

Valorisation des déchets plastiques dans le béton pour un développement durable

Valorization of plastic waste in concrete for sustainable development

Article Info:

Article history: Received 2023-06-01 / Accepted 2023-06-20 / Available online 2023-06-21

doi: 10.18540/jcecv19iss5pp1609-01e



Bentegri Houcine

ORCID: <https://orcid.org/0009000103872950>

Civil Engineering and Sustainable Development Laboratory, Faculty of Sciences and Technology, Ziane Achour University of Djelfa, 17000, Algeria

E-mail: bentegri.houcine@gmail.com , bentegri.houcine@mail.univ-djelfa.dz

Rabehi Mohamed

ORCID: <https://orcid.org/000000230941720>

Civil Engineering and Sustainable Development Laboratory, Faculty of Sciences and Technology, Ziane Achour University of Djelfa, 17000, Algeria

E-mail: rahmoh_moh@yahoo.fr

Kherfane Samir

ORCID: <https://orcid.org/0009000462705353>

Civil Engineering and Sustainable Development Laboratory, Faculty of Sciences and Technology, Ziane Achour University of Djelfa, 17000, Algeria

E-mail: sam2002mir@gmail.com

Boukansous Sarra

ORCID: <https://orcid.org/000900060814661>

School Of Computer Science and Information Engineering, Zhejiang Gongshan University, Hagzhou310018, China,

E-mail: boukansous.sarra@gmail.com.

Résumé

Les questions de préservation de l'environnement sont des sujets d'actualité, car elles sont apparues au premier plan ces dernières années en raison du changement climatique et de la pollution importante qui se produit dans l'environnement, en particulier celle liée aux déchets plastiques, car le problème de leur élimination est devenu un problème de dont souffrent les gouvernements. Nous avons donc décidé dans cette étude de recycler et de valoriser le plastique *et* allons étudier la possibilité de remplacer les granulats présents dans le béton par des granulés de plastique et étudier les propriétés physiques et mécaniques de ce type de béton, où les granulats (sable + gravier) dans le béton seront remplacés par des granulats plastiques en (PET) dans des proportions variables (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%) par rapport à son volume . Les résultats obtenus ont montré de bons résultats, notamment en termes de réduction du poids du béton et en termes d'isolation sonore, Les granulats (PET) diminuent la résistance à la compression mais pas de manière significative, au final on peut dire Ce type de béton ouvre de nouveaux horizons et donne une nouvelle vision sur les bétons respectueux de l'environnement et du développement durable.

Mots clés : (PET) polyéthylène téréphtalate, valorisé, granulats, béton.

Abstract

Environmental preservation issues are hot topics, as they have come to the fore in recent years due to climate change and the significant pollution that is occurring in the environment especially that related to plastic waste, because the problem of their disposal has become a problem from which

governments suffer. We have therefore decided in this study to recycle and recover plastic and are going to study the possibility of replacing the aggregates present in the concrete with plastic granules and to study the physical and mechanical properties of this type of concrete, where the aggregates (sand + gravel) in the concrete will be replaced by plastic aggregates (PET) in variable proportions (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%) in relation to its volume. The results obtained have shown good results, especially in terms of reducing the weight of the concrete and in terms of sound insulation, The aggregates (PET) reduce the compressive strength but not significantly, in the end we can say This type of concrete opens up new horizons and gives a new vision of concrete that respects the environment and sustainable development.

Keywords: (PET) polyethylene terephthalate, valued, aggregates, concrete.

1. Introduction

Le but visé ces dernière années est chaque citoyen de la nation vive dans un environnement durable et propre est l'un des défis les plus critiques auxquels sont confrontés gouvernements aujourd'hui (Cohen, 2006, and Bentegri *et al.*, 2023). L'augmentation de l'activité de construction a augmenté de façon exponentielle la demande de sable de rivière, épuisant et exploiter les ressources naturelles de sable et avoir des répercussions environnementales négatives comme le glissement des bords des rivières et la baisse de la nappe phréatique “ résultats dans la littérature (Huseien *et al.*, 2019 , and Agrawal *et al.*, 2017). Il est donc crucial de trouver une substance liante différente pouvant être utilisée à la place du sable de rivière lors de la fabrication du béton.

De plus, le composant le plus important du béton en volume est composé d'agrégats grossiers et fins, qui confèrent au matériau sa rigidité et stabilité dimensionnelle (Gebremariam *et al.*, 2021, and Bidabadi *et al.*, 2020) .

Recycler les déchets plastiques tout en produisant des ressources précieuses pour le secteur de la construction est une moyenne durable méthode de traitement des déchets plastiques (Ullah *et al.*, 2022, and Rezvan *et al.*, 2023).

Chaque impact est enregistré pour produire une estimation quantitative de l'énergie absorbée par l'échantillon au niveau d'inconfort spécifié. Ainsi, en réalisant des tests d'impact selon les critères ACI 544 (Prasad *et al.*, 2021), il est possible de comparer l'impact résistance des différents matériaux. La maniabilité du béton est influencée par la taille et la forme des particules de plastique recyclables (Siddique *et al.*, 2008). D'autres études évaluent l'impact du remplacement des granulats et du ciment par des déchets plastiques et des fibres dans le béton. Par exemple, l'utilisation de déchets plastiques de broyage humide comme additif dans le ciment Portland (He *et al.*, 2022).

Les auteurs ont montré que l'additif PET améliorerait la résistance initiale du mortier et améliorerait l'hydratation du ciment, tout en réduisant la perméabilité et le flux électrique du mortier de ciment. Une autre tentative faite par Zeyad *et al.*(2022), ont étudié l'utilisation de béton plastique avec des fibres hybrides de polypropylène et d'acier.

Ils ont constaté que l'ajout de plastique en poudre améliore les caractéristiques de rupture mais diminue les résistances à la compression et à la traction. L'utilisation de déchets plastiques en bakélite en remplacement partiel des granulats grossiers dans le béton est une nouvelle approche de la gestion des plastiques déchets et créer des matériaux de construction durables.

Cette méthode fournit non seulement une solution efficace à l'élimination des déchets plastiques, mais réduit également la demande de granulats grossiers naturels, qui sont des ressources finies. De plus, les résultats de l'étude indiquent que le béton contenant des déchets de en polyéthylène figure1 peut atteindre des résistances à la compression et à la flexion souhaitables à un dosage spécifique, ce qui en fait un produit viable alternatif au béton traditionnel.

Nous avons donc décidé dans cette étude de recycler et de valoriser le plastique et allons étudier la possibilité de remplacer les granulats présents dans le béton par des granulés de plastique et étudier les propriétés physiques et mécaniques de ce type de béton, où les granulats (sable + gravier) dans le béton seront remplacés par des granulats plastiques en (PET) dans des proportions variables (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%) par rapport à son volume.

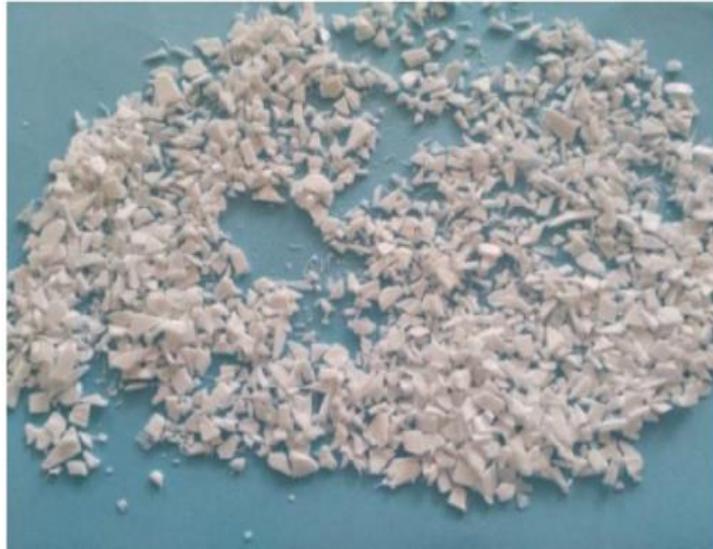


Figure 1- Déchets en polyéthylène à haute densité

2. Méthodologie

2.1 Matériaux

Dans notre étude, nous avons utilisé des matériaux naturels locaux sable 0/3 et gravier 3/10 voire figure 3 ils ont une forme semi-concassée, ils sont de deux classes granulaires et ceux issus du recyclage, à savoir les granulats plastiquent en PET de taille 10-30 mm voire figure 2 et pour un matériau liant nous avons utilisé le ciment du type CPJ-CEMII/B 42.5N produit par LAFARGE et pour L'eau de gâchage doit être propre exempte d'impuretés, donc on a choisi d'utiliser l'eau potable du robinet car elle convient toujours.



Figure 2 - Granulats plastiques



Figure 3 – Sable 0/3 et Gravier 3/10

3. Compositions des Bétons

Compositions des bétons à tester : Voir tableau en dessous du tableau 1.

Tableau 1 - Les types de béton utilisés et cette proportion.

Type de béton	BO	B5% GPET	B10% GPET	B15% GPET	B20% GPET	B25% GPET	B30% GPET
Ciment (kg)	350	350	350	350	350	350	350
Sable 0/3(kg)	825	740	700	630	610	600	580
Gravier 3/10(kg)	825	740	700	630	610	600	580
Granulats de PET (kg)	0	25	51	76	96	115	135
Eaux totales (kg)	195	195	195	195	195	195	195

Abréviation: type de béton

BO: béton ordinaire (béton témoin).

B5% GPET: Béton avec 5% de Granulats en (PET).

B10% GPET: Béton avec 10% de Granulats en (PET).

B15% GPET: Béton avec 15% de Granulats en (PET).

B20% GPET: Béton avec 20% de Granulats en (PET).

B25% GPET: Béton avec 25% de Granulats en (PET).

B30% GPET: Béton avec 30% de Granulats en (PET).

GPET: Granulats Polyéthylène Téréphtalate.

4. Procédure expérimentale

La composition du béton de référence a été calculée en respectant les spécifications que nous avons décrites précédemment. En revanche, les autres compositions des bétons testés sont calculées en effectuant une substitution volumique du volume granulaire (sable + gravier 3/10) par le même volume de granulats de plastique, en utilisant les masses volumiques apparentes vibrées.

Nous avons donc adapté la procédure suivante :

Chaque pourcentage de substitution de granulats naturels est remplacé par des granulats plastiques, nous avons réduit le sable et le gravier 3/10 à la même fraction. Les autres paramètres du béton ordinaire de composition de référence sont maintenus constants (même volume de ciment, même rapport E/C, même rapport G/S, etc.). Ainsi, la quantité de ciment a été fixée à 350 kg par m³ de béton et un rapport effectif eau/ciment égal à 0,5.

Les granulats utilisés lors des lots étaient tous séchés ; la quantité d'eau a donc été corrigée par l'eau utilisée pour humidifier les granulats pour obtenir la quantité totale d'eau.

5. Resultats des essais effectués sur le béton

5.1 Résultats de masse volumique des bétons durcis

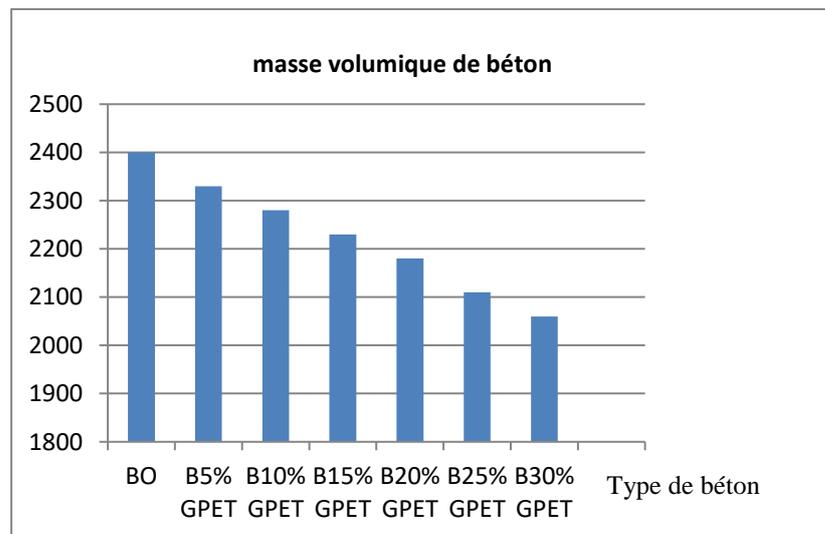
Pour chaque béton, nous avons réalisé trois éprouvettes. Au 28^{ème} jour, avant tout broyage, les spécimens sont systématiquement pesés. Nous avons ensuite calculé la masse volumique des différents bétons, en utilisant la moyenne des poids.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 2 suivant ; le diamètre maximum de nos granulats est de 10 mm Nous avons procédé à une substitution en volume des Granulats Naturels par du Béton avec du PET. Les pourcentages testés sont (0% ; 05% ; 10% ; 15% ; 25% et 30%).

Tableau 2 - Masses des éprouvettes et masse volumique du béton durci

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Masse volumique du béton kg/m ³	% Pourcentage de baisse de Masse volumique du béton
BO	12.83	12.79	12.79	12.80	2400	/
B5%GPET	12.32	12.35	12.35	12.34	2330	3
B10%GPET	12.04	12.03	12.05	12.04	2280	5
B15%GPET	11.77	11.81	11.81	11.80	2230	7
B20%GPET	11.19	11.19	11.22	11.20	2180	9
B25%GPET	11.00	11.10	10.98	11.00	2110	11
B30%GPET	10.86	10.89	10.89	10.88	2060	14

Le pourcentage de chute de masse volumique est calculé en comparant les masses volumiques des différents bétons avec celle du béton de référence Béton ordinaire. Pour faciliter l'interprétation de ces résultats, nous représentons dans la figure 4 ci-dessous, les résultats des masses volumiques en fonction du pourcentage de substitution des granulats en PET.

**Figure 4 - Masse volumique des bétons en fonction du pourcentage en GPET.**

La masse volumique est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume. La figure .1 montre clairement que lorsque le pourcentage GPET augmente, la masse volumique diminue et le béton devient plus léger.

Comme le montre la Figure 4, on est passé d'un béton de référence à 100% granulats naturel de 2400 kg/m³ à un béton de B30%GPET à 30% du volume en GPET à 2060 kg/m³, soit une diminution de densité de près de 14% par rapport à Béton ordinaire.

5.2 Résultats de résistance à 28 jours

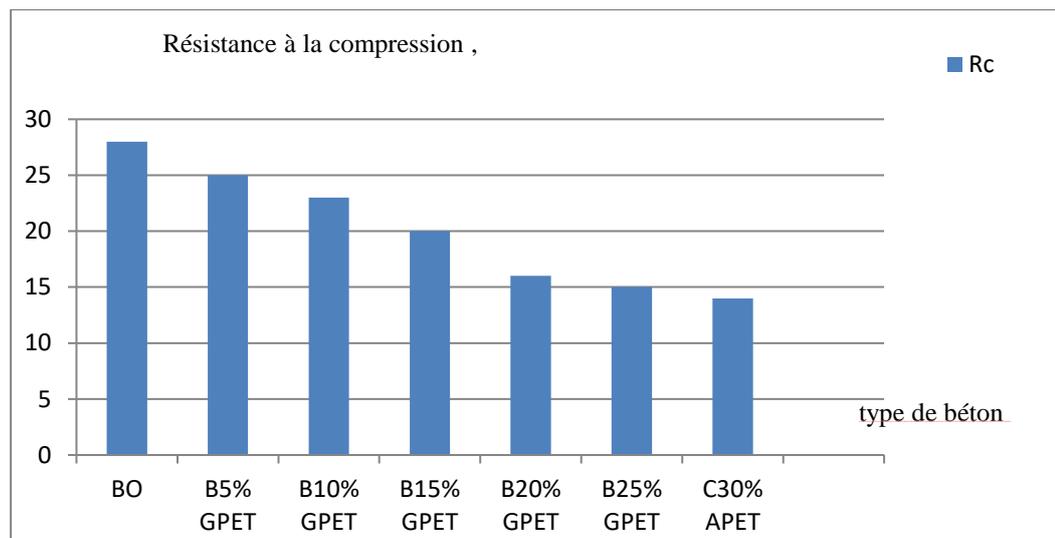
Résistance à la compression à 28 jours Voir tableau ci-dessous tableau 3.

Tableau 3 - Résistance moyenne à la compression à 28 jours (MPa).

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Résistance moyenne	% diminution de Rc
BO	27.55	28.50	27.98	28	/
B5%GPET	25.50	25.44	25.43	25	10
B10%GPET	23.40	23.67	22.76	23	17
B15%GPET	19.99	21.10	20.03	20	28
B20%GPET	15.98	16.00	16.02	16	42
B25%GPET	15.03	15.06	15.00	15	46
B30%GPET	13.88	14.45	14.33	14	50

Les résistances mécaniques obtenues à 28 jours pour les différentes formules de béton testées, sur trois éprouvettes, sont données dans le tableau 3. Nous avons donné les résistances moyennes des trois mesures, ainsi que le pourcentage de chute des résistances calculées par rapport au béton ordinaire de référence.

Pour une meilleure appréciation des résultats, nous avons représenté sur la figure 5 les résistances moyennes en fonction du pourcentage de substitution des granulats en PET. Les résultats sont représentés sous forme d'histogramme.

**Figure 5 - Histogramme des résistances à la compression à 28 jours des bétons.**

D'après les résultats de la figure 5, on constate que la résistance des bétons diminue proportionnellement à l'augmentation du pourcentage de granulats en PET dans les bétons. On passe d'une résistance à 28 jours de 28 MPa pour le béton granulats 100% naturels à une résistance de 14 MPa pour le béton à 30% en granulats en PET, soit une chute de 50% de la résistance à la compression à 28 jours.

Tableau 4- Vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans les différents type du béton.

	V(m/s)	% chute de vitesse
BO	4770	/
B5%GAET	4500	5.6
B10%GPET	4400	7.7
B15%GPET	4200	11.9
B20%GPET	3900	18.2
B25%GPET	3700	22.4
B30%GPET	3500	26.0

Les résultats du tableau montrent que les vitesses ultrasonores diminuent avec l'augmentation du pourcentage de substitution des granulats en PET. Plus le pourcentage de PET augmente, plus la vitesse des ondes sonores sont lente. Dans ces cas les ondes sont retardées par la présence des GPET qui sont de nature différente de celle des granulats naturels du béton.

Ainsi les vitesses passent de 4770 m/s pour un béton ordinaire à 3500 m/s pour un béton à 30% GPET ?soit une réduction de 26% voir le tableau 4.

6. Conclusion

L'utilisation des déchets plastique dans le béton présente une solution idéale pour résoudre les problèmes environnementaux liés à leur élimination. Cette étude a révélé que l'ajout de déchets de plastique au béton entraînait une diminution de sa résistance à la compression et à la traction. Cependant, il convient de souligner que pour les bétons à moins de 15% en granulats (PET), nous avons pu avoir une assez bonne résistance par rapport au béton de référence. En effet, à 15% de substitution nous avons des bétons de résistance à la compression de près de 20 MPa, ce qui n'est pas négligeable, Au terme de cette étude, on peut dire que l'introduction de granulats (PET) dans le béton provoque une baisse de la résistance mécanique du béton. Ainsi, pour 30% de substitution en (PET), nous avons observé une diminution de la résistance à la compression d'environ 50%. L'introduction de (PET) dans le béton provoque une baisse de la masse volumique du béton, plus le pourcentage de (PET) est élevé et plus le béton est léger. Cette baisse est liée à la masse volumique des GPET qui est inférieure à celle des granulats naturels. La diminution de masse volumique du B 30 (PET) est d'environ 14 %. Le pourcentage de diminution de résistance mécanique et celui de diminution de la masse volumique n'évoluent pas de la même manière. Les résistances baissent avec une tendance plus prononcée que les de la masse volumique (pour le B30%G (PET) on note une baisse de 50% contre une baisse de masse volumique est seulement 14%). Et on remarque aussi que plus le béton est riche en granulats en (PET) plus les vagues sonores sont lentes. On peut conclues dernièrement que la meilleure façon de débarrasser de plastique c'est bien de valoriser dans le béton.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude au corps professoral et au personnel du Département de Génie Civil de l'Université Ziane Achour pour toute leur aide et leur soutien.

Références

- Agrawal .U.S *et al.* (2017). Characteristic study of geopolymer fly ash sand as a replacement to natural river sand. *Constr. Build. Mater*, 150, 681–688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.029>.
- Bentegri Houcine *et al.* (2023, April 10). Compressed stabilized earth block stabilized with cement and reinforced with alfa fibers. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/RNVJK>.
- Bidabadi.M.S *et al.* (2020). Optimum mix design of recycled concrete based on the fresh and hardened properties of concrete. *J. Build. Eng*, 32, 101483. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101483>.
- Cohen. B. (2006). Urbanization in developing countries: current trends, future projections, and key challenges for sustainability. *Technol. Soc*, 28(1–2), 63–80. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.10.005>.
- Gebremariam .A.T *et al.* (2021). Comprehensive study on the most sustainable concrete design made of recycled concrete, glass and mineral wool from C&D wastes. *Constr. Build. Mater*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121697>.
- He.X *et al.* (2022). Recycling of plastic waste concrete to prepare an effective additive for early strength and late permeability improvement of cement paste. *Constr. Build. Mater*, 347, 128581. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128581>.
- Huseien .G.F *et al.* (2019). Utilizing spend garnets as sand replacement in alkali-activated mortars containing fly ash and GBFS. *Constr. Build. Mater*, 225, 132–145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.029>.
- Prasad. N *et al.* (2021). Modified falling mass impact test performance on functionally graded two stages aggregate fibrous concrete. *Materials*, 14(19), 58.. <https://doi.org/10.3390/ma14195833>.
- Rezvan. S *et al.* (2023). Application of machine learning to predict the mechanical characteristics of concrete containing recycled plastic-based materials. *Appl. Sci*, 13(4), 2033. <http://dx.doi.org/10.3390/app13042033>.
- Siddique. R *et al.* (2008). Use of recycled plastic in concrete: a review. *Waste Manag*, 28(10), 1835–1852. . <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.011>.
- Ullah. S *et al.* (2022). Effect of partial replacement of E-waste as a fine aggregate on compressive behavior of concrete specimens having different geometry with and without CFRP confinement. *J. Build. Eng*, 50, 104151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104151>.
- Zeyad. A.M *et al.* (2022). Effect of aggregate and fibre types on ultra-high-performance concrete designed for radiation shielding. *J. Build. Eng*, 58, 104960. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104960>.