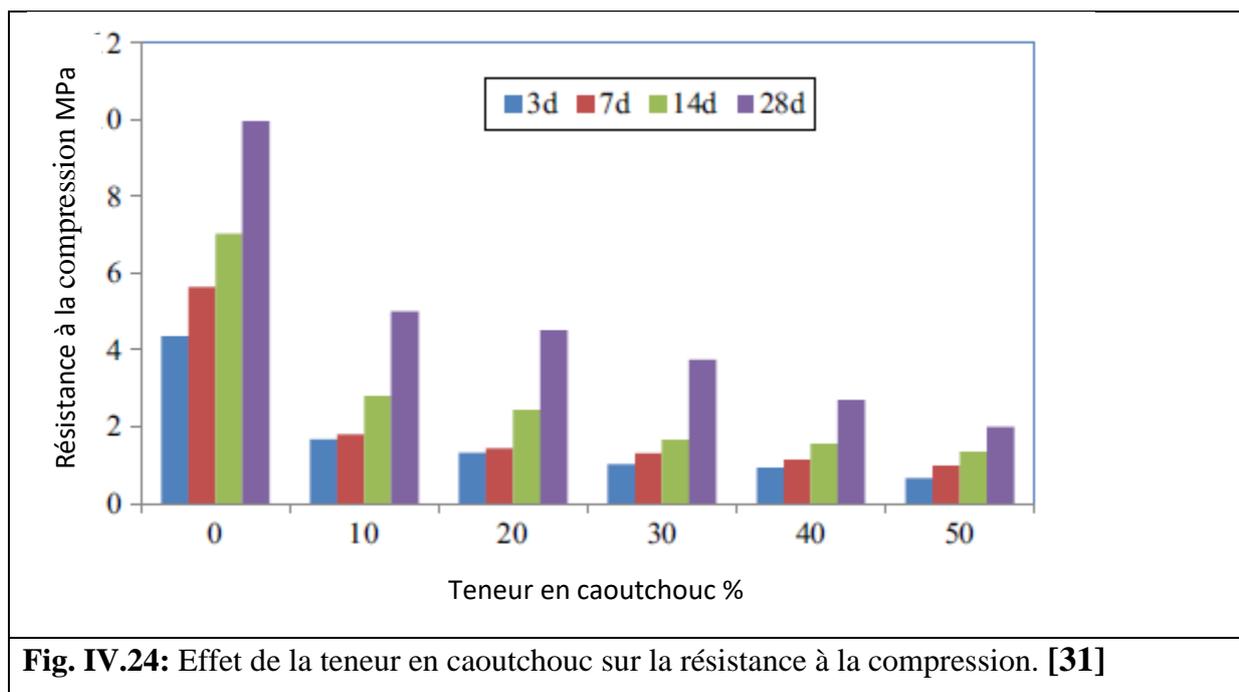


Fig. IV.24: Effet de la teneur en caoutchouc sur la résistance à la compression. [31]

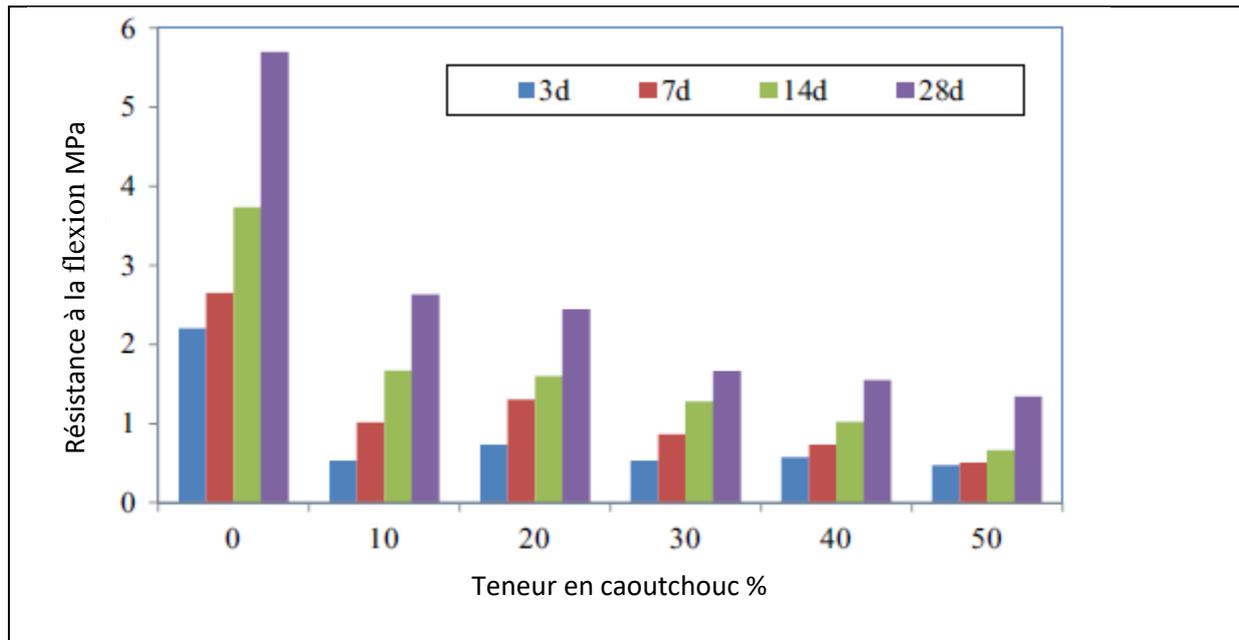


Fig. IV.25 : Effet de la teneur en caoutchouc sur la résistance à la flexion. [31]

D'après, A. Meddah et al. [31] qui a fait des recherches sur la valorisation des déchets de caoutchouc dans le plâtre (fig. IV.24 et IV.25) ; les résistances à la compression et à la flexion obtenus sur le mortier de plâtre caoutchouc sont montrées dans les figures 25 et 26 respectivement. On peut noter que les résistances à la compression et à la flexion sont affectées négativement par l'incorporation de caoutchouc, ce qui indique que le caoutchouc diminue la cinétique de développement de la résistance.

La résistance à la compression et à la flexion du composite diminuent avec l'augmentation de la teneur en caoutchouc malgré cette diminution en terme de résistance, on peut noter qu'il est toujours possible d'utiliser ce matériau dans les bâtiments pour des éléments non structurels qui ne nécessitent pas une résistance élevée.

IV.9 Méthode d'analyse par MEB (Microstructure) [26] :

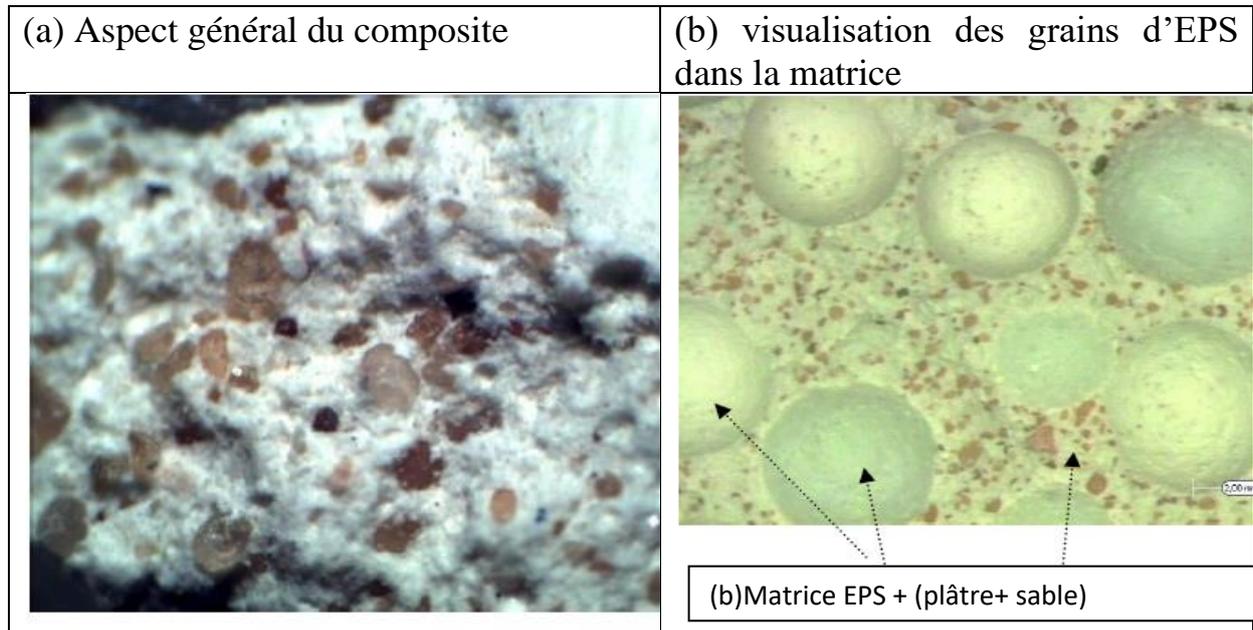


Fig.IV.26: Visualisation à différentes échelles du composite de plâtre contenant des billes d'EPS et du sable de dunes [26].

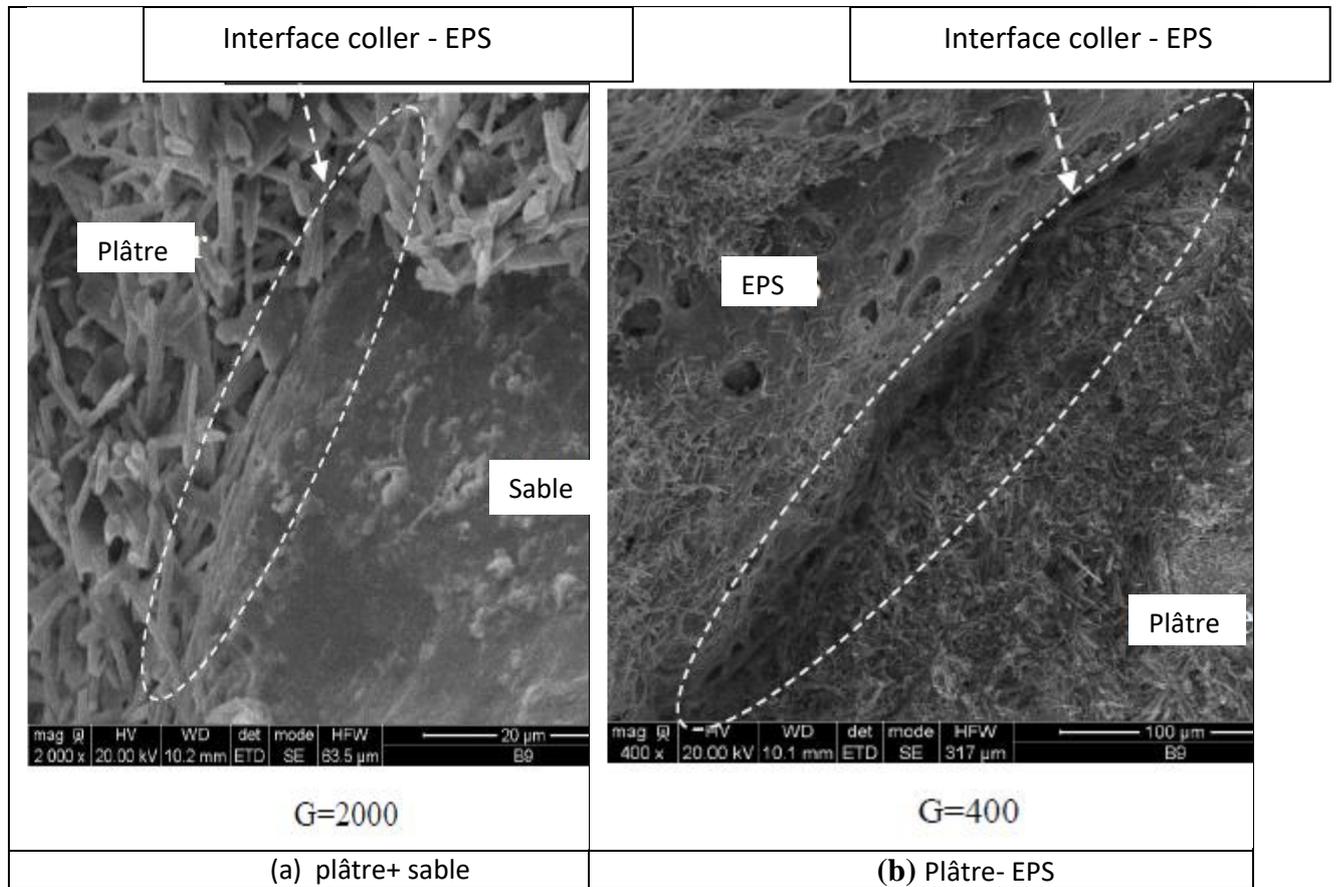


Fig.IV.27 : Analyse par MEB d'un composite de plâtre à base d'EPS [26].

Concernant la structure du matériau composite étudié, (Figure IV.26) montre que, en général, le matériau a une texture relativement uniforme. En effet, les particules de polystyrène semblent bien réparties dans la matrice de plâtre, ce qui signifie qu'il n'y a pas de séparation lors de la coulée du béton/mortier dans le moule.

De plus, comme dans le cas des composites de granulats minéraux, on peut observer que lors de l'essai de flexion, les billes de polystyrène expansé ne se sont pas cassées, et les fissures se sont propagées à travers l'interface « polystyrène-matrice » (Figure IV.26).

Quant aux dunes de sable, il est évident qu'elles sont uniformément réparties dans la pâte de plâtre et ont une bonne adhérence « plâtre-sable ». Ces résultats sont également cohérents avec la littérature. Enfin, il convient de souligner que même les agrégats de liège ayant un aspect physique similaire au polystyrène peuvent bien adhérer au substrat [40].

Conclusion générale

Notre mémoire est une synthèse bibliographique de recherche sur la valorisation des déchets plastiques ou végétaux utilisés soit sous forme de fibres ou de granulats dans un composite à base de plâtre ou mortier plâtre. A partir de ce bilan critique, nous concluons que :

-Différents types de déchets ont été valorisé dans le plâtre ou le mortier plâtre. On distingue d'après cette recherche bibliographique deux types de déchets végétaux (copeaux de bois, fibre de palmier dattier, etc. ...) ou plastiques (polystyrène, caoutchouc, etc...).

- Généralement, en utilisant des déchets plastiques ou végétaux, on constate que la masse volumique des différents composites obtenus diminue lorsqu'il y a une augmentation du dosage de substitution par le déchet utilisé.

-D'un point de vue mécanique, l'utilisation des déchets plastiques et végétaux dans le plâtre ou le mortier plâtre conduit à la diminution de la résistance à la compression et à la flexion. Ceci peut être dû à l'augmentation du pourcentage du plastique ou végétal ajouté.

On peut dire qu'il est toujours possible d'utiliser ces matériaux composites dans les bâtiments pour des éléments non structurels et qui ne nécessitent pas une résistance élevée.

-Généralement, en utilisant des déchets plastiques ou végétaux, on constate que le coefficient d'absorption d'eau des différentes composites diminue lorsqu'il y a une augmentation du dosage de substitution par le déchet utilisé.

- La conductivité thermique des matériaux composites à base de « plâtre/déchet » diminue en augmentant le dosage de l'ajout. Il est à noter que ce matériau léger à un comportement thermique amélioré et peut parfaitement trouver son utilisation dans la fabrication de blocs de plâtre préfabriqués pour cloisonnement.

- Après immersion des composites plâtre à base déchet en polystyrène dans toutes les solutions (eau, acide et sulfate) : on note que les propriétés mécaniques ont diminué de manière significative et les résultats de mesure en termes de flexion sont comparables. Mais, en termes de compression, elle est beaucoup plus faible dans le cas des solutions acides. Les valeurs de changement de masse de toutes les solutions semblent être similaires, mais une

perte de masse a été enregistrée dans le cas des solutions aqueuses et acides, et une augmentation de masse a été enregistrée dans le cas des solutions de sulfate.

-Généralement, concernant le mortier plâtre à base du polystyrène ; le composite obtenu semble être relativement homogène avec une bonne adhérence entre la matrice de plâtre, le polystyrène et le sable.

Références bibliographiques :

[1] : T. Benyoubi & S. Hammoumi, Contribution à l'étude des matériaux composites plâtres/déchets, Mémoire de master, Université de Tlemcen 2020.

[2] : « <https://www.platre.com/> » en ligne 29 /05/2021

[3] : M. SYLAIN, Etude de comportement mécanique du plâtre prise en relation avec sa microstructure, INSA de Lyon (France). Thèse de doctorat, 2001.

[4] : Groupe formation continu de L'ENSA, Marseille - Luminy, en octobre 2008.

[5] : «[http://www.tunisie industrie.nat.tn/fr/download/idees/ID/37](http://www.tunisie.industrie.nat.tn/fr/download/idees/ID/37) fabrication du plâtre orthopédique,» [En ligne].

[6] : *Le plâtre et la construction durable/Syndicat National des Industries du Plâtre*, septembre 2016.

[7] : Bâle, la convention de Bâle, 1989

[8] : S. Barles, les rejets du métabolisme, 2005.

[9] E. Gobbo, Déchets de construction matière a conception: Analyse des stocks et flux de matières dans le cadre des opérations de rénovation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale, These de Doctorat, Université de Louvain, Belgique Novembre 2015.

[10] : *Définition légale selon la directive, EUR-Lex*, 2008.

[11] : «Les déchets domestiques, Typologie et Classification,» 2019.

[12] :Construction,«<https://www.clikeco.com/P-57-88-F1-dechets-de-chantier-de-construction-gestion-et-valorisation.html>,» 2008. [En ligne]

[13] : Raju Sharma , Prem Pal Bansal ; Use of different forms of waste plastic in concrete e a review ; Journal of Cleaner Production 112 (2016) 473e482 .

[14] : Raghatate, A.M., 2012. Use of plastic in a concrete to improve its properties. Int. J. Adv. Eng. Res. Stud. 1, 109e111.

- [15] : Rai, B., Rushad, S.T., Bhavesh, K.,R., Duggal, S.K., 2012. Study of waste plastic mix concrete with plasticizer. Int. Sch. Res. Netw. 2012, 1e5.
- [16] : Saikia, N., Brito, J.D., 2013. Waste polyethylene terephthalate as an aggregate in concrete. Material Res. 16, 341e350.
- [17] : Saikia, N., Brito, J.D., 2013. Waste polyethylene terephthalate as an aggregate in concrete. Material Res. 16, 341e350.
- [18] : Saikia, N., Brito, J.D., 2013. Waste polyethylene terephthalate as an aggregate in concrete. Material Res. 16, 341e350.
- [19] : Foti, D., 2011. Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. Constr. Build. Material 25, 1906e1915.
- [20] : Foti, D., 2011. Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. Constr. Build. Material 25, 1906e1915.
- [21] : Bhogayata, A., Shah, K.D., Arora, N.K., 2013. Strength properties of concrete containing post consumer metalized plastic wastes. Int. J. Eng. Res. Technol. ISSN2278-0181 2 (3).
- [22] : Bhogayata, A., Shah, K.D., Vyas, B.A., Arora, N.K., 2012a. Feasibility of waste metallised polythene used as concrete constituent. Int. J. Eng. Adv. Technol. 1 (5), 204e207.
- [23] : Ismail, Z.Z., Al-Hashmi, E.A., 2010. Validation of using mixed iron and plastic wastes in concrete. Sustain. Constr. Mater. Technol. 2, 278e283.
- [24] : Fraternali, F., Ciancia, V., Chechile, R., Rizzano, G., Feo, L., Incarnato, L., 2011. Experimental study of thermal-mechanical properties of recycled PET fiber reinforced concrete. Compos. Struct. 93, 2368e2374.
- [25] : Fraternali, F., Ciancia, V., Chechile, R., Rizzano, G., Feo, L., Incarnato, L., 2011. Experimental study of thermal-mechanical properties of recycled PET fiber reinforced concrete. Compos. Struct. 93, 2368e2374
- [26] : Hamza Laoubi, Madani Bederina, Amina Djoudi, Adeline Goullieux, Rose Marie Dheilley3 and Michele Queneudec ;Study of a New Plaster Composite Based on Dune Sand

and Expanded Polystyrene as Aggregates ; The Open Civil Engineering Journal, 2018, Volume 12 pp401-412.

[27] : H. Laoubi, A. Djoudi, R. M. Dheilily, M. Bederina, A. Goullieux & M. Quéneudéc ; Durability of a lightweight construction material made with dune sand and expanded polystyrene ; 12 Jul 2019 pp.8

[28] : Valeria Corinaldesi , Jacopo Donnini, Alessandro Nardinocchi ; Lightweight plasters containing plastic waste for sustainable and energy-efficient building ; Construction and Building Materials 94 (2015) 337–345

[29] : Manuel Alejandro Pedreño-Rojas , Carmen Rodríguez-Liñán , Inês Flores-Colen 2 and Jorge de Brito ; Use of Polycarbonate Waste as Aggregate in RecycledGypsum Plasters ; Materials 2020, 13, 3042.

[30] : Alejandra Vidales Barriguete , Mercedes del Río Merino , Evangelina Atanes Sánchez, Carolina Piña Ramírez , Carmen Viñas Arrebola ; Analysis of the feasibility of the use of CDW as a low-environmentalimpact aggregate in conglomerates ; Construction and Building Materials 178 (2018) 83–91 .

[31] : Abdelaziz Meddah· Hamza Laoubi · Madani Bederina ; Effectiveness of using rubber waste as aggregates for improving thermal performance of plaster-based composites ; Innovative Infrastructure Solutions, (2020) 5:61.

[32] : F. Ebanda, Etude des propriétés mécanique et thermique du plâtre renforcé de fibres végétales tropicales, Thèse de Doctorat, Université BLAISE PASCAL - Clermont II, France, 2012.

[33] : Mokhtar RACHEDI, Abdelouahed KRIKER ; THERMAL PROPERTIES OF PLASTER REINFORCED WITH DATE PALM FIBERS cee-2020-0025 pp 0

[34] : M. Rachedi, A. Kriker et A. Mokhtari ; Contribution à l'étude de la durabilité de mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier ; Vol. 20 N°2 (2017) 243 – 251.

[35] : CHELABI H. & TALEB Z ; Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre, mémoire de master, 2016/ 2017.

[36] : Mermat F. & Kiche A ; Etude et caractérisation physique et mécanique de plâtre recyclé, mémoire de master. Université de M'hamed Bougara –Boumerdes.

[37] : KASSOU.Y. Contribution à l'amélioration de l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments : Elaboration d'un composite plâtre-bois 2016 p 49, 80,84

[38] : A. San-Antonio-González et al ; Lightweight material made with gypsum and extruded polystyrene waste with enhanced thermal behaviour ; *Construction and Building Materials* 93 (2015) 57–63 .

[39] : S. Gutiérrez-González S. Gutierrez-Gonzalez, J. Gadea, A. Rodriguez, C. Junco, V. Calderon ; Lightweight plaster materials with enhanced thermal properties made with polyurethane foam wastes/ *Construction and Building Materials* 28 (2012) 653–658 .

[40] : A. Ziregue, and M.M. Khenfer, "Michèle Quéneudec-t’Kint & Nicolas Montrelay, “Developmental potentiality of insulating lightweight concrete based on cork and calcareous sand”, *J. Adhes. Sci. Technol.*, vol. 30, 2016.

[<http://dx.doi.org/10.1080/01694243.2015.1129882>]