



جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa

**Université Abderrahmane Mira Bejaia**

**Faculté de Technologie**

**Département de Génie civil**

## **Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie civil

**Option :** structure

**Thème :**

**Caractérisation physique, thermique et mécanique d'un  
mortier de plâtre allège par du polystyrène**

**Réaliser par :**

KHALDI ABDESLAM

HAI FARES

**Encadrer par :**

Mr. MEZIANI BELKASEM

**Promotion 2023/2024**

# Remerciement

# *Remerciement*

Nous tenons tout à exprimer notre remerciement et notre profonde gratitude au bon dieu (Allah), le tout puissant de nous avoir donné le courage la force la sante et la volonté afin que nous puissions accomplir ce travail et réaliser notre but.

Nous remercions nos parents qui nous ont soutenus beaucoup pendant toute la vie et qui continuerons à nous aider dans tous les projets de l'avenir. Ainsi que tous les membres de nos familles qui ont participé de près ou de loin à nous encourager et nous aider dans notre projet.

Il est difficile d'exprimer en quelques mots ma profonde gratitude et mon sincère remerciement a notre encadreur **Mr Meziani belkacem** d'avoir accepté ce travail et pour le soutien et laide qu'il n'a jamais manque de nous apporte pour ces précieux conseil «ses critique» constructives et ses orientation durant l'élaboration de ce modeste travail. Nous avons apprécié sa patience sa gentillesse ses qualités humaines sa disponibilité et son accueil tout au long de la réalisation de ce mémoire.

# **Dédicaces**

# *Dédicaces*

C'est beaucoup d'orgueil que je dédie ce travail aux perles rares de ma vie mes parents car ils sont orgueilleux de me voir terminer ma mémoire. Leur présence dans les moments les plus difficiles de ma vie déterminante et les efforts déployés pour m'instruire sont considérablement.

Je dédie ce modeste travail ;

A ma très chère mère qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cesse de prier

Pour moi ;

A mon très cher père pour ses engagement son soutien surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave et déroulement de mes étude ;

A mes chers frères Zahir, Omar, Rahim ;

A mes chères sœurs Zahia, Razika, Sabrina, Nassima ;

A mes chers amies «anis ; syfax » ;

A tous ceux qui sont dans mes pensées et que je n'ai pas cites ;

*Abdeslam*

# *Dédicaces*

A ma Mère qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui est toujours disponible pour m'aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.

A Mon père « Slimane », qui est toujours disponible pour me soutenir et pour que je puisse arriver à ce stade.

A Mon chère seul frère « Acheur » qui a toujours été à mes côtés pour m'encourager.

A mes chères sœurs « Naïade », « Remisa », « Sillai » pour son soutien moral et ses conseils précieux tout au long de mes études.

A toute la famille Zane et Hai.

A mes chères ami (e)s tout particulièrement qui m'ont aidé et soutenue dans les moments difficiles ...

A mon cher binôme « Abdeslam » et à toute sa famille.

A tous mes amis de ma promotion.

Et à tous ceux que j'ai connus durant mon cycle d'étude.

*Farés.*

# **Table des matière**

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>I. Etude Bibliographique</b>	
I.1 Introduction .....	2
I.2. Généralités sur les mortiers .....	2
I.2.1. Définition.....	2
I.2.2. Domaines d'utilisation des mortiers .....	3
I.2.3. Les différents types de mortiers .....	3
I.2.4. Formulation des mortiers.....	4
I.3. Généralités sur plâtre et mortier de plâtre.....	5
I.3.1. Origine du plâtre .....	5
I.3.2. Fabrication de plâtre .....	6
I.3.3. Les différents types de plâtres .....	6
I.3.4. Propriétés physiques du plâtre .....	7
I.4. Influence E/P sur la résistance mécanique.....	11
I.5. Le Polystyrène .....	12
I.5.1. Définition.....	12
I.5.2. Origine du polystyrène.....	13
I.5.3. Forme du polystyrène.....	13
I.5.4. Propriétés du polystyrène.....	15
I.5.5. Propriétés techniques du polystyrène (PS).....	16
I.5.6. Le polystyrène expansé.....	17
I.5.7. Fabrication de PSE.....	18
I.5.8. Utilisation du Polystyrène expansé.....	18
I.5.9. Polystyrène expansé et environnement.....	18
I.6. Mortier plâtre légers à base du polystyrène.....	19
I.6.1. Composition des plâtres légers de polystyrène expansé.....	19
I.6.2. Application des plâtres légers de polystyrène expansé.....	19
<b>II. Matériaux et techniques expérimentales</b>	
II.1. Introduction.....	22
II.2. Matériaux.....	22
II.2.1. Plâtre.....	22

II.2.2. Caractéristiques physiques du plâtre utilise.....	22
II.2.3. Masse volumique apparente .....	22
II.2.4. Masse volumique absolue.....	24
II.2.5. La Consistance.....	25
II.2.6. La prise .....	27
II.3. Polystyrène.....	28
II.3.1. Caractéristiques physique du polystyrène .....	28
II.3.2. la masse volumique appartenant du polystyrène.....	28
II.3.3. Confection et conservation.....	29
II.4. Caractérisation du mortier plâtre-polystyrène .....	31
II.4.1. Caractérisation physique.....	31
II.4.2. Masse volumique .....	31
II.4.3. La porosité.....	31
II.4.4. Absorption d'eau .....	32
II.5. Caractérisation thermique.....	33
II.6. Caractérisation mécanique.....	34
II.6.1. Essais Ultrason .....	34
II.6.2. Essais Flexion .....	35
II.6.3. Essais compression.....	36
Conclusion.....	37
<b>III. Résultats interprétation</b>	
III.1. Introduction .....	39
III.2. Etude des réponses en fonction de rapport E/P (0%).....	39
III.2.1. les caractéristiques physiques (Masse volumique et porosité et absorbassions d'eau) ...39	
III.2.2. Caractérisation thermique.....	40
III.2.3. Caractérisation mécanique (Essais Ultrason et Essais Flexion et Essais compression) .....	41
III.3. Influence du pourcentage et diamètre sur les réponses physique.....	42
III.3.1. la masse volumique .....	43
III.3.2. La porosité .....	44
III.3.3. la porosité absorbassions d'eau.....	45
III.4. Caractérisation thermique.....	46

III.5.Caractérisation mécanique (Essais Ultrason et Essais Flexion et Essais compression)	47
.....	47
III.5.1. Essais Ultrason.....	47
III.5.2. Essais flexion .....	48
III.5.3. Essais de la compression .....	50
Conclusion .....	51
Conclusion générale .....	52
<b>Références bibliographique</b>	

# Liste des figures

# Liste des figures

Figure I.1. Les différents types de mortiers .....	3
Figure I. 2. Influence du rapport E/P sur la résistance mécanique .....	12
Figure I.3. Schéma d'obtention du polystyrène .....	12
Figure I.4. Polymérisation du monomère de styrène en polystyrène .....	13
Figure I.5. Polystyrène cristal .....	14
Figure I.6. Polystyrène choc .....	14
Figure I.7. Polystyrène expansé .....	15
Figure I.8. Les plaques de polystyrène .....	17
Figure II. 1. Détermination de la masse volumique apparente d'un matériau .....	23
Figure II. 2. Détermination de la masse volumique absolue d'un matériau .....	24
Figure II. 3. Appareil de Vicat muni de l'aiguille avec une surcharge .....	26
Figure II.4.Courbe de la consistance .....	26
Figure II.5. L'appareil de Vicat.....	27
Figure II.6. Courbe de la prise .....	27
Figure II.7. Pesé du plâtre et polystyrène et Le Malaxage.....	30
Figure II.8.Des moules prismatique (4x4x16) cm <sup>3</sup> .....	30
Figure II.9.Les éprouvette prismatique (4x4x16) cm <sup>3</sup> .....	31
Figure II.10. Pesé hydrostatique sous l'eau .....	32
Figure II.11. Pesé hydrostatique a l'Etat sature .....	32
Figure II.12. <i>Conductivité thermique d'un matériau</i> .....	33
Figure II.13.Appareil Essai Ultrason .....	34
Figure II.14. Mesure par la méthode ultrason .....	35
Figure II.15. La machine de la résistance mécanique .....	35
Figure II.16. La machin de compression .....	37
Figure III.1. Evolution de la masse volumique et porosité et absorptions d'eau en fonction de rapport E/P.....	39
Figure III.2.condivite thermique on fonction de rapport E/P.....	40
Figure III.3.la résistance mécanique en fonction de rapport E/P.....	41
Figure III.4. L'influence du diamètre et du pourcentage sur la masse volumique.....	43
Figure III.5. L'influence du diamètre et du pourcentage sur de la porosité.....	44
Figure III.6. L'influence de du diamètre et du pourcentage sur absorbassions d'eau.....	45
Figure III.7. L'influence du diamètre et du pourcentage sur dividite thermique.....	46

Figure III.8.essai de conditivite thermique.....	47
Figure III.9. L'influence d'diamètre et pourcentage de résistance à la compression par ultrason.....	47
Figure III.10. L'influence d'diamètre et pourcentage de la flexion.....	48
Figure III.11. Essai de flexion.....	49
Figure III.12. L'influence de la compression.....	50
Figure III.13. Essai de la compression.....	51

# Liste des tableaux

# Liste des tableaux

Tableau I.1 : caractéristique thermique du plâtre.....	10
Tableau II.1 : La masse volumique apparente du plâtre.....	23
Tableau II. 2 : les résultats de La masse volumique absolue du plâtre.....	25
Tableau II.3 : les résultats de la masse volumique appartenant du polystyrène.....	28
Tableau II.4 : la méthode de choix dans le gâchage.....	29

**Résumé :**

La recherche de nouveaux matériaux de construction écologique et durable respectant les normes et les exigences est devenue parmi les préoccupations majeures actuelles. Dans ce contexte l'utilisation du sous-produit de recyclage tel que la sciure de bois ou les produits polymères (polystyrènes) dans les mortiers ou bétons permet d'améliorer leurs propriétés physiques (masse volumique) et thermique en gardant les propriétés mécaniques requises par les normes et règlements en vigueur.

Le but de cette étude est premièrement de formuler des mortiers allégés respectant les normes requises et d'étudier l'influence des rapports E/P (Eau/Plâtre), et l'influence des différents pourcentages (0%, 0.5% et 1%), et diamètre (2mm, 4mm et 6mm) du polystyrène sur les caractéristiques physiques, thermiques et mécaniques des mortiers.

Les résultats montrent que les matériaux avec une structure allégée présentent une meilleure résistance thermique, et des résistances à la compression et flexion dans les limites préconisées par les règlements.

**Mot clés :** mortier ; mortier allégé ; plâtre ; polystyrène ; caractérisation physique ; caractérisation thermique ; caractérisation mécanique.

**Abstract:**

The search for new ecological and sustainable building materials that comply with standards and requirements has become one of today's major concerns. In this context, the use of recycled products such as sawdust or polymer products (polystyrenes) in mortar or concrete improves their physical (density) and thermal properties, while maintaining the mechanical properties in the limits required by current standards and regulations.

The aim of this study is firstly to formulate a lightweight mortar meeting the required standards, and to study the influence of E/P (Water/Plaster) ratios, and the influence of different percentages (0%, 0.5% and 1%), and diameters (2mm, 4mm and 6mm) of polystyrene on the physical, thermal and mechanical characteristics of the mortars.

The results show that materials with a lightened structure have better thermal resistance, and compressive and flexural strengths within the limits recommended by the regulations.

**Key words:** mortar; lightweight mortar; plaster; polystyrene; physical characterization; thermal characterization; mechanical characterization.

# **Introduction générale**

# Introduction générale

Dans le domaine de la construction, l'utilisation combinée de plâtre et de polystyrène présente des avantages significatifs, tant sur le plan des performances mécaniques que de l'efficacité énergétique. Le plâtre, utilisé depuis des siècles, est réputé pour ses capacités d'isolation thermique et acoustique, ainsi que pour sa résistance au feu. Ses applications varient des enduits de surface aux éléments préfabriqués, témoignant de sa polyvalence et de sa durabilité.

Le polystyrène, quant à lui, est un matériau polymère dérivé du pétrole, largement utilisé pour son exceptionnelle légèreté et ses propriétés isolantes. Le polystyrène expansé (PSE) est particulièrement prisé dans le secteur du bâtiment pour l'isolation thermique des structures. Ses propriétés mécaniques et thermiques, combinées à une mise en œuvre facile, en font un choix privilégié pour diverses applications.

Ce mémoire se propose d'explorer les propriétés physiques et mécaniques des mortiers à base de plâtre et de polystyrène. En intégrant ces deux matériaux, nous cherchons à optimiser les caractéristiques isolantes du polystyrène tout en conservant les avantages structurels du plâtre. Les résultats obtenus pourraient conduire à des solutions innovantes, favorisant des constructions plus durables et énergétiquement efficaces. L'objectif est de comprendre comment optimiser l'utilisation synergique de ces matériaux dans le secteur de la construction pour améliorer la durabilité et l'efficacité énergétique des bâtiments.

Notre travail sera partagé en trois chapitres, en commençons par une introduction générale. Dans le premier chapitre de ce mémoire nous présenteront une revue de la littérature sur les mortiers, le plâtre et le polystyrène, et leurs principales utilisations. Dans le chapitre deux, nous présenterons les différents matériaux et les techniques expérimentales utilisés pour la caractérisation des mortiers plâtres allégés. Le troisième chapitre sera pour l'analyse et l'interprétation des différents résultats obtenus. Et finalement le mémoire se terminera par une conclusion générale.

# **Chapitre I :**

## **Revu de la littérature**

## I.1 Introduction

Une construction est généralement réalisée par éléments, dont il faut assurer la liaison ou qu'il faut protéger par un revêtement. On doit alors effectuer des scellements ou divers travaux de reprise, de bouchage, etc. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangé à du sable, de l'eau – et éventuellement un adjuvant – pour obtenir un « Mortier ». Ce chapitre explore en détail les mortiers, le plâtre et le polystyrène, dévoilant leurs compositions, caractéristiques physiques et domaines d'application. Nous commençons par les mortiers, mélange essentiel de sable, ciment ou chaux et d'eau, assurant la liaison entre les éléments de construction. Ensuite, nous explorons le plâtre, matériau ancestral offrant isolation thermique et acoustique. Enfin, le polystyrène, plastique polyvalent dérivé du pétrole, est abordé pour ses diverses applications. Ces matériaux convergent pour offrir des solutions innovantes et durables en construction.

## I.2. Généralités sur les mortiers

### I.2.1. Définition

Le mortier est un matériau essentiel à la construction, utilisé pour lier les éléments entre eux et assurer la stabilité des ouvrages. Il est généralement composé de sable, de ciment ou de chaux, et d'eau, dans des proportions spécifiques. Les types de mortiers varient en fonction des constituants, des pourcentages, du malaxage et des adjuvants utilisés. Ces variations permettent d'adapter le mortier.

Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, éléments en béton préfabriqué, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de

- Solidariser les éléments entre eux
- Assurer la stabilité de l'ouvrage
- Comblent les interstices entre les blocs de construction.
- "Les mortiers sont très utilisés pour des travaux de tous types, ces derniers se déclinent en divers produits, qu'ils soient de ciment, de chaux ou de résine, et chacun nécessite une méthode d'application spécifique.
- Cela exprime l'idée que chaque type de mortier nécessite une approche différente en termes d'application et d'utilisation [1].

### I.2.2. Domaines d'utilisation des mortiers

En général, les variétés de mortier sont liées directement par son domaine d'application qui est très vaste, une typologie des mortiers à partir de son utilisation permet de citer les catégories suivantes

- Mortier de pose
- Mortier de joints
- Mortier pour les crépis
- Mortier pour les stucs
- Support pour les peintures murales
- Mortier d'injection
- Mortier de réparation
- Mortier fibré [2].

### I.2.3. Les différents types de mortiers

Les types de mortiers sont choisis selon l'application. On utilise, comme pour les bétons, des formulations variées selon l'ouvrage à réaliser et les propriétés recherchées.

- **Mortier de ciment** : Composé de sable et de ciment, le mortier de ciment est très résistant et prend rapidement. Sa richesse en ciment le rend peu perméable à la vapeur d'eau.
- **Mortier de chaux** : Constitué de sable et de chaux, le mortier de chaux est un mortier gras, très souple et qui laisse circuler la vapeur d'eau. Il durcit plus lentement que le mortier de ciment
- **Mortier bâtard** : Le mortier bâtard est composé de sable, et à part plus ou moins égale, de ciment et de chaux. Il allie la résistance du ciment et la souplesse de la chaux. Son onctuosité le rend facile à travailler et limite le risque de fissuration. [3].

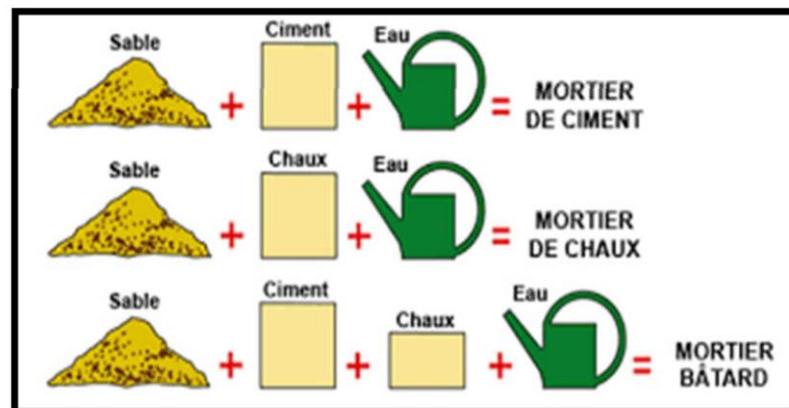


Figure I.1. Les différents types de mortiers [4].

### I.2.4. Formulation des mortiers

Un mortier est constitué par le mélange de :

(Sable + Liant) + Eau = Mortier

Malaxage à sec → mouillage → obtention d'une pâte plastique qui durcit progressivement [5].

#### ➤ Le Liant

Les liants hydrauliques sont utilisés dans la construction pour solidifier les matériaux lorsqu'ils sont mélangés à de l'eau. Les principaux types de liants sont le ciment, qui est composé de silicates et d'aluminates de calcium, les liants à maçonner spécialement conçus pour la maçonnerie, et la chaux, disponible sous forme hydraulique naturelle ou éteinte. Ces liants offrent des propriétés variées et sont adaptés à différentes applications dans la construction [6].

#### ➤ Le sable

Normalement, les sables utilisés sont les sables appelés "sable normalisé". Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important : Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide [7]. [6].

#### ➤ L'eau de gâchage

L'importance cruciale de l'eau dans le processus de fabrication du béton et du mortier. L'eau joue un rôle essentiel à toutes les phases de vie de ces matériaux, tant sur le plan physique que chimique. Elle permet notamment à ces matériaux d'acquérir les propriétés nécessaires à leur mise en forme et à leur coulabilité tout en contribuant à leur hydratation. Le dosage en eau est un aspect critique car il nécessite de trouver un équilibre délicat entre la recherche d'une résistance optimale en réduisant la quantité d'eau et l'amélioration de la maniabilité en augmentant cette quantité. Les adjuvants peuvent être utilisés pour aider à atteindre cet équilibre en ajustant les propriétés du béton et du mortier [6].

### ➤ L'adjuvant

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons et des mortiers. Ils modifient les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ de 5% du poids de ciment). Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants : (Les plastifiants ; les entraîneurs d'air ; les modificateurs de prise ; les hydrofuges...) [6].

### ➤ Les ajouts

Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre. Les ajouts que l'on utilise dans les mortiers sont : (poudres fines pouzzolaniques ; fibres de différentes natures ; colorants ; polymères).

## I.3. Généralités sur plâtre et mortier de plâtre

Le plâtre est un des plus vieux matériaux de construction utilisé par l'homme, les premiers signes d'emploi de plâtre remontent à environ 9000 ans, sous forme de support pour fresques murales (fouilles en Anatolie). La faible température nécessaire à la production de poudre de plâtre et l'abondance de gypse naturel dans la nature expliquent cette ancienneté d'utilisation. Actuellement, le plâtre est utilisé soit directement en enduits, ou bien en éléments préfabriqués, carreaux ou plaques (couche de plâtre entre deux cartons). C'est un matériau particulièrement adapté à une utilisation en intérieur, grâce à ses propriétés d'isolation thermique et acoustique et sa résistance au feu. La conductivité thermique d'un enduit de plâtre est de l'ordre de 0,26 W.m-1. °C-1, contre 1,15 pour un enduit de ciment ou 50 pour l'acier

### I.3.1. Origine du plâtre

La pierre de plâtre est un sulfate de calcium qui se trouve dans la nature sous deux formes :

- L'anhydrite, ou sulfate de calcium anhydre, assez rare, qui répond à la formule chimique  $\text{CaSO}_4$ .
- Le gypse, ou sulfate de calcium à deux molécules d'eau, di hydraté, très abondant, qui répond à la formule chimique  $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ .

Le mot plâtre désigne à la fois le matériau de structure solide (plâtre pris) et la poudre qui permet de l'obtenir, cette poudre (sulfate de calcium hémi hydraté,  $\text{CaSO}_4, 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) s'obtient en déshydratant du gypse [8].

### I.2.2. Fabrication de plâtre

Après extraction des mines, le gypse est broyé puis cuit dans des fours à lits fluidisé ou à flammes directes. Soumis ainsi à l'action de la chaleur, il perd tout ou une partie de son eau de cristallisation et conduit à une série de produits partiellement hydratés ou anhydres.

Selon les conditions de pression et de vapeur d'eau imposées, on distingue deux principes de cuisson

- La Cuisson par voie sèche (la plus utilisée, car moins coûteuse), est réalisée à la pression atmosphérique ou sous une faible pression partielle de vapeur d'eau. Vers des températures de 140 à 170 °C, l'eau du gypse s'élimine à l'état de vapeur sèche et donne un solide microporeux constitué d'un assemblage de microcristaux, (figure I.1), c'est l'hémi hydrate  $\beta$ , il nécessite un taux de gâchage  $e/p < 0,6$ . Il s'agit du composé principal de plâtres courants utilisés en tant que matériau de construction. Par chauffage vers 400 à 600 °C on obtient de l'anhydrite II, ( $\text{CaSO}_4$ ).
- La Cuisson par voie humide qui s'effectue sous pression saturante de vapeur d'eau dans des autoclaves sous 2 à 7 bars pendant quelques heures. Le produit obtenu est l'Hem hydrate  $\alpha$ , il nécessite un taux de gâchage faible  $\frac{e}{p} = 0,4$  et donne des plâtres dits "durs" ayant de très bonnes résistances mécaniques. Les plâtres courants qui se présentent sous forme d'une poudre blanche sont constitués soit
  1. D'Hem hydrate  $\beta$  ( $\text{CaSO}_4, 2/1 \text{ H}_2\text{O}$ ) qui est le principal constituant des plâtres, la formule correspondant à 93,79% de sulfate de calcium  $\text{CaSO}_4$  et 6,21% d'eau de cristallisation.
  2. D'un mélange d'Hem hydrate  $\beta$  avec de l'anhydrite II ( $\text{CaSO}_4$ ) dans la proportion d'environ 2/3 d'Hem hydrate et 1/3 d'anhydrite II, il est à noter que plus la proportion d'anhydrite II est importante plus le durcissement est étalé dans le temps.
  3. D'Hem hydrate  $\alpha$ , compact, cristallin, faiblement soluble dans l'eau

### I.3.3. Les différents types de plâtres

#### ➤ Plâtre de construction

Construction fabriqués par l'homme. Bien qu'il soit encore utilisé de manière traditionnelle sous forme de poudre mélangée à de l'eau pour créer des enduits, son utilisation évolue vers des éléments préfabriqués en usine tels que des carreaux, des dalles et des plaques pour répondre aux exigences modernes de construction. En dehors du domaine de la

construction, le plâtre trouve également des applications dans d'autres secteurs tels que la brasserie et la fabrication de moules pour la vaisselle et les sanitaires.

La fabrication du plâtre implique la déshydratation du gypse, une roche naturelle ou un sous-produit de certaines industries. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté de formule chimique  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ . Cette transformation du gypse en plâtre est réalisée par un processus de chauffage contrôlé qui élimine l'eau de cristallisation, transformant ainsi le gypse en plâtre. Ce matériau est ensuite utilisé dans une variété d'applications, de la construction à l'artisanat en passant par l'industrie.

#### ➤ **Plâtre d'isolation**

Le plâtre est un bon isolant thermique. Poreux il absorbe et restitue très rapidement l'humidité de l'air mais se dégrade dans les endroits humides. Il oxyde les métaux ferreux ce qui oblige de galvaniser (recouvrir d'une couche de zinc) les armateurs d'acier qui sont en contact avec lui. C'est un bon matériau de protection contre le feu du fait qu'il est capable d'absorber une grande quantité d'énergie calorifique pour opérer des transformations chimiques internes accompagnées de dégagement de vapeur d'eau [9].

#### ➤ **Le plâtre à projeter**

C'est un plâtre résistant (mélange de sable, plâtre et ciment), très dur qui est utilisé pour des zones exposées, notamment des pièces humides.

#### ➤ **Le plâtre de surfacage**

Très fin, c'est un matériau de finition à appliquer en couches très minces sur un enduit de plâtre. Idéal pour les petites fissures.

### **I.3.4. Propriétés physiques du plâtre**

#### ➤ **Granulométrie**

Les principaux types de plâtres commercialisés et leurs utilisations courantes sont les suivants :

**Plâtres Gros :** Ces plâtres ont une granulométrie importante, avec un refus au tamis de  $800 \mu$  pouvant aller de 5 à 20%. Ils sont souvent utilisés pour la première couche des enduits, pour le dressage des murs et plafonds, ainsi que pour les remplissages en forte épaisseur des

scellements. Ils peuvent être utilisés purs ou mélangés avec du sable ou un mélange de sable et de chaux [10].

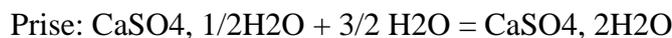
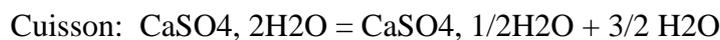
**Plâtres Fins à Enduire** : Ces plâtres ont un refus au tamis de 800  $\mu$  inférieur à 1% et un refus au tamis de 200  $\mu$  d'environ 25%. Ils existent en plusieurs types, normaux, très durs (T.H.D) ou allégés à la perlite. Ces plâtres sont généralement mélangés dans un rapport e/p proche de l'unité. Ils peuvent être appliqués manuellement ou projetés mécaniquement[10].

### ➤ La prise

Les produits résultant de la déshydratation thermique du gypse ont la propriété, lorsqu'ils se trouvent au contact de l'eau, de retrouver leur degré d'hydratation initiale et de reconstituer du gypse. Ce phénomène s'appelle la prise du plâtre. Plusieurs mécanismes ont été envisagés pour décrire ce processus qui se déroule en trois étapes successives

- Reprise de l'eau pour reformer le d'hydrate
- Cristallisation (qui constitue la prise proprement dite)
- Durcissement.

La prise est la réaction inverse de la cuisson



**Accélérateurs de prise** : Le passage traite de l'utilisation d'accélérateurs pour accélérer la prise du plâtre, principalement dans le domaine de la préfabrication. Ces accélérateurs sont généralement des produits minéraux ou des composés chimiques qui favorisent la formation de germes de cristallisation ou réduisent la solubilité du sulfate de calcium d'hydraté. Parmi les exemples d'accélérateurs mentionnés figurent le gypse broyé, divers sulfates (à l'exception du sulfate de fer), des acides tels que l'acide sulfurique, chlorhydrique ou nitrique, des chlorures, bromures et iodures alcalins, ainsi que le bichromate de potassium. L'utilisation de ces accélérateurs permet un durcissement plus rapide du plâtre, facilitant ainsi un démoulage plus rapide dans le processus de préfabrication [11].

**Retardateurs de prise** : Dans divers domaines tels que le bâtiment, l'art ou l'industrie, il est parfois nécessaire de retarder la prise du plâtre pour faciliter les travaux. Plusieurs mécanismes peuvent être utilisés à cet effet : Réduction de la vitesse de dissolution des phases anhydres du plâtre.

- Diminution de la solubilité des phases anhydres.
- Adsorption d'ions à la surface des cristaux de gypse en croissance et leur incorporation dans le réseau cristallin.
- Formation de complexes limitant la diffusion vers les cristaux de gypse.

Les principaux retardateurs de prise comprennent les phosphates alcalins et d'ammonium, les acides organiques et leurs sels solubles (comme l'acide citrique et les citrates), ainsi que les protéines dégradées. Généralement, l'efficacité des sels d'acides organiques suit cette séquence :  $H^+ > K^+ > Ca^{2+}$  [11].

**Rétenteurs d'eau :** Les épaisseurs sont des additifs utilisés dans le plâtre pour modifier sa consistance et faciliter son utilisation. Ils peuvent également retarder la prise du plâtre et agir comme des rétenteurs d'eau, empêchant l'évaporation pendant le processus de prise. En association avec des retardateurs de prise plus puissants, ils prolongent la durée d'emploi du plâtre. Les éthers cellulosiques, tels que la méthyl cellulose et la carboxyméthylcellulose, sont des exemples d'épaisseurs et de rétenteurs d'eau couramment utilisés depuis les années 1960. Ces additifs ont été essentiels dans le développement des plâtres modernes à long temps d'emploi et des plâtres projetés [11].

#### ➤ **Isolation thermique et régulation de l'hygrométrie**

La capacité isolante d'un matériau est d'autant plus élevée que le coefficient de conductivité thermique est faible, ce dernier est en fonction de la masse volumique. Du fait de sa faible conductivité thermique  $\lambda$ , le plâtre peut s'employer seul ou associé à d'autres matériaux pour améliorer l'isolation thermique des parois. Le tableau I.5 donne les caractéristiques thermiques du plâtre indiquées dans les Règles [12].

**Tableau I.1.**caracteristique thermique du plâtre

Matériau ou application	Masse volumique sèche $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique utile $\lambda$ (W . m <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> )	Capacité thermique massique $c_p$ (J . kg <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> )	Facteur de résistance à la vapeur d'eau $\mu$	
				sec	humide
Plâtre	600	0,18	1 000	10	4
Plâtre	900	0,3	1 000	10	4
Plâtre	1 200	0,43	1 000	10	4
Plâtre	1 500	0,56	1 000	10	4
Plaque de plâtre	900	0,25	1 000	10	4
Enduit isolant au plâtre	600	0,18	1 000	10	6
Enduit plâtre	1000	0,4	1 000	10	6
Enduit plâtre	1300	0,57	1 000	10	6
Plâtre et sable	1600	0,8	1 000	10	6

Un enduit plâtre appliqué sur une paroi du béton ou de terre cuite forme un revêtement continu qui améliore l'isolation thermique. Les plâtres spéciaux qui incorporent des charges d'agréats légers qui ont des conductivités thermiques de l'ordre de 0,18 à 0,20W . m-1 . K-1 sont particulièrement destinés à cet usage. En outre, du fait de sa forte inertie thermique et de sa faible conductivité thermique, le plâtre élimine le phénomène de paroi froide

#### ➤ Isolation acoustique

Effectivement, l'acoustique est un domaine où chaque détail compte, et la moindre erreur peut compromettre les résultats. Les ponts acoustiques sont particulièrement délicats, car ils permettent la transmission des vibrations sonores à travers les structures. Les enduits manuels ou par pulvérisation jouent un rôle crucial dans l'isolation contre le bruit aérien et dans la prévention des ponts acoustiques causés par divers facteurs tels que les fissures ou la porosité des matériaux.

Le plâtre, avec sa capacité à être façonné lors de sa fabrication et son aspect décoratif, est particulièrement adapté à la création de panneaux architecturaux ou ornementaux. Ces panneaux peuvent non seulement ajouter une touche esthétique à un espace, mais aussi

contribuer à réduire ou éliminer les échos indésirables, améliorant ainsi l'acoustique de la pièce. [13].

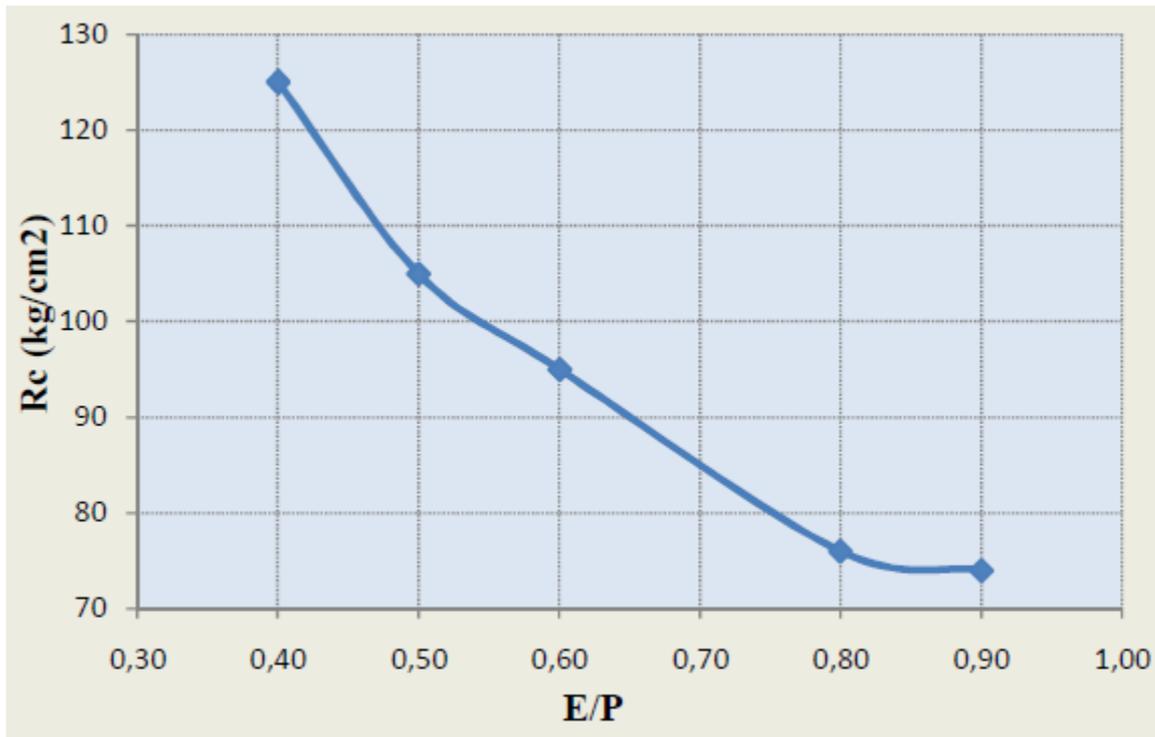
#### ➤ **Résistance au feu**

Le plâtre est un matériau incombustible largement utilisé dans la construction pour ses propriétés ignifuges. Lorsqu'il est exposé à la chaleur du feu, le plâtre libère lentement l'eau qu'il contient sous forme de vapeur, absorbant ainsi la chaleur et ralentissant la montée en température des matériaux adjacents. Cette réaction agit comme une barrière thermique, protégeant les structures en bois ou en acier pendant un certain temps. De plus, contrairement à certains autres matériaux, le plâtre ne dégage généralement pas de produits toxiques lorsqu'il est exposé au feu [14].

#### **I.4. Influence E/P sur la résistance mécanique**

La résistance mécanique du plâtre diminue à mesure que la proportion d'eau dans le mélange (rapport E/P) augmente, comme l'a observé Paradais [15]. Il a constaté que les résistances diminuent lorsque la teneur en eau augmente, passant d'un rapport E/P de 0,55 à 0,80. De plus, il a démontré qu'en condition de séchage à l'air, les résistances doublent entre 2 heures et 1 jour, quadruplent entre 2 et 7 jours, et qu'après 28 jours ou 90 jours, les résistances n'augmentent pratiquement plus [15].

**La figure 1.2** illustre l'impact du rapport E/P sur la résistance mécanique. Elle montre que les résistances mécaniques à la compression diminuent avec l'augmentation du rapport E/P. Ce phénomène s'explique par le fait que, une fois la cristallisation achevée, l'eau de gâchage non liée chimiquement quitte le matériau pendant le processus de durcissement. Cette perte d'eau crée une porosité interne. Par conséquent, un excès d'eau dans le mélange de plâtre entraîne une augmentation du pourcentage de vides et une baisse de la résistance à la compression.



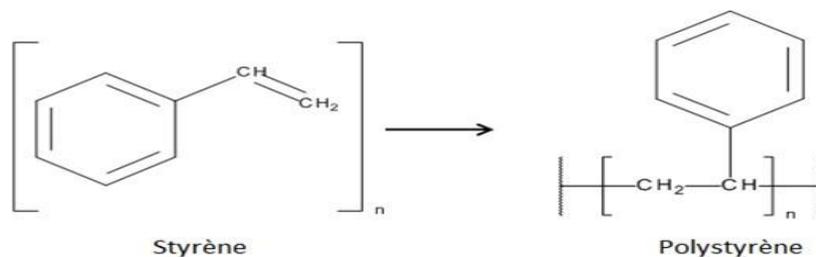
**Figure I.2.** Influence du rapport E/P sur la résistance mécanique [16].

## I.5. Le Polystyrène

### I.5.1. Définition

Le polystyrène, un plastique obtenu par polymérisation du styrène (un dérivé du pétrole), est solide, rigide et transparent. Il peut être mélangé à un gaz pour devenir très léger et se décline en différentes formes avec de multiples applications [17].

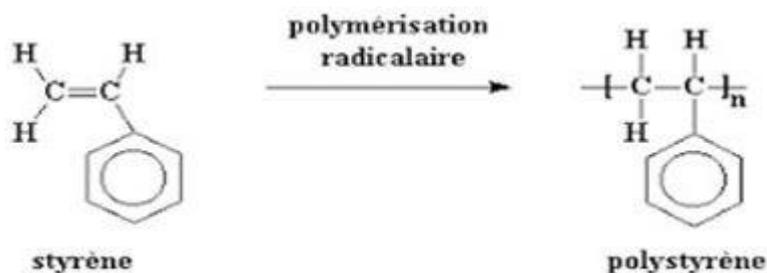
Le polystyrène (PS) est utilisé principalement pour les emballages et divers objets du quotidien. Il se présente sous plusieurs formes : homopolymère (rigide), copolymère HIPS (résistant aux chocs) et polystyrène expansé (très léger) [18].



**Figure I.3.** Schéma d'obtention du polystyrène [20].

### 1.5.2. Origine du polystyrène

Le polystyrène (PS) est en effet obtenu par polymérisation du styrène, un monomère issu de la pétrochimie. Plus de 90% de la production de styrène provient de la déshydrogénation de l'éthylbenzène et de l'éthylène. Sa formule chimique est  $(C_8H_8)_n$ , ce qui signifie qu'il est composé uniquement de carbone et d'hydrogène comme éléments chimiques.



**Figure I.4.** Polymérisation du monomère de styrène en polystyrène [20].

Effectivement, deux procédés de polymérisation sont couramment utilisés pour la fabrication du polystyrène : la polymérisation radicalaire en suspension et la polymérisation radicalaire en masse. Pour éviter la polymérisation à basse température lors du stockage et du transport du styrène liquide, le monomère est stabilisé avec des inhibiteurs tels que le 4-tert-butylcatéchol [19].

### 1.5.3. Forme du polystyrène

Selon l'usage final, on peut distinguer les formes suivantes :

➤ **Polystyrène standard**

Le monomère est préparé dans une suspension aqueuse afin d'obtenir des masses molaires élevées. Ce processus se déroule en milieu aqueux sous azote, en présence d'un plastifiant, d'un fluidifiant et d'un catalyseur à base de peroxydes (comme le peroxyde de benzoyle et l'hydro peroxyde de tertio butyle). Le monomère est présent sous forme de gouttelettes dans la suspension grâce à l'action d'un tensioactif, tel que le polyalcool vinylique ou les phosphates tricalcique [21].

Le polystyrène, également connu sous le nom de polystyrène d'utilisation générale ou polystyrène rigide (PSR), est un polymère amorphe qui se distingue par sa transparence, son aspect brillant et sa rigidité. Il est également connu pour sa fragilité et peut être coloré selon les besoins. En raison de sa transparence, il est souvent désigné sous le nom de PS cristal. Il

s'agit de la première forme de polystyrène obtenue par polymérisation, et toutes les autres formes de polystyrène découlent de modifications de celle-ci [22].



**Figure I.5.** Polystyrène cristal [20].

➤ **Polystyrène choc**

Le polystyrène choc (PS choc) est un matériau résultant de la polymérisation du styrène en présence d'un élastomère renforçant. Il se caractérise par une structure à deux phases : une phase continue de polystyrène (PS) et une phase discontinue de polybutadiène dispersée dans la matrice. Cette structure confère au PS choc une résistance élevée aux chocs, car les nodules de polybutadiène agissent comme des absorbeurs d'énergie. Ainsi, le PS choc peut supporter des impacts plus importants que le polystyrène normal. Il est largement utilisé dans des applications nécessitant une résistance élevée aux chocs, telles que l'automobile, les jouets et l'emballage.

➤ **Polystyrène choc**



**Figure I.6.** Polystyrène choc [20].

➤ **Le polystyrène expansé**

Le polystyrène expansé (PSE) se présente sous deux formes principales : le PSE expansé moulé (PSEM) et le PSE expansé extrudé (PSX).

Le PSEM est produit à partir de perles de polystyrène expansible. Ces perles, qui contiennent un agent d'expansion, subissent une expansion thermique lorsqu'elles sont chauffées en présence de vapeur d'eau. Ce processus peut multiplier le volume des perles jusqu'à 60 fois. Ensuite, les perles sont stabilisées et soudées entre elles dans des moules en utilisant de la vapeur.

Quant au PSX, il est fabriqué par un processus d'extrusion. Ce processus couramment utilisé consiste à faire fondre des granulés de polystyrène cristal dans une extrudeuse sous pression. Ensuite, on mélange au polymère fondu un ou plusieurs agents de nucléation et un agent d'expansion liquide ou gazeux. Le mélange est poussé à travers une filière sous pression, produisant une plaque ou une feuille expansée. Cette dernière est ensuite refroidie pour stabiliser sa forme.

Ces deux procédés de fabrication produisent des produits en polystyrène expansé avec des propriétés différentes, adaptées à diverses applications [22].



**Figure I.7.** Polystyrène expansé

#### **I.5.4. Propriétés du polystyrène**

➤ **Propriétés électriques et thermiques**

Les polystyrènes possèdent de bonnes propriétés d'isolation électrique. Ils peuvent recevoir des additifs pour devenir antistatique ou conducteurs. Ce sont de faibles conducteurs de chaleur.

➤ **Comportement au feu**

Les polymères combustibles peuvent dégager une odeur sucrée lorsqu'ils brûlent. À environ 300°C, ils se décomposent en dioxyde de carbone et en vapeur d'eau, mais une combustion incomplète peut également produire du monoxyde de carbone. En présence d'air contenant de l'azote, des oxydes d'azote sont également générés. Il est important de prendre des mesures de sécurité appropriées pour prévenir ces réactions et réduire les risques d'incendie. [22].

➤ **Vieillessement**

Les polymères, lorsqu'ils sont exposés à l'extérieur pendant une période prolongée, peuvent subir un processus d'oxydation qui altère leur apparence et leur structure. Cela se manifeste souvent par un jaunissement et une fragilisation de leur surface. Pour contrer ce phénomène, l'ajout d'agents protecteurs ou de colorants peut être efficace pour améliorer leur résistance au vieillissement et prolonger leur durabilité [22].

➤ **Résistance aux produits chimiques-corrosion**

Les polystyrènes (PS) sont sensibles à de nombreux solvants organiques, mais résistent bien aux produits inorganiques et aux produits alimentaires. Ils sont robustes face aux acides, bases, agents oxydants et réactifs. Cependant, les PS peuvent réagir avec des acides concentrés et des hydrocarbures, pouvant entraîner un gonflement ou une dissolution. Leur stabilité dimensionnelle est excellente, mais des précautions de stockage et de manipulation sont nécessaires pour éviter ces réactions [21].

Les propriétés remarquables du polystyrène sont notamment :

- Sa faible masse volumique située généralement, suivant les applications, entre 10 et 30 kg/m<sup>3</sup>,
- Son pouvoir isolant thermique,
- Ses excellentes propriétés mécaniques (résistance en compression, capacité d'amortissement des chocs),
- Son insensibilité de mise en forme (moulage, découpage, ...) [23].

### **I.5.5. Propriétés techniques du polystyrène (PS)**

Le PS est un thermoplastique amorphe

- Le PS peut être injecté en très fine épaisseur, on peut donc en faire de petites pièces
- Aspect et toucher plutôt sec ; bruit « métallique » lorsqu'il tombe

- Transparent : nouveaux grades pouvant être transparents et résistants au choc
- Rigidité : parmi les plus rigides : Module de 3 GPa
- Résistance au choc : plutôt fragile ; de 0 à +80°C ; mais résistant si expansé
- Densité : 1,015 kg/dm<sup>3</sup> ; mais expansé, on divise sa densité par 10
- Perméabilité aux gaz et à l'humidité : médiocre
- Température d'utilisation : de 0° à +100°C ; - Température de mise en œuvre : 190 à 250°C ; Soudabilité : soudure à chaud. Se colle bien [22].
- Le polystyrène est un thermoplastique semi-rigide.  
Sa température de transition vitreuse T<sub>g</sub> est de 120° C et sa température de fusion de 110°C.
- C'est un matériau solide à 20 ° C et pâteux à 120°C, qui fond entre 150°C et 170°C.
- Il est inflammable et combustible, avec une température d'auto inflammation d'environ 490°C
- C'est une matière qui n'a ni odeur ni goût [24].

Ces caractéristiques techniques varient en fonction des grades et des formulations spécifiques du polystyrène, adaptés à différentes applications industrielles et commerciales.

### I.5.6. Le polystyrène expansé

Le polystyrène expansé (PSE) est en effet largement utilisé pour son faible poids et ses propriétés isolantes, ce qui en fait un choix populaire pour l'isolation thermique des bâtiments. Sa structure alvéolaire lui confère une capacité d'absorption des chocs, ce qui le rend également idéal pour l'emballage de produits fragiles. , ce qui fait appel à ses caractéristiques vis à vis des phénomènes de chocs [25].



**Figure I.8.** Les plaques de polystyrène

### I.5.7. Fabrication de PSE

Les isolants en polystyrène expansé (PSE) sont fabriqués à partir de billes de polystyrène expansible en plusieurs étapes : pré-expansion avec de la vapeur d'eau, maturation ou stabilisation à l'air, expansion et moulage. Les billes sont ainsi dilatées et expansées jusqu'à 50 fois leur volume.

### I.5.8. Utilisation du Polystyrène expansé

Le PSE est utilisé pour ses pouvoirs de régulation thermique, été comme hiver. Il est parfaitement adapté au doublage des parois planes, telles que les murs, les toitures ou les sous-sols. Il est disponible sous diverses formes :

- **Brut, en plaques** de différentes tailles et épaisseurs pour le doublage des murs intérieurs et extérieurs.
- **En panneaux sandwich**, pour l'isolation des toitures par l'extérieur ou l'intérieur.
- **En panneaux recouverts** d'une pellicule protectrice ou d'un parement pour le doublage des murs intérieurs et le cloisonnement.
- En parpaings ou coffrages perdus isolants pour le béton banché
- **En vrac**, à injecter dans un volume confiné.
- **En agrégat** destiné au béton des chapes légères.

### I.5.9. Polystyrène expansé et environnement

Le polystyrène expansé (PSE), également appelé PSE, est accompagné de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES), ainsi que de certificats délivrés par des organismes tels que l'ACERMI et le CSTB, attestant de ses caractéristiques environnementales et sanitaires. Les études thermiques et les analyses d'impact environnemental confirment sa pertinence comme matériau d'isolation pour les projets de construction écologique, soulignant ainsi sa contribution aux bâtiments co-responsables [26].

Le polystyrène expansé est fabriqué à partir d'un dérivé de raffinage du pétrole brut appelé naphta. Cependant, sa production annuelle ne représente qu'une fraction minimale, soit moins de 0,1 %, de l'extraction totale de pétrole brut. Ainsi, il utilise très peu de matière première et contribue à préserver cette ressource naturelle épuisable qu'est le pétrole. De plus, le naphta, utilisé comme matière première dans la fabrication du polystyrène expansé, ne serait pas utilisable comme combustible et deviendrait un déchet s'il n'était pas intégré dans la chaîne de production de ce matériau. Ce processus de valorisation permet donc de réduire le gaspillage et

d'optimiser l'utilisation des ressources. On évite ainsi la création d'une pollution supplémentaire [27].

### **1.6. Mortier plâtre légers à base du polystyrène**

L'intégration d'additifs de polystyrène dans les mortiers légers offre une gamme d'avantages significatifs. Tout d'abord, ces additifs contribuent à réduire la densité du mortier, ce qui le rend plus léger et donc plus facile à manipuler et à appliquer sur diverses surfaces. De plus, la présence de polystyrène améliore les propriétés d'isolation thermique du mortier, ce qui peut contribuer à réduire les pertes de chaleur dans les structures construites.

En outre, les mortiers contenant du polystyrène présentent souvent une meilleure capacité de rétention d'eau, ce qui peut améliorer la résistance et la durabilité du matériau. Cette caractéristique est particulièrement avantageuse dans les environnements où une hydratation prolongée est nécessaire pour assurer un durcissement adéquat du mortier.

Cependant, il est essentiel de formuler ces mélanges avec précision pour garantir une distribution uniforme des particules de polystyrène et éviter les problèmes tels que la ségrégation ou la diminution des propriétés mécaniques du mortier. Des études approfondies sont nécessaires pour déterminer les proportions optimales d'additifs de polystyrène en fonction des exigences spécifiques de chaque application.

#### **1.6.1. Composition des plâtres légers de polystyrène expansé**

Les plaques de plâtre légères avec du polystyrène expansé sont composées principalement de plâtre et de polystyrène expansé. Le plâtre, à base de sulfate de calcium semi hydraté, forme la base rigide de la plaque, tandis que le polystyrène expansé, un matériau plastique léger et isolant thermique, est ajouté pour réduire le poids total de la plaque et améliorer son isolation thermique. D'autres additifs peuvent être inclus pour renforcer la résistance mécanique, la résistance au feu et la durabilité. En combinant ces composants, on obtient des plaques de plâtre légères et isolantes, idéales pour une utilisation comme parement intérieur dans la construction [28].

#### **1.6.2. Application des plâtres légers de polystyrène expansé**

Le mortier léger est spécialement conçu pour plusieurs applications :

- Allègement des structures : Il permet de réduire le poids des éléments jusqu'à environ 78 %, ce qui peut être particulièrement avantageux dans la construction.

- Isolation thermique et acoustique : Grâce à ses propriétés isolantes et à sa composition spécifique, il contribue à améliorer l'isolation thermique et acoustique des bâtiments.
- Travaux neufs ou de rénovation : Il est adapté aussi bien pour les travaux de construction neuve que pour les projets de rénovation, dans les immeubles collectifs ou les maisons individuelles.
- Ravaillages isolants et sous-chapes : Il est également adapté pour la réalisation de ravaillages isolants et de sous-chapes, ce qui contribue à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.
- Isolation thermique et acoustique aux bruits de chocs : En plus de ses propriétés isolantes, il contribue également à réduire les bruits de chocs, ce qui améliore le confort acoustique des espaces intérieurs.

**Chapitre II :**  
**Matériaux et techniques**  
**expérimentale**

**II.1.Introduction**

Ce chapitre nous présentera le protocole de confection et préparation des éprouvettes et échantillons et les différents matériaux utilisés dans notre partie Expérimentale en plus nous présentons les caractéristiques des matériaux et la composition de plâtre utilise, notamment les essais physiques réalisés au niveau des laboratoires de département génie civil l'université de Bejaia les matériaux utilisés dans cette partie sont énumérés comme suit :

- L'eau de robinet de la région de Bejaïa
- Le plâtre de usine Constantine
- Polystyrène expansé (récupérer de la société technique d'isolation du polystyrène expansé)

**II.2. Matériaux****II.2.1. Plâtre****II.2.2.Caractéristiques physiques du plâtre utilise**

Le plâtre est un matériau de construction et de revêtement composé principalement de sulfate de calcium hémi hydraté. Sous forme de poudre blanche fine, il réagit avec l'eau pour former du gypse, durcissant en quelques heures. Poreux et adhérent, il peut être modelé et sculpté, offrant une bonne résistance à la compression une fois sèche. Polyvalent, il est largement utilisé pour créer des surfaces lisses et décoratives dans la construction et la décoration.

**II.2.3.Masse volumique apparente**

La masse volumique apparente d'un matériau représente la masse d'un objet par unité de volume apparent, comprenant les vides et les capillaires. Elle est généralement mesurée en grammes par centimètre cube ( $\text{g/cm}^3$ ), kilogrammes par mètre cube ( $\text{kg/m}^3$ ) ou tonnes par mètre cube ( $\text{t/m}^3$ ).

$$\rho_{app} = \frac{M}{V}$$

C'est la densité du matériau, prenant en compte les espaces vides entre les grains, conformément à la norme NF P 18-554 [1].

**Mode opératoire**

Les démarches pour établir la masse volumique apparente du plâtre utilisé dans cette étude sont les suivantes :

Après avoir pesé l'échantillon dans un récipient et obtenu sa masse, notée M

Remplissez le récipient d'eau jusqu'à ce qu'il soit plein, ce qui représente un volume V.

Assurez-vous que la surface du sable soit bien nivelée dans le récipient.

Ensuite, pesez le tout, y compris l'eau et le récipient. Ce poids total est désigné par M2.

Le volume du récipient est de 1000 ml.



**Figure II. 1.** Détermination de la masse volumique apparente d'un matériau

Les données sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II. 1 :** La masse volumique apparente du plâtre

N° d'essai	M (g)	V (cm <sup>3</sup> )	aap(g/cm <sup>3</sup> )	app(g/cm <sup>3</sup> )
1	1359.6	1000	1.361	<b>1.356</b>
2	1350	1000	1.35	
3	1370.5	1000	1,375	

### II.2.4. Masse volumique absolue

C'est la quantité de matière par unité de volume absolu d'un objet, ne tenant compte ni des vides ni des pores. Cette grandeur est souvent exprimée en grammes par centimètre cube ( $\text{g/cm}^3$ ), kilogrammes par mètre cube ( $\text{kg/m}^3$ ), ou tonnes par mètre cube ( $\text{t/m}^3$ ).

$$\rho_{abs} = \frac{M}{V}$$

C'est la quantité de matière contenue dans un volume spécifique de la substance, exprimée par le rapport entre sa masse et son volume absolu selon la norme NF P 18-555 [2].

#### Mode opératoire

Pour la méthode des éprouvettes graduées l'essai est facile à réaliser il suffit de mesurer la différence de volumes.

Remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau. Peser un échantillon sec  $M$  de granulats (environ 300g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air ; le liquide monte dans l'éprouvette. On place l'échantillon dans le récipient de capacité 1000 ml et on y verse 300ml d'eau. Préparé préalablement dans deuxième récipient gradué, puis on malaxe soigneusement le Contenu pour chasser l'air qui y existe. Après cette opération, on détermine le volume final Occupé par le mélange plâtre – eau. Soit ( $V$ ) ce volume. Sachant que le volume ( $V_e$ ) d'eau versé est 300 ml, il serait facile de déterminer le volume Occupé par le sable seul. Volume de sable :  $V_1 = V - 300(\text{cm}^3)$ .

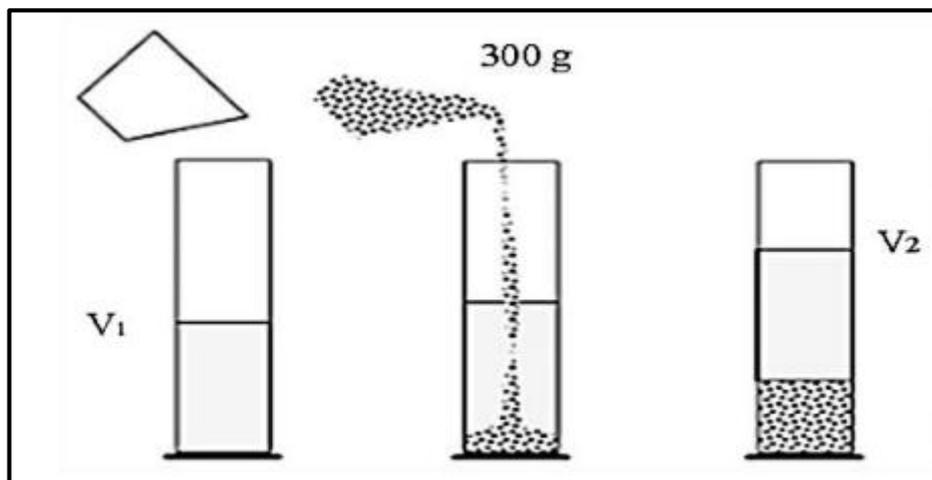


Figure II. 2 : Détermination de la masse volumique absolue d'un matériau

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau II. 2** : les résultats de La masse volumique absolue du plâtre

N	M (g)	Ve (cm <sup>3</sup> )	V l (cm <sup>3</sup> )	$\rho_{\text{abs}}$ (g /cm <sup>3</sup> )	$\rho_{\text{abs}}$ (g/cm <sup>3</sup> )
1	300	300	100	3	<b>2.702</b>
2	300	300	115	2.608	
3	300	300	120	2.5	

### II.2.5. La Consistance

La prise de plâtre est une réaction chimique qui a partir d'un corps anhydre et instable auquel on ajoute de l'eau donne un nouveau corps stable et indéformable pour un plâtre donne il y a une quantité d'eau nécessaire et suffisante (suivant le rapport E/C)

On fixe généralement le rapport E/C=0.25 ou 0.30 mais jamais supérieur à 0.40

#### Mode opératoire

Mettre 350g de plâtre dans malaxeur ajouté de l'eau et considère comme étant le temps zéro T0

Introduire rapidement la pâte dans le moule tronconique pose sur la plaque sans tassement ni vibration excessive

Mettre le tout dans l'appareil de VICAT

Amener la sonde à la surface supérieure de l'échantillon et la relâcher sans élan.

Après 30 secondes d'attente mesurer la distance d entre l'extrémité de la sonde et le fond du moule.



Figure II. 3. Appareil de Vicat muni de l'aiguille avec une surcharge

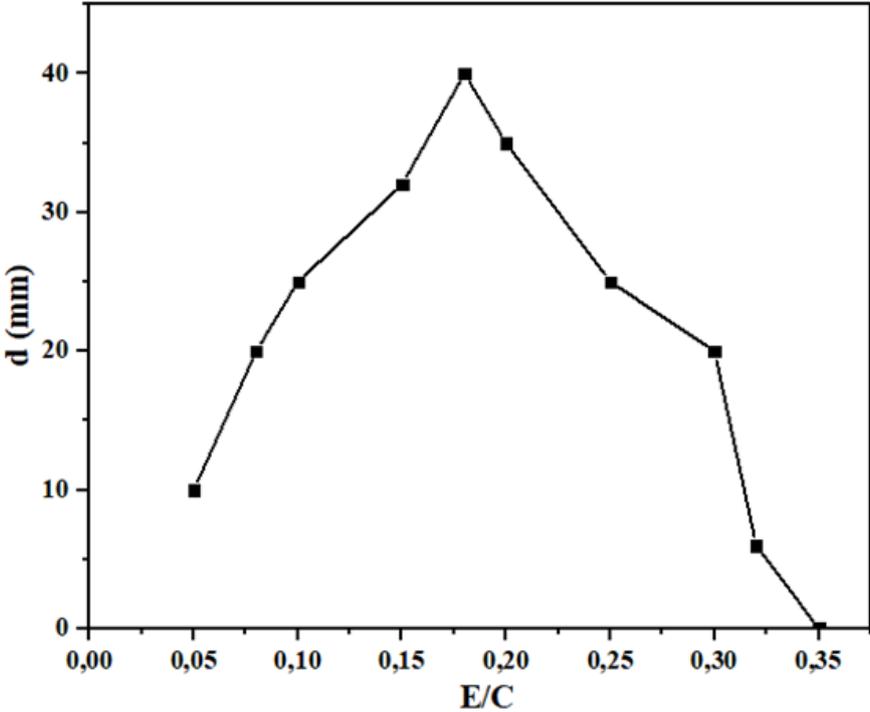


Figure II.4.Courbe de la consistance

II.2.6.La prise

L'échantillon est placé dans l'appareil de Vicat, qui est équipé d'une aiguille standard. Pour mesurer le temps de prise hors norme avec une surcharge de 350 grammes, vous placez cette surcharge sur le plateau supérieur de l'appareil on fixe E/P=0.5



Figure II.5. L'appareil de Vicat

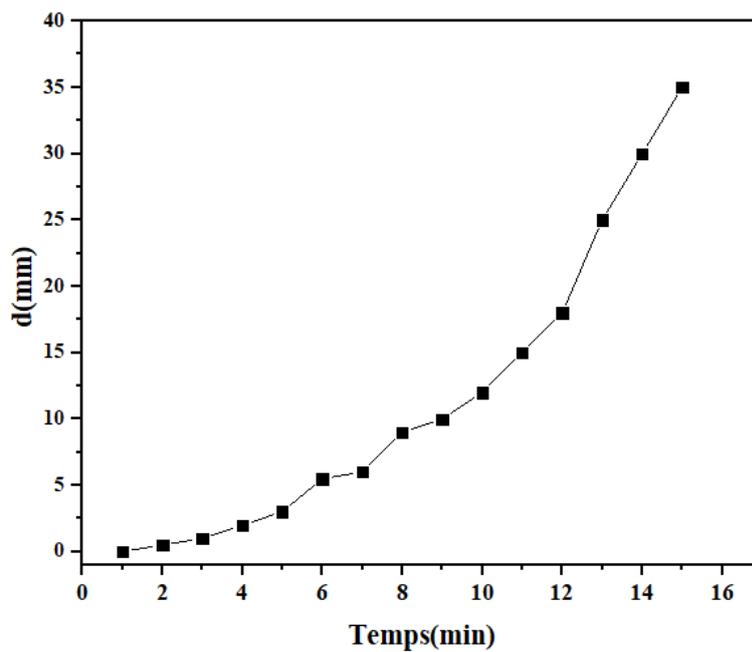


Figure II.6. Courbe de la prise

### II.3. Polystyrène

#### II.3.1. Caractéristiques physique du polystyrène

Une série d'expérimentations a été menée pour évaluer la qualité du polystyrène expansé en fonction de son utilisation prévue. Voici les principales conclusions :

Le polystyrène expansé est un thermoplastique amorphe.

Il est initialement présenté sous forme de granulés translucides, avec des perles de polystyrène d'un diamètre compris entre 0,8 et 2 mm et une masse volumique d'environ 1,05 g/cm<sup>3</sup>.

Le processus d'expansion se déroule en deux étapes : une pré-expansion des granulés, suivie d'une expansion finale dans un moule, qui produit un bloc de polystyrène expansé.

Les granulés de polystyrène sont expansés à la vapeur, à des températures et pressions préalablement définies.

Ce procédé de fabrication offre l'avantage de produire des surfaces lisses et moins poreuses.

Le polystyrène expansé atteint un point de ramollissement à une température de 90°C. les normes NF T 51-021[3]. Et NF EN ISO 306[4].

#### II.3.2. la masse volumique appartenant du polystyrène

**Tableau II.3** : les résultats de la masse volumique appartenant du polystyrène

<b>Classe 6</b>	M(g)	V (ml)	$\rho_{app}$ (g/ml)
	103,8	250	0,4152
<b>Classe 4</b>	M(g)	V (ml)	$\rho_{app}$ (g/ml)
	103,8	200	0,519
<b>Classe 2</b>	M(g)	V (ml)	$\rho_{app}$ (g/ml)
	105,6	250	0,4224

#### II.3.3. Confection et conservation

##### ➤ Formulation et malaxage

Le mélange est effectué en utilisant de l'eau de robinet. La quantité de plâtre utiliser a été choisi en fonction de pourcentage de polyester présente dans le mélange. Le tableau ci-dessus explique la méthode de choix du poids de plâtre et la quantité de l'eau utiliser dans le gâchage :

**Tableau II.4** : la méthode de choix dans le gâchage

<b>% poly</b>	<b>Poids de plâtre (g)</b>	<b>Quantité de l'eau (ml)</b>	<b>E/P (g/ml)</b>
<b>0</b>	1000	600	0,6
		500	0,5
		400	0,4
<b>0,5</b>	1000	600	0,6
		500	0,5
		400	0,4
<b>1</b>	1000	600	0,6
		500	0,5
		400	0,4

- Un protocole précis est suivi pour mélanger la poudre et l'eau, car le processus de malaxage à un impact significatif sur les propriétés finales du matériau :
- La poudre de plâtre est ajoutée à l'eau en 30 secondes, en veillant à éviter l'incorporation excessive de bulles d'air.
- La pâte est laissée à reposer pendant 1 minute pour assurer un contact complet entre la poudre et l'eau.
- Ensuite, le mélange de la pâte est réalisé pendant 30 secondes en effectuant 30 mouvements hélicoïdaux avec une cuillère. Arrêter le malaxeur, démonter le batteur, puis racler les parois et le fond du récipient de façon qu'aucune partie de mortier n'échappe au malaxage.
- Après remontage du batteur reprendre le malaxage pendant 2 mn à vitesse rapide.
- Après le malaxage couler le mortier dans les moules normalisés (4x4x16) cm<sup>3</sup>, qui doivent être graissés au préalable, remplir la moitié du moule qui doit être placé sur la table à choc, avec un nombre de coups égal à 60coup/mn.
- Retirer le moule après la vibration et le remplir de nouveau jusqu'au débordement, raser l'excès puis remettre sur la table à choc pour compléter l'homogénéisation



**Figure II.7.** pesé du plâtre et polystyrène et Le Malaxage

➤ **Préparation des moules**

Pour la préparation les moules, nous avons procédé de la façon suivante :

- Prépare une série des moules des dimensions  $(4 \times 4 \times 16)$  cm<sup>3</sup> convenables avec la quantité du mortier
- Huiler les moules et vérifier leurs serrages
- Placer les moules sur une table vibrante.



**Figure II.8.** Des moules prismatique  $(4 \times 4 \times 16)$  cm<sup>3</sup>

➤ **Conservation des éprouvettes**

Après 24h de la confection des éprouvettes et Après le démoulage des éprouvettes sont laissées en repos



**Figure II.9.**Les éprouvette prismatique (4x4x16) cm<sup>3</sup>

**II.4. Caractérisation du mortier plâtre-polystyrène**

**II.4.1. Caractérisation physique**

**Mode opératoire**

Les éprouvettes doivent être sorties de l'eau et essuyée avec un papier ou un chiffon propre pour les mesures et les pesé (état humide) :

On plonge les éprouvettes dans l'eau et on les reprise une deuxième fois avec deux méthode différent on appelle la hydrostatique

**II.4.2. Masse volumique**

La masse volumique est une mesure physique qui indique la quantité de matière présente dans un certain volume, exprimée comme la masse par unité de volume.

$$Mv = \frac{Ms}{Mst - Mph}$$

**II.4.3. La porosité**

La porosité du plâtre est une caractéristique physique importante qui peut influencer sa Densité, sa résistance mécanique, sa perméabilité à l'eau et à l'humidité, ainsi que son

Interaction avec d'autres matériaux. La porosité peut être déterminée par la formule suivante selon la norme NF P 18-554 [5].

$$\text{Pr}(\%) = \frac{M_{st} - M_s}{M_{st} - M_{ph}} * 100$$

**Ms** : Masse sèche

**Mst** : Masse saturée

**Mph** : Masse par la pousse hydrostatique

### Mode opératoire

- les éprouvettes doivent être sorties de l'eau et essuyées avec un papier ou un chiffon propre pour les mesures et les pesés (état humide) ;
- on plonge les éprouvettes dans l'eau et on les repese une deuxième fois avec deux méthodes différentes on appelle la pesée hydrostatique



**Figure II.10.** Pesé hydrostatique sous l'eau



**figure II.11.** Pesé hydrostatique à l'état saturé

### II.4.4. Absorption d'eau

La capacité d'un matériau à absorber et à retenir l'eau, définie en pourcentage selon la norme NF P 18-555 [6].

D'après la formule suivante.

$$\text{Ab} = \frac{M_{st} - M_{sec}}{M_{sec}} * 100$$

**II.5. Caractérisation thermique**

La conductivité Thermique est une propriété physique des matériaux qui mesure leur capacité à conduire la chaleur. En d'autres termes, c'est la capacité d'un matériau à transférer la chaleur à travers lui-même lorsqu'une différence de température est présente. Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il est efficace pour conduire la chaleur. La conductivité thermique est généralement exprimée en watts par mètre-kelvin (W/m.K) et varie en fonction de la nature du matériau. Les métaux, par exemple, ont généralement une conductivité thermique élevée, tandis que les isolants thermiques ont une conductivité thermique plus faible.

**Mode opératoire**

On a Le CT Mètre est un appareil permettant de mesurer la conductivité thermique de matériaux. Sa simplicité d'utilisation et sa taille réduite en font un accessoire portable unique, très pratique pour effectuer les mesures sur le terrain. NF en 12664[7].

On régler la norme de la pareille a la configuration 2

On pondre Une sonde Hot Disk est placée entre deux échantillons du même matériau à mesurer Cette sonde est utilisée à la fois comme source de chaleur et comme capteur de température.

Nous quittons la machine jusqu'à ce qu'elle soit dans une position stable élewa attendit 2 min pour calculer la conductivité thermique  $\lambda$  (w/m.k)



**Figure II.12.** *Conductivité thermique d'un matériau*

### II.6. Caractérisation mécanique

#### II.6.1. Essais Ultrason

La méthode consiste à mesurer la vitesse de propagation du son traversant le béton à l'aide d'un générateur et d'un récepteur selon la norme NF P 18-418 [8].

Les essais peuvent être effectués sur des éprouvettes soit prismatiques ou cylindriques.

#### Mode opératoire

- Placer les transducteurs de part et d'autre de l'objet à tester
- Vérifier le réglage de l'appareil à l'aide du barreau étalon et du potentiomètre
- Mettre sur les surfaces des transducteurs un peu de graisse (gel) pour assurer un bon contact entre les transducteurs et l'échantillon teste
- Appliquer les transducteurs sur la pièce à contrôler
- Noter le temps T de parcours par l'onde en us (micro seconde)
- Mesurer la distance D parcourue par les ondes de l'émetteur au récepteur
- Calculer la vitesse du son dans le béton selon l'équation suivante :  $V=D/T$  (m/s)



**Figure II.13.**Appareil Essai Ultrason



**Figure II.14.** Mesure par la méthode ultrason

### II.6.2. Essais Flexion

Machine de compression automatique à double chambre PILOT PRO, cap 15/300 KN, pour essais de compression et de flexion sur prismes ciment/mortier 40x40x160 mm ; la machine est composé de :

- Gabarit de flexion avec entraxes  $d = 100$  mm
- Système de contrôle automatique PILOT PRO
- Contrôle PID en boucle fermée du taux de charge

Les essais sont menés conformément à la norme EN 196-1, 1015-11[9].

Les essais sont couramment effectués sur des échantillons prismatiques de dimensions (4 x 4 x 16) cm<sup>3</sup>.



**Figure II.15.** La machine pour essais de flexion

### Mode opératoire

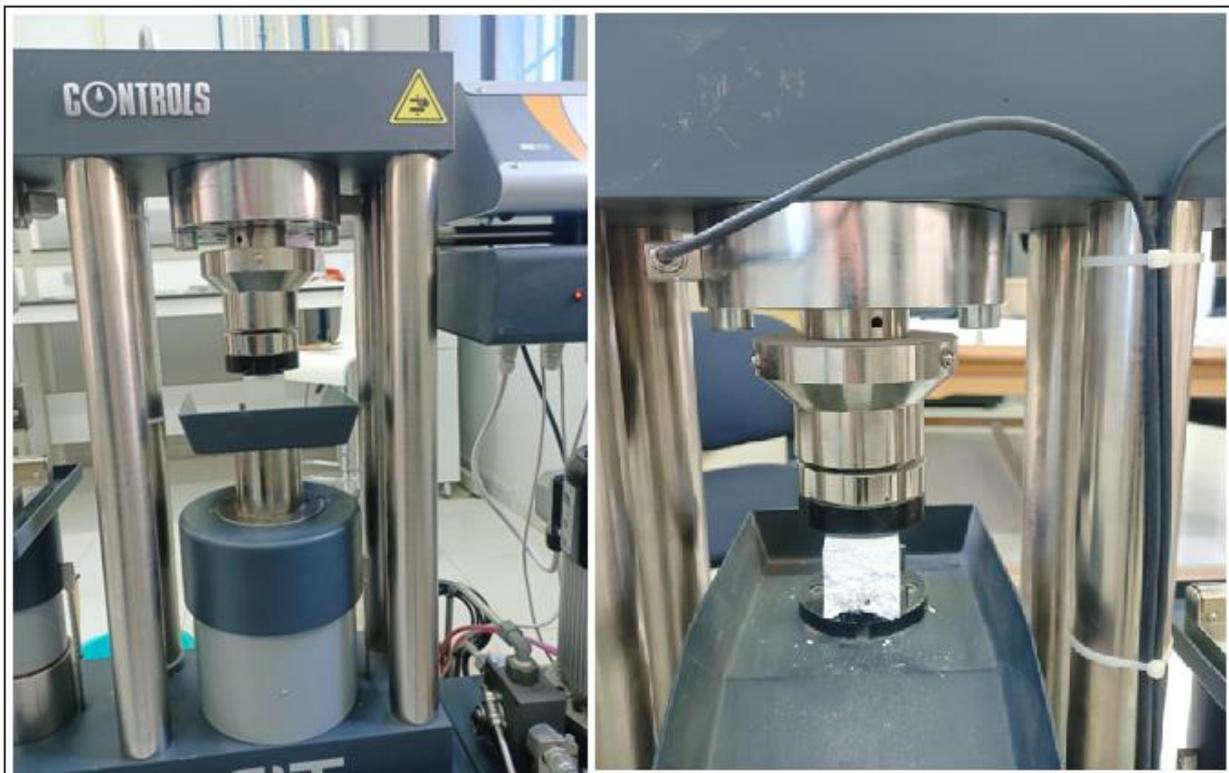
- Pendant l'essai de flexion 3 points selon norme NF ISO 178 [10], un échantillon de plâtre on placée entre deux appuis.
- Faire croître la charge  $P$  progressivement, de façon que la rupture se produise de 20 à 40 s après le début de la mise en charge.
- Veiller à ce que les arêtes de l'éprouvette soient bien perpendiculaires aux rouleaux et à ce que le rouleau supérieur soit bien équidistant des rouleaux inférieurs.
- Noter la charge maximale la force  $F$  et la contrainte.

### II.6.3. Essais compression

Machine de compression automatique à double chambre PILOT PRO, cap 15/300 KN, pour essais de compression et de flexion sur prismes ciment/mortier 40x40x160mm ; la machine est composé de :

- Plateaux 40x40 mm
- Système de contrôle automatique PILOT PRO
- Fréquence de contrôle et d'échantillonnage des données élevée : 250 Hz - Moteur CC à aimant permanent à vitesse variable pour des performances supérieures à faibles taux de charge et faibles valeurs de charge

Les essais sont menés conformément à la norme EN 1 96-1, 1015-11[11].



**Figure II.16.** La machine pour essais de compression

### Mode opératoire

- Placer le dispositif de compression et l'éprouvette entre les Plateaux de la presse de telle manière que l'axe de la rotule du plateau supérieur passe par le centre des surfaces comprimées
- Augmenter la charge à une vitesse telle que l'écrasement se produise entre 20 et 40s après le début de mise en charge
- Son objectif est de soumettre l'éprouvette à une force croissante jusqu'à ce que des fissures apparaissent, permettant ainsi de déterminer sa résistance à la compression. Cette méthode permet d'évaluer si le béton est apte à supporter la charge attendu.

### Conclusion

Pendant toutes les phases de réalisation de ce travail, le respect du plan du mémoire et des normes des différents essais effectués est crucial. La compréhension de ce sujet conduit à une division en deux volets distincts dans cette étude. Le premier volet concerne les caractéristiques physiques des matériaux utilisés pour formuler différents types de plâtre élaboré. Le deuxième volet, quant à lui, porte sur l'impact du polystyrène sur les propriétés physicomécaniques telles que la masse volumique, l'absorption, la résistance à la flexion et à la compression

# **Chapitre III :**

## **Résultats et discussion**

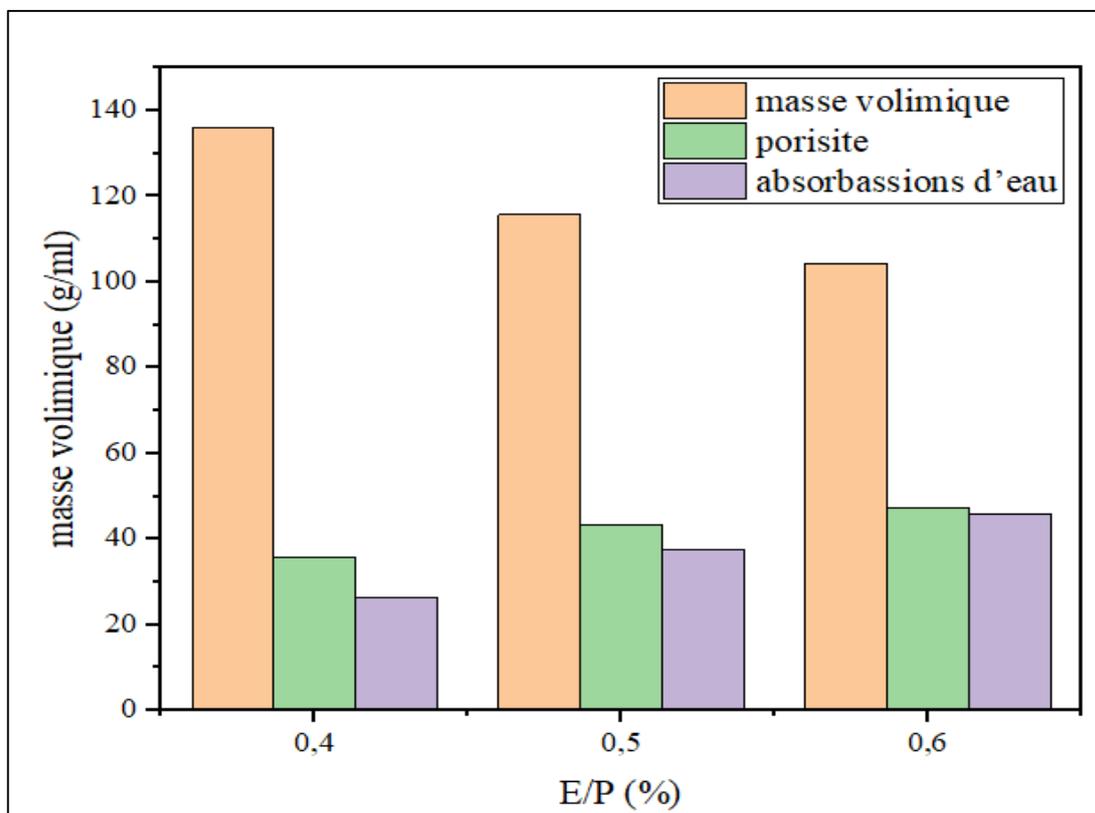
### III.1.Introduction

Ce dernier chapitre présente les différents essais réalisés sur les mortiers de plâtre allégé, ainsi que leurs discussions et interprétations des divers phénomènes étudiés. Les matériaux renforcés sont caractérisés en flexion trois points, en compression, et physiquement. Les essais de flexion ont été effectués sur des échantillons prismatiques de dimensions  $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ , tandis que les essais de compression ont été réalisés sur des cubes équivalents  $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ . Une synthèse des résultats des caractéristiques mécaniques (résistance en flexion et en compression) et des caractéristiques physiques obtenues est présentée dans ce chapitre.

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la variation due aux retraits ainsi que les résistances à la flexion et à la compression du mortier en variant le rapport E/P (eau/ciment). En second lieu, il s'agit d'analyser la variabilité des résistances en fonction de ces deux paramètres d'entrée.

### III.2.Etude des réponses en fonction de rapport E/P (0%)

#### III.2.1 les caractéristiques physiques (Masse volumique et porosité et absorptions d'eau)



**Figure III.1.** Evolution de la masse volumique et porosité et absorptions d'eau en fonction de rapport E/P

Les résultats de (figure III.1.) la masse volumique, la porosité et l'absorption d'eau réalisés sur trois éprouvettes de plâtre après 28 jours, avec des variations du rapport E/P (Eau/Plâtre) de 0,4, 0,5 et 0,6, montrent des tendances claires dans les propriétés du plâtre. La masse volumique du plâtre diminue de 135,9 g/ml à 104,43 g/ml lorsque le rapport E/P augmente de 0,4 à 0,6. Cela indique que le plâtre devient moins dense et plus léger avec un apport accru d'eau. Parallèlement, la porosité du plâtre augmente de 35,66 % à 47,49 %, ce qui signifie que le matériau contient plus de vides ou de pores à mesure que la quantité d'eau relative augmente. De plus, l'absorption d'eau du plâtre passe de 26,3 % à 45,76 %, montrant une capacité croissante du matériau à absorber l'eau en fonction de l'augmentation du rapport E/P. En résumé, une augmentation du rapport E/P entraîne une diminution de la masse volumique, une augmentation de la porosité et une hausse de l'absorption d'eau, suggérant que le plâtre devient plus léger, plus poreux et plus absorbant avec plus d'eau. Ces observations sont essentielles pour comprendre et optimiser les propriétés du plâtre en fonction des besoins spécifiques de son utilisation, qu'il s'agisse de légèreté, de porosité ou d'absorption d'eau.

### III.2.2.Caractérisation thermique

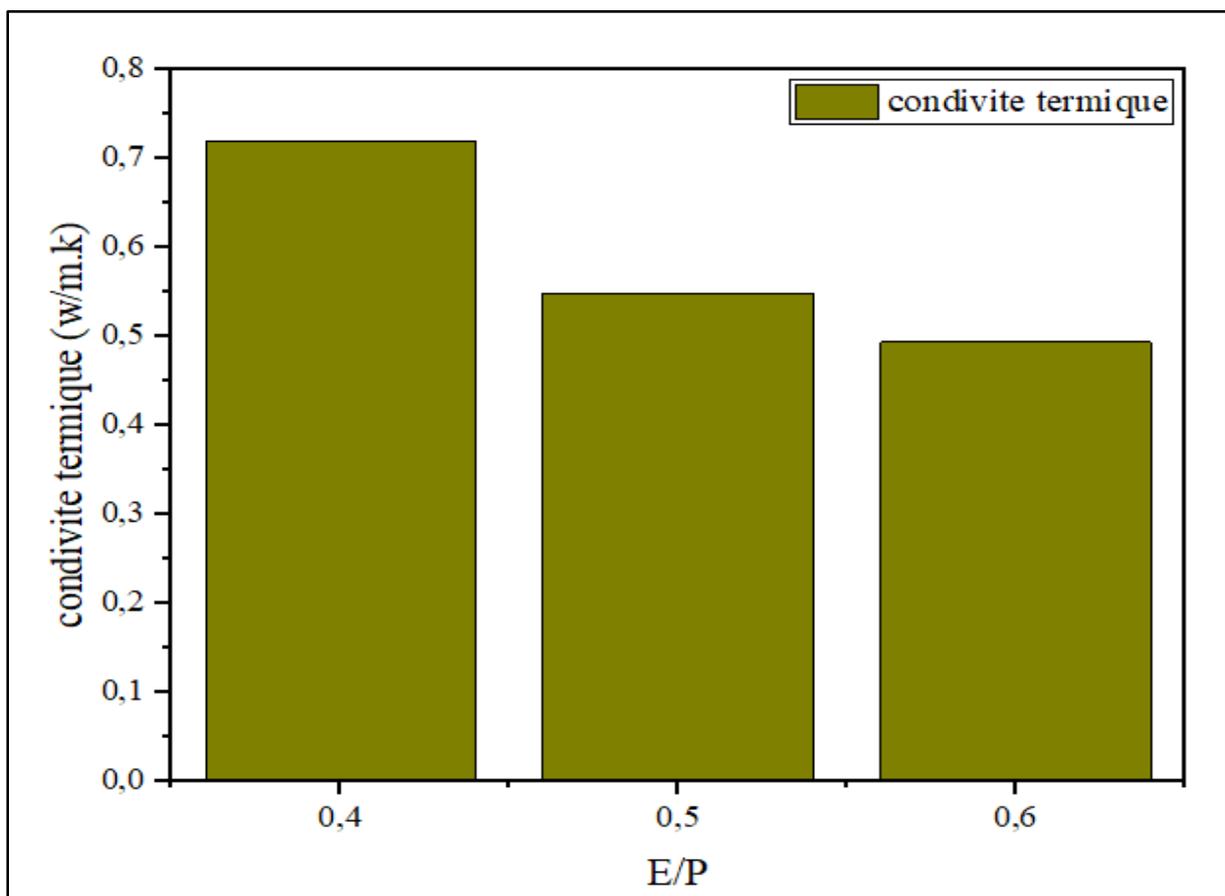


Figure III.2.condivite thermique on fonction de rapport E/P

Les résultats de (figure III.2.) sur la conductivité thermique de plâtre en fonction du rapport eau/plâtre (E/P). L'essai a été réalisé sur trois échantillons après une période de 28 jours, avec trois différents rapports E/P : 0,4, 0,5 et 0,6. Les résultats obtenus montrent une variation des valeurs de la conductivité thermique en fonction de ce rapport.

- Pour le rapport E/P de 0,4, la conductivité thermique mesurée est de 0,72 W/m·K.
- Pour le rapport E/P de 0,5, la conductivité thermique diminue à 0,549 W/m·K.
- Pour le rapport E/P de 0,6, la conductivité thermique est encore plus basse, à 0,493 W/m·K.

L'analyse de ces résultats indique que la conductivité thermique du plâtre diminue lorsque le rapport E/P augmente. En d'autres termes, plus il y a d'eau par rapport à la quantité de plâtre, plus la conductivité thermique du matériau est faible.

### III.2.3.Caractérisation mécanique (Essais Ultrason et Essais Flexion et Essais compression)

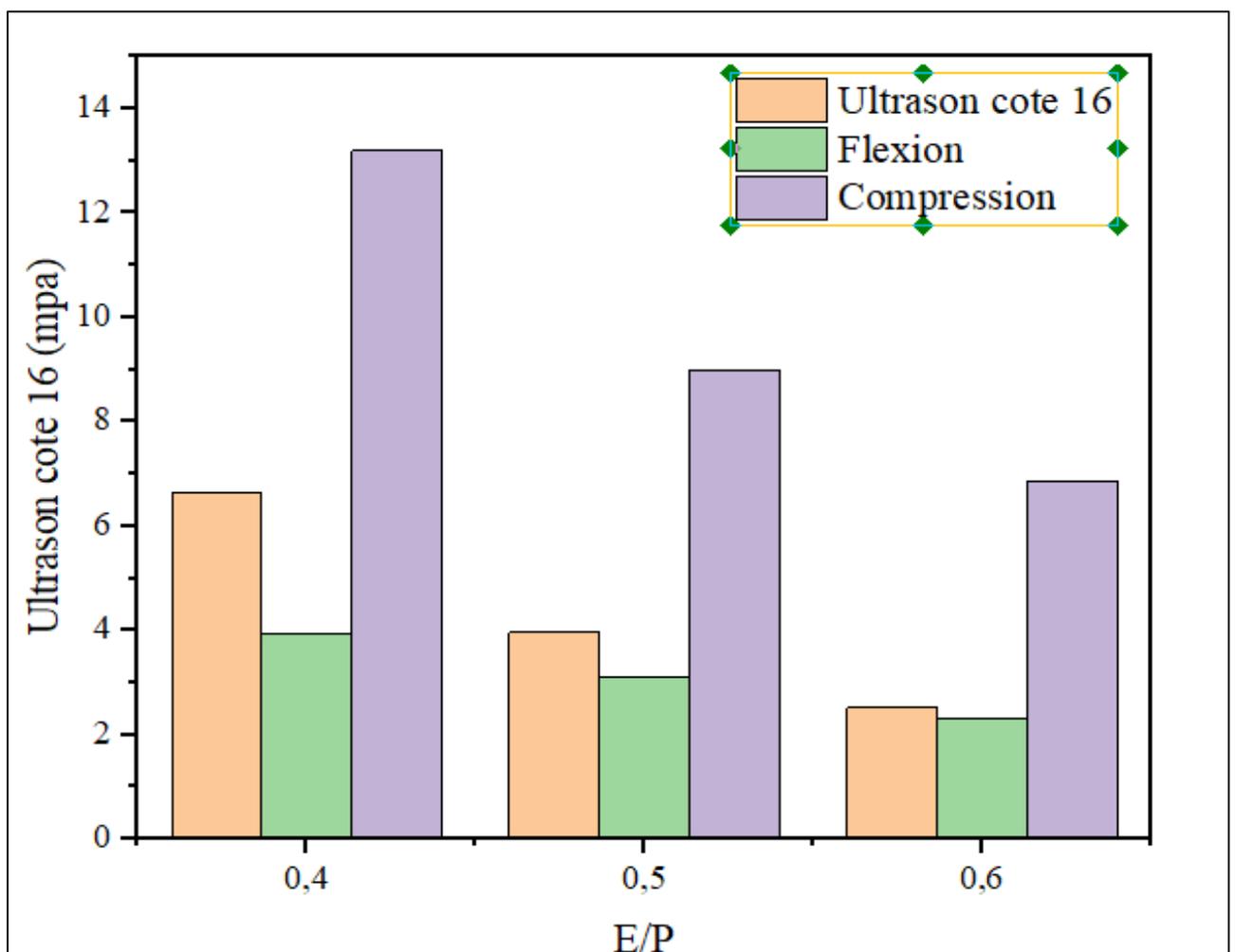


Figure III.3.la résistance mécanique en fonction de rapport E/P

Les résultats de (figure III.3.) Des tests effectués sur des échantillons de plâtre après 28 jours de durcissement, avec des rapports eau/plâtre (E/P) de 0,4, 0,5 et 0,6. Les essais incluent des tests ultrason, de flexion et de compression, et les résultats montrent une diminution des résistances à mesure que le rapport E/P augmente.

Pour les essais ultrason pour un rapport E/P de 0,4, la résistance mesurée est de 6,642 MPA, puis elle diminue pour atteindre 2,526 MPA pour un rapport E/P de 0,6.

Pour les essais de flexion pour un rapport E/P de 0,4, la résistance mesurée est de 3,946 MPA, puis elle diminue pour atteindre 2,33 MPA pour un rapport de 0,6

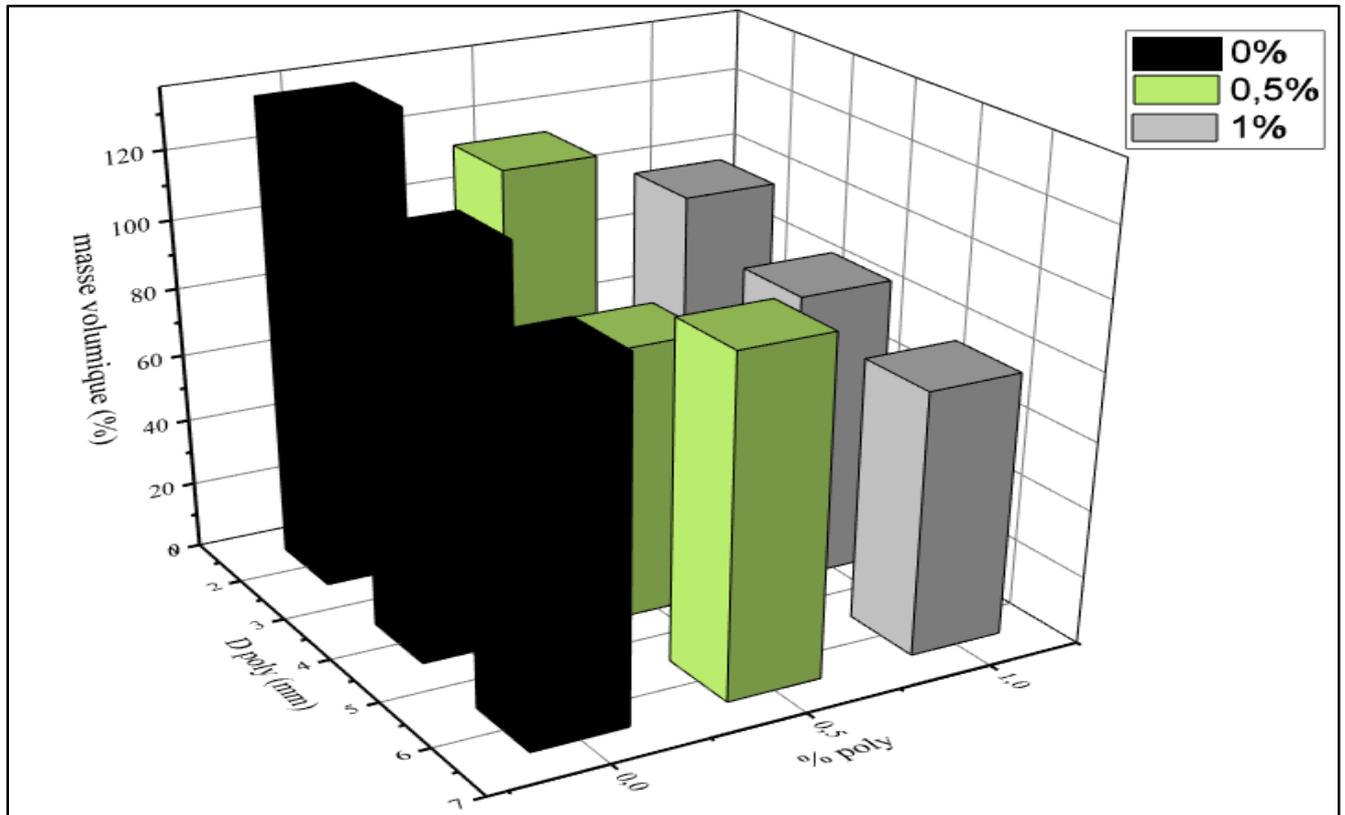
Pour les essais de compression pour un rapport E/P de 0,4, la résistance mesurée est de 13,193 MPA, puis elle diminue pour atteindre 6,899 MPA pour un rapport de 0,6

Ces résultats montrent que, pour chaque type de test (ultrasonique, flexion et compression), la résistance du plâtre diminue avec l'augmentation du rapport E/P. Cela signifie qu'une plus grande quantité d'eau par rapport à la quantité de plâtre affaiblit la structure du matériau. Un rapport E/P plus élevé entraîne une porosité accrue, ce qui diminue la cohésion interne et la capacité du plâtre à supporter des contraintes mécaniques. Ainsi, pour des applications nécessitant une résistance élevée, il est préférable d'utiliser un rapport E/P plus faible.

### **III.3. Influence du pourcentage et diamètre sur les réponses physique**

Pour montrer l'influence des pourcentages de polystyrène et de la longueur sur plâtre l'étude a été faite pour le rapport E/P=0,5 et E/P=1 le pourcentage varie entre les valeurs (0,5 et 1 %) avec trois longueurs (2 mm, 4 mm, 6 mm) les éprouvettes du plâtre ont été testées sous essais physique (la masse volumique la porosité absorptions d'eau)

## III.3.1. la masse volumique



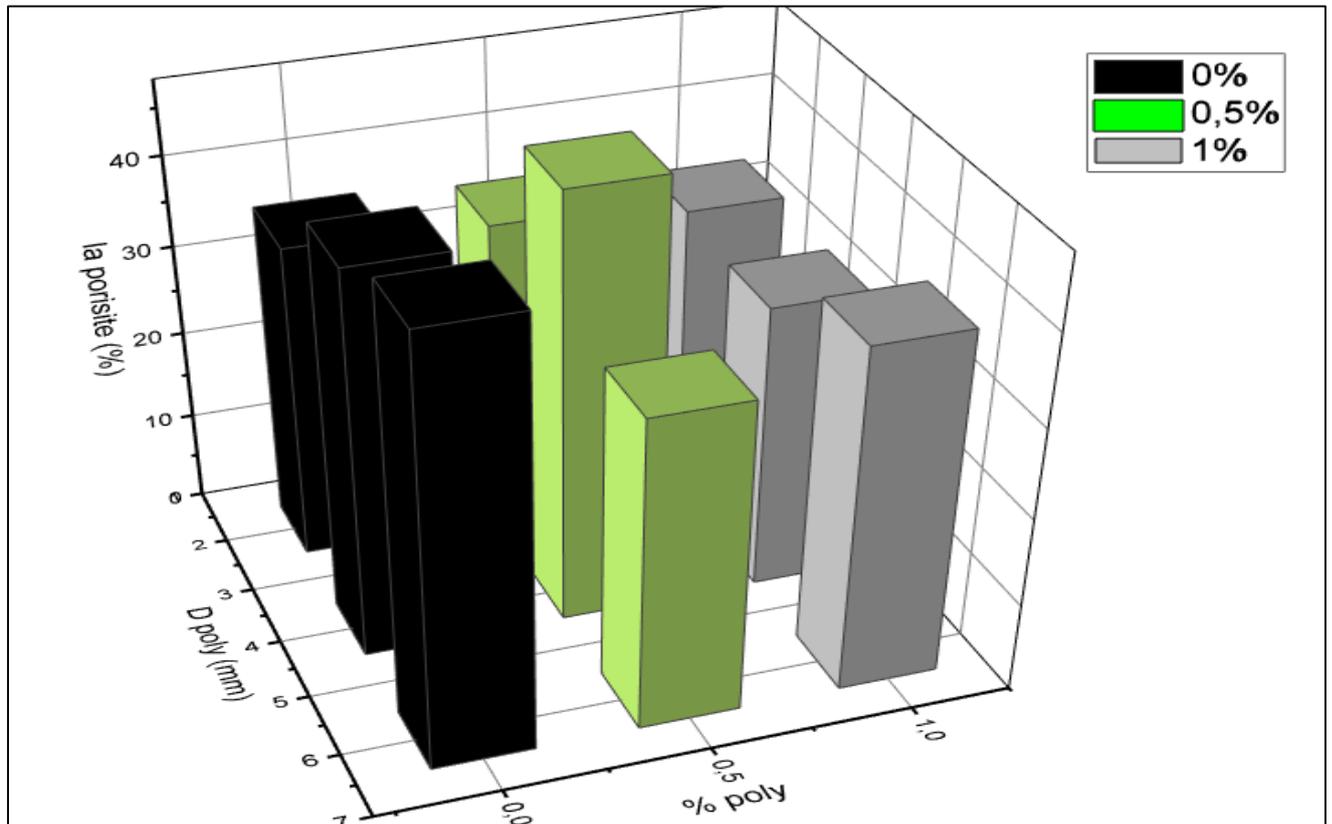
**Figure III.4.** L'influence du diamètre et du pourcentage sur la masse volumique

La masse volumique, ou densité apparente, est une mesure essentielle dans l'évaluation des matériaux de construction car elle influence directement leur performance mécanique et leur durabilité.

La figure III.4 montre que la masse volumique des échantillons étudiés varie en fonction des traitements appliqués. Une masse volumique plus élevée indique une structure plus compacte, ce qui tend à augmenter la résistance mécanique du matériau.

Cette densité accrue peut également réduire la porosité et augmenter la capacité du matériau à résister aux charges compressives. Toutefois, une densité trop élevée peut rendre le matériau plus lourd et difficile à manipuler.

## III.3.2 La porosité



**Figure III.5.** L'influence du diamètre et du pourcentage sur de la porosité

La porosité est une caractéristique déterminante pour les matériaux de construction car elle affecte leur perméabilité et leur durabilité.

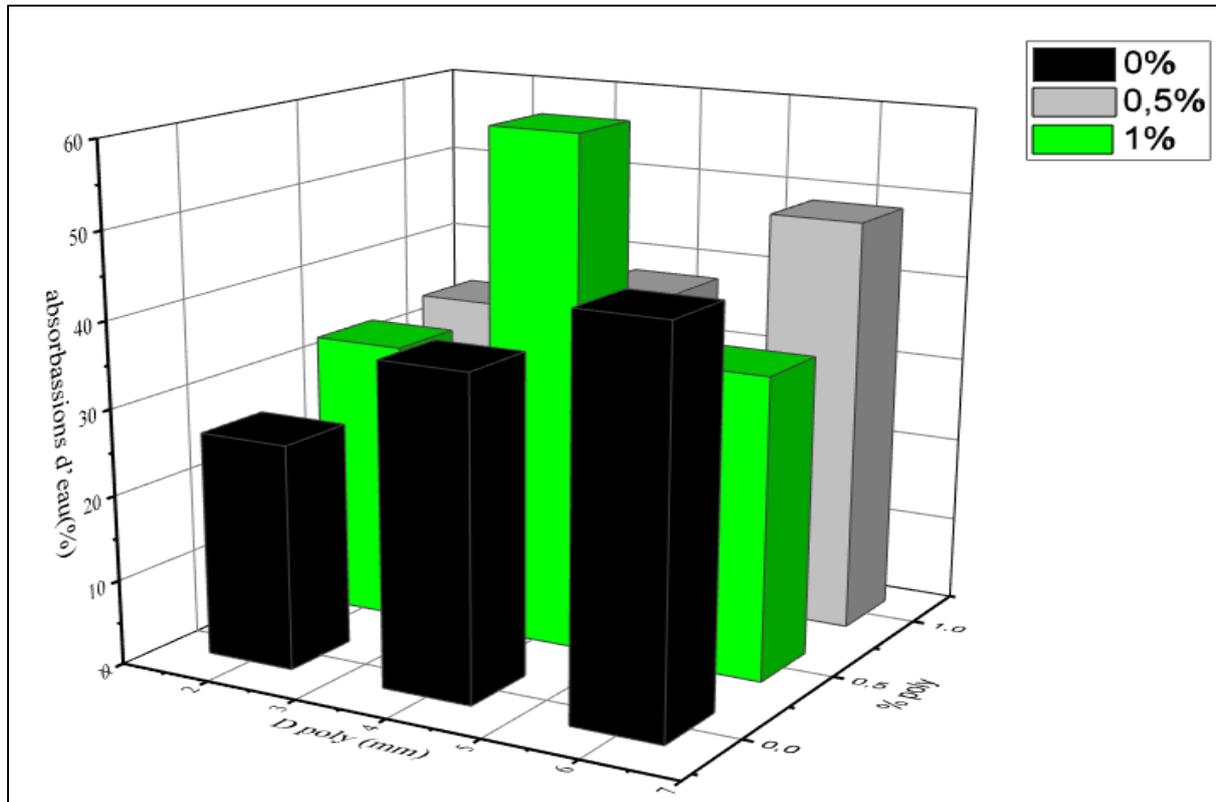
La figure III.5 démontre que la porosité des matériaux étudiés varie en fonction de leur composition et de leur traitement. On remarque que pour un pourcentage fixe, la porosité augmente en fonction de l'augmentation du diamètre du polystyrène. Pour 0,5%, la valeur maximale est atteinte pour le diamètre 4 mm, c'est la valeur optimale obtenue pour le mortier plâtre allégé.

Une porosité élevée peut entraîner une diminution de la résistance mécanique en raison de la présence de vides dans la structure du matériau.

Ces vides peuvent également permettre l'infiltration d'eau, ce qui peut provoquer des dommages par gel-dégel dans des climats froids.

Cependant, une certaine porosité peut être bénéfique pour améliorer l'isolation thermique et acoustique du matériau. Par conséquent, il est essentiel de contrôler la porosité pour optimiser les propriétés globales du matériau.

### III.3.3.la porosité absorbassions d'eau

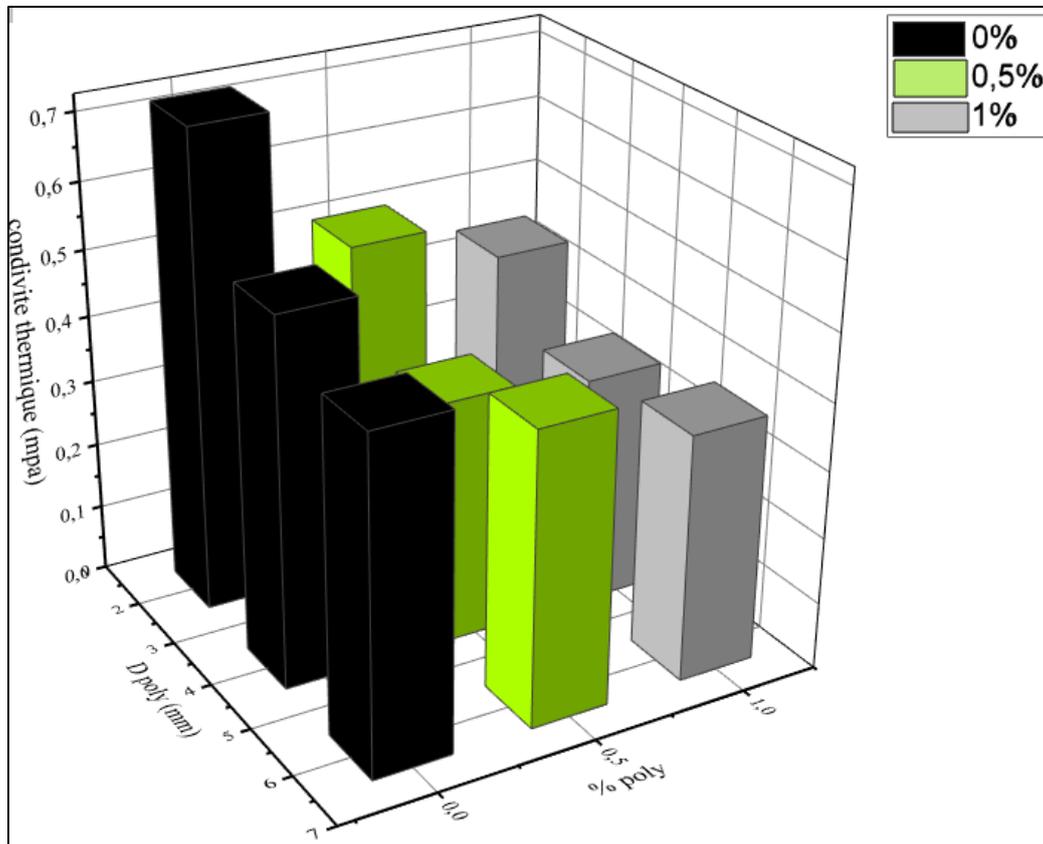


**Figure III.6.** L'influence de du diamètre et du pourcentage sur absorbassions d'eau

La figure III.6 explore comment les valeurs du pourcentage et du diamètre du polystyrène influencent la capacité du mortier à absorber l'eau. La courbe montre que pour un pourcentage croissant, l'absorption augmente en fonction du diamètre du polystyrène. la valeur maximale est atteinte pour le diamètre 4 mm, la valeur optimale obtenue pour diamètre de 6 mm avec un pourcentage de 0,5% pour une valeur de 26, 3% du mortier plâtre allégé.

Une absorption d'eau élevée peut compromettre l'intégrité structurelle du matériau en provoquant des expansions et contractions répétées, notamment dans les cycles de gel-dégel. Cela peut conduire à des fissures et à une dégradation prématurée du matériau. Les résultats montrent qu'un pourcentage faible, permet de limiter l'absorption d'eau, améliorant ainsi la durabilité du matériau dans des environnements humides.

### III.3.4. Caractérisation thermique



**Figure III.7.** L'influence du diamètre et du pourcentage sur conductivité thermique

La conductivité thermique est une mesure de la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. La figure III.7 illustre comment cette propriété varie en fonction de la composition du matériau et de son traitement. Les valeurs obtenues pour la conductivité thermique montrent une diminution en fonction du pourcentage de l'ajout et du diamètre. Pour un pourcentage croissant, la conductivité diminue en fonction du diamètre du polystyrène pour atteindre pour le diamètre 2 mm, la valeur optimale une valeur de 0,441(w/m.k) pour un pourcentage de 1 % pour le mortier plâtre allégé.

Une faible conductivité thermique est avantageuse pour les matériaux isolants, permettant de maintenir une température intérieure stable en réduisant les pertes de chaleur. La capacité d'un matériau à conduire ou à isoler la chaleur a des implications directes sur l'efficacité énergétique des bâtiments et sur le confort des occupants.



Figure III.8.essai de condivite thermique

III.4.Caractérisation mécanique (Essais Ultrason et Essais Flexion et Essais compression)

III.4.1. Essais Ultrason

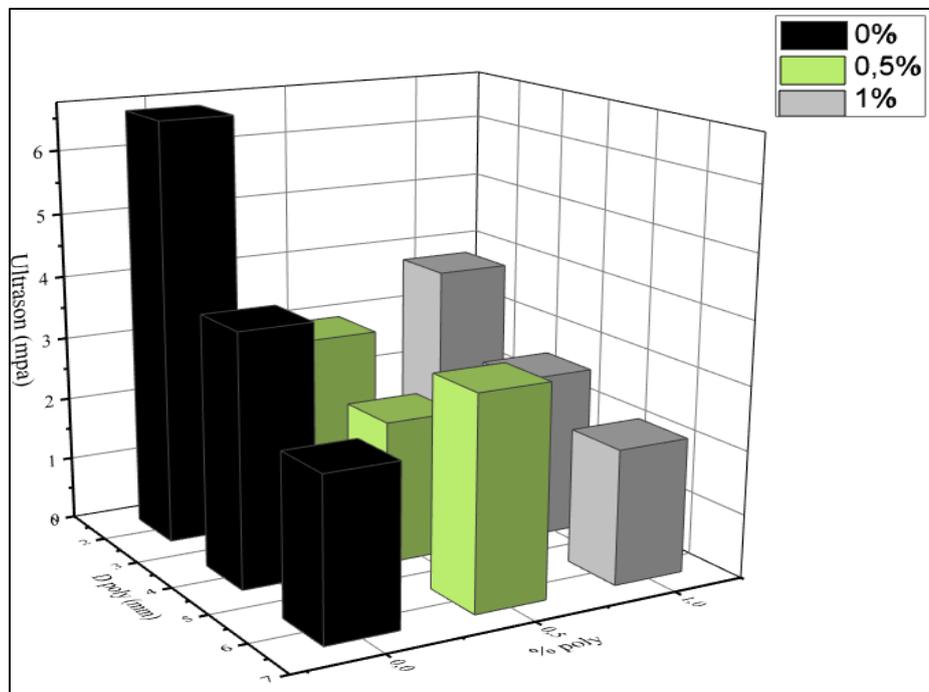


Figure III.9. L'influence d'diamètre et pourcentage de résistance à la compression par ultrason

Les essais ultrasonores sont utilisés pour mesurer la résistance matériaux sans les endommager.

La figure III.8 montre les valeurs de la résistance à la compression par ondes ultrasonores se propagent à travers les échantillons. Les résultats obtenus pour la résistance à la compression par ultrason, montrent que la résistance augmente pour des valeurs faibles du pourcentage de l'ajout et du diamètre. Pour un pourcentage croissant, la résistance à la compression augmente pour atteindre pour le diamètre 2 mm, la valeur optimale une valeur de 3,8 MPA Pour un pourcentage de 1 % pour le mortier plâtre allégé.

Les résultats indiquent que les matériaux avec une structure interne homogène présentent une propagation uniforme des ondes, tandis que les matériaux avec des défauts, tels que des fissures ou des inclusions, montrent des perturbations dans la propagation des ondes.

Cette méthode est essentielle pour garantir la qualité des matériaux de construction, en permettant la détection précoce des défauts qui pourraient compromettre la sécurité et la durabilité des structures.

III.4.2. Essais flexion

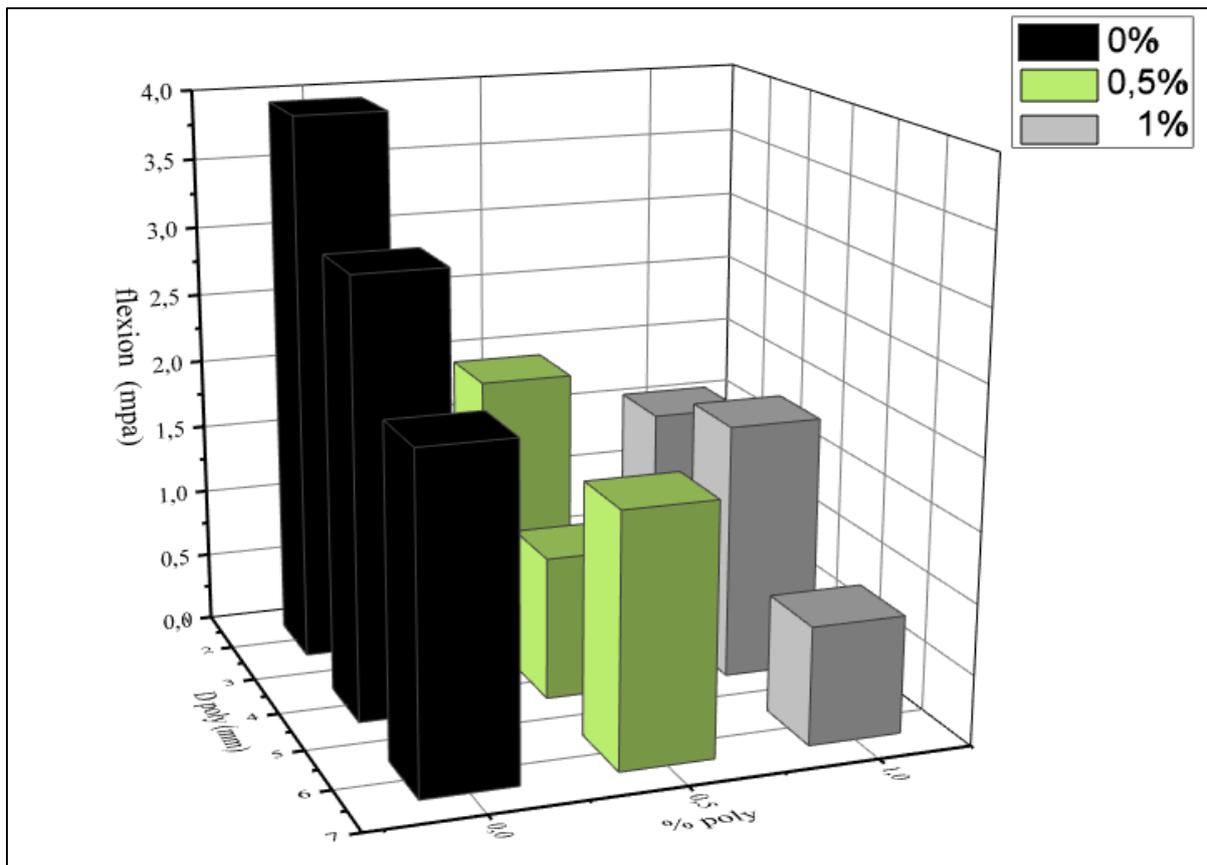
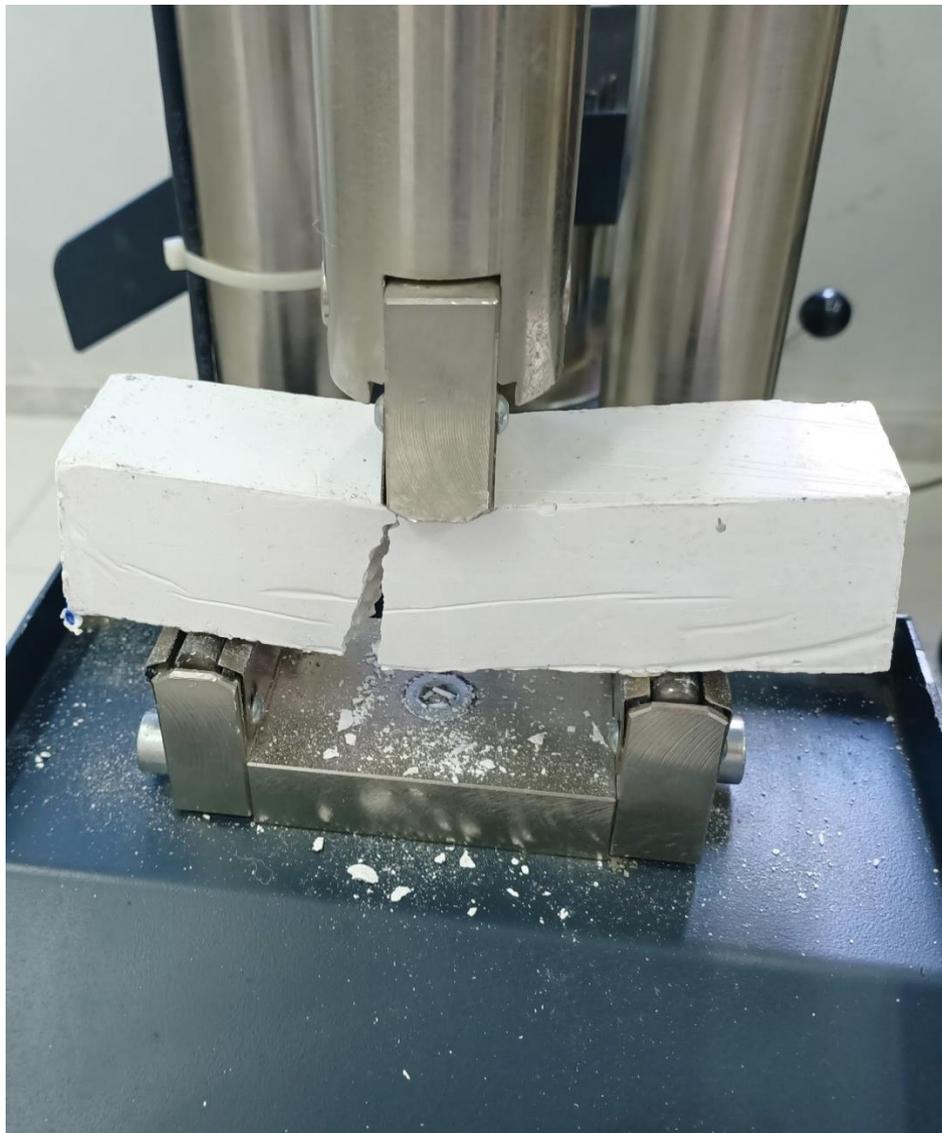


Figure III.10. L'influence d'diamètre et pourcentage de la flexion

Les essais de flexion évaluent la capacité d'un matériau à résister à des forces de déformation sans se casser.

La figure III.9 démontre comment les échantillons réagissent lorsqu'ils sont soumis à des charges de flexion. Les résultats obtenus pour la résistance à la flexion, montrent que la résistance augmente pour des valeurs faibles du pourcentage de l'ajout et du diamètre. Pour un pourcentage croissant, la résistance à la compression augmente pour atteindre pour le diamètre 2 mm, la valeur optimale une valeur de 1,93 MPa Pour un pourcentage de 0,5 % pour le mortier plâtre allégé.

Les résultats montrent que les matériaux avec une flexibilité adéquate peuvent se déformer sous charge sans rupture, ce qui est crucial pour les applications où les matériaux doivent supporter des charges dynamiques.



**Figure III.11.** Essai de flexion

## III.4.3. Essais de la compression

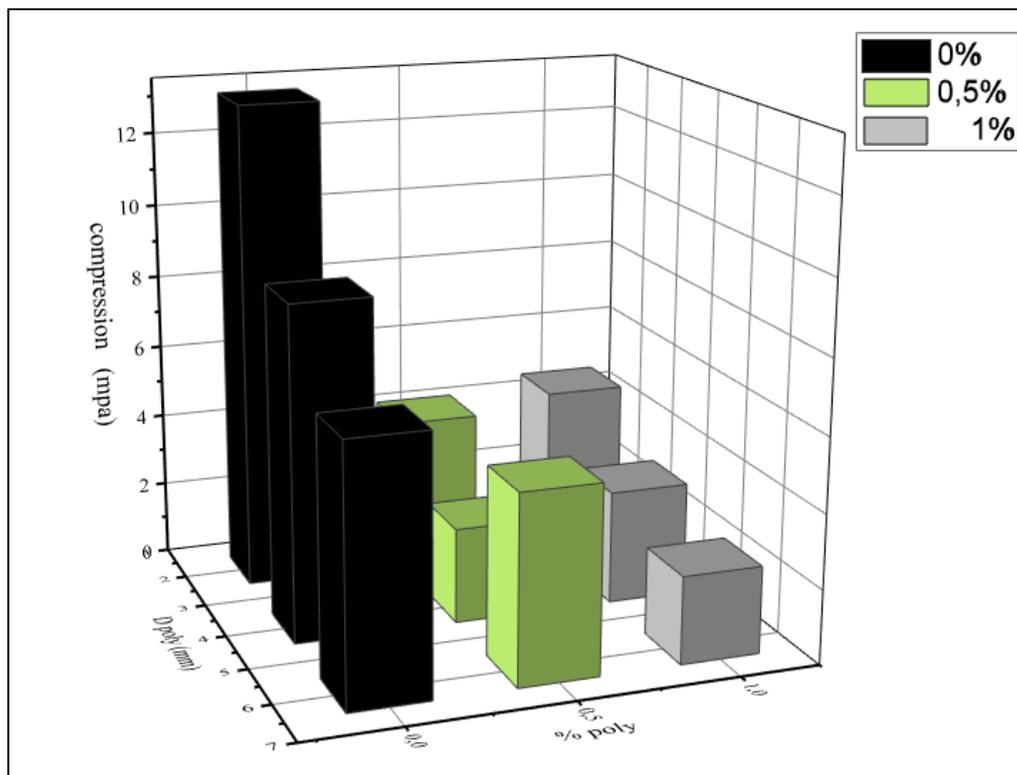


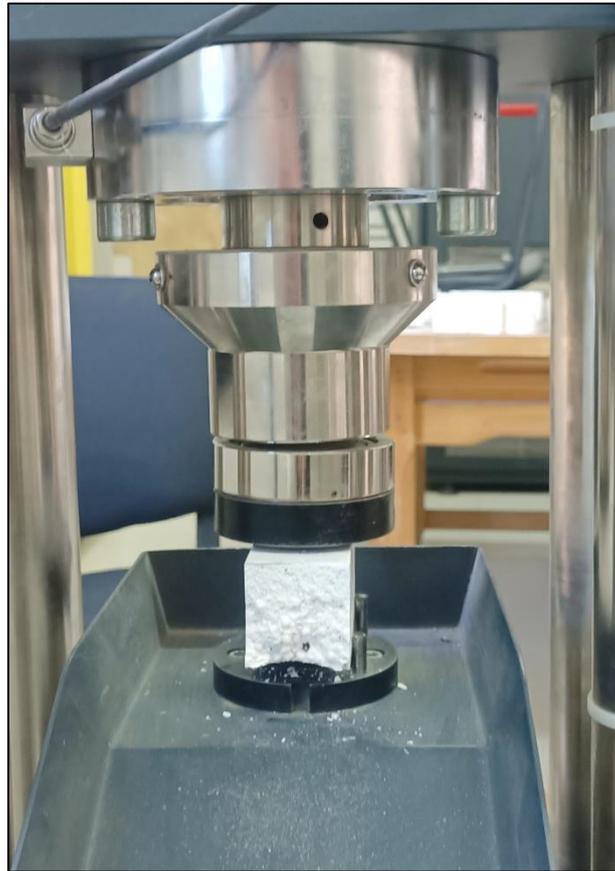
Figure III.12. L'influence de la compression

Les essais de compression mesurent la capacité d'un matériau à résister à des forces compressives.

La figure III.10 montre les résultats de ces essais, indiquant la limite de résistance à la compression des échantillons. Les résultats obtenus pour la résistance à la compression, montrent que la résistance augmente pour des valeurs faibles du pourcentage de l'ajout et du diamètre. Pour un pourcentage croissant, la résistance à la compression augmente pour atteindre pour le diamètre 2 mm, la valeur optimale une valeur de 4,55 MPA Pour un pourcentage de 1 % pour le mortier plâtre allégé

Les résultats montrent que les matériaux avec une structure dense et homogène présentent une meilleure résistance à la compression, ce qui est essentiel pour garantir la stabilité et la sécurité des constructions.

Ces analyses détaillées des propriétés physiques et mécaniques des matériaux fournissent des informations cruciales pour leur utilisation dans diverses applications de génie civil, permettant de choisir les matériaux les plus appropriés pour chaque type de projet.



**Figure III.13.** Essai de la compression

### Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre en valeur de l'influence des rapports E/P sur la caractérisation des mortiers plâtre allège par polystyrène on a expliqué l'influence de l'ajout cela différence pourcentage et différence démettre des polystyrènes sur la caractérisation physique thermique et mécanique les résultats on montre que le rapport E/P l'influence pour façon importante sur la caractérisation physique et mécanique et résultats thermique

Les résultats du pourcentage et démettre de polystyrène montrent que lamentation de démettre influents faiblement par rapport à l'influence de pourcentage.

# **Conclusion générale**

# Cocclusion générale

Cette étude a exploré en détail les propriétés physiques et mécaniques des matériaux de construction, en se concentrant sur des paramètres cruciaux tels que la masse volumique, la porosité, l'absorption d'eau, la conductivité thermique et les performances sous essais mécaniques tels que les essais ultrasonores, de flexion et de compression. Les résultats obtenus révèlent plusieurs tendances importantes.

Tout d'abord, une faible valeur de la masse volumique indique une structure légère. Ensuite, la porosité et l'absorption d'eau sont des paramètres essentiels pour la durabilité des matériaux. La conductivité thermique est également un facteur clé, influençant l'efficacité énergétique des matériaux de construction. Des résistances mécanique des matériaux est un facteur important.

Notre objectif et de créer et confectionner un mortier plâtre allégé, en se basant sur l'optimisation des caractéristiques physique, en se basant premièrement sur la réduction de la masse volumique, et en créant une porosité supplémentaire qui aidera à diminuer la conductivité thermique, en maintenant les valeur de l'absorption et les valeurs des résistance mécanique dans les limites préconise par les règlements en vigueur.

Le travail nous a permis de de tirer certaines conclusion.

- L'ajout du polystyrène nous a permis d'alléger le mortier plâtre et d'optimiser les valeurs de la masse volumique, porosité et absorption d'eau, et en plus a permis d'améliorer la résistance thermique, en maintenant valeurs des résistances mécanique dans les limites préconise par les règlements en vigueur.
- le rapport E/P a une influence sur le comportement thermique cela est dû à la création d'une porosité supplémentaire par l'eau en excès évapore du mortier
- le diamètre du polystyrène ne pas influencer importante sur les caractéristique physique thermique mécanique cela est perte cotre explique pour le fait de ca présence de la même quantité de matière, avec seulement une distribution différente.
- le pourcentage influent considérément la caractéristique physique, thermique et mécanique.

# **Références bibliographique**

# Références bibliographiques

[1] Bouali, Khaled, thèse de doctorat « élaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires ». (2015), 108 pages.

[2] Nassah D. « Influence de la quantité de fibres naturelles (alfa) et commerciales (polypropylène) sur les propriétés physico mécaniques des mortiers fibrés » mémoire master Université de M'Hamed bougera –Boumerdas,2017

[3] Thabet R ; Zamakif. « Etude des propriétés mécaniques des bétons de sable d'Eduen renforcés par des déchets industriels » mémoire master Université de Kasdi Merbah Ouargla ,2019

[4] <https://fr.wikipedia.org/wiki/verre-pilé#propriétés> (Date18/04/2020-h15:20).

[5] Le tertre F. et Renaud H « Technologie de bâtiment – gros œuvre: travaux de maçonneries et finition »; édition faucher; 1978.

[6] HEMIL Samir ; NougAri Ayoub Zakaria. « Effet combiné des billes du polystyrène et les fibres plastique sur les mortiers au ciment blanc », Thèse de Magister en Génie Civil, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA (2018), 99 p

[7] Saadani S. « Comportement des bétons à base de granulats recyclés » mémoire magister Université de Constantine.2006

[8] Hamida Mohamed Lamine., effet de l'humidité sur les caractéristique thermiques et mécaniques de matériaux utilisés dans la construction ", thèse de magister, université mentouri de constantine, 2010.

[9] Noliser, M Construire en plâtre, Le Harmattan, 1986.

composite system (ethics) facades with expanded polystyrene (eps) insulation and thin rendering, fire technol. 53 (2017) 173–209.

[10] hamida Mohamed Lamine., “Effet de l'humidité sur les caractéristiques thermiques et mécaniques de matériaux utilisés dans la construction“, thèse de magister, Université Mentouri de Constantine, 2010.

[11] Daniel DALIGAND., “ Le plâtre“, technique de l'ingénieure, 2001

[12] Da ligand D., Plâtre. Techniques de l'Ingénieur, Traité Construction C 910, 2002.

[13] F. Charpentier, M. fontaine, J. fouin, V. stelmach, le plâtre matériau noble. - maisons paysannes de France, 2000, n°138 p. 17-32.

[14] Gypso systems, Fire résistance design Manuel Sound control, 19th Edition GA-600(2009), (2009).

## Références bibliographique

---

- [15]. Paradais, M. Veniat, M. Industrie de la chaux, du ciment et du plâtre. Edition Dunod.Paris. 1970.
- [16]. Guerra. Z, Abdelhakim. H. Caractérisation physico-mécanique et thermique d'un béton de plâtre léger à base de granulats de polystyrène expansé. Mémoire de Master. Université Amar T'élidai à Laghouat.2013.
- [17]. doroudiani, h. omidian, environmental, health and safety concerns of decorative mouldings made of expanded polystyrene in buildings, build. environ. 45 (2010) 647–654 pages.
- [18]. bakhtiyari,l. taghi-akbari, m. barikani, the effective parameters for reactionto-fire properties of expanded polystyrene foams in bench scale, iran. polym. j. 19 (2010) 27–37 page.
- [19].mahiou, mettre en valeur ou bannir le polystyrène-approches dans un cadre de developpement durable, memoire master, universite de sherbrooke, 2014
- [20].zane messaouda – shelia nabila « élaboration et caractérisation d'un mortier leger par introduction de billes de polystyrène », mémoire master, université aklli mohamed oulhadj de bouira (2019).
- [21].mahiou, mettre en valeur ou bannir le polystyrène-approches dans un cadre de développement durable, mémoire master, université de Sherbrooke, 2014, 162 pages.
- [22] Safaie, valorisation du polystyrene dans la fabrication des bouteilles destinées au produit laitier, mémoire de master universite de Fès, 2016, 71 pages.
- [23] Nassima sotehi«caracteristiques thermiques des parois des bâtiments et amélioration de l'isolation» theseuniversité du Constantine 2010, 157 pages.
- [24] Nicolas, Edwige. Compatibilités et incompatibilités liants cimentaires / super plastifiants, thèse de doctorat. Université Henri Poincaré Nancy pages 1-198.
- [25] co. Benning - plastic foams: the physics and chemistry of product performance and process technology, volume i: chemistry and physics of foam formation- Wiley interscience- 1969-pages1-116.
- [26] Bruno, b et Claude, d et Valérie, m « polystyrène expansé et développement durable » livre edition eyrolles (2008), pages 1-83.
- [27] Gypso systems,Fire résistance design manuels Sound control, 19th Edition GA-600(2009), (2009
- [28] group edilteco « mortier leger pret a l'emploi isolant et fibre 500 kg/m3 catalogue 109 fr 01/2019 pages 1-6.

## Références bibliographique

---

### Normes

[1] NF P 18-554. Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux. décembre 1990

[2] NF P 18-555. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables. décembre 1990.

[3]NF T 51-021. Détermination de la température de ramollissement VICAT des thermoplastiques. décembre 1981

[4] NF EN ISO 306. - Détermination de la température de ramollissement Vicat (VST). janvier 2014

[5]NF P 18-554. Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux. décembre 1990

[6]NF P 18-555. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables. décembre 1990

[7] NF en 12664- Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode flux métrique. juillet 2001

[8] NF P 18-418. Mesure du temps de propagation d'ondes soniques dans le béton. décembre 1989

[9] EN 1 96-1, 1015-11. . Essai de compression longitudinale sans ou avec flambage. décembre 1986

[10] NF ISO 178. Détermination des propriétés en flexion. février 2011.

[11] EN 1 96-1, 1015-11. . Essai de compression longitudinale sans ou avec flambage. décembre 1986