

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

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

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil

## MÉMOIRE

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

En : Génie Civil

**Spécialité** : Matériaux en génie civil

**Présenté par** : - Benmati Khirreddine

- Abloul Hicham

- Mansouri Zidane

## Sujet

**Durabilité d'hourdis creux en béton à base des déchets de plastique transformés.**

Soutenu publiquement, le 12 / 07 / 2023 , devant le jury composé de :

Dr. Ziani Hocine

MCA

Univ-BBA

Président

Dr. Logzit Nacer

MCB

Univ-BBA

Examineur

Dr. Sadek Deboucha

MCA

Univ-BBA

Encadreur

## *Remerciements :*

*Toute notre gratitude, notre crédit et notre remerciement à Dieu tout-puissant qui nous a donné force, patience, courage et volonté pour développer ce travail.*

*Nous tenons à remercier Dr. DEBOUCHA SADEK enseignant pour l'encadrement de ce travail, les conseils, la gentillesse, aussi pour sa disponibilité, sa sensibilité.*

*Ainsi nous remercions tous les membres de jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous remercions l'administration de Génie Civil.*

*Nous remercions aussi tous les enseignants de l'équipe de formation du département de Génie Civil.*

*Nous remercions le laboratoire GEO-LAB de BBA.*

*Nous remercions le centre de recherche CNERIB d'Alger.*

*Nous remercions aussi l'usine de RATPLAST de Sétif.*

*Enfin, à toutes nos familles et tous ceux qui de près ou de loin, on participe, contribué à la finalisation de ce travail.*

## Résumé :

Le gaspillage d'énergie et les problèmes environnementaux doivent de toute urgence réfléchir à la résolution des problèmes de déchets et produire des matériaux appropriés en tant que matériaux verts.

Dans ce travail nous avons ajouté le déchet de plastique transformé comme un matériau inerte dans la composition de hourdis en béton avec 10%, 15%, 20%, 25%, 30% et 35%. Pour atteindre les objectifs, nous effectuons les différents tests tels que la résistance à la compression, la résistance à la flexion, l'absorption d'eau, la porosité, la densité apparente, ultrasons, conductivité thermique et la durabilité selon les normes international Européennes, Anglais et American.

Utilise le dosage de 10 à 35% de plastique transformé aux mélanges de hourdis en béton. Les résultats montrent que l'ajout de différents dosages de déchets amélioré les caractéristiques des hourdis en béton par rapport hourdis traditionnels dont de nouveaux matériaux plus légers d'environ 30% par rapport aux hourdis traditionnels et l'isolation thermique ( $\lambda = 0,14 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ) par rapport les hourdis traditionnels ( $\lambda = 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ).

Au final, nous pouvons conclure que ce résultat convient aux nouveaux hourdis.

**Mots clés :** Hourdis en béton, déchets de plastique transformé, caractéristique mécanique et physique, caractéristiques thermiques, Durabilité

## Abstract:

Energy waste and environmental problems urgently need to think about solving waste problems and produce suitable materials as green materials.

In this work, we added plastic waste transformed as an inert material in the composition of concrete slabs with 10%, 15%, 20%, 25%, 30% and 35%. To achieve the objectives, we perform the various tests such as compressive strength, flexural strength, water absorption, porosity, bulk density, ultrasonic, thermal conductivity and durability according to international standards as European, British and American.

Uses 10-35% dosage of processed plastic to hollow concrete blocks. The results show that the addition of different dosages of waste improved the characteristics of hollow concrete blocks compared to traditional hollow concrete blocks, including new materials that are about 30% lighter than traditional blocks and thermal insulation ( $\lambda = 0.14 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ) compared to traditional hollow concrete blocks ( $\lambda = 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ).

In the end, we can conclude that this result is suitable for the new slabs.

**Keywords:** Concrete slabs, processed plastic waste, mechanical and physical characteristics, thermal characteristics, durability.

### ملخص

تحتاج هدر الطاقة والمشاكل البيئية بشكل عاجل إلى التفكير في حل مشاكل النفايات وإنتاج مواد مناسبة كمواد خضراء.

أضفنا في هذا العمل النفايات البلاستيكية المحولة كمادة خاملة في تركيبة الكتل الخرسانية بنسبة 10٪، 15٪، 20٪، 25٪، 30٪ و35٪. لتحقيق الأهداف، نقوم بإجراء اختبارات مختلفة مثل قوة الانضغاط وقوة الانحناء وامتصاص الماء والمسامية والكثافة الظاهرية والموجات فوق الصوتية والتوصيل الحراري والمتانة وفقاً للمعايير الدولية مثل الأوروبية والبريطانية والأمريكية.

يستخدم 10-35٪ بنسبة من البلاستيك المعالج لخلطات الكتل الخرسانية. أظهرت النتائج أن إضافة جرعات مختلفة من النفايات حسنت خصائص الألواح الخرسانية مقارنة بالبلاطات التقليدية، بما في ذلك المواد الجديدة التي تكون أخف بنسبة 30٪ من الألواح التقليدية والعزل الحراري ( $\lambda = 0.14$ ) واط / متر<sup>2</sup> مقارنة بالبلاطات التقليدية (واط / متر<sup>2</sup> كلفن.  $\lambda = 1.7$ ).

في النهاية يمكننا أن نستنتج أن هذه النتيجة مناسبة للبلاطات الجديدة.

**الكلمات المفتاحية:** الكتل الخرسانية، نفايات البلاستيك المعالجة، الخصائص الميكانيكية والفيزيائية، الخصائص الحرارية، المتانة.

# SOMMAIRE

## Chapitre I : Introduction générale

I.1. Introduction.....	1
I.2. Problématique .....	2
I.3. L'objet de travail.....	2
I.4. Structure de mémoire.....	2

## Chapitre II : Revue bibliographique

II. Introduction .....	4
II.1. L'hourdis.....	4
II.1.1. Introduction .....	4
II.1.2. Historique .....	5
II.1.3. Définition de l'hourdis .....	5
II.1.4. Les avantages de l'hourdis .....	6
II.1.5. Processus de fabrication des hourdis en béton .....	6
II.1.6. Les différents types de l'hourdis .....	7
II.1.6.1. Les hourdis non résistants (LNR).....	7
II.1.6.2. Les hourdis semi-résistants (SR) .....	8
II.1.6.3. Les hourdis résistants (RR).....	9
II.2. Caractéristique d'un entrevous .....	10
II.3. Le recyclage de plastique .....	11
II.3.1. Introduction .....	11
II.3.2. Types de plastiques et ses déchets recyclés .....	12
II.3.3. Avantages des matières plastiques .....	14
II.3.4. Inconvénients des plastiques .....	14
II.3.5. La composition de plastique .....	15
II.3.6. Les avantages de recyclage de plastique .....	15
II.3.6.1. Protection de l'environnement.....	15
II.3.6.2. Préservation des ressources .....	15
II.3.6.3. Soutenir l'économie locale .....	15
II.4. Valorisation des déchets plastiques sous forme de granulats .....	16
II.5. Des résultats des utilisations de déchets de plastique par des différents chercheurs .....	16
II.6. Conclusion.....	18

## Chapitre III : Formulation et méthodes expérimentales

III.1. Introduction.....	19
III.2. Constituants de hourdis en béton .....	19
III.2.1. Le sable concassé 0/3.....	19
III.2.1.1. Classification de sable.....	19
III.2.1.2. Rôle de sable dans le béton .....	20
III.2.2. Le ciment marine.....	20
III.2.2.1. Rôle de ciment dans le béton .....	20
III.2.3. L'eau de gâchage .....	21
III.2.3.1. Rôle de l'eau dans le béton .....	21
III.2.4. Les granulats .....	21
III.2.4.1. Rôle des granulats dans le béton .....	22
III.2.5. Les déchets de Plastique .....	22
III.2.5.1. Rôle des plastiques dans le béton.....	23
III.3. Formulation des hourdis en béton.....	23
III.3.1. Matériaux utilisés.....	23
III.3.2. Analyse des matériaux .....	24
III.3.2.1. Origine des matériaux .....	24
III.3.2.2. Les résultats obtenus .....	24

III.3.2.2.1. Gravillons 3/8.....	24
III.3.2.2.2. Sable concassé 0/3 .....	25
III.3.3. Détermine les dosages des constituants pour 1m <sup>3</sup> des hourdis en béton.....	26
III.3.4. Préparation des déchets plastiques.....	26
III.3.4.1. Analyse granulométrie des déchets plastiques.....	27
III.3.5. Matériels utilisés.....	27
III.3.6. Mode opératoire.....	28
III.4. Les essais sur le béton d'hourdis à l'état frais .....	29
III.4.1. Le malaxage (NA EN 12390-2).....	29
III.4.2. Affaissement au cône d'Abrams (slump test) (NA EN 12350-2).....	30
III.4.3. Vibration.....	30
III.5. Les essais à l'état durci.....	31
III.5.1. Durcissement de béton.....	31
III.5.2. Mode de conservation de béton (NA EN 12390-2).....	31
III.6. Les principes d'essai.....	32
III.6.1. Résistance à la compression : EN 12390-3 .....	32
III.6.1.1. Essai d'écrasement (NA EN 12390-3).....	32
III.6.2. Résistance à la flexion : EN 12390-4 .....	34
III.6.2.1. La machine de flexion.....	34
III.6.3. Essai à l'ultrason NP EN 12504-4 .....	35
III.6.4. Degré d'absorption d'eau : EN 1097-6.....	37
III.6.5. La porosité : EN 1097-6.....	37
III.6.6. Essai de mouillage et séchage ASTM D559.....	38
III.6.6.1. Calcule la perte de masse.....	39
III.6.7. Essai de conductivité thermique .....	40
III.7. Conclusion.....	40

## **Chapitre IV : Résultats et Interprétations**

IV.1. Introduction.....	41
IV.2. Résultats des essais .....	41
IV.2.1. Résistance à la compression.....	41
IV.3. Résistance à la flexion.....	47
IV.4. Degré d'absorption et l'humidité du hourdis en béton.....	51
IV.4.1. La capacité d'absorption d'eau massique (NA EN 1097-6).....	51
IV.4.2. La masse volumique apparente .....	55
IV.4.3. La porosité.....	59
IV.5. La conductivité thermique.....	64
IV.6. Essai à l'ultrason .....	67
IV.7. Essai de mouillage et séchage.....	68
IV.7.1 Perte de masse.....	68
IV.7.2 La résistance à la compression après l'essai de mouillage et séchage .....	69
IV.7.3 La variation de la vitesse ultrasonique .....	71
IV.8 Conclusion .....	71

## **Chapitre V : Conclusion générale**

V.1. Conclusion générale.....	72
-------------------------------	----

## Liste des figures

<b>Figure II.1</b> : les différents types des corps creux .....	6
<b>Figure II.2</b> : fabrication des hourdis .....	7
<b>Figure II.3</b> : hourdis de coffrage non résistants .....	8
<b>Figure II.4</b> : hourdis semi-résistants en béton ou en terre cuite (hourdis de coffrage résistants) .....	8
<b>Figure II.5</b> : hourdis résistants en béton ou en terre cuite .....	9
<b>Figure II.6</b> : hourdis résistants en béton ou en terre cuite (hourdis porteuse TCI) .....	10
<b>Figure II.7</b> : Des différents déchets de plastique .....	11
<b>Figure II.8</b> : Recyclages des plastiques.....	12
<b>Figure II.9</b> : Variation de la résistance à la compression des blocs A et B en fonction la méthode de conservation .....	17
<b>Figure III.1</b> : Le sable 0/3 .....	19
<b>Figure III.2</b> : Ciment .....	20
<b>Figure III.3</b> : L'eau.....	21
<b>Figure III.4</b> : Gravier 3/8.....	22
<b>Figure III.5</b> : Les fibres de plastique .....	22
<b>Figure III.6</b> : Matériaux utilisés .....	23
<b>Figure III.7</b> : les courbes granulométries de gravier 3/8 et sable 0/3.....	26
<b>Figure III.8</b> : la courbe granulométrie de fibre de plastique .....	27
<b>Figure III.9</b> : Les moyens utilisé ;Les éprouvettes, Malaxeur, Cône d'Abrams, Table vibrante.....	28
<b>Figure III.10</b> : Malaxage .....	29
<b>Figure III.11</b> : La chambre humide .....	31
<b>Figure III.12</b> : Essai de compression.....	33
<b>Figure III.13</b> : Essai de flexion .....	35
<b>Figure III.14</b> : Essai d'auscultation dynamique par ultrasonique.....	37
<b>Figure III.15</b> : Séchage les éprouvettes à 71°C (essai de mouillage/séchage).....	39
<b>Figure III.16</b> : Essai de conductivité thermique.....	40
<b>Figure IV.1</b> : La résistance moyenne à la compression de l'échantillon d'hourdis en béton sans plastique à 28 jours .....	41
<b>Figure IV.2</b> : Résistance à la compression de béton A0 et A1 à 28 jours .....	42
<b>Figure IV.3</b> : Résistance à la compression de béton A0 et A2 à 28 jours .....	42
<b>Figure IV.4</b> : Résistance à la compression de béton A0 et A3 à 28 jours. ....	43
<b>Figure IV.5</b> : Résistance à la compression de béton A0 et A4 à 28 jours. ....	44
<b>Figure IV.6</b> : Résistance à la compression de béton A0 et A5 à 28 jours. ....	44
<b>Figure IV.7</b> : Résistance à la compression de béton A0 et A6 à 28 jours. ....	45
<b>Figure IV.8</b> : Résistance à la compression de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours .....	45
<b>Figure IV.9</b> : Résistance à la compression de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 et 60 jours .....	46
<b>Figure IV.10</b> : Résistance à la flexion de béton A0 à 28 jours. ....	47
<b>Figure IV.11</b> : Résistance à la flexion de béton A0 et A1 à 28 jours. ....	47
<b>Figure IV.12</b> : Résistance à la flexion de béton A0 et A2 à 28 jours. ....	48

<b>Figure IV.13</b> : Résistance à la flexion de béton A0 et A3 à 28 jours. ....	48
<b>Figure IV.14</b> : Résistance à la flexion de béton A0 et A4 à 28 jours. ....	49
<b>Figure IV.15</b> : Résistance à la flexion de béton A0 et A5 à 28 jours. ....	49
<b>Figure IV.16</b> : Résistance à la flexion de béton A0 et A6 à 28 jours. ....	50
<b>Figure IV.17</b> : Résistance à la flexion de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours jours .....	50
<b>Figure IV.18</b> : L'absorption de l'hourdis en béton sans plastique A0 à 28jours.....	51
<b>Figure IV.19</b> : L'absorption des mélanges A0 et A1 à 28jours.....	52
<b>Figure IV.20</b> : L'absorption des mélanges A0 et A2 à 28jours.....	52
<b>Figure IV.21</b> : L'absorption des mélanges A0 et A3 à 28jours.....	53
<b>Figure IV.22</b> : L'absorption des mélanges A0 et A4 à 28jours.....	53
<b>Figure IV.23</b> : L'absorption des mélanges A0 et A5 à 28jours.....	54
<b>Figure IV.24</b> : L'absorption des mélanges A0 et A6 à 28jours.....	54
<b>Figure IV.25</b> : L'absorption des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours. 28jours. ....	55
<b>Figure IV.26</b> : La masse volumique apparente moyenne de mélange A0 à 28jours à 28jours .....	55
<b>Figure IV.27</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A1 à 28jours à 28jours .....	56
<b>Figure IV.28</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A2 à 28jours à 28jours .....	56
<b>Figure IV.29</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A3 à 28jours à 28jours .....	57
<b>Figure IV.30</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A4 à 28jours à 28jours .....	57
<b>Figure IV.31</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A5 à 28jours à 28jours .....	58
<b>Figure IV.32</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A6 à 28jours à 28jours .....	58
<b>Figure IV.33</b> : La masse volumique apparente des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours A6 à 28jours .....	59
<b>Figure IV.34</b> : La porosité moyenne de mélange A0 à 28jours. ....	59
<b>Figure IV.35</b> : La porosité des mélanges A0 et A1 à 28jours. ....	60
<b>Figure IV.36</b> : La porosité des mélanges A0 et A2 à 28jours. ....	60
<b>Figure IV.37</b> : La porosité des mélanges A0 et A3 à 28jours. ....	61
<b>Figure IV.38</b> : La porosité des mélanges A0 et A4 à 28jours. ....	61
<b>Figure IV.39</b> : La porosité des mélanges A0 et A5 à 28jours. ....	62
<b>Figure IV.40</b> : La porosité des mélanges A0 et A6 à 28jours. ....	62
<b>Figure IV.41</b> : La porosité des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours à 28jours .....	63
<b>Figure IV.42</b> : La conductivité thermique moyenne de mélange A0 à 28jours. ....	64
<b>Figure IV.43</b> : La conductivité thermique des mélanges A0 et A3 à 28jours .....	64
<b>Figure IV.44</b> : La conductivité thermique des mélanges A0 et A4 à 28jours .....	65
<b>Figure IV.45</b> : La conductivité thermique des mélanges A0 et A5 à 28jours. ....	65

<b>Figure IV.46</b> : La conductivité thermique des mélanges A0 et A6 à 28jours. ....	66
<b>Figure IV.47</b> : La variation de la conductivité thermique des mélanges A0, A3, A4, A5 et A6 à 28jours .....	66
<b>Figure IV.48</b> : La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours .....	67
<b>Figure IV.49</b> : La variation de la perte de masse des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 en fonction du temps .....	68
<b>Figure IV.50</b> : La variation de la résistance à la compression des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 après l'essai de mouillage et séchage .....	69
<b>Figure IV.51</b> : Comparaison entre la variation de la résistance à la compression des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 après 28 jours l'essai de mouillage et séchage et 60 jours .....	70
<b>Figure IV.52</b> : La variation de la vitesse sonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 avant et après l'essai de mouillage et séchage et après 60 jours.....	71

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau II.1</b> : Les caractéristiques des blocs creux à dimension 500x 150 x 200 .....	10
<b>Tableau II.2</b> : Diverses utilisations des matières plastiques vierges et recyclées .....	13
<b>Tableau III.1</b> : Les caractéristiques intrinsèques du gravier 3/8 .....	24
<b>Tableau III.2</b> : Caractéristiques de fabrication du gravier 3/8 .....	25
<b>Tableau III.3</b> : Les caractéristiques du sable 0/3 .....	25
<b>Tableau III.4</b> : Formulation d'hourdis en béton pour 1m <sup>3</sup> sur chantier .....	26
<b>Tableau III.5</b> : Analyse granulométrie des déchets plastiques .....	27
<b>Tableau IV.1</b> : Abréviation des mélanges .....	41

# **Chapitre I :**

## **Introduction générale**

### **I.1.Introduction :**

Face aux demandes toujours croissantes sur les ressources naturelles et aux exigences et conditions de protection de l'environnement dans une vision de développement durable, il est devenu nécessaire et pertinent d'explorer et d'étudier toutes les possibilités et opportunités de réutilisation et de recyclage des déchets et sous-produits industriels. Produits, notamment dans le secteur de la construction.

Le hourdis en béton est aujourd'hui l'un des matériaux de construction les plus utilisés dans le monde. Sa facilité de fabrication et d'installation, son faible coût, les propriétés mécaniques et la durabilité qu'il offre le rendent légalement utilisé pour réaliser les travaux les plus divers.

Nous constatons que la quantité de déchets solides générés par la population est en augmentation. Par conséquent, les déchets solides ont un impact important sur l'environnement. De par leur nuisance, ils sont à l'origine de plusieurs problèmes supportés par notre environnement.

Une partie de la composition des déchets de plastique transformé solides est dégradable, donc facilement transformable, mais le plastique est un déchet non dégradable. Ce sont des polluants directs qui ne sont ni altérables ni dégradables. Ils polluent l'environnement et affectent la santé des personnes car ils sont responsables de la propagation de nombreuses maladies.

Ils sont également une source de polluants secondaires car leur combustion produit des produits toxiques qui affectent la qualité de l'air. Si la plupart des emballages sont en matières plastiques, dans tous les domaines (bâtiment, alimentation, électroménager, etc.)

À travers ce travail, nous allons concentrer nos recherches sur la possibilité d'utiliser les déchets de plastique transformé pour créer un hourdis simple avec des bonnes propriétés mécaniques et physiques. L'étude a analysé l'effet de l'incorporation de déchets utilisés sur les propriétés physico-mécaniques et thermiques de la nouveauté matériau.

## **I.2.Problématique :**

Les déchets plastiques transformés représentent aujourd'hui un véritable défi pour l'humanité, et il est nécessaire de les réutiliser ou de rechercher les meilleures utilisations pour ces types.

Les déchets plastiques transformé représentent une part importante de la masse totale des déchets ménagers et ne sont pas dégradables, ce qui représente une réelle menace pour l'environnement. Il y a donc lieu d'encourager leur recyclage. Pour notre bien-être et celui des générations futures, nous choisissons de recycler les déchets plastiques pour en faire des matériaux de construction.

## **I.3. Objectif de travail :**

L'objectif principal de cette recherche est de réutiliser les déchets plastiques pour résoudre les problèmes environnementaux grâce à la conception de matériaux de construction et au respect des normes de qualité pour les revêtements. A travers ce travail, nous avons élaboré une proposition d'article innovante pour une utilisation dans le domaine du génie civil, que nous avons étudié théoriquement et pratiquement pour nous assurer qu'elle est conforme aux normes en vigueur dans le domaine de la construction. Ces objectifs appréciés :

- ✓ Établir des techniques d'utilisation des déchets plastiques.
- ✓ Augmentation les teneurs de déchet plastique.
- ✓ Améliorer les caractéristiques physiques, mécaniques, phoniques et thermiques.
- ✓ Réduction la pollution d'environnement.
- ✓ Réduction cout total hourdis et de la structures.

## **I.4.Structure de mémoire :**

Dans ce mémoire, nous avons travaillé sur cinq (05) chapitres :

Le premier chapitre est introduction générale qui fait exposer la motivation réelle de cette recherche et en expliquant la problématique et de trouver une solution économique et écologique et technique à ce problème à travers notre travail, ensuite nous avons parlé à l'objectif de notre étude, enfin la structure de ce mémoire.

Le deuxième chapitre nous l'avons fait une recherche bibliographique et nous avons expliqué les déchets de plastiques dans le domaine de génie civil et les hourdis de béton.

Le troisième chapitre à la méthodologie de travail, dans lequel nous allons monter la méthode, les mélanges et les variantes préparées.

Le quatrième chapitre est pour l'analyse des résultats obtenus.

Enfin, Le dernier chapitre nous présentons une conclusion générale à cette étude.

# **Chapitre II : Revue bibliographique**

## II. Introduction

L'objet de la synthèse bibliographique de ce chapitre est pour définir les enjeux de ce thème.

On a présenté la définition de l'hourdis et le processus de manufacture et les différents types des hourdis et nous présentons les principes types de plastique et cycle de recyclage de plastique et on a mentionné des recherches sur la résistance à la compression et à la flexion, l'absorption, porosité, la vitesse des ondes ultrasonique et conductivité thermique et la perte de masse du bloc de béton.

Aussi on a présenté certaines généralités sur les matériaux qui sont cependant utiles à la compréhension de l'ensemble des phénomènes qui nous intéressent.

### II.1. l'hourdis :

#### II.1.1. Introduction :

La présente invention concerne le domaine de la construction, notamment des éléments de construction et notamment des panneaux, et concerne un procédé de réalisation de panneaux isolants. L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé et les dalles produites à partir de celui-ci. Des déchets de plastique transformés très légères sont actuellement disponibles, qui servent de coffrage isolant pour la production de dalles de plancher.

Il existe également dalles de béton, polystyrène, PVC, bois, terre, terre cuite mixtes auto formants et autoportantes avec nervures en béton armé. Ces planches permettent généralement de réaliser des coffrages de planchers nécessitant un support minimal, mais présentent l'inconvénient d'être relativement lourdes et pratiquement peu pratiques à déplacer par un seul opérateur.

De plus, l'élément raidisseur en béton armé, coulé dans la rainure longitudinale prévue à cet effet dans la partie inférieure des lattes, provoque l'apparition d'une trace de couleur différente, empêchant ainsi la partie inférieure du plancher d'être finie sans peinture. Les dalles de béton sont fabriquées à partir d'un mélange de ciment conventionnel et de divers granulats. Ceux-ci comprennent : le sable, le gravier, la pierre concassée, l'argile expansée ou l'ardoise, les cires volcaniques, les scories, la pierre ponce, etc. Différents types de blocs sont conçus pour

---

---

être utilisés dans la construction de murs. La maçonnerie en béton ou en blocs de béton est un élément important et courant dans la construction de bâtiments. [1]

### **II.1.2 : Historique :**

Les planchers antiques de base en tant que premiers éléments structurels se composaient uniquement de poutres carrées jusqu'au début du XIXe siècle.

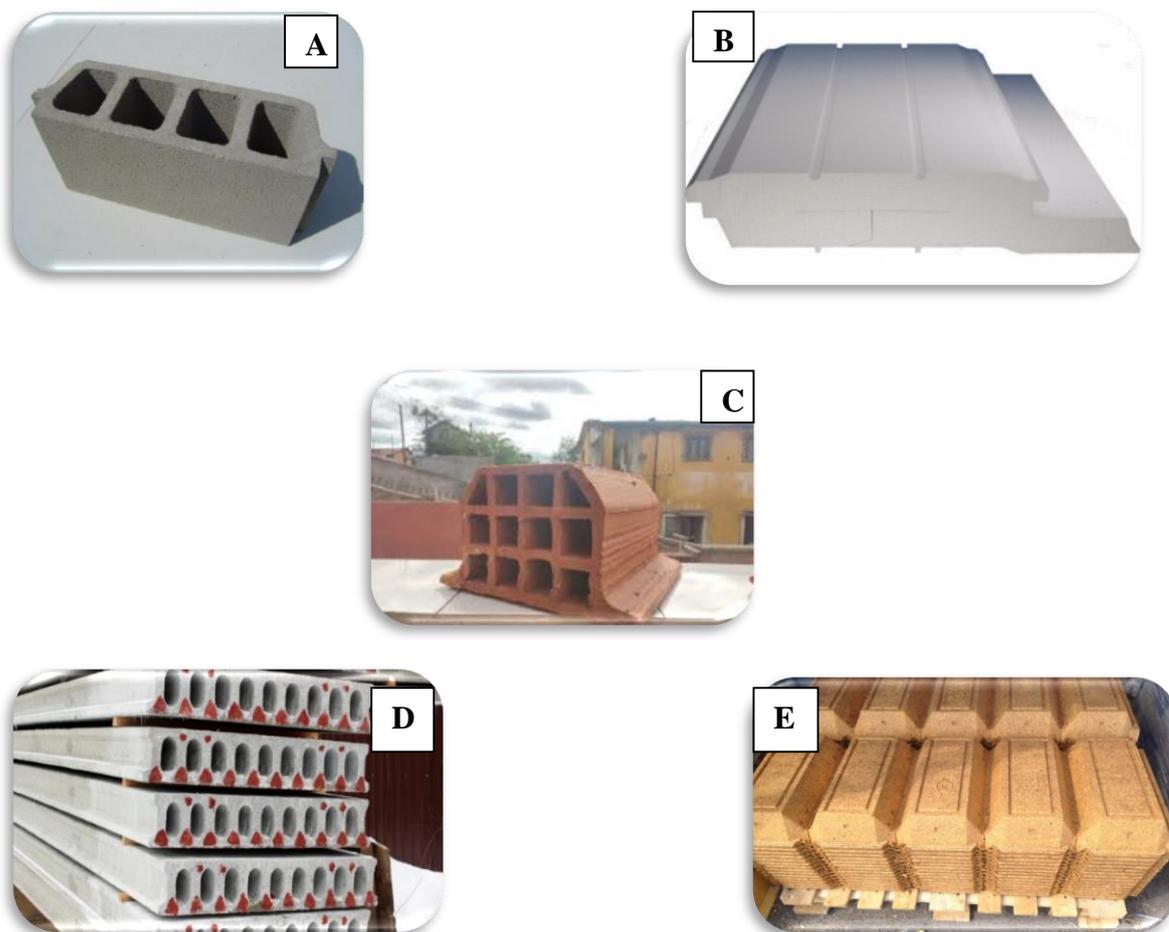
On appelle Hourdis ou Hourdage "la maçonnerie de plâtre, de plâtre, de coulis entre colonnes formant des tronçons de cloisons ou de solives de plancher, ainsi que celle constituée d'ajouts fins ou de plâtre pur entre les voliges ou solives de cloisons ajourées". Entre un "Have grenier", un plancher qui n'est pas rempli entre les solives, et un "grenier" où les espaces entre les solives sont remplis de plâtre et le plâtre affleure le bois au-dessus et au-dessous. Un plancher « encastré » ou « entre eux » signifie un plancher qui est « relié par une latte ou un clin à une surface de plâtre ou d'argile au-dessus et le bois est visible d'en bas ».

Le terme grenier est familier comme un grenier préfabriqué reçu, mais à un autre moment, il s'agissait d'un terme plutôt vague avec une signification similaire au terme "mur blanc". [2]

### **II.1.3. Définition de l'hourdis :**

L'hourdis est appelé corps creux ou entrevous, sont aujourd'hui devenus des éléments indispensables pour la construction des bâtiments. Ces éléments est préfabriqués en béton de gravillons, en terre cuite ou en polystyrène et constituent une solution rapide et économique pour réaliser un plancher solide et résistant au feu pour une nouvelle construction. Ils peuvent être constitués de différents matériaux et correspondent à une norme européenne particulière

Aussi sont des éléments intercalaires reposant sur les talons de deux poutrelles voisines. Ils jouent le rôle d'éléments de coffrage pour la partie de plancher coulée en œuvre (dalle, nervure) et participent ou non à la résistance mécanique, à l'isolation thermique et phonique du plancher. Ils doivent d'ailleurs répondre aux exigences de sécurité vis-à-vis de l'incendie. [3]



**Figure II.1** : les différents types corps creux. A : Hourdis en béton. B : Hourdis en polystyrène. C : Hourdis en argile. D : Hourdis en béton précontrainte. E : Hourdis en bois.[1]

#### II.1.4. Les avantages des hourdis :

- Allègement de la construction
- Diminution de coffrage.
- Rapidité de la mise en œuvre.
- Economie de béton.
- Bonne isolation thermique et Acoustique.
- Absence de fissuration.
- Sécurité et confort de pose.

#### II.1.5. Processus de fabrication des parpaings

1. Echantillonnage des agrégats.
2. Mélangeur.

3. Bande transporteuse.
4. Moulage des blocs.
5. Système de contrôle.
6. Gerbeur de déchargement.
7. Plateforme de séchage. [4]

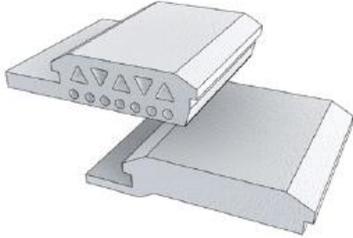


**Figure II.2 :** fabrication des hourdis. [1]

## **II.1.6. Les différents types de l'hourdis :**

### **II.1.6.1. Les hourdis non résistants (LNR) :**

Hourdis à faible résistance (NR) qui n'ont aucune fonction mécanique dans le système de plancher fini (nom français entrevous simple décoffrage). Dans le cas le plus courant, ils assument la fonction de coffrage unidirectionnel pour créer une armature de répartiteur coulé. Ils doivent résister aux actes accomplis sur eux lors de la pose du sol. Ces adaptateurs sont généralement fabriqués en matériau léger (polystyrène, plastique, particules ou fibres de bois, etc.).

Hourdis en polystyrène expansé (PSE)	Hourdis en matière plastique	Hourdis en particules ou fibre de bois moulé
NF EN 15037-4 : hourdis PSE	NF EN 15037-5 : hourdis légers de coffrage simple	
		

**Figure.II.3 :** Hourdis de coffrage non résistants. [3]

Les hourdis de coffrage en polystyrène ordinaire peuvent être formés avec un côté plat ou creux à partir du bas, ou coupés avec des fentes. Des rondelles en polystyrène à picots épais permettent de renforcer l'isolation du sol. La languette passe sous le talon de la poutre. Ces niveaux intermédiaires servent principalement à isoler les plafonds au-dessus des niches.

**II.1.6.2. Les hourdis semi-résistants (SR) :**

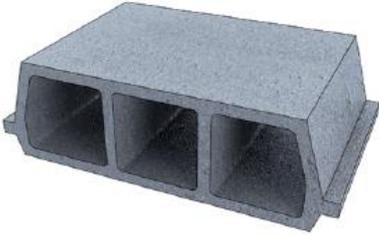
Fabriqués en béton ou en terre cuite (nom français des hourdis de coffrage solides). Ces supports aident à transférer les charges sur les poutres. La paroi supérieure de la fissure ne peut à elle seule servir de table de compression dans un système de plancher fini.

<b>Hourdis en béton</b>	<b>Hourdis en terre cuite (longitudinaux)</b>
<b>NF EN 15037-2 hourdis en béton</b>	NF EN 15037-3 hourdis en terre cuite
	

**Figure II.4 :** hourdis semi-résistants en béton ou en terre cuite. [3]

**II.1.6.3. Les hourdis résistants (RR) :**

En béton ou en terre cuite, avec les noms français suivants d' plaques de support droites et poutres intermédiaires avec table de compression de TCI Incorporâtes. Ils permettent de transférer les charges opérationnelles sur les poutres, éliminant ainsi la nécessité de construire une ossature supplémentaire. Inserts à roulement unique. Les parois supérieures des poutres droites ne sont pas nécessairement reliées entre elles. Le haut du support intermédiaire n'est pas inclus dans le tableau de pression de la plaque.

Hourdis en béton	Hourdis en terre cuite (longitudinaux)
NF EN 15037-2 hourdis en béton	NF EN 15037-3 hourdis en terre cuite
	

**Figure II.5 :** hourdis résistants en béton ou en terre cuite. [3]

Les parois supérieures des entrevous porteurs TCI présentent une feuillure permettant d'assurer leur jointoiement obligatoire et réalisé avec soin pour leur prise en compte dans la flexion du plancher. La paroi supérieure jointoyée est prise en compte dans la table de compression du plancher. Les conditions de forme et de dimension du joint sont définies dans les référentiels de certification CSTB ou NF et dans les normes NF EN 15037-2 +A1 (béton) et NF EN 15037-3 +A1 (terre cuite).

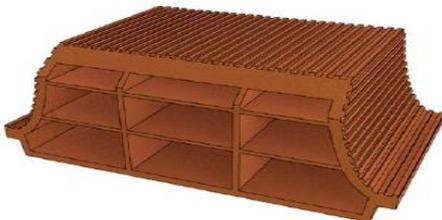
Hourdis en béton	Hourdis en terre cuite (longitudinaux)
NF EN 15037-2 hourdis en béton	NF EN 15037-3 hourdis en terre cuite
	

Figure II.6 : hourdis résistants en béton ou en terre cuite (hourdis porteuse TCI). [3]

### II.2. Caractéristique d'un entrevous :

D'après les NF EN 771-3 et NF EN 771-3/CN, il définit les caractéristiques blocs creux à dimension 500x 150 x 200 comme suit : [5]

Tableau II.1 : Les caractéristiques des blocs creux à dimension 500x 150 x 200.

Désignation	Caractérisation
Poids moyen d'une palette sèche	704 Kg
Poids unitaire	14 kg
Volume d'une palette	0,684m <sup>3</sup>
Masse volumique moyenne d'une palette	640 Kg/m <sup>3</sup>
Masse volumique absolue du béton	1300 Kg/m <sup>3</sup>
Masse volumique apparente sèche des blocs standards	662 Kg/m <sup>3</sup>
Masse volumique apparente sèche des blocs d'angle	644 Kg/m <sup>3</sup>
Dimensions de fabrication	494 x 150 x 190 (L x l x h)
Classe de précision dimensionnelle	D1 (L+3,-5 ; l+3,-5 ; h + 3,-5)
Résistance thermique	0.16m <sup>2</sup> K/W
Variation dimensionnelle	< 0.3mm/m
Absorption d'eau et durabilité gel/dégel	blocs destinés à être enduits
Adhérence au cisaillement	0.1 N/mm <sup>2</sup>
Isolation acoustique estimées	non requis
Classement de résistance au feu	non requis
Classe de résistance disponible	B40

## II.3. Le recyclage du plastique :

### II.3.1. Introduction :

Le plastique est omniprésent dans nos vies. En plus de leurs avantages, ils génèrent beaucoup de déchets par rapport à leur poids lorsqu'ils sont consommés.

Ces déchets plastiques se trouvent couramment dans les points de collecte et autres installations d'élimination des déchets, y compris les décharges techniques.

Leur diffusion dans la nature est vivace et inesthétique, car leur biodégradabilité est faible dans la plupart des cas, leur recyclage doit donc être encouragé.

Malheureusement, la variété des types de plastique et la composition du plastique lui-même, l'incompatibilité de certains polymères entre eux et la difficulté de reconnaître et de séparer les différents polymères entraînent de nombreux problèmes, notamment en termes de tri sélectif, notamment dans le cas des déchets post de consommation des plastiques.

Par ailleurs, le faible coût des produits pétroliers de base ne favorise pas l'émergence d'un marché significatif pour les plastiques recyclés.

Le recyclage des matières plastiques, en particulier des thermoplastiques pour les emballages, s'est jusqu'ici essentiellement situé dans le domaine classique du recyclage des matériaux, c'est-à-dire les déchets triés, lavés, broyés et granulés sont renvoyés vers la filière. Les déchets plastiques peuvent être valorisés en récupérant une partie importante de la matière (recyclage et valorisation) ou en l'utilisant.



**Figure II.7 :** Des différents déchets de plastique. [23]

**II.3.2. Types de plastiques et ses déchets recyclés :**

La quantité de plastique utilisée dans le monde a considérablement augmenté chaque année. Ses fonctionnalités conviviales uniques, sa flexibilité exceptionnelle, sa facilité de fabrication, ses performances et sa durabilité exceptionnelles sont les principales raisons de cette croissance astronomique. En plus d'être largement utilisés dans les emballages et les applications industrielles, les plastiques sont également largement utilisés dans les systèmes d'administration de médicaments, les implants artificiels et les applications de soins de santé, le stockage et la distribution des aliments, les applications de construction, les industries des communications et de l'électronique, etc. [6]



**Figure II.8 :** Recyclages des plastiques. [23]

**Tableau II.2 :** Diverses utilisations des matières plastiques vierges et recyclées. [6]

Nom du plastique	Description	Certaines utilisations du plastique vierge	Certaines utilisations des plastiques fabriqués à partir des déchets plastiques
Polytéréphtalate d'éthylène (PET)	Plastique claire et dure, peut être utilisé pour en faire des fibres	Bouteilles pour boissons gazeuses et eaux minérales, rembourrage pour sacs de couchage et oreillers, fibres textiles	Bouteilles de boissons gazeuses, bouteilles de détergent (multicouches), film transparent pour emballage, fibres de tapis, vestes laineuses
Polyéthylène Haute Densité (PEHD)	Plastique très fréquent, habituellement blanc ou coloré	Sacs à provisions, sacs de congélation ondulée, bouteilles de lait et de crème, bouteilles de shampoing et produits de nettoyage, caisses de lait	Bacs à compost, bouteilles de détergent, caisses mobiles, poubelles, tuyaux agricoles, palettes, caisses de recyclage aux bords des trottoirs
Poly chlorure de vinyle non plastifié (UP VC)	Plastique dure et rigide peut être clair	Bouteille de jus, douilles d'ampolules, tubes et raccords de plomberie	Bouteilles de détergent, tuiles, tuyaux et raccords de plomberie
Poly chlorure de vinyle plastifié	Plastique Souple, clair et élastique	Tir/aux d'arrosage, semelles de chaussures, sacs et tubes pour prélèvement de sang	Tuyaux flexibles d'intérieur, sols industriels
Polyéthylène à basse densité (PEBD)	Plastique mou et flexible	Couvercles des pots de crème glacée, sacs à ordures, poubelles, feuilles de plastique noir	Film pour l'industrie du bâtiment, les pépinières, l'industrie de l'emballage, sacs
Polypropylène (PP)	Plastique dur, mais souple — de nombreuses utilisations	Pots pour crème glacées, sacs de chips, paillettes pour boissons, boîtes et emballage alimentaire	Bacs de compost, caisses aux bords des trottoirs de récupération pour le recyclage, usinage sans fins
Polystyrène (PS)	Plastique rigide et fragile, peut être clair et vitreux	Pots de Yaourt, couvercles en plastique, imitation de cristal « verrerie »	Pinces à linge, cintres, accessoires de bureau, bobines, règles, boîtes de cassette vidéo / CD
Polystyrène Expansé (PSE)	Mousseux, léger, absorbant l'énergie, isolant thermique	Gobelets pour boissons chaudes, plats à emporter et récipients de nourritures, plateaux pour charcuteries, emballage	

### III.3.3. Avantages des matières plastiques :

La croissance de l'utilisation du plastique est due à ses propriétés bénéfiques, qui comprennent :

- ✓ Polyvalence extrême et sa capacité d'adaptation pour répondre aux besoins techniques spécifiques.
- ✓ Un poids plus léger que les matériaux concurrents réduisant ainsi la consommation de carburant pendant le transport.
- ✓ Bonne sécurité d'hygiène pour les emballages alimentaire.
- ✓ Longévité et durabilité.
- ✓ Résistance aux produits chimiques, à l'eau et à l'impact.
- ✓ Excellentes propriétés d'isolation thermique et électrique.
- ✓ Coût de production relativement bas.
- ✓ la capacité de combiner avec d'autres matériaux comme l'aluminium, du papier, adhésifs.
- ✓ Matériau de choix pour l'utilisation de tous les jours, style de vie humain et matière plastique son actuellement inséparables. [6]

### II.3.4. Inconvénients des plastiques :

Des produits chimiques potentiellement nocifs sont également utilisés dans la fabrication des plastiques, qui sont ajoutés comme stabilisants ou colorants. Beaucoup n'ont pas fait l'objet d'une évaluation des risques environnementaux et leurs impacts sur la santé humaine et l'environnement sont actuellement incertains, comme les phtalates utilisés pour fabriquer le PVC.

Le PVC a toujours été utilisé dans les jouets pour jeunes enfants et il y a eu des inquiétudes concernant la libération de ces phtalates lorsque ces jouets sont inhalés (contact avec la salive). Des évaluations des risques de l'impact environnemental des phtalates sont en cours. L'élimination des produits en plastique contribue également de manière significative à leur impact environnemental, car la plupart des plastiques mettent beaucoup de temps à se décomposer, peut-être des centaines d'années, bien que personne ne sache avec certitude que les plastiques ne durent pas une fois qu'ils finissent dans les décharges.

Comme de plus en plus de produits en plastique, en particulier les emballages, sont jetés

---

---

peu de temps après l'achat, l'espace d'enfouissement du plastique devient une préoccupation. [6]

### **II.3.5. La composition de plastique :**

Les matières plastiques se composent de différents éléments principalement :  
Le carbone(C), L'hydrogène(H), L'oxygène(O), L'azote(N), Le chlore (C), Le soufre (S). [1]

### **II.3.6. Les avantages de recyclage de plastique :**

Le recyclage du plastique crée beaucoup des avantages les plus importants Sant :

#### **II.3.6.1. Protection de l'environnement :**

En triant vos déchets vous devenez le premier million de la chaîne du recyclage et contribuez activement au développement durable, le processus de recyclage implique en effet l'utilisation de matière premiers secondaires issues de déchets et pensif aussi d'éviter toutes les phases d'extraction et de transformation des matières première naturelle qui sont polluantes et couteuses en énergie.

#### **II.3.6.2. Préservation des ressources :**

Le recyclage permet de la chaîne immuable des ressources transformées en produits qui en fin de vie, deviennent des déchets qu'il faut éliminer une bouche vertueuse est ainsi créée par l'utilisation de matière première issue de déchets à la place de matière première naturelle par exemple une tonne de plastique permet d'économiser 800 kilos de pétrole brut. A une époque où la pénurie des ressources pétrolières se dessine à moyen terme, une telle économie prend toute son importance.

#### **II.3.6.3. Soutenir l'économie locale :**

Le recyclage profite à l'économie locale et contribue ainsi à la création d'emplois. Par exemple, il existe actuellement 15 entreprises de plus de 300 salariés dans le secteur de la gestion des déchets. Ces avantages sont bons pour l'économie nationale des pays. [7]

#### II.4. Valorisation des déchets plastiques sous forme de granulats :

En raison de la grande difficulté d'élimination, les déchets plastiques sont utilisés par de nombreux chercheurs dans le béton comme substitut partiel des granulats fins ou grossiers.

Le recyclage des déchets plastiques dans le génie civil est un secteur important, car les produits à obtenir ne sont pas soumis à des critères de qualité trop stricts. Le recyclage des déchets plastiques a deux impacts très importants, impact et impact économique.

Divers déchets sont utilisés dans la construction dans de nombreux pays du monde, principalement dans le ciment ou le béton sous forme de poussières, de fibres ou de granulats.

Ces travaux portent sur le recyclage des déchets peu respectueux de l'environnement du fait de leur caractère volumineux et inesthétique, à savoir les déchets plastiques. Trois types de déchets plastiques sont ajoutés au béton (sous forme de granulés et de fibres (ondulées et droites)).

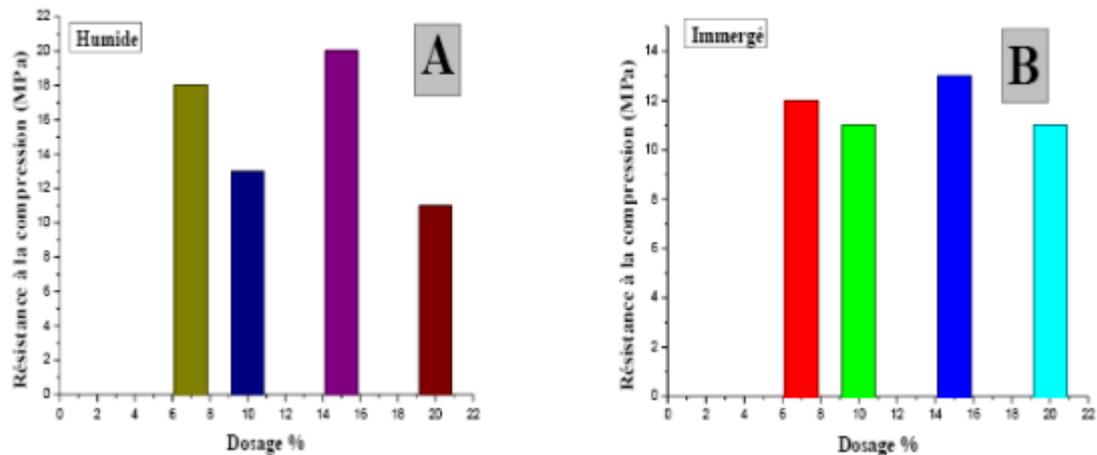
Propriétés à l'état frais (ouvrabilité, absorption d'air et densité) et à l'état durci (résistance à la compression, résistance à la traction, retrait) et absorption d'eau) des différents bétons produits sont analysés et comparés aux témoins respectifs.

D'après les résultats expérimentaux, on peut conclure que le renforcement de la matrice cimentaire avec des fibres plastiques frisées montre également une amélioration significative de la résistance à la traction du béton, par exemple une réduction significative de sa capacité d'absorption d'eau lors de l'utilisation de déchets plastiques.

#### II.4. Des résultats des utilisations de déchets de plastique par des différents du chercheur :

En raison de leurs grands problèmes d'élimination, les déchets plastiques ont été utilisés dans le béton par de nombreux chercheurs comme remplacement partiel des granulats fins ou grossiers.

(Zefane B et Draid C,2022) ont étudié l'effet des déchets du plastique industriel dans des blocs de béton qui ont remplacé les granulats par des défèrent taux de plastique Ils ont conclu que la résistance à la compression du béton diminue en fonction de l'augmentation du taux de déchets introduit.



**Figure II.9 :** Variation de la résistance à la compression des blocs A et B en fonction la méthode de conservation.

Cela pourrait être expliqué par la faible adhérence entre la surface des déchets plastiques et la pâte de ciment, ainsi qu'à l'augmentation de la taille des particules de plastique. [1]

(Rai B, Rushad ST, Kr B et Duggal SK. 2012) ont étudié les propriétés des mélanges de béton avec des déchets plastiques, qui ont remplacé les granulats fins par 5 %, 10 % et 15 % en volume. [8]

Ils ont conclu que la résistance à la compression du béton diminue en fonction de l'augmentation du taux de déchets introduit.

Cela pourrait être expliqué par la faible adhérence entre la surface des déchets plastiques et la matrice cimentaire, ainsi qu'à l'augmentation de la taille des particules de plastique.

(Ramadevi KK et Manju R. 2012) ont examiné la possibilité d'utiliser des bouteilles en PET comme remplacement partiel des granulats fins dans le béton. Ils ont constaté que la résistance à la compression a augmentée jusqu'à 2 % des fibres de PET et a progressivement diminué de 4 et 6 % des substitutions. [9]

(Keryou A et Ibrahim G, 2014) ont étudié la possibilité d'utiliser des capsules de déchets de bouteilles comme substitut partiel des granulats grossiers dans la production de béton. Ils ont conclu que la résistance à la compression augmente avec le pourcentage croissant de capsules de bouteilles et la résistance maximale obtenue avec un remplacement de 10 %. [10]

D'autre part, (Mishra B et Mishra RS ,2015) ont examiné l'utilisation de plastiques recyclés comme remplacement partiel des granulats grossiers naturels dans le mélange de béton. Ils ont constaté qu'il n'y avait pas de changement notable dans les propriétés mécaniques du béton jusqu'à 20 % de remplacement. [11]

(Saikia N et De Brito J , 2014) ont évalué les effets de la taille et la forme des granulats de PET sur les propriétés fraîches et durcies des bétons avec l'utilisation de trois types de granulats en déchets plastiques. L'un sous forme de pellets remplaçant le granulat fin par 5 %, 10 % et 15 % et les deux autres sous forme de morceaux déchiquetés, l'un remplaçant l'agrégat fin avec 5 %, 10 % et 15 % et le dernier remplaçant le granulat grossier avec les mêmes pourcentages. [12]

Ils ont constaté que la taille et la forme des granulats de déchet de plastique transformé affectent le rapport E/C et l'affaissement. D'autre part, la résistance à l'abrasion des mélanges de béton contenant des types de de déchet de plastique transformé a été améliorée par rapport au béton de référence.

## II.6.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique concerne l'hourdis, le problème de plastique et effets fibre plastiques sur les propriétés du mortier ou béton composite avec leurs caractérisations vis-à-vis leurs comportement physico mécanique à l'état durcis.

Le choix technique la plus adéquate pour le problème doit suivre les bonnes pratiques et la bonne méthodologie, ces critères de choix sont également mentionnés dans ce chapitre.

# **Chapitre III :**

# **Formulation et**

# **méthodes**

# **expérimentales**

### III .1 .Introduction:

L'objet de ce chapitre est la présentation des matériaux utilisés pour la confection des hourdis et la méthodologie adoptée lors du travail de recherche expérimentale.

En effet, notre recherche est pour objet d'étude la possibilité d'utiliser les déchets de plastique transformés comme un ajout dans l'hourdis avec des taux de plastique (A0= 00% , A1= 10%, A2= 15%, A3= 20%, A4= 25%, A5= 30% et A6= 35%) et d'analyser le comportement d'hourdis à l'état durci par les essais de compression, flexion absorption de l'eau et porosité et la conductivité thermique et la durabilité par le essai de séchage/mouillage et ultrasonique. Les essais sont effectués selon les normes européennes, normes françaises, normes anglaises et ASTM.

### III .2 .Constituants de hourdis en béton :

#### III.2.1. Le sable concassé 0/3 :

On appelle sable, les matériaux de petites dimensions issues de désagrégation des roches le sable est l'élément qui assure au béton au mortier, selon ses qualités, une influence prépondérante et joue un rôle très important qui participe à la résistance, il donne la cohésion du mélange. Il provient des roches calcaires, ils sont chimiquement inertes.

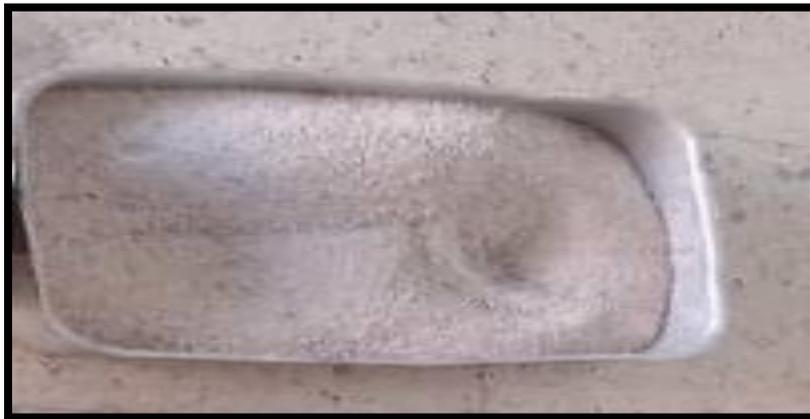


Figure III.1 : Le sable 0/3.

#### III.2.1.1. Classification de sable :

- ❖ suivant leurs provenances :
- Sables de carrière :

Il doit être lavé avant usage pour éliminer les matières terreuses. Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains de sable en l'empêchant d'adhérer aux liants. Le sable quartzeux

exemple de matières terreuses ou argileuses est excellent pour la confection du béton et mortier :

- ❖ **Suivant leurs grosseurs :**
- Sable fin 0.08 à 0.315 mm.
- Sable moyen 0.315 à 2.00 mm.
- Sable gros 2.00 à 5.00 mm.

### III.2.1.2. Rôle de sable dans le béton :

Il permet de remplir les vides entre les gros granulats.

### III .2 .2. Le ciment matine :

Le ciment est un liquide de refroidissement de clinker broyé contenant un mélange de silicates de calcium et d'aluminates et est porté à un point de fusion de 1450-1550 °C.

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une substance inorganique finement broyée qui, lorsqu'elle est mélangée à de l'eau, forme une pâte liante et durcissant par des réactions et des processus d'hydratation, qui après durcissement conserve également sa résistance et sa stabilité dans l'eau.



Figure III.2 : Ciment.

### III .2 .2.1. Rôle du ciment dans le béton :

Le ciment joue le rôle de colle qui permet la liaison entre les granulats (sable, gravier), et c'est l'élément constitutif qui gâche avec l'eau par suite des réactions chimiques pour donner

un nouveau matériau qui s'appelle le hydrate responsable sur le durcissement et la résistance de béton.

### III.2 .3. L'eau de gâchage :

Eau incorporée au mélange liant et granulats afin d'enclencher sa prise et de conférer au béton sa plasticité, donc son ouvrabilité. La qualité de l'eau de gâchage doit répondre à la norme NF EN 1008. [13]



Figure III.3 : L'eau.

#### III.2.3.1. Rôle de l'eau dans le béton :

Nécessaire pour l'hydratation du ciment, elle facilite aussi l'ouvrabilité du béton. D'autre part, elle est indispensable pour assurer le bon compactage du béton.

### III.2.4 .Les granulats :

Les agrégats sont une série de grains neutres qui doivent être agglomérés avec un liant pour former un agrégat.

Le terme granulat utilisé pour décrire le granulat est donc incorrect, puisque le granulat est en fait un ensemble hétérogène de substances ou d'éléments (par exemple mortier ou béton) qui adhèrent fortement les uns aux autres.

Le terme agrégat au singulier désigne un ensemble de grains de même nature, quel que soit le critère de classement utilisé. Le terme pluriel d'agrégats est utilisé pour désigner un mélange de grains de types différents.

Les granulats utilisés en génie civil doivent répondre à des exigences de qualité et de propriétés spécifiques à chaque application.

Les granulats forment l'épine dorsale du béton et représentent généralement environ 80 % du poids total du béton.



**Figure III.4 :** Gravier 3/8.

#### **III.2.4.1. Rôle des granulats dans le béton :**

Ils vont former une disposition plus ou moins ordonnée qui va conférer au béton sa résistance. C'est le ciment hydraté qui va coller les granulats.

#### **III.2 .5. Les déchets de plastique :**

La plupart des matériaux plastiques ne sont pas biodégradables et ne rouillent pas, donc les utiliser dans le béton nous aide à réduire leur présence dans la nature, nous avons donc dû les cristalliser et les utiliser.



**Figure III.5 :** Les fibres de plastique.

### III.2 .5.1. Rôle déchets de plastique :

Améliorer le béton sur une bonne cohésion, réduire la quantité de matériaux naturels et réduire le poids du béton.

## III .3. Formulation des hourdis en béton :

### III. 3. 1. Matériaux utilisés :

Les matériaux utilisés pour faire la formulation des essais sont :

- Gravier 3/8.
- Sable 0/3.
- Ciment (classe 42 .5 matine).
- Eau de gâchage.
- Plastique recycle (PT).



**Figure III.6 :** Matériaux utilisés.

✓ **NOTE :**

Pour les matériaux utilisés on a pris en considération ces derniers qui sont souvent utilisés pour la fabrication de l'hourdis ordinaire.

- ✓ 1Litre d'eau=1kg.
- ✓ La température dans le laboratoire est dans l'ordre de  $20 \pm 2$  °C.

**III.3.2 .Analyse des matériaux :****III.3.2.1.Origine des matériaux :**

Les gravillons et sable proviennent par Central de fabrication des bétons SARL MEBARKIA BORDJ BOU ARIRIDJ de carrière EL HIDHAB CHELGHOUME LAID WILAYA DE MILA.

**III.3.2.2.Les résultats obtenus :****III.3.2.2.1.Gravillons 3/8 :**

Les gravillons ont donné les résultats récapitulés dans les tableaux ci-après :

**Tableau III.1** : Les caractéristiques intrinsèques du gravier 3/8.

Désignation	Granularité	LA%	Densité absolue (t/m <sup>3</sup> )	Densité apparente (t/m <sup>3</sup> )	Absorption d'eau
Carrière EL HIDHAB	Gravillon 3/8	23.6	2.71	1.33	0.56
Norme de spécification NF P 18-545		$LA_A \leq 30$ $LA_B \text{ et } LA_C \leq 40$ $LA_D \leq 50$	-	-	-

Tableau III.2 : Caractéristiques de fabrication du gravier 3/8.

Granularité	Granularité						Teneur en fine f	Propreté superficielle P(%)
	2D	1.58D	D	(D+d)/2	d	0.63 d		
Gravillon 3/8	100	100	95	49	3	1.89	0.67	0.5
Norme de spécification NF P18-540	Vsi 100	Vsi 99	Ls 80 Li 90	Ls=25 Li= 75	Ls 1 Li 20	Vss 5	Vss= 1.5	Vss=1.5

**III.3.2.2.2.Sable concassé 0/3 :**

Le sable est donné les résultats récapitulés dans les tableaux ci-après :

Tableau III.3 : Les caractéristiques du sable 0/3.

Désignation	Granularité				Module de finesse	ES	Densité apparente (t/m <sup>3</sup> )	Densité absolue (t/m <sup>3</sup> )
	1.58D	1.25D	D	<80μ				
Sable 0/3	100	100	92	1	2.93	68	1.6	2.68
Norme de spécification XP18-540	Vsi=100	Vsi=99	Li 85 Ls 99	Ls =12	Li 1.8 Ls 3.2	Vsi 65	-	-

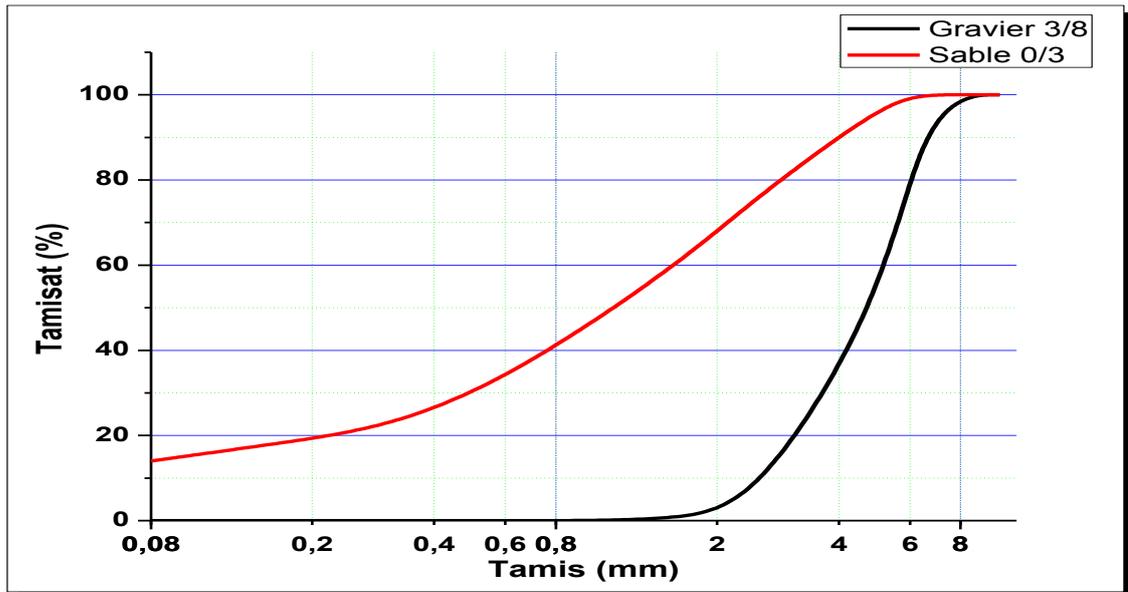


Figure III.7 : les courbes granulométriques de gravier 3/8 et sable 0/3.

### III.3. 3 .Détermine les dosages des constituants pour 1m<sup>3</sup> des hourdis en béton :

En ce qui concerne cette formulation pour le cas de l'hourdis et d'après les essais qui ont été fait sur les chantiers actuels on a pris les quantités mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Formulation d'hourdis en béton pour 1m<sup>3</sup> sur chantier.

Matériaux	Dosage (kg/m <sup>3</sup> )
Gravier 3/8	1100
Sable 0/3	680
Ciment mâtime	350
Eau	150
Plastique	A0-A1-A2-A3-A4-A6

### III .3 .4.Préparation des déchets plastiques :

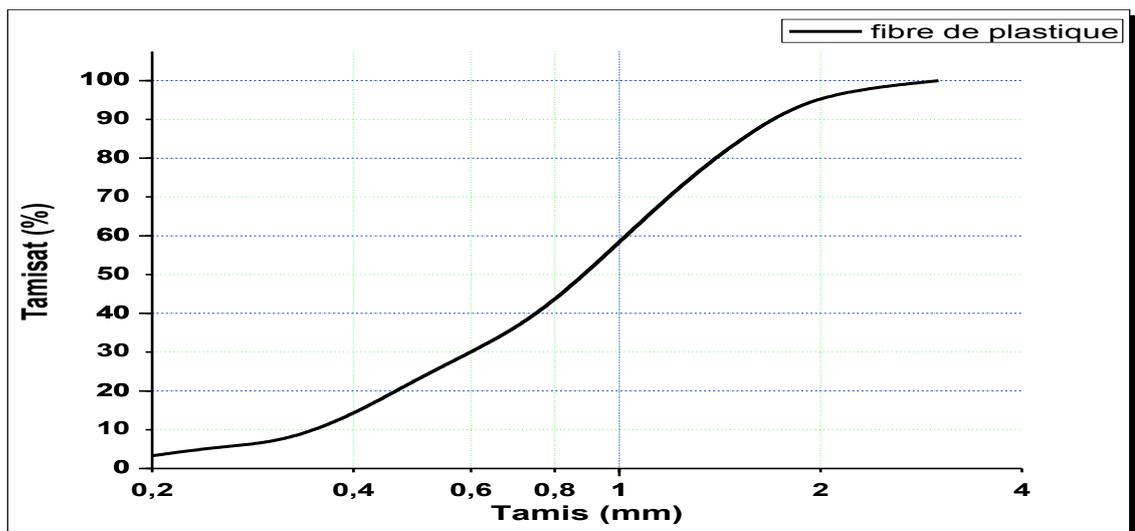
Après nous être rendus à l'usine **RATPLAST** située à la willaya de **Sétif** au commune de **MEZLOUG** et avoir une quantité de déchets de plastique transformés ce forme broyé seulement, nous l'avons tamisé sur le tamis 2mm.

### III .3 .4.1. Analyse granulométrie des déchets plastiques :

Les résultats obtenus pour 1000g après tamisage sont :

**Tableau III.5** : Analyse granulométrie des déchets plastiques.

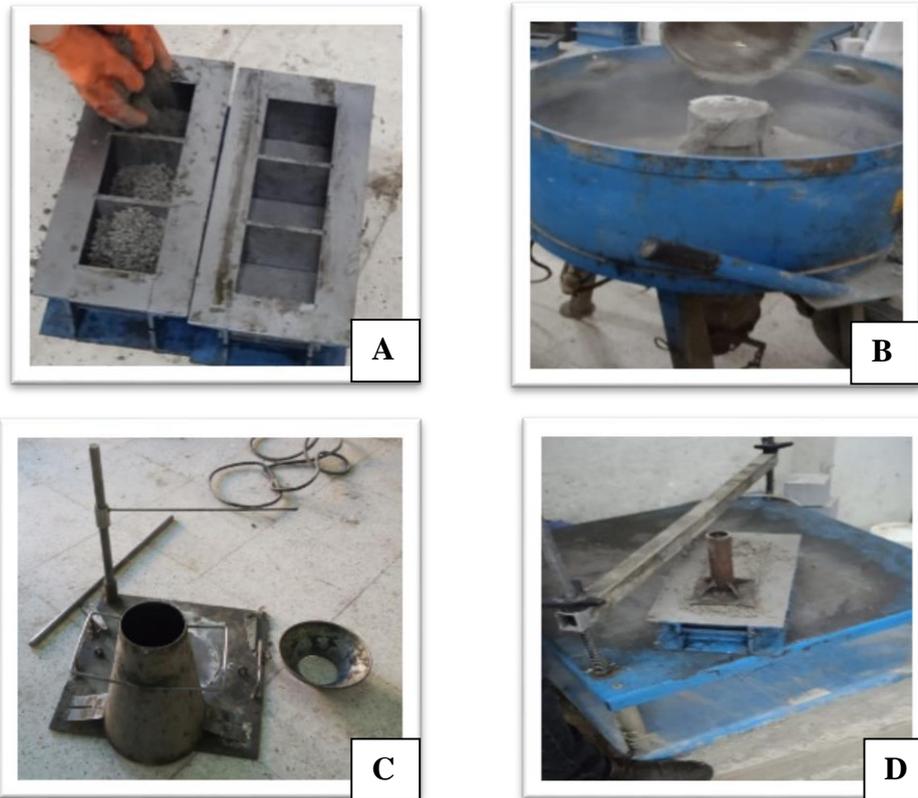
Tamis	Refus cumulés (g) Ri	Refus cumulés % $Ri / Ms \times 100$	Tamisât cumulés % $100 - (Ri / Ms \times 100)$
2	32	3,2	96,8
1.6	120	12	88
1.2	283	28,3	71,7
0.8	578	57,8	42,2
0.63	683	68,3	31,7
0.5	767	76,7	23,3
0.4	862	86,2	13,8
0.315	932	93,2	6,8
0.25	944	94,4	5,6
0.2	967	96,7	3,3



**Figure III.8** : la courbe granulométrie de fibre de plastique.

### III.3.5. Matériels utilisés :

- Des éprouvettes (10\*10\*10), (7\*7\*28) et (10\*15\*5) cm<sup>3</sup>.
- Malaxeur de béton.
- Cône d'Abrams, règle gratuit en centimètre, barre de piquage.
- Balance.
- Table vibrante.



**Figure III.9 :** Les moyens utilisés ; **A:**Les éprouvettes, **B:**Malaxeur, **C:**Cône d'Abrams, **D :** Table vibrante.

### III.3.6.Mode opératoire :

- On prépare la quantité de matière suivant : gravier 3/8, sable 0/3, ciment, plastique et l'eau.
- On pose les graviers 3/8 dans le malaxeur plus le sable 0/3 et le ciment et on commence à mettre en service le malaxeur après un certain temps (2 min) on verse doucement l'eau, ensuite continuez le malaxage (4min).
- on prend 6 min pour le temps de malaxage.
- Pour le mortier d'hourdis avec plastique, on ajoute les fibres de plastiques et on continue le malaxage (même processus).
- On arrêté le malaxage et on réaliser l'essai au cône d'Abrams pour déterminer l'affaissement.
- Le cône légèrement huilé, est rempli de béton en trois couches.
- Chaque couche est piquée par 25 coups de façon répartie jusqu'à la couche sous-jacente s'il y a lieu.

- Le cône est arasé en faisant rouler la tige de piquage. Le cône de béton est démoulé. Le béton s'affaisse selon sa consistance.
- L'affaissement du béton est mesuré en cm à l'aide du réglé sur portique. Cet affaissement est la hauteur entre le haut du cône et le point le plus haut du béton affaissé.
- On prendre les moules (10\*10\*10), (7\*7\*28) et (10\*15\*5) est rempli de béton en trois couches, chaque couche est piquée par 25 coups de façon répartie jusqu'à la couche sous-jacente s'il y a lieu.
- Ensuite on prendre le moule de hourdis est rempli de béton, après on pose le moule de hourdis sur la table à choc pour vibrer les échantillons (60 seconde).
- Après certain temps on démonte le moule d'hourdis de l'échantillon.
- Les échantillons des hourdis en béton et les moules (10\*10\*10), (7\*7\*28) et (10\*15\*5) sont maintenus à l'air libre au laboratoire pendant 24h.
- Après 24h on démouler tous les moules et en mettre dans la chambre humide jusqu'à le temps de chaque essai.

#### III.4. les essais sur le béton d'hourdis à l'état frais :

##### III.4.1. le malaxage (NAEN 12390-2) : [14]

Les constituants sont introduits dans le malaxeur à l'ordre suivant :

- Introduire le gravier 3/8, sable 0/3, ciment, plastique.
- Malaxer pend 2 min.
- Introduire la quantité d'eau.
- Malaxer pendent 4 min et ajouter l'eau par petit quantité.



Figure III.10 : Malaxage.

### III.4.2. Affaissement au cône d'Abrams (NA EN 12350-2) : [15]

Cet essai est effectué conformément aux prescriptions de la norme (NA EN 12350-2) qui permet de mesurer la consistance la plus employée et la plus connue universellement.

Le moule utilisé pour réaliser cet essai est un cône tronqué de 30 cm de hauteur. Placé sur une surface lisse, la petite ouverture vers le haut, le cône est rempli de béton en trois couches d'égal volume. Chaque couche est compactée avec coups d'une tige métallique normalisée de 1,6 cm de diamètre, dont l'extrémité est arrondie.

✓ Une fois le cône rempli, le dessus de la surface doit être arasé en se servant de la tige et en effectuant des mouvements de va et vient. Durant ces opérations, le cône doit demeurer fixe sur la base lisse ; des écrous de serrage, situés à la base du cône, permettent de le maintenir immobile.

✓ Après remplissage, le cône est relevé lentement et le béton s'affaisse. La différence entre la hauteur du béton affaissé et la hauteur du cône est appelée l'affaissement.

✓ La valeur de l'affaissement est exprimée en cm.

### III.4.3. Vibration : [15]

La vibration est la méthode de compactage d'un béton frais par vibration dépend de la fréquence et de l'aptitude des ouillages ainsi que de la durée de vibration :

a) Pour l'hourdis en béton en suivre les étapes suivantes :

- Remplir de moule de hourdis.
- Remplir de béton en trois couches chaque couche vibrée 20 s.
- On fait la vibration sur la table vibration pendant 60 s.
- Les moules sont maintenues à l'air libre en laboratoire pendant 24 h.
- Après 24 h en pose les moules en milieu humide et d'autre immergé dans l'eau et déterminer la masse volumique de hourdis en béton.

b) Pour les moules :

- On fait la vibration sur la table vibrante pendant 60 s.
- Peser 3 moules avant et après leur remplissage.
- Les éprouvettes sont couvertes par un sac de plastique en laboratoire pendant 24 h.

### III.5. Les essais à l'état durci :

#### III.5.1. Durcissement de béton :

La raison du durcissement du béton dans le temps est principalement due au développement de l'hydratation du ciment.

On sait que le développement de la résistance mécanique du béton s'effectue de plus en plus lentement lorsque ce dépassement s'explique par le fait que la vitesse d'hydratation des granulés de ciment diminue avec le temps.

#### III.5.2. Mode de conservation de béton (NA EN 12390-2) : [15]

La méthode de conservation a une grande influence sur la résistance du béton. Notre béton est conservé dans de l'eau à une température de  $20 \pm 2$ .

#### Note :

- ✓ Notre béton est conservé à l'état humide on a posé les moules préparés dans des sachets puis on a conservé ces dernières dans la chambre humide qui garde toujours l'humidité idéal pour la conservation.



Figure III.11 : La chambre humide.

### III.6. Les essais principaux :

#### III.6. 1. Résistance à la compression : EN 12390-3 : [16]

➤ **Objectif de l'essai :**

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression du béton de l'éprouvette.

➤ **Principe de l'essai :**

L'éprouvette étudiée est soumise à une charge croissante jusqu'à la rupture, la contrainte de rupture à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette.

#### A) **Description d'appareil :**

La presse utilisée répond aux normes NF P18-411 et NF P18-412, elle comporte deux parties :

##### ▪ **Première partie :**

- ✓ Unité de commande constituée de.
- ✓ Un cadran pour valeur maximale de charge.
- ✓ Commande de réglage de la vitesse.

##### ▪ **Deuxième partie :**

- ✓ Clapet de charge-décharge.
- ✓ La presse ou a mis l'éprouvette d'essai.

#### B. **Détermination de la résistance par les essais destructifs :**

La résistance a été longtemps considérée comme la qualité essentielle, pour ne pas dire la seule, à rechercher pour un béton. La détermination de cette résistance est nécessaire pour contrôler cette qualité essentielle de notre du béton.

##### III.6.1.1. **Essai d'écrasement (NA EN 12390-3) : [16]**

L'essai consiste à rompre entre les plateaux d'une presse hydraulique de capacité 3000KN à une vitesse constante (0.5KN/S) des moules des hourdis. Celles-ci doivent être bien centrées

entre les plateaux, afin d'éviter l'apparition des moments dus à l'excentricité de la charge de compression.

On calcule la résistance à la compression par la relation :

$$R_c = \frac{F}{S}$$

$R_c$  : résistance à la compression (MPa).

$F$  : la charge de rupture (N).

$S$  : section de l'éprouvette ( $\text{mm}^2$ ).



Figure III.12 : Essai de compression.

#### A. Matériels utilisés :

En ce qui concerne le matériel on aura comme suit :

- Des éprouvettes cubiques de dimensions ( $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ ) ( $10 \times 15 \times 5 \text{ cm}^3$ ) et l'hourdis.
- Balance électronique.
- Presse hydraulique (essai d'encrassements des éprouvettes – compression).

### III.6. 2. Résistance à la flexion : EN 12390-4 : [17]

#### III.6.2.1. La machine de flexion :

L'essai doit être réalisé au moyen d'une machine d'essais conforme à L'EN 12390-4.

##### a. Application de la charge :

L'appareil de chargement doit être équipé de :

- Deux rouleaux d'appui.
- Deux rouleaux supérieurs maintenus par un support articulé, qui répartit également entre les deux rouleaux la charge appliquée.
  - Tous les rouleaux doivent être en acier, de section circulaire, et d'un diamètre compris entre 20 mm et 40 mm
  - Leur longueur doit être au moins de 10 mm supérieure à la largeur de l'éprouvette.
  - Trois rouleaux, parmi lesquels les deux rouleaux supérieurs, doivent pouvoir pivoter librement autour de leur axe et osciller dans le plan orthogonal à l'axe longitudinal de l'éprouvette d'essai.

##### b. Principe :

Des éprouvettes prismatiques sont soumises jusqu'à rupture à un moment de flexion par application d'une charge au moyen de rouleaux supérieurs et inférieurs. La charge maximale atteinte au cours de l'essai est enregistrée, et la résistance en flexion est calculée.

##### c. Mise en charge :

Ne pas appliquer la charge avant que les rouleaux de chargement et les rouleaux d'appui soient bien en contact avec l'éprouvette.

Sélectionner une vitesse de chargement constante dans la plage 0,025 KN/sec.

Appliquer la charge sans choc et l'accroître de façon continue, à la vitesse constante sélectionnée  $\pm 1$  %, jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

**d. Expression des résultats :**

La résistance en flexion est donnée par l'équation suivante :

$$F_{cj} = \frac{3(F.L)}{2(d_1.d_2^2)}$$

Où :

$F_{cj}$ : est la résistance en flexion, en mégapascals (newtons par millimètre carré).

$F$  : est la charge maximale, en newtons ;

$L$  : est l'écartement entre les rouleaux d'appui, en millimètres.

$d_1$  et  $d_2$  : sont les dimensions latérales de l'éprouvette, en millimètres.

Exprimer la résistance en flexion au 0,1MPa (N/mm<sup>2</sup>) le plus voisin

**e. Matériels utilisés :**

- Eprouvette (7\*7\*28 cm<sup>3</sup>).
- Balance électronique.
- Presse hydraulique (essai d'écrasement des moules- flexion).



**Figure III.13** : Essai de flexion.

**III.6.3. Essai à l'ultrason NP EN 12504-4 2007 : [18]**

L'objectif de cet essai est d'obtenir le maximum d'informations sur la qualité du matériau. Cette méthode permet de déterminer, à partir de la vitesse de l'ultrason, les caractéristiques mécaniques du matériau ausculté et d'en apprécier l'homogénéité (en détectant des vides, délaminages et microfissurations).

Au cours de notre étude, nous avons utilisé l'appareil d'auscultation sonore PULSONIC 58-E4900 de marque CONTROLS.

C'est un appareil à ultrasons toute performance, alimenté par batteries, pour essais non destructifs sur matériaux de construction et comporte un microprocesseur haute vitesse incorporé et un oscilloscope digital.

Il permet la mesure du temps de transmission d'ondes ultrasoniques au travers des matériaux tels que poutre, colonnes, murs, cubes, cylindres ou autres. L'appareil génère des ondes ultrasonores introduites dans le matériau par une sonde émettrice appliquée sur la surface à examiner. Ces ondes sont captées par une sonde réceptrice, appliquée de même manière. Bien que le maximum d'énergie soit propagé par rapport à la face d'émission, il est possible de détecter des impulsions se propageant dans le matériau en d'autres directions. Il est possible donc de faire des mesures de vitesse de propagation en plaçant les deux transducteurs en opposition (transmission directe), adjacents (transmission semi-directe) ou sur le même plan (transmission indirecte ou de surface).

Au cours de notre étude, nous avons adopté la méthode en opposition (transmission directe), car c'est cette méthode qui est généralement utilisée.

Les transducteurs sont mis de part et d'autre de l'échantillon. Le temps mis par l'onde pour traverser l'échantillon de l'émetteur au récepteur est affiché sur l'appareil. Les mesures du temps sont effectuées sur chaque échantillon. Le temps ainsi obtenu, va permettre de calculer la vitesse de l'onde dans le matériau selon la formule :

$$V = \frac{L}{T}$$

Où :

V = est la vitesse de propagation, en km/s.

L = est la longueur de parcours, en mm.

T = est le temps de propagation en  $\mu$ s.



**Figure III.14** : Essai d'auscultation dynamique par ultrasonique.

### III.6.4 .Degré d'absorption d'eau : EN 1097-6 : [19]

Le coefficient a mesure la capacité d'absorption d'eau d'un granulat. Plus il est élevé, plus le matériau est absorbant, on en tient compte dans la formulation, Elle est exprimée en (%) et définit par la formule.

$$A (\%) = [(M_H - M_S)/M_S].100$$

$M_H$  : La masse du matériau saturé d'eau en (g).

$M_S$  : La masse du matériau sec en (g).

#### Matériels utilisés :

En ce qui concerne le matériel on aura comme suit :

- Eprovettes cubiques 10×10×10 cm<sup>3</sup>.
- Balance électronique.
- Bac (pour eau).
- étuve électrique (à température réglable 105 C°).

### III.6.5. La porosité : [20]

La porosité d'un matériau caractérise l'importance des vides qu'il contient. Elle est défini par le rapport entre le volume des pores  $V_p$ , et le volume total  $V_t$ . La porosité comprend tous les pores du matériau, elle est généralement supérieure à 10 % pour un béton courant. La porosité est le paramètre de premier ordre qui caractérise la texture du béton, ce n'est

évidemment pas le seul paramètre, mais c'est celui qu'il faut fixer avant d'étudier tous les autres. Il conditionne presque toutes les propriétés du béton, et en premier lieu, sa résistance mécanique.

La porosité accessible à l'eau a été mesurée selon le mode opératoire décrit dans la norme NF P 18-459 (2010) « Essai pour béton durci – Essai de porosité et de masse volumique ».

L'essai consiste à saturer le matériau sous vide pendant 48 heures. On place ensuite le corps d'épreuve en suspension sur la balance hydrostatique et on le pèse totalement immergé. Puis, à l'aide d'un chiffon humide, on élimine l'eau superficielle sans retirer l'eau des pores et on mesure la masse de l'échantillon humide dans l'air.

La dernière étape consiste à sécher le matériau à 105 °C jusqu'à masse constante (la différence entre deux pesées effectuées à 24 heures d'intervalle doit être inférieure à 0,1 %). Toutes les mesures sont effectuées à 0,01 % près.

Expression des résultats de la masse volumique et la porosité du béton :

La masse volumique apparente  $\rho_d$  exprimée en  $\text{g/cm}^3$  est donnée par l'équation suivante :

$$\rho_d = \frac{M_{\text{sec}}}{M_{\text{air}} - M_{\text{eau}}}$$

La porosité accessible à l'eau  $\varepsilon$ , exprimée en pourcentage en volume, est donnée par l'équation :

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{air}} - M_{\text{sec}}}{M_{\text{air}} - M_{\text{eau}}} * 100$$

### III.6.6. Essai de mouillage et séchage : [21]

Pour déterminer la tenue et le comportement des échantillons de béton ( $10 \times 10 \times 10$ )  $\text{cm}^3$  lorsqu'elle subit des alternances pluviométriques (saturation en hiver et séchage en été), un ensemble d'essais de mouillage -séchage d'hourdis étudiés suivant la norme ASTM D559 suivant :

Sécher les éprouvettes jusqu'à masse constante à une température de 105°C Peser chaque échantillons (masse sèche) et subir une série de 12 cycles comprenant : 05 heures d'immersion au bout desquelles le bloc est pesé.

42 heures de séchage à l'étuve à une température de 71°C.

Les éprouvettes sont brossées et pesées. On recommence ce cycle douze (12) fois de suite puis les échantillons sont séchés à une température de 71°C jusqu'à masse constante.

Les résultats de cet essai masse maximum admise après 12 cycles de mouillage et séchage.

La perte en masse admissible pour les constructions rurales est 0.5% pour tout climat dont la pluviométrie annuelle est supérieure à 500mm 10% pour les climats secs dont la pluviométrie annuelle est inférieure à 500mm.

A noter que ces tests effectués au laboratoire sont généralement plus sévères qu'en réalité chaque essai est réalisé sur trois éprouvettes de moyenne des trois essais a été prise comme valeur caractéristique.

### III.6.6.1. Calculer la perte de masse :

L'évaluation s'effectuera en mesurant la perte de masse des échantillons par la formule suivante :

$$\text{Perte de masse (\%)} = [(M_s - M_I) / M_s] \times 100$$

Où :

- $M_s$  : la masse de l'éprouvette avant immersion dans l'eau.
- $M_I$  : la masse de l'éprouvette nettoyée et séchée après immersion dans l'eau.



**Figure III.15** : Séchage les éprouvettes à 71°C (essai de mouillage/séchage).

### III.6.7. Essai de conductivité thermique :

La conductivité thermique est l'aptitude d'un matériau à conduire de la chaleur. Il s'agit d'une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction.

Lieu de l'essai : Laboratoire thermique du centre national d'étude et de recherche intégrée du bâtiment.

Date de l'essai : 27/04/2023 14 :30 .

Appareil utilisé : CT-Mètre (méthode du fil chaud).

Conditions de l'essai : Température ambiante : 18.73°C



Figure III.16 : Essai de conductivité thermique

### III.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons vu les démarches à suivre lors de la préparation des échantillons ainsi que la méthodologie pour la réalisation des essais de compression, flexion absorption de l'eau et porosité et la conductivité thermique et la durabilité par le essai de séchage/mouillage et ultra-sonique. Les essais sont effectués selon les normes européennes, normes françaises, normes anglais et ASTM.

# **Chapitre IV :**

## **Résultats et**

### **Interprétations**

### IV.1.Introduction :

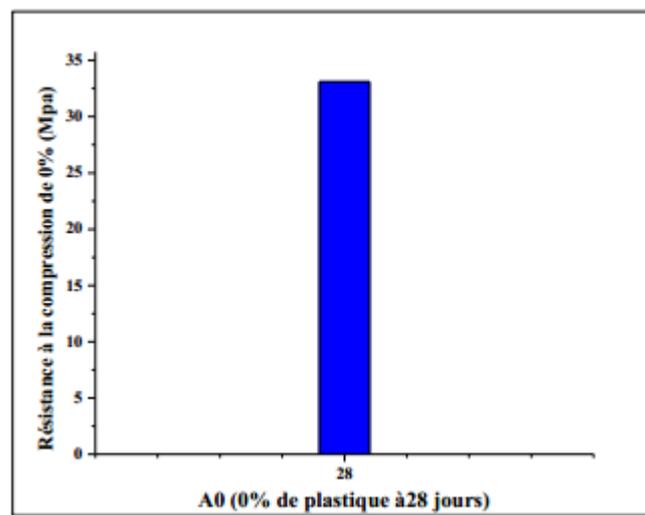
Dans ce chapitre, nous avons signifié tous les résultats obtenus des différents essais ainsi que leurs analyses. Les essais ont été effectués sur des éprouvettes normalisées de dimensions suivantes  $(10 \times 10 \times 10) \text{ cm}^3$ ,  $(7 \times 7 \times 28) \text{ cm}^3$  et  $(15 \times 10 \times 5) \text{ cm}^3$ . On a intérêt à prouver les résultats et donner les interprétations convenables pour les valeurs obtenues par les différents essais.

**Tableau IV.1** : Abréviation des mélanges.

<i>Abréviation</i>	<i>Les mélanges</i>
<i>A0</i>	0% de déchet de plastique transformés
<i>A1</i>	10% de déchet de plastique transformés
<i>A2</i>	15% de déchet de plastique transformés
<i>A3</i>	20% de déchet de plastique transformés
<i>A4</i>	25% de déchet de plastique transformés
<i>A5</i>	30% de déchet de plastique transformés
<i>A6</i>	35% de déchet de plastique transformés

### IV.2.Résultats des essais :

#### IV.2.1.Résistance à la compression :



**Figure IV.1** : La résistance moyenne à la compression de l'échantillon d'hourdis en béton sans plastique à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV.1 la résistance à la compression des échantillons en béton sans plastique (A0) est donne une bonne résistance à la compression du dosage 350 Kg/m<sup>3</sup> une valeur de **33.1** MPa. Ces résultats confirment la caractéristique de ce hourdis selon la similaire recherche a revue bibliographique.

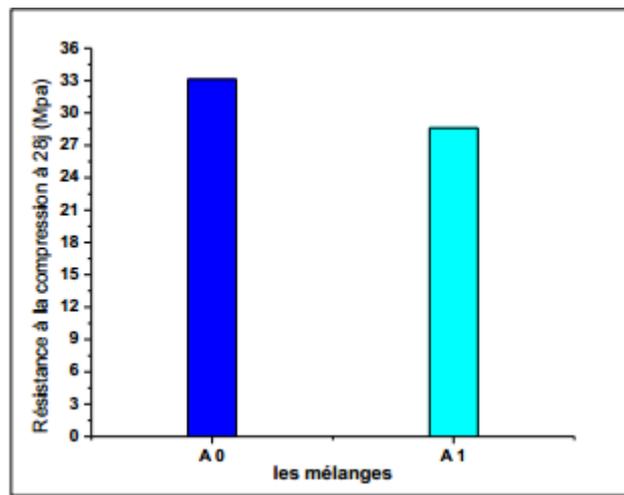


Figure IV.2 : Résistance à la compression de béton A0 et A1 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 2 nous remarquons que la résistance à la compression dans le mélange **A1** diminuer d'environ **13,6%** lorsqu'on ajoute **10%** de déchets de plastique, car le plastique fait espacement entre les particules de mélanges. Que le ciment ne peut pas lier entre tous les particules de mélanges.

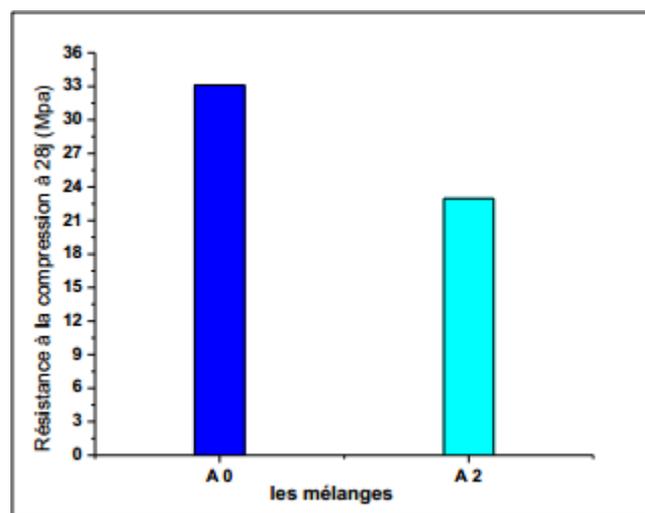
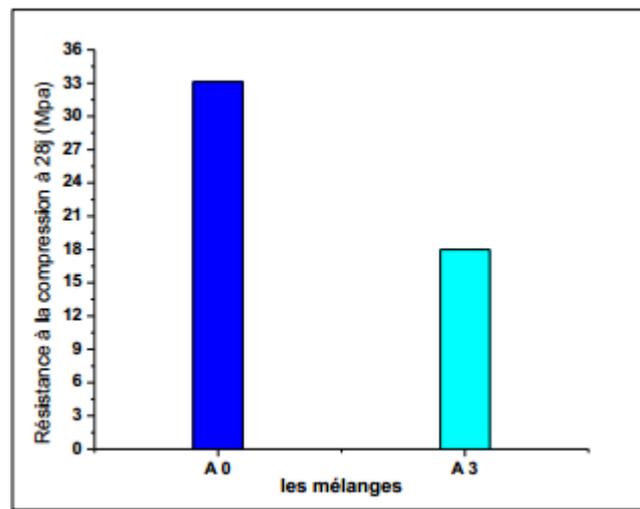


Figure IV.3 : Résistance à la compression de béton A0 et A2 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 3 nous remarquons que la résistance à la compression dans le mélange **A2** à diminuer d'environ **30,6%** lorsque **15%** de déchets plastiques sont ajoutés aux mélanges, plus l'ajout de déchets plastiques crée plus d'espaces entre les particules des mélanges, ce qui difficile à cimente pour se lier entre la plupart des particules.



**Figure IV.4 :** Résistance à la compression de béton A0 et A3 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 4 nous remarquons que la résistance à la compression dans le mélange **A3** à diminuer d'environ **43,8%** lorsque **20%** de déchets plastiques sont ajoutés aux mélanges, plus l'ajout de déchets plastiques crée plus d'espaces entre les particules des mélanges, ce qui difficile à cimenter pour se lier entre la plupart des particules.

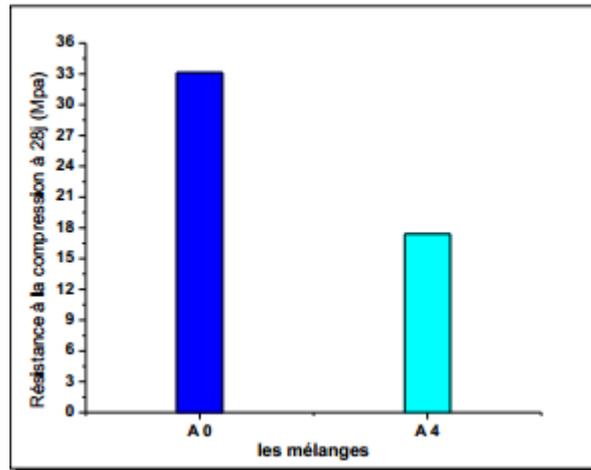


Figure IV.5 : Résistance à la compression de béton A0 et A4 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 5 nous remarquons que la résistance à la compression dans le mélange **A4** à diminuer d'environ **47,43%** lorsque **25%** de déchets plastiques sont ajoutés aux mélanges, plus l'ajout de déchets plastiques crée plus d'espaces entre les particules des mélanges, ce qui difficile pour ciment lier entre la plupart des particules.

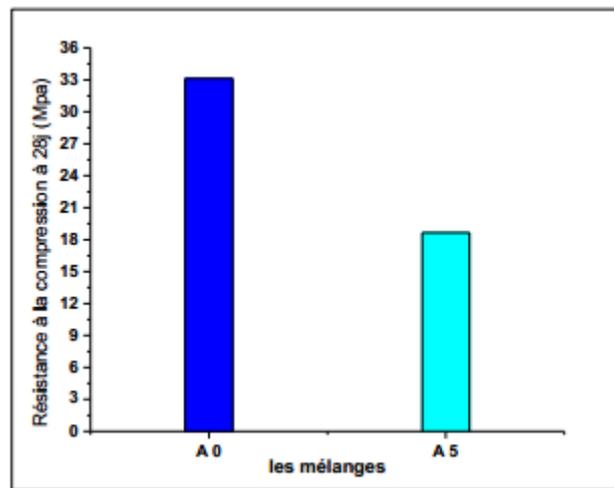


Figure IV.6 : Résistance à la compression de béton A0 et A5 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 6 nous remarquons que la résistance à la compression dans le mélange **A5** à diminuer d'environ **43,71%** lorsque **30%** de déchets plastiques sont ajoutés aux mélanges, plus l'ajout de déchets plastiques crée plus d'espaces entre les particules des mélanges, ce qui difficile pour ciment lier entre la plupart des particules.

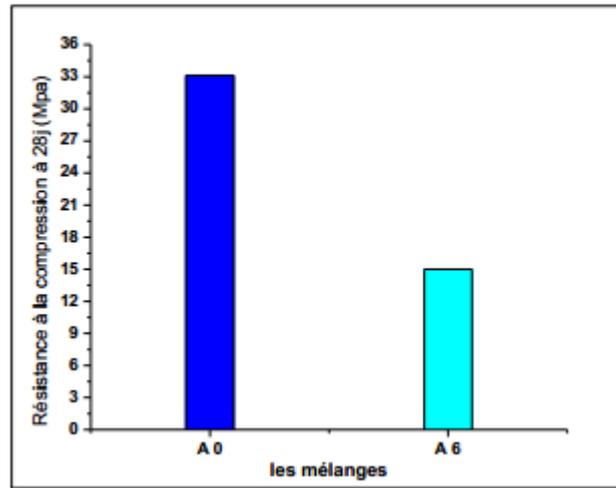


Figure IV.7 : Résistance à la compression de béton A0 et A6 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 7 nous remarquons que la résistance à la compression dans le mélange **A6** à diminuer d'environ **54,68%** lorsque **30%** de déchets plastiques sont ajoutés aux mélanges, plus l'ajout de déchets plastiques crée plus d'espaces entre les particules des mélanges, ce qui difficile de ciment pour lier entre la plupart des particules.

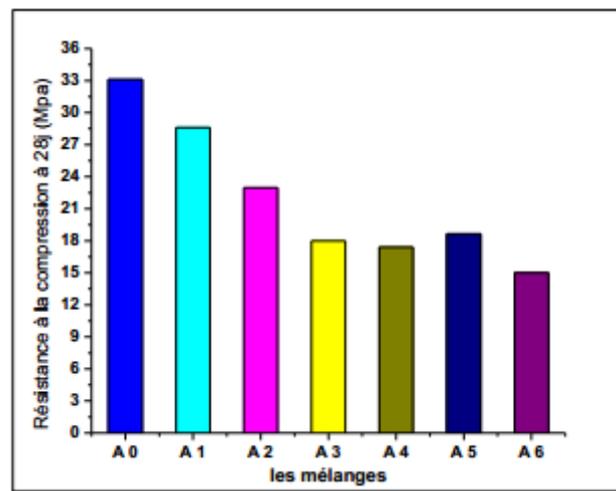
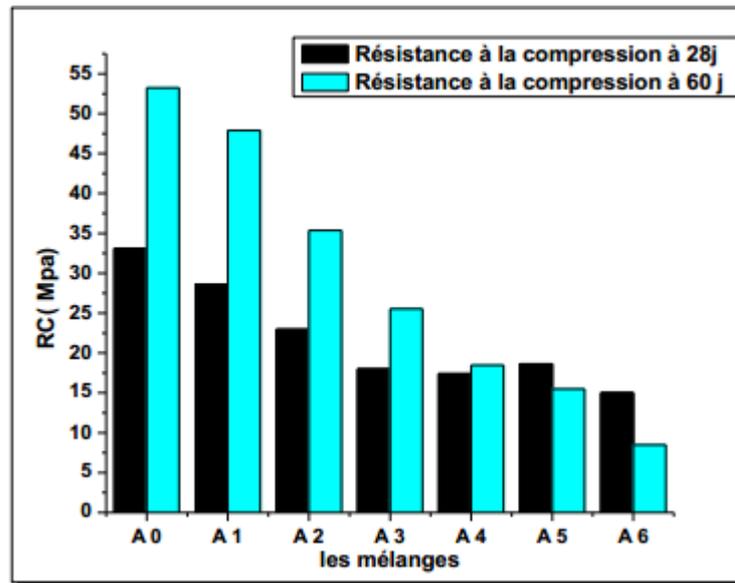


Figure IV.8 : Résistance à la compression de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours.



**Figure IV.9 :** Résistance à la compression de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 et 60 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 9 nous observons la variation des résistances à la compression en fonction des taux de plastique ajouté à 28 jours et à 60 jours était augmenté avec l'augmentation du taux de plastique pour tous les mélanges **A0** à **A4** avec des valeurs différents.

L'ajout de déchets de plastique aux mélanges augmente la résistance jusqu'à ce que le mélange de **30%** et diminue un peu la résistance à la compression et diminue d'environ **40%** pour mélange de **35%** déchets de plastique. À partir de ces résultats, nous pouvons conclure que nous pouvons utiliser des déchets de plastique pour de nouveaux matériaux jusqu'à **30 %**, ce qui donne les meilleurs résultats pour la plupart des tests.

➤ **Interprétation :**

À partir de la Figure IV.8, nous pouvons observer que l'ajout de **10%** à **35%** de déchets de plastique au mélange diminue la résistance à la compression, de **33MPa** à **15MPa**, ce qui convient à notre objectif de recherche en utilisant des hourdis en béton pour réduire le poids total et améliorer les caractéristiques phoniques et thermiques. De plus, nous utilisons plus de déchets plastiques pour protéger notre environnement. Ce résultat est similaire à la recherche obtenue par [1-22].

### IV.3.Résistance à la flexion :

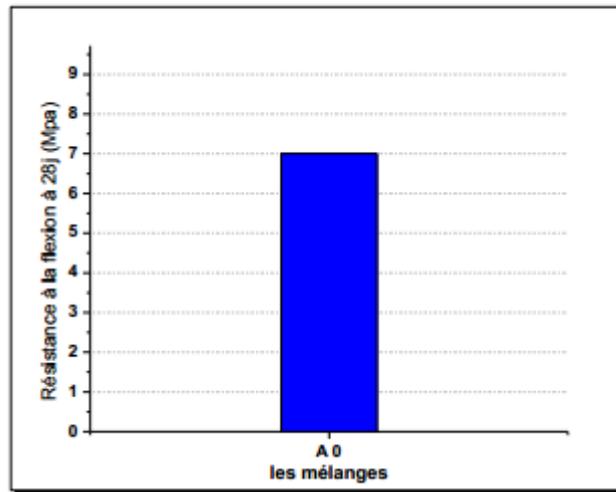


Figure IV.10 : Résistance à la flexion de béton A0 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

La Figure IV. 10 exprime la résistance à la flexion de d'hourdis en béton sans plastique (**A0**) qui était sa valeur moyenne de 7 Mpa. Quelle résistance à la flexion du hourdis en béton traditionnel inférieure à 1 Mpa.

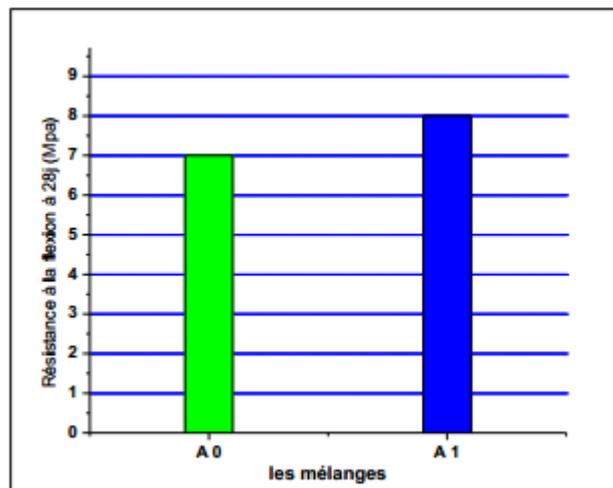


Figure IV.11 : Résistance à la flexion de béton A0 et A1 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

La Figure IV. 11 montre l'évolution de la résistance à la flexion entre le mélange **A0** et le mélange **A1**, dans lequel on remarque une augmentation de la résistance à la flexion une valeur

de 12,5%. L'ajout de 10% de déchets de plastique augmente un peu la résistance à la flexion car le plastique était en tant que matériau de remplissage ou granulaire

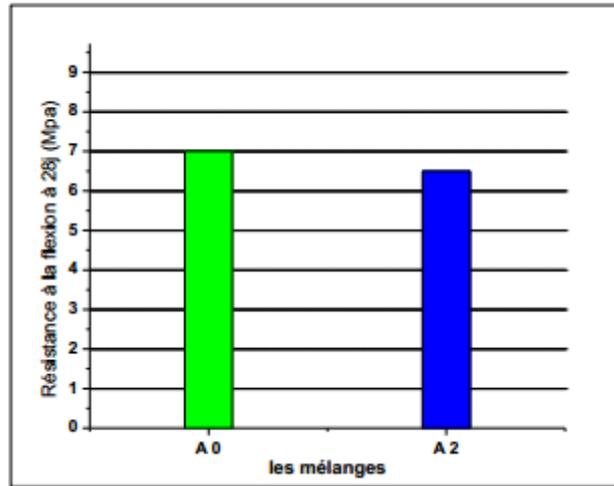


Figure IV.12 : Résistance à la flexion de béton A0 et A2 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 12 nous remarquons que la résistance à la flexion dans le mélange A2 à diminué à une environ 7,15% comparé par rapport de mélange A0. Normalement, l'ajout de déchets de plastique à la matrice de béton diminue la résistance à la flexion, ce qui rend le séparateur de plastique entre les particules et rend difficile pour le ciment de jouer son rôle

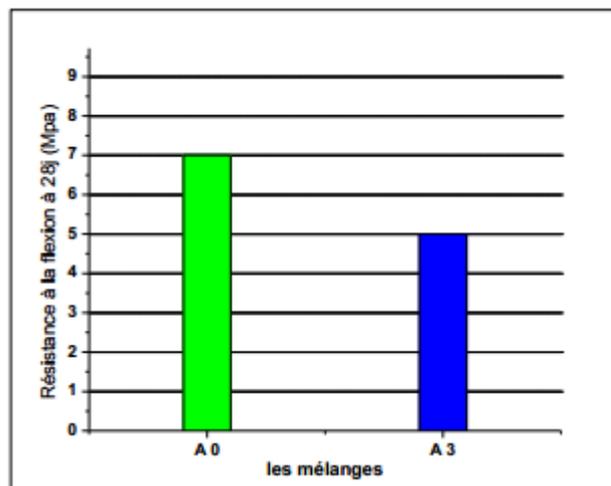
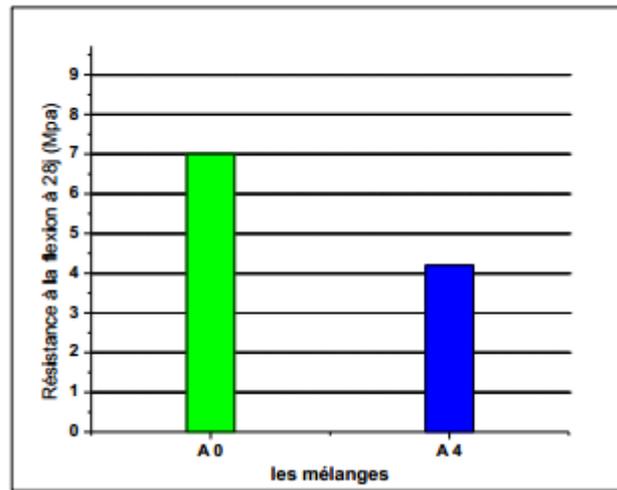


Figure IV.13 : Résistance à la flexion de béton A0 et A3 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

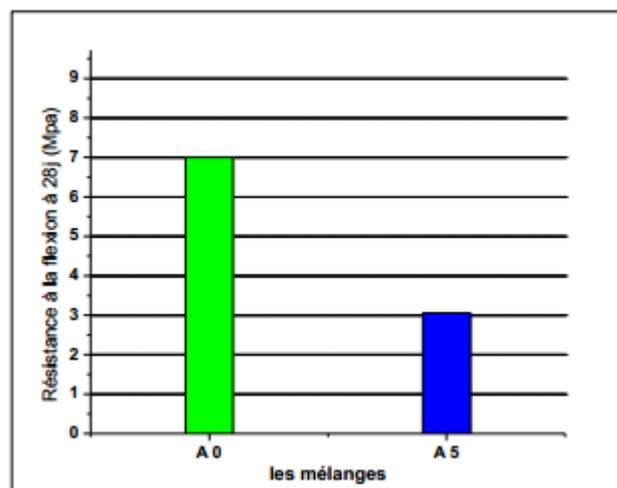
Dans la Figure IV. 13 nous remarquons que la résistance à la flexion dans le mélange **A3**. L'ajout de **20 %** de déchets de plastique diminue la résistance à la flexion d'environ **28,6 %**, car le plastique était en tant que charge ou matériaux granulaires, qui se séparent entre les particules granulaires.



**Figure IV.14 :** Résistance à la flexion de béton A0 et A4 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

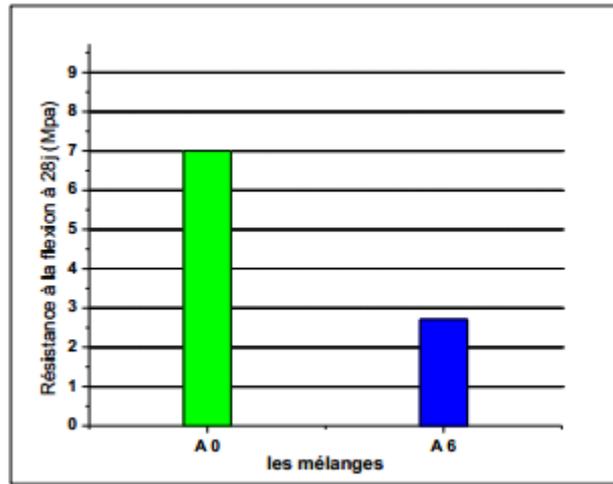
Dans la Figure IV. 14 nous remarquons que la résistance à la flexion dans le mélange **A4** à diminue a une valeur de **40%** à partir de mélange **A0**. Cette diminution à cause de la faible liaison entre les particules du mélange.



**Figure IV.15 :** Résistance à la flexion de béton A0 et A5 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

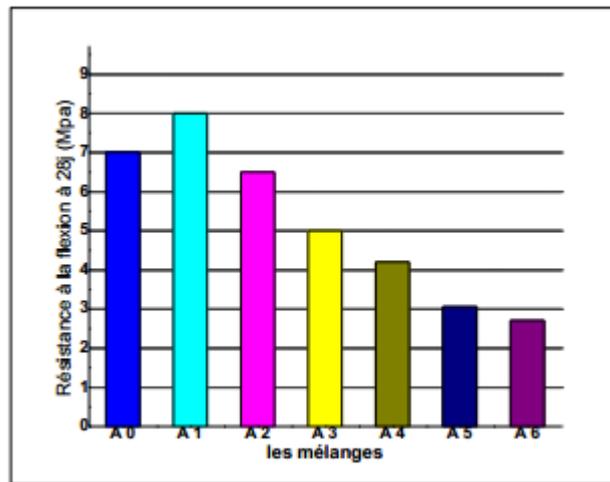
Dans la Figure IV. 15 nous remarquons que la résistance à la flexion dans le mélange **A5** à diminue a une valeur de **56,29%** par rapport de mélange **A0**. Cette diminution à cause de la faible liaison entre les particules du mélange.



**Figure IV.16 :** Résistance à la flexion de béton A0 et A6 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 16 nous remarquons que la résistance à la flexion dans le mélange **A6** à diminue a une valeur de **61,29%** par rapport de mélange **A0**.



**Figure IV.17 :** Résistance à la flexion de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours.

➤ **Interprétation :**

D'après la Figure IV. 17 nous observons la variation des résistances à la flexion des mélange **A0** à **A6** diminuent avec l'augmentation de pourcentage de plastique d'une

valeur de (**A6= 61,29%**), sauf le mélange **A1** qui est différent par une augmentation de **12,5%** à de mélange **A0**. Réduisez la résistance à la flexion de **7 MPa** à **2,8 MPa** lorsque vous ajoutez le dosage de plastique de 10 à 35 %. Notre objectif était d'utiliser ce mélange pour produire des hourdis en béton, ces derniers nécessitaient moins de résistance.

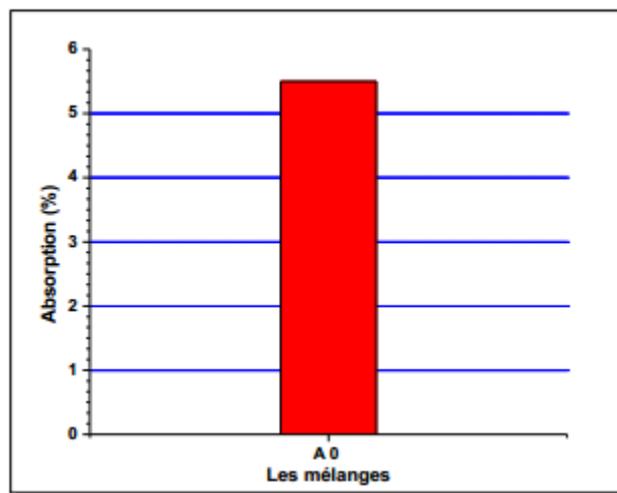
#### IV.4. Degré d'absorption et l'humidité du hourdis en béton :

##### IV.4.1. La capacité d'absorption d'eau massique (NA EN 1097-6) :

On a calculé la différence entre la masse saturée et la masse sèche selon la formule suivante :

$$AB = [(M_{sat} - M_{sec}) / M_{sec}] \times 100$$

Pour les échantillons  $10 \times 10 \times 0 \text{ cm}^3$  à 28 jours des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 on calcul l'humidité de ces derniers avec l'application directe de la formule passée.



**Figure IV.18** : L'absorption de l'hourdis en béton sans plastique A0 à 28jours.

##### ➤ Interprétation :

La Figure IV. 18 exprime l'absorption de béton d'hourdis sans plastique (**A0**) qui était sa valeur moyenne de **5,5%**.

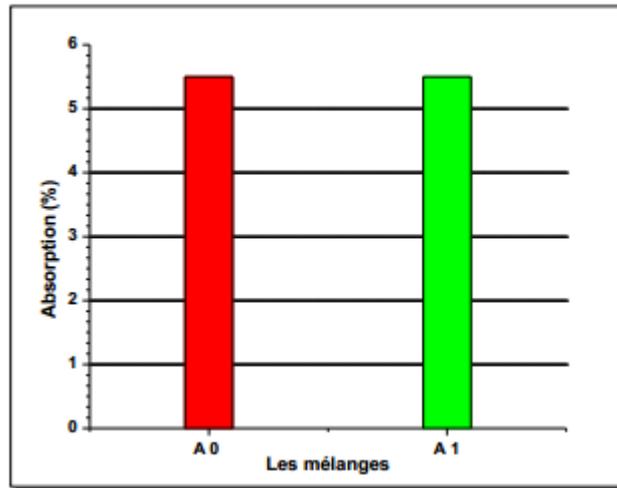


Figure IV.19 : L'absorption des mélanges A0 et A1 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

La Figure IV. 19 exprime l'absorption de béton d'hourdis les mélanges (**A0 et A1**) qui était sa valeur moyenne de **5,5%**. Cela signifie que le pourcentage de plastique ajouté n'a pas affecté le nouveau matrix.

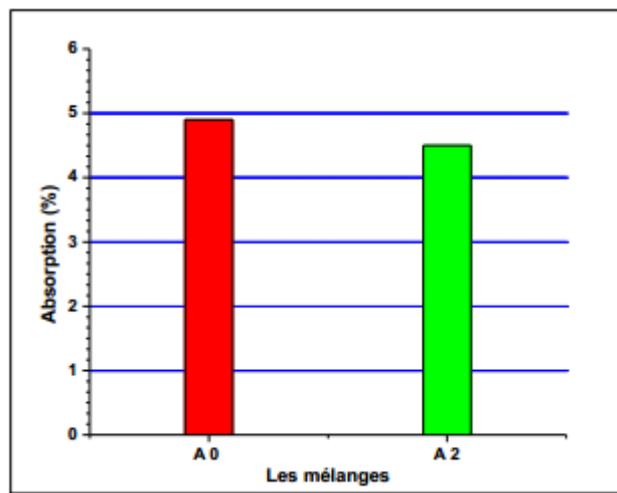


Figure IV.20 : L'absorption des mélanges A0 et A2 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 20 nous remarquons que l'absorption dans le mélange **A2** à diminué a une valeur de **18,18%** à partir de l'absorption de mélange **A0**. Le plastique commence l'influence sur la nouvelle matrice lorsqu'il ajoute **15 %** de déchets de plastique. Car, les plastiques classés

comme matériaux inertes qui du fait de la séparation entre les particules provoquent une moindre liaison du ciment.

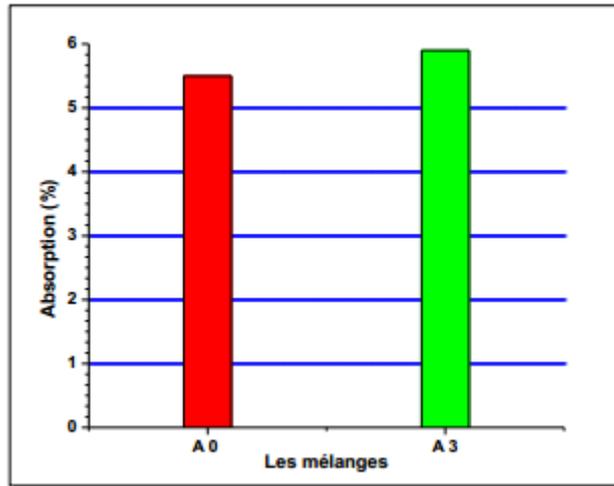


Figure IV.21 : L'absorption des mélanges A0 et A3 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 21 nous remarquons que l'absorption dans le mélange **A3** à augmenter d'une valeur de **6,77%** à partir de l'absorption de mélange **A0**.

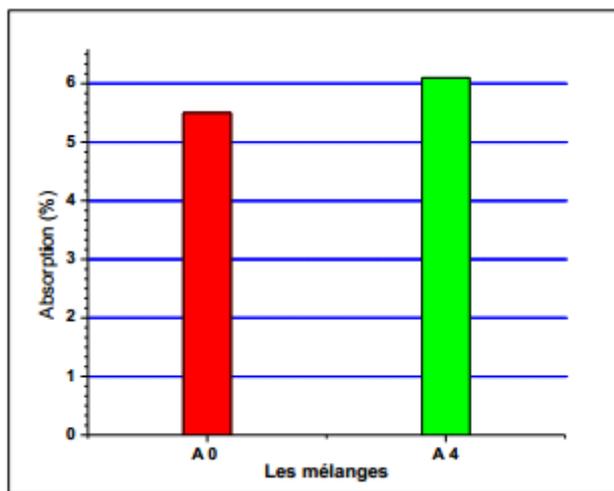


Figure IV.22 : L'absorption des mélanges A0 et A4 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 22 mêmes remarques lorsqu'on ajoute 25% de déchets de plastique, ce qui augmente d'environ **9%** par rapport à l'échantillon sans déchets de plastique.

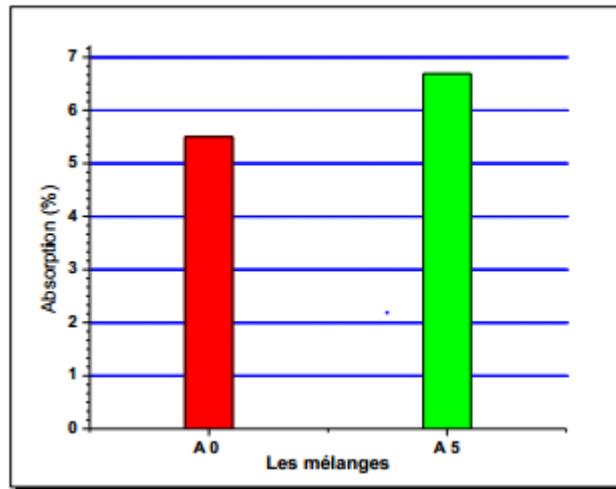


Figure IV.23 : L'absorption des mélanges A0 et A5 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 23. Mêmes remarques comparé à **20%** ajoutent **30%** de déchets de plastique, ce qui augmente d'environ **17.8%** par rapport à l'échantillon sans déchets de plastique.

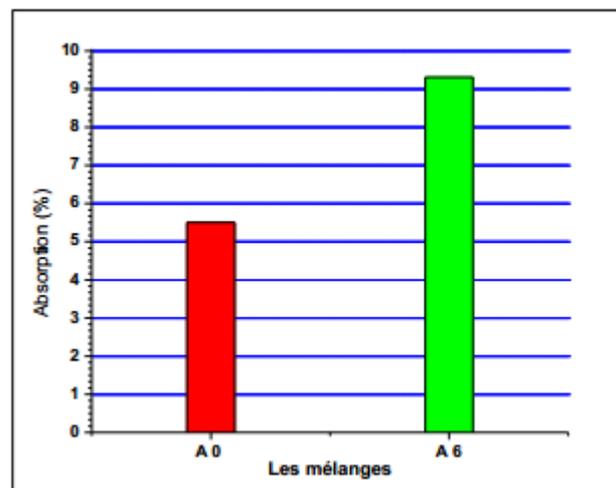


Figure IV.24 : L'absorption des mélanges A0 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 24 Augmenter les déchets de plastique à **35 %**, augmenter l'absorption d'eau à **9%**, ce qui convient toujours pour être utilisé comme hourdis.

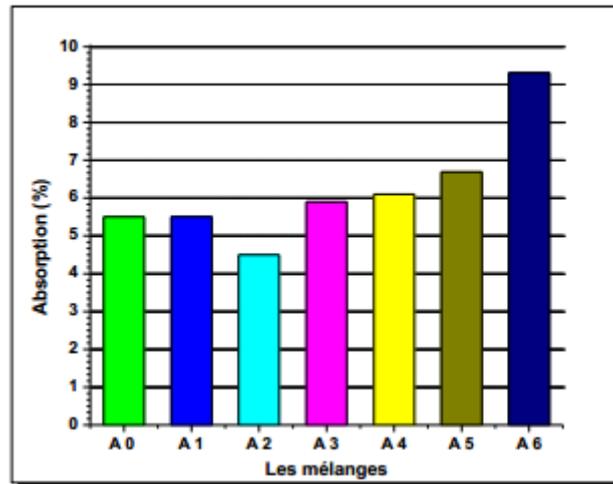


Figure IV.25 : L'absorption des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV.25. L'ajout de déchets plastiques de **10% à 35 %** augmente l'absorption d'eau de **5,5 % à 9 %**, ce qui reste bon pour utiliser cette nouvelle matrice comme hourdis de béton.

**IV.4.2. La masse volumique apparente :**

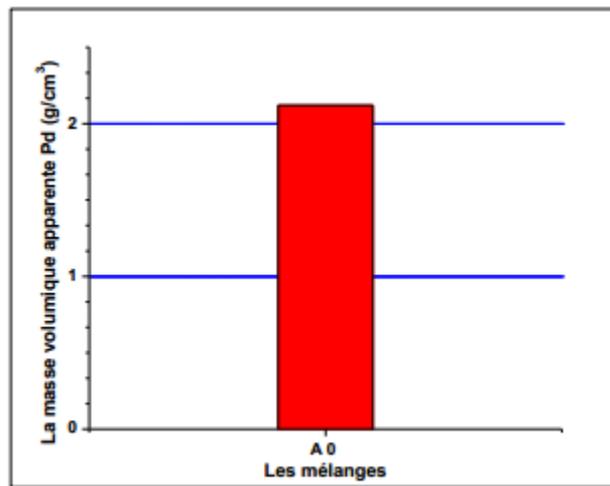


Figure IV.26 : La masse volumique apparente moyenne de mélange A0 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

La Figure IV. 26 exprime la masse volumique apparente moyenne de béton d'hourdis sans plastique (A0) qui était sa valeur moyenne de **2,12(g/cm³)**.

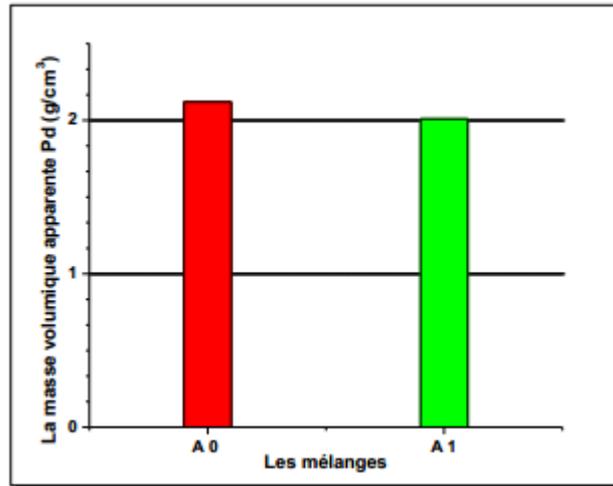


Figure IV.27 : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A1 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Utilisé des matériaux plus légers comme déchets de plastique pour produire hourdis un poids total plus faible de nouveaux matériaux, dont **10%** de déchets de plastique diminuent la masse volumique apparent d'environ **5.18%** observé à la Figure IV.27.

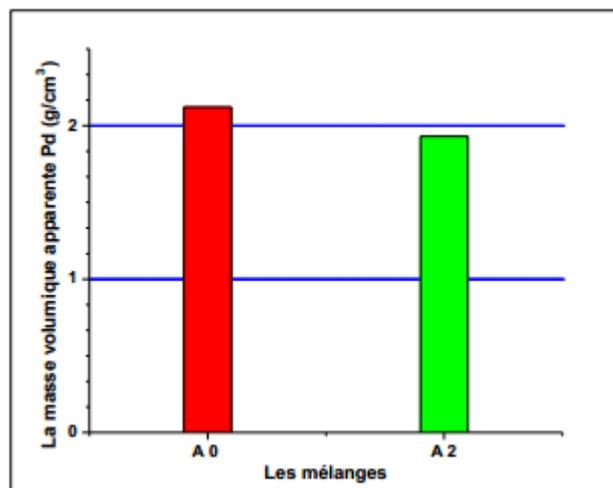


Figure IV.28 : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A2 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Cependant, ajoutant **15 %** de déchets de plastique à la matrice, la masse volumique apparent diminue d'environ **8,96 %** tel que présenté dans la Figure IV.28

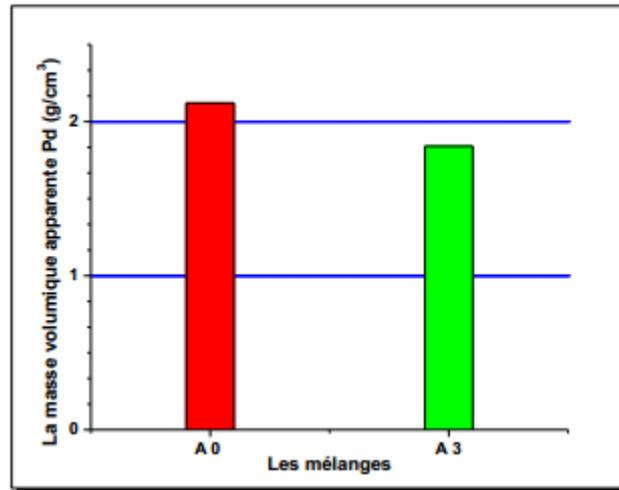


Figure IV.29 : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A3 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Nous pouvons également observer dans la Figure IV.29 que la masse volumique apparente diminue d'environ **13,20%** lorsque les déchets de plastique augmentent à **20%**.

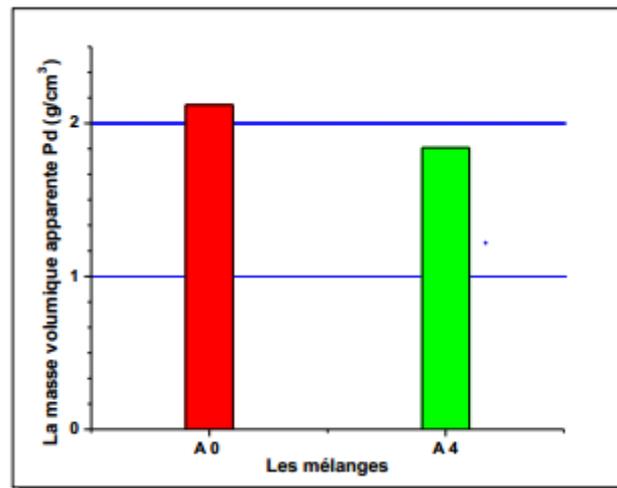


Figure IV.30 : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A4 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Augmentant le déchet de plastique obtenu à **25%** diminuant la masse volumique apparente d'environ **13,2%** tel que présenté à la Figure IV 30.

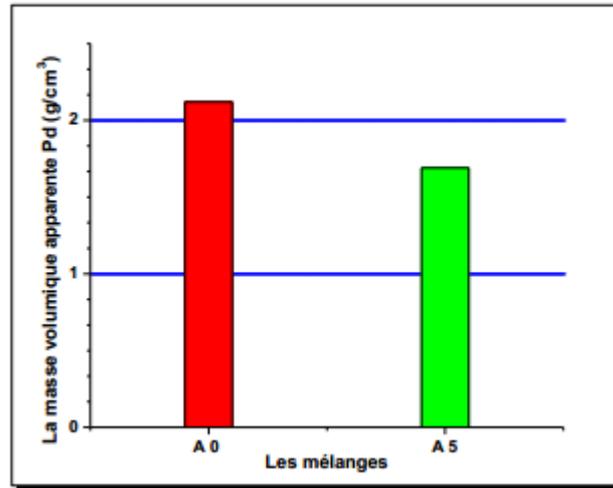


Figure IV.31 : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A5 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 31 nous remarquons que la masse volumique apparente tel ajoutant **30%** déchets de plastique diminue la masse volumique enivrent **20.85%**.

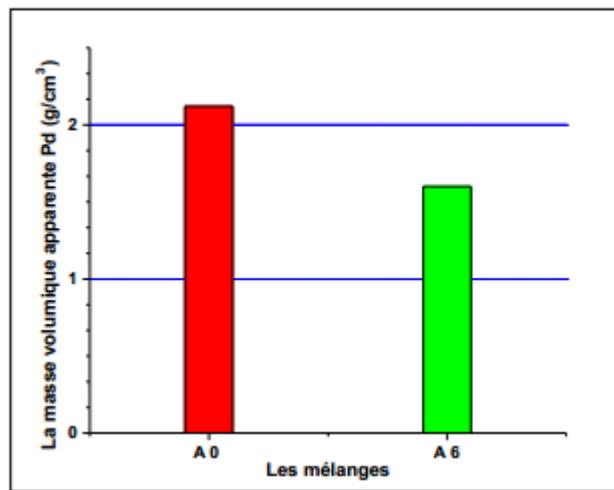
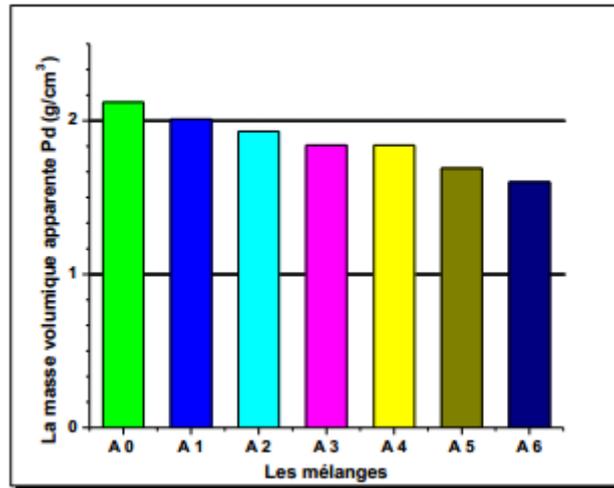


Figure IV.32 : La masse volumique apparente des mélanges A0 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 32 Mêmes remarques lorsqu'on ajoute **35%** de déchets de plastique la masse volumique apparente diminue d'environ **25%**, ces résultats sont positifs pour notre objectif de réduction du poids des nouveaux matériaux.

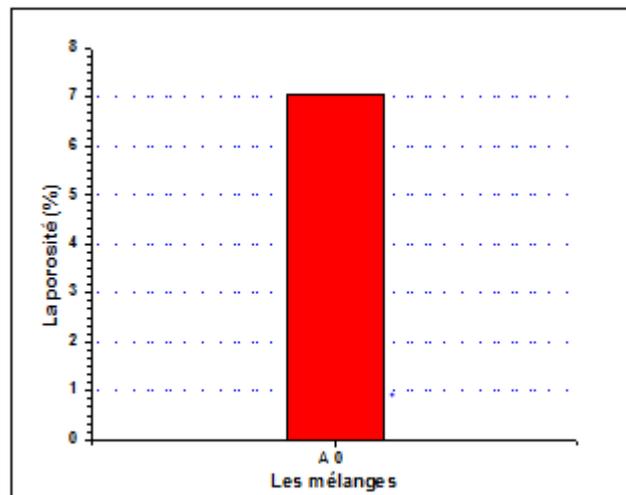


**Figure IV.33 :** La masse volumique apparente des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 33 Utiliser les déchets de plastique pour produire les hourdis afin d'atteindre l'objectif de diminuer le poids total de la structure et d'améliorer les caractéristiques thermiques et phonique.

**IV.4.3.La porosité :**



**Figure IV.34 :** La porosité moyenne de mélange A0 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

La Figure IV. 34 exprime la porosité moyenne de d'hourdis en béton sans plastique (A0) qui était sa valeur moyenne de 7%.

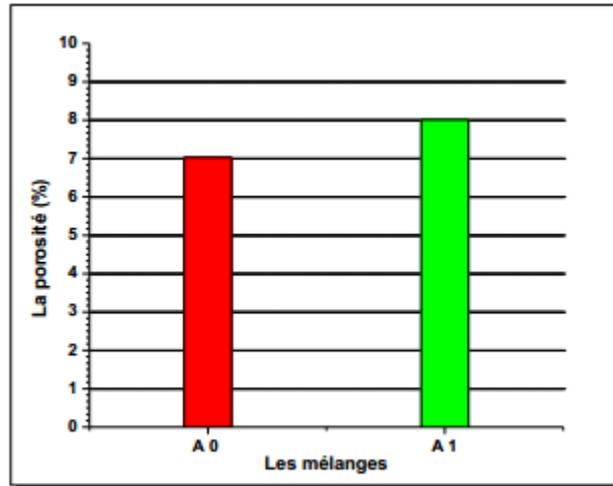


Figure IV.35 : La porosité des mélanges A0 et A1 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 35. Normalement, l'ajout de déchets de plastique à la nouvelle matrice a influencé la liaison du ciment entre les particules, ce qui augmente la porosité d'environ 14% quand ajouter 10% de déchets de plastique.

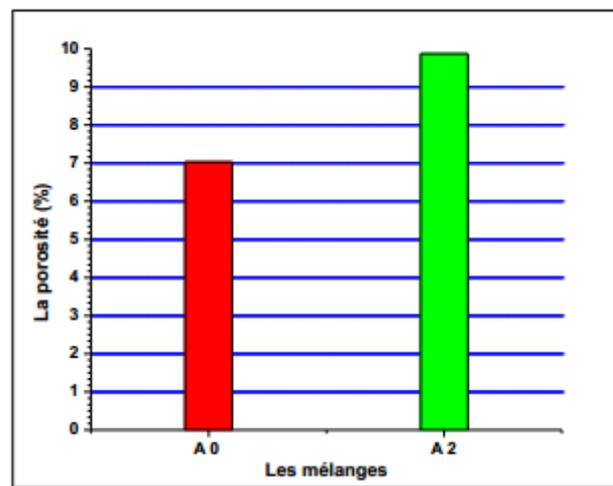
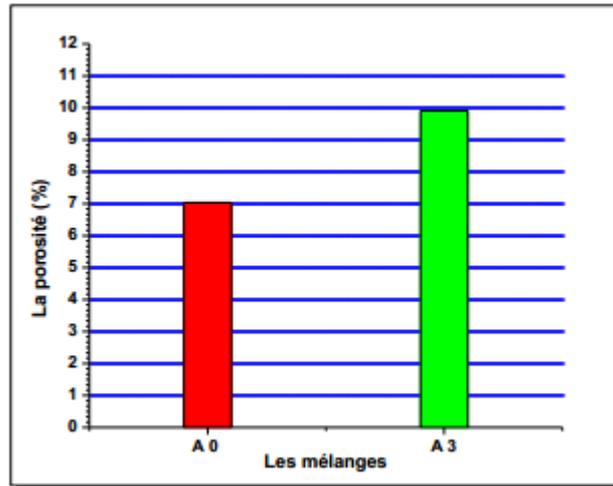


Figure IV.36 : La porosité des mélanges A0 et A2 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

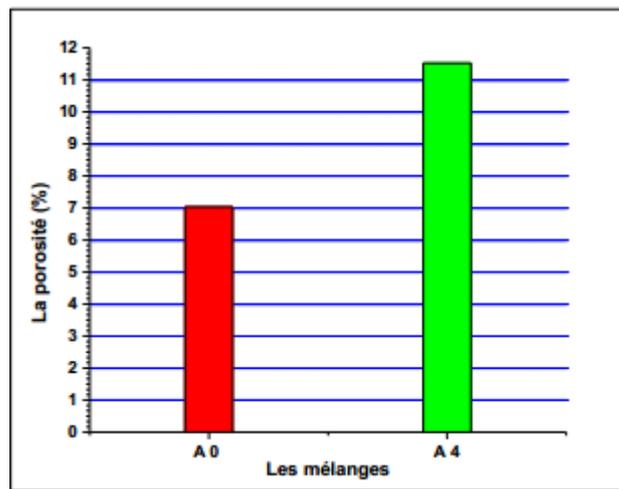
Dans la Figure IV. 36 nous remarquons que la porosité dans le mélange **A2** à augmenter à une valeur de **40.39%** à partir de la porosité de mélange **A0**.



**Figure IV.37 :** La porosité des mélanges A0 et A3 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 37 nous remarquons que la porosité dans le mélange **A3** à augmenter à une valeur de **40.96%** à partir de la porosité de mélange **A0**.



**Figure IV.38 :** La porosité des mélanges A0 et A4 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 38 nous remarquons que la porosité dans le mélange **A4** à augmenter à une valeur de **63,86%** à partir de la porosité de mélange **A0**.

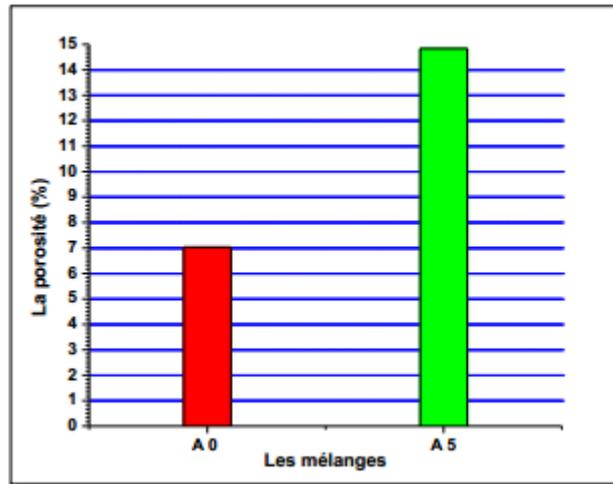


Figure IV.39 : La porosité des mélanges A0 et A5 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 39 nous remarquons que la porosité dans le mélange **A5** à augmenter à une valeur de **111,09%** à partir de la porosité de mélange **A0**.

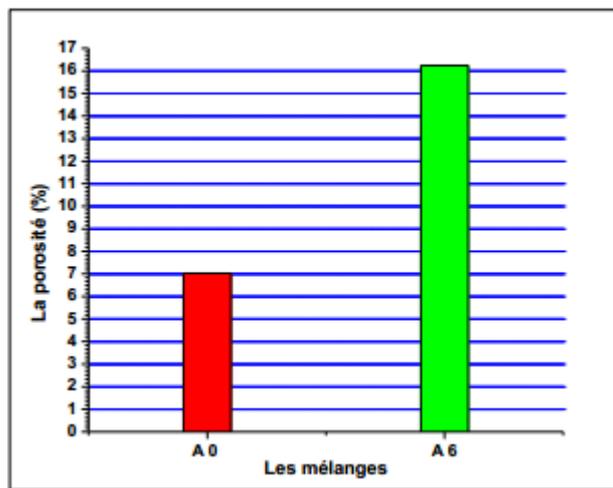
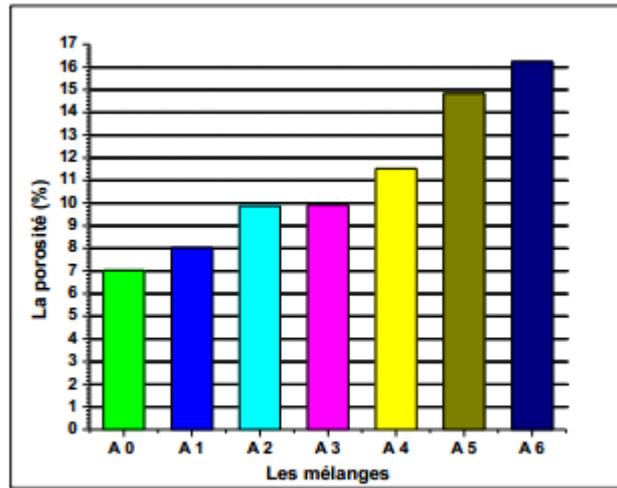


Figure IV.40 : La porosité des mélanges A0 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 40 nous remarquons que la porosité dans le mélange **A6** à augmenter à une valeur de **131%** à partir de la porosité de mélange **A0**.



**Figure IV.41 :** La porosité des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 41 déchets de plastique en tant que matériaux inertes séparation entre les particules, c'est pourquoi la porosité de la nouvelle matrice augmente à **16%**, mais ces valeurs restent adaptées à une utilisation comme matériaux de construction (Hourdis).

### IV.5. La conductivité thermique :

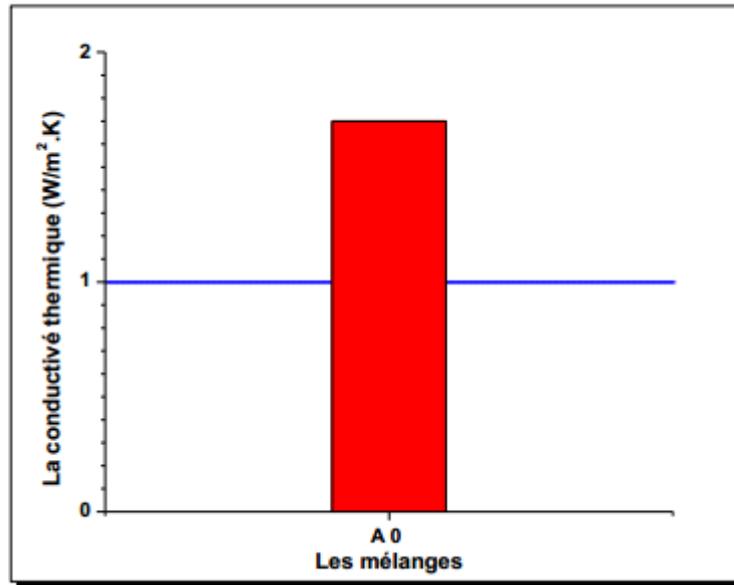


Figure IV.42 : La conductivité thermique moyenne de mélange A0 à 28jours.

#### ➤ Interprétation :

La Figure IV. 42 exprime la conductivité thermique moyenne de béton d'hourdis sans plastique (A0) qui était sa valeur moyenne de 1,7 (W/m<sup>2</sup>.K).

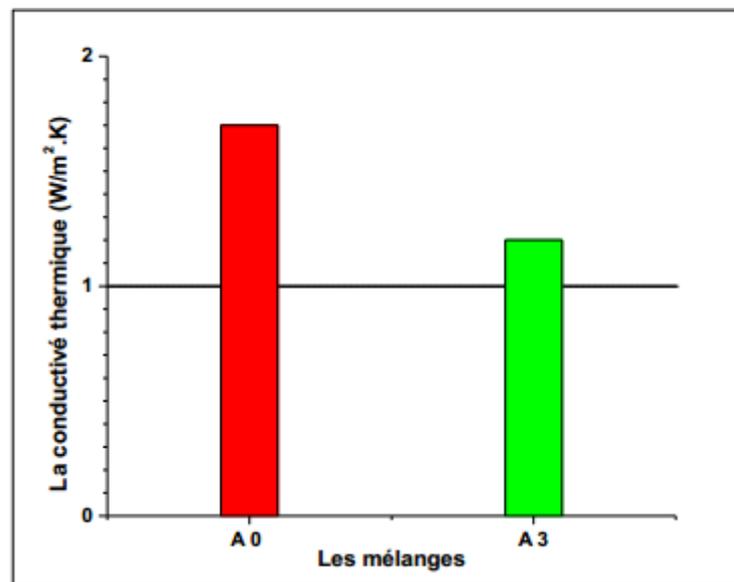


Figure IV.43 : La conductivité thermique des mélanges A0 et A3 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 43 nous remarquons que la conductivité thermique dans le mélange **A3** est diminuée que de mélange **A0** à une valeur de **29,41%**.

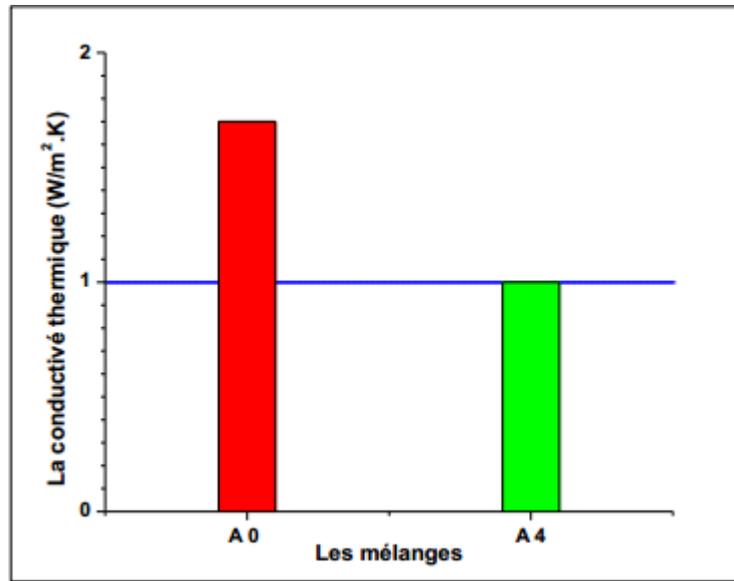


Figure IV.44 : La conductivité thermique des mélanges A0 et A4 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 44 nous remarquons que la conductivité thermique dans le mélange **A4** est diminuée que de mélange **A0** à une valeur de **41,17%**

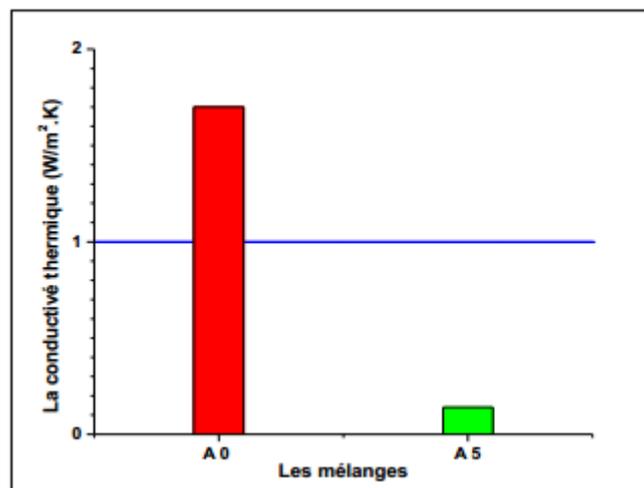
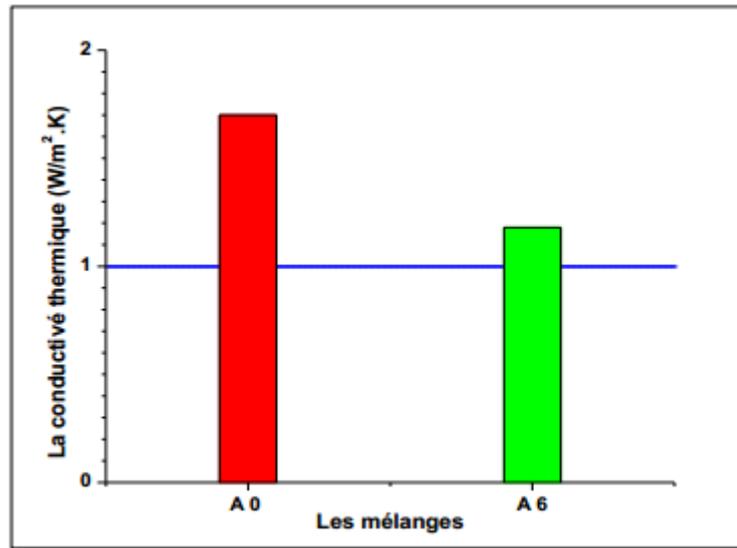


Figure IV.45 : La conductivité thermique des mélanges A0 et A5 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

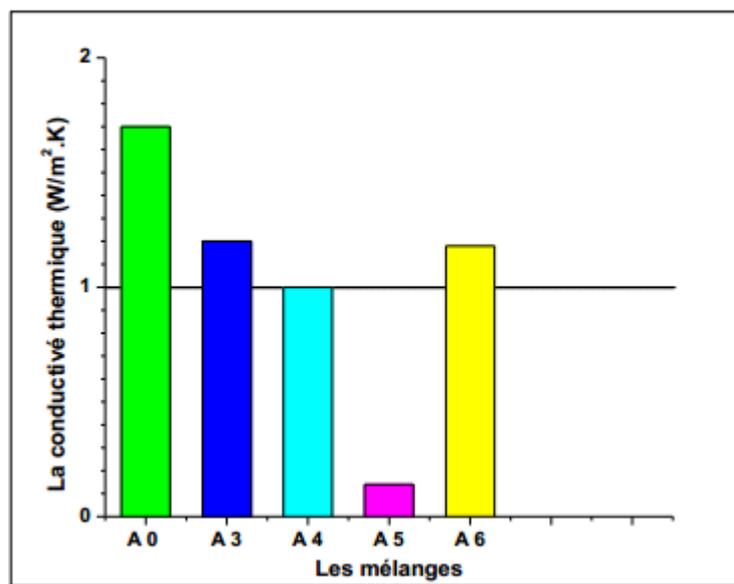
Dans la Figure IV. 45 nous remarquons que la conductivité thermique dans le mélange **A4** est diminuée que de mélange **A0** à une valeur de **91,76%**



**Figure IV.46 :** La conductivité thermique des mélanges A0 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

Dans la Figure IV. 46 nous remarquons que la conductivité thermique dans le mélange **A6** est diminuée que de mélange **A0** à une valeur de **30,58%**



**Figure IV.47 :** La variation de la conductivité thermique des mélanges A0, A3, A4, A5 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

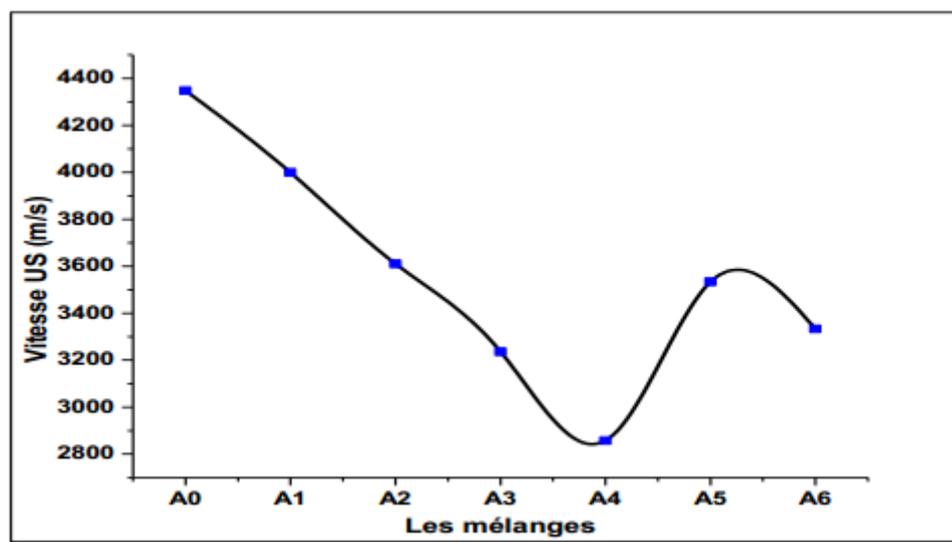
On observe que tous les mélanges de béton ont connus une baisse de la conductivité thermique par rapport le mélange **A0**, ce qui diminue la conductivité thermique était d'environ (**A5 = 0.14 W/m<sup>2</sup> .K**) 92% quand ajoute 30% de déchets de plastique

La réduction de la conductivité thermique moyenne des mélanges est due à l'effet isolant des fibres de plastique qui présent une conductivité plus faible par rapport au mélange initial.

Ce résultat est bon pour le confort du bâtiment, également efficace pour réduire le coût de l'énergie (électricité et gaz).

#### **IV.6. La vitesse ultrasonique :**

Le temps de propagation des ondes dans le matériau a permis de calculer la vitesse de l'onde à partir de l'équation (III.6.4) les résultats sont présent sur le graphe de la Figure IV.48.



**Figure IV.48 :** La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours.

➤ **Interprétation :**

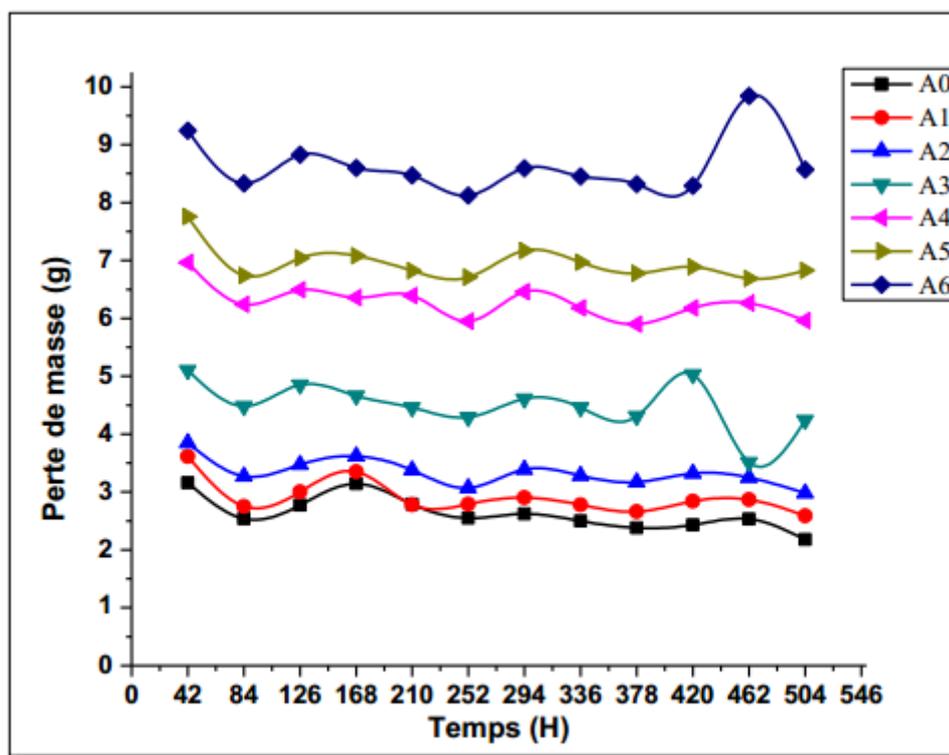
Cette Figure montre une réduction de moyen des vitesses de **4347,82 m/μs** à **2857,14m/μs** lorsque les mélanges **A0** à **A4**, Après cela, à 30% de déchets de plastique, augmentez jusqu'à **3533,56 m/μs** (**A5**).

Ces résultats confirment les résultats trouvés sur le test thermique dont l'ajout de 30% de déchets de plastique a donné la conductivité thermique inférieure ( $0.14 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ).

#### IV.7. Essai de mouillage et séchage (Durabilité) :

##### IV.7.1 Perte de masse :

La perte de masse observée est proportionnelle à la quantité d'eau présent dans les mélanges, elle aussi relative à l'altération de microstructure du matériau, elle est un indicateur important des dégradations physico-chimiques subis par les mélanges accours de chauffage et à la fin du traitement thermique



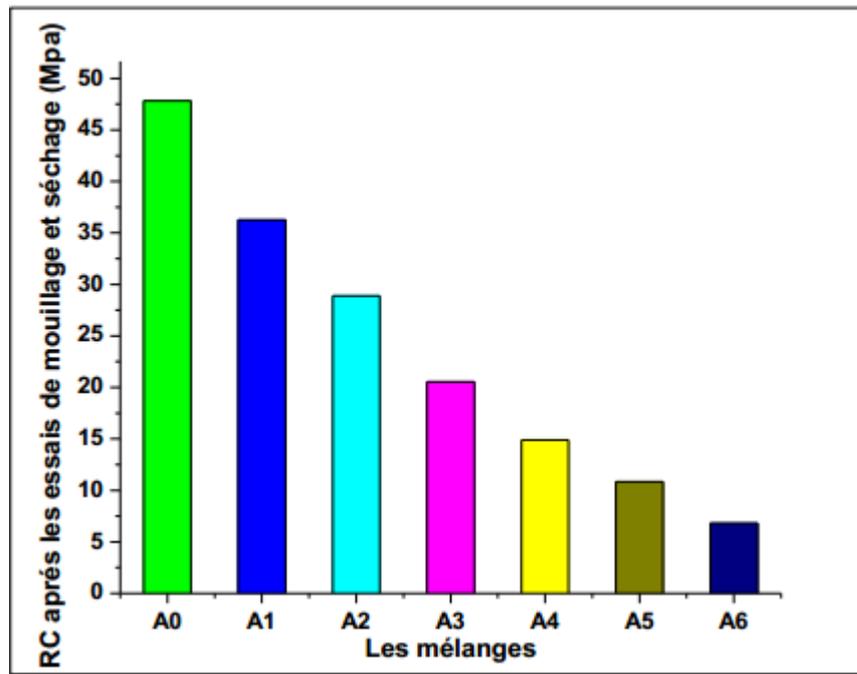
**Figure IV.49 :** La variation de la perte de masse des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 en fonction du temps.

➤ **Interprétation :**

Sur cette courbe, on observe que la variation de la masse par rapport au mélange A0 est presque constante tout à la longueur du parcours entre 1g et 3g. Le reste des mélanges notamment entre A3 et A6 une augmentation de la variation de la perte de masse.

Après test de durabilité, qui chauffent les échantillons 42h à 71C et les immergent dans l'eau pendant 5h pendant 12 cycles comme présenté sur la Figure IV.49. La plupart des échantillons conservent leur masse, avec de petits changements de masses. Cela confirme que ce matériau durable et peut être utilisé comme matériau de construction (Hourdis en béton).

**IV.7.2 La résistance à la compression après l'essai de mouillage et séchage :**

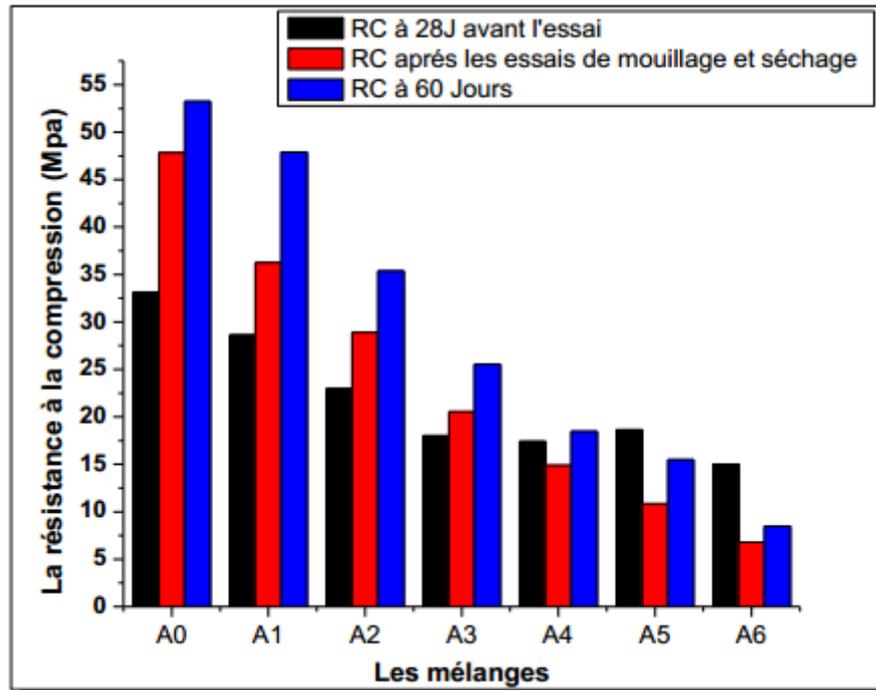


**Figure IV.50 :** La variation de la résistance à la compression des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 après l'essai de mouillage et séchage.

➤ **Interprétation :**

La figure IV.50 exhibe la variation de la résistance à la compression des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 après l'essai de mouillage et séchage.

Ont observé que la résistance à la compression est diminuée avec l'augmentation de pourcentage des déchets de plastique



**Figure IV.51 :** Comparaison entre la variation de la résistance à la compression des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 après 28 jours l'essai de mouillage et séchage et 60 jours.

#### ➤ Interprétation :

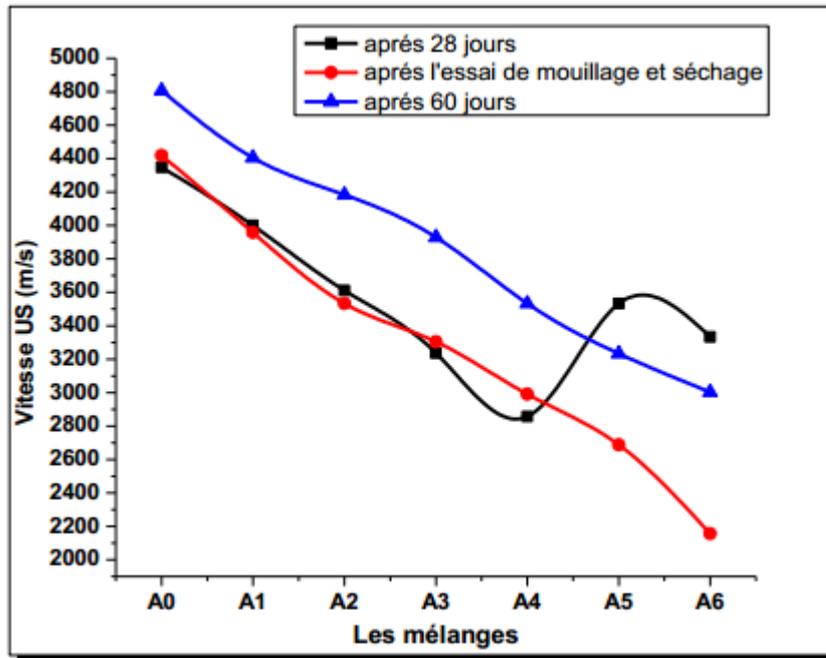
La figure IV.51 exhibe la comparaison de la résistance à la compression des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 après l'essai de mouillage et séchage et avant l'essai de mouillage et séchage.

On observe que les résistances a la compression des mélanges **A0** au**A3** à **28** jours sont inférieurs a la résistance à la compression des mélanges **A0** au**A3**après l'essai de mouillage et séchage des valeurs (**A0= 30,8 %**, **A1= 21,13 %**, **A2= 20,55 %**, **A3= 9,44%**).Cela indique que la chaleur et l'humidité n'ont pas affecté sur les mélanges, mais lui ont plutôt donné plus de résistances a la compression.

Mais les résistances a la compression des mélanges **A4** au**A6** a **28** jours sont supérieur à la résistance à la compression des mélanges **A4** a **A6** après l'essai de mouillage et séchage des

valeurs (A4= 14,36 %, A5= 41,81 %, A6= 54,66 %). Cela indique que la chaleur et l'humidité ont affecté sur les mélanges.

### IV.7.3 La variation de la vitesse ultrasonique :



**Figure IV.52 :** La variation de la vitesse sonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 avant et après l'essai de mouillage et séchage et après 60 jours.

#### ➤ Interprétation :

Dans la Figure IV. 52 nous constatant que la vitesse est diminuée dans deux variations sauf au niveau de mélange A5 et A6 la vitesse à 60 jours supérieurs par rapport à la vitesse des mélanges après l'essai de mouillage et séchage et après 60 jours.

Les résultats de vitesse confirment les bonnes caractéristiques de ces nouveaux matériaux, dont la vélocité de 28 jours ou 60 jours et après test de durabilité variaient entre 3400m/s à plus de 4500m/s. Ces résultats plus que bons pour le hourdis en béton.

### IV.8 Conclusion :

Après l'analyse et l'interprétation des résultats des tests de compression, flexion, absorption d'eau, la masse volumique, porosité, vitesse ultrasonique, conductivité thermique et perte du masse on peut déduire que les mélanges avec l'ajout du déchets de plastique transformé, on a donné des bonnes résultats et pour cette réseau peut être adaptés comme un

matériau de construction qui est utilisé pour améliorer leur durabilité, l'adhérence, la dureté et les caractéristiques thermique et phonique.

# **Chapitre V :**

# **Conclusion générale**

## V. Conclusion Générale :

L'étude que nous avons réalisée dans le cadre de ce projet à la fin de la recherche nous a permis d'agir pour résoudre un certain nombre de problèmes connexes liés au comportement mécanique et physique des blocs de béton creux (hourdis) et des déchets plastiques.

La démarche scientifique que nous mettons en œuvre est avant tout une étude bibliographique des hourdis en béton et des déchets plastiques.

Cependant, l'influence des déchets plastiques transformés sur les propriétés des hourdis de béton en général est étudiée à travers une série de tests mécaniques et physiques tels que la résistance à la compression, la résistance à la flexion, l'absorption d'eau, la porosité, la densité apparente, la vitesse des ultrasons, la conductivité thermique et perte de masse).

Analyse et interprétation des résultats des différents tests effectués :

➤ La résistance à la compression :

La variation de la résistance à la compression des éprouvettes dans le échantillon de hourdis en béton étudié était à la baisse, en raison de l'augmentation du pourcentage des déchets de plastique en valeur de **54,68 %** par rapport au béton sans déchet de plastique transformé à **28** jours à cause de la faible liaison entre les déchets et les particule granulaire.

Pour notre objectif d'utiliser une nouvelle matrice pour les blocs de béton creux, dont nous avons besoin d'une résistance inférieure. Nos résultats l'ajout de **30%** de déchets plastiques utilisables comme matériaux de construction.

➤ La résistance à la flexion :

La variation des résistances à la flexion des mélanges **A0** à **A6** diminuent avec l'augmentation de pourcentage de déchets de plastique transformé. Diminution la résistance à a flexion quand vous ajoutez des déchets de plastique transformé à **3** Mpa, cela reste utilisable pour les hourdis en béton.

➤ La masse volumique apparente :

La variation des masses volumique apparente des mélanges était décroissante du mélange **A0** à **A6** avec des valeurs différentes. Il s'agit de la faible densité de déchet de plastique ajoutée.

- Le degré d'absorption d'eau :

Augmentant l'absorption d'eau à **9%** quand les déchets de plastique transformé s'ajoutent de **10 à 35%**. Cela donne de bons résultats pour les hourdis de béton comparé par rapport aux recherches de la littérature.

- La porosité :

La variation de la porosité des mélanges était croissante du mélange A0 à A6 avec des valeurs différentes. Croissant de porosité de **7 à 16%**, ce qui en résulte toujours utilisable pour les hourdis en béton.

- La vitesse ultrasonique :

La variation de la vitesse ultrasonique moyenne des mélanges à 28 jours diminuant avec des valeurs de **4347,82 m/s** à **2857,14 m/s** lorsque les mélanges **A0 à A4**, puis le moyen augment jusqu'à **3533,56 m/μs (A5)** et puis le moyen baisser depuis le mélange **A6**. La porosité a été affectée négativement sur les bloc de béton à cause de création des pores par le déchet de plastique.

- La conductivité thermique :

La conductivité thermique des mélanges de béton ont connus une diminution de la conductivité thermique par rapport le mélange **A0**, soit un écart **88,33%** entre **A0** et **A5**

La réduction de la conductivité thermique moyenne des mélanges est due à l'effet isolant des fibres de plastique qui présentent une conductivité plus faible (**A5 = 0,14 W/m3 .K**) par rapport au mélange **A0** (béton sans plastique).

- La perte de masse :

La variation de la perte de masse est croissant par rapport au mélange **A0** est presque constante tout à la longueur du parcours entre **1g** et **3g**. Le reste des mélanges notamment entre **A3** et **A6** une augmentation de la variation de la perte de masse.

En conclus, les déchets de plastique transformé peuvent être utilisées dans la production des hourdis en béton a certain pourcentage de remplacement.

Cette approche réduit le poids propre des constructions et conserver les ressources naturelles, bien que les propriétés phonique et thermique plus le pourcentage de déchets de plastique recycle pour protégé notre enivrement.

**Recommandations :**

Pour compléter ce projet, nous recommandons pour les recherches futures d'ajouter d'autres matériaux plus fins avec des déchets de plastique transformé pour obtenir de meilleurs résultats. Nous vous recommandons également de faire un test phonique.

## Les références Bibliographique

- [1] Zefane B. Draïdi C. « Effet des déchets du plastique industriel dans des blocs de béton », mémoire de master, université de Bordj Bou Arreridj, 2022.
- [2] SEAC : planchers hourdis les principes fondamentaux, le livre : choix et technique édition N°7, SEAC fabriquée les planchers et l'hourdis en béton.2011.
- [3] Belmouhoub A . Loucif H. « Durabilité des hourdis en ajoutant des fibres de plastique recyclé », mémoire de master, université de Bordj Bou Arreridj, 2017.
- [4] A Kaozoglu S, Atis, A Kcaozoglu K, An investigation on the use of shredded PET waste bottles as aggregate in light weight concrete. Waste Manage 2010;32:285-90.
- [5] Bahloul H . Radji N. « Amélioration les caractéristiques d'hourdis avec ajout du déchet de polymère (PET) », mémoire de master, université de Bordj Bou Arreridj, 2018.
- [6] Leila M. «Valorisation des déchets plastique sous forme des fibres dans les mortiers », mémoire de master, université de Bouira, 2017.
- [7] Belfar . Nori E. « Amélioration les caractéristique des hourdis en ajoutant des fibres de plastique recyclée », université de Bordj Bou Arreridj, 2016.
- [8] Rai B, Rushad ST, Kr B et Duggal SK. (2012). Study of waste plastic mix concrete with plasticizer. International Scholarly Research Network Civil Engineering 2012:1–5.
- [9] Ramadevi KK et Manju R. (2012). Experimental investigation on the properties of concrete with plastic pet (bottle) fibres as fine aggregates. Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 2: 42–46
- [10] Keryou A et Ibrahim G. (2014). Effect of using windows waste glass as coarse aggregate on some properties of concrete. Engineering and Technology Journal 32: 1519–1529.
- [11] Mishra B et Mishra RS (2015) A study on use of plastic waste aggregate as partial replacement of natural coarse aggregate in cement concrete mix. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering, and Technology 4: 11232–11238.
- [12] Saikia N et De Brito J. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. Construction and Building Materials 52 : 236–244.
- [13] la norme NF EN 1008.
- [14] EN 12390-2, Essai pour béton durci - Confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance, 2007.
- [15] EN 12350-2, Essais pour béton frais- Essais d'affaissement, 2007.

[16] EN 12390-3, Essai pour béton durci – Résistance à la compression des éprouvette », 2006.

[17] EN 12390-4, Essais pour béton durci – Résistance en compression Caractéristiques des machines D’essai, 2006.

[18] Traore Brahiman. « Elaboration et caractérisation d’une structure composite (sable et déchets plastiques recycles) : amélioration de la résistance par des charges en argiles», université félix houphouët boigny côte d’ivoire, 2018.

[19] EN 1097-6, la norme d’essai pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats.

[20] NF P 18-459, Essai pour béton durci – Essai de porosité et de masse volumique, 2010.

[21] ASTM D559, Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixtures (Withdrawn 2012).

[22] Almeshal I et Tayeh B et Alyousef R et Alabduljabbar H et Mustafa A. (2020). Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand. Journal of materials research and technology. 9(3) :4631–4643.

[23] Dreamact-pro.eu. « La vie secrète du plastique recycle», blog article 239.