

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

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

Faculté des Sciences et de la technologie

Département de Génie Civil

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en Génie Civil

Par

- **ZEFANE BOUTHEYNA**
- **DRAIDI CHAIMA**

Intitulé

Effet des déchets du plastique industriel dans des blocs de béton

Soutenu le : Juin 2022.

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
M.ROKBANE ABD ELMADJID	MAA	Président	Univ-BBA
M. DEBOUCHA SADEK	MCA	Encadreur	Univ-BBA
M.LOUMACHI LAZHAR	MAA	Examineur	Univ-BBA
M. MESSAOUDENE IBRAHIM	PF	Examineur	Univ-BBA

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements :

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

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

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

Nous remercions l'administration de Génie Civil.

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

N'oublie pas tous les techniciens de laboratoire pour leurs aides.

Nous remercions le centre de recherche CNERIB d'Alger.

Nous remercions aussi l'usine de RATPLAST de Sétif.

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

Dédicaces

A celui qui m'a porté ici par faiblesse et qui a veillé des nuits patientes toute patience pour mon indiscretion à celui qui possédait mon cour à la plus grande secret qui existe la joie du cour et le don de seigneur et la pureté de l'amour ma bien-aimée dieu mère l'a guérie et a perpétué sa lumière sur lumière .

A mon premier professeur et celui qui m'a planté sur les rives du savoir et est resté pour moi et fatigué de me reposer et m'a préparé les raisons de la réussite est mon idéal de patience au mon qui cache la réalité de m'a réussite à celui sans à qui la vie n'a pas de sens qui a donnée gratuitement à mon cher père .

Aux gouttes de rosée se sont éparpillées alors que dieu vous bénisse nous a réunis dans une maison mes frères et mes compagnons de vie : HICHAM et sa femme ASMA ; AMIR et sa femme SARA ; KENZA et son mari HOUCINE ; SHAHINEZ et son mari KARIM ; et jusqu'au dernier groupe HIBA RAHMAN .

ET aux petits-enfants et poussins de la famille : MOAD ; MERYAM ; SIDRA ; MOHAMED ANASS ; MAYSAM.

A une sœur avec qui le lien du cœur m'a rapproché BOUTHAYNA

A ceux qui ont enduré avec nous les difficultés et nous ont encadré des meilleures façons et ont été patients avec nous jusqu'à la fin notre Dr respecté DRBOUCHA SADEK .

CHAIMA

Dédicace :

Je dédie cette thèse à :

A mes très chers parents :

❖ *Mon père : Abd El Hafidh*

Mon soutien, mon amour qui est la bougie de ma vie. Mon père qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance et courage.

❖ *Ma mère : Aziza*

La lumière de mes yeux, l'étoile de ma vie qui fait briller mes jours et l'ombre de mes pas. Je te remercie toute ma vie pour l'amour et l'affection que tu m'as donnée.

❖ *Ma sœur et mes frères :*

Ma seule sœur Khawla, son mari Faysel et sa deux enfants Yasser et Abrar.

Mon frère jumeau Youness et sa femme Afaf.

Mon chère frère Ishak.

Mon petit ours en peluche Yahia.

A ma deuxième mère Farida, mon oncle Azouze

A ma cousine Amina et mes cousins Amari, Khaled et Chouaib et toutes ma famille Zefane.

A mon amie Chaïma et tous mes amis de la promotion 2022.

Enfin, à tous ceux qui me reconnaîtront.

BOUTHEYNA

Résumé

Le recyclage des déchets en génie civil est un secteur important dans la mesure où les produits que l'on souhaite obtenir ne sont pas soumis à des critères de qualité trop rigoureux. Les déchets plastiques transformés incorporés à plusieurs pourcentages 7, 10, 15 et 20% et 50% dans les éprouvettes préparées, ce qui permet d'évaluer l'effet de l'ajout de déchets plastiques sur la résistance à la compression, la résistance à la flexion, l'absorption d'eau et porosité. [7]

D'après les résultats expérimentaux, on peut conclure que l'ajout de déchets plastiques présente une nette amélioration des propriétés mécaniques et physiques, que les nouveaux matériaux peuvent utiliser comme hourdis en béton creux, parpaing de béton et pavés.

Mots clés: Blocs de béton, déchets de plastique, résistance à la compression, résistance à la flexion, absorption d'eau.

Abstract

The recycled of waste in civil engineering is an important sector insofar as the products that one wishes to obtain are not subject to too rigorous quality criteria. The transformed plastic waste incorporated at several percentages 7, 10, 15 and 20% and 50% in the tests specimens prepared, which makes it possible to evaluate the effect of the addition of plastic waste on the compressive strength, flexural strength, water absorption and porosity.

From the experimental results, it can be conclude that the addition of plastic waste presents a marked improvement in the mechanical and physical properties, which the new materials suitable to use as hollow concrete blocks, concrete blocks and pavers.

Key words: Concrete blocks, waste of plastic, compressive strength, flexural strength, water absorption

ملخص

تعد إعادة تدوير النفايات في الهندسة المدنية قطاعًا مهمًا طالما أن المنتجات التي يرغب المرء في الحصول عليها لا تخضع لمعايير جودة صارمة للغاية. تم دمج النفايات البلاستيكية المحولة بنسب متعددة 7 و 10 و 15 و 20% و 50% في عينات الاختبار المعدة، مما يجعل من الممكن تقييم تأثير إضافة نفايات البلاستيك على مقاومة الانضغاط وقوة الانحناء وامتصاص الماء والمسامية.

من النتائج التجريبية يمكن الاستنتاج أن إضافة المخلفات البلاستيكية تقدم تحسناً ملحوظاً في الخواص الميكانيكية والفيزيائية، وهي المواد الجديدة المناسبة لاستخدامها ككتل خرساني مجوف وكتل خرسانية وأرصفتة.
الكلمات الدالة:

الكتل الخرسانية، نفايات البلاستيك، قوة الضغط، قوة الانحناء، امتصاص الماء

Sommaire

Chapitre I : Introduction générale.

I.1 : Introduction	1
I.2 : Problématique	1
I.3 : L'objectif de travail	2
I.4 : Structure de travail	2

Chapitre II : Revue bibliographique.

II : Introduction générale	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 parpaings	4
II.1.5 : les différents types de l'hourdis	5
II.1.5.1 : Hourdis béton	5
II.1.5.1.1 : Désignation de l'hourdis béton	6
II.1.5.1.2 : Les caractéristiques d'entrevous (500×150×200) mm	6
II.1.5.2 : Hourdis en polystyrène	7
II.1.5.2.1 : Désignation des hourdis en polystyrène	8
II.1.5.2.2 : les avantages	8
II.1.5.3 : Hourdis en terre cuite	9
II.1.5.3.1 : Les avantages	9
II.1.5.4 : Hourdis précontrainte	9
II.1.5.4.1 : les avantages	10
II.1.5.5 : Hourdis en bois	10
II.1.5.5.1 : Les avantages	11
II.1.5.6 : Hourdis en plastique	11
II.1.5.6.1 : Les avantages	11
II.2 : Les pavés	12
II.2.1 : Les différents types des pavés	12
II.2.2 : Les caractéristiques des pavés	12
II.2.3 : Mise en œuvre des pavés	12
II.2.4 : Les avantages	12
II.3 : le recyclage du plastique	13
II.3.1 : Introduction	13
II.3.2 : Historique	14
II.3.3 : Qu'est-ce qu'un polymère	14
II.3.4 : Qu'est-ce que le plastique	14
II.3.5 : Qu'est-ce que les monomères	15
II.3.6 : Principaux types de plastique qui nous entourent	15
II.3.7 : Les principales familles de plastique	16
II.3.7.1 : Thermoplastique	16
II.3.7.2 : Elastomères	16

II.3.7.3 : Thermodurcissables	16
II.3.8 : Les avantages du plastique	16
II.3.9 : Les inconvénients du plastique	17
II.4.1 : Définition de recyclage	17
II.4.2 : Type de destination éventuelle des déchets de plastique	18
II.4.3 : Cycle de recyclage de plastique	18
II.4.4 : La composition de plastique	19
II.4.5 : Caractéristique physico-chimiques et repérage du plastique trié recyclables	19
II.4.6 : Les avantages de recyclage de plastique	20
II.4.6.1 : Protection de l'environnement	20
II.4.6.2 : Préservation des ressources	20
II.4.6.3 : Soutenir l'économie locale	20
II.5 : conclusion	20

Chapitre III : Méthodologie de travail.

III.1 : Introduction	21
III.2 : Constituants de béton hourdis	21
III.2.1 : Le ciment	21
III.2.1.1 : Caractéristique principales du ciment	21
III.2.1.2 : Rôle du ciment dans le béton	21
III.2.2 : Le sable	22
III.2.2.1 : Rôle de sable	22
III.2.3 : Les granulats	22
III.2.3.1 : L'intérêt des granulats dans le béton	22
III.2.3.2 : Classification des granulats	22
III.2.4.1 : Rôle l'eau de gâchage	23
III.2.5 : Déchet de plastique	23
III.2.5.1 : Rôle de déchets de plastique	23
III.3 : Formulation de béton hourdis	23
III.3.1 : Les dosages qui utiliser dans la confection de m ³ béton hourdis	24
III.3.1.1 : Préparation des fibres plastiques	25
III.3.2 : Matériels utilisés	25
III.3.3 : Mode d'opérateur	26
III.3.4 : Les essais sur le béton d'hourdis à l'état frais	26
III.3.4.1 : Le malaxage	26
III.3.4.2 : Vibration	27
III.3.5 : Les essais sur le béton d'hourdis à l'état frais	28
III.3.5.1 : Caractéristique du béton d'hourdis à l'état durci	28
III.3.5.2 : Mode de conservation de béton l'hourdis	28
III.6 : Les principes essai	29
III.6.1 : Résistances à la compression (EN 12390-3)	29
III.6.2 : Résistance à la flexion (EN 12390-4)	30
III.6.3 : Degré d'absorption d'eau (EN 97-6)	31
III.6.4 : La porosité	31
III.6.5 : La compacité	32
III.6.6 : L'indice des vides	32

III.6.7 : Essai thermique	32
III.5 : Conclusion	32

Chapitre IV : Résultats et interprétation.

IV.1 : Introduction	33
IV.2 : Résultats et interprétation	33
IV.2.1 : Résistance à la compression	33
IV.2.2 : Résistance à la flexion	39
IV.2.3 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance à la compression	44
IV.2.4 : Résistance à la compression du moule (500×150×200) mm pour hourdis en béton...	47
IV.2.5 : Degré d'absorption et l'humidité du hourdis en béton	48
IV.2.5.1 : La capacité d'absorption d'eau massique	48
IV.2.6 : La porosité d'hourdis en béton	52
IV.2.7 : Résistance à la compression en fonction de dosage de plastique (100×150×50)	55
IV.2.8 : Conductivité thermique	55
IV.3 : Conclusion	56

Chapitre V : Conclusion générale.

V.1 : Conclusion générale	57
--	----

Liste des figures

Figure II.1 : Les différents corps creux	4
Figure II.2 : Fabrication des hourdis	4
Figure II.3 : Hourdis béton	5
Figure II.4 : Hourdis avec une table de compression	6
Figure II.5 : Les hourdis TCI	6
Figure II.6 : Désignation des hourdis en polystyrène	7
Figure II.7 : Plancher de l'hourdis polystyrène	8
Figure II.8 : Plancher par hourdis en terre cuite	8
Figure II.9 : L'élément de plancher en béton précontraint	9
Figure II.10 : Plancher par hourdis en béton	10
Figure II.11 : Emplacement hourdis plastique sur les poutrelles	11
Figure II.12 : Route pavé moderne.....	12
Figure II.13 : Différent type de plastique.....	14
Figure II.14 : Polymérisation de PET.....	15
Figure II.15 : Le PVC.....	16
Figure II.16 : Polyéthylène haute densité (PEHD).....	16
Figure II.17 : Les traits de déchets dans les décharges.....	17
Figure II.18 : Le cycle de recyclage de plastique.....	18
Figure II.19 : Cycle de recyclage des bouteilles PET	19
Figure III.1 : Le sable.....	23
Figure III.2 : Matériaux utilisé.....	25
Figure III.3 : Les déchets du plastique transformé après le tamisage.....	26
Figure III.4 : Le béton hourdis après 24h.....	28
Figure III.5 : Malaxer.....	28
Figure III.6 : Malaxer des agrégats.....	28
Figure III.7 : Vibration de moule l'hourdis et béton hourdis par table vibrante.....	29
Figure III.8 :Bac de conservation.....	30
Figure III.9 : Armoire de conservation.....	30
Figure III.10 : Ecrasement des hourdis.....	31
Figure III.11 : Ecrasement béton hourdis.....	31
Figure III.12 : Machine d'écrasement d'hourdis.....	32
Figure III.13 : Essai thermique	34
Figure IV.1 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps(jours).....	35
Figure IV.2 : Résistance à la compression des hourdis en béton avec 7% plastique en fonction du temps (jours)	36
Figure IV.3 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 7% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	36
Figure IV.4 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 10% plastique en fonction du temps (jours)	37
Figure IV.5 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 10% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	38
Figure IV.6 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 15% plastique en fonction du temps (jours)	38
Figure IV.7 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 15% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	39
Figure. IV.8 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 20% plastique en	

Liste des figures

fonction du temps (jours)	40
Figure IV.9 : Résistance à la compression de blocs en béton avec 20% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	40
Figure IV.10 : Résistance à la compression de blocs en béton avec plastique en fonction de dosage du plastique (%) (A : à l'état humide, B : à l'état immergé)	41
Figure IV.11 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).....	42
Figure IV.12 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 7% plastique en fonction du temps (jours)	42
Figure IV.13 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 10% plastique en fonction du temps (jours).....	43
Figure IV.14 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 10% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	44
Figure IV.15 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 15% plastique en fonction du temps (jours).....	45
Figure IV.16 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 15% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	45
Figure IV.17 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 20% plastique en fonction du temps (jours).....	46
Figure IV.18 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 20% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	46
Figure IV.19 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec plastique en fonction du dosage de plastique (A : à l'état humide, B : à l'état immergé)	47
Figure IV.20 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression à 28 jours (sans plastique)	48
Figure IV.21 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 7% PT à 28 jours	48
Figure IV.22 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 10% PT à 28 jours	49
Figure IV.23 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 15% PT à 28 jours.....	50
Figure IV.24 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la compression de 20% PT à 28 jours	50
Figure IV.25 : Résistance à la compression de l'hourdis en fonction du dosage de plastique transformé (%)	51
Figure IV.26 : Résistance à la flexion de blocs en fonction de dosage de plastique transformé	51
Figure IV.27 : L'absorption de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	52
Figure IV.28 : L'absorption de l'hourdis en béton avec 7% PT en fonction du temps (jours).....	53
Figure IV.29 : L'absorption de l'hourdis en béton avec 10% PT en fonction du temps (jours).....	53
Figure IV.30 : L'absorption de l'hourdis en béton avec 15% PT en fonction du temps (jours).....	54
Figure IV.31 : L'absorption de l'hourdis en béton avec 20% PT en fonction du temps (jours).....	54

Liste des figures

Figure IV.32 : L'absorption de l'hourdis en béton en fonction du dosage PT à 28 jours.....	55
Figure IV.33 : La porosité de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours)	56
Figure IV.34 : La porosité de bloc en béton avec 7% PT en fonction du temps (jours)	56
Figure IV.35 : La porosité de l'hourdis en béton avec 10% PT en fonction du temps (jours)	57
Figure IV.36 : La porosité de l'hourdis en béton avec 15% PT en fonction du temps (jours)	57
Figure IV.37 : La porosité de l'hourdis en béton avec 20% PT en fonction du temps (jours)	58
Figure IV.38 : Résistance à la compression des pavés en fonction du dosage de plastique	58
Figure IV.39 : Conductivité thermique en fonction du dosage de PT	58

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Les différents types de plastique et l'application après recyclage (Touhamie, 2013)	19
Tableau III.1 : Formulation des hourdis en béton pour 1m ³ sur chantier	25
Tableau III.2 : Analyse granulométrique	26

Chapitre I

Introduction Générale

I.1 .Introduction

L'élimination des déchets de plastiques devient un problème majeur de gestion des déchets. Comme le plastique est extrêmement durable et non naturellement biodégradable, il restera dans les décharges avec très peu de dégradation au fil du temps, présentant un risque environnemental permanent. Cela favorise le recyclage avant l'élimination et la valorisation énergétique. L'une des chemins de recyclages potentiels les plus importantes se trouve dans la construction de génie civil.

En Algérie, comme dans de nombreux pays du monde, la quantité de déchets plastiques augmente et occupe une grande partie des déchets solides. La valorisation de ses déchets par leur introduction dans le béton apparaît comme l'une des solutions en raison de ses avantages économiques et écologiques. La recherche actuelle sur les matériaux s'intéresse au développement de nouveaux matériaux de construction, dans le but d'améliorer les propriétés mécaniques, physiques et thermique. Parmi ces matériaux, qui peuvent être exploités, notamment le verre sous forme de solide fine, et les déchets plastiques utilisés comme fibres de renfort. [6]

Ce travail vise à étudier la possibilité de l'utilisation des déchets de polymère (PT) dans la fabrication des blocs de béton. L'influence de la proportion des déchets utilisés sur les caractéristiques physico-mécaniques et thermique du nouveau matériau a été étudiée et analysée.

I.2. Problématique

Les problèmes environnementaux que posant les déchets plastiques imposent de chercher une solution rapide et durable. Le thème de ce travail porte sur la production des blocs du béton (hourdis etc.) à partir des matériaux plastiques et granulats recyclés.

Les déchets de plastique elles représentent une grande partie de la masse totale des ordures ménagères, et n'étant pas dégradables, elles forment un véritable danger pour l'environnement. Il y'a donc lieu d'encourager leur recyclage. Pour notre bien-être et ceux des générations à venir, nous avons choisi de valoriser les déchets plastiques pour la fabrication des matériaux de construction. Les blocs de béton en Algérie ont de mauvaises

caractéristiques : une absorption d'eau élevée, une faible résistance à la compression et à la flexion et une mauvaise conductivité thermique.

I.3. Objectif de travail

L'objectif général visé est alors de résoudre un problème environnemental en valorisant les déchets plastiques par la conception de matériaux utilisables et respectant les normes de qualité pour le revêtement. Les objectifs spécifiques visés pour atteindre cet objectif général sont :

- Etablir un procédé d'utilisation des déchets plastiques.
- Optimiser les teneurs de déchet plastique.
- Caractériser les matériaux élaborés.
- Améliorer certaines caractéristiques physiques, mécaniques, phoniques et thermiques.
- Diminuer la capacité d'absorption,
- Diminuer la pollution de notre environnement.
- Diminuer cout total de bloc de béton.

I.4. Structure de travail

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

- **Le chapitre 1** : L'introduction générale sur le sujet et la problématique, ensuite l'objectif de travail, enfin la structure de ce mémoire.
- **Le chapitre 2** : une recherche bibliographique : nous allons exposer les déchets de plastiques dans le domaine de génie civil et les blocs de béton (hourdis).
- **Le chapitre 3** : est consacré à la méthodologie de travail, dans lequel nous allons exposer la méthode, les mélanges et les variantes préparées.
- **Le chapitre 4** : est principalement consacré à l'analyse des résultats obtenus.
- **Le chapitre 5** : nous présentons une conclusion générale sur le travail réalisé.

Chapitre II

Revue

Bibliographique

II. Introduction générale

Dans ce chapitre nous allons faire une présentation sur les matériaux qui sont l'objet de cette étude.

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 la définition de l'hourdi et le processus de fabrication des parpaings et les différents types des blocs de béton (hourdis etc.), dans la deuxième partie nous présentons les pavies, et dans la troisième partie nous présentons les principes types de plastique et cycle de recyclage de plastique, et on a mentionné des recherches sur la résistance à la compression et à la flexion, l'absorption porosité et conductivité thermique du bloc de béton.

II.1. Hourdis

II.1.1.Introduction

Le bloc de béton creux est l'un des éléments de maçonnerie les plus courants dans la construction et les ingénieurs ont travaillé pour que le béton réponde aux nouvelles exigences liées à la protection de l'environnement. Il est constitué de ciment durci et peut être complétement plein ou contenir un ou plusieurs creux. Il est fabriqué à partir de mélange de ciment classique et de différents types de granulats. Ceux-ci comprennent : le sable, le gravier, la pierre concassée, le schiste ou l'argile expansés, les cires volcaniques, les scories, la pierre ponce,... etc. différents types de blocs sont fabriqués pour être utilisés dans la construction de murs. L'unité de maçonnerie en béton ou bloc de béton est un élément important et courant dans la construction de bâtiments. [1]

II.1.2.Historique

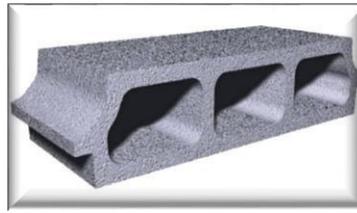
Les planchers antiques d'étage basiques avaient comme premiers éléments structurels (jusqu'au début du XX^e siècle inclus) des poutres à peine équarries, peu espacées (entre 6 et 14 cm en moyenne). Leurs espaces étaient remplis par le dessus de pierres « plantées » verticalement, côte à côte. Un mortier grossier (de plâtre, de chaux, d'argile, de ciment, de terre, de torchis, etc.) 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

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



Hourdis en béton précontrainte



Hourdis en béton



Hourdis en polystyrène



Hourdis en plastique



Hourdis en bois

Figure II.1 : les différents corps creux.

II.1.4. Processus de fabrication des parpaings

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



Figure II.2 : fabrication des hourdis.

II.1.5. Les différents types de l'hourdis

II.1.5.1. Hourdis 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.



Figure II.3. Hourdis béton.

Ces hourdis sont destinés :

- ✓ Les hourdis qui vont recevoir une table de compression (ex : 12, 16, 20...) et avec lesquels on va réaliser des plancher 12+4, 16+4.



Figure II.4 : Hourdis en béton avec une table de compression.

- ✓ Les hourdis TCI (à table de compression incorporée).



Figure II.5 : Les hourdis TCI.

II.1.5.1.1. Désignation de l'hourdis béton

Les entrevous béton sont désignés par trois nombres de 2 chiffres représentant les cotes de 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.

II.1.5.1.2. Caractéristiques d'entrevous (500×150×200) mm

D'après les NF EN 771-3ET 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/m^3 .
- Masse volumique apparente sèche des blocs d'angle : 644 kg/m^3 .
- Dimensions de fabrication : $494 \times 150 \times 190 \text{ (L} \times \text{l} \times \text{h)}$.
- 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.1.5.2. Hourdis en polystyrène

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

Ces hourdis sont destinés :

A. Pour le vide sanitaire

- Les hourdis sans languette : la sous face de la poutrelle. Utilisé en complément d'isolation de plancher à dalle flottante ou en plancher chauffant.
- Les hourdis à languette : languette en 3 cm passe sous la poutrelle.

B. Pour les hautes de sous-sol

Ces hourdis sont destinés à rester apparents. Ils sont plats et surtout ignifugés pour être conformes à la réglementation incendie.

Le coefficient thermique est égal à :

- $U_p = 0.35$ jusqu'à des U_p de 0.23 . [3]

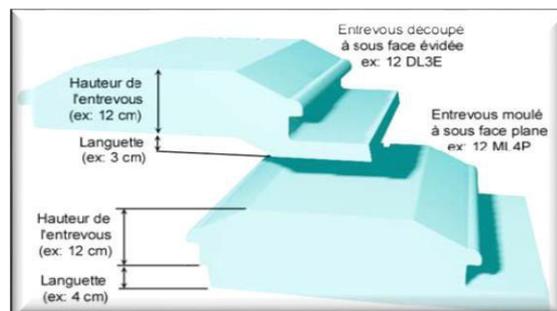


Figure II.6 : Désignation des hourdis en polystyrène.

II.1.5.2.1. Désignation des hourdis en polystyrène

La hauteur de l'entrevous est donnée par la cote mesurée entre le dessus de la poutrelle et la dessus de l'entrevous même lorsqu'il existe une languette en sur-épaisseur (ex : entrevous 12.57.103 D L4 E).

II.1.5.2.2. Les avantages

- Ils offrent une excellente isolation thermique.
- Facilité de pose.
- Possibilité de passer des gaines.
- Vide sanitaire.
- Zones sismique 0, 1, 2, 3 et 4.
- Haut sous-sol (M1).
- Construction neuve ou rénovation.



Figure II.7 : Plancher de l'hourdis polystyrène.

II.1.5.3. Hourdis en terre cuite

Notre hourdis est préfabriqué en terre cuite, creux et léger, il est utilisé spécialement pour des planchers. Associé à des poutres précontraintes, il a presque les mêmes caractéristiques que creux en béton, la différence c'est que l'hourdis en terre cuite permet une bonne isolation et une pose avec plus de légèreté et il se découpe facilement, en plus il possède une meilleure efficacité thermique et protège contre les bruits sonores produits à l'extérieur.

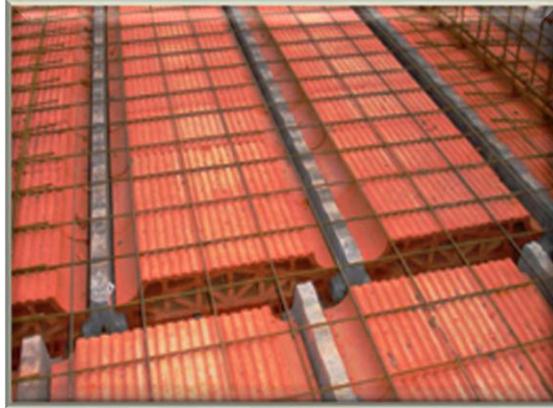


Figure II.8 : Plancher par hourdis en terre cuite.

II.1.5.3.1. Les avantages

- Les planchers en terre cuite ont une bonne résistance au feu.
- Rapidité de mise en œuvre.
- Optimisation de structure.
- Bon isolant phonique.
- Les hourdis en terre cuite sont lourds par rapport à creux en bois ou en polystyrène mais ils restent assez légers et faciles à manœuvrer contrairement à creux en béton.

II.1.5.4. Hourdis précontraint

L'élément de plancher en béton armé ou précontraint est l'un des piliers les plus importants de la construction moderne et utilisés dans les bâtiments actuels. Il est l'une des solutions des plus rapides et plus fiables pour constituer un plancher entre deux étages de maçonneries. Les hourdis précontraint se posent directement sur les murs porteurs et sont solidarités entre eux grâce à une chape de compression (environ 5cm d'épaisseur).

La technologie d'un béton précontraint permet d'éviter la fissuration du béton dans le plafond.

Ces hourdis présentent 4 hauteurs : 12, 15, 20 et 25 cm et 3 largeurs 34, 59, et 120 cm.



Figure II.9 : l'élément de plancher en béton précontraint.

II.1.5.4.1. Les avantages

- Hourdis précontraint est une solution plus économique.
- Il est un matériau très fiable et a prouvé sa solidité.
- Il est facile et rapide à mettre en place.
- Il annule les déformations différées dues au fluage du béton.
- Les hourdis sont fournis pour présenter une résistance au feu de 1h.
- L'hourdis précontraint possède de meilleures qualités physiques et subies moins les influences agressives de l'environnement (une meilleure durabilité à long terme).

II.1.5.5. Hourdis en bois

Le bois est un matériau traditionnellement utilisé pour la construction de plancher.

Hourdis en bois est beaucoup légers que les hourdis en béton, c'est produit se transportent et se découpent plus facilement et sont faciles à mettre en œuvre.

L'utilisation des hourdis en bois améliorent les conditions de travail des compagnes comme la productivité du chantier.

Les risques d'écrasement des doigts sous des pieds sont éliminés.



Figure II.10 : Plancher par hourdis en bois.

II.1.5.5.1. Les avantages

- Légèreté.
- Ils sont plus simples à poser.
- Facilité d'emploi, transport et stockage.
- Une bonne isolation phonique.

II.1.5.6. 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 rénovation.



Figure II.11 : Emplacement hourdis plastique sur les poutrelles.

II.1.5.6.1. Les avantages

- 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.

II.2. Les pavés

Un pavé est un bloc généralement en pierre, en bois ou en béton, utilisé pour le revêtement de la chaussée –le pavage.de nos jours, il est utilisé essentiellement pour des voies piétonnières ou rarement empruntées, dans les secteurs historiques ou pour de courts segment de routes. (wikipédia)



Figure II.12 : Route pavé moderne.

II.2.1. Les différents types des pavés

- Les pavés mécaniques en béton. Les pavés en brique. Les pavés en marbre. Les pavés en pierre. Les pavés en bois debout. Les pavés autobloquants. Les pavés en céramique.
- Les pavés en plastique.

II.2.2. Les caractéristiques des pavés

- Conception souple de la forme et de la taille.
- Bonne résistance à l'abrasion.
- Haute résistance à la compression. [4]

II.2.3. Mise en œuvre des pavés

Préparation, contrôle, piquetage, excavation, niveau, mise en œuvre de la couche de fondation, compactage, vérification des niveaux, mise en œuvre de la couche de pose, vérification des niveaux, pose des pavés, contrôle des alignements, préparation avant le compactage, sablage de finition et fin du chantier.

II.2.4. Les avantages

- Ils sont faciles et rapides à poser.
- Ils en existent de toutes les formes, de toutes les tailles et dans de très nombreux coloris.
- Ils sont disponibles en différentes finitions.
- Avec des pavés, vous pouvez choisir le motif de pose : à mi-joints, en carré, en chevrons, en arc de cercle, etc.
- Les pavés sont faciles à entretenir et résistent aux intempéries.

II.3. Le recyclage du plastique

II.3.1. Introduction

Dans le passé, des matériaux de base durables comme la pierre, le bronze et le fer, mais également les matières plus éphémères telles que le bois, le cuir, le lin ou la laine, ont joué un rôle important dans la société. Afin de répondre à la demande croissante de certaines de ces matières et d'améliorer par la même occasion leurs précieuses propriétés, la science et le secteur industriel des 19^{ème} et 20^{ème} siècles ont développé de nouveaux produits : les matières plastiques (Bidjan, 2008).

Ces derniers ne proviennent plus de l'agriculture ou de l'élevage mais plutôt du charbon et du pétrole, et résultent des progrès spectaculaires de la chimie.

Les matières plastiques sont devenues en l'espace d'une vingtaine d'années une source indispensable de produits dans pratiquement tous les secteurs de consommation et présentent de nombreuses propriétés parfois inégalables (Bidjan, 2008).

L'Union européenne est, après la Chine, le deuxième producteur mondial de plastique.

Ce qui a représenté 25 millions de tonnes de déchets en 2012. Sur ce total 38% sont mis en décharge, 36% incinérés et 26% recyclés. Et la France est loin d'être un élève modèle, avec 20% seulement de recyclage quand la Norvège, premier de la classe, atteint les 37%.

La France, qui s'est fixé un objectif de diminution de 50% des volumes mis en décharge, d'ici à 2020, pourrait introduire, comme d'autres pays européens, une interdiction progressive de mise à la benne de certains déchets valorisables, comme les plastiques (Clara et al, 2014).

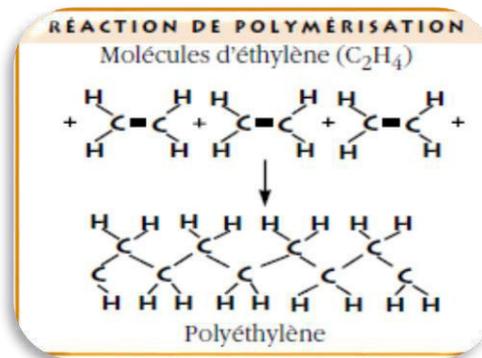


Figure II.14 : Polymérisation de PET.

II.3.5. Qu'est –ce que les monomères ?

Les monomères sont des substances organiques, qui se composent de Carbone (C), Hydrogène (H), oxygène (O), Azote (a), utilisée dans la synthèse des oligomères et de polymère au cours d'une réaction de polymérisation.

II.3.6. Principaux types de plastiques qui nous entourent

Il existe trois types de plastique servant, avant et après recyclage, à la fabrication d'objets divers :

- Le PVC (polychlorure de vinyle), est composé le plus connu du grand public , principalement consacré au conditionnement des eaux , boissons rafraichissantes , vin et vinaigre . cette matière est remplacée par le PET.
- Le PEHD (polyéthylène haute densité) utilisé pour fabriquer les bouteilles et flacons contenant lait, lessives pour lave linge ou lave –vaisselle, adoucissants, assouplissants détergents
- Le PET (polyéthylène) servant à la fabrication des bouteilles d'eau boissons gazeuses on plates vin, cidre, huile(50activités à la découverte du monde par l'investigation au cycle 2 CRDP de l'Académie de Toulouse, 2013). [5]



Figure II.15 : Le PVC.



Figure II.16 : Polyéthylène haute densité (PEHD).

II.3.7. Les principales familles de plastique

II.3.7.1. Thermoplastiques

Les polymères sont soit linéaires soit ramifiés, ces matières plastiques peuvent être ramollies sous action de la chaleur et donc remodelés, leur mise en forme est réversible.

II.3.7.2. Elastomères

Les macromoléculaires sont disposées en réseau à mailles larges, les matières ainsi constituées sont caoutchouteuses mais ne peuvent être reformées sous l'action de la chaleur, leur mise en forme est irréversible, il est possible de changer leur forme, mais dès l'action de cette force s'arrête, elles reprennent leur aspect initial.

II.3.7.3. Thermodurcissables

Comme les précédents, elles sont constituées de réseaux tridimensionnels mais avec un maillage beaucoup plus serré. Cela donne des matières plastiques rigides que même la chaleur ne peut faire changer d'état physique (Yves Pétassant). [2]

II.3.8. Les avantages du plastique

- C'est la raison pour laquelle l'industrie du plastique s'est unie pour faire connaître 10 avantages apportés par ce type de matériau.
- Ce sont de bons matériaux totalement sûrs pour la santé.
- Ils conservent les aliments et réduisent leur gaspillage.
- Ils sauvent des vies.
- Ils sont des utilisations de longue durée.

II.3.9. Les inconvénients du plastique

- L'utilisation des produits chimiques potentiellement dangereux pour la nature terrestre, qui sont ajoutés comme stabilisateurs ou colorants dans la fabrication des plastiques.
- La plupart des plastiques ne sont pas biodégradables et mettent beaucoup de temps voire des centaines d'années à se décomposer.
- Les produits en plastiques, en particulier les emballages en plastique que les humains se débarrassent juste après leur achat et qui affectent ainsi l'environnement et la santé publique.
- Leur collecte pour recyclage est de moins en moins suffisante. Quant à leur distribution dans des centres d'enfouissement technique (CET) efficace est de moins en moins une préoccupation majeure pour les pouvoirs publics.



Figure II.17 : Les traits de déchets dans les décharges.

II.4.1. Définition de recyclage

Le recyclage est un procédé de traitement des métaux, plastiques déchets (déchets industriels ou ordures ménagères) qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit similaire arrivé en fin de vie, ou des résidus de fabrication. L'un des exemples qui illustre ce procédé est celui de la fabrication des bouteilles neuves avec le verre de bouteilles usagées, même s'il est considérablement moins efficace énergétiquement que le système des récipients de verre consignés (lait, eau minérale, vinaigre, huile, pots de yaourts ...). [2]

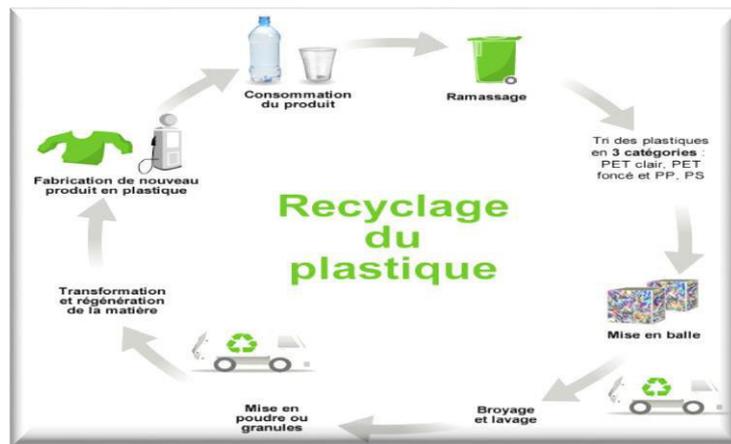
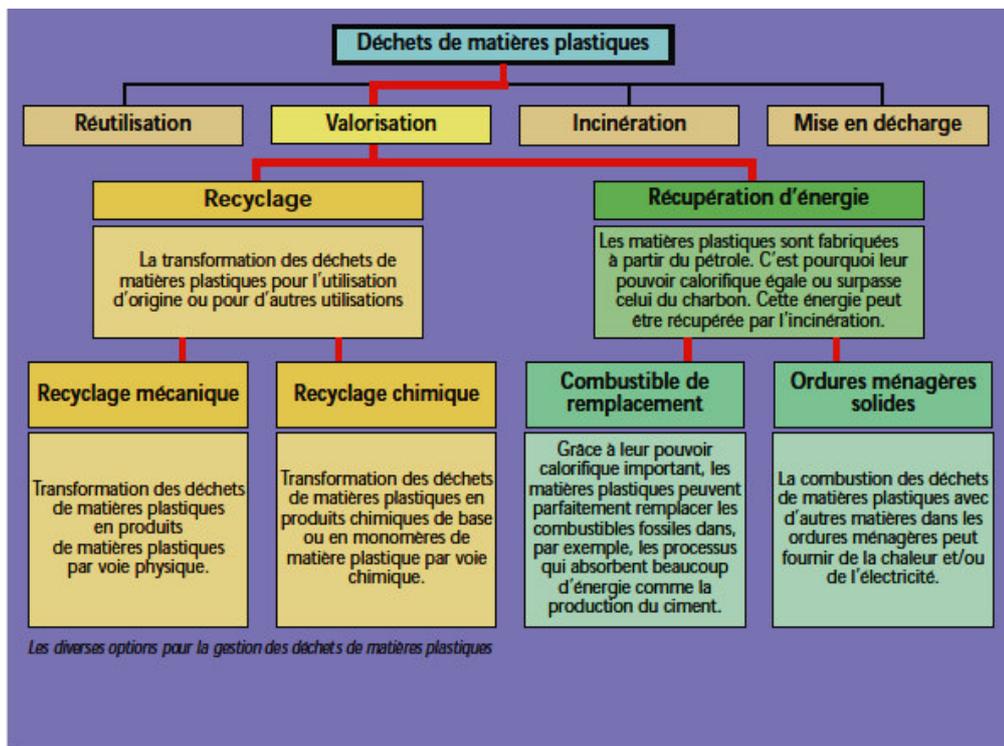


Figure II.18 : Le cycle de recyclage de plastique.

II.4.2. Types de destination éventuelle des déchets plastique [2]



II.4.3. Cycle de recyclage des bouteilles PET

Ce recyclage comprend plusieurs étapes symbolisées sur la figure ci-contre :

- Affinage par tri-optique, Broyage, Séparation des bouchons, Régénération en granules, Injection et soufflage, Nouvelles bouteilles, Tri et collecte à la source, Mise en balle.

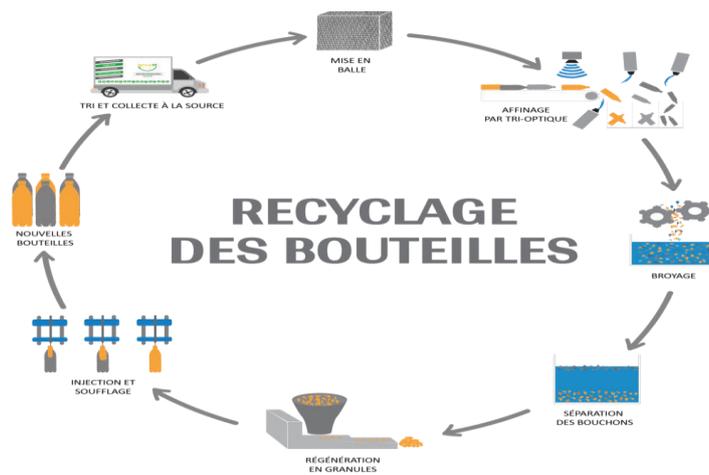


Figure II.19 : Cycle de recyclage des bouteilles PET.

II.4.4. La composition de plastique

Les matières plastiques se composent de différents éléments principalement :

- Le carbone(C), L'hydrogène(H), L'oxygène(O), L'azote(N), Le chlore (C), Le soufre (S). [5]

II.4.5. Caractéristiques physico-chimiques et repérage des plastiques

Triés recyclables

Tableau 1: Les différents type de plastique et l'application après recyclage (Touhamie, 2013).

Nom	Repérage d'après norme SPI	Applications initiales	Applications après recyclage	Température de fusion (transformation)	Température critique (dégradation)	Densité
PET polyéthylène téréphthalate	PET	Bouteilles (boissons gazeuses, eaux minérales, huiles comestibles...) Pots et flacons cosmétiques Films	Fibres polaires ou autres	260°	380°	1,34
PP polypropylène	PP	Films et sachets transparents (paquets de cigarettes, fleurs, bonneterie, produits alimentaires secs...) Tubes	Articles injectés, moulés techniques, mobilier de jardin	220°	310°	0,90
PEHD polyéthylène haute densité	HDPE	Bouteilles, flacons (lait, lessive...) Bidons (huiles moteurs, phytosanitaires...) Fûts et conteneurs Caisses et casiers Films pour routage	Bidons multicouches, containers, tuyaux, jouets, articles de camping	200°	240°	0,94
PVC Polychlorure de vinyle (rigide ou souple)	V	Feuilles pour thermoformage de gobelets Barquettes, boîtes alimentaires Blisters Films alimentaires Films pour les applications médicales	Profilés, tuyaux, contreforts pour chaussures, charges diverses	180°	270°	1,4
PEBD Polyéthylène basse densité	LDPE	Films rétractables ou étirables palettisation Sacs, sachets, boîtages	Sacs poubelle, films d'ensilage, moulage (articles ménagers, jouets...)	170°	230°	0,92
PS Polystyrène	PS	Feuilles pour thermoformage (pots de yaourts et autres produits laitiers, gobelets...) Bouchage	Moulage (jouets, articles ménagers...)	160°	350°	1,04

II.4.6. Les avantages de recyclage de plastique [5]

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

II.4.6 .1. Protection de l'environnement

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

II.4.6 .2. Préservation des ressources

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

II.4.6 .3. Soutenir l'économie locale

Le recyclage favorise l'économie locale et contribue par conséquent à la création d'emplois .Actuellement par exemple 15 entreprise employant plus de 300 personnes sont actives dans le domaine de la gestion des déchets. Ces avantages contribuent bien dans l'économie nationale des pays.

II.5. Conclusion

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

Alors, actuellement on a des types varié : hourdis béton, hourdis polystyrène, hourdis précontraint. Les matériaux recyclés comme déchets de plastique peuvent être utilisés dans les matériaux de construction comme bloc de béton pour améliorer ses propriétés et réduire le coût total.

Chapitre III

Méthodologie de travail

III.1. Introduction

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

En effet, notre recherche pour objet d'étude la possibilité d'utiliser les déchets de polyéthylène téréphtalate comme un ajout dans l'hourdis avec des taux de dosage (7%,10% ,15%,20% et 50% de plastique) et d'analyser le comportement d'hourdis à l'état durci par les essais de compression, flexion absorption de l'eau et porosité. Les essais sont effectués selon les normes européennes, normes françaises, British normes et ASTM.

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

- La résistance mécanique à la compression.
- La vitesse de prise.
- Surface spécifique (Blaine).
- La masse volumique absolue = 0.95 à 3.2 kg / m³. 3.05 à 3.2 kg/m³.
- La masse volumique apparente = 3.05 à 3.2 kg / m³. 0.95 à 1.2 kg/m³.

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 nouveaux matériaux qui s'appellent les hydrates responsables 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 . Déches de plastique

Les plastique ne sont pas ou peu dégradables naturellement, il n'est donc pas souhaitable de les mettre en décharge, pour éviter la pollution qu'ils peuvent occasionner, ils doivent entrer dans la chaine de récupération à cause de donner une seconde de vie à la matière première, alors en génie civil utiliser comme ajout dans la composition d'hourdis pour un but d'amélioration les caractéristique mécaniques et physique etc.

III.2 .5.1. Rôle déches de plastique

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
- Plastique recyclé (PT).

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.
- La température dans le laboratoire est dans l'ordre de 20 = 2°c.



Figure III .2 : Matériaux utilisé.

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 .1 : Formulation des hourdis en béton pour 1m³ sur chantier :

Matériaux	Dosages (kg /m3)
Gravier 3/8	1100
Sable 0/3	680
Ciment mâtime	350
Eau	150
Plastique	7% 10% 15% 20%50%

III .3 .1.1.Préparation des fibres plastiques

Après d'obtenir du déchet de plastique d'usine de Sétif ce forme de plastique broyé seulement et l'autre transformé (après une polymérisation) puis on fait un tamisage tous qui concerne la plastique transformé à l'aide d'un tamiseur granulométrique sur une série de tamis (2mm jusqu'à 0.08mm)



Figure III.3 : Les déchets du plastique transformé après le tamisage.

Tableau III.2 : Analyse granulométrique

Tamis	Refus cumulés (g) R_i	Refus cumulés % $R_i / M_s \times 100$	Tamisât cumulés % $100 - (R_i / M_s \times 100)$
2	30	3	97
1.6	117	11.7	88.3
1.2	285	28.5	71.5
0.8	572	57.2	42.8
0.63	671	67.1	32.9
0.5	770	77	23
0.4	854	85.4	14.6
0.315	917	91.7	8.3
0.25	952	95.2	4.8
0.2	969	96.9	3.1
0.16	984	98.4	1.6
0.125	994	99.4	0.6
0.08	998	99.8	0.2
Fond	1000	100	0

III.3.2. Matériels utilisés

- Moule d'hourdis.
- Des éprouvettes (10*10*10),(7*7*28)et (10 x 15 x5) cm³.
- Malaxeur de béton.
- Cône d'Abrams, règle gratuit 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 , plastique et l'eau .
- On pose le gravier 3/8 dans la malaxeur plus le sable 0/3 et le ciment et on commence à mettre en service le malaxeur après un certain temps (2min) puis on verse doucement l'eau, ensuite continuez la malaxage jusqu'à (4min) alors la durée total de malaxage sans plastique c'est 6 min.
- Pour le béton d'hourdis avec plastique on ajoute les fibres de plastique et on continue le malaxage jusqu'à ou vu le mélange homogène
- On prendre le moule de hourdis
- Ensuite on remplit les moules on pose les moules de béton hourdis sur la table vibrante pour vibrer les échantillons (60 secondes) puis elles couvrent par un sachet du plastique pour sauf garder les facteurs de conservation
- Après 24 h on les moules du béton puis on a conservé a deux milieux le premier par immersion total dans l'eau et l'autre dans l'armoire de conservation
- Pour l'hourdis en béton on a suivre les mêmes étapes.



Figure III.4 : 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 plastique.
- Malaxer pend 2 min.
- Introduire la quantité d'eau.

- Malaxer pendant 4 min et ajouter l'eau par petit quantité.



Figure III.5 : Malaxer.



Figure III.6 : 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'aptitude des ouillassions 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 faire la vibration sur la table vibration pendant 60s.
- Les moules sont maintenues à l'air libre an laboratoire pendant 24h.
- Après 24 h en pose les moules en milieu humide et d'autre immergé dans l'eau et déterminer la masse volumique de hourdis en béton.

b) Pour 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.



Figure III.7 : Vibration de moule l'ourdis et béton hourdis par table vibrante.

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 jours on fait mouiller ces éprouvettes par l'ajout d'une quantité d'eau en plus.



Figure III.8 : Bac de conservation



Figure III.9 : Armoire de conservation

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 Mayenne 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) (10x15x5 cm³) et l'hourdis.
- Balance électronique.
- Presse hydraulique (essai d'encrassements des éprouvettes – compression).



Figure III .10 : Ecrasement des hourdis.

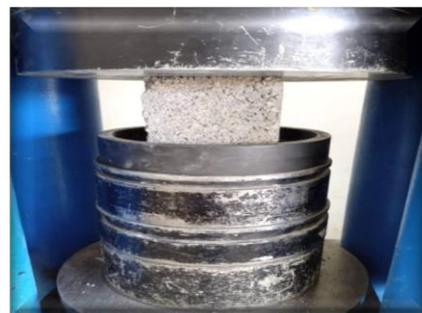


Figure III.11 : Ecrasement béton hourdis.

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

- Epreuves 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 diapositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appuis comme l'indique la figure ci-dessus :



Figure III.12 : Machine d'écrasement d'hourdis.

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 :

- Epruvettes 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 EN1097-6

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 : $C=1-6$

a) à l'état lâche : $PL=1-P_L$

b) à l'état compact : $P_c = 1 - P_c$

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 thermique



Figure II. 13 : Essai Thermique

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 plastique peuvent être adaptés comme matériaux de construction.

Chapitre IV

Résultats Et Interprétations

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons signifié tous les résultats obtenus des différents essais ainsi que leurs analyses. Les essais ont été effectués sur des éprouvettes normalisées de dimensions suivantes (10×10×10) cm, (7×7×28) cm et (10 x 15 x5) cm. En outre il a été effectué un test sur une éprouvette de taille réelle d'un hourdis en béton.

IV.2. Résultats et interprétations

IV.2.1. Résistance à la compression

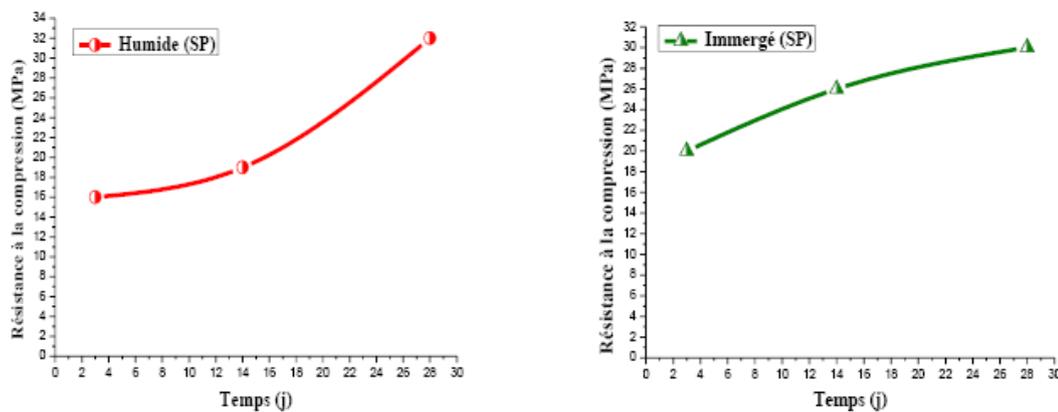


Figure IV.1 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Dans la Figure IV.1 la résistance à la compression des hourdis en béton sans plastique est améliorée d'une façon remarquable, les résultats à 14 jours 19 MPa avec gain (19%) et 32 MPa à 28 jours avec gain (68%) à l'état humide. A l'état immergé la résistance à la compression des échantillons en béton est 26 MPa à 14 jours avec gain (30%) et 30 MPa à 28 jours avec gain (20%) par rapport aux hourdis en béton traditionnel. Ces résultats confirment la caractéristique de ce hourdis selon la similaire recherche a revue bibliographique.

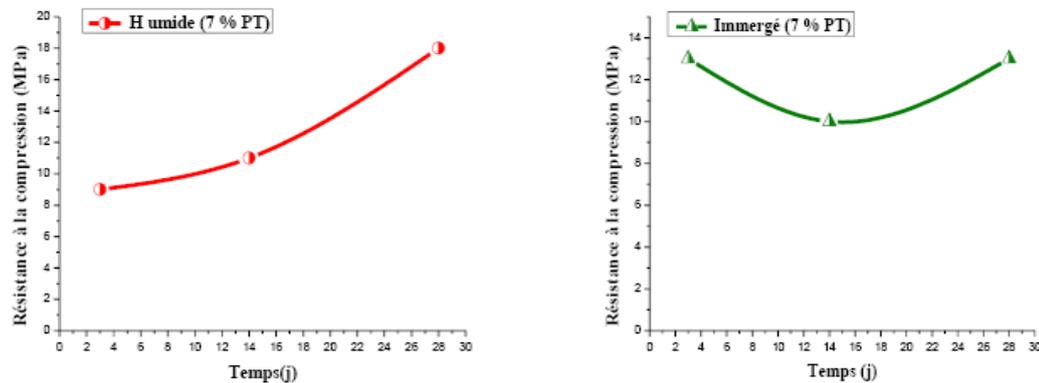


Figure IV.2 : Résistance à la compression des hourdis en béton avec 7% plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

La résistance à la compression des blocs en en béton avec plastique est remarquablement améliorée, à 14 jours elle atteint 11 MPa avec une amélioration de 22.22% et 18 MPa à 28 jours avec une amélioration de 63.6% à l'état humide. A l'état immergé, la résistance à la compression des hourdis en béton est baissée 10 MPa avec une perte (23.07%) et 12 MPa à 28 jours avec une amélioration de (20%).

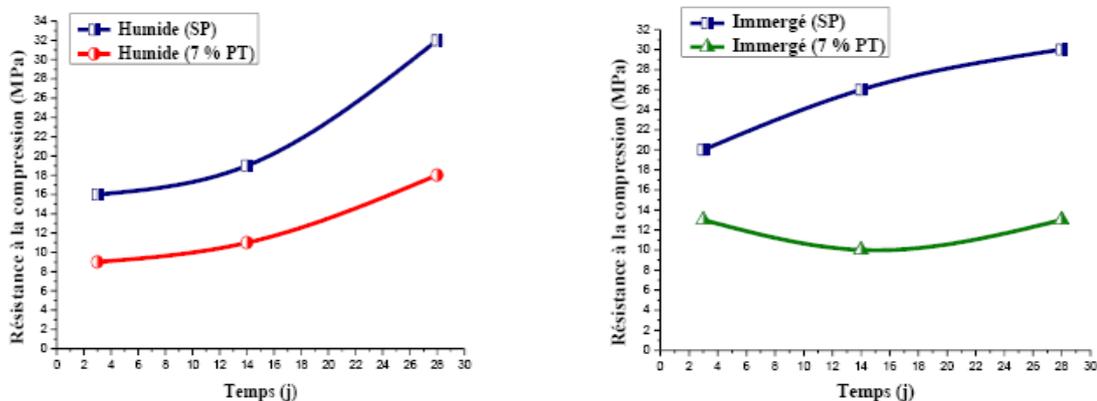


Figure IV.3 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 7% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.3, les résistances à la compression des hourdis en béton sans plastique et des hourdis en béton avec plastique sont comparables à l'état humide. On observe que à jeune âge les résistances à la compression très important tous ce que concerne le pourcentage de 7% d'ajout de plastique qui ajoute dans le béton d'hourdis, ces derniers qui augmenter successivement d'un gain (63.6%) par rapport l'hourdis sans plastique. Mais à l'état immergé

la résistance à la compression de béton hourdis avec 7% d'ajout de plastique est diminuée avec perte (23.07%) par rapport l'hourdis sans plastique. Ce dernier est amélioré avec gain (30%).

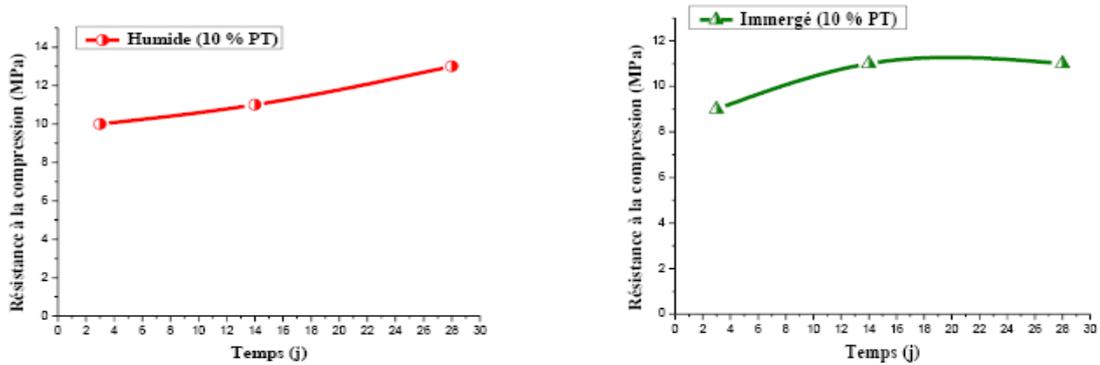


Figure IV.4 : Résistance à la compression de l'ourdis en béton avec 10% plastique en fonction du temps (jours).

➤ Interprétation

Selon la Figure IV.6, la résistance à la compression des hourdis en béton avec plastique est remarquablement améliorée, les résultats à 14 jours est 11 MPa avec gain (10%) et 13 MPa à 28 jours avec gain (18%) à l'état humide.

Et les résultats de la résistance à la compression à l'état immergé aussi amélioré d'une façon remarquable, à 14 jours elle atteint 11 MPa avec gain (22%) et elle reste 11 MPa à 28 jours par rapport aux hourdis en béton traditionnels.

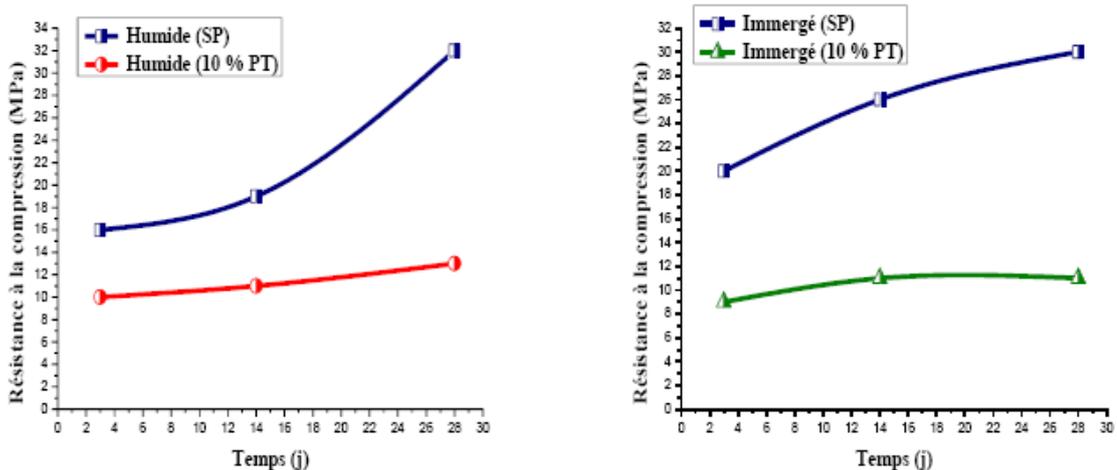


Figure IV.5 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 10% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.5, les résistances à la compression des hourdis en béton sans plastique et des hourdis en béton avec plastique sont comparables à l'état humide pour permettre. Les résultats obtenus à l'état humide donne que la résistance à la compression des hourdis en béton sans plastique c'est mieux que la résistance à la compression des hourdis avec plastique. Et les résultats obtenus à l'état immergé pour le 28 jours les hourdis avec plastique et témoin (sans plastique) sont baissé (0%) pour le dosage 10% et 20% pour témoin. On conclure que le type de conservation (immergé) influencé sur la résistance à la compression.

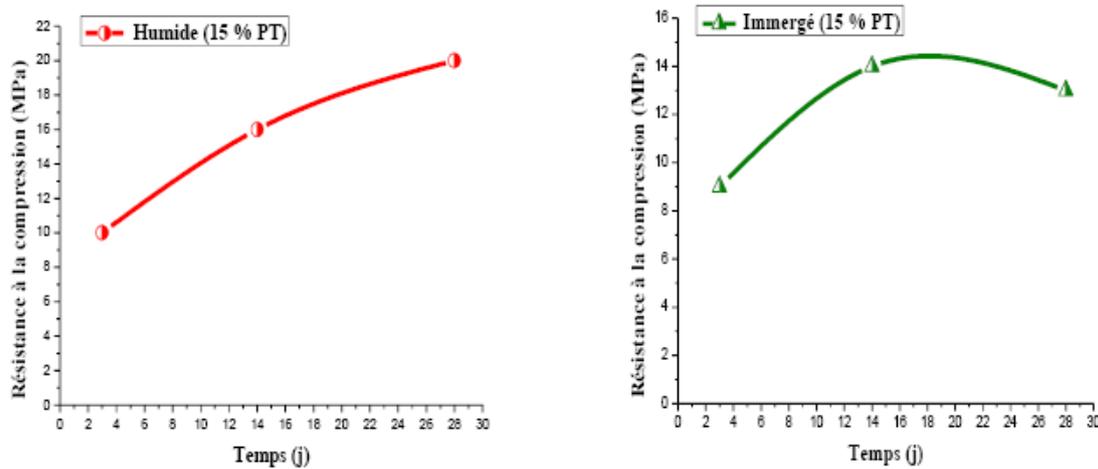


Figure IV.6 : Résistance à la compression de l'hourdis en béton avec 15% plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.6, présente la variation de la résistance à la compression d'une dosage 15% de plastique figurant en fonction de temps figurant en abscisses à l'état humide et à l'état immergé, on observe que les résistances au 14 jours augmenter par (60%) mais à 28 jours améliorée avec gain (25%) à l'état humide. Ca exprimé que 87% d'hydratation fait à 14 jours. Par contre à l'état immergé, ont noté que la résistance à 14 jours améliorer par gain (55%), mais à 28 jours la résistance est baissé par (7%).

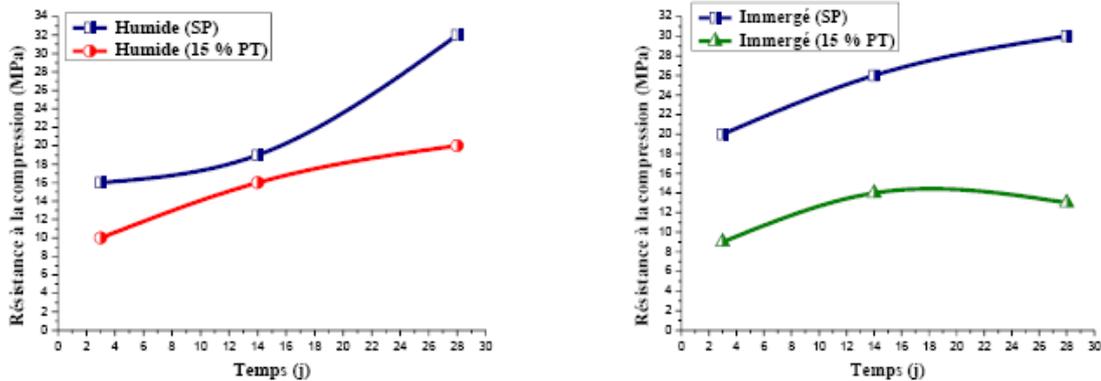


Figure IV.7 : Résistance à la compression de l’hourdis en béton avec 15% plastique et l’hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.7, on observe que la résistance augmente par 60% pour les hourdis en béton avec plastique par rapport l’hourdis sans plastique augmente par 19%, puis à 14 jours la résistance de dosage 15% est presque que témoin, ensuite à 28 jours la résistance de béton sans plastique est plus élevé par rapport les hourdis avec plastique à l’état humide. Mais à l’état immergé ont noté que les résistances des hourdis sans plastique est mieux que les hourdis avec plastique.

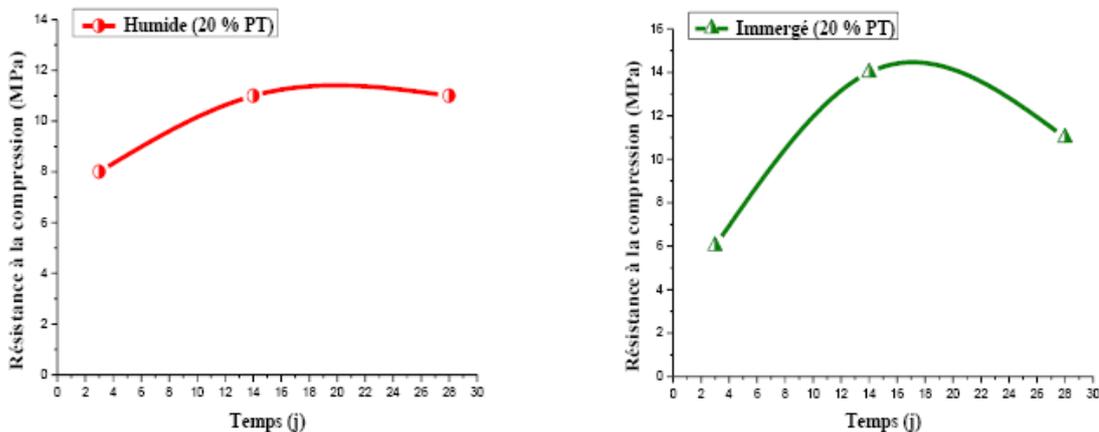


Figure IV.8 : Résistance à la compression de l’hourdis en béton avec 20% plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.8, on observe que la résistance entre 3 jours et 14 jours est augmenté par 37% mais à 28 jours la valeur de résistance est reste la même que la valeur à 14 jours (11 MPa) à l’état humide.

A l'état immergé, on n'observe que la résistance entre 3 jours et 14 jours augmentée par 100% mais à 28 jours elle est baissée avec une perte (21%) par rapport de blocs en béton traditionnel.

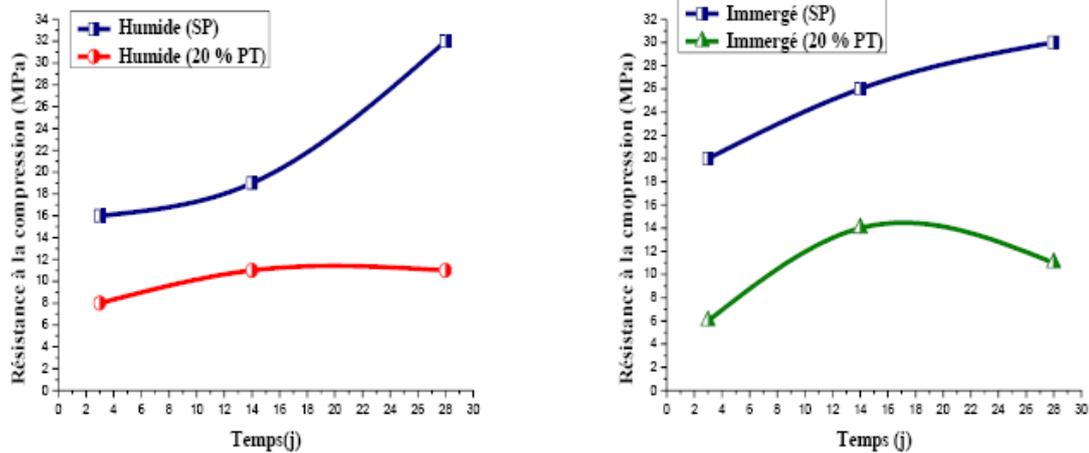


Figure IV.9 : Résistance à la compression de blocs en béton avec 20% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.9, les résistances à la compression des hourdis en béton sans plastique et des hourdis en béton avec plastique sont comparables à l'état humide et à l'état immergé pour permettre. On observe que les résistances des hourdis en béton sans plastique sont mieux que les résistances des hourdis en béton avec plastique. Alors l'ajout de plastique maintenir la résistance à la compression adaptée aux hourdis.

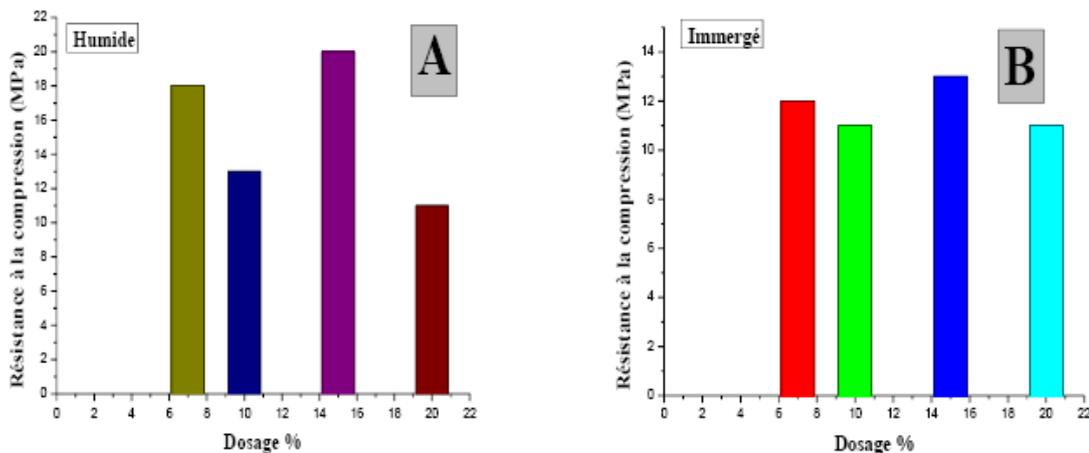


Figure IV.10 : Résistance à la compression de blocs en béton avec plastique en fonction de dosage du plastique(%) (A : à l'état humide, B : à l'état immergé).

➤ **Interprétation**

Il ressort clairement de la Figure 4.10 les résultats les plus élevés de résistance à la compression donnés lorsqu'on ajoute 15 % de déchets de plastique pour les deux conditions (humide et immergé).

IV.2.2. Résistance à la flexion

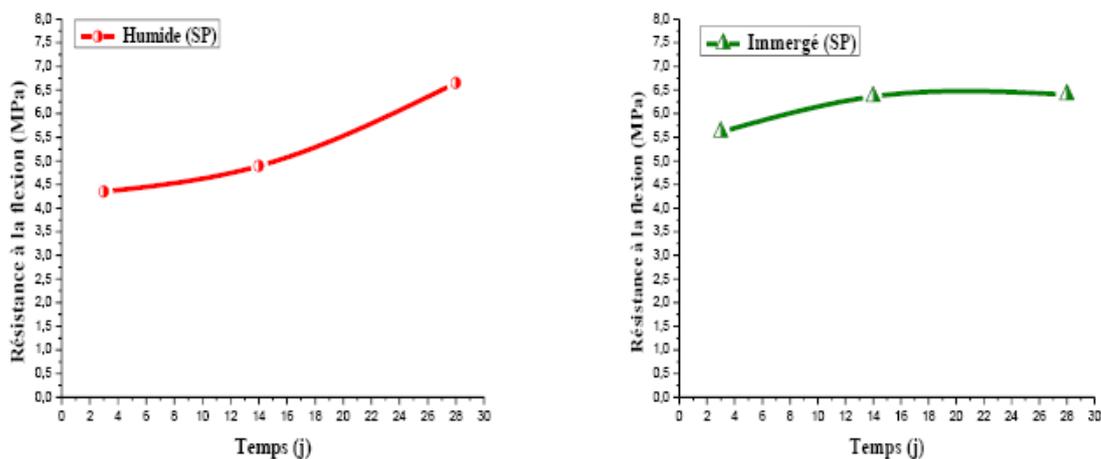


Figure IV.11 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

La Figure IV.11 exprime la résistance à la flexion du béton hourdis sans plastique transformé est notablement améliorée à 3jour avec gain de (92%) mais au 28 jour avec une amélioration de (68%) par rapport au premier jour de l'état humide. Ceci est en raison de hydratation de ciment ce qui donner un bloc en béton compact et rigide.

A l'état immergé, la résistance à la flexion au premier jour est augmentée par (19%) que l'état humide et 6.4 MPa à 28 jours avec une amélioration de (87%). Ensuite aux 14 et 28 jours elle n'est pas une grande amélioration à l'échelle de résistance de test de flexion. Alors pour cette raison, on dit que 95% d'hydratation faire aux 14 jours où par notre terme la résistance presque à cette période arrive à la résistance souhaiter.

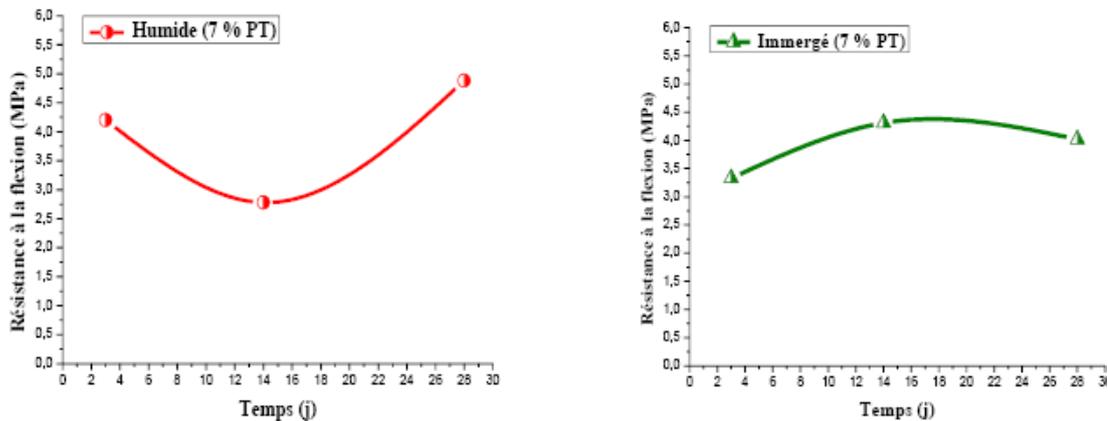


Figure IV.12 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 7% plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.12, on a noté que la résistance à la flexion d'un dosage de 7% du plastique transformé à l'état humide est baissée à 14 jours 2.78 MPa avec une perte (30.84%) par rapport au 3 jours (4.02 MPa) et elle atteint 4.88 MPa à 28 jours avec une amélioration de (75.53%).

A l'état immergé, les résistances à la flexion sont augmentées d'une manière ascensionnelle, d'abord à 14 jours la valeur augmente par (29%) mais à 28 jours est baissée 4.02 MPa avec une perte de (6.72%) par rapport au 14 jours (4.31 MPa). Donc on peut conclure que le déchet de plastique transformé influe sur la résistance de la flexion pour béton hourdis par un petit pourcentage.

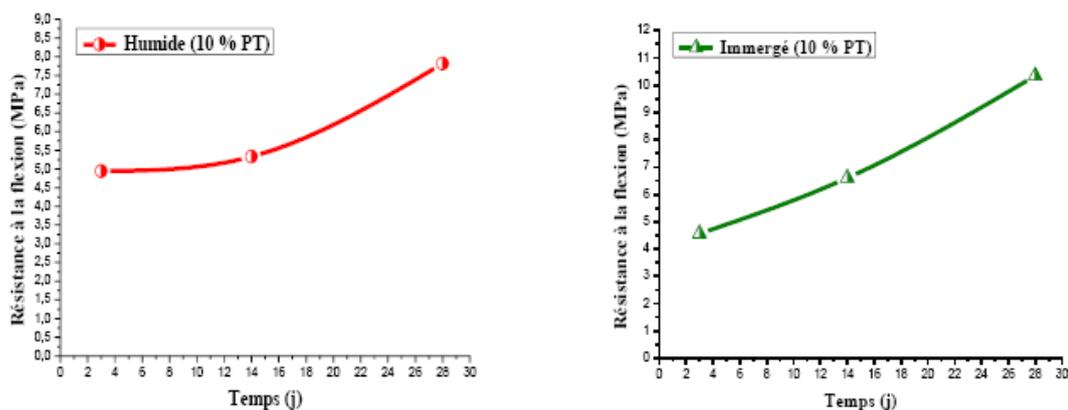


Figure IV.13 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 10% plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.13, on n’observe que la résistance à la flexion avec un ajout de 10% de plastique transformé en fonction du temps à l’état humide à 14 jours une augmentation par (46.7%) par rapport à 28 jours 7.82 MPa d’un gain (58.2%) par rapport 3 jours. Donc ces résultats n’expriment que le grand pourcentage de l’hydratation fait pendant 14 jours.

A l’état immergé, ont noté que les résistances au test de flexion plus efficace que l’état humide grâce à ce dernier la résistance est augmenté par (32%) ensuite elle est données des résistances à 28 jours très raisonnable par rapport béton hourdis sans plastique. Donc on peut conclut que le déchet du plastique transformé qui ajouter dans le bloc de béton augmenter l’adhérence entre les particules des grains et minimiser les pores capillaires.

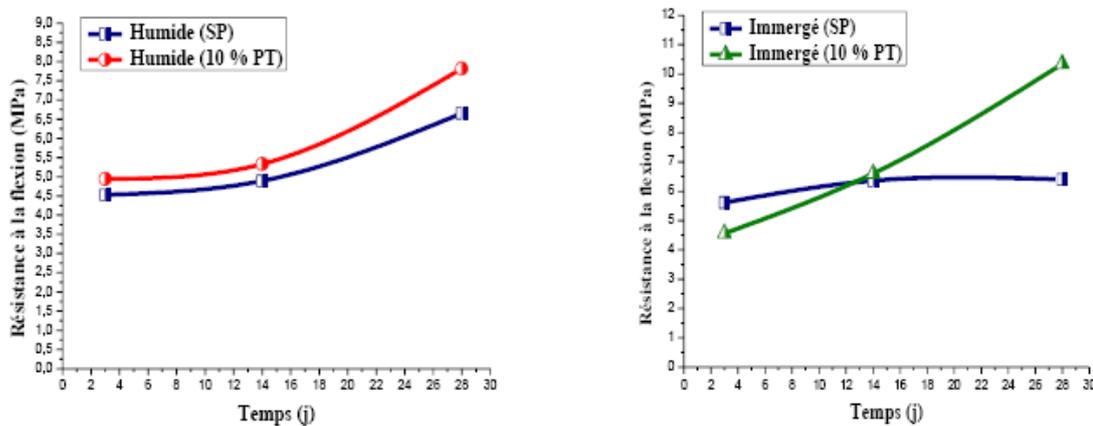


Figure IV.14 : Résistance à la flexion de l’hourdis en béton avec 10% plastique et l’hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Après les valeurs présentées dans la Figure IV.14 en peut dire à jeune âge la résistance à la flexion pour le dosage 10% PT est plus identique que témoin à l’état humide mais à l’état immergé à jeune âge la résistance à la flexion des hourdis en béton sans plastique est élevée que la résistance des hourdis avec plastique ensuite ce dernier est augmentée plus que témoin. Alors, on conclut que le dosage de déchet de plastique transformé et le mode de cure influe sur les caractéristiques mécaniques et physiques de l’hourdis en béton.

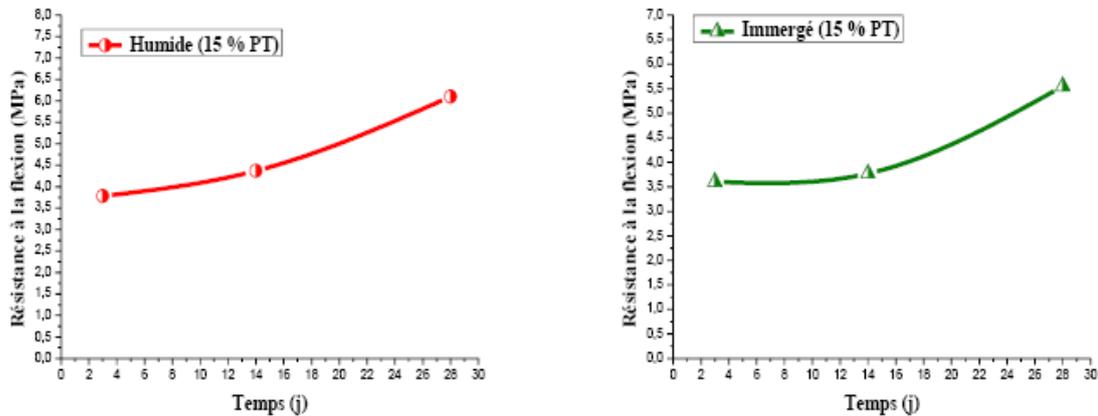


Figure IV.15: Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 15% plastique en fonction du temps (jours).

➤ Interprétation

La Figure IV.15 présente la résistance à la flexion des hourdis en béton avec plastique transformé est remarquablement améliorée à 3 jours 3.78 MPa avec gain (15.6%) et 6.10 MPa à 28 jours avec gain de (61.3%) à l'état humide par rapport aux bétons hourdis sans plastique. Ces résultats confirment que le plastique joue un rôle positif pour donner la meilleure caractéristique de ce béton hourdis.

A l'état immergé, la résistance à la flexion des hourdis en béton avec plastique est améliorée d'une façon remarquable à 3 jours 3.60 MPa avec gain de (4.7%) et 5.55 MPa avec gain de (54%). Ces résultats confirment la bonne caractéristique de ce béton hourdis.

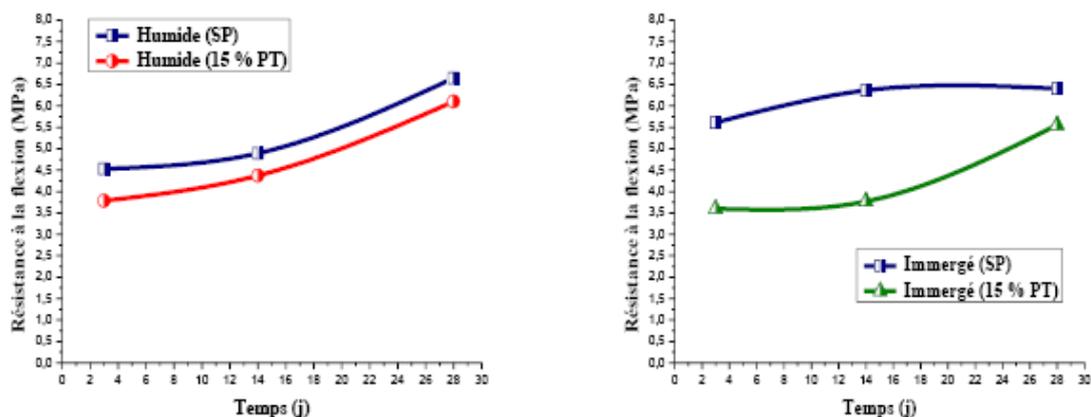


Figure IV.16 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec 15% plastique et l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ Interprétation

Selon la Figure IV.16, l'ajout de liant hydraulique permet une amélioration remarquable des paramètres mécaniques de la résistance à la flexion de bloc de béton en fonction du temps.

Cela est un effet majeur d’hydratation du ciment. Il est à noter que la résistance à la flexion de l’hourdis en béton avec plastique à l’état humide est mieux per rapport témoin, mais à l’état immergé, la résistance à la flexion des hourdis en béton sans plastique permet la meilleure amélioration.

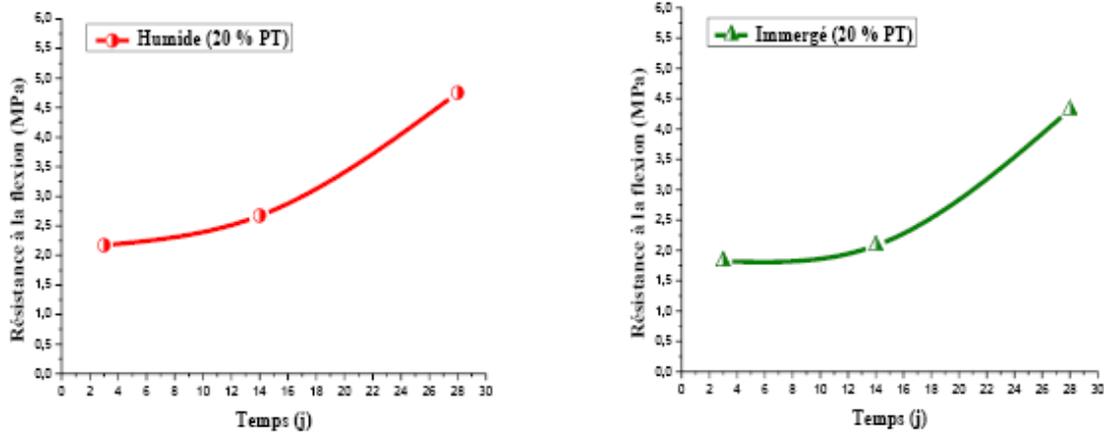


Figure IV.17 : Résistance à la flexion de l’hourdis en béton avec 20% plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

La résistance à la flexion des hourdis en béton avec plastique est améliorée d’une façon remarquable à 3 jours 2.17 MPa avec gain de (23.04%) et 4.75 MPa à 28 jours avec gain de (100%) à l’état humide. Par contre l’hourdis en béton traditionnel a une résistance à la flexion de l’ordre de 0.5 MPa.

A l’état immergé, la résistance à la flexion est améliorée à 3 jours 1.82 MPa avec gain de (14.2%) et 4.32 MPa à 28 jours avec gain de (100%) par rapport aux hourdis traditionnels en béton. Ces résultats confirment la bonne caractéristique de ce hourdis.

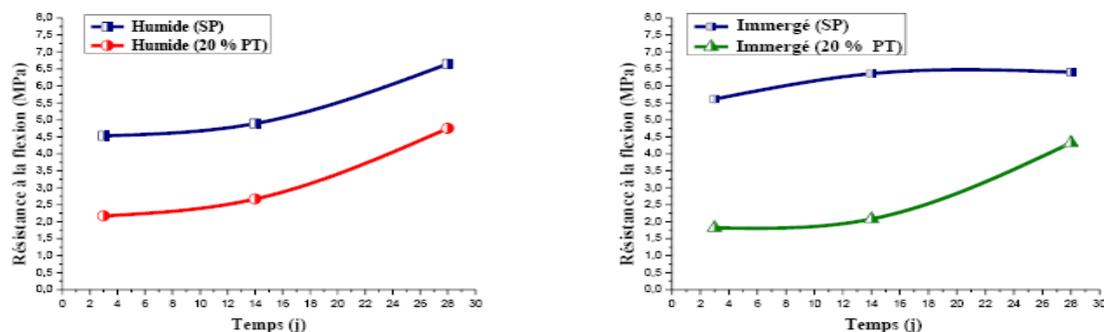


Figure IV.18 : Résistance à la flexion de l’hourdis en béton avec 20% plastique et l’hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Après les valeurs présentées dans la Figure IV.18, on peut dire que la résistance à la flexion des hourdis en béton sans plastique est plus identique que les hourdis en béton avec plastique à l'état humide et immergé, mais les hourdis avec plastique donnent une bonne amélioration que témoin. Ces résultats confirment que les déchets de plastique influent sur les caractéristiques mécaniques et physiques de l'hourdis en béton.

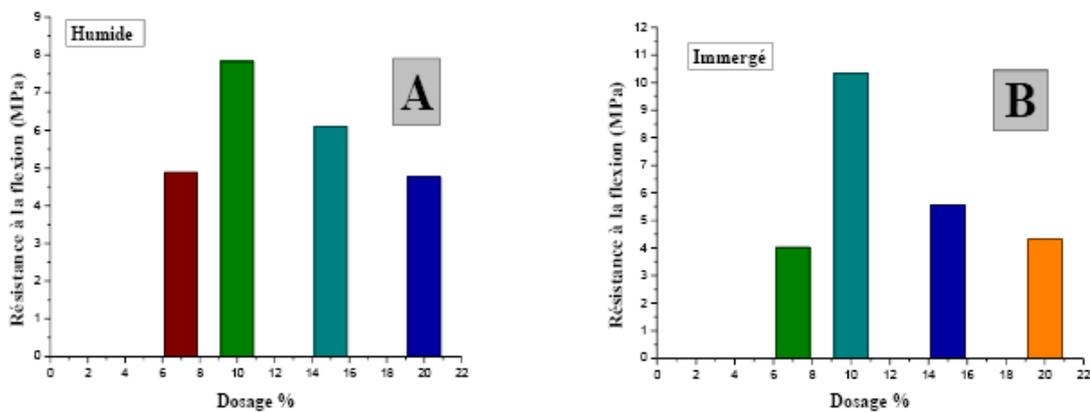


Figure IV.19 : Résistance à la flexion de l'hourdis en béton avec plastique en fonction du dosage de plastique(%) (A : à l'état humide, B : à l'état immergé).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.19, toujours à 28 jours il a été remarqué qu'une valeur de résistance à la flexion pour l'hourdis de dosage 10% augmente de 40%. On observe que la résistance à la flexion est diminuée en fonction des autres dosages de plastique à 28 jours pour les deux milieux de conservation mais à l'état immergé elle est plus baissée que l'autre cas. Alors on explique ça que le milieu de conservation joue un rôle important dans l'hydratation et la formulation complète des hydrates.

IV.2.3. Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression

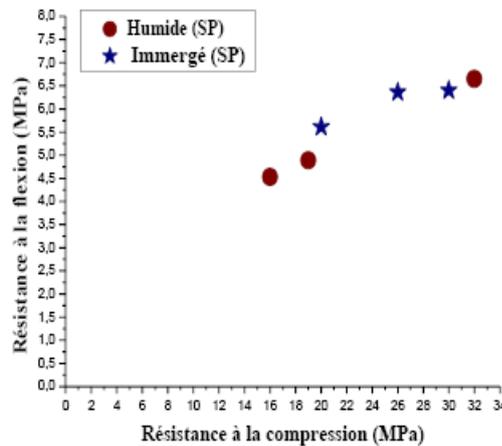


Figure IV.20 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression à 28 jours (sans plastique).

➤ Interprétation

Après la figure IV.20, il est noté que la résistance à la flexion de béton hourdis sans plastique en fonction de la résistance de compression à l'état immergé au premier jour elle augmente que à l'état humide mais à 28 jours les valeurs de milieu humide est plus augmente par rapport l'état immergé. Donc on a une relation entre la résistance de flexion et de compression pour les deux milieux ensuite ces résultats expliquent que les résistances à 28 jours presque identiques pour les deux modes de cure.

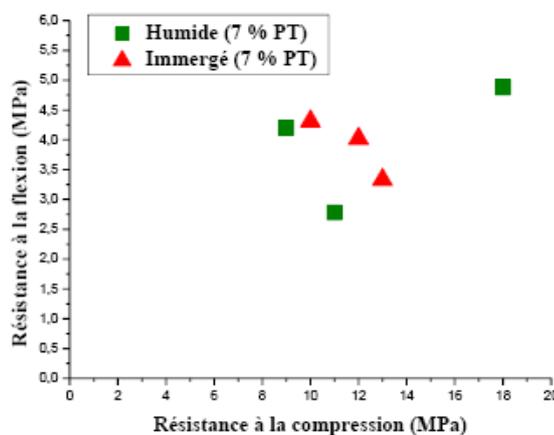


Figure IV.21 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 7% PT à 28 jours.

➤ **Interprétation**

Après la Figure IV.21, il est observé que la résistance à la flexion de béton hourdis avec 7% de plastique transformé en fonction de la résistance de compression à l'état immergé aux premiers jours, elle augmente que l'état immergé mais à 28 jours la résistance à la flexion à l'état humide augmente que l'état immergé. On conclut que le mode de conservation pour l'état humide présente une élévation présumé.

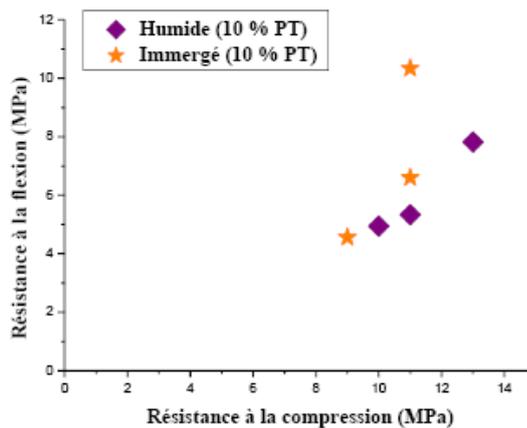


Figure IV.22 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 10% PT à 28 jours.

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.22, ils ne présentent que la résistance à la flexion en fonction de la résistance de compression avec 10% d'ajout de plastique transformé représente une amélioration importante de résistance pour l'état immergé que l'état humide. Alors ces valeurs de la courbe confirment la relation entre la résistance pulvérisation et le mode de cure joue un rôle important sur les caractéristiques physiques et mécaniques de bloc en béton.

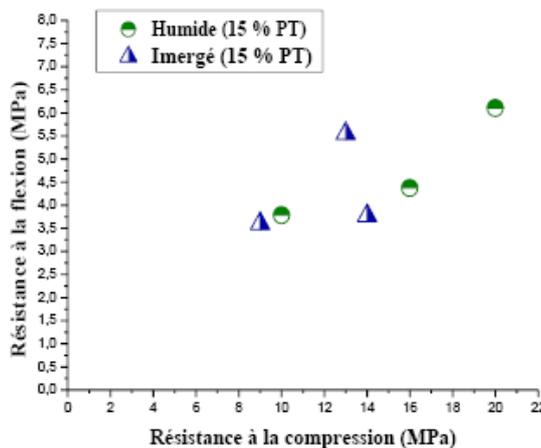


Figure IV.23 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 15% PT à 28 jours.

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.23, présente que la résistance à la flexion en fonction de la résistance de compression avec 15% de plastique transformé représente une amélioration importante de résistance pour l'état humide que l'état immergé.

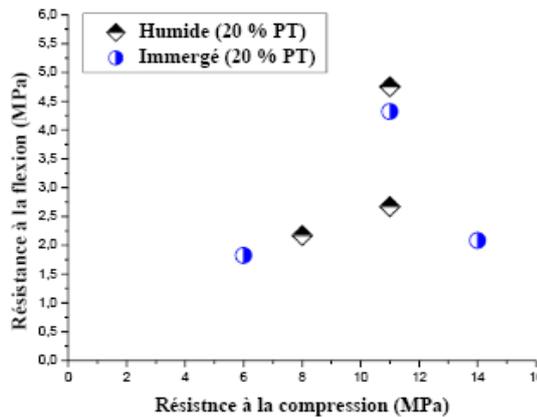


Figure IV.24 : Corrélation entre la résistance à la flexion et la résistance de compression de 20% PT à 28 jours.

➤ **Interprétation**

Après la Figure IV.24, on observe que la résistance à la flexion de béton hourdis avec 20% PT en fonction de la résistance de compression à l'état humide augmente que l'état immergé jusqu'à au 28 jours. Donc la résistance à la flexion augmente chaque fois, la résistance à la compression augmente.

IV.2.4. Résistance à la compression du moule 500×150×200 pour hourdis en béton

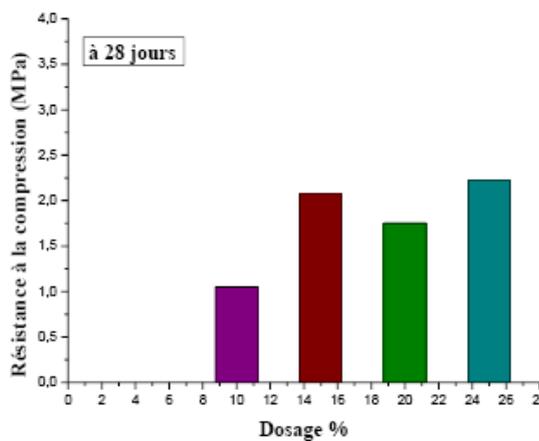


Figure IV.25 : Résistance à la compression de l'hourdis en fonction du dosage de plastique transformé (%).

➤ **Interprétation**

La résistance à la compression du bloc en béton avec plastique transformé est augmentée chaque fois de l'augmentation de dosage de plastique transformé, ensuite la résistance la plus baissé par rapport hourdis béton sans plastique tous qui concerne le béton qui ajoute 10% PT. Alors, on conclut que l'augmentation du dosage de plastique augmente la résistance de compression de bloc.

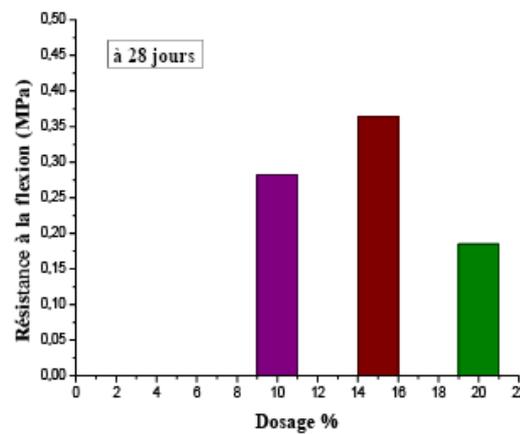


Figure IV.26 : Résistance à la flexion de bloc s en fonction du dosage de plastique transformé.

➤ **Interprétation**

La résistance à la flexion des hourdis en béton avec plastique est diminuée chaque fois augmente le dosage de plastique transformé, ensuite la résistance la plus baissé est pour le dosage le plus augmenté par rapport les autres dosages. Alors on conclut que l'augmentation du dosage de plastique influe sur la résistance à la flexion des hourdis au côté négative.

IV.2.5. Degré d'absorption et l'humidité du hourdis en béton

IV.2.5.1. La capacité d'absorption d'eau massique (NA EN 1097-6)

Calcul de déférence entre la masse saturée et la masse sèche selon la formule suivante :

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

Pour les échantillons 10×10×0 cm³ à 3 et 14 et 28 jours de dosage de 7%, 10%, 15% et 20% plastique transformé on calcul l'humidité de ces derniers avec l'application directe de la formule passée.

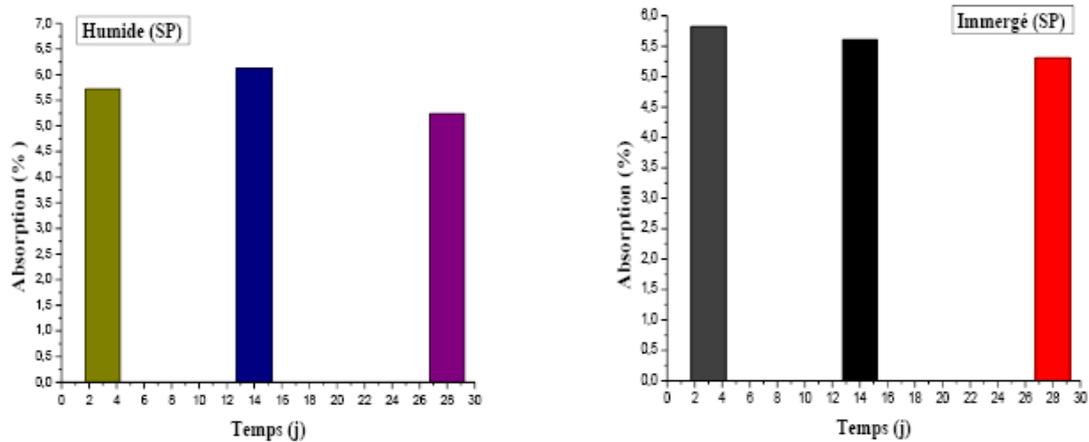


Figure IV.27 :L'absorption de l'hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.27, il est clair que l'absorption d'eau des hourdis en béton sans plastique diminue d'environ 5.7% à 3 jours par rapport à 14 jours elle est augmenté d'environ 6.13%, mais à 28 jours diminué d'environ 5.2% signifie que l'hydratation du ciment fait à premier 14 jours à l'état humide. A l'état immergé on observe que l'absorption d'eau des hourdis en béton sans plastique diminue d'environ 5.31% quand l'augmentation du temps de 3 à 28 jours signifie que l'hydratation des processus de ciment prend place pour la matrice de hourdis en béton.

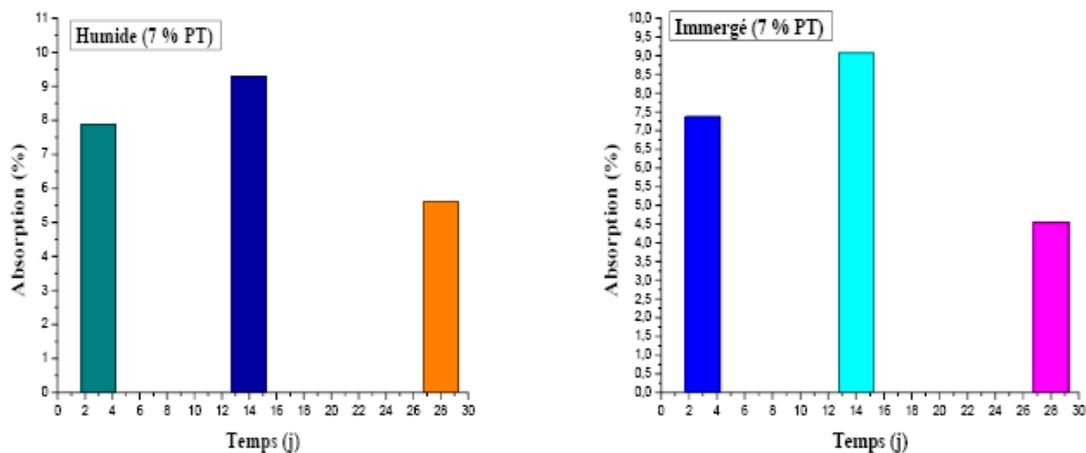


Figure IV.28 : L'absorption de l'hourdis en béton avec 7% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.28, on n’observe que l’absorption d’eau des hourdis en béton avec plastique à 14 jours est plus élevée par rapport les autres temps pour les milieux de conservation signifie que l’hydratation du ciment fait aux 14 jours.

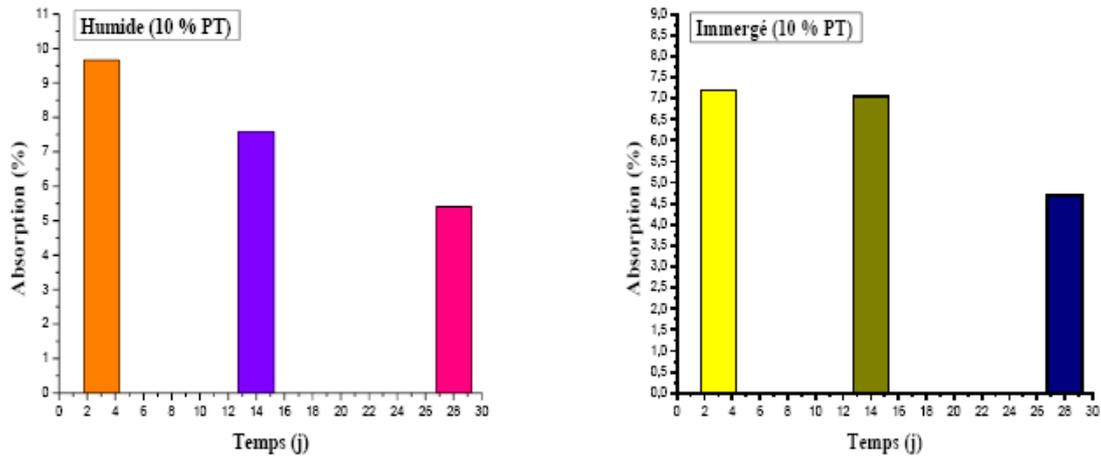


Figure IV.29 : L’absorption de l’hourdis en béton avec 10% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.29, il est noté que l’absorption d’eau des hourdis en béton avec plastique transformé diminue d’environ 5.41% quand l’augmentation du temps de 3 à 28 jours à l’état humide. Et à l’état immergé il est claire que l’absorption d’eau diminue d’environ 4.7% quand l’augmentation du temps de 3 à 28 jours, il exprime que les réactions chimiques du ciment pour former des hydrates, il prend une place à l’intérieur de la matrice de blocs en béton.

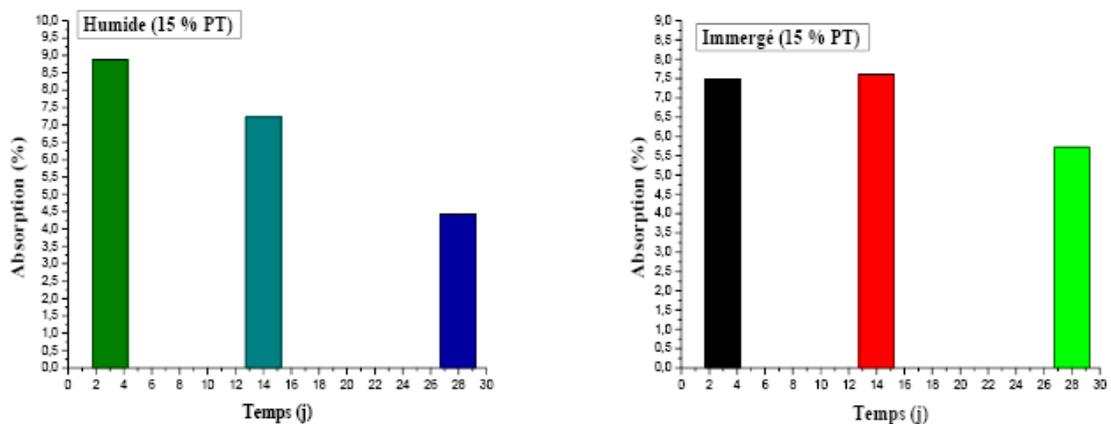


Figure IV.30 : L’absorption de l’hourdis en béton avec 15% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.30, il est noté que l'absorption d'eau des hourdis en béton avec plastique transformé à l'état humide diminue d'environ 4.43% quand l'augmentation du temps de 3 à 28 jours et à l'état immergé diminué d'environ 5.72%, il exprime que les réactions chimiques du ciment pour former les hydrates du ciment.

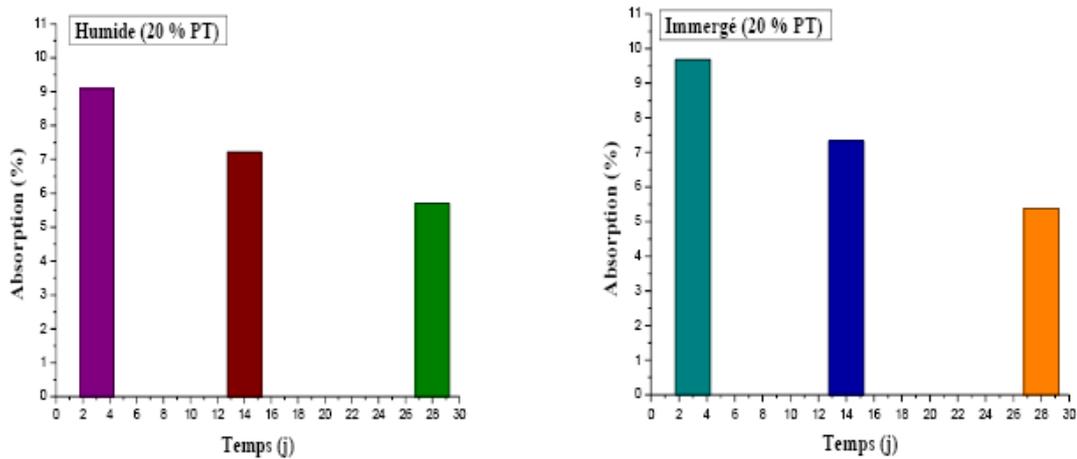


Figure IV.31 : l'absorption de l'hourdis en béton avec 20% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.31, il est noté que l'absorption d'eau des hourdis en béton avec d'ajout de plastique transformé à l'état humide diminué d'environ 5.7% par rapport à l'état immergé diminué d'environ 5.38% quand l'augmentation du temps de 3 à 28 jours signifie que l'hydratation des processus de ciment prend place pour la matrice de hourdis en béton.

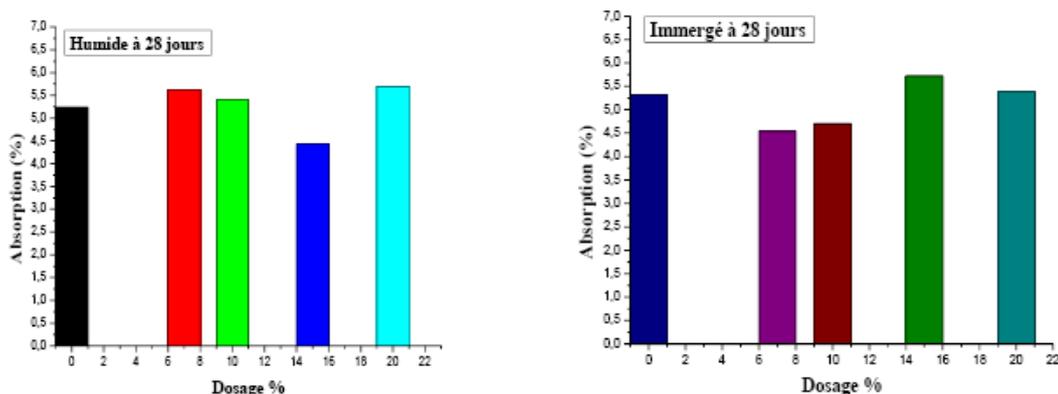


Figure IV.32 : L'absorption de l'hourdis en béton en fonction du dosage de PT à 28 jours.

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.32, on observe que l’absorption d’eau des hourdis en béton avec d’ajout de plastique augmenté que l’augmentation du dosage de plastique à l’état humide et diminué se dosage 15% PT et à l’état immergé diminué de dosage 10% et 15% PT par rapport aux bloc en béton sans plastique.

Nos résultats de blocs de béton similaires aux plusieurs recherches comme Chu et al 2021[8], Waleed [9] et al 2020 et Zangfeng [10] et al 2020, qui ont trouvé la résistance à la compression entre 7 et 12 MPa lorsqu'ils ont utilisé des matériaux recyclés pour produire des blocs de béton creux, cependant, ils trouvé une absorption d'eau entre 6 et 13%. La plupart des chercheurs recommandent que l'absorption d'eau pour bloc du béton soit inférieure à 10 %. Nos résultats d'absorption d'eau pour différentes mélange autour de 5 à 5,5%.

IV.2.6. Porosité de l’hourdis en béton

La porosité : c’est le rapport du volume des vides au volume total (%).

$$P\% = [V_{\text{vide}} / V_{\text{total}}] \times 100$$

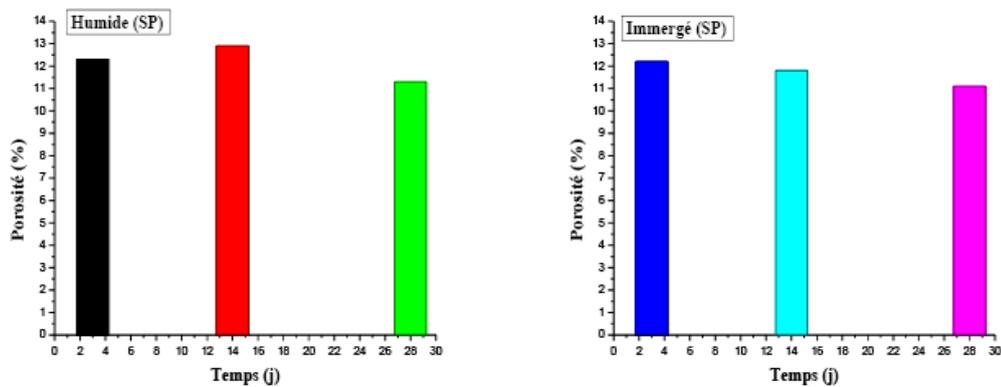


Figure IV.33 : La porosité de l’hourdis en béton sans plastique en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.33, il est noté que la porosité des bétons hourdis sans plastique diminue à l’état humide d’environ 8.1% à 28 jours. A l’état immergé, on noter que la porosité diminue d’environ 9.90%, signifie que les ides diminuent, la liaison entre les particules de granulats des hourdis quand l’hydratation du ciment a lieu.

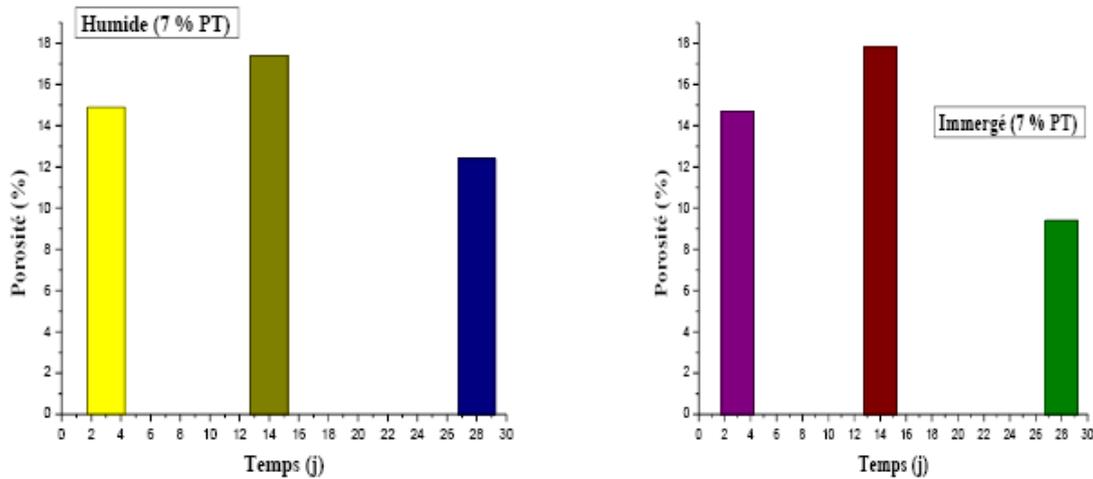


Figure IV.34 : La porosité de bloc en béton avec 7% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.34, il est noté que la porosité des bétons hourdis avec d’ajout de plastique transformé diminue à l’état humide d’environ 20.16% à 28 jours, et à l’état immergé diminue d’environ 36.05%, il est exprimé que le volume des vides baisser, alors ça collaborer sur l’amélioration la liaison de cohérence.

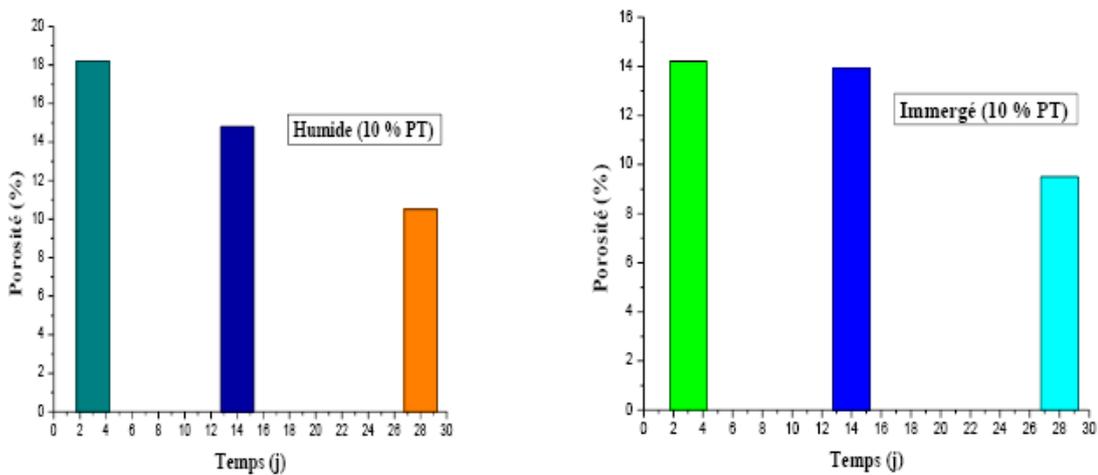


Figure IV.35 : La porosité de l’hourdis en béton avec 10% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.35, il est noté que la porosité des hourdis en béton avec d’ajout de plastique transformé diminue à l’état humide 73.3% et à l’état immergé d’environ 49.4%, il signifie que le pourcentage des vides diminue, donc on a une augmentation de l’adhérence entre les particules de granulats du bloc en béton qui donner un squelette dense et dure.

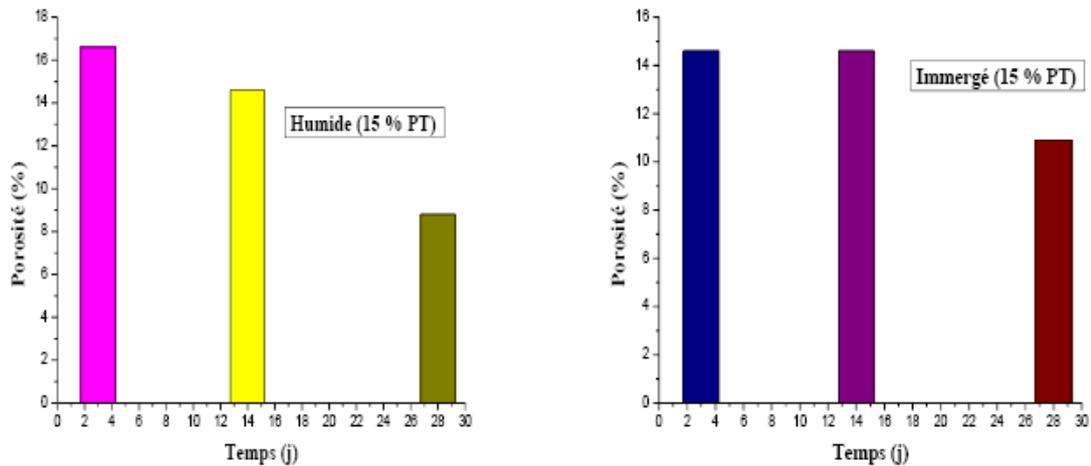


Figure IV.36 : La porosité de l'hourdis en béton avec 15% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.36, il est noté que la porosité des hourdis en béton avec d'ajout de plastique transformé diminue à l'état humide d'environ 88.6% et à l'état immergé diminue d'environ 33.9%, signifie que le volume des vides baisser.

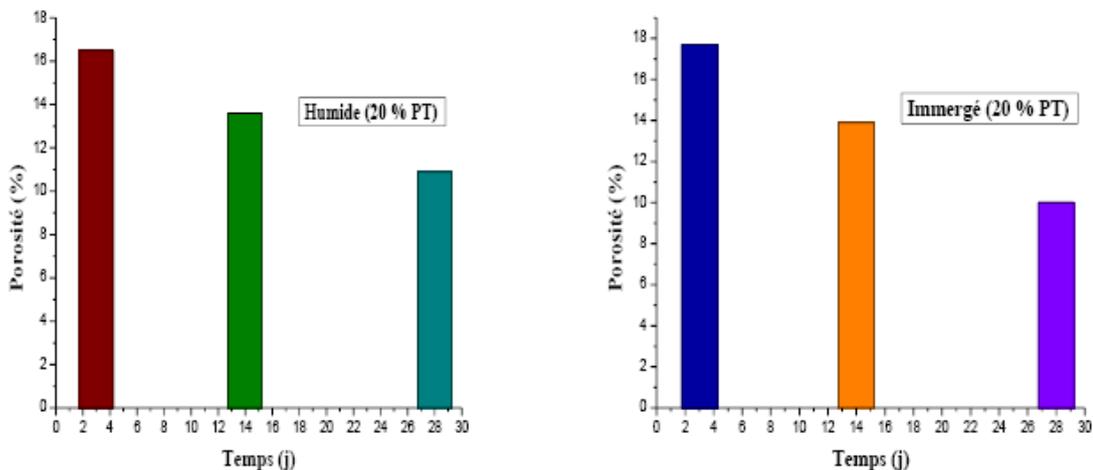


Figure IV.37 : La porosité de l'hourdis en béton avec 20% PT en fonction du temps (jours).

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.37, il est noté que la porosité des hourdis en béton avec d'ajout de plastique transformé diminue à l'état humide d'environ 51.3% et à l'état immergé diminue d'environ 77%, signifie que le pourcentage des vides diminué.

IV.2.7. Résistance à la compression en fonction de dosage de plastique (100 x 150 x 50mm³)

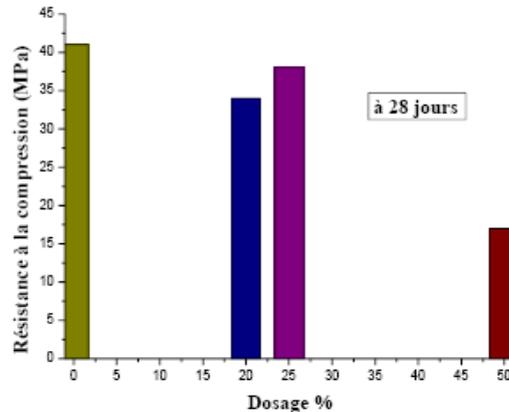


Figure IV.38 : Résistance à la compression des pavés en fonction du dosage de plastique.

➤ **Interprétation**

Selon la Figure IV.38, on a noté que la résistance à la compression des pavés avec l'ajout de plastique transformé est diminuée par l'augmentation du dosage de plastique par rapport aux pavés sans plastique. Mais pour un faible dosage de plastique, on peut dire que la résistance à la compression des pavés avec plastique est presque la même que celle des pavés sans plastique. On conclut que l'augmentation de l'ajout de plastique influence négativement la résistance.

IV.2.8. Conductivité thermique

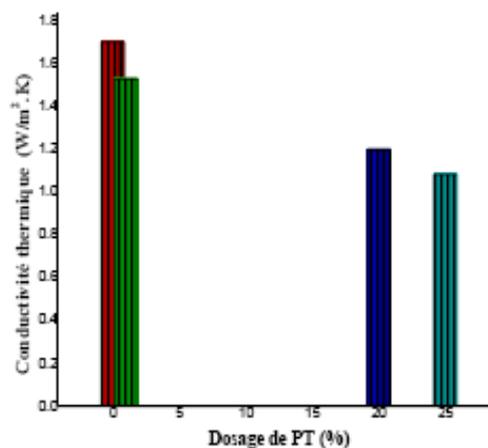


Figure IV.39 : Conductivité thermique en fonction du dosage PT.

➤ Interprétation

Il ressort clairement de la Figure IV.39 que l'influence de PT sur les blocs de béton a un impact positif sur la conductivité thermique, que la conductivité a réduite environ 41% quand augmentez PT à 25%. Ces résultats confirment l'amélioration positive du PT dans la formulation des blocs de béton.

IV.3. Conclusion

Après l'analyse et l'interprétation des résultats des tests de compression, flexion, absorption d'eau, porosité ; et conductivité thermique on peut déduire que les blocs avec l'ajout du plastique (PT), 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 et les caractéristiques thermique.

Chapitre V

Conclusion Générale

V.1. Conclusion Générale

L'étude que nous avons menée au cours de ce projet de fin d'étude nous a permis de donner des initiatives sur certains problèmes liés au comportement mécanique et physique des blocs en béton et des déchets de plastiques.

L'approche scientifique que nous avons mise en œuvre consiste avant tout en une recherche bibliographique sur les hourdis en béton et les blocs en béton ainsi que sur la fibre de plastique. Cependant, l'effet de la fibre de plastique sur les propriétés des hourdis en béton et des blocs en béton en général, une série de tests mécaniques et physiques (résistance à la compression, résistance à la flexion, l'absorption d'eau et la porosité).

L'analyse et l'interprétation des résultats des différents tests effectués.

Après la confection de toutes les éprouvettes et l'élaboration de tous les essais au laboratoire à partir de la formulation des échantillons passant par le moulage et la pose de ces derniers dans l'eau avec le respect complet des délais (3, 7, 28 j) ainsi que le passage d'une partie d'eux à l'étuve pour connaître l'absorption et la porosité et la comparaison des éprouvettes avec et sans plastique transformé. Et après l'obtention des différents résultats, on conclut que :

- ✓ Les hourdis en et bloc en béton prouvent une performance très élevée de résistance à la compression avec un dosage de 15% de plastique transformé à 28j pour l'état humide et $R_C=20$ MPa plus raisonnable que l'état immergé. Et une augmentation de la résistance à la flexion avec un dosage de 10% de plastique à 28j pour l'état immergé par $R_F=10.34$ MPa, puis pour tous ceux qui concernent le dosage de 7% de plastique on donne les résultats suivants : $R_C=18$ MPa, $R_F=4.88$ MPa et sans oublier que l'utilisation de 20% de plastique donne de bons résultats qui sont : $R_C=11$ MPa, $R_F=4.75$ MPa à l'état humide.
- ✓ Pour les résultats obtenus pour la capacité d'absorption et la porosité des hourdis en béton avec 15% et 20% de plastique sont très importants que les dosages de 7% et 10% qui sont comme suit : $A_1=5.72\%$, $A_2=5.70\%$, $P=10.9\%$ respectivement.

Ces résultats confort pour les hourdis, parpaing et pavais en béton avec plastique transformé et pour protéger l'environnement et réduit le coût ces matériaux par rapport aux blocs en béton traditionnels.

Recommandation et perspective

Pour compléter nos recherches nous recommandons de poursuivre l'analyse pour les dosages 30%, 35% 40%, 45%, 55% et 60% pour différents tests comme physico-mécanique et thermique

Références Bibliographique

- [1] Bien Maunahan, Kebene Adeba, Production of Hollow Block Using Waste Plastic and Sand. American Journal of science, Engineering and Technology. Vol.6.4, 2021, pp. 127-143. doi : 10.11648/j. ajset. 20210604.15.
- [2] Bahloul Hocine et Radji Nabil, Amélioration les caractéristiques d'hourdis avec ajout du déchet de polymère (PET), 2018, université de bordj Bou Arreridj.
- [3] SEAC : 2011 planchers hourdis les principes fondamentaux, le livre : choix et technique édition N°7
- [4] International centre for Materials Technology Promotion, United Nations Industrial Development Organization, Beijing, P.R China.
- [5] Belfar et Nori, Amélioration les caractéristique des hourdis en ajoutant des fibres de plastique recyclée, 2016, université de Bordj Bou Arreridj.
- [6] Souici Ikram, Etude et modélisation de l'effet de la poudre d'aluminium sur les propriétés légers à base des granulats des déchets plastiques, 2020, université Mohamed Khider-Biskra.
- [7] Chelabi Hamza et Taleb Zohir, Amélioration des propriétés du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre, 2017, université Akli Mohand Oulhadj-Bouira.
- [8] S.H. Chu, Chi Sun Poon, C.S. Lam, L. Li (2021). Effect of natural and recycled aggregate packing on properties of concrete blocks. Construction and Building Materials. 278. 122247
- [9] Waleed A. Al-Awsh, Omar S. Baghabra Al-Amoudi, Mohammed A. Al-Osta, Aftab Ahmad, Tawfik A. Saleh. (2020). Experimental Assessment of the Thermal and Mechanical Performance of Insulated Concrete Blocks. Journal of Cleaner Production V. 283 124624
- [10] ZengfengZhaoa,* , Luc Courarda , Sylvie Gros Lambertb , Thomas Jehinc , AngéliqueLéonardb , Jianzhuangxiaod. Use of recycled concrete aggregates from precast block for the production of new building blocks: An industrial scale study. 2020. 175. 104786.