

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 Génie Civil

MÉMOIRE

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

En : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en génie civil

Par : -NEGHAZ ABDENNOUR

- MOUHOUBI SASSI

Sujet

Influence de déchets de caoutchouc, liant hydraulique dans les caractéristiques des blocs

Soutenu publiquement, le 30 / 05 / 2024 , devant le jury composé de :

Dr. BECHICHE SAID.	Grade	Univ-BBA	Président
Dr. GOUFI ABDELMALEK.	Grade	Univ-BBA	Examineur
Dr. DEGHEFEL MOUSSA.	Grade	Univ-BBA	Examineur
Dr. DABOUCHE SADEK	Grade	Univ-BBA	Encadrant
Dr. ZIANI HOCINE	Grade	Univ-BBA	Co-Encadrant

Année Universitaire 2023/2024

DEDICACES

Tous nos remerciements, crédits et gratitude à Dieu Tout-Puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté de développer ce travail.

Nous tenons à remercier l'enseignant, Dr Daboucha Sadek, pour avoir encadré ce travail, pour ses conseils, pour sa présence et pour sa sensibilité.

Je tiens également à remercier tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait. En acceptant de revoir ce travail.

À toute ma famille, à mon père, que Dieu ait pitié de lui, et à ma chère mère qui a toujours été à mes côtés et qui m'a soutenu tout au long de ces longues années d'études, et à tous mes amis et camarades de classe, pour le témoignage de l'amitié qu'ils nous ont apportée.

À tous ceux qui me connaissent et que je connais, et à tous ceux qui aiment le bien et n'ont pas honte des obstacles de la vie.

SOMMAIRE

Chapitre I Introduction générale

I.1.Introduction.....	1
I.2.Problématique.....	1
I.3.Objectif de travail.....	2
I.4.Structure de travail.....	2

Chapitre II Revue Bibliographique

II. Introduction.....	3
II.1.Hourdis.....	3
II.1.1.Introduction.....	3
II.1.2.Historique.....	3
II.1.3.Définition.....	4
II.1.4.Processus de fabrication des hourdis.....	4
II.1.5.Les différents types de l'hourdis.....	5
II.1.5.1.Les hourdis en béton.....	5
II.1.5.1.1.Caractéristiques de hourdis en béton (500×150×200) mm.....	5
II.1.5.1.2. Désignation de l'hourdis béton.....	6
II.1.5.2.Les hourdis préfabriqués.....	6
II.1.5.2.1.Les hourdis préfabriqués en béton offrent de nombreux avantages.....	6
II.1.5.3.Les hourdis en polystyrène.....	7
II.1.5.3.1.Les entrevous en polystyrène disposent de plusieurs avantages.....	7
II.1.5.3.2. Cependant, les hourdis en polystyrène expansé ont aussi des inconvénients	7
II.1.5.4. Les hourdis en PVC.....	8
II.1.5.4.1.Il sont d'autres avantages.....	8
II.1.5.4.2.Et d'autres inconvénients.....	8
II.1.5.5. Les hourdis en bois.....	9
II.1.5.5.1. Les hourdis en copeaux de bois agglomérés présentent les avantages suivants:.....	9
II.1.5.5.2.Les inconvénients sont	9
II.1.5.6.Les hourdis enterre cuite.....	10
II.1.5.6.1.Les entrevous en terre cuite présentent les avantages suivants.....	10
II.1.5.6.2.Les entrevous en terre cuite présentent les inconvénients sont.....	10

II.1.5.7.	Hourdis précontraint.....	10
II.1.5.7.1.	Les avantage.....	11
II.1.5.8.	Hourdis en plastique.....	11
II.1.5.8.1.	Les avantage.....	11
II.2.	Le recyclage du caoutchouc.....	12
II.2.1.	Introduction.....	12
II.2.2.	Historique.....	13
II.2.3.	Qu'est –ce que le latex ?.....	14
II.2.4.	Qu'est –ce que le caoutchouc ?	14
II.2.5.	Principaux types de Caoutchouc qui nous entoure.....	15
II.2.5.1.	Caoutchouc naturel et synthétique.....	15
II.2.5.2.	Caoutchouc naturel.....	15
II.2.5.3.	Caoutchouc synthétique.....	15
II.2.6.	Utilisations du caoutchouc.....	15
II.2.6.1.	Le caoutchouc dans l'industrie textile.....	15
II.2.6.2.	Le caoutchouc dans l'industrie du pneumatique automobile.....	15
II.2.6.3.	D'autres utilisations du caoutchouc.....	15
II.2.7.	Quels sont les avantages du caoutchouc ?.....	16
II.2.8.	Quels sont les inconvénients et limites du caoutchouc ?.....	16
II.3.	Définition de recyclage.....	17
II.3.1.	Impacts du recyclage sur l'environnement.....	17
II.3.1.1.	Économies de ressources naturelles.....	17
II.3.1.2.	Écobilan.....	18
II.4.	Définition des déchets.....	18
II.5.	La Valorisation des déchets.....	18
II.5.1.	Méthodes de la valorisation.....	18
II.5.1.1.	Valorisation matière.....	18
II.5.1.2.	Valorisation énergétique.....	18
II.5.1.3.	Valorisation chimique.....	19
II.5.2.	Impacts du recyclage sur l'environnement.....	19
II.6.	Déchets en Algérie.....	19
II.6.1.	Valorisation des déchets et sous-produits dans le domaine des travaux publics.....	19

II.6.1.1. Pneus usagés et déchets plastiques.....	19
II.7. Béton de déchets de caoutchouc.....	20
II.7.1.définition.....	20
II.8.influence de plastique transformée du hourdi.....	20
II.8.1.Résistance à la compression.....	20
II.8.2.Résistance à la flexion.....	20
II.8.3. La porosité.....	21
II.8.4. La vitesse ultrasonique.....	22
II.9.Conclusions.....	22

Chapitre III Formulation et méthodes expérimentales

III.1.Introduction.....	23
III.2.Constituants béton hourdis.....	23
III.2.1. Le ciment.....	23
III.2.1.1.Caractéristiques principales du ciment.....	23
III.2.1.2. Rôle du ciment dans le béton.....	24
III.2.2. Le sable.....	24
III.2.2.1. Rôle de sable.....	25
III.2.3.Les granulats.....	25
III.2.3.1. L'intérêt des granulats dans le béton.....	25
III.2.3.2.Classification des granulats.....	25
III.2.4.1.Rôle l'eau de gâchage.....	26
III.2.5.Déchets de caoutchouc.....	26
III.2.5.1.Rôle déchets de caoutchouc.....	26
III.3.Formulation de béton hourdis.....	26
III.3.1.Les dosages qui utilisé dans la confection de 1m ³ béton hourdis.....	27
III.3.1.1.Préparation des fibres de caoutchouc.....	28
III.3.1.2.Présenté la courbe d'analyses granulométriques de sable, gravier (3/8) et caoutchouc.....	28
III.3.2. Matériels utilisés.....	29
III.3.3. Mode opératoire.....	29
III.3.4.les essais sur le béton d'hourdis à l'état frais.....	30
III.3.4.1.le malaxage (NAEN 12390-2)	30
III.3.4.2.Vibration.....	30

III.3.5. Les essais sur le béton d'hourdis à l'état durci.....	32
III.3.5.1. Caractéristique du béton l'hourdis à l'état durci....	32
III.3.5.2. Mode de conservation de béton l'hourdis (NAEN 12390)	32
III.6. Les principaux essais.....	32
III.6.1. Résistance à la compression En 12390-3	32
III.6.2. Résistance à la flexion (EN 12390-4).....	33
III.6.3. Degré d'absorption d'eau EN 1097-6.....	34
III.6.4. La porosité EN1097-6	35
III.6.5. La compacité EN 1097-6.....	36
III.6.6. L'indice des vides EN 1097-6.....	36
III.6.7. Essai d'auscultation dynamique (ultrason).....	36
III.7. Conclusion.....	37

Chapitre IV Résultats et interprétations

IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Résultats et interprétations.....	38
IV.2.2. Résistance à la flexion.....	41
IV.2. 3 perte de masse.....	44
IV.2. 4 Degré d'absorption et l'humidité du hourdis en béton.....	46
IV.2. 5 La porosité d'hourdis en béton.....	49
IV.2. 6. La vitesse ultrasonique.....	51
IV.2.3. Caractéristiques du hourdis en béton (480x 160 x 200).....	53
IV.2. 3.1. Résistance à la compression.....	53
IV.2. 3.2. Résistance à la flexion.....	53
IV.2. 3.3. Pert de masse.....	54
IV.2. 3.4. Absorption.....	54
IV.2. Conclusion.....	56

Chapitre V Conclusion Générale

V.2. Conclusion Générale	
---------------------------------	--

Liste Des Figures

Figure II.1. Les différents hourdis corps creux.....	4
Figure II.2. Fabrication des hourdis.....	5
Figure II.3. Hourdis béton.....	6
Figure II.4. Pose de hourdis en polystyrène.....	8
Figure II.5. Pose de hourdis en PVC.....	9
Figure II.6. Hourdis en bois.....	10
Figure II.7. Hourdis en terre cuite.....	10
Figure II.8. L'élément de plancher en béton précontraint.....	11
Figure II.9. Emplacement hourdis plastique sur les poutrelles.....	12
Figure II.10. Différent type de plastique.....	13
Figure II 11. le latex	15
Figure II. 12. le caoutchouc.....	15
Figure II. 13. Le cycle de vie d'un pneumatique.....	17
Figure II 14. Station de tri sélectif.....	18
Figure II.15. Résistance à la compression de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours. [17].....	20
Figure II.16. Résistance à la flexion de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours. [17].....	21
Figure II.17. La porosité des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours. [17]..	21
Figure II.18. La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours. [17].....	22
Figure III.1. Le sable.....	25
Figure III.2. Matériaux utilisé.....	27
Figure III.3. Les déchets du caoutchouc après le Tamisage.....	28
Figure III.4. analyses granulométriques de sable, gravier (3/8) et caoutchouc.....	29
Figure III.5. Le béton Hourdis après 24h.....	30
Figure III.6. Malaxer.....	30
Figure III.7. Malaxer des agrégats.....	30
Figure III.8. vibration de moule l'hourdi et béton hourdis par table vibration.....	31
Figure III.9. Bac de conservation.....	32
Figure III.10. Armoire de Conservation.....	32
Figure III.11. Ecrasement des hourdis.....	33

Figure III.12. Ecrasement béton hourdis.....	33
Figure IV.1. Résistance à la compression à l'Etat humide (28jours).....	38
Figure IV.2. Résistance à la compression à l'Etat Immergée (28jours).....	39
Figure IV.3. Résistance à la compression à l'Etat humide / Immergée (28jours).....	40
Figure IV.4. Résistance à la compression à l'Etat humide en fonction de temps.....	40
Figure IV.5. Résistance à la compression à l'Etat Immergée en fonction de temps....	41
Figure IV.6. Résistance à la flexion à l'Etat humide (28jours).....	41
Figure IV.7. Résistance à la flexion à l'Etat Immergée (28jours).....	42
Figure IV.8. Résistance à la flexion à l'Etat Humide / Immergée (28jours).....	42
Figure IV.9. Résistance à la flexion à l'Etat Humide en fonction de temps.....	43
Figure IV.10. Résistance à la flexion à l'Etat Immergée en fonction de temps.....	43
Figure IV.11. perte de masse à l'Etat Humide.....	44
Figure IV.12. perte de masse à l'Etat Immergée.....	45
Figure IV.13. perte de masse à l'Etat Humide / Immergée (28jours).....	45
Figure IV.14. perte de masse à l'Etat Humide en fonction de temps.....	46
Figure IV.15. L'absorption des mélanges à l'Etat Humide à 28jours.....	46
Figure IV.16. L'absorption des mélanges à l'Etat Immergée à 28jours.....	47
Figure IV.17. L'absorption des mélanges à l'Etat Humide / Immergée à 28jours.....	47
Figure IV.18. L'absorption des mélanges à l'Etat Humide en fonction de temps.....	48
Figure IV.19. L'absorption des mélanges à l'Etat Immergée en fonction de temps	48
Figure IV.20. La porosité à l'Etat Humide (28jours).....	49
Figure IV.21. La porosité à l'Etat Immergée (28jours).....	49
Figure IV.22. La porosité à l'Etat Humide / Immergée (28jours).....	50
Figure IV.23. La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, et A5 à l'Etat humide à 28jours.....	51
Figure IV.24. La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, et A5 à l'Etat Immergée à 28jours.....	51
Figure IV.25. La vîtes (m/s) à l'Etat Humide / Immergée (28jours).....	52
Figure IV.26. Résistance à la compression de hourdis a 28 jours.....	53
Figure IV.27. Résistance à la flexion de hourdis a 28 jours.....	53
Figure IV.28. Pert de masse de hourdis a 28 jours.....	54
Figure IV.29. Absorption de hourdis a 28 jours.....	54

Liste Des Tableaux

Tableau III.1. Composition chimique et physique de ciment.....	23
Tableau III.2. la mass volumique de (sable, gravier, caoutchouc).....	27
Tableau III.3. Formulation des hourdis en béton pour 1m ³ sur chantier.....	28
Tableau IV.1. Abréviations de mélanges.....	38

Résumé:

La réutilisation des déchets caoutchouc représentent actuellement un sujet d'actualité très intéressant. C'est pour cela on a créé la nouvelle technique qui est exprimée par la valorisation et le recyclage du caoutchouc pour limiter le maximum de la pollution. L'utilisation de ces différents déchets, on a donné une grande valeur dans le secteur de génie civil et plusieurs avantages sur l'environnement. Tous à, on fait réaliser une grande révolution dans l'industrie de ciment. Alors plusieurs pays du monde universel ont utilisé ces déchets dans le domaine de la construction et spécialement dans le béton comme poudre, fibres ou agrégats.

Le mémoire de master que nous présentons dans ce contexte, il s'agit de l'élaboration par l'ajout de caoutchouc conçu à partir des déchets de pneu qui est en abondance dans la nature et dont il a été utilisé comme un substitut dans le squelette granulaire d'hourdis en béton.

Mélangés deux types de déchets de caoutchouc sont ajoutés dans l'hourdis (poudre et granulaires). Cette addition a utilisée lors des préparations des hourdis en béton à des taux de 15, 20, 25%, 30 et 35% et a étudié ces effets sur les propriétés à l'état durci (résistance à la compression, à la flexion, l'absorption d'eau et la porosité), pour des différents hourdis en bétons réalisés qui est analysées et comparées par rapport leurs témoins respectifs. D'après les résultats expérimentaux, on peut conclure que le renforcement de la matrice cimentaire avec des déchets de caoutchouc montrent une diminution sur la résistance à la compression, flexion et augmentation remarquable de sa capacité d'absorption et porosité. La comparaison des résultats d'échantillons en dimension réelle pour des échantillons sans déchets de caoutchouc et des échantillons avec 30% et 35% a permis d'obtenir que la matrice finale conserve toujours sa résistance à la compression et à la flexion, cependant: la perte de mass et l'absorption d'eau ne sont pas très loin de la échantillon sans caoutchouc, nous pouvons conclure que ces nouveaux matériaux peuvent améliorer les caractéristiques phoniques et thermiques des blocs de béton creux. Cependant l'objectif principal est de réduire le poids total de la structure.

Mots-clés:

Hourdis, Caoutchouc, résistance al compression, résistance à la flexion, capacité d'absorption, perte de mass.

Abstract

The reuse of rubber waste is currently a very interesting topical subject. This is why we created the new technique which is expressed by the recovery and recycling of rubber to limit as much pollution as possible. The use of these different wastes has given great value in the civil engineering sector and several environmental benefits. All of us are bringing about a great revolution in the cement industry. So several countries around the world have used these wastes in the field of construction and especially in concrete as powder, fibers or aggregates.

The master thesis that we present in this context, it involves the development by the addition of rubber designed from tire waste which is in abundance in nature and of which it has been used as a substitute in the granular skeleton of concrete slabs.

Mixed two types of rubber waste are added to the slab (powder and granular. This addition was used during the preparation of concrete slabs at rates of 15, 20, 25%, 30 and 35% and studied these effects on the properties in the hardened state (resistance to compression, bending, water absorption and porosity), for the different concrete slabs produced which are analyzed and compared with their respective controls. Experimental results, it can be concluded that the reinforcement of the cementitious matrix with waste rubber show a decrease on the compressive strength, bending and remarkable increase in its absorption capacity and porosity Comparing the results of samples in dimension. Real for samples without rubber waste, and samples with 30% and 35%, allowed to obtain that the final matrix still maintains its resistance to compression and bending, however: weight loss and absorption of water are not very far from the sample without rubber. We can conclude that these new materials can improve the sound and thermal characteristics of hollow concrete blocks. However, the main objective is to reduce the total weight of the structure.

Key words: Concrete block, Rubber, compressive strength, flexural strength, absorption capacity, mass loss.

ملخص

تعد إعادة استخدام النفايات المطاطية موضوعًا مثيرًا للاهتمام حاليًا. ولهذا السبب قمنا بإنشاء التقنية الجديدة التي يتم التعبير عنها من خلال استخلاص المطاط وإعادة تدويره للحد من أكبر قدر ممكن من التلوث. وقد أعطى استخدام هذه النفايات المختلفة قيمة كبيرة في قطاع الهندسة المدنية والعديد من الفوائد البيئية. كلنا نحدث ثورة عظيمة في صناعة الأسمنت. ولذلك قامت العديد من دول العالم باستخدام هذه المخلفات في مجال البناء وخاصة في الخرسانة كمسحوق أو ألياف أو ركام.

تتضمن رسالة الماجستير التي نقدمها في هذا السياق التطوير من خلال إضافة المطاط المصمم من نفايات الإطارات والموجود بكثرة في الطبيعة والذي تم استخدامه كبديل في الهيكل الحبيبي للألواح الخرسانية.

يتم إضافة نوعين مختلفين من المخلفات المطاطية إلى البلاطة (البودرة والحبيبات). وقد استخدمت هذه الإضافة أثناء تحضير البلاطات الخرسانية بنسب 15 و 20 و 25% و 30 و 35% ودراسة هذه التأثيرات على الخواص في البلاطات المتصلبة. (مقاومة الضغط، الانحناء، امتصاص الماء والمسامية)، بالنسبة للبلاطات الخرسانية المختلفة المنتجة والتي تم تحليلها ومقارنتها مع النتائج التجريبية الخاصة بها، يمكن استنتاج أن تقوية قالب الأسمنت بنفايات المطاط تظهر انخفاضاً على قوة الضغط والانحناء والزيادة الملحوظة في قدرتها على الامتصاص والمسامية، ومقارنة نتائج العينات في البعد الحقيقي للعينات الخالية من النفايات المطاطية، والعينات ذات 30% و 35%، سمحت بالحصول على أن المصفوفة النهائية لا تزال تحافظ على مقاومتها للضغط والانحناء، ومع ذلك: فقدان الوزن وامتصاص الماء ليس بعيداً جداً عن العينة بدون المطاط، يمكننا أن نستنتج أن هذه المواد الجديدة يمكن أن تحسن الخصائص الصوتية والحرارية للكتل الخرسانية المجوفة. ومع ذلك، فإن الهدف الرئيسي هو تقليل الوزن الإجمالي للهيكل.

الكلمات المفتاحية: الكتل الخرسانية، المطاط، مقاومة الانضغاط، قوة الانحناء، قدرة الامتصاص، فقدان الكتلة

CHAPITRE I : Introduction générale

Chapitre I Introduction générale

I.1 .Introduction

Le block de béton est aujourd'hui le matériau de construction par excellence. Il est irremplaçable dans le domaine de la construction pour des raisons économiques et techniques. Le compromis trouvé entre la résistance mécanique, économique, esthétique et sa facilité de mise en œuvre offre à ce matériau la première place dans la construction au niveau mondial.

Dans le souci de la protection de l'environnement et de la préservation de la nature, le secteur de la construction, grand consommateur de granulats doit s'aligner à cette démarche, et trouver des ressources alternatives aux granulats de carrière et de rivière qui par leur extraction on nuit à la nature. L'emploi des granulats de recyclage semble être une solution qui répond à ces soucis.

Le recyclage des déchets des pneus d'automobiles semble être une source de matériaux intéressante pour produire des blocs de béton à propriétés spécifiques qu'il y a lieu de caractériser. Le caoutchouc par sa nature présente des propriétés assez différentes de celles des granulats naturels, donc si on souhaite les utiliser dans le secteur de la construction c'est pour produire des bétons spécifiques (bétons légers, bétons à propriétés d'isolations thermique et phonique, etc.). C'est dans cet esprit que s'inscrit l'objectif de cette étude.

Le présent travail a pour but d'étudier les potentialités de l'incorporation des particules de caoutchouc, dans des blocs de bétons en vue de l'utilisation du composite élaboré dans le domaine d'application diverses. Pour atteindre cet objectif, nous avons envisagé d'introduire dans le béton des quantités de granulats de caoutchouc suivant des pourcentages de substitutions volumiques différentes. On s'est alors intéressé à trois aspects des bétons :

Résistance à la compression sur des blocs de bétons ; vitesse de propagation des ondes ultrasoniques dans les blocks de bétons composés de granulats et poudre en caoutchouc.
Étude de flexion des blocs de bétons et absorption d'eau.

I.2. Problématique

Les problèmes environnementaux posés par les déchets de caoutchouc nécessitent des recherches.

Solution rapide et permanente. Le sujet de ce travail concerne la production de blocs de béton (hourdis) à partir de matériaux et granulats et poudre de caoutchouc recyclés.

Les déchets de caoutchouc représentent une grande partie de la masse totale des déchets Les articles ménagers, n'étant pas biodégradables, présentent pour eux un réel danger l'environnement. Il y a donc une raison d'encourager le recyclage. Nous avons choisi pour les générations futures de recycler les déchets caoutchouc à des fins de fabrication Les matériaux de construction. Les blocs de béton en Algérie sont pauvres

I.3. Objectif de travail

L'objectif global est de résoudre un problème environnemental en améliorant...Déchets du caoutchouc en concevant des matériaux utilisables et en respectant leurs normes Qualité de la peinture. Objectifs spécifiques visant à atteindre cet objectif général

Nous serons:

- Établir un processus pour utiliser les déchets de caoutchouc.
- Améliorer les niveaux de déchets de caoutchouc.
- Caractérisation des matériaux produits.
- Etude de quelques propriétés physiques, mécaniques, acoustiques et thermiques.
- Réduire la capacité d'absorption,
- Réduire la pollution de notre environnement.
- Réduire le coût total du bloc de béton.

I.4. Structure de travail

Dans cette thèse, nous avons abordé cinq (05) chapitres :

- Chapitre Un : L'introduction générale traite du sujet, puis du problème, puis du but.

Le travail et enfin la structure de cette thèse.

- Chapitre deux : Recherche bibliographique : Nous subirons des pertes Caoutchouc en génie civil et blocs de béton (hourdis).
- Chapitre trois : est consacré à la méthodologie de travail et nous en discuterons Méthode de préparation, mélanges et différences.
- Chapitre quatre : était principalement consacré à l'analyse des résultats obtenus.
- Chapitre cinq : Nous fournissons une synthèse générale des travaux effectué

Chapitre II Revue Bibliographique

Chapitre II Revue Bibliographique

II. Introduction:

Notre objectif dans ce chapitre est de résumer les connaissances suffisantes pour comprendre la matière étudiée sur ce sujet.

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

On présente dans la première partie certains constituants que nous utilisons dans cette étude telle que le processus de fabrication des parpaings et les différents types de l'hourdis mais. Pour la deuxième partie nous touchons tous qui concerne les principaux types de caoutchouc cycle de recyclage de caoutchouc et quelque généralité sur le recyclage dans l'Algérie puis on a mentionné des recherches qui marqué par des chercheurs sur la résistance a la flexion et compression, l'absorption, porosité et ultrason du bloc de béton creux.

II.1.Hourdis:

II.1.1.Introduction:

L'hourdis parmi les parties principales pour construire une plancher qui séparer les différent niveau d'une construction qu'elle que soit des maisons individuelles, immeubles collectifs, groupes scolaires, bâtiments hospitaliers, bureaux, commerces, etc. situés en toutes zones géographiques, sismiques ou non.

Les hourdis sont des éléments intercalaires aux poutrelles, venant s'appuyer sur ces dernières sans intervention de dispositif extérieur

II.1.2.Historique:

Les planchers antiques d'étage basiques avaient comme premiers éléments structurels (jusqu'au début du XXe siècle inclus) des poutres à peine équarries, peu espacées (entre 6 et 14 cm en moyenne). Ses espaces ont été remplis de pierres plantées verticalement, puis du mortier grossier (chaux, argile, ciment, etc.) a été posé.

Venait stabiliser, mais aussi obturer les interstices avant la pose d'un sol (plancher, chape, carrelage, etc.), assurant également l'étanchéité à l'air. (Wikipédia).

II.1.3.Définition:

Le bloc est appelé corps creux ou monolithique et est constitué d'unités préfabriquées de différentes épaisseurs installées entre les poutres.

Ainsi, les panneaux agissent comme un rembourrage horizontal, ce qui signifie qu'ils restent fermement en place.

Ils constituent un coffrage « perdu » une fois la dalle coulée (à la différence d'un coffrage ou d'une banche qui se retirent) [1]



Figure II 1:Les différents hourdis corps creux

II.1.4.Processus de fabrication des hourdis:

1. Échantillonnage des agrégats.
2. Mélangeur.
3. Bande transporteuse.
4. Moulage des blocs.
5. Système de contrôle.
6. Gerbeur de déchargement.
7. Plateforme de séchage. . [2]

C'est une autre méthode artisanale pour la fabrication de blocs ou de pavés. Le produit (hourdis ou parpaing) est déposé aux matériaux par retournement du moule. Cette

Méthode est plus fastidieuse et le rendement est nettement moindre comparé aux
pondeuses qui offrent la possibilité de fabriquer des blocs réguliers et mieux compactés.



Figure II 2: Fabrication des hourdis

II.1.5. Les différents types de l'hourdis:

II.1.5.1. Les hourdis en béton:

Les entrevous en béton sont principalement adaptés aux maisons individuelles, immeubles collectifs, groupes scolaires, bâtiment hospitaliers, bureaux commerces. Ils peuvent utilisés à tous les étages, sur les chantiers où les coffrages et dans un plancher qu'avec une dalle de répartition. Ils sont légers, économiques et faciles à mettre en œuvre.

II.1.5.1.1. Caractéristiques de hourdis en béton (500×150×200) mm:

D'après les NF EN 771-3 ET 771-3/CN, il définit les caractéristiques blocs creux à dimension 500×150×200 comme suite :

- Poids moyen d'une palette sèche : 704 kg.
- Poids unitaires : 14 kg.
- Volume d'une palette : 0.684 m³.
- Masse volumique moyenne d'une palette : 640 kg/m³.
- Masse volumique absolue du béton : 1300 kg/m³.
- Masse volumique apparente sèche des blocs standards : 662 kg/m³.
- Masse volumique apparente sèche des blocs d'angle : 644 kg/m³.
- Dimensions de fabrication : 494×150×190 (L×l×h).
- Classe de précision dimensionnelle : D1 (L+3, -5, 1+3, -5, h+3, -5).

- Classement de résistance au feu : non requis.
- Résistance thermique : $0.16 \text{ m}^2 \text{ k/w}$.
- Variation dimensionnelle : $< 0.3 \text{ mm/m}$.
- Absorption d'eau et durabilité gel/dégel : blocs destinés à être enduits.
- Adhérence au cisaillement : 0.1 N/mm^2 .
- Isolation acoustique estimées : non requis.
- Classe de résistance disponible : B40. [2]

II.1.5.1.2. Désignation de l'hourdis béton:

- Les entrevous béton sont désignés par trois nombres de 2 chiffres représentant les cotes
- L'entrevous en cm :
 - 1) Le premier indique la hauteur.
 - 2) Le deuxième sa largeur hors tout.
 - 3) Le troisième donne sa coupe ou longueur



Figure II 3: Hourdis béton.

II.1.5.2. Les hourdis préfabriqués :

Également appelés hourdis, ce sont des éléments préfabriqués et prêts à l'emploi, qu'il suffit de placer en tant que fond de coffrage, créant ainsi un plancher. Ils sont souvent portés par des poutrelles. Est placé ensuite du béton pour unifier l'ensemble.

II.1.5.2.1. Les hourdis préfabriqués en béton offrent de nombreux avantages:

- Ils peuvent être utilisés à tous les étages.
- Ils disposent d'une bonne inertie thermique.
- Ils disposent d'une bonne résistance au feu.

- Ils sont résistants.
- Leur prix est très compétitif.
- Isolation phonique : ils permettent de réduire la transmission des bruits aériens d'un niveau à l'autre grâce à leur masse.

II.1.5.3. Les hourdis en polystyrène:

Isolants, ils sont légers et particulièrement adaptés pour un plancher sur vide sanitaire.

Certains modèles présentent une languette sur leur longueur, qui vient recouvrir la poutrelle, afin d'éviter les ponts thermiques et avoir une sous face quasi continue.

II.1.5.3.1. Les entrevous en polystyrène disposent de plusieurs avantages:

- Ils offrent une excellente isolation thermique (ils permettent de répondre à la réglementation thermique). Ils ne nécessitent pas d'isolation thermique rapportée.
- Ils sont légers. Ainsi, ils permettent d'alléger fortement le plancher par rapport à des hourdis en béton.
- Ils peuvent être découpés à la scie égoïne, ce qui facilite la pose.
- Ils offrent la possibilité de passer des gaines. [3]

II.1.5.3.2. Cependant, les hourdis en polystyrène expansé ont aussi des inconvénients:

- Ils ont de mauvaises performances acoustiques.
- Leur prix est bien plus élevé que celui des hourdis traditionnels.
- Ils sont très fragiles. A l'inverse des hourdis en béton, ils ne peuvent pas supporter des charges trop conséquentes. Ils ne sont donc pas conseillés si les charges d'exploitation du plancher sont élevées.
- Leur manutention est plus complexe.
- Ils ont une mauvaise résistance au feu.
- Vous ne pourrez pas fixer le faux plafond dessus car cela risque de fragiliser la structure.

Les hourdis en polystyrène sont particulièrement adaptés au-dessus des pièces non chauffées ou d'un vide sanitaire (sous-sol ou rez-de -chaussée)



Figure II 4: Pose de hourdis en polystyrène.

II.1.5.4. Les hourdis en PVC:

Un polymère avec des caractéristiques différentes, le PVC est une matière que vous pouvez retrouver dans le hourdis. Grâce à un modèle en plastique, la pose et la manutention ne seront pas compliquées. Tel que le hourdis en bois, le hourdis PVC n'intègre pas une isolation thermique. Bien qu'il soit résistant, il ne supporte pas des charges trop lourdes, contrairement à un hourdis béton

II.1.5.4.1. Ils ont d'autres avantages:

- Les hourdis en plastique sont légers ce qui facilite la manutention et la pose.
- Ils sont très résistants.
- Ils sont recyclables.
- Vous pourrez facilement venir fixer le faux plafond.

II.1.5.4.2. Et d'autres inconvénients:

- Ils ne participent pas à l'isolation thermique.
- Ils ont de mauvaises performances acoustiques.
- Ils supportent de plus faibles charges que les hourdis en béton.
- Ils ont une mauvaise résistance au feu.

Les hourdis en PVC sont particulièrement adaptés entre les étages. [3]



Figure II 5: Pose de hourdis en PVC

II.1.5.5. Les hourdis en bois:

La hauteur coffrant la plus importante de la gamme (20cm), pour réaliser des planchers de très grandes portées, jusqu'à 8.1 m de vide. L'entrevous en Bois EBM 20 garantit une résistance mécanique renforcée ainsi qu'une excellente résistance à l'humidité.

Polyvalent pour tous les niveaux de revêtement de sol et peut être adapté à toutes les applications Résistants aux variations climatiques, les entrevous ne se déforment pas et conservent toute leur robustesse.

II.1.5.5.1. Les hourdis en copeaux de bois agglomérés présentent les avantages suivants:

- Ils sont légers : cela facilite le transport, le stockage et la pose.
- Ils sont recyclables.

II.1.5.5.2. Les inconvénients sont:

- Ils ne disposent d'aucune isolation phonique ou thermique.
- Ils ont une mauvaise résistance au feu.

Les hourdis en bois sont particulièrement adaptés entre les étages



Figure II 6: Hourdis en bois

II.1.5.6. Les hourdis en terre cuite:

La terre cuite est un matériau très utilisée dans la construction. On le retrouve naturellement au niveau des planchers. Élément en terre cuite utilisé pour la construction de plancher, présentant de nombreux avantages : rapidité de mise en oeuvre, Réaction et résistance au feu, Résistance à la flexion et optimisation de structure.

II.1.5.6.1. Les entrevous en terre cuite présentent les avantages suivants:

- Ils ont une bonne résistance au feu.

- Ils ont une capacité à évacuer l'humidité, ce qui est avantageux dans certains climats.
- Ils disposent d'une bonne inertie thermique.

II.1.5.6.2. Les entrevous en terre cuite présentent les inconvénients sont:

- leur installation nécessite plus de main œuvre pour poser l'étayage renforcé.

Les hourdis en terre cuite sont particulièrement adaptés en plancher bas. . [3]

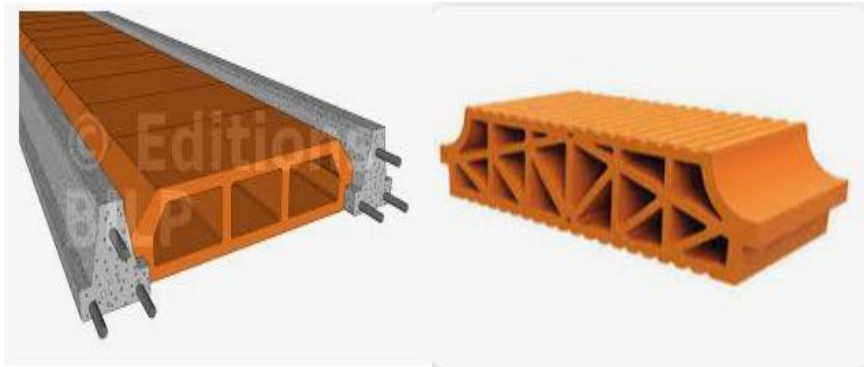


Figure II 7:Hourdis en terre cuite

II.1.5.7. Hourdis précontraint:

Les blocs précontraints sont l'un des éléments essentiels à la construction de bâtiments modernes, qu'ils soient résidentiels ou industriels. Ils sont particulièrement indiqués pour une utilisation dans des applications nécessitant de grandes distances ou des charges assez lourdes.

Ces éléments préfabriqués constituent une solution fiable, rapide et rentable pour créer un sol solide et résistant au feu pour les nouvelles constructions. De plus, la technologie du béton précontraint aide à prévenir la fissuration du béton.

II.1.5.7.1. Les avantage:

- Le béton précontraint est une solution plus économique.
- C'est un matériau résistant et solide.
- Son installation est simple et rapide.
- Élimine les déformations retardées dues au fluage du béton.
- Les panneaux sont conçus pour résister au feu pendant un certain temps.
- L'hourdis précontraint possède de meilleures qualités physiques et subies moins les

Influences agressives de l'environnement (une meilleure durabilité à long terme).



Figure II 8:L'élément de plancher en béton précontraint.

II.1.5.8. Hourdis en plastique:

Les hourdis en plastique recyclés sont légers, ils sont facile de mise en œuvre et destinés à tous types de bâtiments et toutes zones sismiques. Appliquer pour un plancher haut sous-sol, vide sanitaire, plancher intermédiaire, bâtiment d'habitation. Ils sont utilisés en neuf et en

II.1.5.8.1. Les avantage:

- Pose rapide et simple (aucun risque de casse).
- Pose facile : découpe et percement aisés.
- Ils sont très résistants.

Vous pourrez facilement venir fixer le faux plafond



Figure II 9:Emplacement hourdis plastique sur les poutrelles.

II.2. Le recyclage du caoutchouc:

II.2.1. Introduction:

Les pneus usagés et leur accumulation constituent une préoccupation environnementale mondiale, avec un grand nombre de pneus usagés produits dans le monde chaque année. Le potentiel de l'utilisation du caoutchouc provenant de pneus usés dans de nombreux ouvrages de génie civil est étudié depuis plus de 30 ans et son application dans les matériaux de construction comprend le béton cimentaire, les asphaltes et les granulats pour les structures en terre. Le recyclage des pneus dans ce domaine représente une méthode d'élimination appropriée pour des raisons à la fois environnementales et économiques. L'objectif de cette revue est donc de présenter l'état de l'art en matière de recyclage des pneumatiques dans les applications civiles, Proposé du point de vue de la science des matériaux.

L'utilisation de matériaux recyclés et de déchets dans les applications de construction et la solution des problèmes environnementaux par le recyclage deviennent de plus en plus préoccupantes

Le recyclage des pneus usagés (ELT) est l'un des problèmes environnementaux les plus importants auxquels sont confrontées les organisations scientifiques et gouvernementales du monde entier [4]

On estime qu'un milliard de pneus finissent leur vie utile chaque année, dont environ la moitié est recyclée et le reste est mis en décharge [5]. Les pneus usés sont générés et accumulés en grandes quantités, provoquant une menace croissante pour l'environnement s'ils ne sont pas gérés correctement [6]

Afin d'éliminer les effets négatifs de ces dépôts et de soutenir un développement durable, il est crucial d'améliorer les technologies existantes de recyclage des pneus et de développer de nouvelles applications pour les ELT [7,8].

Après avoir été déchiqueté en morceaux plus petits, le caoutchouc des pneus usés peut souvent être réutilisé dans des applications techniques comme caoutchouc pour pneus moulus (GTR) [9,10].



Figure II 10: Différent type de plastique.

II.2.2. Historique:

L'histoire du caoutchouc débute bien avant la fin du XVe siècle lorsqu'à la suite des Grandes découvertes, les Européens commencent à observer, en Amérique centrale et en Amérique du Sud, Utilisation vieille de plusieurs siècles de matériaux jusqu'alors inconnus en Europe

L'idée d'utiliser des miettes de caoutchouc dans les liants asphaltiques a été mise en œuvre pour la première fois dans les années 1950. Depuis lors, des recherches approfondies ont été menées dans ce domaine et c'est désormais une pratique courante dans l'industrie de l'asphalte. ont étudié la faisabilité de l'utilisation de pneus usagés. Les chercheurs ont découvert la possibilité de réutiliser des miettes de caoutchouc dans des matériaux à base de ciment [11]

Les résultats globaux ont indiqué que les mélanges de béton caoutchoutés possédaient une densité plus faible, une dureté et une ductilité accrue, une résistance aux chocs plus élevée et une meilleure isolation phonique. Des études sur l'effet du type de granulats de caoutchouc sur le béton de caoutchouc ont montré l'importance du type de particules de caoutchouc en ce qui concerne les propriétés de transmission hydraulique du composite [12]

Les particules de caoutchouc présentes dans la matrice cimentaire ont tendance à limiter l'absorption d'eau du composé. Ce projet de recherche vise à développer des matériaux

de construction composites légers à faible conductivité thermique en utilisant des pneus usagés pour aider à résoudre simultanément les problèmes énergétiques et environnementaux en réduisant le transfert de chaleur dans le bâtiment et en recyclant les pneus en caoutchouc usagés.

II.2.3. Qu'est –ce que le latex ?

Le latex est un matériau élastique produit en transformant la sève végétale produite par l'hévéa. Il peut également être fabriqué à partir de matériaux à base de pétrole.

II.2.4. Qu'est –ce que le caoutchouc ?

Le caoutchouc est une substance qui peut être obtenue à partir du latex sécrété par certains arbres (comme l'hévéa) ou extraite industriellement de matières premières. Il est considéré comme un membre de la famille des caoutchoucs synthétiques.



Figure II 11: le latex



Figure II 12: le caoutchouc

II.2.5. Principaux types de Caoutchouc qui nous entoure:

II.2.5.1. Caoutchouc naturel et synthétique:

Le caoutchouc naturel a été découvert pour la première fois en Amérique du Sud à la fin du XV^e siècle. Plus tard, le caoutchouc fut raffiné

II.2.5.2. Caoutchouc naturel:

Le caoutchouc naturel est principalement constitué d'une matière naturelle d'origine végétale, issue de la transformation du latex extrait de plantes comme l'hévéa, et est utilisé dans une large gamme de produits.

II.2.5.3. Caoutchouc synthétique:

Le caoutchouc synthétique est utilisé à des fins générales ou spéciales. Le premier caoutchouc synthétique était à base de pétrole et a été inventé à une époque où le caoutchouc naturel était plus cher et plus difficile à trouver.

II.2.6. Utilisations du caoutchouc:

Le caoutchouc est présent dans de nombreux domaines de notre quotidien. C'est une matière incontournable, dont il est difficile de se passer.

II.2.6.1. Le caoutchouc dans l'industrie textile:

En raison de ses propriétés imperméables, on retrouve cette matière utilisée dans la fabrication de nombreux vêtements, qui doivent résister aux intempéries. C'est le cas des vestes et des imperméables. Il est également utilisé dans les combinaisons de plongée ou les combinaisons de surf du commerce (en caoutchouc synthétique).

II.2.6.2. Le caoutchouc dans l'industrie du pneumatique automobile:

La première utilisation industrielle du caoutchouc a eu lieu dans l'industrie du pneu, où 75 % de la production mondiale de pneus est consacrée aux pneus, et c'est encore important aujourd'hui.

II.2.6.3. D'autres utilisations du caoutchouc:

Ce matériau lui permet également d'être utilisé dans de nombreux produits nécessitant flexibilité et imperméabilité. Nous la retrouvons ainsi dans le domaine :

- médical (gants jetables, tétines de biberons, embouts de seringues, bouillottes...);
- du BTP (joints, tuyaux, revêtements de piscine et de sols, bouchons, peintures, maillets...);
- des loisirs (gazon artificiel, ballons, bouées ou encore jouets, comme l'iconique Sophie la girafe...);
- de la maison (matelas, textiles, rondelles et bouchons pour bocaux alimentaires, tuyaux d'arrosage...);
- de la papeterie (adhésif, gommes, élastiques...);

II.2.7. Quels sont les avantages du caoutchouc ?

- Un matériau bon marché
- Le caoutchouc est peu cher à produire de manière industrielle, surtout dans sa version synthétique, ce qui explique sa popularité.
- Le prix du caoutchouc synthétique dépend du prix du pétrole. Cela devient moins cher en période de hausse.

- Le caoutchouc synthétique est durable et flexible
- Ses propriétés naturelles lui permettent de résister aux chocs, à la traction et à l'abrasion.

- Il est difficile à déformer, car particulièrement souple. Il est également antidérapant, donc

Il est utilisé dans l'industrie du pneumatique.

- Le caoutchouc est imperméable et a une faible conductivité thermique car il est traité pour répondre à d'autres utilisations.- C'est donc un matériau particulièrement polyvalent, assez durable, pour lequel il n'existe pas de vraie alternative à l'heure actuelle.

II.2.8. Quels sont les inconvénients et limites du caoutchouc ?

- Le caoutchouc synthétique représente plus de la moitié de la production mondiale de caoutchouc.

- Le mode de fabrication du caoutchouc est considéré comme plus polluant que sa version naturelle.

- Cela nécessite l'extraction de matières non renouvelables et polluantes

L'utilisation de ces différents matériaux lors de la fabrication présente des risques pour la santé humaine

- Sa production est naturelle, mais elle a aussi des effets négatifs

La culture du caoutchouc occupe de vastes superficies (des millions d'hectares) dans le monde

- Enfin, le latex peut engendrer des réactions allergiques chez certaines personnes (entre 1 et 6,4% de la population).

II.3. Définition de recyclage:

Il est défini comme un procédé de valorisation matière par lequel les déchets sont retraités en matériaux ou produits destinés à des usages ayant des fonctions premières

Ou à des usages ayant d'autres fonctions. Cela inclut le processus de retraitement des matières organiques



Figure II 13: Le cycle de vie d'un pneumatique

II.3.1. Impacts du recyclage sur l'environnement:

II.3.1.1. Économies de ressources naturelles:

Le processus de recyclage présente de nombreux avantages (sociaux, économiques et environnementaux), notamment : réduire la pression sur les ressources naturelles et les paysages, réduire les déchets.



Figure II 14: Station de tri sélectif.

II.3.1.2. Écobilan:

De nombreux critères doivent être pris en compte pour juger de l'importance du recyclage, en passant par le bilan environnemental. C'est pourquoi les matériaux ou Produits non conçus pour l'environnement ne sont pas acceptés en collecte sélective : il n'y a pas assez de matière à valoriser pour rentabiliser le recyclage, et il faudrait beaucoup d'eau ou de vapeur pour s'en débarrasser. Restes de nourriture ou de graisse

II.4.Définition des déchets:

Les déchets sont définis comme les restes de matériaux ou de produits résultant du processus de transformation, de production ou d'utilisation en général. Il s'agit de matériaux ou de produits qui ont été éliminés et dont la partie valorisable peut être traitée ou leur caractère polluant ou dangereux peut être réduit dans les conditions techniques et économiques actuelles. [13].

On peut classer les déchets selon quatre grandes catégories représentant l'essentiel de la production et rendant compte de leur diversité [14].

II.5.La Valorisation des déchets:

La valorisation est définie comme « l'élimination des déchets comprenant les opérations de collecte, de transport, de stockage, de tri et de traitement nécessaires à la valorisation des matières pouvant être réutilisées comme d'autres produits ». " [13].

II.5.1.Méthodes de la valorisation:

II.5.1.1.Valorisation matière:

Aussi appelé recyclage mécanique, c'est un procédé qui permet de produire de nouveaux matériaux à partir de déchets.. Dans ce cas, il n'y a pas de destruction majeure de la structure chimique du polymère [13].

II.5.1.2. Valorisation énergétique:

On l'appelle aussi procédé de recyclage énergétique, et il vise principalement à produire de l'énergie comme de l'énergie thermique. [12].

Plusieurs technologies sont nécessaires pour atteindre l'objectif de recyclage énergétique, les plus courantes étant l'incinération, la pyrolyse ou la pyrolyse. Cette énergie calorifique peut être utilisée sur place ou transformée par la suite en énergie électrique, en fonction des besoins du moment ou du lieu de traitement [13].

II.5.1.3.Valorisation chimique:

Il s'agit de tout processus chimique permettant la transformation d'un déchet en des produits chimiques utilisables comme intermédiaires réactionnels dans l'industrie chimique ou l'industrie de la transformation des matières plastiques [13]

II.5.2. Impacts du recyclage sur l'environnement:

Parmi les avantages environnementaux et économiques du recyclage:

Les avantages environnementaux et économiques du recyclage comprennent :

Aide à réduire les déchets, crée des emplois,

Protéger la nature et économiser les matières premières.

L'acier recyclé permet d'économiser du minerai de fer ;

L'aluminium est recyclable à 100% ; 1 kg d'alu donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu).

Chaque tonne de carton recyclé fait économiser 2,5 tonnes de bois ;

Chaque feuille de papier recyclé fait économiser 1 L d'eau et 2,5W d'électricité en plus de 15 g de bois [15].

II.6. Déchets en Algérie:

II.6.1. Valorisation des déchets et sous-produits dans le domaine des travaux publics:

II.6.1.1. Pneus usagés et déchets plastiques:

En Algérie, le secteur d'activité s'emploie à valoriser ses activités dans le domaine de la valorisation des déchets, et parmi ces déchets figurent les pneumatiques utilisés dans le domaine du génie civil. Force est de constater que cette tendance est de développer et de soutenir l'utilisation de ces déchets dans divers travaux de génie civil, ce qui contribuera également à préserver l'environnement. et d'autre part, Réduire les coûts résultant de l'utilisation de matériaux de plus en plus rares, notamment dans certaines régions du pays. En effet, les pneus usagés sont une source de matières premières secondaires, et leur récupération et leur valorisation sont une nécessité économique pour notre pays. La valorisation de ces déchets industriels est le premier projet mis en œuvre en support d'un pont dans un projet pilote lié à l'utilisation de pneus.

Les travaux déjà finalisés ont permis de mettre en œuvre 3500 pneus mis à disposition par Michelin Algérie [16].

II.7. Béton de déchets de caoutchouc:

II.7.1.définition

Le béton de déchets de caoutchouc est obtenu en combinant des éléments de masse en béton avec des composants de déchets de caoutchouc de différentes formes.

II.8.influence de plastique transformée du hourdi:

II.8.1. Résistance à la compression:

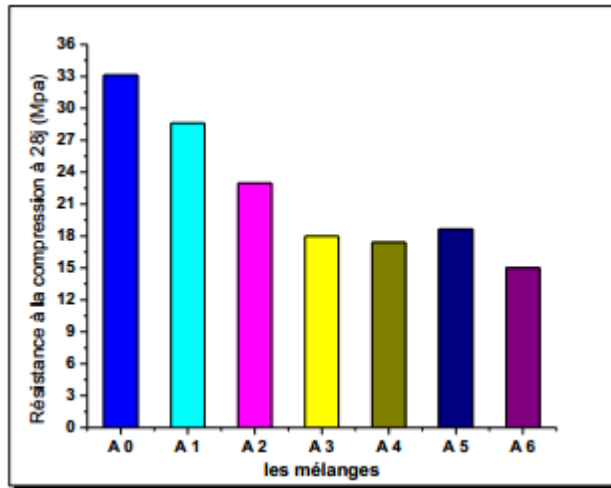


Figure II 15: Résistance à la compression de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours. [17].

La figure IV.15 montre que l'ajout de différentes proportions de mélange de déchets plastiques réduit la résistance à la compression de 15 MPa à 33 MPa.

Ceci est conforme à notre objectif de recherche consistant à utiliser des panneaux de béton pour réduire le poids. Propriétés acoustiques et thermiques globales et améliorées

II.8.2. Résistance à la flexion:

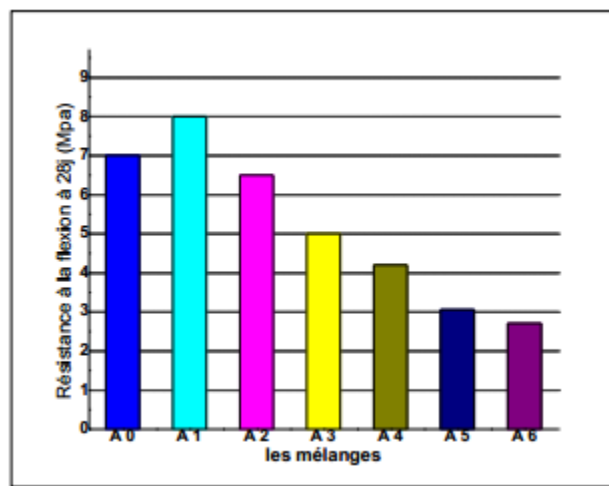


Figure II16: Résistance à la flexion de béton A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28 jours. [17].

D'après la figure IV.16, nous remarquons que la différence de résistance à la flexion des mélanges A0 à A6 diminue avec l'augmentation du pourcentage de plastique.

Réduire la résistance à la flexion de 2.8 MPa à 7 MPa lors de l'ajout de différentes doses de plastique

II.8.3. La porosité:

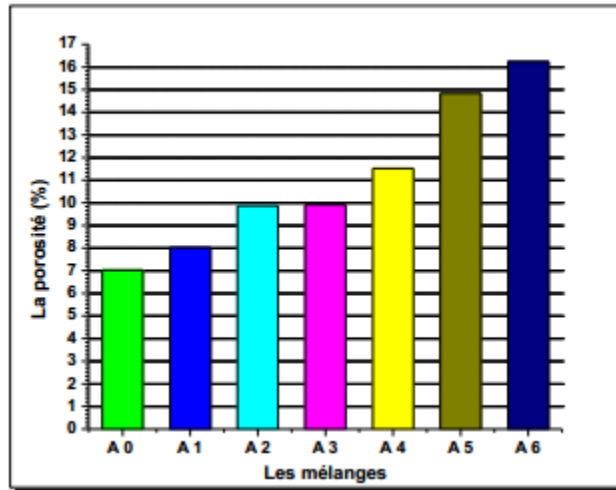


Figure II 17:La porosité des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours. [17].

Dans le quatrième numéro. 17- Les déchets plastiques sont similaires au processus de séparation des matériaux inertes entre leurs particules, et pour cette raison la porosité de la matrice augmente, mais ces valeurs restent adaptées à une utilisation comme matériaux de construction (HORDS).

II.8.4. La vitesse ultrasonique:

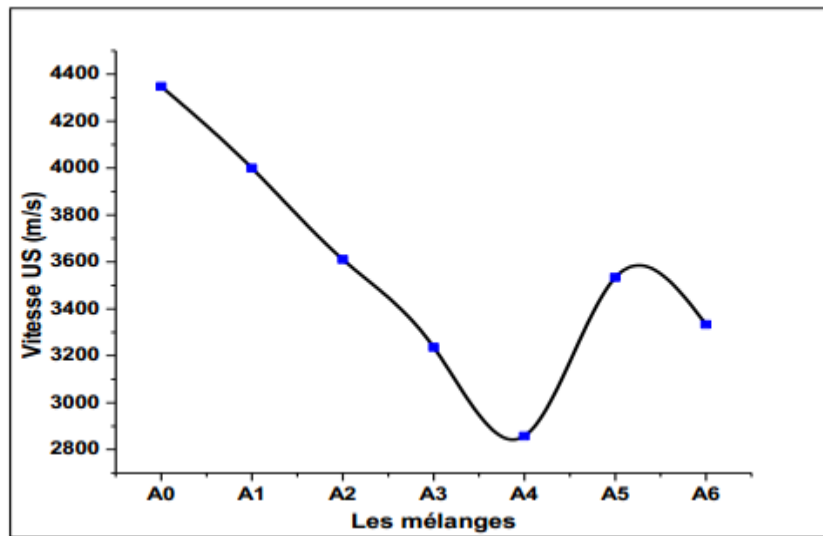


Figure II 18La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, A5 et A6 à 28jours. [17].

A partir de cette figure, nous remarquons une diminution des vitesses moyennes du mélange A0 à A4, après quoi la vitesse augmente du mélange A4 à A5.

Ces résultats confirment les résultats des tests thermiques selon lesquels l'ajout de déchets plastiques au mélange A4 a entraîné une diminution de la conductivité thermique.

II.9.Conclusions :

L'utilisation d'hourdis très importants dans le domaine de la construction a grâce leur besoins dans différent installation et établissement collectif et industrielle.

Les déchets constituent un réel problème dans la vie biologique et dans toutes les activités liées à la biologie industrielle, agricole,.....etc. La recherche de solutions est donc une réelle nécessité pour les sociétés. Pour réduire cette déchets no savant propose un nouveau matériau de hourdis par intégrée les déchets de caoutchouc.

Chapitre III

Formulation et méthodes expérimentale

Chapitre III Formulation et méthodes expérimentales

III.1. Introduction:

L'objectif de ce chapitre pratique Qui a été mis en œuvre dans le laboratoire pédagogique du Département de Génie Civil.

C'est la formulation de plusieurs variantes (différents mélanges) de béton où l'on a En remplaçant le sable et les granulats par un seul type de déchet, le caoutchouc, introduit sous forme de mélange dans différentes proportions (15%, 20%, 25%, 30% et 35% de caoutchouc), et en analysant le comportement des panneaux dans l'environnement durci.

Grâce à des tests de compression, de flexion, d'absorption d'eau et de porosité. Les tests sont réalisés selon les normes européennes, les normes françaises,

III.2. Constituants de béton hourdis :

III.2.1. Le ciment:

Le ciment est un produit moulu du refroidissement du clinker qui contient un mélange de silicates et d'aluminates de calcium porté à 1450-1550°C température de fusion .

Le ciment est un liant hydraulique c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui gâchée avec l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et processus d'hydratations et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même dans l'eau.

III.2.1.1. Caractéristiques principales du ciment :

Tableau III 1. Composition chimique et physique de ciment

Désignation	CEM-II/B 42.5 N NA 442 MATINE	
Physical properties	Normal consistency of the cement paste	25-28.5
	Blaine fineness	4160-5270 $\mu\text{m}/\text{m}$
	Initial setting	135-190 min
	End setting	190-285 min
		< 1000 $\mu\text{m}/\text{m}$

	Shrink at 28 days Expansion Compressive strength at 28 days	0.25-2.55 mm ≥ 42.5 MPa
Chemical composition	Loss on ignition Soluble residues Sulfates Magnesium oxide Chlorides Tricalcic silicates Alkalis	7 -12.5% 0.7-2% 2-2.7% 1-2.2% 0.01-0.05% 55-62% 0.5-0.75%

III.2.1.2. Rôle du ciment dans le béton:

Dans le béton, le ciment joue le rôle de colle qui permet de lier les granulats (sable, gravier), et c'est l'élément constitutif qui gâcher avec l'eau par suite des réactions chimiques pour donner des nouveau matériaux qui s'appelle les hydrate responsable sur le durcissement et la résistance de béton (Hache mi et al, 2016).

III.2.2. Le sable:

On appelle sable, les matériaux de petites dimension (0-3mm) issues de désagrégation des roches le sable est l'élément qui assure au béton au mortier, selon ses qualités, une influence prépondérante, il participe à la résistance, il donne la cohésion du mélange. Il provient des roches, ils sont chimiquement inertes.



Figure III 1:Le sable

III.2.2.1. Rôle de sable:

Le sable joue un rôle important dans la formation de la structure de béton avec le ciment et l'eau, il remplit tous les vides entre les grains du gravier dans le béton.

III.2.3. Les granulats:

On appelle granulats des matériaux pierreux de petites dimensions, produits par l'érosion ou le broyage mécanique (concassage) des roches. Ce sont des matériaux inertes entrant dans la composition des bétons et mortiers. Ils constituent le squelette du béton et ils représentent, environs 80% du poids total du béton. Ils sont constitués de sables (Gros et fin) et de gravier.

Cependant les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité pour qu'ils soient utilisés dans le béton.

III.2.3.1. L'intérêt des granulats dans le béton :

- **Le 1^{er} économique :** Diminution de la quantité de liant (ciment et addition).
- **Le 2^{ème} technique :** Limitent les variations dimensionnelles dans le béton (les granulats sont plus rigides que la pâte de ciment).

III.2.3.2 : Classification des granulats :

1/ Selon la provenance :

A/ Granulats naturels :

Granulats roulés et granulats carrières

Les granulats alluvionnaires dits roulés :

Dont la forme a été acquise par l'érosion, Ces granulats sont lavés pour éliminer les particules argileuses, nuisibles à la résistance du béton et criblé ton et criblés pour obtenir différentes classes de dimension. Bien qu'on puisse trouver différentes roches selon la région d'origine, les granulats utilisés pour le béton sont le plus souvent siliceux, calcaires ou silice- calcaires.

Les granulats de carrières :

Sont obtenus par abattage et concassage, ce qui leur donnent des formes angulaires une phase de pré criblage est indispensable à l'obtention de granulats propres, différentes phases de concassage aboutissent à l'obtention des classes granulaires souhaitées. Les granulats concassés présentent des caractéristiques qui dépendent d'un grand nombre de paramètres origine de la roche, régularité du blanc, degré de concassage. Sélection de ce type de granulats devra donc être faite avec soin et après accord sur un échantillon.

III.2.4.1.Rôle l'eau de gâchage:

Elle est nécessaire pour l'hydratation du liant, le mouillage des granulats et la facilité de mise en œuvre du béton. Donne au béton une consistance suffisamment fluide pour qu'il puisse être utilisé.

III.2.5.Déchés de caoutchouc:

Les matériaux en caoutchouc ne sont pas naturellement biodégradables ou ne se décomposent que légèrement, il n'est donc pas souhaitable de les enfouir dans une décharge, pour éviter la pollution qu'ils peuvent provoquer, ils doivent entrer dans la chaîne de valorisation en donnant une seconde vie aux matières premières, puis en génie civil, il est utilisé comme Additif dans la composition de panneaux dans le but d'améliorer les propriétés mécaniques et physiques, etc.

III.2.5.1.Rôle déches de caoutchouc:

Amélioration du comportement du béton au jeune âge et diminution le pourcentage du vide dans le squelette granulaire.

III.3.Formulation de béton hourdis:

Matériaux utilisés

- Gravier 3/8.
- Sable 0/3.
- Ciment (classe 42.5 et 32.5).
- Eau de gâchage
- Caoutchouc recyclé (CT).

NOTE

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

- 1 Litre d'eau = 1kg.



Figure III 2:Matériaux utilisé.

Tableau III 2 : la mass volumique de (sable, gravier, caoutchouc)

Matériaux	la mass volumique ρ_{app} (g /l)	la mass volumique ρ_{abs} (g /l)
Gravier 3/8	1360	2500
Sable 0/3	1620	2600
caoutchouc	392 .6	960

III.3.1.Les dosages qui utilisé dans la confection de 1m³ béton hourdis:

Pour le cas de formulation de l'hourdis et après les essais qui manipuler sur le site (chantier), on a pris les quantités mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau III 3:Formulation des hourdis en béton pour 1m³ sur chantier

Matériaux	Dosages (kg /m ³)
Gravier 3/8	1100
Sable 0/3	714
Ciment mâtime	350
Eau	150
Caoutchouc	15% 20% 25% 30%.....35%

III.3.1.1. Préparation des fibres de caoutchouc:

Après avoir récupéré des déchets de caoutchouc dans une usine de Haiya, cette forme est uniquement du caoutchouc broyé et l'autre est transformée, nous tamisons tout ce qui concerne le caoutchouc à l'aide d'un tamis granulométrique sur une série de tamis (2 mm à 0,08 mm).

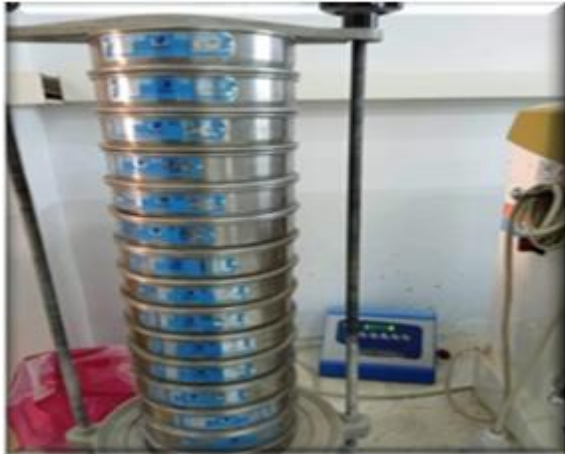


Figure III 3: Les déchets du caoutchouc après le Tamisage

III.3.1.2. Présenté la courbe d'analyses granulométriques de sable, gravier (3/8) et caoutchouc:

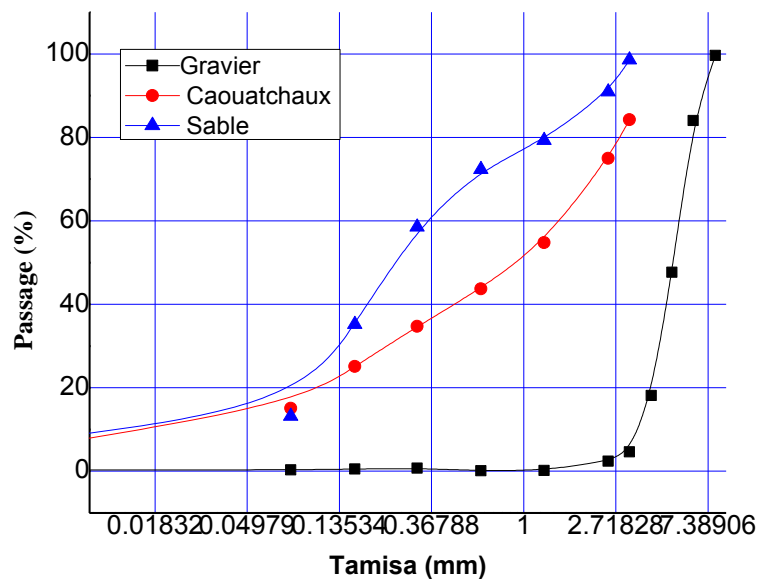


Figure III 4: analyses granulométriques de sable, gravier (3/8) et caoutchouc

III.3.2. Matériels utilisés:

- Moule d'hourdis.
- Des éprouvettes (10*10*10), (7*7*28) cm³.
- Malaxeur de béton.
- Cône d'Abrams, règle gradué en centimètre, barre de piquage.
- Balance. Table vibrante.

III.3.3. Mode opératoire:

- On prépare des quantités des matières suivant : gravier 3/8, sable 0/3, ciment, caoutchouc et l'eau.
- On met 3/8 du gravier dans le malaxeur, en plus de 0/3 du sable et du ciment, et on commence à mettre le malaxeur en service après un certain temps (2 minutes), puis on verse l'eau lentement, puis on continue à mélanger jusqu'à (4 minutes). Le temps total de mélange sans le caoutchouc est de 6 minutes.
- Pour le béton avec caoutchouc, des fibres de caoutchouc sont ajoutées et le mélange se poursuit jusqu'à ce que le mélange soit homogène.
- Prenez le gabarit de dalle
- Ensuite, nous remplissons les moules et plaçons les moules de dalles en béton sur la table vibrante pour faire vibrer les échantillons (60 secondes) puis les recouvrons d'un sac plastique pour préserver les facteurs de conservation.
- Après 24 heures, les moules à béton ont été conservés dans deux environnements, le premier par immersion totale dans l'eau et l'autre dans une armoire de stockage. • Pour la dalle de béton, nous avons suivi les mêmes étapes.



Figure III 5: Le béton Hourdis après 24h

III.3.4.les essais sur le béton d'hourdis à l'état frais:

III.3.4.1.le malaxage (NAEN 12390-2):

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

- Introduire le gravier 3/8 sable 0/3 ciment caoutchouc.
- Malaxer pendant 2 min.
- Introduire la quantité d'eau.
- Malaxer pendant 4 min et ajouter l'eau par petite quantité.



Figure III 6: Malaxer.



Figure III 7: Malaxer des agrégats

III.3.4.2.Vibration:

La vibration est la méthode de compactage d'un béton frais par vibration dépend de la fréquence et de l'amplitude des oscillations 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 60s.
- Les moules sont maintenues à l'air libre au laboratoire pendant 24h.
- Après 24 h on pose les moules en milieu humide et d'autre immergé dans l'eau et déterminer la masse volumique de hourdis en béton.
- Remplir de moule de hourdis.

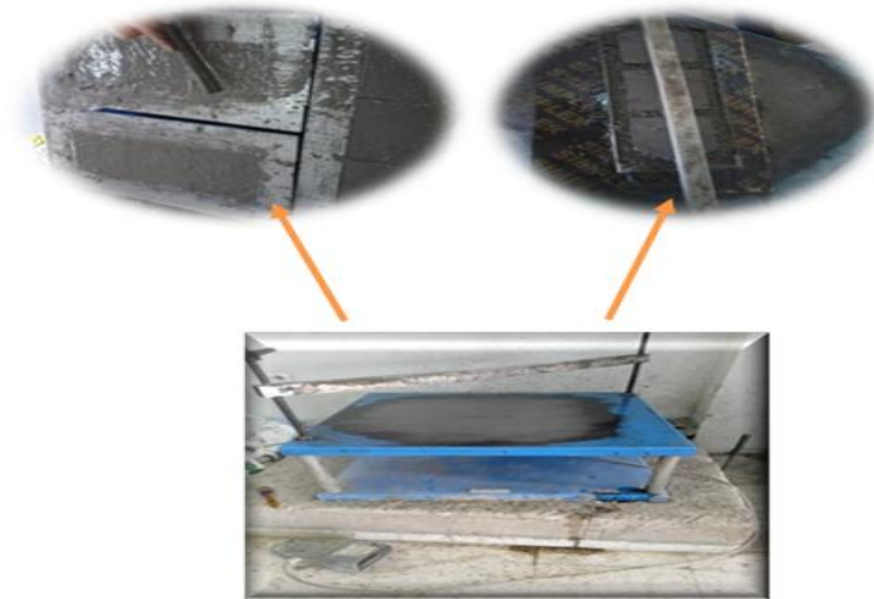


Figure III 8:vibration de moule l'hourdi et béton hourdis par table vibration



Figure III 9:Bac de conservation



Figure III 10:Armoire de Conservation

b) Pour le béton hourdis :

- On fait la vibration sur la table vibrante pendant 60 s.
- Peser 3 moules avants et après leur remplissage.
- Les éprouvettes sont couvre par un sachet du plastique an laboratoire pendant 24h.

III.3.5. Les essais sur le béton d'hourdis à l'état durci:

III.3.5.1. Caractéristique du béton l'hourdis à l'état durci:

La résistance à la compression projette généralement une image globale de la qualité d'un béton puis qu'elle est directement reliée à la structure de la pâte de ciment hydraté.

De plus la résistance du béton avec les indicateurs de durabilité sont les éléments clés pour une dura durabilité de la structure en béton des structures en béton.

III.3.5.2. Mode de conservation de béton l'hourdis (NAEN-12390) :

Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé deux modes de conservation du béton.

Les éprouvettes et l'hourdis en béton en tété à une température ambiante 20°C conformément à la norme NAEN-123902 et notre béton est conservée à l'état humide on a posé les éprouvettes

Préparée dans des sachets puis on a conservé ces dernières dans un milieu qui garde toujours l'humidité et chaque trois jour on fait mouiller ces éprouvettes par l'ajout d'une quantité d'eau en plus.

III.6. Les principaux essais:

III.6.1. Résistance à la compression En 12390-3:

La caractérisation du comportement en compression est effectuée conformément à la norme (NFP18-406) sur des éprouvettes cubiques de dimension **(10x10x10cm)** respectivement muries à l'eau. Les résultats de la résistance à la compression F_{cj} obtenus à 03 .14 et 28 jours représentent la Moyenne de trois échantillons. La machine utilisée pour l'écrasement uni axial des cylindres et des cubes est une presse hydraulique dont la capacité maximale est de 1500 KN en compression.

L'expression des résultats sera donnée par la relation $f_{cj} = F/S$ (en MPa) ou F est la charge maximale et S la surface de compression de l'éprouvette.

□ Matériels utilisé:

En ce qui concerne le matériel on aura comme suit :

- Des éprouvettes cubiques de dimensions **(10*10*10 cm³)** et l'hourdis.
- Balance électronique.
- Presse hydraulique (essai d'encrassements des éprouvettes – compression).

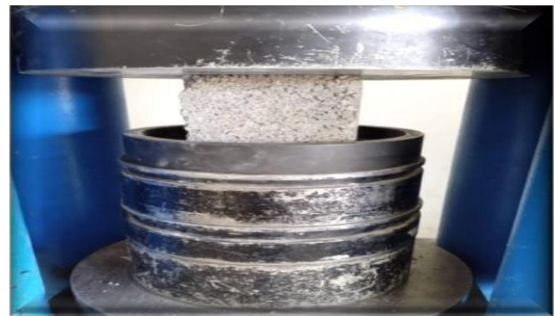


Figure III 11:Ecrasement des hourdis.

Figure III 12:Ecrasement béton hourdis.

III.6.2.Résistance à la flexion (EN-12390-4) :

Une pièce soumise à la flexion l'orsque l'ensemble des forces extérieures appliquées à cette pièce se réduisent aux éléments de réduction suivant :

- Un moment fléchissant.

❖ Principe de l'essai:

Cette essai consiste à rompre une éprouvette prismatique de cote 4cm et de longueur 16cm. (la presse s'arrête).

❖ Objectif de l'essai:

L'essai exécute sur l'éprouvette a pour but d'obtenir la résistance de flexion du béton.

❖ Matériels utilisés:

- Eprouvettes prismatiques ($7*7*28\text{ cm}^3$) et moule real du hourdis.
- balance électronique.
- bac (pour eau).
- malaxeur (pour matériaux utilisé).
- table vibrante.
- presse hydraulique (essai d'écrasement des éprouvettes – flexion).
- Tamis.
- Sachets pour humidification.
- Une machine d'essai qui est une presse de force.

□ Conduite de l'essai:

Placer l'éprouvette dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les Rouleaux d'appuis comme l'indique la figure ci - dessus



Figure III 13:machin décrassent d hourdi

III.6.3.Degré d'absorption d'eau EN 1097-6:

Le coefficient a mesure la capacité d'absorption d'eau d'un granula. Plus il est élevé, plus de 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 :

- Eprouvettes cubiques 10×10×10 cm².
- Balance électronique.
- Presse de l'écrasement.
- Bac (pour eau).
- Malaxeur (pour matériaux utilisés).
- Etuve électrique (à température utilisés).
- Etuve électrique (à température réglable).
- Table vibrante.
- Tamis.
- Sachets pour humidification.

III.6.4. La porosité EN-1097-6:

La porosité d'un matériau est le rapport du volume des vides au volume total, elle représente donc le degré de remplissage de son volume occupé par les vides.

Cette propriété ou notion de porosité est importante car elle influe sur certain caractéristique fondamentale tel que : Résistance mécanique élevée, donc P faible.

La porosité est donnée par la relation suivante :

$$P (\%) = [1 - (\gamma/\rho)].100\%$$

a) à l'état lâche : $P_L = [1 - (\gamma_L/\rho_s)].100\%$

b) à l'état compact : $P_c = [1 - \gamma_c/\rho_c].100\%$

III.6.5. La compacité EN 1097-6 :

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau : $C = 1 - P$

a) à l'état lâche : $P_L = 1 - C_L$

b) à l'état compact : $P_c = 1 - C_c$

III.6.6. L'indice des vides EN 1097-6 :

C'est le rapport de volume de vide sur le volume de solide : $e(\%) = V_v / V_s$.

Aussi : $e(\%) = (1 - C) / C$

a) L'état compact : $E_c = P_c / (1 - P_c)$.

b) L'état lâche : $E_L = P_L / (1 - P_L)$.

III.6.7. Essai d'auscultation dynamique (ultrason) :

□ Principe

Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde, d'où le nom de la méthode (essai de vitesse de propagation d'ondes sonores) à parcourir une distance connue.

□ Expression de la vitesse:

La vitesse de propagation du son à travers le béton est déterminée par la formule suivante :

$$V = L / T$$

Avec :

- **V** : est la vitesse de propagation du son, en km/s.
- **L** : est la longueur de parcours, en mm.
- **T** : est le temps que met l'impulsion pour parcourir la longueur.



Figure III 14:Essai ultrasonique

III.7.Conclusion:

Après l'analyse et l'interprétation des résultats des essais de compression, flexion, absorption d'eau, et l'essai séchage/immersion. On peut conclure que les blocs de béton hourdis avec caoutchouc peuvent être adaptés comme matériaux de construction.

Chapitre IV

Résultats et interprétations

IV.1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous avons analysé tous les résultats que nous avons obtenus à partir des différents tests. Les tests ont été réalisés sur des éprouvettes standardisées de dimensions suivantes (10x10x10) cm et (7x7x28) cm.

De plus, un test a été réalisé sur un échantillon grandeur nature de la dalle en béton.

IV.2.Résultats et interprétations

IV.2.1.Résistance à la compression (28jours).

➤ On pose :

Tableaux IV 1: Abréviations de mélanges

Abréviations	Mélanges
A0	Témoin
A1	15% de (Caoutchouc)
A2	20% de (Caoutchouc)
A3	25% de (Caoutchouc)
A4	30% de (Caoutchouc)
A5	35% de (Caoutchouc)

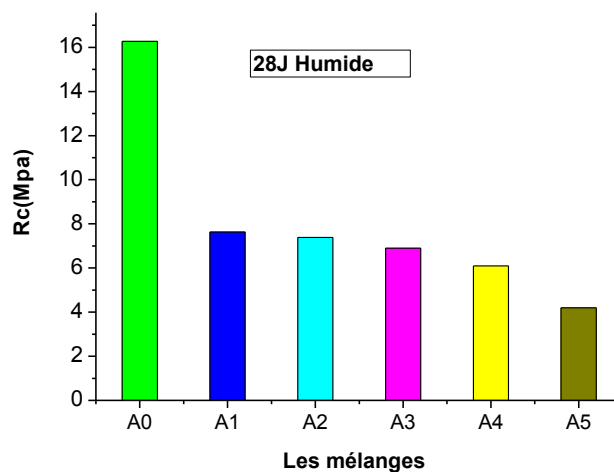


Figure IV 1:Résistance à la compression à l'Etat humide (28jours).

➤ **Commentaire**

À partir de la Figure IV.1, nous pouvons observer que l'ajout de **15% à 35%** de déchets de caoutchouc au mélange diminue la résistance à la compression à l'Etat humide de **53,13% à 74%**, 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 caoutchouc pour protéger notre environnement

À partir de ces résultats, nous pouvons conclure que nous pouvons utiliser des déchets de caoutchouc pour de nouveaux matériaux jusqu'à **30 %**, ce qui donne les meilleurs résultats pour la plupart des tests.

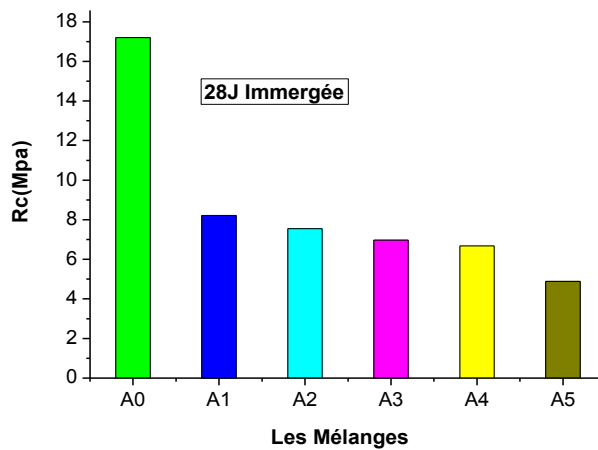


Figure IV 2:Résistance à la compression à l'Etat Immersée (28jours).

➤ **Commentaire**

À partir de la Figure IV.2, nous pouvons observer que l'ajout de **15% à 35%** de déchets de caoutchouc au mélange diminue la résistance à la compression à l'Etat Immersée de **52,23% à 71,51%**, 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 caoutchouc pour protéger notre environnement.

L'utilisation de déchets de caoutchouc sur des blocs de béton rend la nouvelle production comme des matériaux élastiques, ces caractéristiques aident les travailleurs lors de la réalisation et réduisent les fractures pendant le transport ou la réalisation.

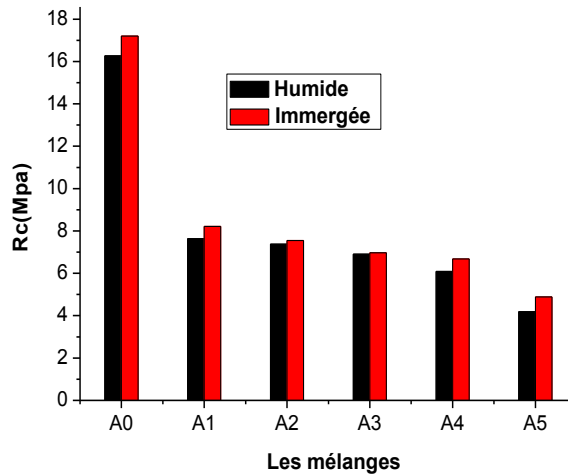


Figure IV 3:Résistance à la compression à l'Etat humide / Immergée (28jours).

➤ **Commentaire**

En remarque sur la Figure IV.3 une diminution de la résistance à la compression à mesure que le pourcentage de caoutchouc dans le mélange augmente. C'est le cas du maintien des moules dans l'eau (l'Etat immergée) ou dans chambre humide à l'État humide), car le maintien dans l'eau donne un meilleur résultat que le maintien dans le chambre humide.

La plupart des échantillons, dans des conditions humides et immergées, conservent les mêmes valeurs de résistance à la compression. Ces résultats ont donné le signe de bonnes caractéristiques dans différentes conditions.

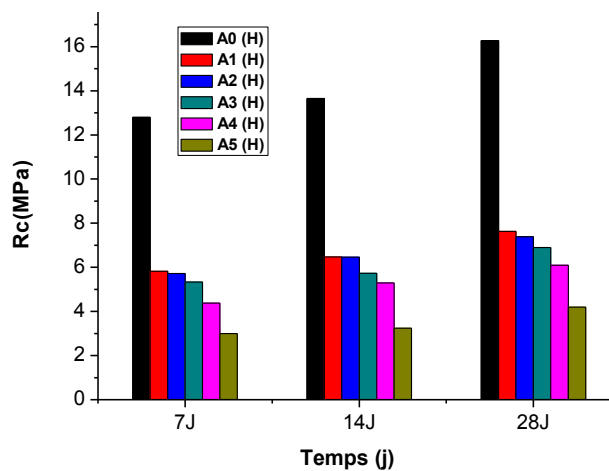


Figure IV 4:Résistance à la compression à l'Etat humide en fonction de temps

➤ **Commentaire**

Figure IV.4 représente le changement de la résistance à la compression dans les mélanges à l'état humide en fonction du temps (7, 14, 28 jours), où l'on remarque que la

résistance à la compression augmente avec tous les mélanges à mesure que le temps change.

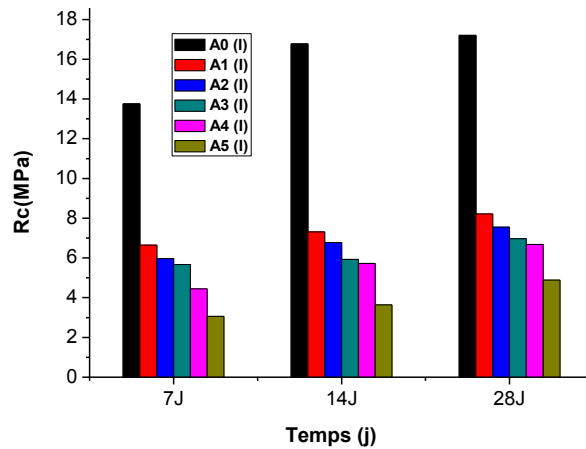


Figure IV 5:Résistance à la compression à l'Etat Immergée en fonction de temps

➤ **Commentaire**

Figure IV.5 représente l'évolution de la résistance à la compression dans les mélanges à l'état immergée en fonction du temps (jours 7, 14, 28), Nous remarquons que les résultats de la résistance à la compression au jour 28 sont plus élevés par rapport au jour 14 qu'au jour 7, et ce pour tous les mélanges, ce qui signifie que la résistance à la pression augmente avec le temps.

IV.2.2. Résistance à la flexion

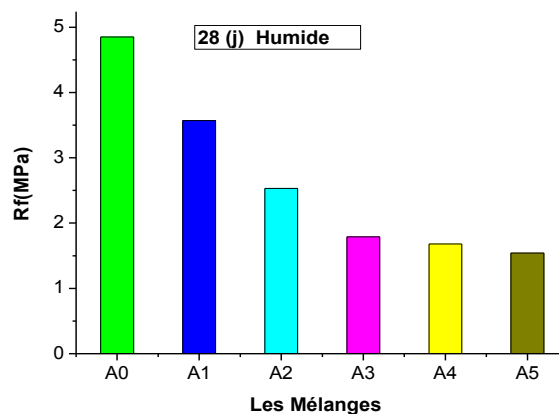


Figure IV 6:Résistance à la flexion à l'Etat humide (28jours).

➤ **Commentaire**

D'après la Figure IV.6 nous observons la variation des résistances à la flexion à l'Etat humide (28jours). des mélange A0 à A5 diminuent avec l'augmentation de pourcentage de caoutchouc d'une valeur de (A5= 68,24%), Réduisez la résistance à la flexion de

3,57 MPa à 1,54 MPa lorsque vous ajoutez le dosage de caoutchouc de 15 à 35 %. On connaît le bloc de béton utilisé comme coffrage perdu, pour cela il n'est pas nécessaire d'avoir une résistance élevée pour ce matériau.

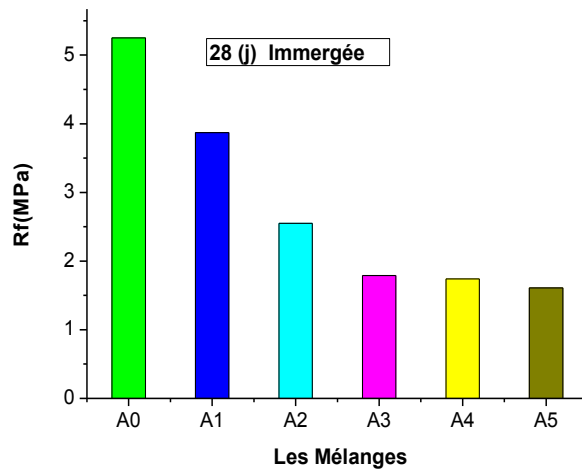


Figure IV 7: Résistance à la flexion à l'Etat Immergée (28j)

➤ **Commentaire**

D'après la Figure IV.7 nous observons la variation des résistances à la flexion à l'Etat Immergée (28j). des mélange **A0** à **A5** diminuent avec l'augmentation de pourcentage de caoutchouc d'une valeur de (**A5= 69,30%**), Réduisez la résistance à la flexion de **3,87 MPa** à **1,61 MPa** lorsque vous ajoutez le dosage de caoutchouc de 15 à 35 %.

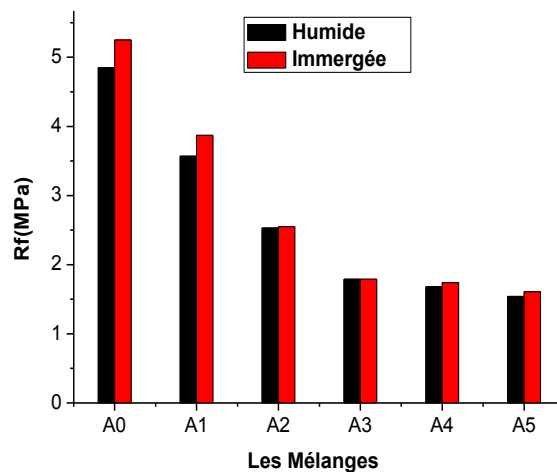


Figure IV 8: Résistance à la flexion à l'Etat Humide / Immergée (28j).

➤ **Commentaire**

Figure IV.8 Graphique montrant l'évolution de la résistance à la flexion des mélanges à l'état humide par rapport à l'état immergé à 28 jours.

Une diminution du taux de résistance à la flexion a été observée avec une augmentation du pourcentage de caoutchouc dans les mélanges dans les deux cas. Cependant, l'état de stockage immergé donne toujours un meilleur résultat que l'état humide (état d'humidité).

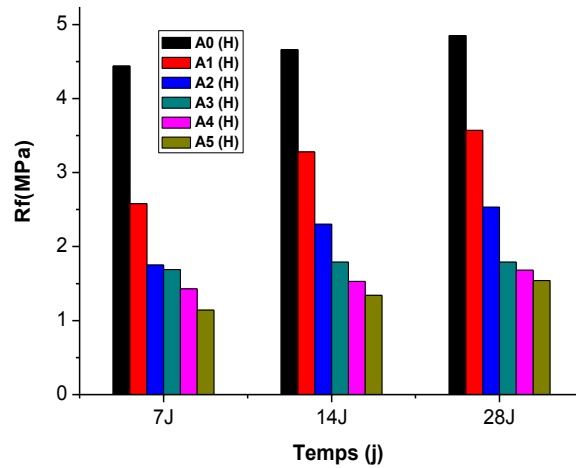


Figure IV 9: Résistance à la flexion à l'Etat Humide en fonction de temps

➤ **Commentaire**

La **Figure IV.9** représente l'évolution de la résistance à la flexion dans les mélanges à l'état Humide en fonction du temps (jours 7, 14, 28), où l'on remarque que la résistance à la flexion augmente avec tous les mélanges à mesure que le temps change. Augmenter la résistance à la flexion dans la condition humide en fonction du temps, confirmer le rôle du ciment qui lie les particules du mélange.

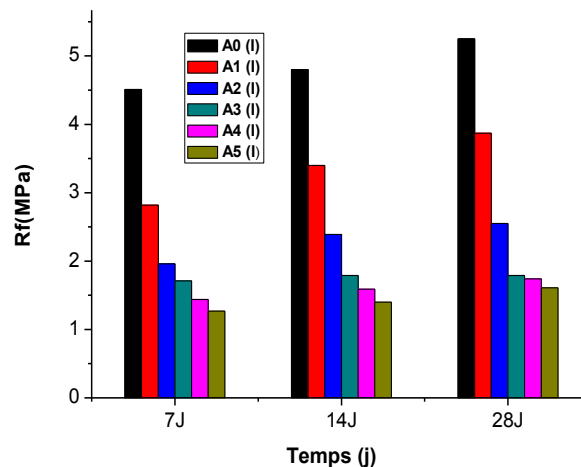


Figure IV 10: Résistance à la flexion à l'Etat Immergée en fonction de temps

➤ **Commentaire**

La Figure IV.10 représente l'évolution de la résistance à la flexion dans les mélanges à l'état immergée en fonction du temps (jours 7, 14, 28), où l'on remarque que la résistance à la flexion augmente avec tous les mélanges à mesure que le temps change. L'augmentation de la résistance à la flexion en fonction du temps après l'ajout de déchets de caoutchouc confirme la possibilité d'utiliser ce matériau comme matériau de construction.

IV.2. 3 perte de masse

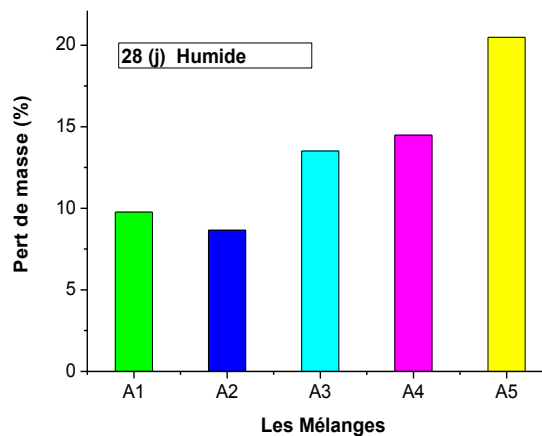


Figure IV 11:perte de masse à l'Etat Humide

➤ **Commentaire**

À partir de la figure IV.11, qui représente la perte de masse en termes de mélanges à l'état humide au jour 28, on remarque qu'à mesure que le pourcentage de caoutchouc dans les mélanges augmente, le pourcentage de perte de masse augmente avec lui, atteignant 20,48 % en mélange A5. Cela est dû au fait que le caoutchouc est plus léger. Contrairement au mélange A2, le taux de perte de masse était faible, à 8,66%, pour des raisons pratiques d'application.

La diminution du poids d'un bloc de béton creux peut réduire un poids énorme de la construction, qui peut être redimensionnée des poutres et des poteaux. Ces résultats ont été transférés au coût final de la construction.

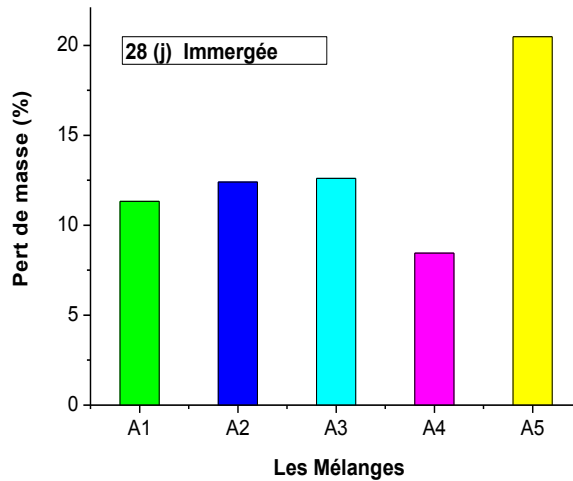


Figure IV 12: perte de masse à l'Etat Immersée

➤ **Commentaire**

À partir de la Figure IV.12, qui représente la perte de masse en termes de mélanges à l'état immergée a jour 28 jours, on remarque qu'à mesure que le pourcentage de caoutchouc dans les mélanges augmente, le pourcentage de perte de masse augmente avec lui, atteignant 20,48 % en mélange A5. Cela est dû au fait que le caoutchouc est plus léger. Contrairement au mélange A4, le taux de perte de masse était faible, à 8,45%, pour des raisons pratiques d'application.

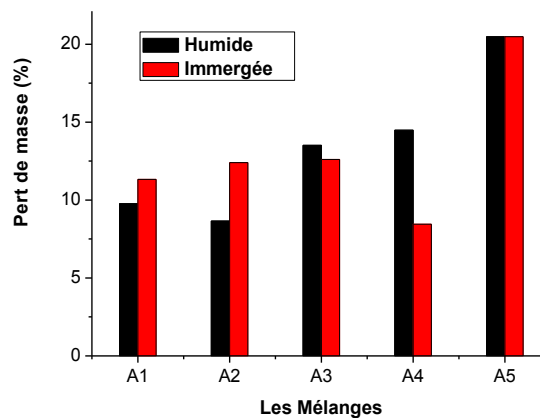


Figure IV 13: perte de masse à l'Etat Humide / Immersée (28jours)

➤ **Commentaire**

A travers la Figure IV.13, qui exprime une comparaison des pertes de masse à l'état humide et à l'état immergé pendant une durée de (28 jours) en termes d'évolution des mélanges. Un taux de perte de masse similaire a été observé, car le mélange A1 et A2 à l'état immergé était plus important (11,33 %-12,40 %) qu'à l'état humide (9,77 %-8,66 %). On constate que la perte de masse en phase humide est plus importante (13,52%-

14,48) qu'en phase immergée (12,61%-8,45%). Quant au mélange A5, son pourcentage dans les deux cas atteint 20,48 %.

En analysant les données des figures, on constate qu'à mesure que le pourcentage de caoutchouc augmente, le béton perd une grande partie de sa masse, ce qui contribue à réduire le poids total de la structure.

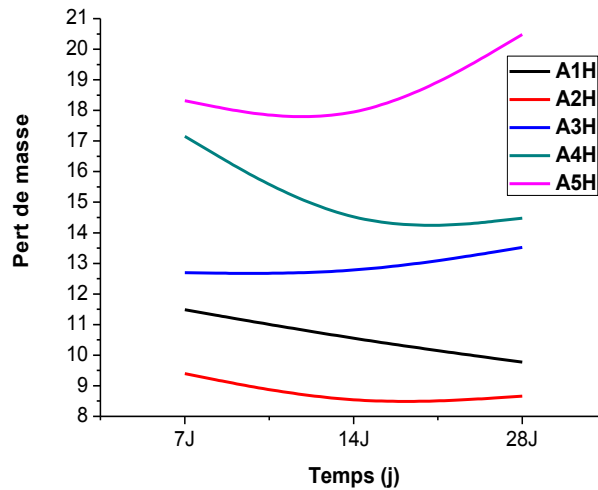


Figure IV 14: perte de masse à l'Etat Humide en fonction de temps

➤ **Commentaire**

En analysant les courbes de la figure **IV.14**, qui représentent la perte de masse dans les mélanges en fonction du temps (jour 7, 14 et jour 28) à l'état humide, on remarque que le pourcentage de perte de masse augmente avec la augmentation du pourcentage de caoutchouc dans les mélanges, de sorte que le pourcentage dans le mélange A5 atteint 20,48% par jour. 28

IV.2. 4 Degré d'absorption et l'humidité du hourdis en béton

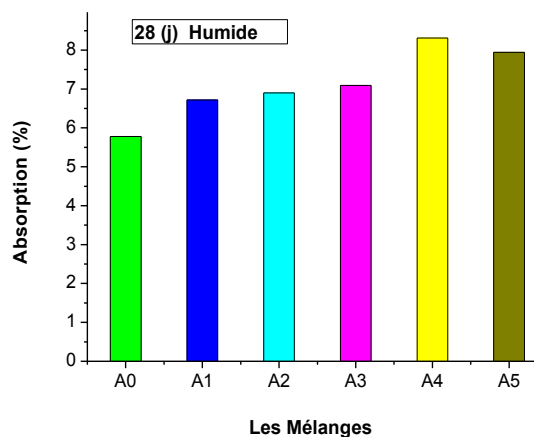


Figure IV 15: L'absorption des mélanges à l'Etat Humide à 28jours

➤ **Commentaire**

Dans la Figure IV.15. L'ajout de déchets caoutchouc de **15% à 35 %** augmente l'absorption d'eau à l'Etat Humide (28jours) de **5,78 % à 7,94 %**, ce qui reste bon pour utiliser cette nouvelle matrice comme hourdis de béton.

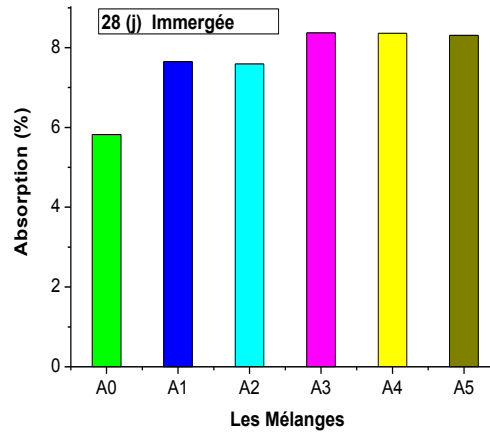


Figure IV 16: L'absorption des mélanges à l'Etat Immergée à 28jours

➤ **Commentaire**

Dans la Figure IV.16. L'ajout de déchets caoutchouc de **15% à 35 %** augmente l'absorption d'eau à l'Etat Immergée (28jours) de **5,82 % à 8,31 %**

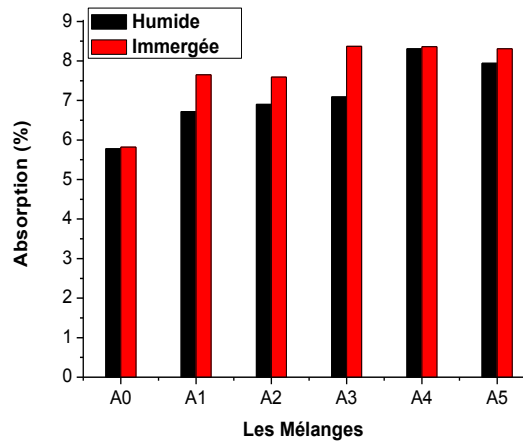


Figure IV 17:L'absorption des mélanges à l'Etat Humide / Immergée à 28jours

➤ **Commentaire**

Dans la figure **IV.17**. L'ajout de déchets de caoutchouc de 15% à 35% augmente l'absorption d'eau (28 jours) entre 5,78% à 7,94% à l'état humide et de 5,82% à 8,31% (28 jours), à l'état immergé, ce qui est toujours bon pour l'utilisation de ce caoutchouc.

L'ajout de déchets de caoutchouc a augmenté un peu l'absorption d'eau car les déchets de caoutchouc se séparent entre les particules de béton, mais cela reste suffisant pour être utilisé comme matériau de construction.

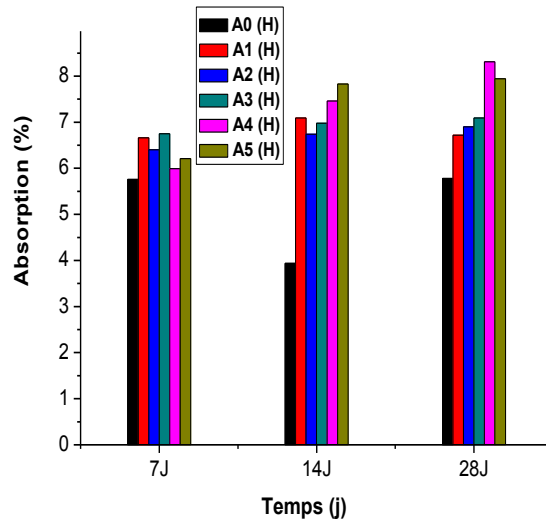


Figure IV 18:L'absorption des mélanges à l'Etat Humide en fonction de temps

➤ **Commentaire**

Dans la figure IV.18. L'ajout de déchets de caoutchouc dans les mélanges A1 à A5, en fonction de temps jusqu'à 28 jours, augmente l'absorption d'eau à l'état humide jusqu'à 7,94%, ce qui est un bon pourcentage qui encourage l'utilisation de ces nouveaux matériaux comme hourdis dans les plancher corps creux.

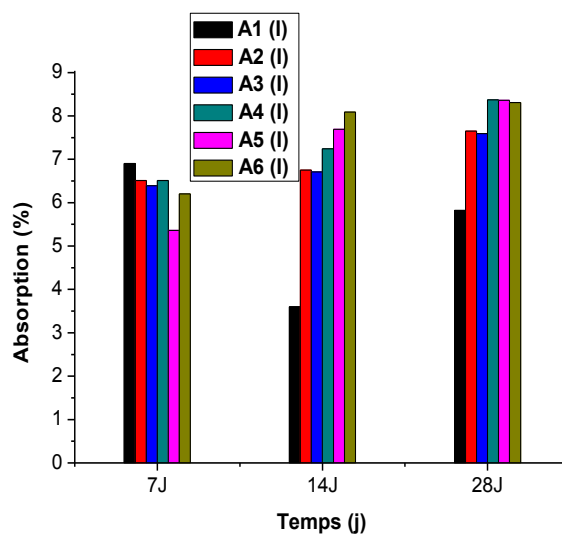


Figure IV 19:L'absorption des mélanges à l'Etat Immergée en fonction de temps

➤ **Commentaire**

Dans la figure IV.19. L'ajout de déchets de caoutchouc dans les mélanges A1 à A5, en fonction de temps jusqu'à 28 jours, augmente l'absorption d'eau à l'état Immergée jusqu'à 8,31%, ce qui est un bon pourcentage qui encourage l'utilisation de ces nouveaux matériaux.

IV.2. 5 La porosité d'hourdis en béton

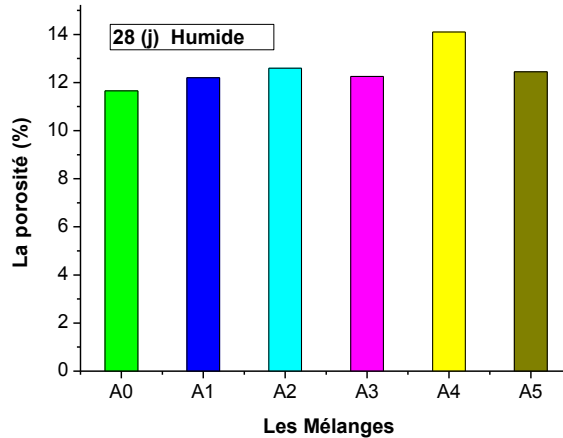


Figure IV 20: La porosité à l'Etat Humide (28jours)

➤ **Commentaire**

La Figure IV.20 représente des cas d'évolution de porosité en fonction des mélanges à l'état humide au jour 28, où l'on remarque une augmentation de la porosité à mesure que le pourcentage de caoutchouc dans le mélange augmente, d'un taux pouvant atteindre 14,10% en mélange A4 par rapport au mélange A0, qui ne contient pas de caoutchouc. La raison en est que le caoutchouc fonctionne sur Les particules de gravier et de sable ne collent pas non plus au ciment, car elles laissent des fissures qui conduisent à un pourcentage élevé de porosité dans le mélange.

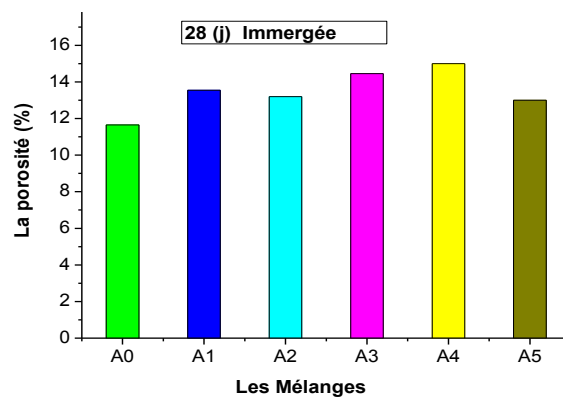


Figure IV 21: La porosité à l'Etat Immergée (28jours)

➤ **Commentaire**

La figure IV.21 représente des cas d'évolution de porosité en fonction des mélanges à l'état immergée au jour 28, où l'on remarque une augmentation de la porosité à mesure que le pourcentage de caoutchouc dans le mélange augmente, d'un taux pouvant atteindre 15% en mélange A4 par rapport au mélange A0, qui ne contient pas de caoutchouc.

Pas beaucoup d'augmentation de la porosité lors de l'ajout de déchets de caoutchouc par rapport à l'échantillon sans déchets de caoutchouc. Ceux-ci confirment l'efficacité des déchets de caoutchouc sur les blocs de béton creux.

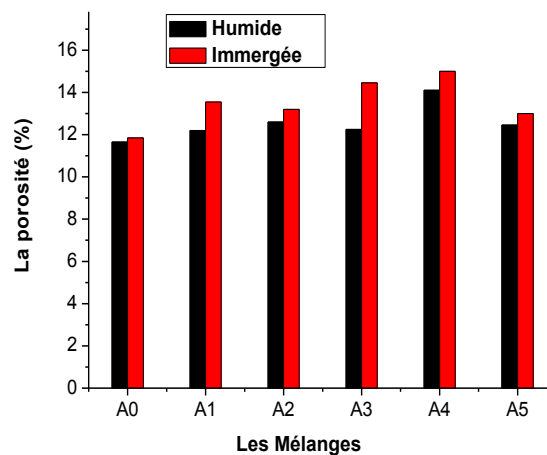


Figure IV 22:La porosité à l'Etat Humide / Immergée (28jours)

➤ **Commentaire**

En analysant la figure IV.22, qui représente une comparaison du pourcentage de porosité à l'état humide avec l'état immergée au 28ème jour en termes d'évolution du pourcentage de caoutchouc dans les mélanges. On remarque une augmentation du pourcentage de porosité au fur et à mesure le pourcentage de caoutchouc dans le mélange augmente dans les deux cas, mais il est plus grand à l'état immergée d'un pourcentage Il est égal à 15% dans le mélange A4, légèrement inférieur à celui à l'état humide, 14,1% dans le mélange A4.

Application de différentes conditions humides et immergées aux échantillons pour confirmer la résistance des nouveaux matériaux à la situation plus favorable, en utilisant normalement des blocs de béton creux à l'état humide, mais nous utilisons des conditions immergées pour confirmer l'adéquation du nouveau matériau. L'utilisation des deux conditions dans notre recherche a donné presque les mêmes résultats dans les deux conditions (humide et immergé).

IV.2. 6. La vitesse ultrasonique

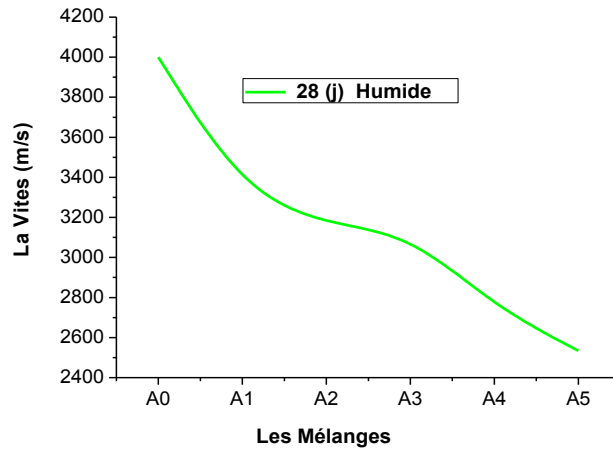


Figure IV 23: La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, et A5 à l'Etat humide à 28 jours.

➤ Commentaire

La Figure IV.23 affiche les variations des vitesses des impulsions ultrasonores pour les mélanges à l'État humide préparés. On constate que les vitesses des ultrasons diminuent avec l'augmentation de la teneur en caoutchouc, indiquant une diminution de 36,40 % par rapport au mélange témoin.

Diminuer vitesse ultrason lorsque nous ajoutons les déchets de caoutchouc signifie moins de vides. Ceux-ci ont eu une influence positive sur les nouveaux matériaux.

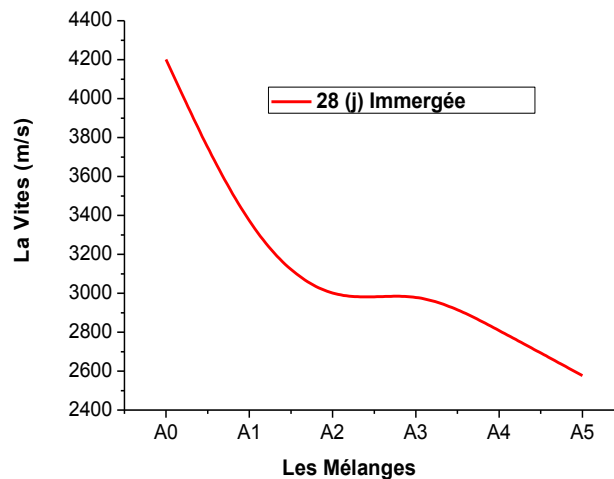


Figure IV 24: La variation de la vitesse ultrasonique des mélanges A0, A1, A2, A3, A4, et A5 à l'Etat Immergée à 28 jours.

➤ Commentaire

La Figure IV. 24 présentes les variations des vitesses d'impulsion ultrasoniques des mélanges confectionnés. On remarque que les vitesses ultrasoniques diminuent avec l'augmentation de la teneur en caoutchouc indiquant une réduction de 38,09 % par rapport au mélange control.

Cette réduction peut être attribué à la présence des agrégats de caoutchouc poreux par rapport aux agrégats concassés, en plus l'incorporation des agrégats de caoutchouc peut entrainer des zones d'adhérence faibles entre la matrice cimentaire et les agrégats. Ce qui engendre une microstructure plus poreuse, ce qui entraine une réduction des vitesses d'onde ultrasonique.

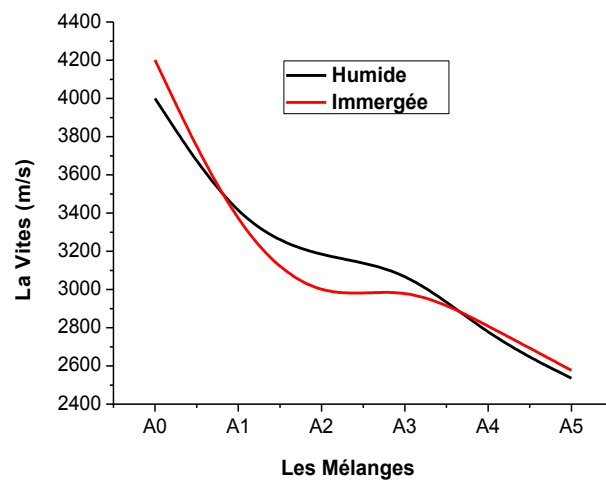


Figure IV 25: La vîtes (m/s) à l'Etat Humide / Immergée (28jours)

➤ **Commentaire**

En analysant de Figure IV.25, qui exprime la courbe de la vitesse ultrasonique à l'état humide par rapport au l'état immergée en termes de mélanges.

On remarque une convergence dans la diminution de la vitesse des ultrasons. Parfois les résultats sont meilleurs à l'état humide et parfois ils sont meilleurs à l'état immergé. Plus important encore, l'augmentation du pourcentage de caoutchouc entraîne une diminution de la vitesse des ultrasons. les raisons mentionnées précédemment dans les (Figure IV.24 et IV.25)

IV.2.3. Caractéristiques du hourdis en béton (480x 160 x 200)

IV.2. 3.1. Résistance à la compression

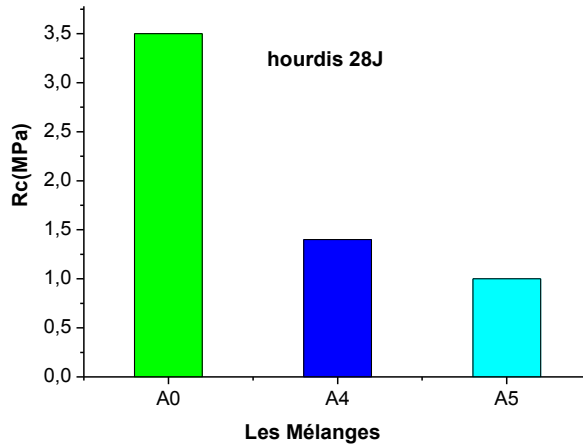


Figure IV 26:Résistance à la compression de hourdis a 28 jours

➤ **Commentaire**

D'après la Figure IV 26, nous pouvons voir que l'ajout de déchets de caoutchouc aux mélanges A4 et A5 par rapport au mélange A0 a entraîné une diminution de la résistance à la compression de 3,5 MPa à 1,5 MPa et 1 MPa lors de l'utilisation de 30 % et 35 % de déchets de caoutchouc. Respectivement. Ces résultats permettent d'utiliser nos mélanges pour produire des blocs de béton creux pour toiture. D'autre part, l'ajout de déchets de caoutchouc a produit des matériaux plus légers.

IV.2. 3.2. Résistance à la flexion

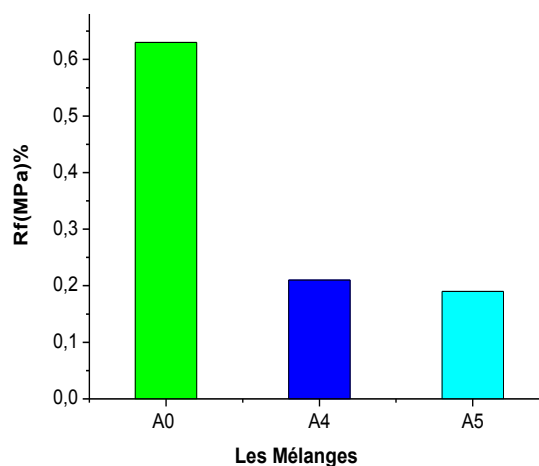


Figure IV 27:Résistance à la flexion de hourdis a 28 jours

➤ **Commentaire**

D'après la figure IV 27, nous pouvons voir que l'ajout de déchets de caoutchouc aux mélanges A4 et A5 par rapport au mélange A0 a entraîné une diminution de la résistance à la flexion de 0,6 MPa à 0,25 MPa et 0,2 MPa lorsqu'on utilise respectivement 30 % et 35 % de déchets de caoutchouc. . L'utilisation de blocs de béton (Hourdis) comme coffrage perdu cadre de déchets ne demande pas de résistance élevée à la compression ou à la flexion

IV.2. 3.3. Pert de masse

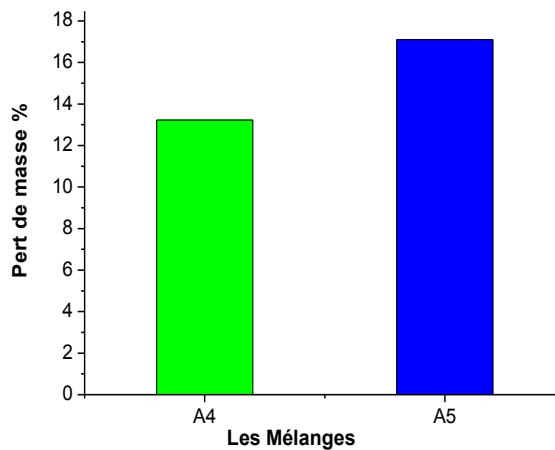


Figure IV 28: Pert de masse de hourdis a 28 jours

➤ **Commentaire**

D'après la Figure IV.28, on remarque une augmentation du taux de perte de masse lors de l'ajout de déchets de caoutchouc aux deux mélanges A4. A5 par rapport au mélange A0 dans les 28 jours, car le pourcentage de perte de masse dans le mélange A4 était de 13,23 % et le mélange A5 était de 17,1 % par rapport au mélange A0. Cela est dû au fait que les déchets de caoutchouc sont plus légers que les granulats de carrière.

IV.2. 3.4. Absorption

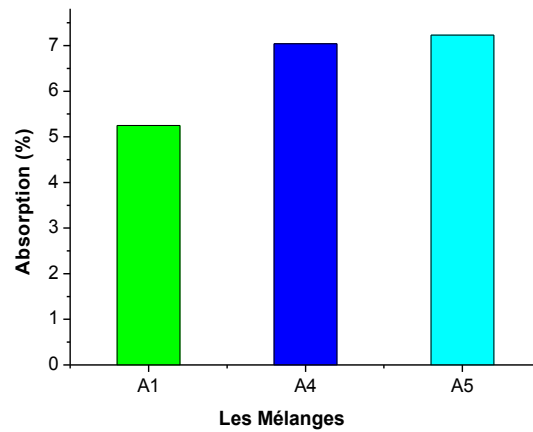


Figure IV 29: Absorption de hourdis a 28 jours

➤ **Commentaire**

Dans la figure IV.29. Nous pouvons remarquer qu'en ajoutant le pourcentage de déchets de caoutchouc dans les mélanges A4 et A5, le taux d'absorption d'eau en 28 jours augmente jusqu'à 7,23%, ce qui est encore bon pour utiliser cette nouvelle matrice comme dalle de béton.

IV.2.Conclusion

Après l'analyse et l'interprétation des résultats des tests de compression, flexion, absorption d'eau, porosité ; on peut déduire que les hourdis avec l'ajout du caoutchouc on a donné des bonnes résultats pendant 28 jours et pour cette réseau peut être adaptés comme un matériau de construction qui est utilisé pour améliorer leur durabilité, l'adhérence, la dureté. Tous a, on a donné une bonne résistance phonique et une pris moins chère qu' hourdis traditionnel donc c'est un signe de bien-être accru.

Chapitre V

Conclusion Générale

V. Conclusion Générale :

L'étude que nous avons menée dans le cadre de ce projet à la fin des recherches nous a permis de travailler à la résolution d'un certain nombre de problèmes pertinents liés au comportement mécanique et physique des blocs de béton creux (plancher) et des déchets de caoutchouc.

La démarche scientifique que nous appliquons est avant tout une étude bibliographique des dalles en béton et des déchets de caoutchouc.

Cependant, l'effet des déchets de caoutchouc durcis sur les propriétés des dalles de béton est généralement étudié au moyen d'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 et la perte de masse).

Analyser et interpréter les résultats des différents tests effectués :

Résistance à la compression :

La variation de la résistance à la compression des échantillons dans l'échantillon de bloc de béton étudié a diminué, en raison de l'augmentation du pourcentage de déchets de caoutchouc d'une valeur de **.71.51%** par rapport au bloc de béton sans déchets de caoutchouc converti à 28 jours en raison de la faible liaison entre les déchets et les particules granulaires.

Pour atteindre notre objectif d'utiliser une nouvelle matrice de blocs de béton creux, nous avons besoin de moins de résistance. Nos résultats ont ajouté 30% de déchets de caoutchouc utilisables comme matériau de construction.

Résistance à la flexion :

La variation de la résistance à la flexion des mélanges d'A0 à A6 diminue avec l'augmentation du pourcentage de déchets de caoutchouc. La résistance à la flexion est réduite lorsque des déchets de caoutchouc durci sont ajoutés à **69,30%MPa**, qui reste utilisable dans les dalles de béton.

Densité apparente :

La variation de la densité apparente des mélanges diminuait du mélange A0 au mélange A6 avec des valeurs différentes. Il s'agit de la faible densité des déchets de caoutchouc ajoutés.

Degré d'absorption d'eau :

L'augmentation de l'absorption d'eau à **8,31 %** lors du traitement des déchets de caoutchouc ajoute 15 % à 35 %. Cela donne de bons résultats pour les dalles en béton par rapport à la recherche documentaire..

□ Porosité :

La variation de porosité des mélanges augmentait du mélange A0 au mélange A6 avec des valeurs différentes. Augmentation de la porosité de 15%, ce qui conduit toujours à une utilisation plus facile des blocs en béton.

□ Vitesse des ultrasons :

La variation de la vitesse ultrasonore moyenne des mélanges à 28 jours diminue avec des valeurs allant de 38.09% pour les mélanges A0 à Les gouttes A5, puis medium du mélange A5 ont affecté négativement la porosité des blocs de béton en raison de la formation de pores par les déchets de caoutchouc.

□ Perte de masse :

La variation de perte de masse augmente par rapport au mélange A0 et est quasiment constante tout au long du trajet. Quant au reste des mélanges, notamment dans le mélange A5, ils augmentent la variation de perte de masse.

En conclusion, les déchets de caoutchouc transformés peuvent être utilisés dans la production de dalles en béton avec un certain taux de remplacement.

Cette démarche réduit le poids des constructions et préserve les ressources naturelles, même si les propriétés acoustiques et thermiques ainsi que la proportion de déchets de caoutchouc recyclés nous protègent des intoxications.

Recommandations et perspectives

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

Reference

- [1] <https://Plafond.Pagesjaunes.Fr/Comprendre/Hourdis>
- [2] **Zefane boutheyna , draïdi chaima** Mémoire de Master Effet Des Déchets Du Plastique Industriel Dans Des Blocs De Béton Univ-Bba, 2022.
- [3] www.toutsurlebeton.fr a été indexé pour la première fois par Google en mai 2019
- [4] **S. Ramarad, M. Khalid, C.T. Ratnam, A.L. Chuah, W. Rashmi**, Déchets De Caoutchouc De Pneu Dans Mélanges De Polymères : Une Revue De L'évolution, Des Propriétés Et De L'avenir, Prog. Maître. Sci. 72 (2015)
- [5] **S. A. Tohamy, A. F. Mirhosseini, S. Desouki, H. Mork, A. Kafousi**, L'utilisation De Matériaux De Haute Qualité En Fines Miettes De Caoutchouc Dans Les Revêtements Bitumineux Secs, Construction. Bâtiment.Parfaits. (2019)
- [6] F.D.B. De Souza, Déplastification Des Plastiques Et Ses Applications, Dans : Plastiques, Intelligent, 2017.
- [7] J. Araujo Moreira, R. Verdejo, M. N'importe Lequel. López-Manchado, M. Hernández Santana, Mobilité Durable : Les Parties Du Châssis Qui Traversent Le Modèle De Circuit Economique, La Gestion Des Déchets. 126 (2021)
- [8] **S. Petit, L. Asaro, M. Roland Monet, N. Ait Hussein**, Mécanique Thermique Enlèvement Et Recyclage Des Déchets De L'industrie Du Caoutchouc, Ressources. Mémorise. Pour Le Recyclage. 144 (2019) 180e186.
- [9] **L. Bockstal, T. Berchem, Q. Schmetz, A. Richel**, Dévulcanisation et valorisation Pneumonie et douleur au cours de processus physiques et chimiques : une revue, J Clin. prod. 236 (2019),
- [10] une nouvelle analyse mécaniste et pratique, Sustain. Maître. Technologie. 25 (2020),
- [11] Segre et Joekes, 2000 ; Sukontasukkul et Wiwatpattanapong, 2009).
- [12] **Benazzouk et al, Benazzouk et coll** 2004.
- [13] **MICHEL M, Ed Massion**, "Valorisations des déchets et sous-produits dans les industries" Paris (1981),
- [14] **LANGUEDOC R**, "Guide pratique des déchets" (site Internet google,fr), 2001
- [15] Recyclage " Encyclo-ecolo.com " l'encyclopédie écologique, 2014
- [16] **Ministère des Travaux Publics** : valorisation des pneus usagés et les déchets Plastiques Dans le domaine des travaux publics, journée scientifique, novembre 2005
- [17] **B, Khirreddine A, Hicham M, Zidane** Mémoire De Master Durabilité d'hourdis creux en béton à base des déchets de plastique transformés. univ-bba 2023