



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N°d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : ST

Filière : Génie Civile

Spécialité : Structures

Thème :

**Évaluation de L'efficacité Thermique des Planchers a Béton de
Sable à Base de Déchet PET**

Déposé le : 04/06/2024

Par :

Mr. DOUDANE Saddam Houcine & Mr. BOUMENAD Djillali

Évalué par le jury composé de :

AZIEZ .N

M.A.A Univ. Ghardaïa

président

AZZOUZ. F

M.A.A Univ. Ghardaïa

Examineur

MATALLAH. Z

M.A.A Univ. Ghardaïa

Encadrant

Année Universitaire : 2023/2024

(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

ربي إشرح لي صدري
و يسر لي أمري
و احلل عقدة من لساني
يفقه قلبي

صدق الله العظيم

ملخص:

ينطوي هذا البحث على دراسة مقارنة للكفاءة الحرارية للأسقف الخرسانية الرملية المضاف إليها 15% من مخلفات الطوب وتحت تباين أربع جرعات من مخلفات PET : 0%، 5%، 15% و 25%.

الهدف من البحث هو تقييم التأثير الحراري لاستخدام مخلفات PET في بناء الأسقف، بهدف اختيار أفضل جرعة من مخلفات PET لها القدرة على الحد من فقدان الحرارة من خلال الأسقف، وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة من ناحية، وضمان الراحة الحرارية داخل المنزل من ناحية أخرى .

ولتحقيق هدف البحث، أُجريت محاكاة حرارية باستخدام برنامج EnergyPlus على منزل يقع في حاسي القارة بولاية المنيعه، في ظل الظروف المناخية لمنطقة الدراسة .

وبالتالي، أظهرت نتائج البحث أن:

-إن زيادة جرعة نفايات PET في تركيبة الخرسانة الرملية يحسن الكفاءة الحرارية للأسقف، مما يحد من فقدان الحرارة من الداخل إلى الخارج.

-توفر نسبة 25% من البولي إيثيلين تيرفتالات تحسناً بمقدار 2.61 درجة مئوية مقارنةً بجرعة 0.0%.

الكلمات المفتاحية: الأسقف، الخرسانة الرملية، مخلفات الطوب، مخلفات PET، برنامج Energyplus، المحاكاة الحرارية

Résumé

La présente recherche, s'agit d'une étude comparative de l'efficacité thermique de plancher à béton de sable dosé à 15 % de déchet de brique et sous la variation de quatre dosages de déchet de PET : 0%, 5%, 15% et 25%.

En effet, la recherche a pour objectif d'évaluer l'effet thermique de l'utilisation de déchet de PET dans la construction des plancher, dans le but de sélectionner le meilleur dosage de PET qui a la capacité de limiter les pertes de chaleur à travers les planchers, par conséquence d'une part, réduire la consommation énergétique, et d'une autre assurer le confort thermique à l'intérieur de l'habitation.

Pour aboutir l'objectif de la recherche, on a fait recours à une simulation thermique par le logiciel EnergyPlus, d'une maison située à Hassi El-Gara wilaya d'EL_MENIAA et sous les conditions climatiques de la région d'étude.

Par conséquence, le résultat de la recherche montre que :

- L'augmentation de dosage de déchet de PET dans la composition de béton de sable améliore l'efficacité thermique du plancher à limiter les pertes de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur,
- Un pourcentage de 25% de PET offre une amélioration de 2.61 C° par apport à un dosage de 0%.

Mots clé : Plancher, Béton de sable, Déchet de brique, Déchet de PET, Logiciel EnergyPlus et Simulation thermique.

Abstract:

The present research involves a comparative study of the thermal efficiency of sandcrete floors dosed with 15% waste brick and under the variation of four dosages of PET waste: 0%, 5%, 15% and 25%.

In fact, the aim of the research is to evaluate the thermal effect of using PET waste in floor construction, with a view to selecting the best dosage of PET that has the capacity to limit heat loss through floors, thereby on the one hand reducing energy consumption, and on the other ensuring thermal comfort inside the home.

To achieve the research objective, a thermal simulation was carried out using EnergyPlus software, on a house located in Hassi El-Gara in the EL _ MENIAA wilaya, under the climatic conditions prevailing in the study region.

As a result, the research findings show that:

- Increasing the dosage of PET waste in the composition of sandcrete improves the thermal efficiency of the floor, limiting heat loss from the inside to the outside,
- a percentage of 25% PET offers an improvement of 2.61 C° compared with a dosage of 0%.

Key words: Flooring, Sandcrete, Brick waste, PET waste, Energy Plus software and Thermal simulation

إهداء

الحمد لله على لذة الإنجاز و الحمد لله عند البدء وعند الختام

إلى والدي "أحمد" الذي أضاء دروبي وطريقي وقودتي في كل خطوة أخطوها

إلى والدتي "فاطمة" الحزن الدافئ وسمائي التي لم تتركني يوماً، ولا يكتمل يومي بدونها

إلى إخواني "يونس" إبراهيم "نصرو" وأخواتي "ميمونة" يقوت "الذين وقفوا معي دائماً خلال مسيرتي التعليمية

إلى جميع أساتذتي خلال مشواري الدراسي والجامعي اللذين أرشدوني ووجهوني

إلى ملائكة قلبي "زيد" "أروى"

إلى جميع زملائي بقسم الهندسة المدنية

”أهديكم جميعاً هذا العمل المتواضع وثمره جهدي، والله ولي توفيق“

بومناد جيلالي

إهداء

من قال أنا لها نالها

أنا لها وإن أبت رغما عنها أتيت بها.

نلتها وعانقت اليوم مجدا عظيما لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق سهلا ولكن ... وصلت.

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا، الحمد لله الذي بفضلله أدركت أسمى الغايات.

أهدي بكل حب مذكرة تخرجي

الى نفسي العظيمة الفتية التي تحملت كل العثرات أكملت رغم الصعوبات

إلى أعظم أشخاص وأعز الناس على روحي، داعمي الأول، سندي وملاذي بعد الله، فخري واعتزازي

...أمي

إلى من دامت لي أيديهم وقت ضعفي، إلى ضلعي الثابت وأمان قلبي أخي وأختي

وإلى كل أصدقاء الدراسة ورفيق دربي سبتي توفيق

إلى كل من أعطاني يد العون من قريب أو بعيد وساعدني في هذا المشوار

دودان صدام حسين

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier en premier lieu DIEU Miséricordieux qui nous a donné la force et la patience pour achever ce travail.

Nous voudrions saisir cette occasion pour remercier chaleureusement notre promoteur Mme MATALLAH enseignant à l'Université de Ghardaïa, pour son dévouement, ses conseils et ses critiques tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également les membres de jury qui ont accepté d'examiner notre travail.

Enfin, un merci spécial et personnel à tous les membres de ma famille, les professeurs qui nous ont enseigné toutes ces années, et tous nos amis et nos camarades de class.

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure. I- 1 : Différence entre béton de sable et béton ordinaire. (Presse d'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1994)	9
Figure. I- 2 : Composition chimique de PET (Enseignant, 2006).....	19
Figure. I- 3 : Bouteilles en PET (ZAHY, 2020).	19
Figure. I- 4 : Exemple des différentes étapes du recyclage des PET (council, Env.and plas_industry, 2024).....	20
Figure. I- 5 : PET agrégats fins et grossiers (Brito, 2012).....	21
Figure. I- 6 : Dallage expérimental en béton da sable fabriqué à la Bétonnière et coulé en place. (Asma Jaballah Slaoui, 2014).....	23

Chapitre II :

Figure. II- 1: PET utilisé (ZENGOUT, 2023)	26
Figure. II- 2 : Poudre de brique utilisé (ZENGOUT, 2023)	27
Figure. II- 3 Dispositif de l'essai mécanique de Compression (ZENGOUT, 2023).....	27
Figure. II- 4 : Les déchets plastiques utilisés. (GUENDOZ, et al., 2015).....	30
Figure. II- 5 : Section de la WPLA. (Yun-Wang Choia, 2004).....	36
Figure. II- 6 : Forme du WPLA. (Yun-Wang Choia, 2004).....	37
Figure. II- 7 : Schéma de l'appareil dynamique à boîte adiabatique (T : capteur de température, RH : capteur d'humidité relative) et (b) dimensions de la boîte adiabatique (en cm). (Bulent, Yusuf, & Paki, 2008).....	38
Figure. II- 8 : Photographies d'échantillons contenant des granulats de type A, après essais de flexion. (a) 50% des granulats. (b) 100% des aggregates. (O. Yazoghli Marzouk, 2006)	39
Figure. II- 9 : Dalle pleine. (ARRAS & AMRANI, 2017)	41
Figure. II- 10 : Dalle champignon. (ARRAS & AMRANI, 2017).....	42
Figure. II- 11 : Plancher nervuré. (EUROBéton PBM.group, 2011)	42
Figure. II- 12 : Plancher corps creux. (TOURE, 2020).....	43
Figure. II- 13 : Plancher hourdi en béton. (DERRADJI, 2022).....	45
Figure. II- 14 : Hourdis en terre cuite. (SAMSE Matériaux de Construction, s.d.).....	46
Figure. II- 15 : Hourdis en bois. (VIVER MIEUX, 2018-2024)	46
Figure. II- 16 : Hourdi en polystyrène. (Polystyrene De Oasis, 2011).....	47

Chapitre III :

Figure. III- 1 : Carte présente la wilaya de El-Menia. (Pinterest, 2024).....	52
Figure. III- 2 : Les zones climatiques d'été et d'hiver. (BENHARRA, 2020)	53
Figure. III- 3 : Deux photos présente façade de maison. Source : Auteur.....	55
Figure. III- 4 : Plan architectural de maison (RDC). (Bureau d'études Andalousie, 2024).....	56
Figure. III- 5 : Plan architectural de maison (1 ^{er} étage). (Bureau d'études Andalousie, 2024)	57
Figure. III- 6 : Plan de situation du projet. (Bureau d'études Andalousie, 2024)	58
Figure. III- 7 : Plan de masse du projet 1/500. (Bureau d'études Andalousie, 2024)	59

Chapitre IV :

Figure. IV- 1 : Modélisation en 3D de cas d'étude par Google Sketch Up. Source : Auteur.....	63
Figure. IV- 2 : Modélisation en 3D de cas d'étude par Google Sketch Up. Source : Auteur.....	64
Figure. IV- 3 : la simulation par EP-launch. Source Auteur	66

Liste des graphes :

Chapitre II :

Graphe. II- 1 : La résistance à la compression après 28 jours de mortier avec déchet brique et PET. (ZENGOUT, 2023).modifié par auteur.....	28
Graphe. II- 2 : La résistance à la traction après 28 jours de mortier avec déchet brique et PET. (ZENGOUT, 2023)modifié par auteur.....	28
Graphe. II- 3 Résultat de l'isolation thermique. (ZENGOUT, 2023)modifié par auteur.....	29
Graphe. II- 4 : La résistance à la compression des bétons de sable d'ajout de poudre plastique. (GUENDOOUZ, et al., 2015).....	31
Graphe. II- 5 : La résistance à la traction des bétons de sable d'ajout de poudre plastique. (GUENDOOUZ, et al., 2015).....	32
Graphe. II- 6 : La résistance à la compression des bétons de sable d'ajout des fibres plastiques. (GUENDOOUZ, et al., 2015).....	32
Graphe. II- 7 : La résistance à la traction des bétons de sable d'ajout des fibres plastiques. (GUENDOOUZ, et al., 2015).....	33
Graphe. II- 8 : Résultats de la résistance à la compression avec les valeurs standard d'écart de tous les échantillons testés contenant du PET recyclé. (Michela.L, 2023) modifié par auteur.....	34
Graphe. II- 9 : Résultats de la conductivité thermique. (Michela.L, 2023) modifié par auteur.....	35
Graphe. II- 10 : Résistance à la flexion (MPa) et résistance à la compression (MPa). (O. Yazoghli Marzouk, 2006).....	39
Graphe. II- 11 : Module d'élasticité des composites en fonction du volume de l'agrégat PET. (O. Yazoghli Marzouk, 2006).....	40

Chapitre IV :

Graphe. IV- 1: Résultats de la simulation [1] des conditions réelles durant la période hivernale. Source Auteur.....	67
Graphe. IV- 2 : Résultats de la simulation [2] des conditions réelles durant la période hivernale. Source auteur.....	68
Graphe. IV- 3 : Résultats de la simulation [3] des conditions réelles durant la période hivernale. Source auteur.....	69
Graphe. IV- 4 : Résultats de la simulation [4] des conditions réelles durant la période hivernale. Source auteur.....	70
Graphe. IV- 5 : Résultats de la simulation [5] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.....	71
Graphe. IV- 6 : Résultats de la simulation [6] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.....	72
Graphe. IV- 7 Résultats de la simulation [7] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.....	72
Graphe. IV- 8 Résultats de la simulation [8] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.....	73
Graphe. IV- 9 : Résultats de la simulation [9] des conditions réelles durant la période hivernale avec tout échantillon. Source auteur.....	74
Graphe. IV- 10 : Résultats de la simulation [10] des conditions réelles durant la période estivale avec tout échantillon. Source auteur.....	75

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux :

Chapitre I :

Tableau. I- 1 Différents types des adjuvants (Djaafar, 2016) 10

Chapitre II :

Tableau. II- 1 : Caractéristiques des déchets plastiques utilisés (GUENDOZ, et al., 2015) 30

Tableau. II- 2 : Résultats des propriétés du béton (Yun-Wang Choia, 2004).modifié par auteur..... 37

Chapitre III :

Tableau. III- 1 : Caractéristiques de la zone D. (Abdelkader, 2023)..... 54

Chapitre IV :

Tableau. IV- 1 : Résultat de l'isolation thermique. (BELLAKEHAL & ZENGOUT, 2023) 62

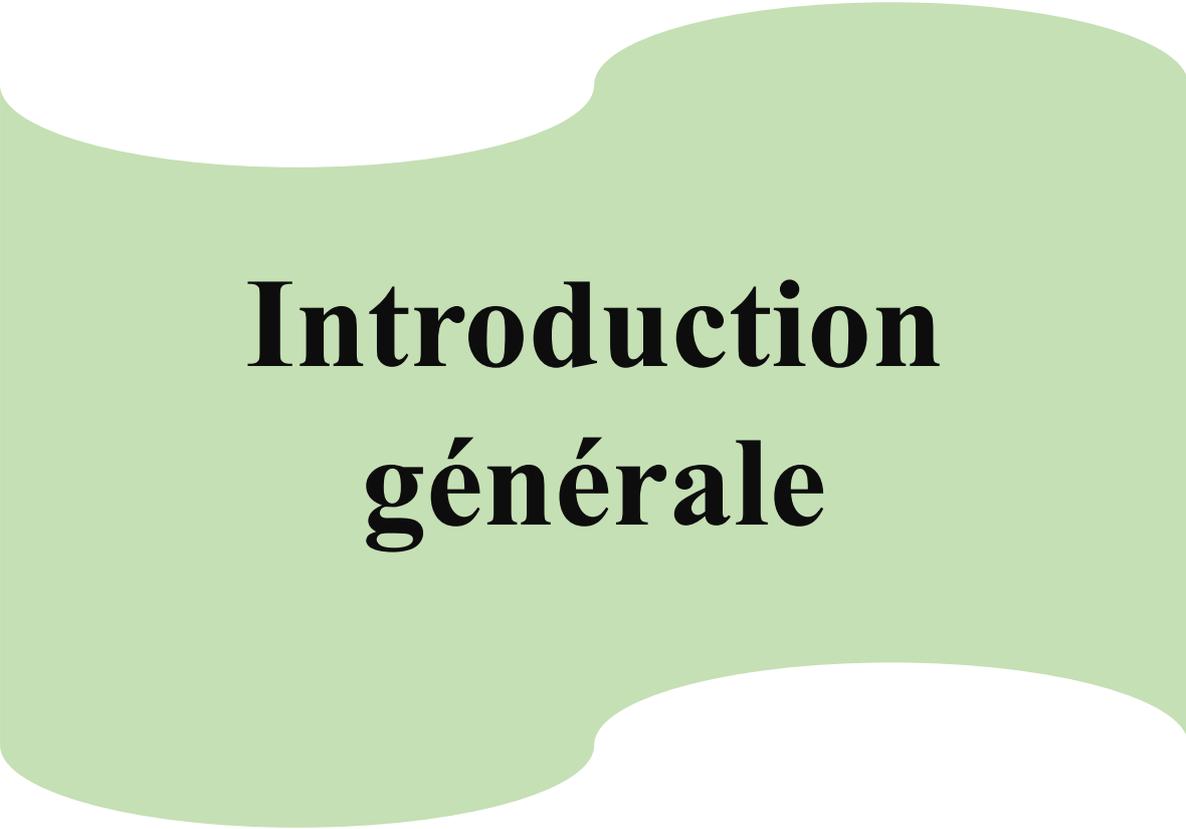
Tableau. IV- 2 : Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction. (Ministre de L'habitat, 1997) (Abdelkader, 2023) (ZENGOUT, 2023) 65

Sommaire :

ملخص :	I
Résumé.....	II
Abstract:	III
إهداء.....	IV
إهداء.....	V
REMERCIEMENTS	VI
Liste des figures :	VII
Liste des graphes :	VIII
Liste des Tableaux :	IX
Sommaire :	X
Introduction générale.....	2
Historique :	2
Problématique :	2
Objectif :	3
Programme d'Étude :	3
Méthodologie et structure de travail :	4
Chapitre I : Composition de béton sable à bas de déchet de PET.....	6
Introduction :	6
I.1 Définition béton de sable:	6
I.2 Composants du béton de sable :	7
I.2.1 Sables :	7
I.2.2 Utilisation du sable de dune :	7
I.2.3 Ciments :	8
I.2.4 Eau de gâchage :	8
I.2.5 Les gravillons.....	8
I.2.6 Adjuvants :	9
I.3 Formulation des bétons de sable :	10
I.3.1 Les différentes étapes de la formulation :	11
I.4 Déchet :	11
I.4.1 Définition Déchets :	11
I.4.2 Classification des déchets :	12
I.4.3 La Valorisation de matière : (AGABI, 2020)	14
I.4.4 Valorisation des déchets dans le domaine du Génie civil :	14

I.4.5 Déchet provenant de l'exploitation des mines et des carrières :	16
I.4.6 Déchet divers :	16
I.5 Domaine d'utilisation de béton sable :	22
I.6 Le béton de sable coulé auto placent :	22
I.7 Les avantages de béton sable :	23
I.8 Inconvénient de béton sable :	23
Conclusion :	24
Chapitre II : Étude sur les caractéristiques d'une béton sable à base de déchet de PET	25
Introduction :	26
II.1 Etat de l'Arte :	26
II.1.1 Mémoires consultés :	26
II.1.1 Article consulté.....	30
II.1 Les planchers :	40
II.2.1 Principales fonctions : (ARRAS & AMRANI, 2017).....	40
II.2.2 Les types des planchers :	41
II.3 Le rôle des entrevous :	43
II.4 Définition du hourdis :	43
II.5 Types des hourdis :	44
II.5.1 Les hourdis en béton : (toutsurlebeton, 2017-2022)	44
II.5.2 Les hourdis en terre cuite : (SAMSE Matériaux de Construction, s.d.)	45
II.5.3 Les hourdis en bois :	46
II.5.4 Les hourdis en polystyrène expansé :	47
II.6 simulation thermique :	48
Conclusion :	49
Chapitre III : Présentation de cas d'étude	50
III.1 Présentation de cas d'étude :	51
III.2 La situation géographique et astronomique de la Wilaya de EL-MENIA :	51
III.3 Le climat de l'Algérie :	53
III.4 Données climatiques de la wilaya de EL_ MENIAA :	54
III.5 Choix du cas d'étude :	55
III.5.1 Présentation cas d'étude :	55
III.5.2 Situation géographique :	58
III.5.3 Description de la maison d'étude :	59
Conclusion :	60

Chapitre IV : Résultats et interprétation	61
Introduction :	62
IV.1 Méthodologie de travail :	62
IV.2 étapes de la simulation par EnergyPlus :	63
IV.2.1 Modélisation de cas d'étude par Google Sketch Up :	63
IV.2.2 L'identification de cas d'étude en utilisant IDF Editor :	64
IV.2.3 Lancé la simulation par EP-Launch :	66
IV.3 Représentation et discussion des résultats :	67
IV.3.1 La période hivernale :	67
IV.3.2 La période Estivale :	71
IV.4 Interprétations des résultats de la simulation :	74
IV.4.1 La période hivernale :	74
IV.4.2 La période estivale :	75
Conclusion :	76
Conclusion générale :	78
Référence bibliographique :	80



Introduction générale

Historique :

Selon le rapport des statistiques mondiales de l'énergie (WES) (Enerdata, 2023), la consommation mondiale d'énergie primaire a changé de façon spectaculaire depuis 1971 en raison du réchauffement de la planète. En effet le secteur de la construction est aujourd'hui classé comme l'un des plus grands secteurs consommateurs d'énergie, qui représente plus de 40 % de la consommation totale en raison des pertes d'énergie dans les bâtiments (notre-environnement, 2023). A cet égard, l'Algérie, après sa participation au sommet de Kyoto, a pris des mesures pour adopter des politiques visant à promouvoir le développement durable dans tous les secteurs, y compris le secteur de la construction, à travers des plans d'action à long terme tels que le SNAT 2018. (Bachir, 2023)

Problématique :

En Algérie, le problème de la consommation énergétique se pose aussi bien dans l'ensemble du secteur résidentiel des zones désertiques, qui recouvrent plus de 80% de la surface totale du pays, à cause d'une part, de la spécificité du climat qui se caractérise par des variations saisonnières importantes, d'un hiver froid de décembre à février, et un été très chaud et sec de mai à octobre, accompagné d'une forte baisse de l'humidité relative et des faibles précipitations. (Bachir, 2023) , d'autre part, la construction d'un type d'habitation dite moderne de Nord du pays construit avec des matériaux industrialisés avec une négligence des mesures d'isolation thermique, ce qui entraîne des nombreuses conséquences : courants d'air chauds et froids, températures variant rapidement avec la température extérieure, humidité due à une mauvaise isolation, factures élevées, perte d'énergie, etc. (بن عطية, 2018)

En effet, les planchers représentent une surface horizontale séparant deux niveaux successifs dans une construction qui recueillant les surcharges de fonctionnement du bâtiment, ils ont d'autre fonction très importante relatives au confort thermique vu qu'ils sont directement exposés aux facteurs extérieurs plus que le reste du bâtiment (Matallah, 2022), ce qui contribue à augmenter la consommation d'énergie en plus l'augmentation de l'impact environnemental résultant de la surconsommation d'énergie. (ADEME, 2023), les études menées par l'ADEME sur les déperditions thermiques dans les bâtiments, ont montrées que les planchers représentent 25 à 30 % des déperditions thermique dans les bâtiments.

Objectif :

Les ingénieurs de la construction se tournent vers des matériaux innovants issus du recyclage de déchets pour améliorer l'efficacité thermique des produits et réduire l'impact environnemental lié à la production de gaz à effet de serre.

Notre travail représente l'évaluation de l'efficacité thermique des planchers en utilisant des matériaux innovants pour résoudre les problèmes liés aux pertes d'énergie et à l'inadéquation des matériaux d'isolation thermique aux facteurs externes, et notre objectif principal est de

- Réduire le pourcentage de pertes d'énergie dans les planchers.
- Présentation de scénarios d'études sur les matériaux innovants utilisant des résidus de déchets plastiques.
- Créer un environnement confortable à l'intérieur des maisons avec une faible consommation d'énergie.

Programme d'Étude :

Dans ce cadre, on cite l'étude intitulée : Contribution à l'évaluation des caractéristiques thermiques d'un béton de sable à base de déchet de PET et de brique faite par BELLAKEHAL Haroune et ZENGOUT Ayman sous la direction de Mr SAITI Issam qui a évalué la conductivité thermique et la chaleur spécifique de 5 échantillons d'un mélange de béton de sable à base de déchet de PET et de brique. Les résultats de la recherche nous permettent de poser les questions de recherches suivantes :

- 1- Comment on peut exploiter les résultats de cette recherche pour améliorer l'efficacité thermique des planchers d'une habitation située dans la région du sud Algérie
- 2- Pour assurer le confort thermique des personnes, quel dosage de béton de sable à base de déchet de PET est le mieux adapté aux conditions climatiques sahariennes ?

Méthodologie et structure de travail :

Ce travail est divisé en une introduction et quatre chapitres suivis d'une conclusion générale :

Le premier chapitre présente le concept de béton de sable et sa composition, avec un aperçu des déchets et de la manière dont ils peuvent être utilisés dans la construction.

Le deuxième chapitre présente les recherches antérieures sur le béton sableux avec l'utilisation de déchets plastiques, et les types de planchers et les hourdis qui les composent, sur la base des données présentées dans ce chapitre, nous avons construit notre proposition pour l'évaluation de l'efficacité thermique de béton sable à base de déchets PET.

Le troisième chapitre présente les conditions climatiques de la région de El-Menia et décrit l'étude de cas.

Le quatrième chapitre décrit les étapes de la simulation Energy Plus ainsi que la représentation et l'interprétation des résultats obtenus.

Chapitre I

Composition de béton sable à base de déchet de PET

Introduction :

Le béton est l'un des matériaux de construction les plus importants et les plus divers de notre époque moderne. À notre époque, le matériau le plus utilisé dans les infrastructures contemporaines, le béton joue un rôle central dans notre environnement bâti. Le cœur de la performance du béton réside dans ses composants soigneusement équilibrés et des matériaux sélectionnés avec un certain rapport, qui définit sa mécanique, physique, thermique, la durabilité et l'adaptation à une variété d'applications.

Le béton, composé principalement de ciment, d'agrégation et d'eau, est un matériau composite aux utilisations variées allant des blocs de construction aux éléments architecturaux et aux infrastructures routières. Par conséquent, comprendre la composition du béton est nécessaire pour comprendre l'effet des compositions sur le béton.

Dans ce chapitre, nous avons présente évoquer les composants de base du béton sablé, ce qui souligne son rôle crucial dans l'utilisation généralisée dans la construction. Nous examinerons la contribution du sable et des déchets plastiques à la composition de cette substance, ainsi que son impact sur les propriétés finales de cette substance.

Nous découvrirons exactement en quoi consiste le béton de sable et étudierons les composants qui entrent dans sa formulation afin d'obtenir un matériau bien exécuté.

I.1 Définition béton de sable:

Selon la norme française NF P 18-500 (AFNOR, 1995), le béton de sable est un béton fin constitué par un mélange de sable(s), de ciment, d'addition(s) et d'eau ; outre ces composants de base, le BS comporte habituellement un (ou plusieurs) adjuvant.

L'incorporation de gravillons d/D autorise l'appellation « béton de sable » tant que le rapport massique G/S reste inférieur à 0,7 (G = gravillon ; S = sable) : on parle alors de béton de sable chargé (REZIG.s, 2012).

Le béton de sable est un matériau composé de ciment et de sable aqueux comme matières premières principales et des charges naturelles ou industrielles. La différence entre le béton de sable et le béton ordinaire est essentiellement dans l'utilisation de granulats, le béton traditionnel est généralement constitué de du granulat 0/16 à 0/22,5, le béton de sable est quant à lui constitué de granulats faibles Diamètre $\varnothing < 10\text{mm}$.

I.2 Composants du béton de sable :

Un béton de sable est composé de sable, de fines d'ajouts, de ciment et d'eau. Par rapport à cette composition de base et pour répondre aux besoins de certain usage, d'autres ajouts spécifiques peuvent être envisagés : gravillons, fibres, adjuvants (SABLOCRETE, 1994).

I.2.1 Sables :

Le sable désigne tous les granulats 0/D tels que définis dans les normes NF P 18-101 et NF P 18-301. Il peut s'agir de sable alluvial naturel ou de sable de ballast, ou encore de sable de carrière produit par concassage de roche massive ou clastique. (SABLOCRETE, 1994) Aucune norme particulière a priori n'est requise pour la production de béton de sable : on peut utiliser du sable fin (sable holographique, type sable de dunes) et du sable moyen ou grossier ou de type concassé (0/D). La seule limite à l'utilisation du sable est sa propreté. (Asma Jaballah Slaoui, 2014)

Même si des études ont été réalisées sur des sables contaminés, aucune application n'a été réalisée sur ces sables. Les sables riches en fines naturelles nécessitent généralement plus d'eau de gâchage, ce qui entraîne une résistance réduite. Mais il est plus prudent à ce stade de limiter l'utilisation de sable propre, comme celui utilisé pour le béton traditionnel. (REZIG.s, 2012).

Classification des sables selon leurs provenances

Selon leurs provenances, les sables peuvent être classés comme suit (REZIG.s, 2012):

- **Sable de rivière** : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur et propre pour qu'on puisse l'utiliser dans les bétons.
- **Sable de mer** : il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons, il faut qu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel.
- **Sable de carrière** : Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants. Il est donc à proscrire.
- **Sable artificiel** : il est obtenu par concassage des roches (calcaires durs, gré ...). Il est souvent plein de filler. Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines.
- **Sable de dune** : c'est une variété des sables de mer. Il est donc très fin. Les sables de dune se trouvent dans les régions sud du pays. Ils sont situés en zone présaharienne. Les sables retenus sont ceux issus des dunes continentales. Ces dunes sont constituées des nombreux amas de sables fins accumulés dans certaines régions spécifiques du Sahara.

I.2.2 Utilisation du sable de dune :

L'utilisation du sable dans la technologie routière n'est pas nouvelle. De nombreuses études et projets ont été réalisés et un guide pratique d'utilisation du sable routier a été publié (Chauvin.Jean-Ja, 1987). Cependant, le sable des dunes constitue un cas particulier et les orientations et recommandations ne peuvent être appliquées sans études spécifiques. Bien que les dunes se remodelent facilement, le sable des dunes seul ne peut être considéré car sa stabilité de surface est souvent incertaine, ce qui peut augmenter la résistance au roulement et conduire

parfois à un collage (Autret.p, 1989). Mais il peut être mélangé avec d'autres matériaux. (BEN DHIA, 1998)

I.2.3 Ciments :

Comme pour le béton classique, le ciment utilisé pour fabriquer le béton de sable est conforme à la norme NF P 15-301. Le choix du ciment repose sur son niveau de résistance, ses propriétés d'hydratation, son agressivité de l'environnement... et plus généralement, sur la composition du béton et son utilisation. (REZIG.s, 2012).

I.2.4 Eau de gâchage :

Le choix de l'eau à mélanger est également très important, car elle joue un rôle important dans la consolidation du liant mélangé au sable. (Djaafar, 2016).

*Qualité : aussi pure que possible. S'il s'agit d'une eau potable, elle peut être utilisée sans problème. Dans tous les cas, elle ne doit pas contenir de matières organiques, de sédiments ou de déchets industriels (eau acide, eau séléniteuse contenant du gypse, eau stagnante). Il y a désaccord sur l'utilisation de l'eau de mer, qui doit être évitée si le liant contient une forte proportion de chaux libre. Cependant, certains liants comme le ciment de laitier, le ciment d'alumine, le ciment de sulfate et le ciment de silicate résistent à l'eau de mer. (Djaafar, 2016)

I.2.5 Les gravillons

Le béton de sable peut contenir un certain pourcentage de gravillons et prend la dénomination de « béton de sable chargé ». En effet, tant que les gravillons sont dispersés dans le sable (figure I.1), et ne constituent pas un squelette structuré, le comportement reste généralement le même (Presse d'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994).

L'ajout de gravillons, en faible dosage, a pour objectif d'améliorer certaines caractéristiques du béton de sable telles que la maniabilité, le retrait, le fluage et la résistance mécanique.

En pratique, on pourra considérer qu'on a un béton de sable tant que le rapport pondéral (G/ S) reste inférieur à 0,7 (Ghrieb.A, 2003), alors qu'il est compris entre 1,4 et 1,7 pour les bétons traditionnels.

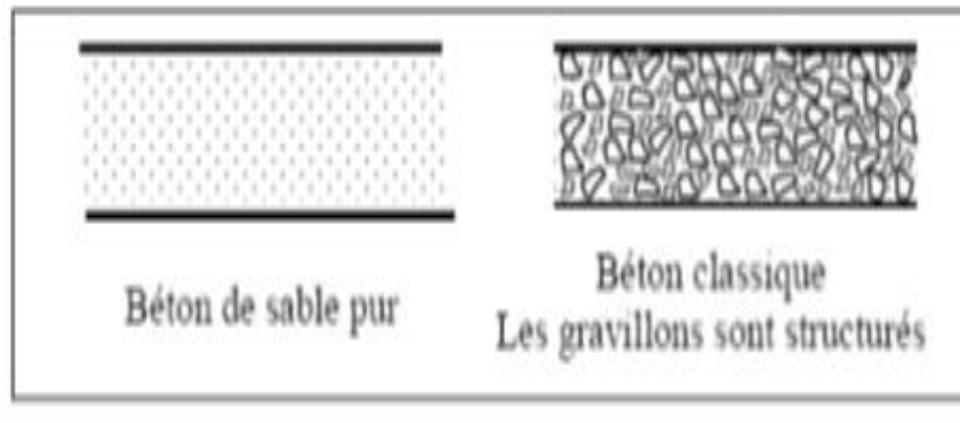


Figure. I- 1 : Différence entre béton de sable et béton ordinaire. (Presse d'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994)

I.2.6 Adjuvants :

Ainsi que le définit la norme NF EN 934-2, un adjuvant est un produit dont l'incorporation à faible dose (inférieure à 5 % de la masse de ciment) aux bétons, mortiers ou coulis lors du malaxage ou avant la mise en œuvre, provoque les modifications recherchées de telle ou telle de leurs propriétés, à l'état frais ou durci. Sont donc exclus du domaine des adjuvants au sens de la norme, les produits ajoutés au moment du broyage du clinker ou les produits dont le dosage dépasserait 5 % du ciment (Himri, 2014).

L'emploi d'un adjuvant ne peut entraîner une diminution de certaines caractéristiques du béton que dans les limites précisées par la norme. Il ne doit pas non plus altérer les caractéristiques des armatures du béton ou des aciers de précontrainte (Himri, 2014).

Chaque adjuvant est défini par une fonction principale et une seule, caractérisée par la ou les modifications majeures qu'il apporte aux propriétés des bétons, des mortiers ou des coulis, à l'état frais ou durci (Table I.1). L'efficacité de la fonction principale de chaque adjuvant peut varier en fonction de son dosage et des composants du béton. Un adjuvant présente généralement un ou plusieurs fonctions secondaires qui sont le plus souvent indépendantes de la fonction principale (Himri, 2014).

L'emploi d'un adjuvant peut aussi entraîner des effets secondaires non directement recherchés. Ainsi un adjuvant réducteur d'eau peut avoir une fonction secondaire de retardateur de prise. L'utilisation des adjuvants pour la production de béton de structures doit respecter les exigences de la norme NF EN 206-1. (Himri, 2014)

Tableau. I- 1 Différents types des adjuvants (Djaafar, 2016)

Nature	Effets
Prise et durcissement	<p>Accélérateur de prise : diminue le temps de prise du béton.</p> <p>Accélérateur de durcissement : accélère le temps de durcissement du béton.</p> <p>Retardateur de prise : ralentit le temps de prise du béton sans l'altère</p>
Ouvrabilité du béton	<p>Plastifiant : améliore la maniabilité du béton sans l'altérer.</p> <p>Plastifiant réducteur d'eau : réduit la teneur en eau dans le but d'augmenter la résistance du mélange, tout en ayant une bonne maniabilité.</p> <p>Super plastifiant :</p> <p>Fonction fluidifiant : (dosage en eau normal) améliore la maniabilité mais diminue la résistance. Fonction réducteur : (très faible dosage en eau) entraîne une forte réduction en eau dans le mélange tout en conservant une bonne maniabilité.</p>
Modification de certaines propriétés	<p>Entraîneur d'air : permet la formation de petites bulles d'air réparties de manière homogène. Ce qui augmente la maniabilité et la résistance au gel du béton à l'état solide. Hydrofuge : améliore l'imperméabilité du béton en obturant les pores.</p> <p>Les pigments : offrent la possibilité de modifier la couleur du béton.</p>
Les produits de cure	Produits appliqués à la surface du béton frais, ils ont pour rôle de protéger le béton contre d'éventuels risques de dessiccation.

I.3 Formulation des bétons de sable :

Le béton de sable de dune est un matériau nouveau encore au stade de la recherche. Le principal problème posé par son emploi est la conception de méthode de compositions compatibles avec les divers usages qu'on en fait (s & Belmecheri, 2015).

Les performances d'un béton de sable sont extrêmement dépendantes de la qualité et de la rigueur de la formulation. Quelques exemples de formulations théoriques, qui fournissent des ordres de grandeurs très plausibles des dosages des différents constituants, ont été proposés pour des matériaux bien déterminés (s & Belmecheri, 2015). La démarche, dans la plupart des cas de ces formulations, demeure très empirique. Elle consiste à optimiser la compacité du béton et à estimer ensuite ses performances potentielles. L'estimation de la résistance a été menée en vue d'une optimisation du dosage en fillers (SAITI, 2014).

La formulation a le potentiel de modifier le dosage du ciment pour améliorer la résistance, tout en maintenant une compacité optimale, pour un ensemble donné de composants. (SAITI, 2014)

Ces méthodes théoriques de formulation, malgré les limitations faites de nombreuses hypothèses qui la jalonnent, constituent une base pour la mise au point d'une formule de béton de sable qui doit ensuite être validée et ajustée expérimentalement (SAITI, 2014).

Il existe d'autres méthodes expérimentales qui peuvent différer en fonction de l'approche théoriques adoptées à la base. Toutefois, l'objet reste le même : formuler un béton de sable qui soit le plus compact possible en accord avec les autres caractéristiques recherchées (possibilité de pompage, facilité de moulage et aptitude à la projection) (A. Benaïssa, 1992).

Les approches de formulation des bétons de sable sont complétées par, la méthode de formulation théorique basée sur l'optimisation de la compacité de squelette granulaire, et la méthode expérimentale basée sur la réalisation de gâchées successives (SAITI, 2014).

I.3.1 Les différentes étapes de la formulation :

- Détermination d'une formule de base sans fines d'addition
 - choix de la teneur en ciment
 - fixation d'une teneur en eau
 - détermination d'un dosage en sable
- Détermination du dosage en fines addition
- Adaptation de maniabilité à la mise on ouvre
- Contrôle de résistance (SABLOCRETE, 1994)

I.4 Déchet :

I.4.1 Définition Déchets :

Le terme déchet peut avoir plusieurs définitions, selon le contexte et aussi le niveau législatif, il varie d'un auteur à un autre et d'un pays à un autre. D'après le programme des nations unies pour le développement 2 (2009) et l'article 3 du journal officiel de la République Algérienne de la loi N 01-19 du 19 décembre 2001 relative à la gestion au contrôle et l'élimination des déchets, un déchet est défini comme : « tout résidu d'un processus de production de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont la propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a obligation de se défaire ou de l'éliminer ». (AGABI, 2020)

Notamment ce terme prend des différentes significations du point de vue économique, juridique, sociologique, politique, environnementale et systémique parmi ceux-ci on retient les deux définitions et qui mettent en exergue la valeur économique du déchet et l'enjeu juridique qui entoure sa gestion future. (AGABI, 2020)

I.4.2 Classification des déchets :**I.4.2.1 Classement selon l'origine et l'activité du déchet :****❖ Les déchets ménagers et assimilés :**

Les déchets ménagers et assimilés sont les déchets produits par les ménages, les commerçants, les artisans et même les entreprises et industries quand ils ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant à savoir : papiers, cartons, bois, verre, textiles, emballages (Gillet, 1985).

❖ Les déchets industriels :

Ces déchets comprennent des matériaux de nature et de composition diverse et donc on distingue :

a. Les déchets industriels banals (non dangereux) :

Ces déchets sont constitués de papier, carton, plastique, verre, matière organique végétale ou animale, au sens large ces déchets regroupent les déchets municipaux et les déchets qui peuvent être valorisables par recyclage, fermentation ou par incinération avec récupération d'énergie, ne sont en général ni toxique ni dangereux, peuvent être traités ou stockés dans les mêmes installations que les déchets ménagers. (BEDJOU, 2002)

b. Les déchets industriels spéciaux (dangereux) :

Ces déchets ont un pouvoir polluant important puisqu'ils contiennent des éléments toxiques en quantités variables ce qui génère des nuisances et de ce fait il faut les traiter et stockés correctement (ADEME, 2013).

I.4.2.2 Classement en fonction de nature du déchet :**❖ Les déchets dangereux :**

Tous les déchets qui présentent une ou plusieurs de ses propriétés suivantes sont considérés également comme dangereux, on site : nocif, toxique, inflammable, cancérigène, corrosif, infectieux, comburant, explosif, toxique pour la reproduction, écotoxique, mutagène, irritant.

❖ Les déchets non dangereux :

Regroupent tous les déchets qui ne présentent aucun effet dangereux ou bien toxiques, c'est également des déchets banals qui sont issus par les activités des commerçants, les entreprises, artisans et déchets ménagers (Damien, 2013).

❖ Les déchets toxiques en quantités dispersés :

Sont des déchets dangereux, mais qui sont produites en petites quantités par les ménages et les commerçants, on distingue des déchets solides, liquides et gazeux :

a. Les déchets liquides :

Les huiles usagés, peintures, les rejets de lavage, lessives et détergeant, produit de coiffures, eau de javel, encres révélatrices et aérosols.

b. Les déchets solides :

Tel que, les ordures ménagères, les gravats, emballages, tous les déchets non dangereux souillés.

c. Les déchets gazeux :

Tel que, biogaz, les fumées d'incinération (El-hafiane, 2012).

❖ Les déchets inertes :

Sont des déchets provenant également des travaux de démolition, de constructions ou de rénovation (béton, céramique, briques, carrelages...), est aussi de l'exploitation des carrières et des mines plus les activités routières. Ces déchets ne sont pas biodégradables, ne se décomposent pas et ne brûlent pas et ne produisant aucune réaction chimiques ou physiques et qui ne détériorent pas d'autres matières, avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible de générer une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

❖ Les déchets ultimes :

Les opérations de traitement des déchets produisent de nouveaux déchets : les déchets de déchets de quelque sorte. Ceux-ci Seront traités et fourniront encore des déchets. Il arrive un moment ou l'opération ne doivent plus rentable et l'on obtient ainsi le déchet ultime (Moletta R, 2009).

I.4.3 La Valorisation de matière : (AGABI, 2020)**a. Le Réemploi :**

Il s'agit d'employer une nouvelle fois le produit pour un usage analogue à celui de sa première utilisation ou en encore plus il s'agit de prolonger la durée de vie du produit avant qu'il ne devienne un déchet tout en réduisant les processus de transformation du produit.

b. La Réutilisation :

Il s'agit d'utiliser à nouveau un déchet pour un usage différent de son premier emploi.

c. La Régénération :

Il s'agit d'un procédé chimique ou physique et redonne les propriétés et les caractéristiques d'un déchet afin de l'utiliser en remplacement d'une matière première neuve.

d. Le recyclage

Il s'agit de la réintroduction directe d'un matériau contenu dans un déchet dans le cycle de production, en remplacement totale ou partiel d'une matière première vierge (A, 2003).

I.4.4 Valorisation des déchets dans le domaine du Génie civil :**I.4.4.1 Les déchets utilisés comme granulats du béton :**

L'utilisation des déchets et sous-produits comme granulats du béton est une application particulièrement prometteuse de fait que 75% du béton est constitué de granulats. Parmi les divers matériaux étudiés on trouve les laitiers, les déchets des centrales thermiques, le béton récupéré, les déchets provenant de l'exploitation de mines ou de carrières, les déchets de mines de charbon, le verre de récupération, les résidus d'incinérateurs, les boues rouges, l'argile cuite et la sciure de bois. (Ramachandran, 1981)

I.4.4.2 Laitiers :**➤ Laitier de haut fourneau :**

Le laitier de haut fourneau est un sous-produit de la transformation du minerai de fer en fonte brute. Le laitier est ensuite refroidi lentement à l'air et donne un matériau cristallin et compact connu sous le nom de « laitier refroidi à l'air » ou bien il est refroidi rapidement et traité au moyen de jets d'eau pour obtenir un matériau léger désigné sous le nom de « laitier expansé ». (Ramachandran, 1981)

a) Le laitier refroidi à l'air :

Le laitier refroidi à l'air est approprié comme granulats pour le béton. La comparaison entre la résistance à la compression du béton constitué de granulats de laitier de haut fourneau et celle du béton constitué de gravier et de calcaire concassé indique que le béton de laitier est plus résistant. Les fines du laitier peuvent être utilisées pour remplacer sans inconvénient le sable. La stabilité volumique, la résistance aux sulfates et la résistance à la corrosion par les solutions de chlorure font que le béton de laitier armé convient pour plusieurs applications. (Ramachandran, 1981)

b) Le laitier expansé :

La quantité de laitier expansé produit est bien plus faible que celle de laitier refroidi à l'air. Le laitier expansé est utilisé pour la fabrication du béton léger ayant une masse volumique apparente comprise entre 800 et 950 kg/ m³.

Les blocs de béton de laitier expansé sont utilisés pour la construction de murs porteurs et de murs non porteurs. Le béton de laitier expansé a une excellente résistance au feu et une conductivité thermique d'environ 75% de celle des autres bétons légers.

Le laitier expansé réduit en boulettes a été mis au point au Canada. On prétend que ce procédé de fabrication pollue moins l'air que le procédé normal de fabrication. (Ramachandran, 1981)

➤ Laitier d'acier :

Ce laitier est formé par l'élimination des impuretés contenues dans la fonte brute. Il est riche en phosphate ou en calcium et contient du silicate bi calcique métastable ; il est donc utilisé uniquement comme matériau de remblai pour les routes. Normalement, ce laitier est stocké en piles pendant une période allant jusqu'à un an avant d'être utilisé. (Ramachandran, 1981)

➤ **Autres laitiers métallurgiques**

Les applications possibles du laitier provenant de la fusion réductrice du cuivre, du zinc, du plomb, du nickel et de l'étain n'ont pas encore été explorées à fond. On a toutefois déjà étudié la possibilité d'utiliser les laitiers au zinc/plomb comme granulats pour le béton bitumineux. Dans le béton de ciment, ces laitiers produisent une réaction alcali-silice. On a également proposé de les utiliser comme granules fins pour le béton. Le laitier refroidi à l'air issu de la fabrication de phosphore sert de granulats pour le béton. (Ramachandran, 1981)

I.4.5 Déchet provenant de l'exploitation des mines et des carrières :

L'exploitation des mines et des carrières produit de grandes quantités de déchets. Les déchets de minerais ne sont pas encore très utilisés étant donné qu'ils proviennent d'endroits très éloignés des régions peuplées. Ils pourraient cependant être utilisés pour la fabrication de briques, et de blocs de béton autoclave ou à granules légers. Un des problèmes relatifs à l'usage de ces déchets découle de la diversité de leur composition. (Ramachandran, 1981)

I.4.6 Déchet divers :

I.4.6.1 Déchets de mines de charbon :

Dans les opérations d'extraction du charbon, environ la moitié du matériau est rejetée sous forme de déchets. Ceux-ci servent principalement de matériau de remblai pour les routes et peuvent aussi être utilisés comme granulats pour le béton léger. La température de chauffe de ces déchets susceptible de produire le gonflement ou la dilatation doit être contrôlée pour que les gaz s'échappant de l'argile ou de tout autre matériau soient bien emprisonnés dans les granules ramollis. Tous les déchets ne vont pas nécessairement gonfler. Il est donc important de faire des essais préliminaires pour évaluer la capacité de gonflement des types particuliers de déchets. On peut aussi produire des granulats denses par traitement thermique contrôlé. (Ramachandran, 1981)

I.4.6.2 Verre de récupération :

Des millions de tonnes de verre sont récupérées chaque année. En général, la résistance du béton contenant du verre est inférieure à celle du béton contenant du gravier. La résistance est particulièrement faible lorsque du ciment à teneur alcaline élevée est utilisé.

On remarque la même tendance dans le cas de la résistance à la flexion. En remplaçant le ciment par des cendres volantes dans une proportion de 20 à 30%, on parvient à compenser cette perte de résistance. (MERIEM, 2019)

Le verre de récupération réagit en présence de granules alcalins. On remarque une dilatation élevée lorsqu'il est en contact avec du ciment à teneur alcaline élevée, ce qui explique la faible résistance des bétons à base de verre. Par exemple, pour une période de 12 mois, la dilatation du béton contenant du gravier est de 0,018%, alors que celle du béton contenant du verre est d'environ 0,3%.

Le verre de récupération peut aussi servir à la fabrication de granulats légers. Il a été produit des granules légers expansés d'une masse volumique de 528 kg/m³ par pelletisation d'un mélange de verre de récupération broyé, d'argile et de silicate de sodium chauffé à une température de 850°C. Le béton ainsi obtenu présente une résistance à la compression d'environ 17 MPa après une période de cure à la vapeur de 28 jours.

Plusieurs problèmes relatifs à l'utilisation du verre de récupération doivent être résolus avant que le procédé soit rentable.

Le verre récupéré est de composition variée et est souvent contaminé par de la saleté ou d'autres substances qui doivent être éliminées.

Une fois broyé, le verre se présente sous forme de particules allongées et sa surface, tant des points de vue chimique que physique, le rend impropre à être utilisé comme granulats pour le béton.

De plus, le verre doit être bien nettoyé pour le débarrasser de toute trace de sucre car ceci pourrait avoir une influence néfaste sur le temps de prise du béton. (Ramachandran, 1981)

I.4.6.3 Résidus d'incinérateurs :

L'incinération des déchets domestiques et industriels entraîne la production de grandes quantités de résidus solides. La composition chimique des résidus varie selon la méthode de traitement des matériaux et selon la saison. Ces résidus comportent toutefois certaines matières délétères, ce qui compromet leur utilisation en tant que composants du béton, Ainsi aluminium entraîne la dilatation par suite de l'évolution de l'hydrogène, les métaux ferreux font tacher le béton et les sels de plomb et de zinc solubles nuisent à la prise du ciment. La présence de verre entraîne aussi la dilatation des granulats alcalins. (Ramachandran, 1981)

I.4.6.4 Sciure de bois :

Le béton à base de sciure de bois est très peu utilisé à cause de sa faible résistance. Ainsi, les mélanges 1/2 et 1/6 (rapport ciment : sciure de bois, en volume) présentent une résistance à la compression à 7 jours de 7,5 MPa et 0,75 MPa, respectivement. On peut augmenter la résistance en ajoutant du sable. Le béton à base de sciure de bois a de bonnes propriétés isolantes, une bonne souplesse et une faible conductivité thermique et peut être scié et cloué. Toutefois, il absorbe de grandes quantités d'eau et se dilate lorsqu'il est en contact avec de l'eau. Avant de

pouvoir servir à la fabrication du béton, la sciure de bois doit être pré-trempée pour en éliminer toute matière soluble. Le béton contenant beaucoup de sciure de bois est inflammable. La sciure provenant du chêne rouge, du sapin de Douglas, du peuplier du Canada, de l'érable, du bouleau ou du cèdre rouge donne des bétons à faible résistance alors que la sciure d'épinette ou de pin rouge donne des bétons dont les propriétés sont acceptables. (Ramachandran, 1981)

I.4.6.5 Débris de terre cuite :

La majorité des constructions utilisent des briques de terre cuite et assez souvent des tuiles de la même matière. Aussi la plus grosse partie des déchets de construction et démolition est constituée des briques de terre cuite. Ces déchets peuvent être utilisés dans des mortiers et bétons en les transformant en granulats. L'étude des caractéristiques physiques de tels granulats montre qu'ils sont acceptables pour la confection d'un béton hydraulique ou d'un mortier. Toutefois, ils ont un coefficient d'absorption d'eau très élevé à cause de la porosité de la terre cuite.

Un micro béton a été confectionné avec des fractions granulaire 0/3 et 3/8 de terre cuite concassée pour la fabrication de blocs d'agglomérés creux pour maçonnerie à base de 100% de granulats recyclés. Des résultats intéressants et très encourageants ont été obtenus. (BEDJOU, 2002)

I.4.6.6 Déchet plastique :

C'est un polymère obtenu par la polycondensation de deux composants : le diméthyltéréphtalate et l'éthylène glycol (figure I.2). Les chaînes vont s'arranger et former des fibres résistantes. Le PET est surtout employé pour la fabrication de fils textiles, de films et de bouteilles (figure I.3). L'inventeur des bouteilles en PET, Nathaniel Wyeth voulait faire une bouteille incassable. Cependant, ce plastique devient mou à moyenne température et présente une bonne résistance thermique jusqu'à 260 °C. Cette propriété empêche de consigner les bouteilles en PET car il faut les laver à une température trop haute. Pour cette même raison, on ne peut pas l'utiliser pour les confitures qui sont coulées chaudes dans les pots.

Les quantités des déchets plastiques provenant des emballages particulièrement les bouteilles de polyéthylène téréphtalate sont importantes. Ces déchets peuvent être utilisés comme granulats légers pour béton léger. Ce type d'agrégat procure au béton la possibilité de réduire son poids et de facilement contrôler l'humidité dans l'agrégat puisque ces agrégats n'absorbent presque pas d'eau. Les essais mécaniques effectués sur le béton ont base de ces agrégats eu données des résultats acceptables allons jusqu'à 20 MPa pour la compression, et cette résistance reste bonne à des températures de plus de 60°C et ils résistent bien au gel dégel. (Mohammed, 2006)

Le béton léger fabriqué avec des agrégats en plastique peut être utilisé dans les constructions et offre un bénéfice économique et environnemental. (K. Koide, 2002)

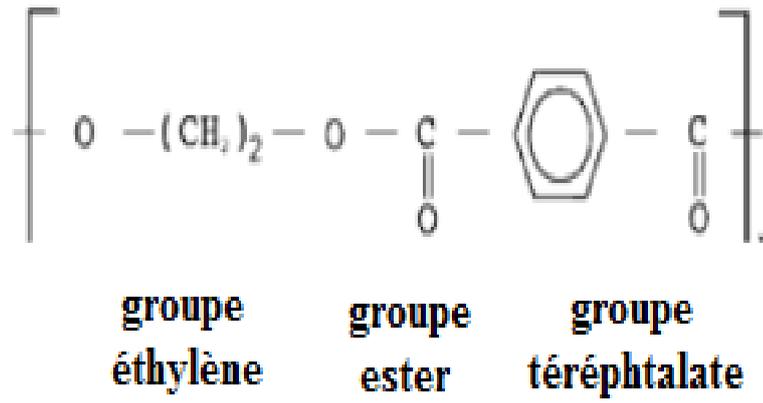


Figure. I- 2 : Composition chimique de PET (Enseignant, 2006)



Figure. I- 3 : Bouteilles en PET (ZAHI, 2020).

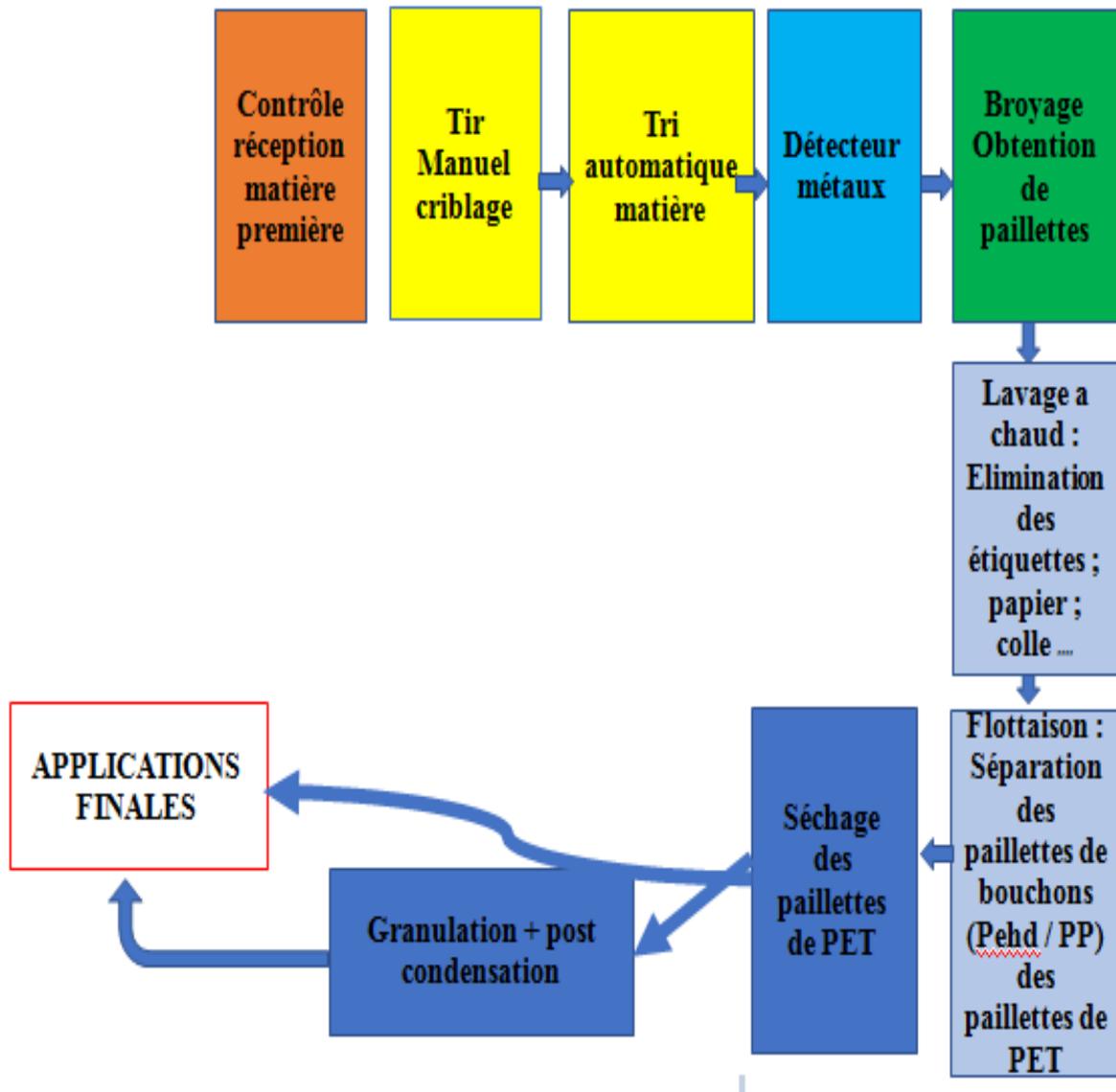


Figure. I- 4 : Exemple des différentes étapes du recyclage des PET (council, Env.and plas_industry, 2024)

I.4.6.6.1 Types des PET :

➤ Fibre en plastique :

Ils existent les mono filaments PET qui peuvent être soit signalables, soit non flagellables, droits ou sertis, avec différents profils et diamètres, allant de 0,12 mm à 2,00 mm (Chaikaew and C, 2006).

➤ **Fines particules des PET :**

Il faut pour obtenir la poudre des bouteilles de PET par l'écrasement de sa dernière.

Les tailles moyennes des particules de PET étaient respectivement de 0,25 et 0,50 cm (respectivement petits et grands) et ont été estimées sur la base de mesures effectuées sur des micrographies au moyen d'une loupe électronique (Albano, 2009)

➤ **Agrégats :**

Le granulé en plastique est produit à partir de flops en plastique. Ce matériau est constitué de prédécesseurs et des grains de PET de taille égale, exempts de niveau microscopique. Ils existent :

- Le granulat déchiqueté (une forme angulaire)
- Agrégats de PET fins et grossiers.
- Agrégat de PET en forme de pastille.

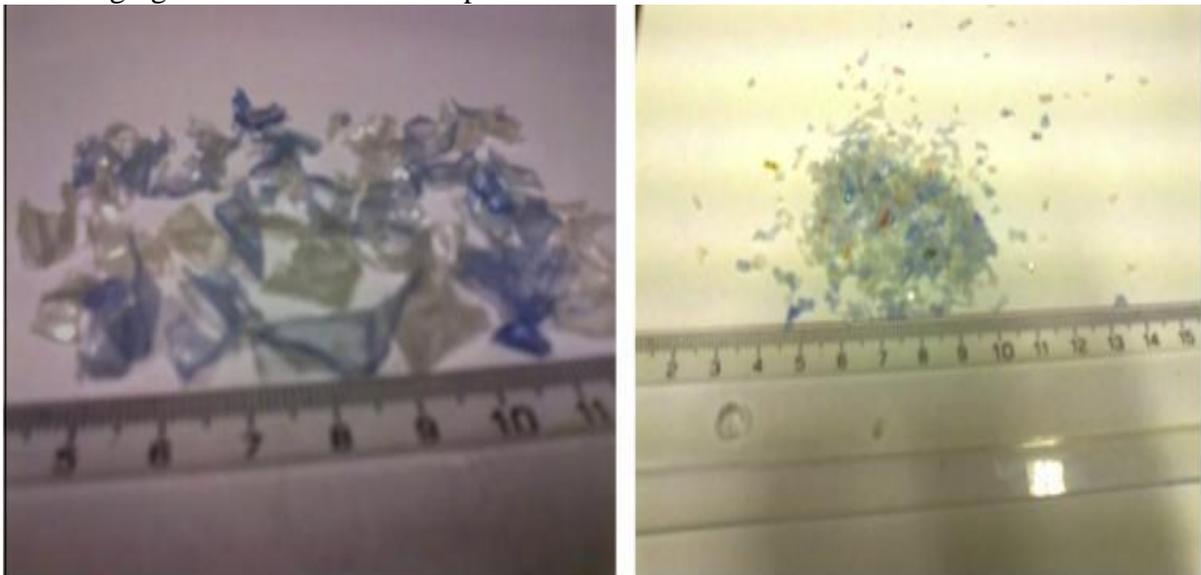


Figure. I- 5 : PET agrégats fins et grossiers (Brito, 2012)

I.5 Domaine d'utilisation de béton sable :

Le béton de sable est un nouveau matériau conçu pour remplacer le béton traditionnel dans certains éléments de construction.

Le béton de sable est principalement utilisé dans les structures en béton moulé par injection, les pieux en béton armé coulés sur place et les fondations des bâtiments. (BANDANIA.F, 2018)

Le béton de sable peut être appliqué pour la préfabrication d'éléments non porteurs ou légèrement porteurs (blocs creux ou pleins, acrotères, corniches, etc.) ou pour la préfabrication d'éléments structuraux porteurs (poutres, poutres précontraintes, structures préfabriquées précontraintes, poutres, prédalles précontraintes, etc.) outre l'utilisation en préfabrication, le béton de sable peut également être coulé sur place pour la construction de structures porteuses (poutrelles, prédalles précontraintes, etc.). (Asma Jaballah Slaoui, 2014)

I.6 Le béton de sable coulé auto placent :

En matière de moulage, les propriétés uniques du béton de sable offrent un certain nombre d'avantages qui le distinguent du béton conventionnel, Sa maniabilité, l'absence de ségrégation et la faible énergie nécessaire à la vibration permettent de créer des formes intéressantes.

Le béton de sable peut être utilisé à diverses fins (SABLOCRETE, 1994) :

Figure montre l'exécution d'un dallage expérimental en béton de sable coulé sur place.



Figure. I- 6 : Dallage expérimental en béton da sable fabriqué à la Bétonnière et coulé en place. (Asma Jaballah Slaoui, 2014)

I.7 Les avantage de béton sable :

Le béton de sable est un nouveau matériau de construction qui utilise les ressources naturelles en sable, éliminant ainsi de nombreux obstacles au développement de la construction grâce à ses avantages : (MELAIS, 2015)

- Grâce à sa bonne ouvrabilité, le béton de sable facilite le coulage d'éléments fortement armés et dans des zones difficiles d'accès.
- En raison de sa faible granulométrie, il est principalement utilisé pour la décoration et la finition des façades.
- En raison de sa faible granulométrie, il présente une excellente homogénéité et cohésion.
- Possibilité d'utiliser les abondantes ressources naturelles locales.

I.8 Inconvénient de béton sable :

Le béton de sable est largement utilisé malgré ses inconvénients :

- Une teneur élevée en grains fins augmente la surface spécifique, ce qui rend difficile l'encapsulation des grains de sable dans la pâte de ciment et augmente donc l'utilisation du ciment.
- Le sable très fin réduit l'activité du ciment, ce qui diminue la résistance mécanique du béton.

- La surface spécifique élevée du ciment augmente l'absorption capillaire, par conséquent, l'imperméabilité du béton durci diminue et le retrait augmente. (Ben Amara, 2002)

Conclusion :

les matériaux de construction modernes, de l'utilisation du sable des dunes, des plastiques recyclés, du béton de sable et de l'importance de l'isolation thermique dans la construction moderne. Le béton de sable a prouvé son importance dans la construction en tant que matériau polyvalent, offrant d'importantes propriétés mécaniques et adhésives. Le sable des dunes a un grand potentiel en tant que source de matériaux de construction, grâce à ses propriétés uniques. Enfin, l'isolation est essentielle pour assurer le confort thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments.

CHAPITRE II

**Étude sur les caractéristiques d'une béton
sable à base de déchet de PET**

Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons les expériences précédentes menées sur le béton de sable, en particulier l'évaluation de la résistance mécanique et thermique du béton de sable PET et de ses matériaux constitutifs afin de vérifier leur conformité aux normes de qualité et de performance, l'évaluation de la durabilité du béton de sable dans différentes conditions environnementales et la détermination des propriétés physiques du béton de sable afin de comprendre son comportement dans différentes applications de construction, Ces caractéristiques permettront de déterminer la faisabilité et les avantages de l'utilisation du béton de sable dans les planchers et nous aborderons les types de planchers et leurs caractéristiques ainsi que les types de hourdis utilisés et leurs caractéristiques.

II.1 Etat de l'Arte :

Voici quelques exemples d'études antérieures menées sur le béton sableux.

II.1.1 Mémoires consultés :

Mémoire Master : Caractéristiques thermiques d'un béton de sable à base de déchet de PET et de brique.

ont été choisis pour remplacer partiellement le sable des dunes. Nous avons remplacé 5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 25 % du poids du sable par du PET.



Figure. II- 1: PET utilisé (ZENGOUT, 2023)

Mortier avec déchet de brique :

Dans cette étude, les déchets de brique ont été choisis pour remplacer partiellement le sable des dunes par de la poudre de brique préparée. 5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 25 % du poids du sable ont été remplacés par de la poudre de brique.



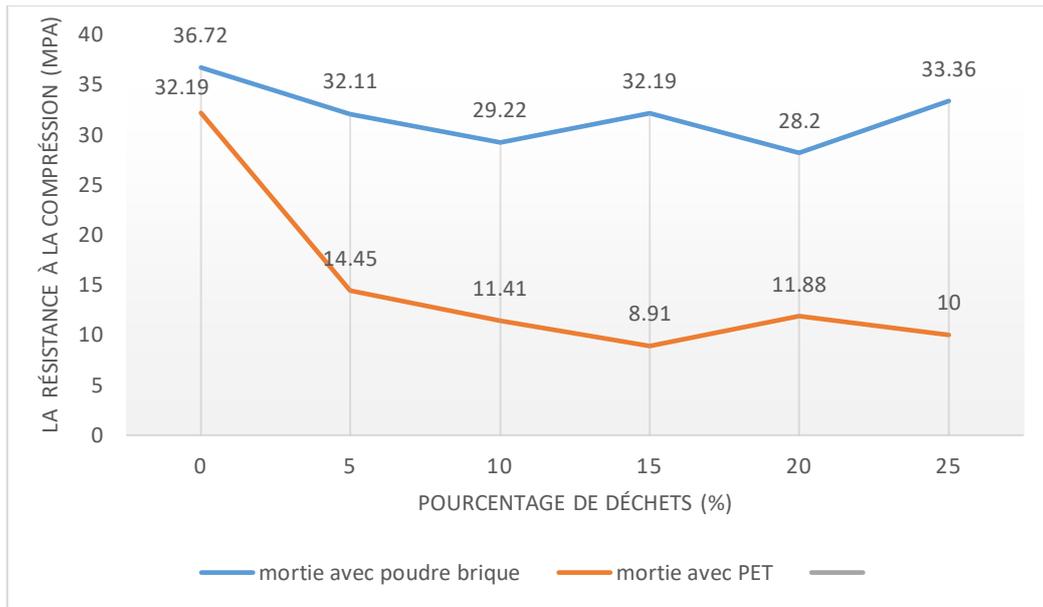
Figure. II- 2 : Poudre de brique utilisé (ZENGOUT, 2023)

Résistance mécanique à la compression :

La résistance à la compression est la capacité d'un matériau ou d'une structure à supporter une charge qui réduit sa taille par compression, résistance évaluée la compression à 28 jours à l'aide d'un testeur de compression L'hydraulique permet l'application de charges jusqu'à 200KN et est équipée d'un dispositif résistance à la compression du moule à mortier.

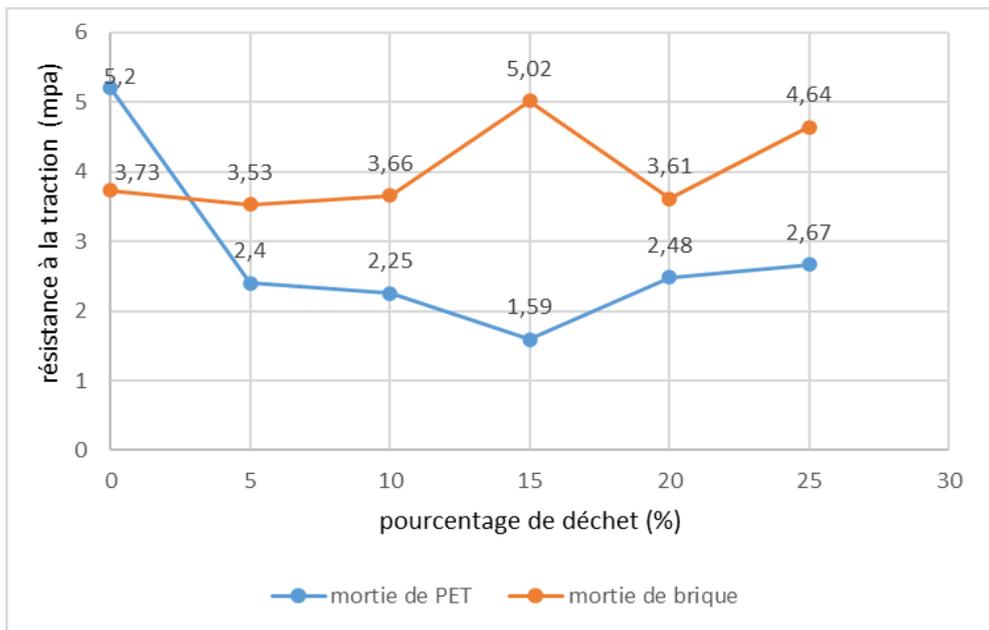


Figure. II- 3 Dispositif de l'essai mécanique de Compression (ZENGOUT, 2023)



Graph. II- 1 : La résistance à la compression après 28 jours de mortier avec déchet brique et PET. (ZENGOUT, 2023).modifié par auteur

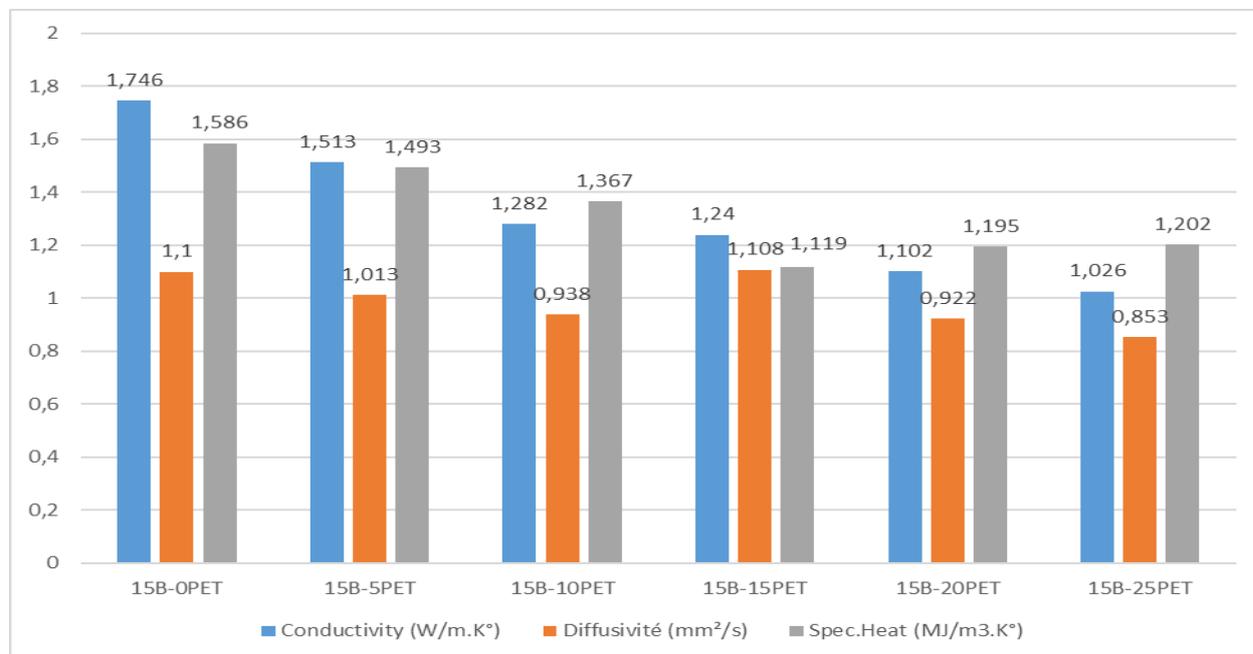
Résistances à la traction par flexion :



Graph. II- 2 : La résistance à la traction après 28 jours de mortier avec déchet brique et PET. (ZENGOUT, 2023).modifié par auteur

Isolation thermique :

Les résultat Isolation thermique du mortier, en utilisant des briques et des déchets plastiques en proportions variables à la place du ciment et du sable. Ces données sont essentielles pour évaluer les performances thermiques des mortiers dans les applications de construction.



Graphe. II- 3 Résultat de l'isolation thermique. (ZENGOUT, 2023)modifié par auteur

Discuter de résultat :

Après ce résultat on peut dire que les briques et les déchets plastiques ont un impact potentiel sur l'isolation thermique du mortier. Les briques usagées contribuent à réduire la conductivité thermique du mortier grâce à leurs propriétés isolantes. De même, le plastique a également une faible conductivité thermique et agit donc comme un isolant efficace.

Mémoire Magistère : Confection d'une brique à base de sable de dunes.

Objectif :

Dans Ce travail vise à présenter une Confection d'une brique à base de sable de dunes avec un bon caractéristique (thermique, mécanique)

II.1.1 Article consulté

Article 1 : Formulation et caractérisation d'un béton de sable à base de déchets plastiques.

Objectif :

La possibilité d'utiliser des bouteilles en plastique usagées (PET - polyéthylène téréphtalate) et des réservoirs usagés (LDPE - polyéthylène basse densité) dans le béton de sable

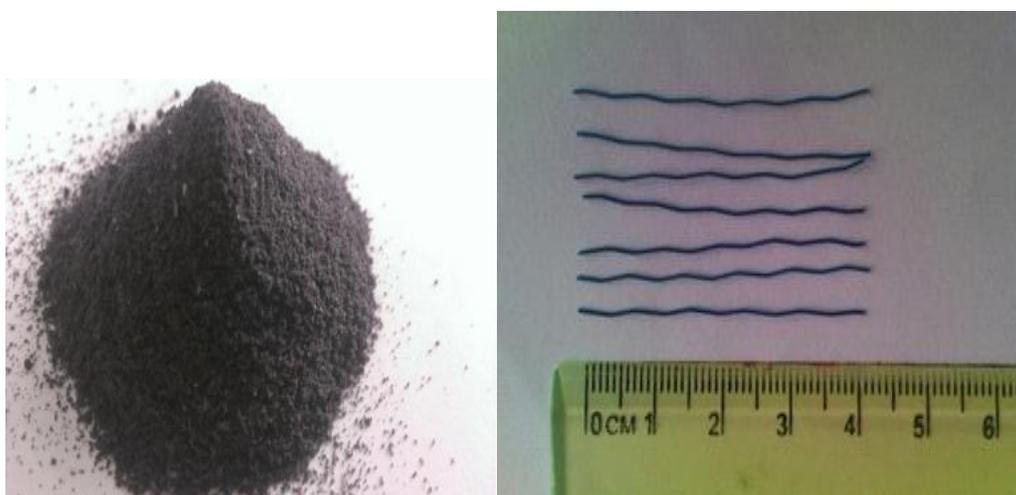


Figure. II- 4 : Les déchets plastiques utilisés. (GUENDOYZ, et al., 2015)

Tableau. II- 1 : Caractéristiques des déchets plastiques utilisés (GUENDOYZ, et al., 2015)

Caractéristiques	Poudre plastique	Fibre plastique
Longueur (cm)	/	4
Diamètre (mm)	0.315	50
La masse volumique apparente (Kg/m ³)	0.35	0.95
La masse volumique absolue (Kg/m ³)	0.87	1.23

Optimisation des formulations :

La formulation du béton de sable utilisé pour la réalisation des éprouvettes est basée sur des méthodes expérimentales.

Elle est basée sur la méthode expérimentale du projet SABLOCRETE [SAB 94]. 230 kg/m³ de sable, 230 kg/m³ de laitier, un rapport eau-ciment de 0,86 et 1% d'adjuvant. Un adjuvant de 1 % a été utilisé.

Les types de béton de sable produits sont énumérés ci-dessous :

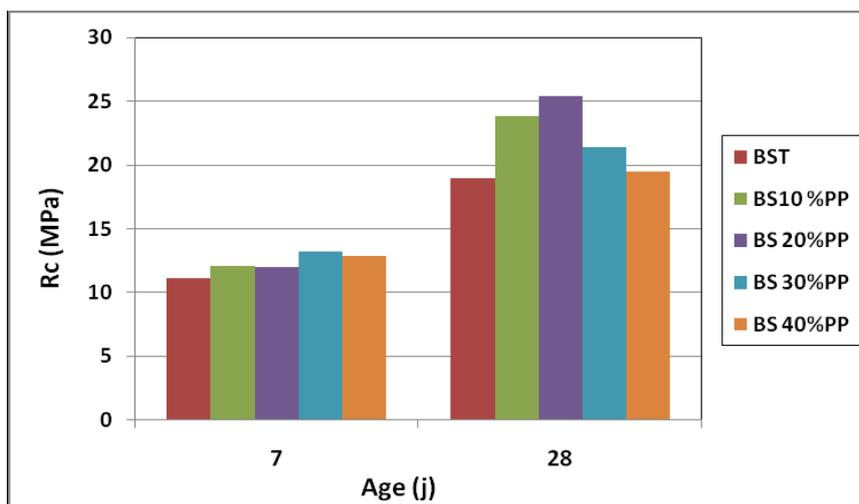
BST : Béton de sable de témoin.

BS PP : Béton de sable à base de poudre plastique.

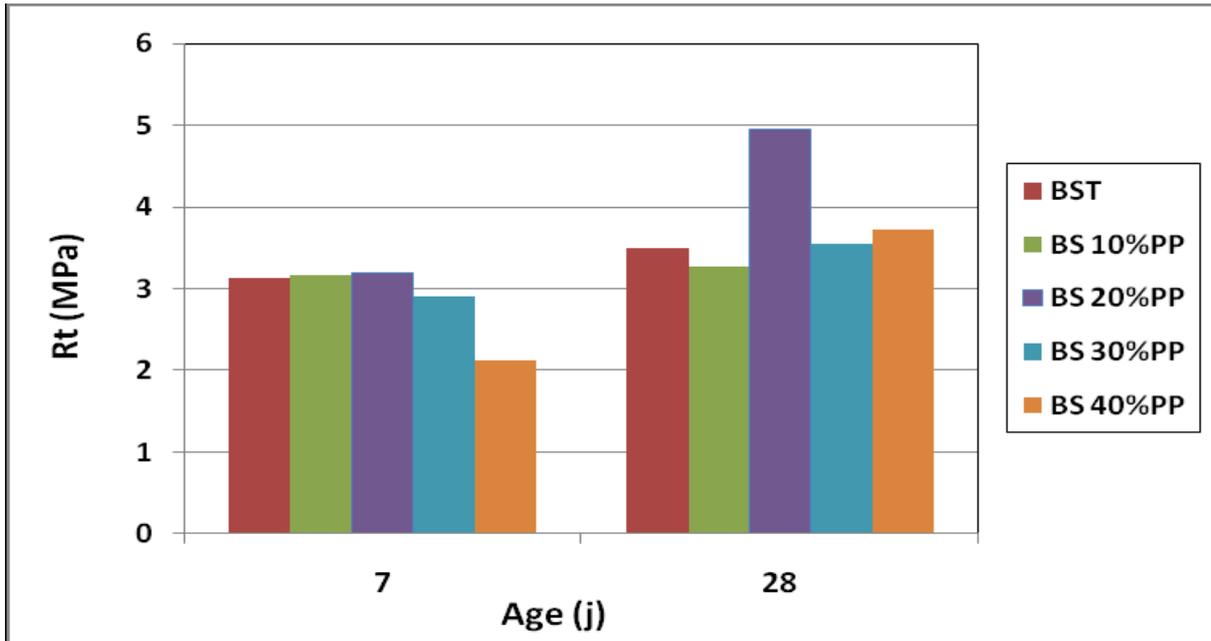
BS FP : Béton de sable à base de fibres plastiques.

Dans chaque essai, les résultats de résistance mécanique du béton de sable sont la moyenne de trois mesures sur trois éprouvettes à 7 et 28 jours.

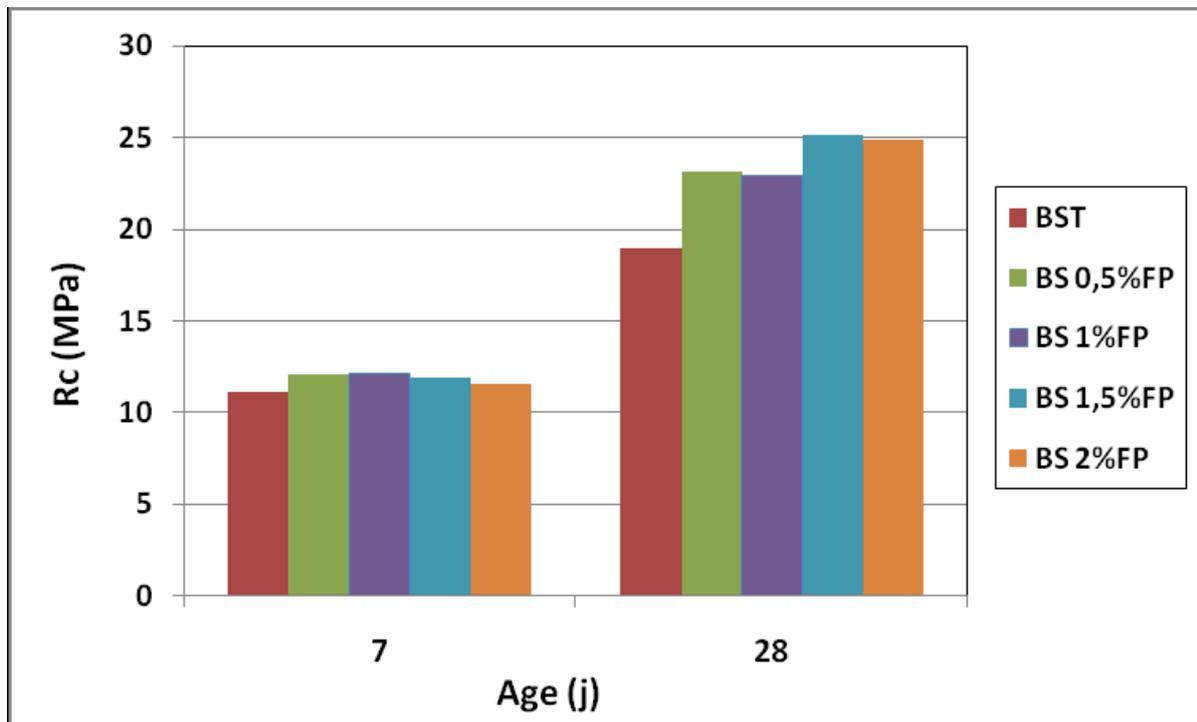
Le diagramme ci-dessous montre les résultats :



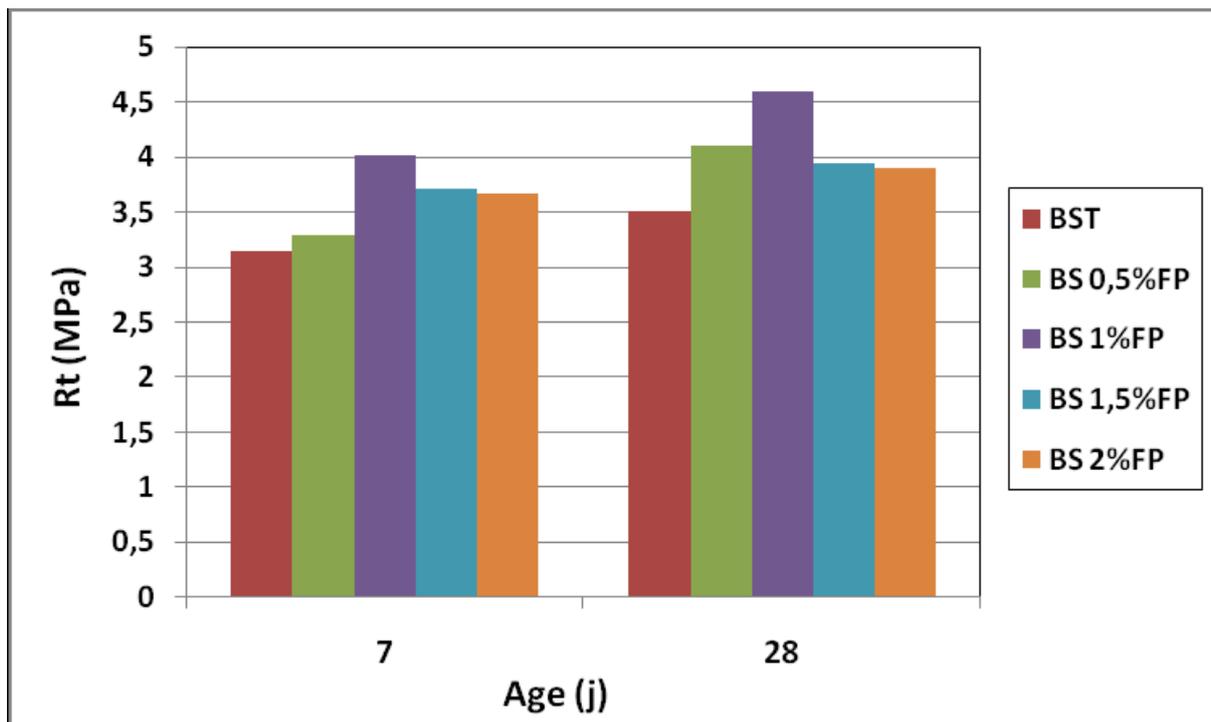
Graph. II- 4 : La résistance à la compression des bétons de sable d'ajout de poudre plastique. (GUENDOUZ, et al., 2015)



Graph. II- 5 : La résistance à la traction des bétons de sable d'ajout de poudre plastique. (GUENDOZ, et al., 2015)



Graph. II- 6 : La résistance à la compression des bétons de sable d'ajout des fibres plastiques. (GUENDOZ, et al., 2015)



Graph. II- 7 : La résistance à la traction des bétons de sable d'ajout des fibres plastiques. (GUENDOUZ, et al., 2015)

Discuter de résultat :

Selon les résultats obtenus, le béton de sable :

- Les poudres de déchets plastiques contribuent à améliorer l'ouvrabilité du béton sableux.
- L'enrobage de fibres plastiques a un effet négatif sur l'ouvrabilité du béton sableux.
- Le remplacement du sable par de la poudre plastique et l'ajout de fibres plastiques réduit la densité du béton de sable.
- La poudre plastique améliore les performances du béton de sable.
- Les fibres plastiques augmentent la résistance à la traction du béton de sable.

Article 2: Effect of the chemical and mechanical recycling of PET on the thermal and mechanical response of mortars and premixed screeds.

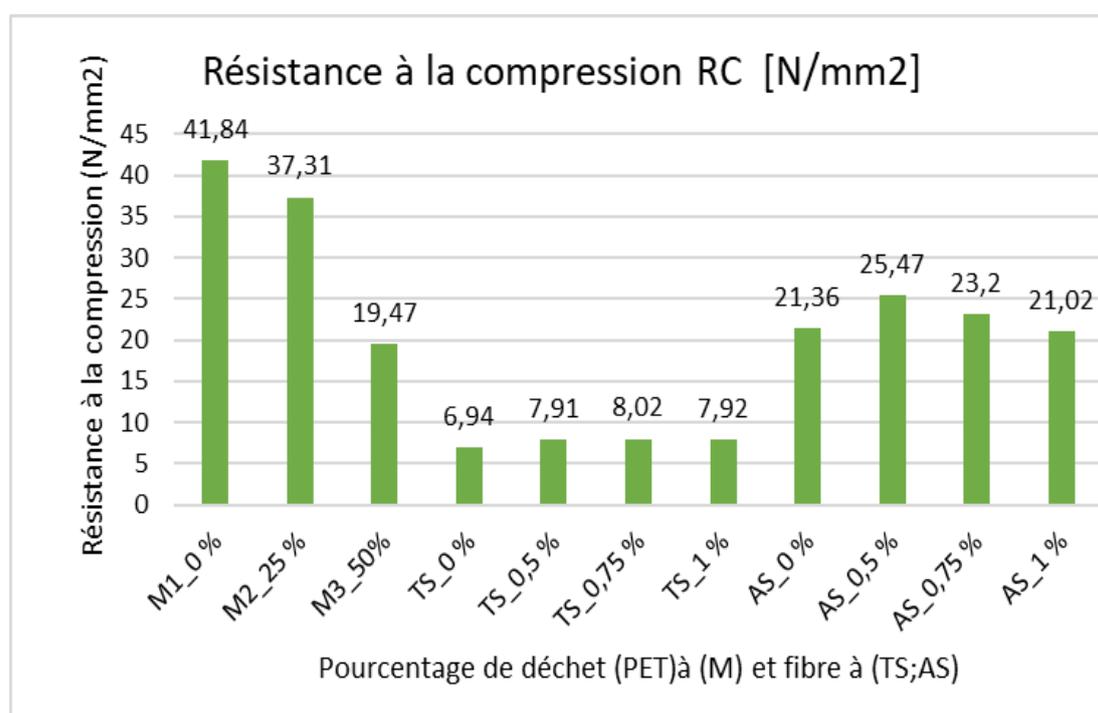
L'auteur : Michela Lerna, Dora Foti, Andrea Petrella, Maria Francesca Sabbà, Sulyman Mansour. *Materials* 2023, 16, 3155. <https://doi.org/10.3390/ma16083155>

Objectif :

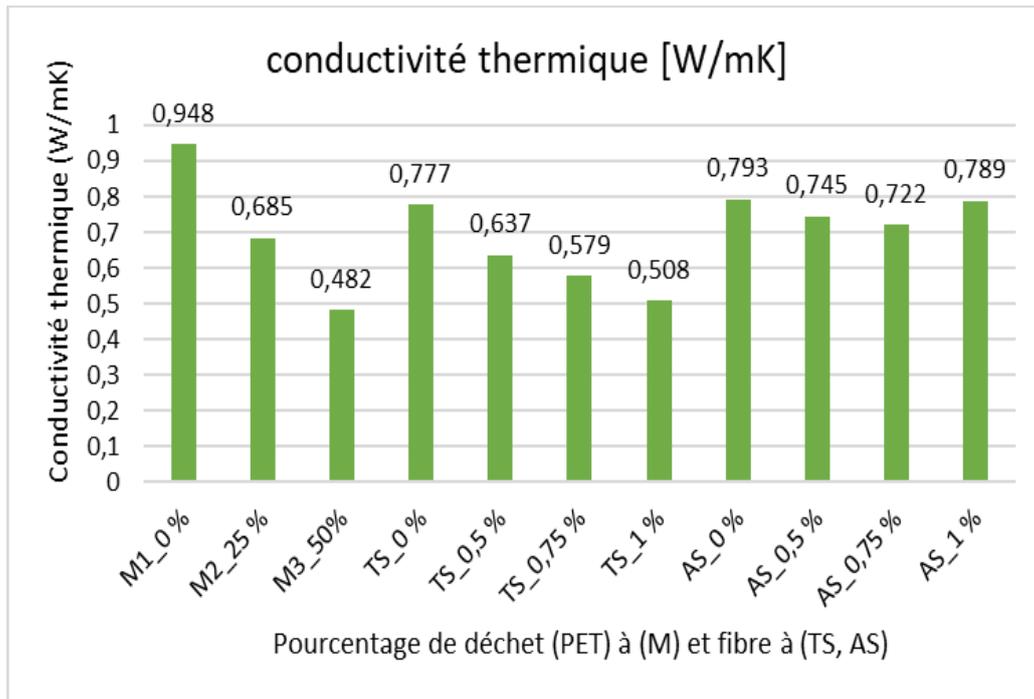
Minimiser l'impact environnemental de la consommation de matières plastiques et réduire la consommation continue de matières premières en utilisant du polyéthylène téréphtalate (PET) recyclé pour produire des matériaux d'ingénierie innovants sur le plan environnemental et aux performances accrues.

Méthodologie :

En utilisant le recyclage mécanique ou chimique des plastiques, il est possible de produire des matériaux de construction légers. En fait, l'utilisation d'additifs légers dans le mélange réduit la densité du matériau tout en maintenant des niveaux acceptables de maniabilité. Cet aspect offre de nombreux avantages, tels que la réduction du poids mort structurel avec un meilleur comportement sismique et l'augmentation des performances d'isolation thermique des bâtiments.



Graph. II- 8 : Résultats de la résistance à la compression avec les valeurs standard d'écart de tous les échantillons testés contenant du PET recyclé. (Michela.L, 2023) modifié par auteur



Graph. II- 9 : Résultats de la conductivité thermique. (Michela.L, 2023) modifié par auteur

Traditional screed (TS)

Self-leveling screed (AS)

Discuter de résultat :

La possibilité de créer des matériaux de construction légers. En effet, l'utilisation d'additifs légers dans le mélange permet de réduire la densité du matériau tout en maintenant un niveau de maniabilité acceptable. Cet aspect présente de nombreux avantages, tels qu'un meilleur comportement sismique, une réduction de la charge structurelle et une amélioration des performances d'isolation thermique du bâtiment.

Application de matériaux dans des zones non structurales. En fait, le composant PET dans le mélange peut réduire la résistance à la compression, mais la résistance de tous les échantillons est maintenue au même niveau que le produit souhaité.

Article 3: Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete

Objectif:

Étude de l'effet du laitier granulé de haut fourneau (GBFS) sur le WPLA. Le WPLA a été synthétisé à partir de bouteilles PET usagées et de laitier granulé de haut fourneau (GBFS).

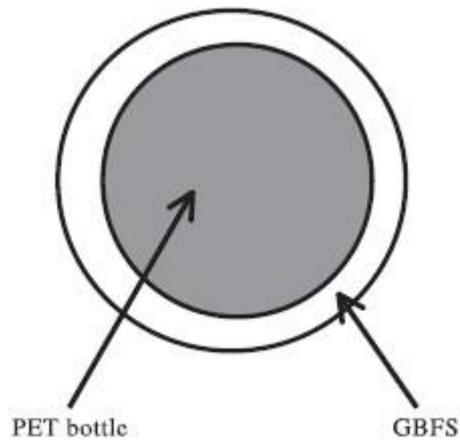


Figure. II- 5 : Section de la WPLA. (Yun-Wang Choia, 2004)

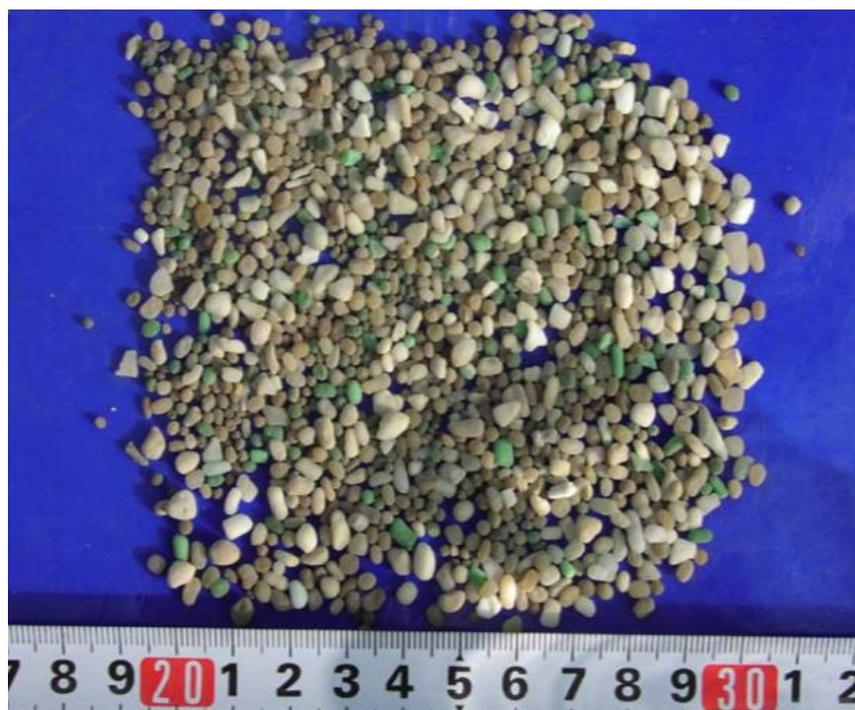


Figure. II- 6 : Forme du WPLA. (Yun-Wang Choia, 2004)

Tableau. II- 2 : Résultats des propriétés du béton (Yun-Wang Choia, 2004).modifié par auteur

W/C [%]	53				49				45			
WPLA/ (RS + WPLA) [%]	0	25	50	75	0	25	50	75	0	25	50	75
Résistance à la compression [MPa] 28 jours	31,5	29,7	26,3	21,8	34,6	33,7	29,1	23,2	37,2	33,8	31,8	24,9
Résistance à la traction par fendage [MPa]	3,27	2,65	2,25	2,04	3,27	2,76	2,35	1,94	3,32	2,8	2,55	2,4

Discuter de résultat :

La résistance à la compression à 28 jours et la densité des WPLAC ont été réduites à mesure que le taux de remplacement et le rapport eau-ciment augmentaient. L'efficacité structurelle des WPLAC avec un taux de remplacement de 75 % était inférieure d'environ 21 % à celle du béton témoin. Ceci peut être attribué à l'influence du poids de la WPLA et de la résistance de la matrice.

La maniabilité des WPLAC s'est améliorée avec l'augmentation du taux de remplacement et du rapport eau-ciment.

Les résultats démontrent que l'amélioration de l'ouvrabilité des WPLAC est capable de réduire la teneur en eau unitaire et la teneur en agent réducteur d'eau.

Article 4: Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces

Objectif :

Étudiés Les changements relatifs des propriétés statiques et le comportement adiabatique du béton ordinaire dus à l'ajout de déchets de polymères provenant de bouteilles en PET et de morceaux de pneus de voiture.

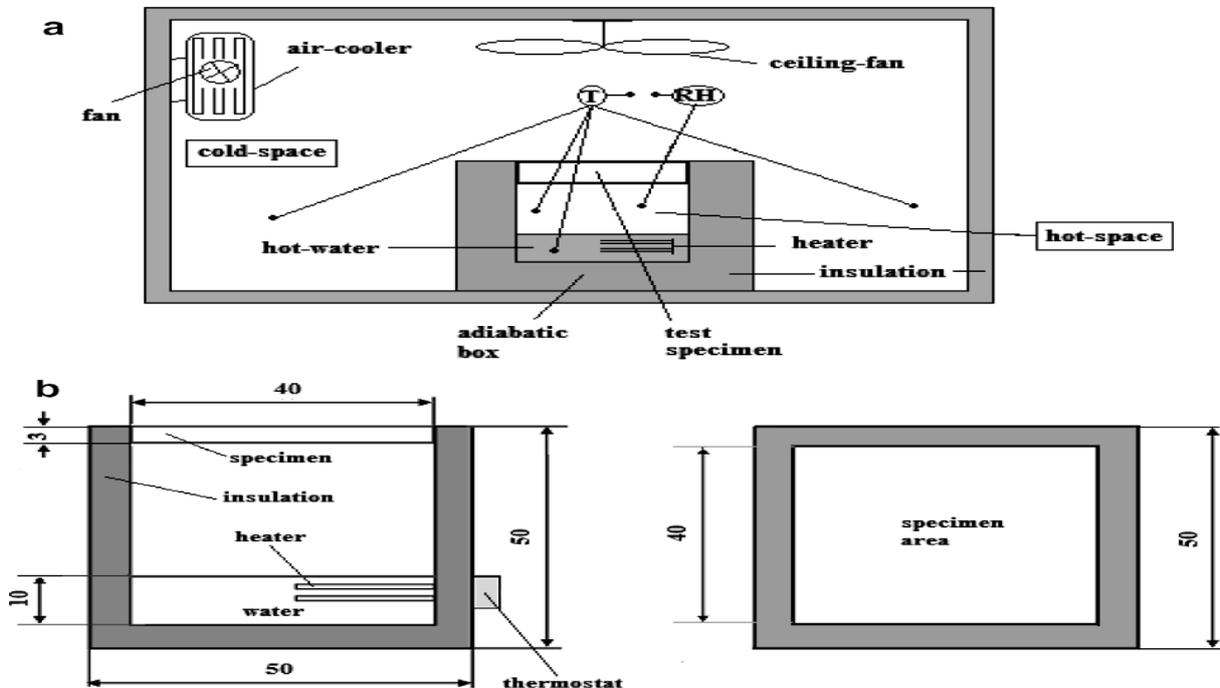


Figure. II- 7 : Schéma de l'appareil dynamique à boîte adiabatique (T : capteur de température, RH : capteur d'humidité relative) et (b) dimensions de la boîte adiabatique (en cm). (Bulent, Yusuf, & Paki, 2008)

Discuter de résultat :

Ces résultats de la procédure d'essai thermique utilisant la technique de la boîte dynamique ont montré que les déchets PET et les morceaux de caoutchouc réduisent de manière significative la transmission thermique (ou améliorent la propriété d'isolation) du béton ordinaire. Il a été constaté que les performances d'isolation étaient améliorées de 18,52 % par l'ajout de caoutchouc carré dans le béton ordinaire, et de bouteilles en PET de 10 à 30 cm de diamètre. Dans le béton ordinaire, et des morceaux de bouteilles en PET allant de 10,27 % à 18,16 %, en fonction des géométries des morceaux ajoutés.

Les deux déchets utilisés ici, les bouteilles en PET et le caoutchouc des pneus, sont abondants dans l'environnement et peuvent être obtenus presque gratuitement. La réutilisation de ces deux matériaux dans le béton semble être une bonne option pour contribuer à un environnement plus propre et réduire le coût de l'isolation.

Article 5: Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites

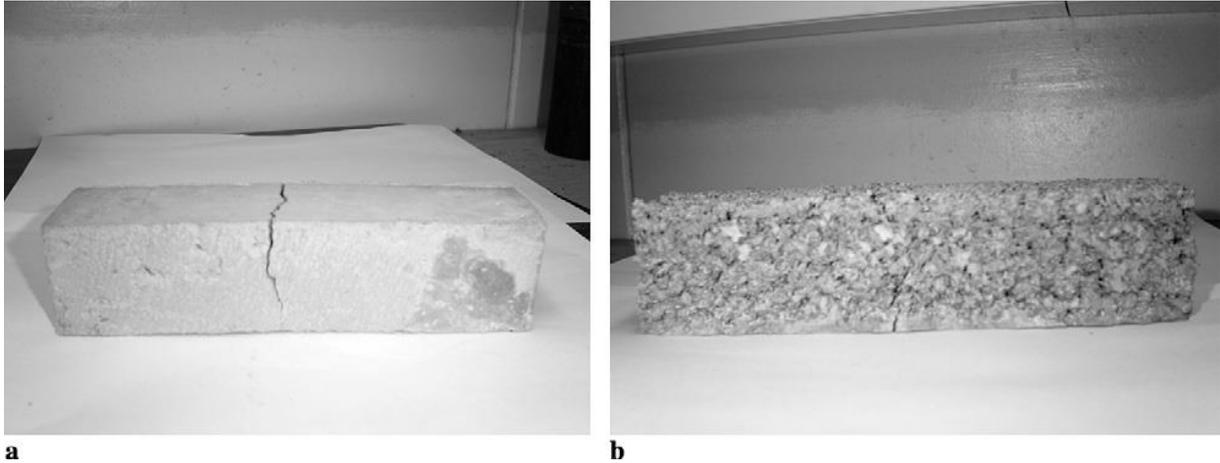
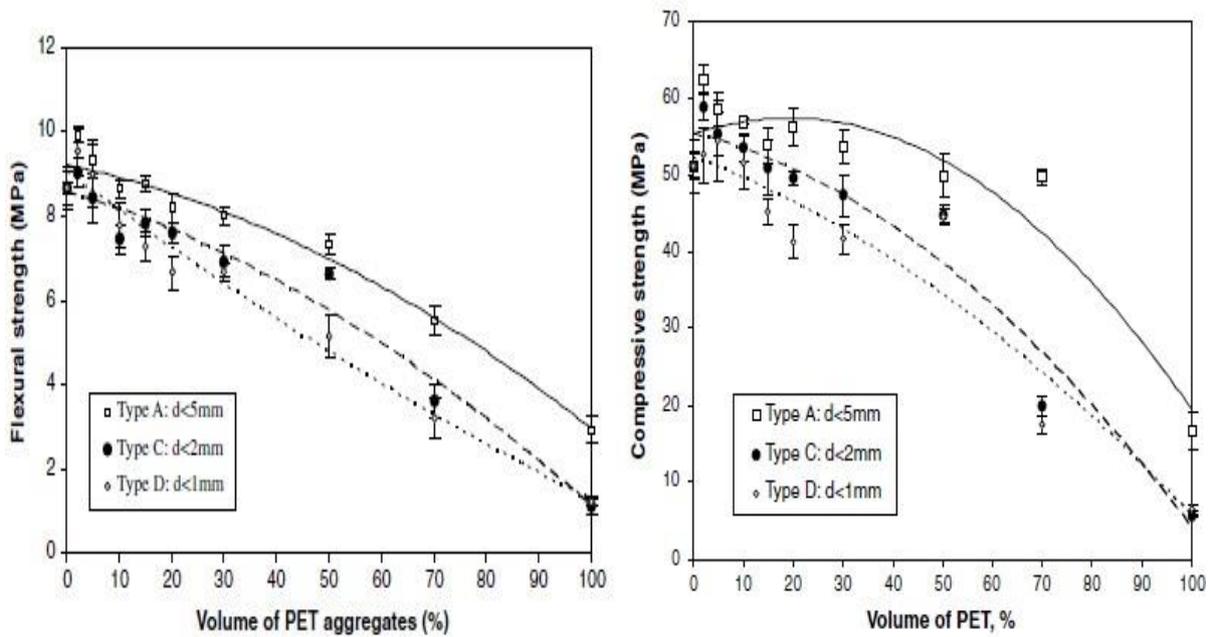
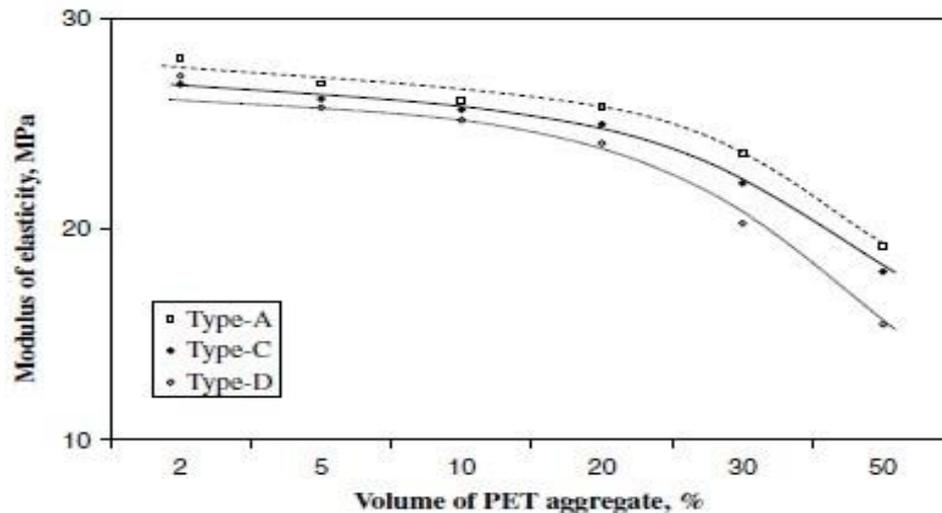


Figure. II- 8 : Photographies d'échantillons contenant des granules de type A, après essais de flexion. (a) 50% des granules. (b) 100% des aggregates. (O. Yazoghli Marzouk, 2006)



Grphe. II- 10 : Résistance à la flexion (MPa) et résistance à la compression (MPa). (O. Yazoghli Marzouk, 2006)



Graph. II- 11 : Module d'élasticité des composites en fonction du volume de l'agrégat PET. (O. Yazoghli Marzouk, 2006)

Discuter de résultat :

Ce travail a démontré que la taille des agrégats utilisés pour remplacer les pourcentages volumétriques de sable exerce une influence significative sur les propriétés mécaniques des composites.

Le pourcentage volumétrique de sable substitué est également essentiel pour réduire le poids des nouveaux composites et affecte considérablement les propriétés mécaniques et la structure du matériau obtenu. En outre, l'étude des facteurs de durabilité a révélé l'avantage de la substitution par des agrégats de PET.

Enfin, l'étude de l'effet de la substitution sur la conductivité thermique met également en évidence une réduction importante (de l'ordre de 50 %) pour un taux de substitution de 50 %.

II.1 Les planchers :

tablier composite horizontal ou la dalle horizontale qui sépare deux étages successifs d'un bâtiment absorbe des charges excessives pendant l'exploitation du bâtiment, mais il a maintenant d'autres fonctions très importantes liées au confort thermique et acoustique, à la sécurité, à la protection contre l'incendie et à l'esthétique, sans oublier son rôle technique en tant que support de divers tuyaux et réseaux. (ARRAS & AMRANI, 2017)

Le plancher est la structure plane qui sépare les différents étages d'une habitation. Sa fonction est de supporter les charges et de les transférer aux éléments porteurs du bâtiment (murs, colonnes). (point.p, 2024)

II.2.1 Principales fonctions : (ARRAS & AMRANI, 2017)

- ✓ Supporter les charges (poids de la structure et impact permanent) et les surcharges (charges variables et impact accidentel) et les transférer aux éléments porteurs tels que

les murs et les colonnes Les transmet aux éléments porteurs tels que les murs et les colonnes.

- ✓ Transmet les forces horizontales aux éléments de contreventement.
- ✓ Maintenir une élasticité constante dans les limites autorisées.
- ✓ Maintenir un poids raisonnable pour minimiser autant que possible les charges permanentes.
- ✓ Assurer une bonne isolation acoustique.
- ✓ Assurer l'isolation des zones extérieures ou non chauffées situées au-dessus (sous-sols et vides sanitaires).
- ✓ Fournir une surface praticable pour le revêtement.
- ✓ Protection contre l'humidité.
- ✓ Résiste au feu.
- ✓ Empêche le vol.
- ✓ Permet la distribution des liquides, notamment de l'électricité.

II.2.2 Les types des planchers :

II.2.3.1. Dalle pleine :

Les dalles massives, également appelées "planchers massifs", sont des dalles d'une épaisseur de 12 à 18 cm, plus petites que les autres. La dalle non nervurée est une dalle continue, armée dans les deux sens et soutenue par des colonnes formant un voile carré ou rectangulaire.

Elle offre une grande liberté en termes de portée et de forme et il est particulièrement facile de fixer différentes portées.

Les dalles massives en béton armé sont actuellement le système le plus utilisé dans la construction résidentielle, car l'absence de nervures facilite leur décoration et il est facile de les câbler à travers le coffrage avant de couler le béton, La portée standard de ces dalles est $L = 6-7$ mètres. (ARRAS & AMRANI, 2017)



Figure. II- 9 : Dalle pleine. (ARRAS & AMRANI, 2017)

II.2.3.2. Dalle champignon : (khalifa, 2023)

Dans ce cas, la charge de la dalle B.A. est appliquée directement aux colonnes.

Colonnes directes sans poutres intermédiaires La charge est supportée directement sur la colonne sans poutres intermédiaires.



Figure. II- 10 : Dalle champignon. (ARRAS & AMRANI, 2017)

II.2.3.3. Plancher nervuré :

Les planchers nervurés garantissent une grande solidité, supportent des charges importantes et ont une résistance au feu de 30 minutes à 4 heures. Cet élément en béton contribue également à la stabilité des parois verticales. Ce type de construction peut supporter de grandes portées (au moins 24 mètres). Les éléments TT étant préfabriqués et pouvant être assemblés rapidement, leur capacité portante élevée en fait un élément structurel très utile. (EUROBéton PBM.group, 2011)



Figure. II- 11 : Plancher nervuré. (EUROBéton PBM.group, 2011)

II.2.3.4. Les planchers à corps creux : (TOURE, 2020)

Ces types de planchers sont constitués de poutres en béton armé ou précontraint :

- Poutres en béton armé ou précontraint
- Corps creux ou entretoises.
- Dalle armée ou dalle à compression horaire.

Les dalles à corps creux sont entourées de tirants horizontaux.

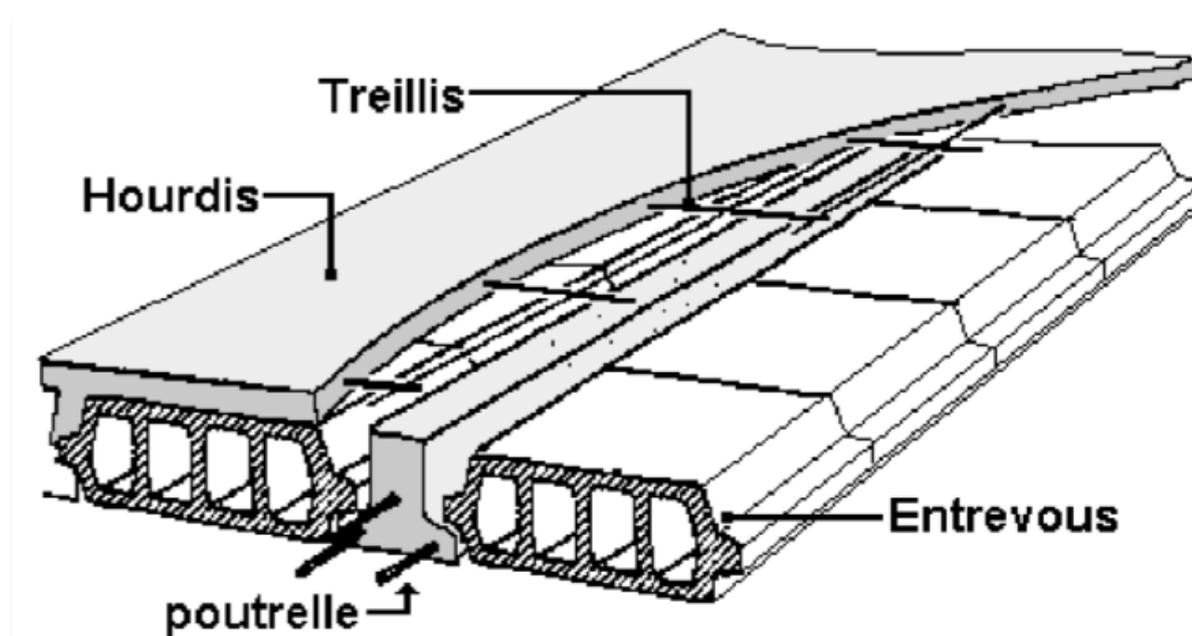


Figure. II- 12 : Plancher corps creux. (TOURE, 2020)

II.3 Le rôle des entrevous :

Le rôle des entrevous, également appelés hourdis, dans la construction est principalement de supporter le poids de la dalle de béton pendant la phase de coulage. Les entrevous sont des éléments de coffrage qui sont placés entre les poutres afin de créer une base pour le coulage du béton, formant ainsi la structure du plancher. Ils sont essentiels pour fournir un soutien structurel et garantir l'intégrité du système de plancher. (wikipedia , 2021), (KASSOUL) En outre, les entrevous peuvent contribuer à l'isolation thermique et sont des éléments cruciaux dans la construction de divers types de planchers, apportant stabilité et solidité à l'ensemble de la structure. (KP1, s.d.)

Entretoise placée au talon de deux poutres adjacentes. Elle sert de moule à la partie du plancher à couler (dalle ou nervure) et contribue à la résistance mécanique et à l'isolation thermique et acoustique du plancher. (toutsurlebeton, 2017-2022)

II.4 Définition du hourdis :

Le terme "hourdis" est utilisé depuis le Moyen-Âge, mais à l'époque, il se référait au concept plus large des éléments de maçonnerie. Aujourd'hui, les termes hourdis ou entrevous désignent des éléments de maçonnerie plus spécifiques utilisés pour construire des planchers en combinaison avec des poutres en acier, en béton armé ou en béton précontraint. (VIVER MIEUX, 2018-2024)

Les hourdis sont préfabriqués à l'aide de moules. Leur forme est similaire à celle d'un parpaing, mais plus spécifique. Il possède des bords sur les côtés pour le maintenir fermement en place entre les solives. Lorsque la dalle est coulée, le coffrage glissant maintient le béton en place et forme une chape continue et solide qui combine le béton coulé, les sabliers, les poutres et le treillis soudé qui consolide la chape de béton et l'ancre à d'autres éléments.

II.5 Types des hourdis :

II.5.1 Les hourdis en béton : (toutsurlebeton, 2017-2022)

Les dalles préfabriquées en béton présentent de nombreux avantages :

- Elles peuvent être utilisées à tous les étages.
- Résistance à la chaleur.
- Résistantes au feu.
- Durables.
- Prix compétitif.
- Isolation acoustique : la masse réduit la transmission des bruits aériens d'un étage à l'autre.

Quelques inconvénients :

- Difficile à installer en raison de son poids.
- Il n'a pas de propriétés isolantes. En cas d'utilisation sur des sous-sols ou des vides sanitaires, l'isolation doit être ajoutée à la sous-face du plancher ou l'isolation doit être placée sur la chape de compactage du plancher et la chape flottante doit être posée par-dessus.

Les bruits d'impact (coups et bruits de pas) ne peuvent pas être réduits. Il y a plusieurs façons de le faire : en utilisant des revêtements de sol souples avec une sous-couche acoustique (PVC, vinyle, linoléum, moquette) ; en plaçant une chape flottante sur la sous-couche acoustique ; en plaçant une sous-couche acoustique sous le parquet ou le carrelage.

Les poutres en béton sont largement utilisées pour les planchers surélevés au rez-de-chaussée parce qu'elles sont économiques et que leur masse contribue à réduire les bruits aériens d'un étage à l'autre.



Figure. II- 13 : Plancher hourdi en béton. (DERRADJI, 2022)

II.5.2 Les hourdis en terre cuite : (SAMSE Matériaux de Construction, s.d.)

Les revêtements de sol en terre cuite sont aussi courants que les revêtements de sol en béton. Leurs principaux avantages sont les suivants Bon changement de phase thermique grâce à son inertie thermique, il agit comme une barrière contre la chaleur estivale, Bon contrôle de l'humidité souvent utilisé dans les zones humides, et Faible coût outre les dalles en béton, il s'agit de la dalle la moins chère du marché.

Les principales faiblesses de ce type de dalles sont ses faibles propriétés d'isolation acoustique et thermique. Elles sont également difficiles à manipuler et relativement lourdes.

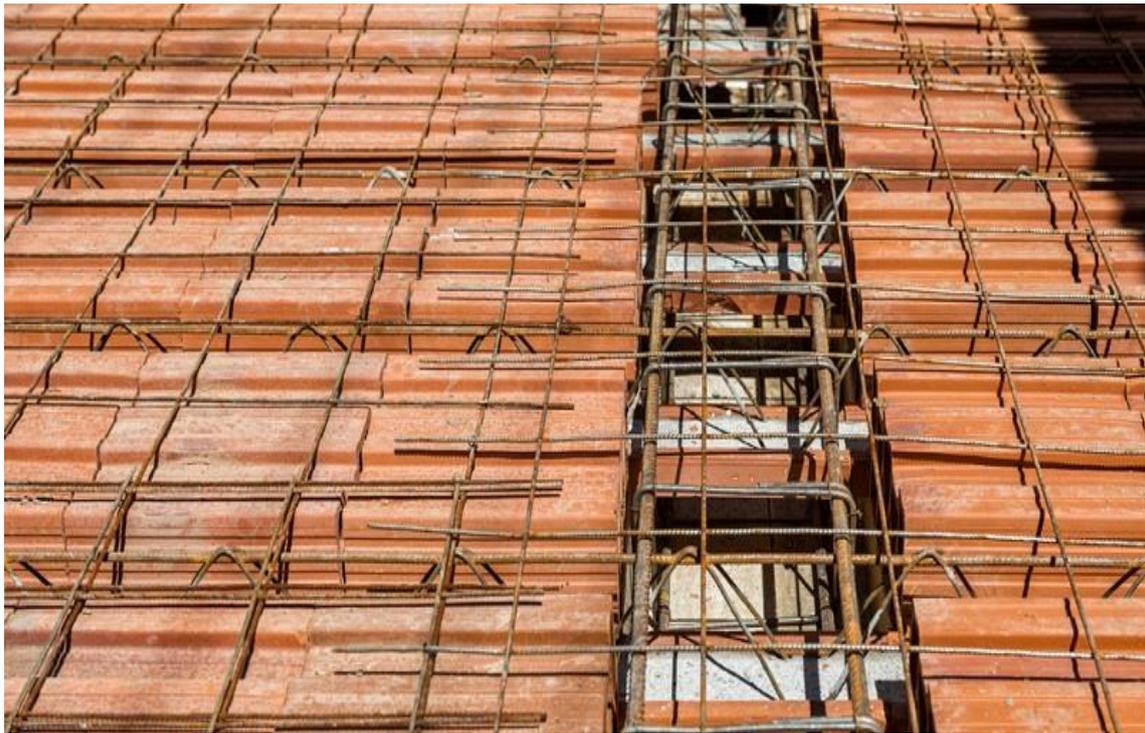


Figure. II- 14 : Hourdis en terre cuite. (SAMSE Matériaux de Construction, s.d.)

II.5.3 Les hourdis en bois :

Le bois est utilisé comme revêtement de planchers depuis des siècles. Il est fabriqué à partir de copeaux de bois compressés et collés à l'aide d'un adhésif. Sa légèreté le rend facile à stocker, à transporter et à poser. Il est recyclable et donc respectueux de l'environnement. Toutefois, les lames de parquet en bois ont une faible isolation thermique et une faible résistance au feu. (VIVER MIEUX, 2018-2024)



Figure. II- 15 : Hourdis en bois. (VIVER MIEUX, 2018-2024)

II.5.4 Les hourdis en polystyrène expansé :

Dalles de sol en polystyrène expansé avec un poids unitaire inférieur à 200 grammes, la pose des dalles de sol en polystyrène expansé est extrêmement rapide et ne nécessite pas une grande opération. Une équipe de trois personnes peut ainsi poser plus de 200 m² de sol par jour. (Polystyrene De Oasis, 2011)

En plus d'être facile à installer, l'hourdi offre une excellente isolation acoustique et thermique pour les sols des bâtiments. Polystyrène hourdi est un élément en polystyrène qui permet de réaliser tous les types de planchers isolés jusqu'à 9,50 m de long.



Figure. II- 16 : Hourdi en polystyrène. (Polystyrene De Oasis, 2011)

II.6 simulation thermique :

EnergyPlus :

EnergyPlus est le programme américain de simulation de l'énergie des bâtiments du ministère de l'Énergie pour la modélisation du chauffage, de la climatisation, de l'éclairage, de la ventilation et d'autres flux d'énergie dans les bâtiments. Il s'appuie sur les fonctionnalités et capacités les plus populaires de BLAST et DOE-2, mais comprend également de nombreuses capacités de simulation innovantes telles que des pas de temps inférieurs à l'heure, des systèmes modulaires et une simulation de zone intégrée basée sur l'équilibre thermique et le flux d'air multizone, confort thermique et systèmes photovoltaïques. (ministère de l'Énergie Américain , s.d.)

Design Builder :

Design Builder est une interface utilisant le moteur de simulation Energy-Plus qui permet de mener aisément à bien des analyses sur la consommation d'énergie, le confort intérieur et le dimensionnement des équipements CVC. Design-Builder offre la possibilité de simuler plusieurs types de systèmes CVC couramment utilisés. De plus, les utilisateurs peuvent créer leur propre modèle de systèmes CVC et indiquer le niveau de détail à toutes les étapes du processus de conception.

TRNSYS

TRNSYS est une interface graphique, un moteur de simulation et une méthode d'équilibrage des composants qui comprend différentes configurations d'enveloppe et des équipements CVC et d'énergie renouvelable standard utilisés pour déterminer le transfert de chaleur. Cet outil de simulation fournit la mesure dimensionnelle et l'analyse des systèmes CVC, la simulation du flux d'air multizone et la simulation de l'énergie électrique, la conception solaire et l'analyse de la performance thermique des bâtiments et des systèmes de contrôle. (RAHMOUNI, 2020)

ClimaWin

ClimaWin simule le comportement du bâtiment par pas de temps en unités de temps toute l'année en appliquant la substance de la norme ISO13790. Il calcule toutes les demandes et consommations d'énergie (chauffage, climatisation, eau chaude, éclairage, auxiliaire), la production photovoltaïque et l'autoconsommation et fournit de multiples sorties graphiques et tableaux d'évolution des résultats.

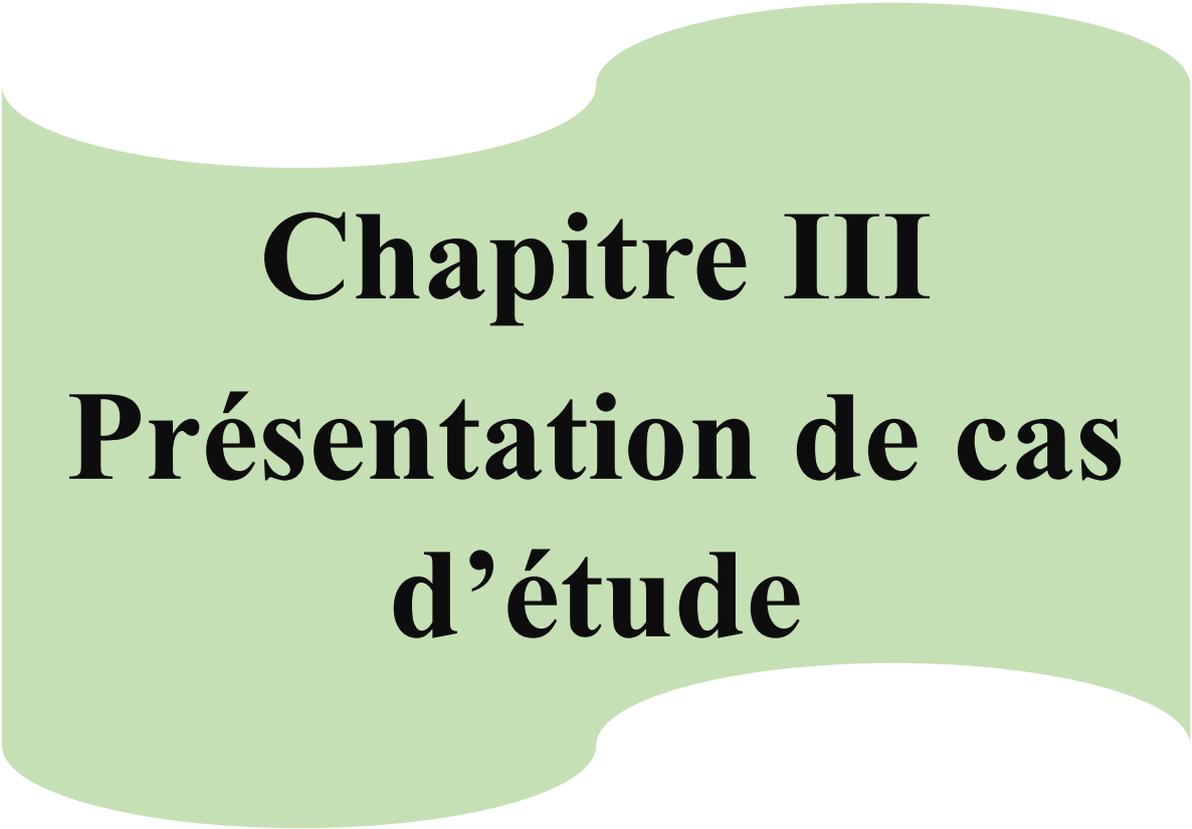
SketchUp

Logiciel de conception 3D puissant et facile à utiliser, il est l'un des logiciels de modélisation 3D les plus populaires dans le monde de la conception. Le programme est d'une simplicité rafraîchissante et fournit de nombreux conseils et guides utiles pour aider l'utilisateur.

Conclusion :

Dans ce chapitre consacré à des études antérieures sur l'incorporation de déchets PET dans des matériaux de construction, nous pouvons conclure que cette technologie offre de multiples avantages au-delà de la simple élimination des déchets plastiques. Les résultats montrent que l'incorporation de déchets PET dans les matériaux de construction améliore l'efficacité thermique du matériau, en renforçant son isolation thermique et en minimisant le transfert de chaleur. Cet aspect est particulièrement important pour le développement de bâtiments plus durables et plus efficaces sur le plan énergétique, et nous avons mis en évidence les types de planchers et les types de hourdis utilisés dans les planchers.

En conclusion, les études confirment que l'incorporation de déchets de PET dans les matériaux de construction est non seulement une option environnementale et économique viable, mais aussi une étape vers l'amélioration des performances thermiques et mécaniques. La poursuite de la recherche dans ce domaine et le développement de nouvelles technologies permettront de maximiser l'utilisation de ces matériaux dans les futurs projets de construction, contribuant ainsi à un avenir plus durable et plus efficace.



Chapitre III
Présentation de cas
d'étude

III.1 Présentation de cas d'étude :

Dans ce chapitre afin de déterminer l'efficacité du béton de sable à base de déchets PET pour l'isolation thermique et le confort thermique dans les planchers bâtiments publics, nous avons choisi comme étude de cas une unité de logement pour un projet de 60 logements (LPL) à la Wilaya de EL_MENIA, le nouveau pôle urbain, nous avons étudié la situation géographique et le climat de la ville.

Nous avons ensuite analysé l'unité de logement et ses caractéristiques structurelles, son emplacement et son orientation.

III.2 La situation géographique et astronomique de la Wilaya de EL-MENIA :

La wilaya de EL_MENIA est située dans le Sahara algérien une distance de 870km à capital d'Alger, elle couvre une superficie de 62 215 Km² et abrite une population de 57 276 hab (Yousfi, 2017).

est repérée par les coordonnées suivantes : (Wikipedia, 2024)

- L'altitude 30° 34' 45" nord,
- La longitude 2° 52' 45" est,
- Altitude de 391 m

Elle est délimitée : (Wikipedia, 2024)

- Au nord par la wilaya de Ghardaïa.
- À l'est par la wilaya d'Ouargla.
- À l'ouest par la wilaya d'El Bayadh et celle de Timimoun.
- Et au sud par la wilaya d'In Salah.



Figure. III- 1 : Carte présente la wilaya de El-Menia. (Pinterest, 2024)

III.3 Le climat de l'Algérie :

L'Algérie est un pays d'Afrique du Nord dont le littoral borde la mer Méditerranée. L'Algérie est le plus grand pays d'Afrique et possède donc un climat diversifié. Selon la classification climatique de Köppen 1, l'Algérie connaît différents types de climat, allant du méditerranéen au désertique, en passant par des climats semi-arides de haute altitude. Cependant, en raison de sa situation subtropicale, le pays est dominé par un climat désertique chaud et sec. (Köppen, 2014)

En Algérie, l'hiver est divisé en trois zones climatiques : H1, H2 et H3. Chaque région contient des sous-régions. Chaque partition a ses propres caractéristiques et effets. Il existe cinq zones climatiques estivales. La zone E1 est affectée par l'océan et la zone E2 est affectée par l'altitude. Les dernières zones E3, E4 et E5 sont affectées par la latitude. Chacun de ces domaines possède ses propres caractéristiques.

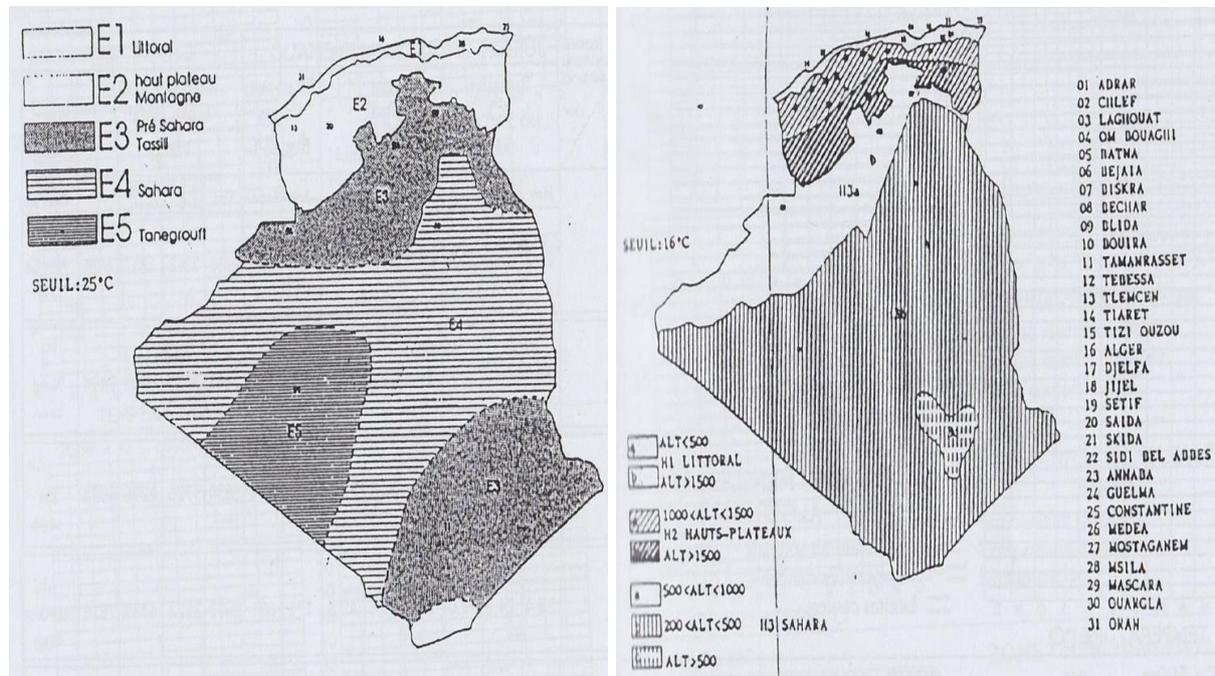


Figure. III- 2 : Les zones climatiques d'été et d'hiver. (BENHARRA, 2020)

III.4 Données climatiques de la wilaya de EL_ MENIAA :

Notre zone d'étude est située dans la zone D, connue sous le nom de régions présahariennes et sahariennes, et présente des caractéristiques diverses.

Tableau. III- 1 : Caractéristiques de la zone D. (Abdelkader, 2023)

Zone D : pré Sahara et Sahara	
Variations Saisonnieres	02 saisons, chaude et froide
Humidité	Humidité ralentie de moins de 20% l'après-midi à plus de 40% la nuit
Températures	Avec une température moyenne de 34,3°, juillet est le mois le plus chaud de l'année, Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne pendant cette période est de 9,9°.
Précipitations	Les précipitations annuelles totales sont de 75 millimètres, ce qui signifie qu'elles se situent au niveau du désert. Le mois le moins pluvieux (août) est de 1 mm, et le mois le plus humide (mai) est de 15 mm.
Vents	Habituellement, les vents de sable locaux et les tempêtes sont fréquents On le voit généralement l'après-midi.
Conditions célestes Et Rayonnements	Ciel ensoleillé pendant la majeure partie de l'année, rayonnement solaire intense Il est augmenté par les rayons réfléchis par le sol.
Végétations	Végétation très rare et clairsemée dans les vallées

La wilaya de EL-MENIA, classé comme Zone climatique D, selon le document technique réglementaire (D.T.R.C 3-2).

Il a un climat saharien avec des hivers froids, des étés chauds et secs. Les précipitations sont très faibles, irrégulières et ne dépassent pas 60 mm par an.

En hiver, le vent est de direction nord-ouest, marqué par l'humidité. Par contre, il fait chaud et fort en été.

III.5 Choix du cas d'étude :

Les habitations dans les zones désertiques ne sont actuellement pas adaptées aux conditions climatiques environnantes, il est donc nécessaire d'utiliser des équipements de climatisation pour assurer le confort thermique du bâtiment, surtout en été. L'électricité, ainsi que l'utilisation des matériaux innovants d'isolation peuvent empêcher ou réduire les fuites de chaleur de l'extérieur du bâtiment vers l'intérieur, réduire la taille et la durée de fonctionnement des équipements de climatisation et économiser la consommation d'énergie de l'énergie utilisée pour assurer le plus grand confort des personnes dans le bâtiment.

Nous avons donc choisi une maison dans le complexe résidentiel 60 logement LPL à du nouveau pôle urbain EL-MENIA / Hassi El-Gara,

III.5.1 Présentation cas d'étude :

Dans cette étude de cas, nous examinerons une maison moderne en phase finale d'achèvement. Cette maison se compose d'un rez-de-chaussée et d'une terrasse.

Le rez-de-chaussée comprend une chambre, des sanitaires, une deux cours, cuisine, séjour, et un hall, et un escalier menant à la terrasse avec un chambre.



Figure. III- 3 : Deux photos présente façade de maison. Source : Auteur.

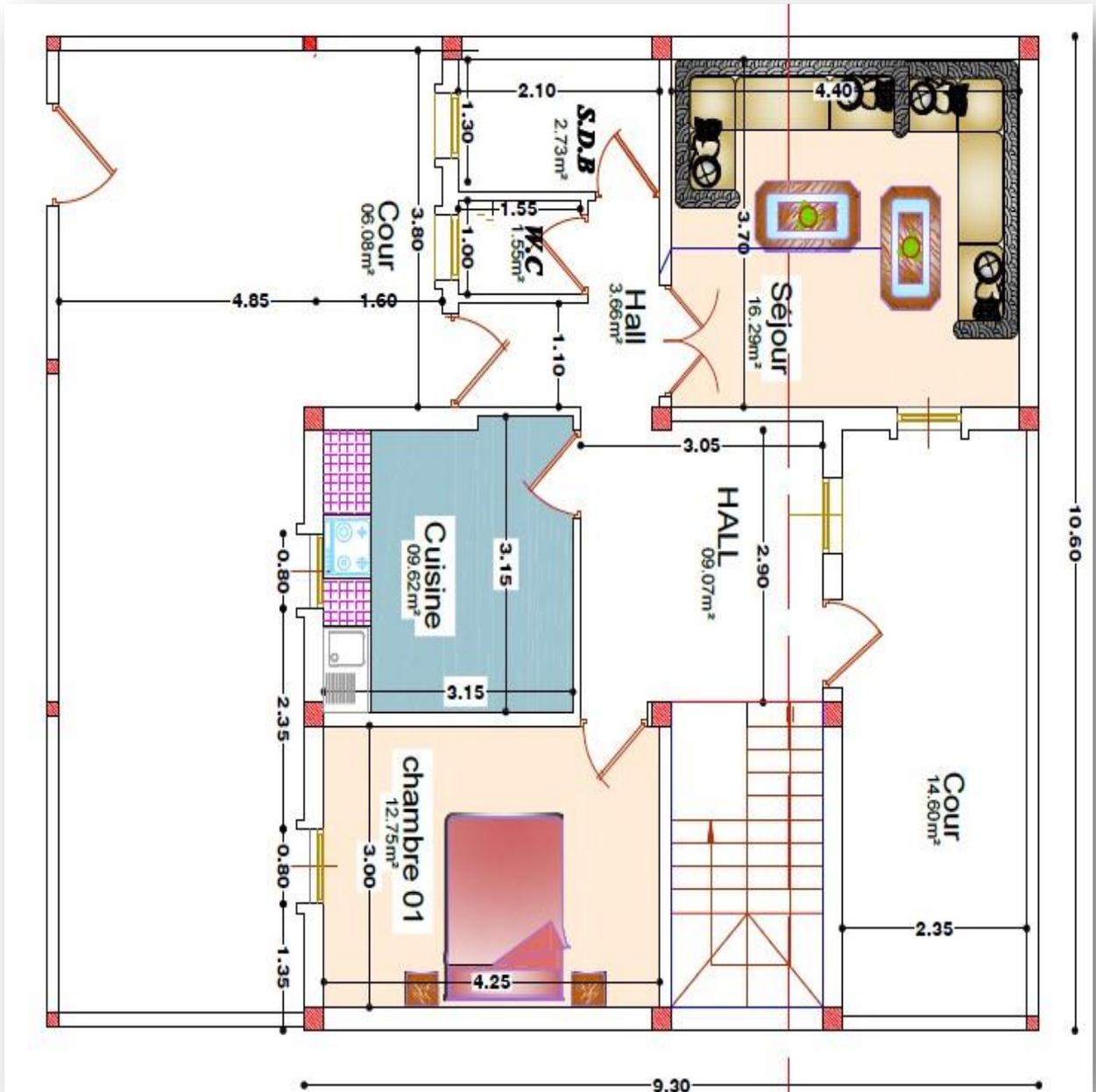


Figure. III- 4 : Plan architectural de maison (RDC). (Bureau d'études Andalousie, 2024)

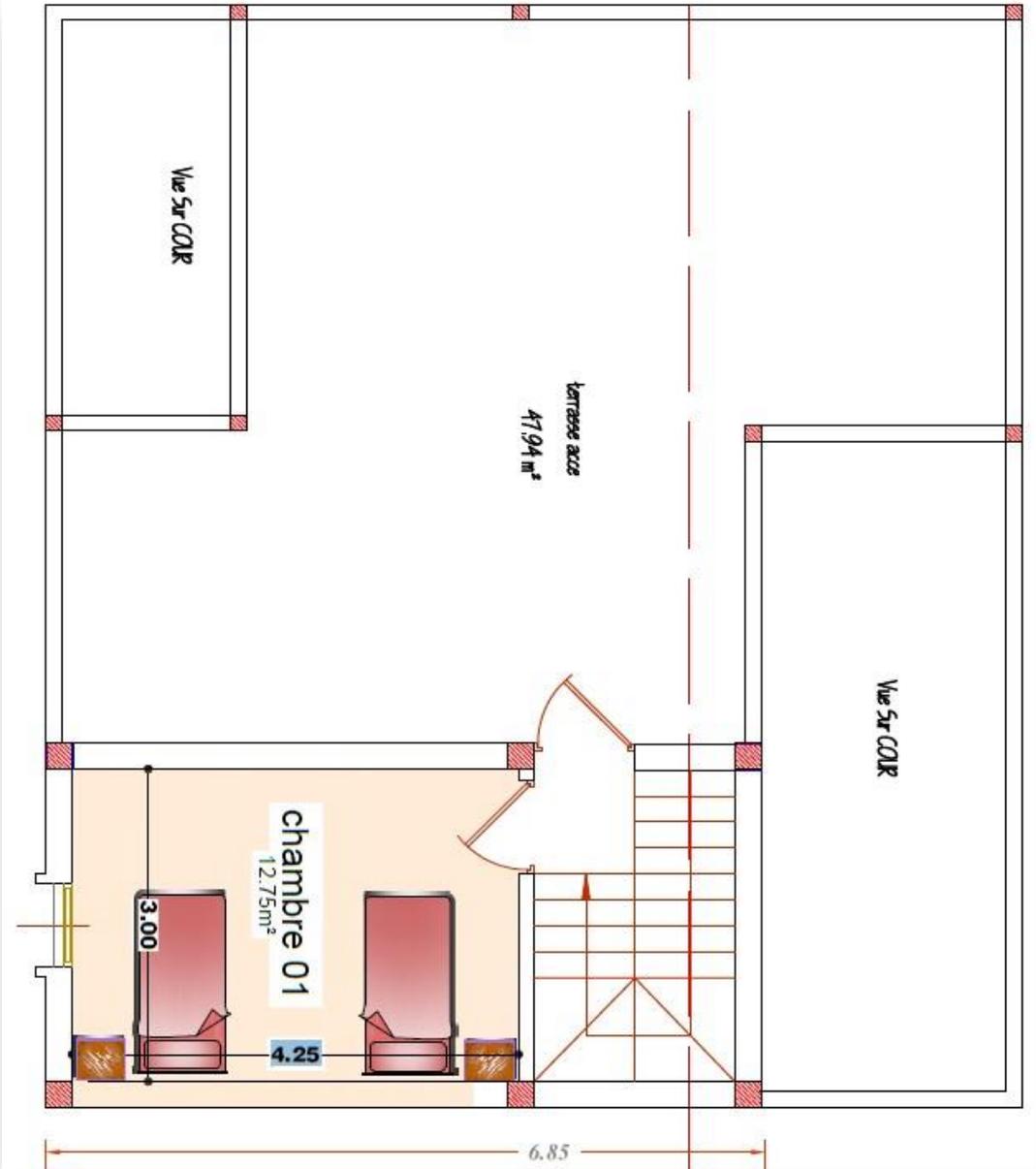


Figure. III- 5 : Plan architectural de maison (1er étage). (Bureau d'études Andalousie, 2024)

III.5.2 Situation géographique :

Cette maison est située dans la commune de Hassi El-Gara, dans la zone du Nouveau Pôle Urbain, projet de 60 logements publics locatifs (LPL), une zone située au sud de la wilaya, à environ un 10 kilomètres du siège de la wilaya.

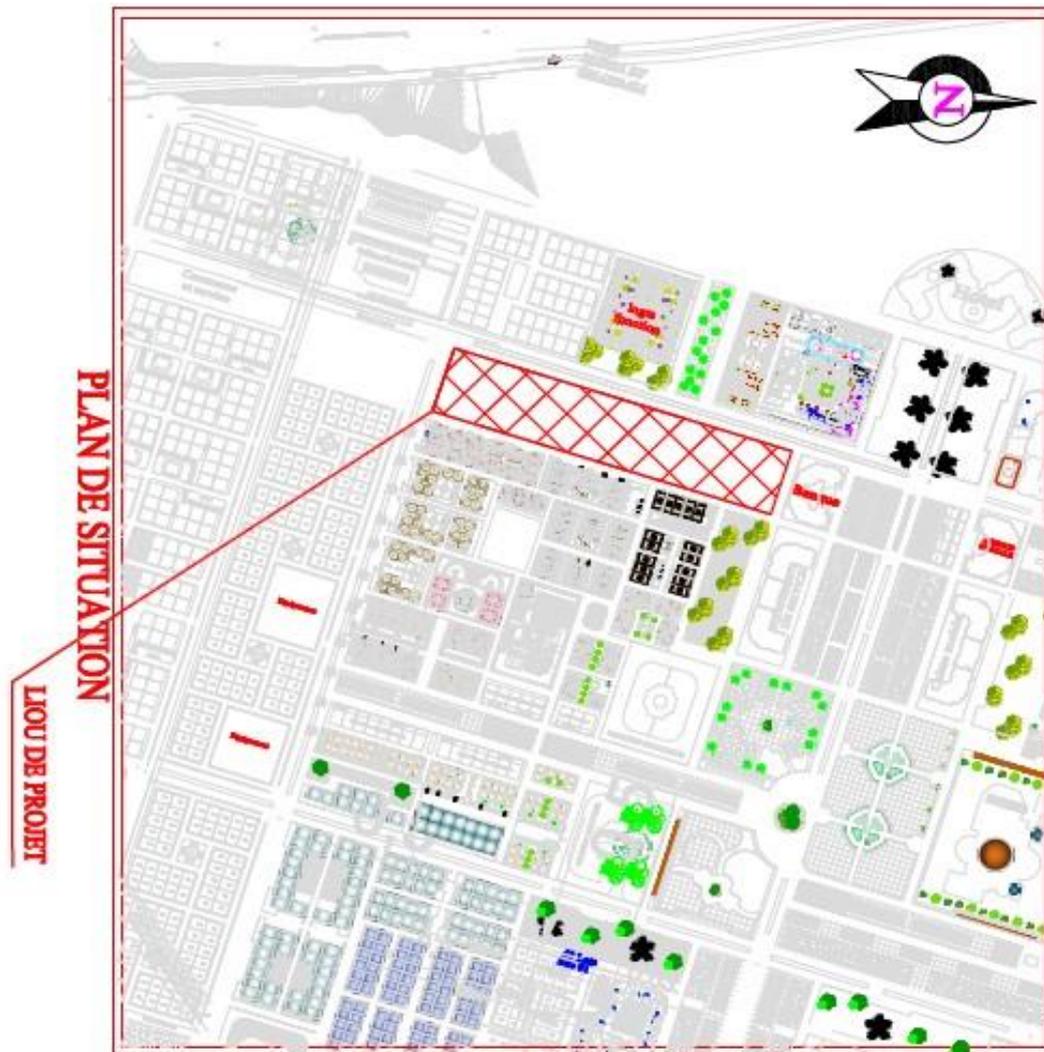


Figure. III- 6 : Plan de situation du projet. (Bureau d'études Andalousie, 2024)

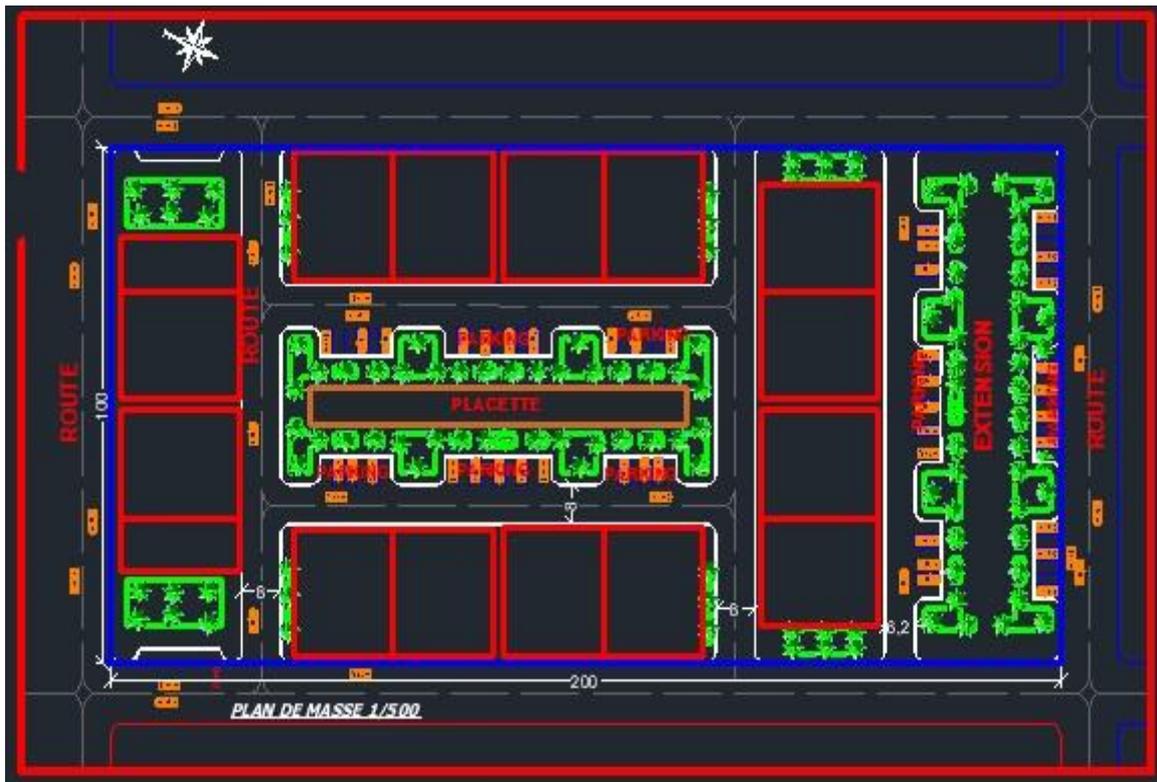


Figure. III- 7 : Plan de masse du projet 1/500. (Bureau d'études Andalousie, 2024)

III.5.3 Description de la maison d'étude :

Cette maison est composée d'un RDC d'une surface (98.59 m^2) plus une terrasse accessible. Le RDC contient un logement, qui est constitué d'une chambre, des sanitaires, d'une deux cours, cuisine, séjour, et un hall, et un escalier menant à la terrasse avec un chambre.

Avec les surfaces de zones suivant :

- ✓ Salon : 16.29 m^2
- ✓ Chambre 1 : 12.75 m^2
- ✓ Chambre 2 : 12.75 m^2
- ✓ Cuisine : 9.62 m^2
- ✓ S.D.B: 2.94 m^2
- ✓ W.C: 1.55 m^2
- ✓ Hall : 12.73 m^2
- ✓ Terrasse acce : 47.94 m^2
- ✓ Terrasse inacce : 20.81 m^2

Conclusion :

Après avoir présenté et analysé les conditions climatiques d'EL-MENIA afin d'évaluer leur impact sur les projets de génie civil, on peut dire que cet environnement unique pose des défis importants qui nécessitent des stratégies d'ingénierie innovantes et intégrées. EL-MENIA se caractérise par un climat rude, où les précipitations sont rares et les températures élevées, ce qui affecte l'efficacité thermique des différents aspects de l'infrastructure et nécessite des mesures spéciales pour assurer la durabilité et l'efficacité des projets.

En premier lieu et l'adaptation aux conditions climatiques de EL-MENIA grâce à des stratégies de construction telles que le cas étudié est une étape cruciale vers le développement durable et l'amélioration de la qualité de vie de la population locale. La poursuite de la recherche et de l'innovation dans ce domaine permettra de relever les défis futurs de manière efficace et de renforcer la capacité des communautés à s'adapter à leur environnement.



Chapitre IV
Résultats et
interprétation

Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'évaluation de l'efficacité thermique de trois échantillons de béton sableux contenant 15 % de déchets de briques et différents pourcentages de déchets plastiques (PET) (0%, 5%, 15% et 25%), les données dérivées d'un mémoire encadré par le docteur SAITI, I. l'objectif étant de minimiser les pertes thermiques du cas étudié.

Les variables des scénarios proposés sont simulées à l'aide d'EnergyPlus, l'un des programmes les plus utilisés par les chercheurs dans le domaine de la thermique du bâtiment.

IV.1 Méthodologie de travail :

L'évaluation de l'efficacité thermique des planchers à béton de sable à base de déchet de PET, sont basé sur les résultats des caractéristiques thermiques de la formulation de béton de sable obtenus dans le cadre d'une mémoire de master sous la direction du Mr SAITI. I,

Quatre échantillons ont été sélectionnés (0%, 5%, 15% et 25%) pour une simulation thermique portant sur les conditions thermiques hivernales et estivales de la maison d'étude à l'aide du logiciel Energy Plus (version 8.7.0).

Tableau. IV- 1 : Résultat de l'isolation thermique. (BELLAKEHAL & ZENGOUT, 2023)

Éch N°	Conductivité (W/m.K°)	Diffusivité (mm ² /s)	Spec.Heat (MJ/m ³ .K°)
Mortier 15B-0P	1,746128	1,100593	1,586534
Mortier 15B-5P	1,513016	1,013256	1,493221
Mortier 15B-10P	1,282728	0,938080	1,367396
Mortier 15B-15P	1,240677	1,108121	1,119622
Mortier 15B-20P	1,102491	0,922172	1,195537
Mortier 15B-25P	1,026726	0,853599	1,202819

IV.2 étapes de la simulation par EnergyPlus :

- Le logiciel calcule le comportement de différentes zones thermiques d'un bâtiment en régime dynamique et il permet également :
- d'avoir la possibilité de modéliser tous les éléments souhaités dans l'enveloppe Celle-ci comporte souvent : Une description de l'enveloppe du bâtiment, avec indication de la composition des parois, des vitrages, des portes... et des propriétés physiques (thermiques et optiques) des matériaux qui les constituent
- Simuler la température interne, externe et l'humidité relative de l'enveloppe...

IV.2.1 Modélisation de cas d'étude par Google Sketch Up :

Pour la modélisation des zones thermiques représentatives du cas d'étudiant a utilisé le logiciel Google Sketch Up qui représente un logiciel de dessin très rapide, simple a utilisé, qui permet à EnergyPlus d'identifier et visualisé le model 3D du bâtié dans tous ses détails grâce à l'extension Euclid.

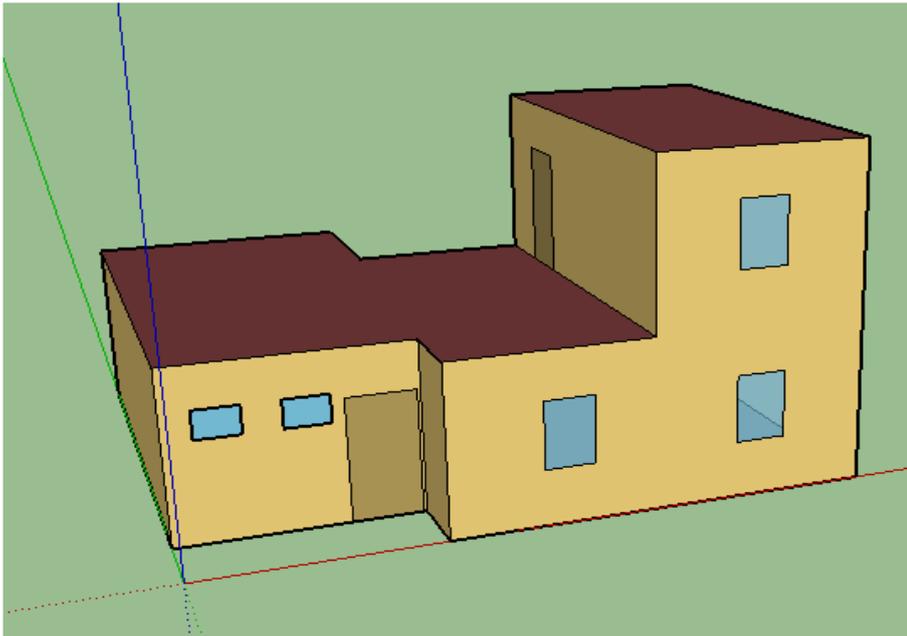


Figure. IV- 1 : Modélisation en 3D de cas d'étude par Google Sketch Up. Source : Auteur

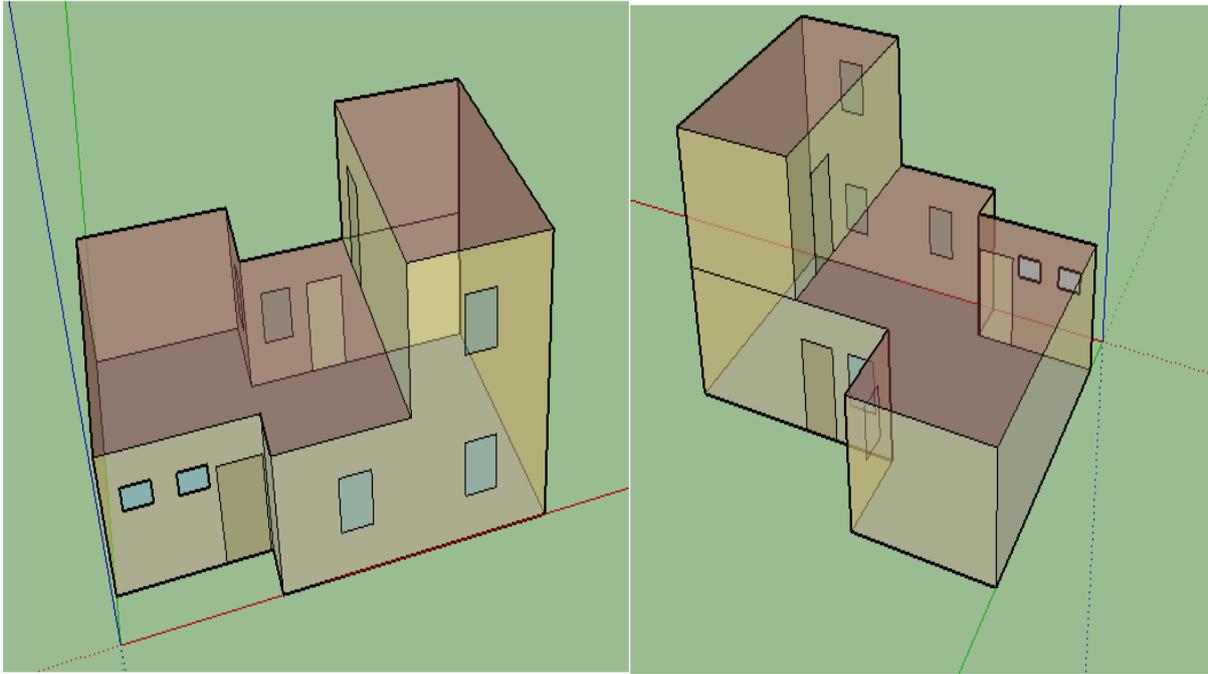


Figure. IV- 2 : Modélisation en 3D de cas d'étude par Google Sketch Up. Source : Auteur

IV.2.2 L'identification de cas d'étude en utilisant IDF Editor :

1-La localisation de cas d'étude

2- Les conditions climatiques de la journée de la simulation.

La simulation a été réalisée en deux périodes :

- Une journée représentative de la période hivernale
- Une journée représentative de la période estivale

Les températures sont sélectionnées suivant une analyse de fichier climatique de la zone d'étude.

3- les caractéristiques thermiques des matériaux de construction comme suivant :

Tableau. IV- 2 : Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction. (Ministre de L'habitat, 1997)
(Abdelkader, 2023) (ZENGOUT, 2023)

Cas d'étude	Composantes de l'extérieur	Vers l'intérieur L'épaisseur (m)	La conductivité thermique (W/m-K)
Mur extérieur	Enduit en ciment	0.02	1.4
	Parpaing	0.15	1.10
	Enduit de plâtre	0.01	0.35
Mur intérieur	Enduit de plâtre	0.01	0.35
	Brique	0.1	1.31
	Enduit de plâtre	0.01	0.35
Dalle flottante	Dalle en béton	0.1	1.75
	Mortier de ciment	0.05	1.4
	Carrelage	0.03	1.2
Planchers	Dalle de compression	0.04	1.45
	Enduit de plâtre	0.01	0.35
	Corps creux	0.16	1.7/1.5/1.2/1.02
Fenêtre	Vitrage simple	0.004	1.05

4- l'identification des variables de la simulation :

Une simulation des températures extérieures et intérieures de la maison d'étude.

IV.2.3 Lancé la simulation par EP-Launch :

Pour lancer la simulation il faut :

- 1- Importer le fichier IDF construit dans la deuxième étape
- 2- Importer le fichier climatique en format EPW (comprend les valeurs du rayonnement solaire, température ambiante, la vitesse et la direction du vent, et des informations propres au site de EL-MENIA comme latitude, la longitudinale et l'altitude du lieu).
- 3- Le fichier climatique utilise dans la simulation est collecter de la station météorologique EL-MENIA

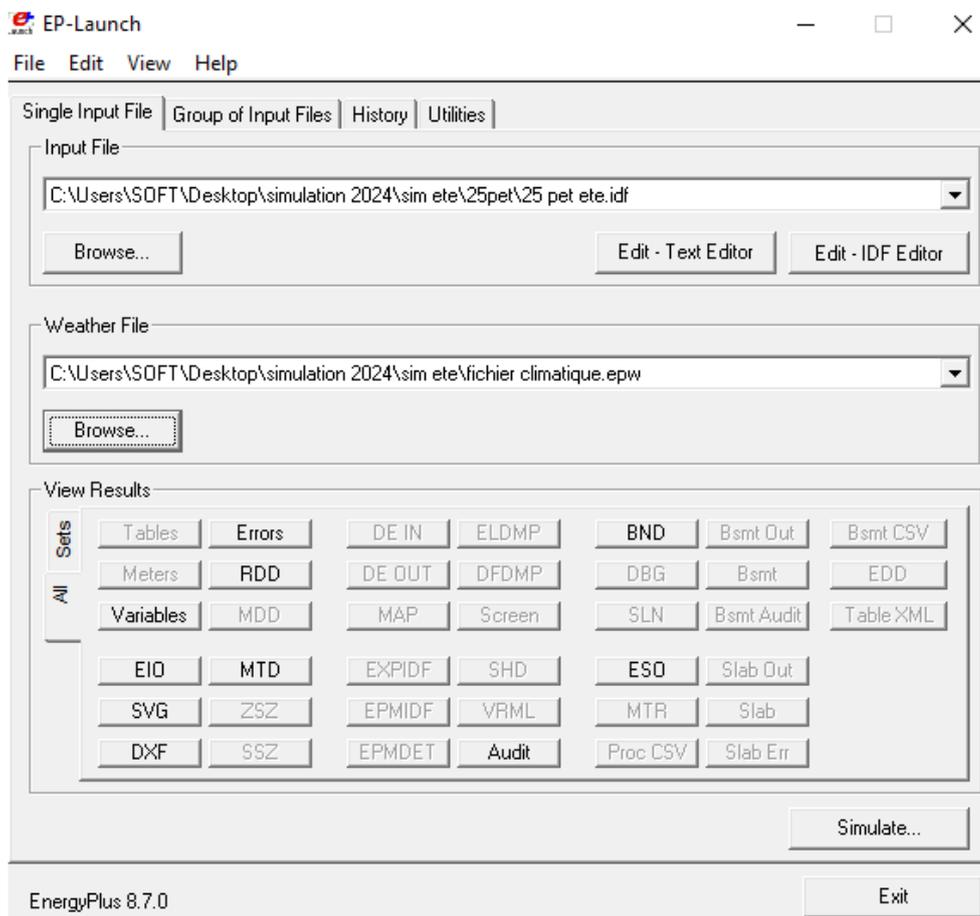


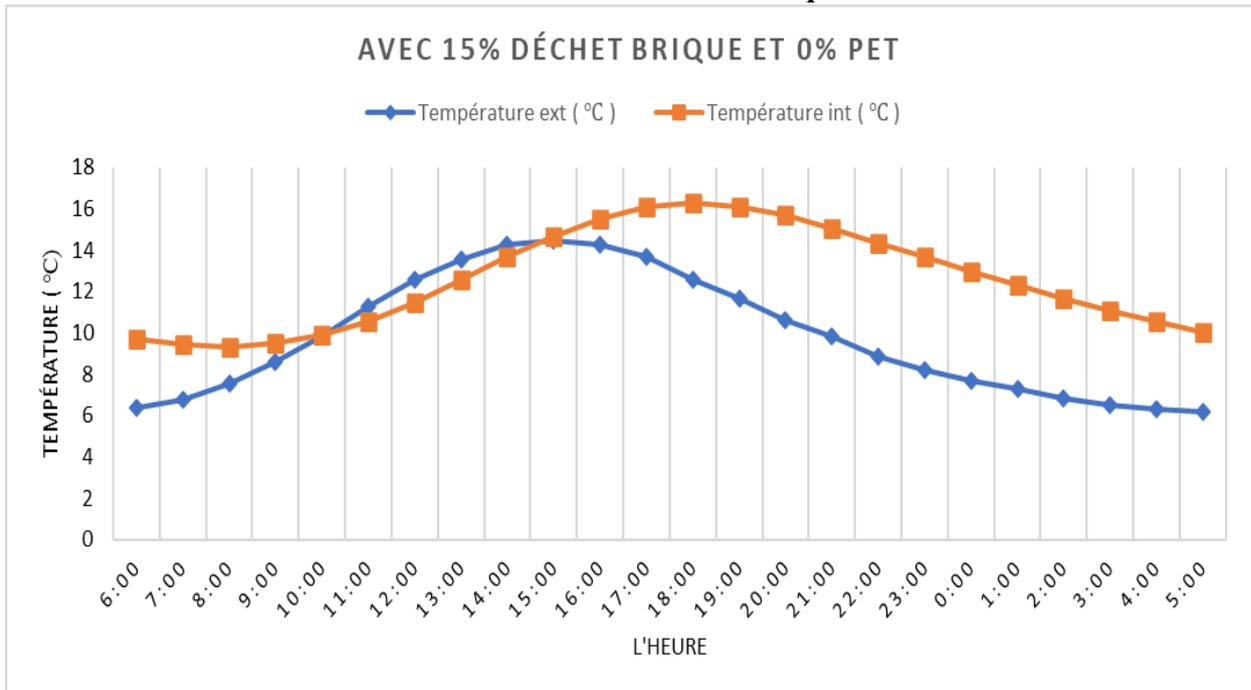
Figure. IV- 3 : la simulation par EP-launch. Source Auteur

IV.3 Représentation et discussion des résultats :

IV.3.1 La période hivernale :

Les graphes indiquent le résultat de la simulation de la variation de la température intérieur par rapport à celle extérieur, durant une journée représentatif de la période hivernale, de la maison d'étude construit par un plancher d'un hourdis de dosage de :

IV.3.1.1 Echantillon 01 : 15% déchet de brique et 0% PET :

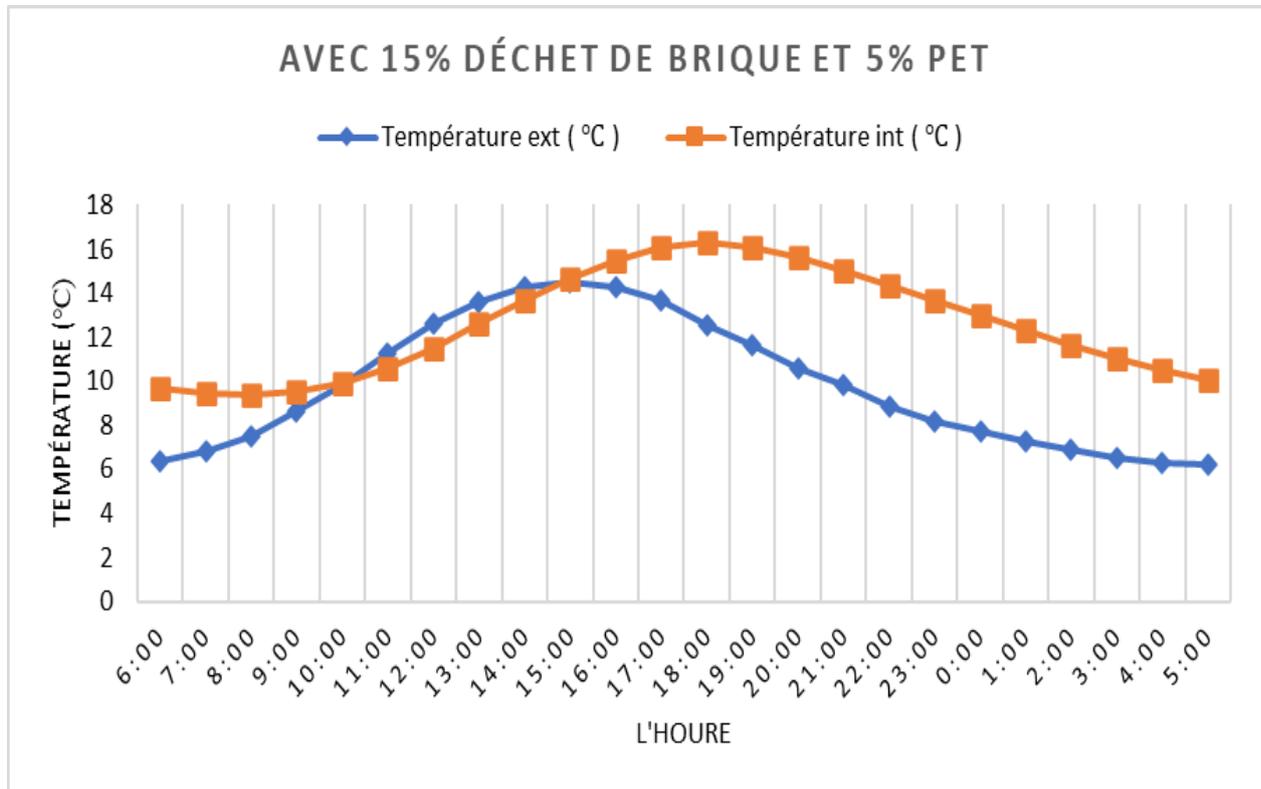


Graph. IV- 1: Résultats de la simulation [1] des conditions réelles durant la période hivernale. Source Auteur.

La courbe de la température extérieure est stable pour tous les échantillons, A 6h00 on marque une température extérieure de 6°C qui augmente a 12°C durant la mi-journée, atteint 14°C vers 15h00-16h00, puis redescend à 7°C à 5h00.

En revanche, la température intérieur diminue de 10 C° à 6h00, jusqu'à 8 C° à 9h00 et commence à augmenter de 10 C° à 10h00 à un Pic de 16 C° à 18h00 avec un dévisage thermique de 4 heures

IV.3.1.2 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 5% PET :

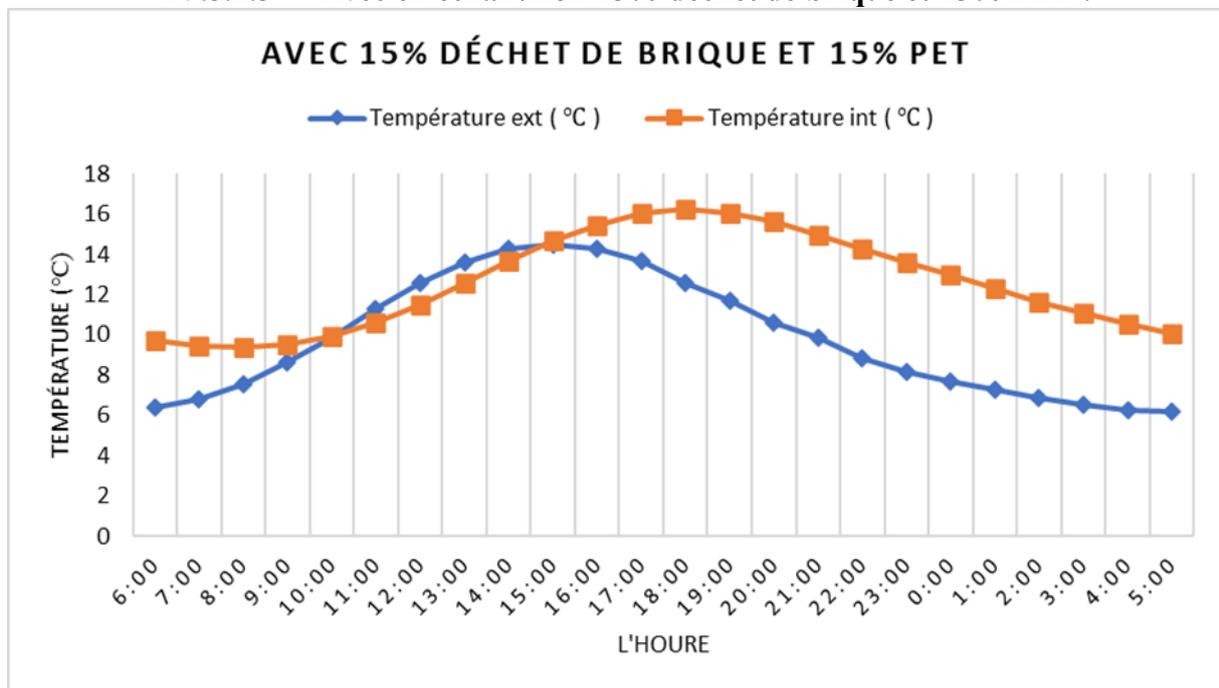


Graphe. IV- 2 : Résultats de la simulation [2] des conditions réelles durant la période hivernale. Source auteur.

La température intérieure commence à environ 10°C vers 6h00, diminue légèrement entre 8h00 et 9h00 et augmente régulièrement tout au long de la matinée. Elle atteint un maximum d'environ 16°C vers 18h00-19h00. Elle redescend progressivement à environ 11°C vers 5 heures du matin.

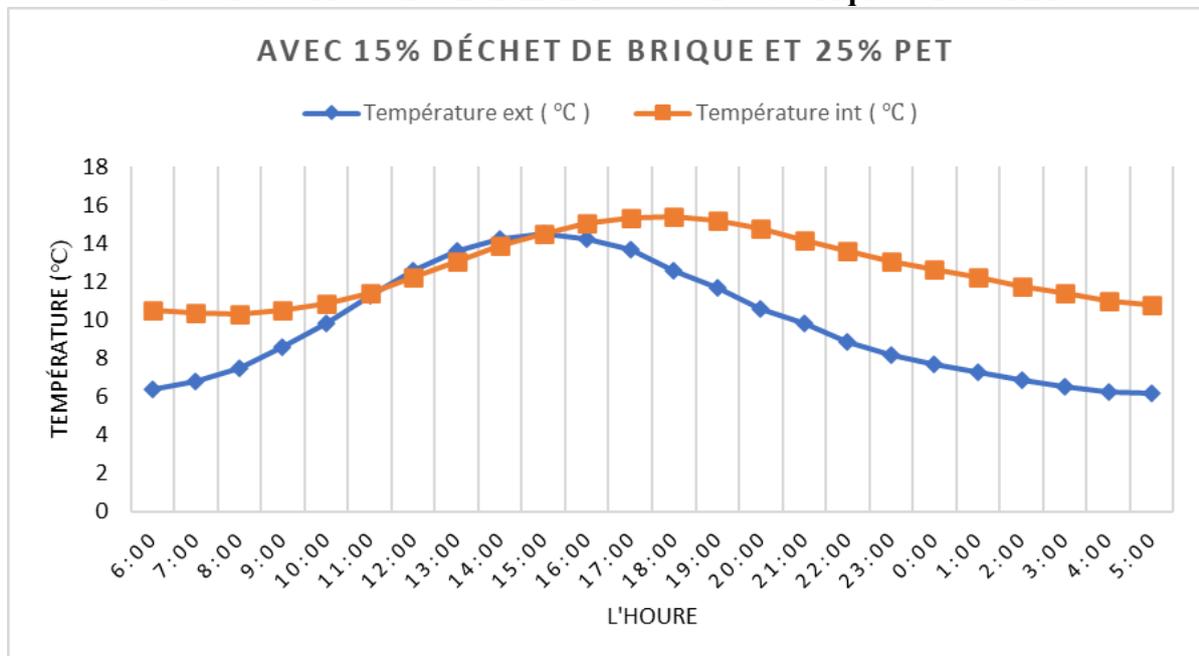
La courbe de la température extérieure est stable pour tous les échantillons, A 6h00 on marque une température extérieure de 6°C qui augmente à 12°C durant la mi-journée, atteint 14°C vers 15h00-16h00, puis redescend à 7°C à 5h00

IV.3.1.3 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 15% PET :



Grphe. IV- 3 : Résultats de la simulation [3] des conditions réelles durant la période hivernale. Source auteur.

La température interne commence à environ de 10°C à 6h00 et augmente directement tout au long de la matinée. Elle atteint un maximum valeur 16°C vers 19h00. Elle diminue progressivement pour atteindre environ 11.5°C à 5h00

IV.3.1.4 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 25% PET :

Graph. IV- 4 : Résultats de la simulation [4] des conditions réelles durant la période hivernale. Source auteur.

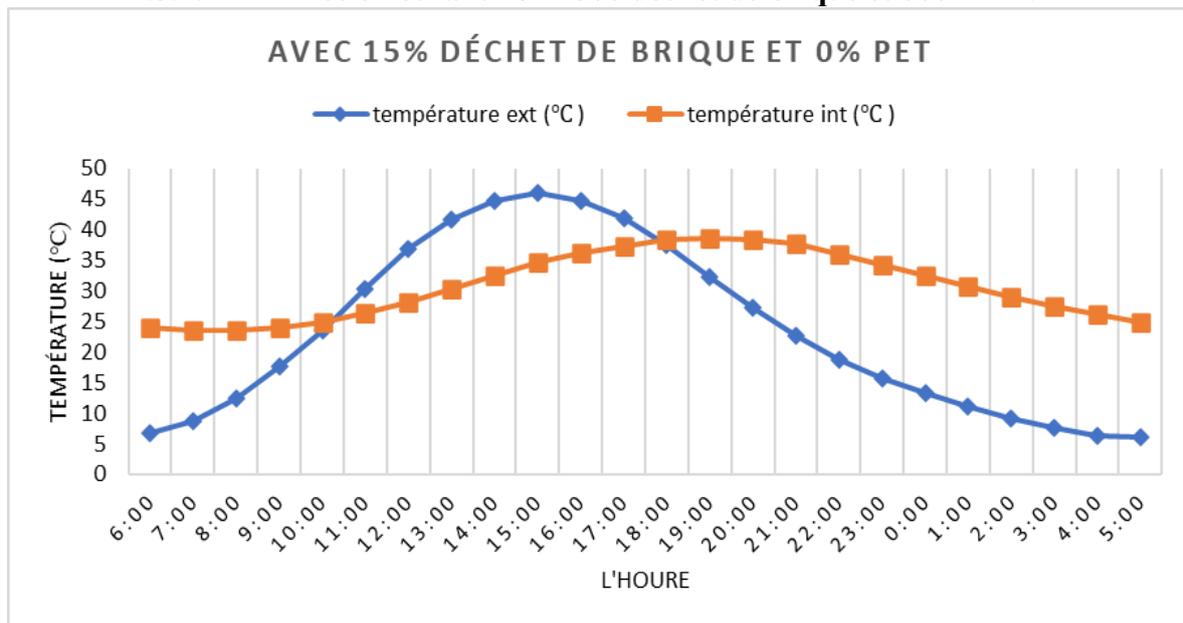
Température interne (ligne orange) :

La température interne commence à environ 10,5°C à 6h00 et augmente directement tout au long de la matinée. Elle atteint un maximum valeur 16°C entre 18h00 et 19h00. Elle diminue progressivement pour atteindre environ 12°C à 5h00

IV.3.2 La période Estivale :

Les graphes indiquent le résultat de la simulation de la variation de la température intérieur par rapport à celle extérieur, durant une journée représentatif de la période estivale, de la maison d'étude construit par un plancher d'un hourdis de dosage de :

IV.3.2.1 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 0% PET :

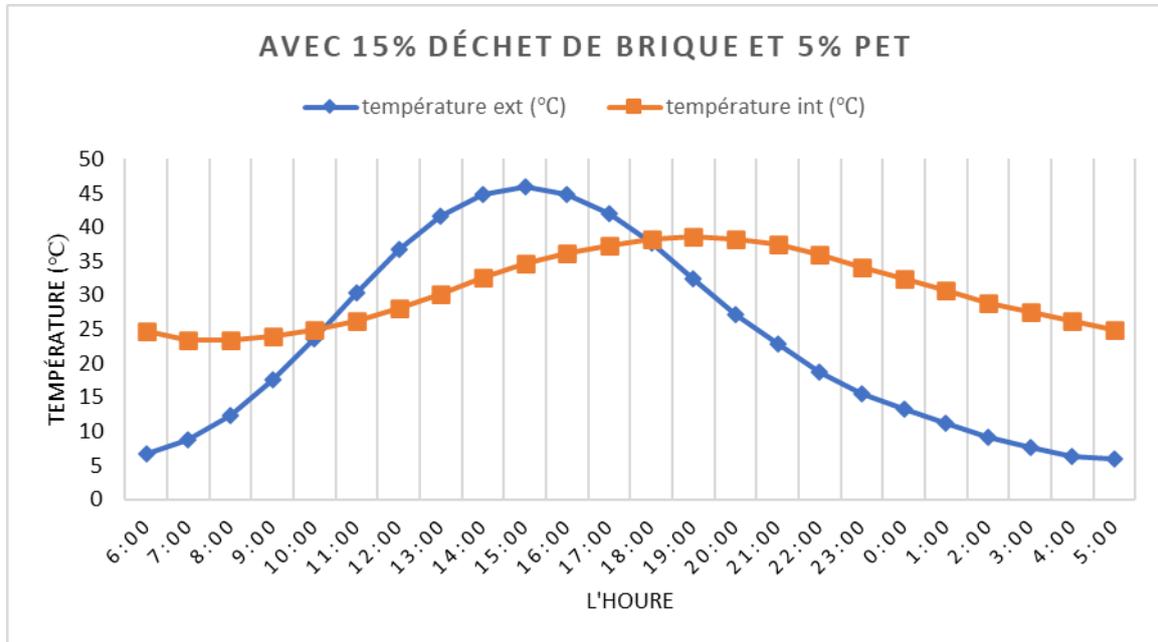


Graphe. IV- 5 : Résultats de la simulation [5] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.

La courbe de la température extérieure est stable pour tous les échantillons, A 6h00 on marque une température extérieure de 25°C qui commence à augmenter jusqu'à un maximum marqué par une température de 46°C à 16h00 puis redescend à 7°C à 5h00.

Pour la température intérieure, généralement elle reste relativement instable, on marque une température de 25°C à 6h00, qui diminue entre 7h00 et 9h00 et commence à augmenter progressivement jusqu'à un pic de 39°C vers 19h00-20h00, ensuite elle diminue à environ 25°C vers 5h00.

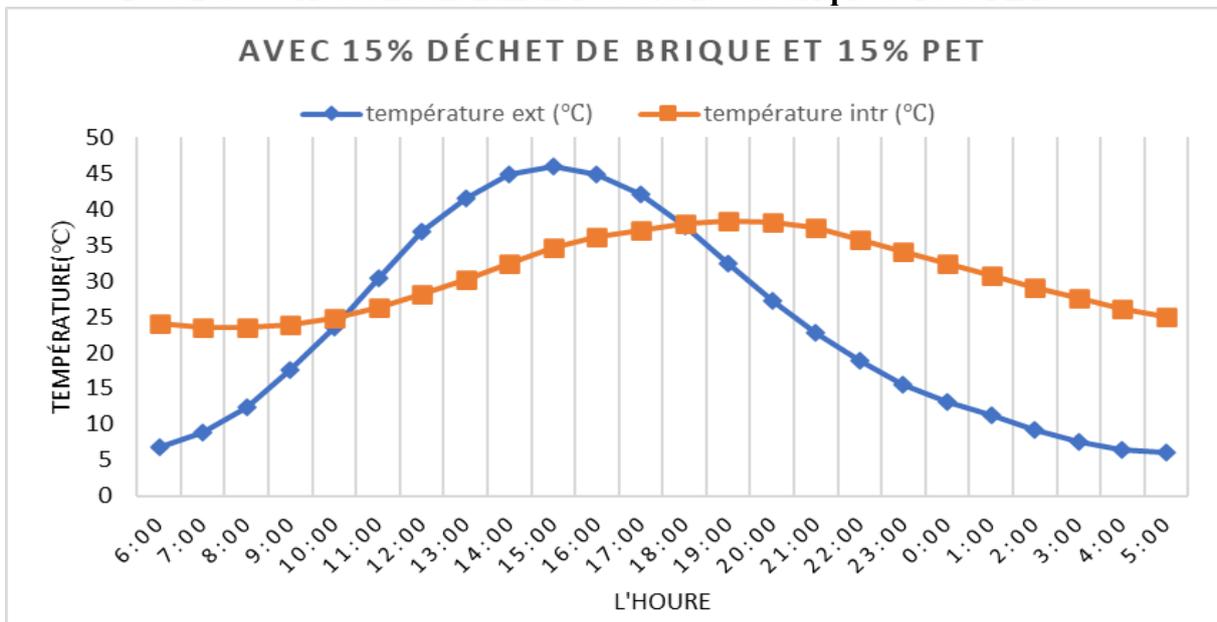
IV.3.2.2 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 5% PET :



Graph. IV- 6 : Résultats de la simulation [6] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.

En remarque pratiquement un environnement thermique similaire du résultat de l'échantillon précédent

IV.3.2.3 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 15% PET :

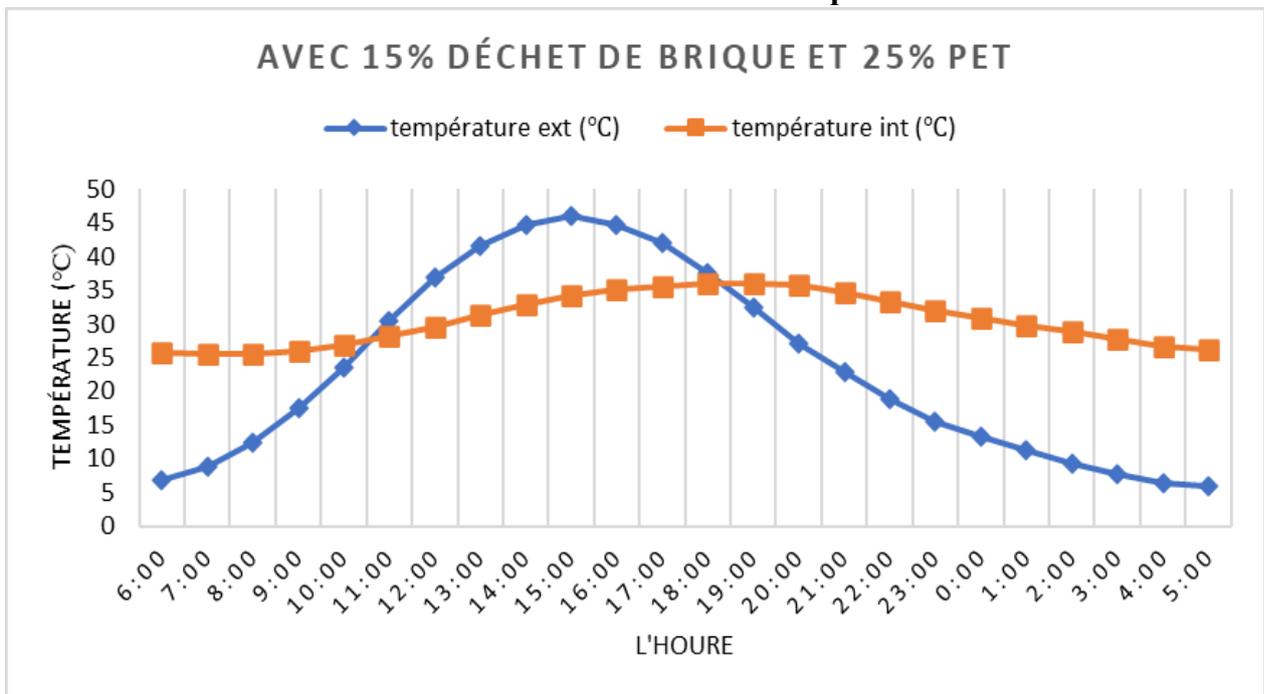


Graph. IV- 7 Résultats de la simulation [7] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.

La température intérieure reste relativement stable et inférieure à la température extérieure tout au long de la journée. Elle commence à environ 25°C à 6h00, baisse légèrement entre 8h00 et

commence à augmenter progressivement jusqu'à un maximum de 36°C vers 20h00-21h00, avant de retomber lentement à environ 25°C vers 17h00.

IV.3.2.4 Avec en échantillon 15% déchet de brique et 25% PET :



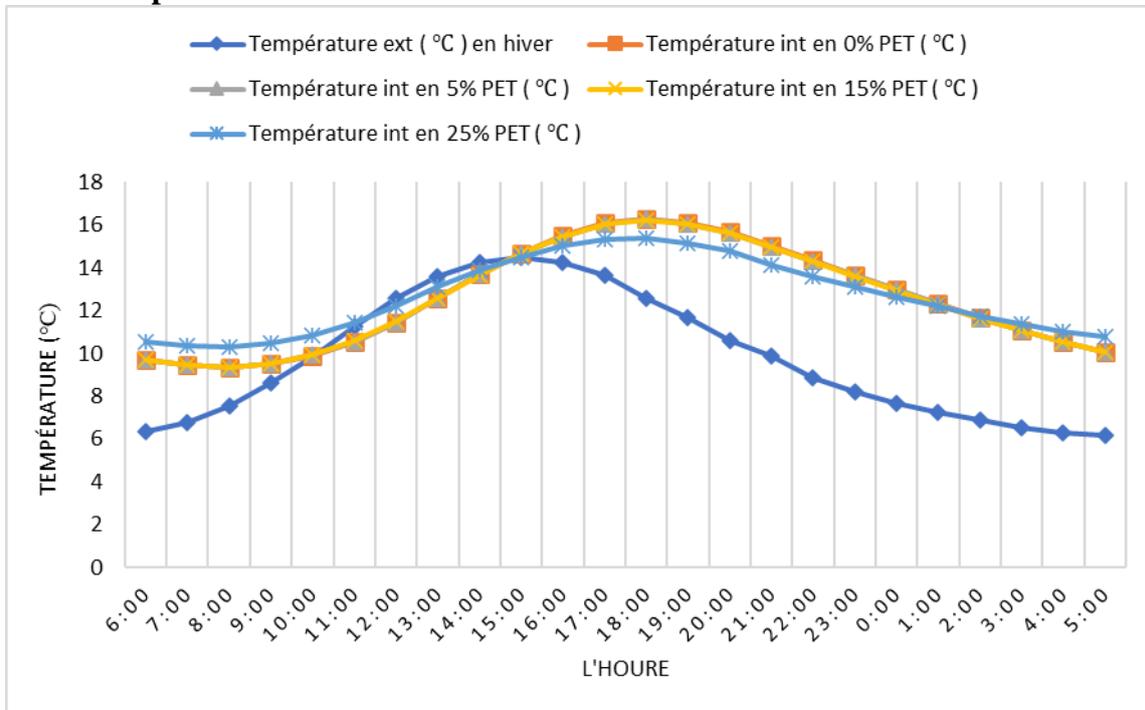
Graph. IV- 8 Résultats de la simulation [8] des conditions réelles durant la période estivale. Source auteur.

Température intérieure (ligne orange) :

La température intérieure reste relativement stable et inférieure à la température extérieure tout au long de la journée. Elle commence à environ 25°C à 6h00, et commence à augmenter progressivement jusqu'à un maximum de 34°C vers 19h00-20h00, avant de retomber lentement à environ 25°C vers 17h00.

IV.4 Interprétations des résultats de la simulation :

IV.4.1 La période hivernale :

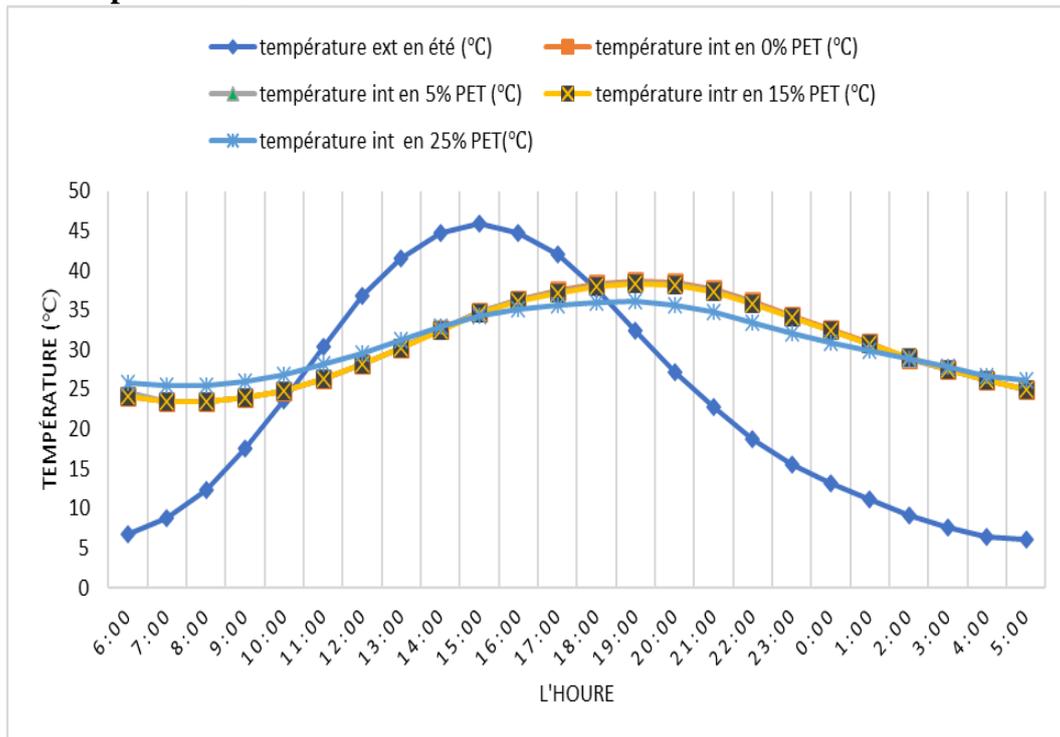


Graph. IV- 9 : Résultats de la simulation [9] des conditions réelles durant la période hivernale avec tout échantillon. Source auteur.

- le changement graduel de la température extérieure a une valeur max de 16°C et une valeur minimale de 6°C décrit les conditions climatiques dur de la période hivernale qui demande une enveloppe bâtie résistante pour améliorer le confort thermique des occupants.

- Le résultat de la simulation de la température intérieure pour les échantillons d'un dosage de 5% et 15% varie simultanément avec une différence de $\frac{1}{4}$ °C du a une faible amélioration de la conductivité thermique, ce qui montre que l'ajout d'un pourcentage de 15% de déchet de PET n'a pas un grand effet sur l'amélioration de la température interne,
- L'échantillon d'un dosage de 25% représente la courbe de la température la plus basse, qui montre la capacité d'isolation thermique de la plancher de limiter les déperditions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur après l'ajout de 25% de déchet de PET
- Le déphasage thermique entre l'intérieur et l'extérieur reste constant à 4h durant tous les scénarios de la simulation, montre que les hourdis en déchet de PET n'ont pas un effet sur l'inertie des planchers

IV.4.2 La période estivale :



Graph. IV- 10 : Résultats de la simulation [10] des conditions réelles durant la période estivale avec tout échantillon. Source auteur.

- Durant une journée représentative de la période estivale On remarque un pic de chaleur de 46°C à l'extérieur qui demande l'adaptation des solutions adaptable aux conditions climatique de la région du Sud.
- L'échantillon d'un dosage de 25% représente toujours la courbe de la température la plus basse et légèrement constante, avec une amélioration de 2.61°C par apport l'échantillon d'un dosage de 0%, qui montre la capacité d'isolation thermique de la plancher de stabiliser la température interne et limiter les déperditions thermiques de l'extérieur vers l'intérieur
- Vu la faible amélioration de la conductivité thermique entre l'échantillon de 5% et 15%de PET on ne remarque pas un grand changement entre les valeurs de deux courbes.

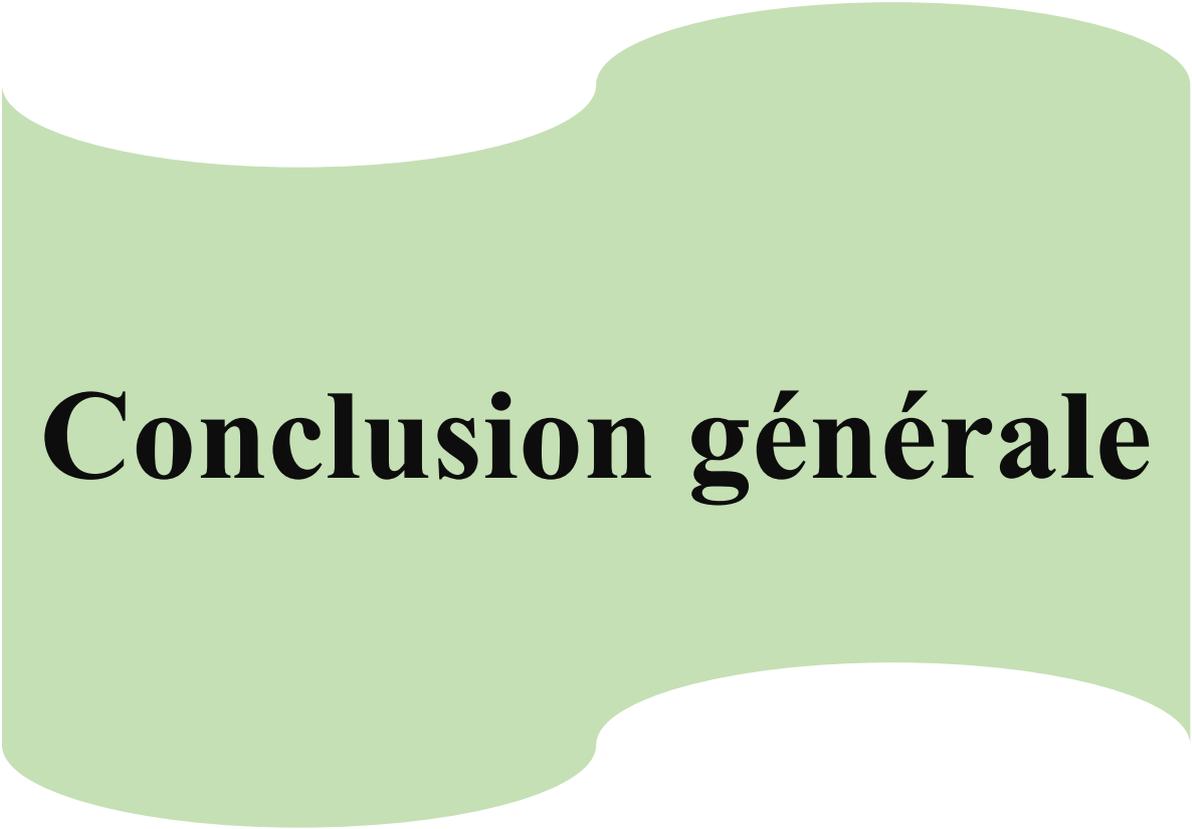
Conclusion :

En conclusion, l'analyse des performances des échantillons de planchers avec différents dosages de déchets de PET pendant les périodes estivales et hivernales met en lumière plusieurs observations significatives.

Pendant la période estivale, caractérisée par des températures extérieures élevées, les résultats montrent que l'échantillon avec un dosage de 25% de déchets de PET présente une amélioration notable de l'isolation thermique, ce qui permet de maintenir une température interne plus stable et de limiter les déperditions thermiques de l'extérieur vers l'intérieur. Cependant, malgré une légère amélioration de la conductivité thermique, les différences entre les dosages de 5% et 15% ne semblent pas avoir un impact significatif sur les performances thermiques des échantillons.

En revanche, pendant la période hivernale, caractérisée par des températures extérieures plus basses, l'échantillon avec un dosage de 25% de déchets de PET montre une capacité supérieure à limiter les déperditions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur, ce qui contribue à améliorer le confort thermique des habitations. Cependant, le déphasage thermique reste constant dans tous les scénarios de simulation, ce qui suggère que les hourdis en déchets de PET n'ont pas un effet significatif sur l'inertie des planchers.

En somme, l'ajout de déchets de PET dans les hourdis semble offrir des avantages en termes d'isolation thermique, en particulier avec un dosage de 25%, ce qui peut être bénéfique pour réduire la dépendance aux systèmes de chauffage et de climatisation et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.



Conclusion générale

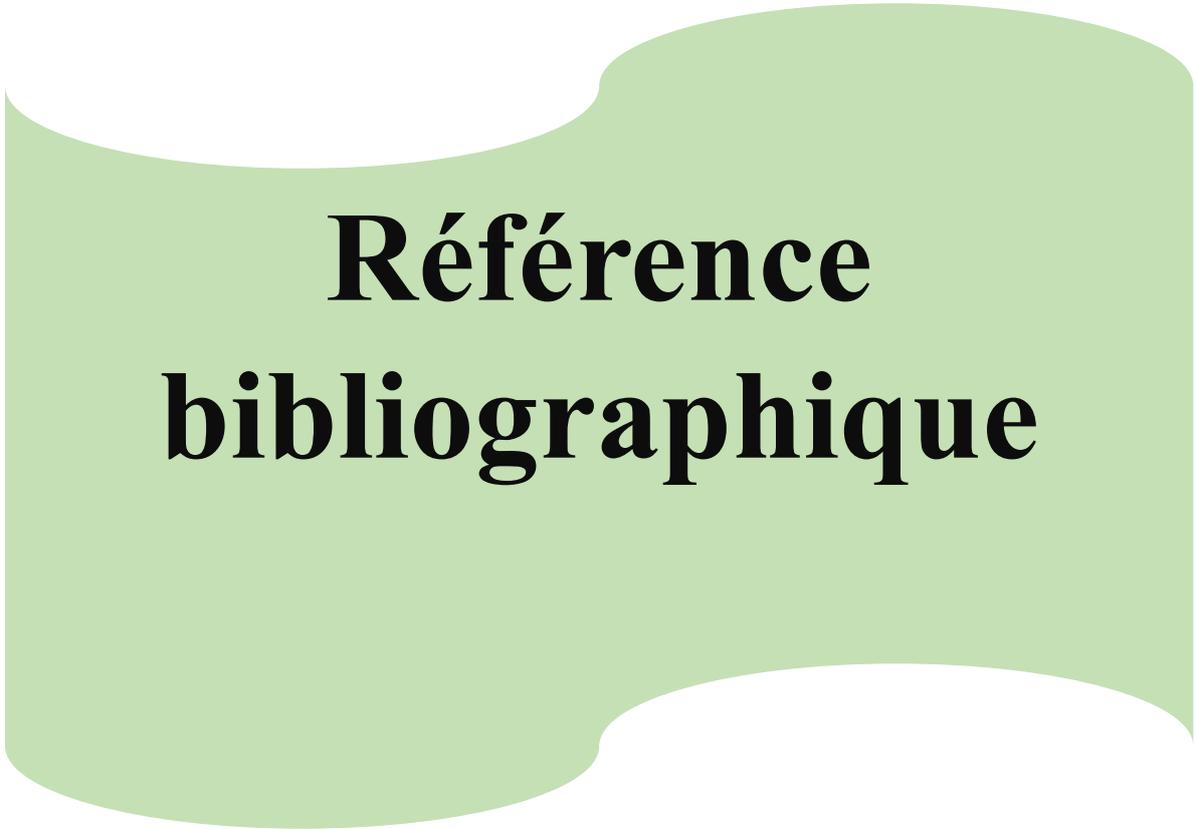
Conclusion générale :

Conclusion générale :

La recherche dans le domaine de matériaux innovants à faible conductivité thermique est aujourd'hui cruciale pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments d'usage d'habitation, à cet égard, un dosage bien étudié de déchets de la brique et de PET peuvent nous offrir un matériau durable d'une grande capacité d'isolation qui limite par conséquent les pertes de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur.

Aujourd'hui, les programmes de simulation thermique présentent un outil performant au service des chercheurs, ils nous permettent de tester plus facilement l'efficacité des matériaux innovants recherchés sous les conditions climatiques de la zone d'étude, grâce au scénario prévu de l'environnement thermique résultant de la simulation des caractéristiques thermiques de l'enveloppe étudiée.

Les résultats obtenus de cette recherche montrent que les planchers construits d'un dosage de 15% de déchet de brique et 25% de déchet de PET apportent une amélioration de 2,61 C° par rapport à un dosage de 0% de PET à une température max de 46 C° à l'extérieur sachant que l'augmentation de dosage de PET à 25% montre une légère stabilisation de la température intérieure durant les deux périodes d'hiver et d'été grâce à la faible conductivité thermique de mélange ce qui a limité les pertes de la chaleur à travers le plancher de la maison d'étude.



**Référence
bibliographique**

Référence bibliographique :

Référence bibliographique :

- **A, G. S. (2003).** . Déchets ménagers. Edition Paris Economica,. Edition Paris Economica, pp 50- 66.
- **A. Benaissa, P. M. (1992).** "Le béton de sable, un matériau non fissurant". algéria.
- **Abdelkader, B. (2023).** Mémoire Master "L'amélioration des performances thermique des habitations en parpaing. Cas de la ville de Metlili".
- **ADEME. (2013).** . Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. . france.
- **ADEME. (2023).** *re-2020.tech*. Récupéré sur <https://re-2020.tech/deperdition-thermique-comment-les-localiser>
- **AFNOR. (1995).** "*Bétons- Bétons de sable*" (éd. AFNOR). france: AFNOR édition.
- **AGABI, R. (2020).** La valorisation des déchets organiques.
- **Albano, A. (2009).** Influence of content particle size of waste pet bottles on concrete behavior at different w/c ratio,.
- **ARRAS, A., & AMRANI, C. (2017).** Les types des planchers .
- **Asma Jaballah Slaoui, S. E. (2014).** VALORISATION DU BETON DE SABLE DANS.
- **AUTEX. (2024).** *Faster Capital*. Récupéré sur <https://fastercapital.com/arabpreneur/إحداثيات-عزل-Autex---إحداثيات-عزل-في-تحسين-كفاءة-الطاقة.html#تور-ة-في-كفاءة-الطاقة-في-المباني>
- **Autret.p. (1989).** Routes dans les régions en développement,LCPC.
- **Bachir, B. C. (2023).** Pour une construction économe, amélioration des performances thermiques d'une habitation. Ghardaia: univercité de GHARDAIA.
- **BANDANIA,F, R. (2018).** "Etude des caractéristiques mécaniques du béton de sable de dunes avec ajout minérale". Ouargla: Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **BEDJOU, S. (2002).** « Contribution a la valorisation des déchets de construction ». alger: E.N.P Alger .
- **Ben Amara, D. (2002).** Formulation et comportement d'un béton de sable de larégion de Biskra renforce de fibre métallique. Université de Annaba.
- **BEN DHIA, M. (1998).** «Quelques particularités de l'utilisation du sable de dune en construction routière en milieu saharien». Tunis: École Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis.
- **BENHARRA, M. n. (2020).** Les zones climatiques et l'architecture. Guelma: Université 08 Mai 1945 Guelma.

Référence bibliographique :

- **Brito, S. e. (2012).** Influence of curing conditions on the durability-related performance of concrete made with selected plastic waste aggregates,.
- **Bulent, y., Yusuf, i., & Paki, t. (2008).** Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces.
- **Bureau d'études Andalousie. (2024).**
- **Chaikaew and C, S. P. (2006).** Sukontasukkul Properties of concrete pedestrian block mixed with crum rubber. *Construction and Building Materials*,.
- **Chauvin.Jean-Ja. (1987).** Les sables : guide pratique d'utilisation routiere. Institut des Sciences et des Techniques de l'Equipement et de l'Environnement pour le Développement, Paris, ©1987.
- **council, Env.and plas_industry. (2024, 04 23).** *Environment and Plastics Industry Council*. Récupéré sur Environment and Plastics : <http://www.plastics.ca/epic/>;
- **Damien, A. (2013).** Guide de traitement des déchets : Réglementation et choix des procédés. paris: 6ème édition. Edition Dunod, Paris France, pp 461.
- **DERRADJI, M. (2022).** Les Différents Types de Hourdis.
- **Djaafar, B. (2016).** « Influence de l'énergie de vibration sur le mortier à base sable mixte», Mémoire de Master. M'sila: université Mohamed Boudiaf - m'sila.
- **El-hafiane, S. (2012).** Gestion des déchets solides au niveau de la Commune Urbaine d'Agadir. Mémoire de Master. Université de Caddy Ayyad.
- **Enerdata. (2023).** *Enerdata*. Récupéré sur <https://www.enerdata.fr/publications/analyses-energetiques/bilan-mondial-energie.html>
- **Enseignant, D. (2006).** « Voyage en industrie ». CAP SCIENCES .
- **EUROBéton PBM.group. (2011).** *EUROBéton*. Récupéré sur <https://www.eurobeton.fr>
- **EUROPE énergie. (2019).** *EUROPE énergie*. Consulté le 05 30, 2019, sur <https://www.europe-energie.com/blog/mauvaise-isolation-thermique-comment-y-remedier/>
- **Ghrieb.A. (2003).** Etude d'un béton de sable de dune pour pistes aéronautiques. Thèse de magister.
- **Gillet, R. (1985).** Traité de gestion des déchets solides urbains : ordures ménagères, Nettoyage et élimination des déchets. . Edition O.M.S. Vol. 1, pp397.
- **GUENDOUZ, M., DEBIEB, F., & KADRI, E. (2015).** Formulation et caractérisation d'un béton de sable à base déchets plastiques.

Référence bibliographique :

- **Himri, M. (2014).** "Mortiers spéciaux et mortiers innovants: état de l'art. mortiers traditionnels:manipulations". Guelma: université 8 mai 1945.
- **K. Koide, M. T. (2002).** « Investigation of the use of waste plastic as an aggregate for light weight concrete (Japan 2000) ». Scotland U.K: Proceedings international congress. Challenge of concrete construction. 5-11 sept 2002.
- **Kariman. (2023).** Deal. Récupéré sur <https://dealapp.sa/blog/استهلاك-الطاقة-الكهربائية/>
- **KASSOUL, A. (s.d.).** CHAPITRE 1 : PLANCHERS. Cours : Bâtiment 2 (12/13).
- **khalifa, s. (2023).** cours les planchers .
- **Köppen, c. d. (2014).** wikipedia. Récupéré sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_de_Köppen
- **KP1. (s.d.). KPI.** Récupéré sur <https://www.kp1.fr/produits/les-entrevous>
- **Matallah, z. (2022).** cours bâtiment.
- **MELAIS, S. (2015).** ÉLABORATION ET COMPORTEMENT MECANIQUE D'UN BETON DE SABLE A BASE DE FIBRES DE POLYPROPYLENE ET METALLIQUES. UNIVERSITEBADJIMOKHTAR-ANNABA.
- **MERIEEM, S. (2019).** MEMOIRE DE MASTER"Etude expérimentale d'un béton à base de déchets de verre".
- **Michela.L, D. ., (2023, April 17).** Effect of the Chemical and Mechanical Recycling of PET on the *MATERIALS*.
- **Ministre de L'habitat. (1997).** (D.T.R C 3-2).
- **Mohammed, O. N. (2006).** CONTRIBUTION A LA VALORISATION DES DECHETS. algérie: Ecole Nationale Polytechnique.
- **Moletta R. (2009).** . Traitement des déchets. . paris: Edition Tec & Doc, Paris, pp 3- 23.
- **notre-environnement. (2023).** *notre-environnement*. Récupéré sur <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/climat/article/comprendre-le-changement-climatique/#ressources>
- **O. Yazoghli Marzouk, R. D. (2006).** Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites.
- **Pinterest. (2024).** *Pinterest*. Récupéré sur <https://www.pinterest.it/pin/118360296449754137/>
- **point.p. (2024, 04 23).** *Point.P*. Récupéré sur <https://www.pointp.fr/conseils-experts/tout-savoir-sur-les-differents-types-de-plancher>

Référence bibliographique :

- **Polystyrene De Oasis. (2011).** *Polystyrene De Oasis.* Récupéré sur https://www.polystyrenedesoasis.com/page_hourdis.html
- **Presse d'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. (1994).** Béton de sable, Caractéristiques et pratique d'utilisation .
- **RAHMOUNI, S. (2020).** Evaluation et Thèse de doctorat "Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique". Université Mostepha Ben Boulaid- Batna 2 .
- **Ramachandran, V. S. (1981).** Récupéré sur <https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/td/?id=138ccda1-5098-4eda-8b96-8b393908ccc1>
- **REZIG.s. (2012).** Optimisation de la formulation du béton de sable dans le cadre de valorisation des matériaux locaux. Thèse de Magister. Biskra.: Université Mohamed Khider –Biskra.
- **s, M., & Belmecheri. (2015).** Mémoire:Magister:"Etude d'un composite à base de sable de dune, Ciment et granulats en billes de polystyrène expansé".
- **SABLOCRETE. (1994).** *bétons de sable caractéristiques et pratiques d'utilisation.*
- **SAITI, I. (2014).** Étude d'un procédé d'élaboration d'un béton léger cellulaire à base de sable de dune de la région de GHARDAIA . Ghardaia: univercité de ghardaia.
- **SAMSE Matériaux de Construction. (s.d.).** *SAMSE Matériaux de Construction.* Récupéré sur <https://www.samse.fr/guide-de-construction/choisir-un-plancher-poutrelles-hourdis>
- **TOURE. (2020).** GENERALITES SUR LES PLANCHERS EN BETON ARME Exposé.
- **toutsurlebeton. (2017-2022).** *toutsurlebeton.* Récupéré sur <https://www.toutsurlebeton.fr/mise-en-oeuvre/les-differents-types-de-hourdis/>
- **VIVER MIEUX. (2018-2024).** *Viver Mieux .* Récupéré sur <https://www.lemagduvivremieux.com/hourdis-definition/>
- **wikipedia . (2021, 04 16).** *wikipedia .* Récupéré sur wikipedia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hourdis>
- **Wikipedia. (2024).** *Wikipedia.* Récupéré sur https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Menia#cite_note-Côte245-2
- **Yazoghli, R. D. (s.d.).** Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites.
- **Yousfi, B. (2017).** *Open Edition Journals.* Récupéré sur <https://journals.openedition.org/anneemaghreb/2951>
- **Yun-Wang Choia, D.-J. M.-S.-K. (2004).** Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 776–781.

Référence bibliographique :

- **ZAHI, a. A. (2020).** Contribution à l'élaboration d'un béton de sable, à base de sable dunaire et déchets plastique (bouteilles en PET). Ghardaia: univercité de ghardaia.
- **ZENGOUT, A. (2023).** Contribution à l'évaluation des caractéristiques thermiques d'un béton de sable à base de déchet de PET et de brique. Ghardaia.
- **بن عطية, ح. ب. (2018).** (تأثير العزل الحراري على الراحة في المباني السكنية (جنوب الجزائري) Mémoire Master. Université Kasdi Merbah - Ouergla.

Faculté des sciences et de la
technologie
Département d'Hydraulique et
Génie Civil

جامعة غرداية



Université de Ghardaïa

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

ترخيص بإيداع مذكرة الماستر

بعد الاطلاع على التصحيحات المطلوبة على محتوى المذكرة المنجزة من طرف:

الطالب(ة): بومناد جيلالي و دودان صدام حسين

الشعبة: هندسة مدنية

التخصص: هياكل

نحن الأساتذة:

الإمضاء	الصفة	الرتبة والجامعة الأصلية أو المؤسسة	الإسم واللقب
	رئيس	M.A.A Univ.Ghardaia	عزيز محمد نجيب
	ممتحن	M.A.A Univ.Ghardaia	عزوز فاطمة الزهراء
	مؤطر	M.A.A Univ.Ghardaia	معطا الله زينب

نرخص بإيداع النسخة النهائية لمذكرة الماستر بعنوان:

Évaluation de l'efficacité thermique des planchers a béton de sable à base de déchet
PET

جامعة غرداية
قسم الري
الهندسة المدنية-1
رئيس القسم
بوعزيز الطيب
رئيس قسم الري
والهندسة المدنية