

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة محمد البشير الابراهيمي - برج بوعريريج

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

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Génie civile

MÉMOIRE

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

En : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en génie civil

Par : - Belmiloud salaheddine

- Fardjallah djoubeyr

**Influence de déchets de plastique recyclé, liant hydraulique et compactage sur
la stabilisation des blocs des terres comprimées**

Soutenu publiquement, le 19 / 06 / 2024 , devant le jury composé de :

| | | | |
|-------------------------|-----|-----------------|--------------|
| Dr.bechiche said | MAA | Univ-BBA | Président |
| Dr. Khanoufe abdelazize | MCB | Univ-BBA | Examineur |
| Dr.Thabt souad | MAA | Univ-BBA | Examineur |
| Dr. Deboucha Sadek | MCA | Univ-BBA | Encadrant |
| Dr Ziani Hocine | MCA | Univ-BBA | Co-Encadrant |

Année Universitaire 2023/2024

***R**emerciements*

En tout premier lieu, on remercie le bon dieu, tout puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

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

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

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

Nous remercions l'administration de Génie Civil.

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

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

Résumé

La disponibilité des matériaux locaux dans la zone de Bordj Bou Arreridj et Sétif comme les sols et déchets de plastique et par inadvertance la valorisation de ces matériaux et pour contribuer à la réduction des coûts de construction, nous avons étudié ce matériau en termes de propriétés mécaniques et physiques afin de rendre les blocs de sol comprimés stabilisés dans de bonnes caractéristiques

Notre problème a été réalisée avec l'ajout au sol de déchets plastiques recyclés dans une gamme de 5% à 15% avec un pourcentage de liant de 2% à 4%. Utiliser une teneur en eau optimale pour compacter statiquement les mélanges. Les résultats obtenus montrent que l'ajout de déchets plastiques transformés et de liant donne des matériaux appropriés pour produire des blocs de terre comprimée stabilisée (SCEB) sous différentes pressions, dont la résistance à la compression et à la flexion croissante atteint 3 MPa dans des conditions humides et 1,8 MPa dans des conditions immergées, en plus de la résistance à la flexion variait entre 3 et 4,5 MPa pour les deux conditions à des pressions différentes.

Sur la base de ces résultats, en utilisant du sol local avec des déchets plastiques transformés et des liants, des blocs de terre comprimée peuvent être stabilisés comme matériaux de construction.

Mots clés

Sol, déchets plastiques transformés, ciment, chaux, pression, propriétés mécaniques, blocs de terre comprimée stabilisée.

Abstract

The availability of local materials in the area of Bordj Bou Arreridj and Setif as soils and waste of plastic and inadvertently valuation of these materials and to contribute to the reduction of constructions costs. We studied this material in terms of mechanical and physical properties in order to make the stabilized compressed blocks of soil in good characteristics

Our investigation was made with addition to the soil transformed waste of plastic in range from 5% to 15% with binder percentage from 2% to 4%. Using optimal water content to compact statically mixtures. The results obtained that addition of transformed waste plastic and binder gave suitable materials to produce stabilized compressed earth blocks (SCEB) under different pressure, which increasing compressive strength and flexural strength reached 3MPa at wet conditions and 1.8MPa at immersed conditions, furthermore the flexural strength ranged between 3 to 4.5 MPa for both condition at different pressure.

Based on this results using local soil with transformed plastic waste and binder can be stabilized compressed earth blocks as construction materials.

Keywords

Soil, transformed plastic waste, cement, lime, pressure, mechanical properties, stabilized compressed earth blocks.

ملخص

توفر المواد المحلية بمنطقة برج بوعرييرج وسطيف كالتراب والنفايات البلاستيكية وتتمين هذه المواد عن غير قصد وللمساهمة في تخفيض تكاليف البناء، قمنا بدراسة هذه المادة من حيث الخواص الميكانيكية والفيزيائية من أجل جعل كتل التربة المضغوطة المستقرة ذات خصائص جيدة تم إجراء بحثنا بإضافة النفايات البلاستيكية المحولة إلى التربة بنسبة تتراوح من 5% إلى 15% مع نسبة رابطة من 2% إلى 4%. استخدام محتوى الماء الأمثل لضغط العينات بشكل ثابت. توصلت النتائج إلى أن إضافة مخلفات البلاستيك تحت ضغط مختلف، مما أدى إلى المواد الرابطة المحولة أعطت مواد مناسبة لإنتاج الكتل الترابية المضغوطة المستقرة في الظروف المغمورة، 3 بالإضافة إلى MPa في الظروف الرطبة و 1.8 MPa زيادة قوة الضغط ومقاومة الانحناء إلى مقاومة الانثناء. تراوحت بين 3 إلى 4.5 ميجاباسكال لكلا الحالتين عند ضغوط مختلفة وبناء على هذه النتائج، يمكن استخدام التربة المحلية مع النفايات البلاستيكية المحولة والمواد الرابطة لتثبيت الكتل الترابية المضغوطة كمواد بناء.

الكلمات المفتاحية

التربة، النفايات البلاستيكية المتحولة، الأسمنت، الجير، اضغط، الخواص الميكانيكية، الكتل الأرضية المضغوطة المستقرة

SOMMAIRES

CHAPITRE I: INTRODUCTION GEIRALE

| | |
|-----------------------------------|---|
| I.1. INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| I.2. Problématique : | 1 |
| I.3. Objectif de travail : | 2 |
| I.4. Structure de mémoire : | 2 |

CHAPITRE II: BIBLIOGRAPHIE

| | |
|---|----|
| II.1 Introduction | 3 |
| II.2 BLOC DE TERRE COMPRIE (BTC) : | 4 |
| II.2.1 Historique | 5 |
| II.2.2 Définitions | 5 |
| II.2.3 Diversités des produits de blocs de terre comprimée | 6 |
| II.3 les déchets de plastique transforme | 7 |
| II.3.1 Types de plastiques et ses déchets recyclés : | 8 |
| II.3.2 Les étapes du recyclage du plastique (PET) | 8 |
| II.3.3 Les avantages et les inconvénients de la matière plastique | 10 |
| II.3.3.1 Avantages des matières plastiques | 10 |
| II.3.3.2 Les inconvénients de la matière plastique : | 11 |
| II.3.3.3 Les avantages du recyclage du pet | 11 |
| II.3.3.4 Les défis liés au recyclage du PET | 12 |
| II.4 résultats des différents déchets dans brique de terre comprimée par des différents du chercheur : | 12 |
| II.5 Conclusion : | 16 |

CHAPITRE III : MATERIAUX ET ESSAI REALISE

| | |
|--|----|
| III.1-INTRODUCTION : | 18 |
| III.2- Matériaux utilisés : | 18 |
| III.2.1- Déchets de plastique : | 18 |
| III.2.1.1- La masse volumique : | 18 |
| III.2.1.2-Analyse granulométrique par tamisage (NF P 94-056) | 20 |
| III.2.2- Le Sol étudié : | 22 |
| III.2.2.1-Essai d'Analyse Granulométrique (NF P 94-056) : | 23 |
| III.2.2. 2-Essai Limites d'Atterberg (NF P 94-051) : | 25 |
| III.2.3-Le ciment : | 28 |
| III.2.4-La chaux: | 29 |
| III.3- Matérielles utilisés : | 29 |
| III.4- Mode opératoire : | 30 |
| III.5- Les essais principaux : | 31 |
| III.5- 1. Résistance à la compression : EN 12390-3 : [03] | 31 |
| Matériels utilisés | 32 |
| III.5-2. Résistance à la flexion : EN 12390-4 : [04] | 32 |
| III.5.2.1. La machine de flexion : | 32 |
| III.5.3. Degré D'absorption d'eau EN1097-6 : [05] | 33 |
| III.6.CONCLUSION : | 34 |

CHAPITRE IV : RESULTAT ET INTERPRITATION

| | |
|---|----|
| IV.1. INTRODUCTION : | 32 |
| IV.2. Résultats des essais : | 33 |
| IV.2.1.1 Influence de 5%, 10% et 15% déchets de plastic en résistance à la compression | 33 |
| IV.2.1.2 Influence de 5% et 10% déchets de plastic avec 2% ciment en résistance a la compression..... | 34 |
| IV.2.1.3 Influence de 5%, 10% déchets de plastic avec 4% ciment en résistance à la compression..... | 35 |
| IV.2.1.4 Influence de 5% et 10% déchets de plastic avec 2% ciment et 2% chaux en résistance à la compression. | 37 |
| IV.2.1.5 Influence de déchets de plastique et ciment on résistance à la compression en fonction de temps | 38 |
| IV.2.2 Résistance à la flexion: | 41 |
| IV.2.2.1 Influence de 5%, 10% et 15% de déchets de plastique en résistance à la flexion. | 41 |
| IV.2.2.2 Influence de 5% et 10% de déchets de plastique avec 2% ciment en résistance à la flexion..... | 42 |
| IV.2.2.4 Influence de 5% et 10% de déchets de plastique avec 2% ciment et 2% chaux en résistance à la flexion. | 44 |
| IV.2.1.4 Influence de déchets de plastique et ciment on résistance à la flexion en fonction de temps | 46 |
| IV.3 Densité Apparent : | 48 |
| IV.4 : Absorbation d'eau | 49 |
| IV.4.1. Influence de diffèrent mélanges dan absorption d'eau de bloc de terre comprimée | 49 |
| VI.5 La porosité..... | 50 |
| IV.6. Conclusion | 51 |
| CHAPITRE V: CONCLISION GENIRALE | |
| V .1.Conclusion générale : | 52 |

LISTES DES TABLEUX

| | |
|---|----|
| Tableau III 1: Résultats des essais de la masse volumique apparente du PT..... | 19 |
| Tableau III 2: Résultats de l'essai de la masse volumique absolue du plastique. | 20 |
| Tableau III 3 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du Plastique..... | 21 |
| Tableau III 4 : Récapitulatif et interprétations de l'analyse granulométrique du plastique. .. | 22 |
| Tableau III 5 : Récapitulatif et interprétations de l'analyse granulométrique du plastique. .. | 24 |
| Tableau III 6 : Type de sol en fonction de IP..... | 26 |
| Tableau III 7: État de consistance du sol en fonction de IC..... | 27 |
| Tableau III 8: résultat de limite d'Atterberg | 27 |
| Tableau III 9: La Teneur en Eau naturelle..... | 28 |
| Tableau III 10: composition chimique et physique de ciment | 28 |
| Tableau III 11 : composition chimique de la chaux | 29 |
| Tableau IV 12: Abréviation des mélanges..... | 32 |

LISTES DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure II 1: Blocs de terre comprimée | 5 |
| Figure II 2: différents formats des BTC | 6 |
| Figure II 3: Des différents déchets de plastique | 7 |
| Figure II 4: Différentes types de plastiques et ses déchets recyclés | 8 |
| Figure II 5: Les étapes du recyclage du plastique (PET)..... | 10 |
| Figure II 6: Variation de la résistance à la compression en fonction du dosage du Ciment pour le mélange 1 à 60j et 70j. | 14 |
| Figure II 7: Taux d'absorption d'eau dans le temps du matériau en terre stabilisée par différents pourcentages en ciment [50] | 14 |
| Figure II 8: Influence de taux de fibre de sisal sur la résistance à la compression..... | 15 |
| Figure II 9: Influence de taux de fibre de sisal sur la résistance à la flexion..... | 15 |
| Figure III 10: Mode opératoire – Masse volumique apparente. | 19 |
| Figure III 11: Appareillage – essai granulométrique..... | 23 |
| Figure III 12: La courbe granulométrique du sol. | 25 |
| Figure III 13: préparation d'échantillons..... | 31 |
| Figure III 14: Essai de compression. | 32 |
| Figure III 15 : Essai de flexion | 33 |
| Figure III 16 : essai d'absorption | 33 |
| Figure IV 17: La résistance à la compression de l'échantillon témoin sans plastique | 33 |
| Figure IV 18: Résistance à la compression du éprouvette S0,S1,S2 et S3 à 28 jours. | 33 |
| Figure IV 19 : Résistance à la compression du 5% et, 10% déchet de plastique avec 2% ciment à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé. | 34 |
| Figure IV 20: Résistance à la compression du éprouvette avec 2% de ciment S0, S4 et S6 à 28 jours à l'état immergé..... | 35 |
| Figure IV 21: Résistance à la compression du éprouvette 5 , 10% déchet de plastique avec 4% ciment à 28 jours : (a) l'état humide , (b) l'état immergé. | 35 |
| Figure IV 22: Résistance à la compression du éprouvette avec 4% de ciment S0,S5 et S7 à 28 jours à l'état humide et immergé..... | 36 |
| Figure IV 23: Résistance à la compression du éprouvette 5, 10% déchet de plastique avec 4% ciment à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé. | 37 |
| Figure IV 24: Résistance à la compression du éprouvette avec 2% de ciment et 2% chaud S0, S8 et S9 à 28 jours a l'état Humide et Immergé..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Figure IV 25: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 3 MPa a L'état humide | 38 |
| Figure IV 26: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 4 MPa a L'état humide | 39 |
| Figure IV27: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 3 MPa a L'état immergé | 39 |
| Figure IV28: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 4 MPa a L'état immergé | 40 |
| Figure IV29 : La résistance à la compression de l'échantillon S0..... | 41 |
| Figure IV30: Résistance à la flexion du éprouvette S0,S1,S2 et S3 à 28 jours. | 41 |
| Figure IV 31: Résistance à la flexion du éprouvette 5, 10% déchet de plastique avec 2% ciment à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé. | 42 |
| Figure IV32: Résistance à la flexion du éprouvette S0,S4 et S6 à 28 jours à l'état humide et immergé..... | 43 |
| Figure IV33: Résistance à la flexion du éprouvette 5 , 10% déchet de plastique avec 4% ciment à 28 jours : (a) l'état humide , (b) l'état immergé. | 43 |
| Figure IV34 : Résistance à la compression de échantillons S0, S5 et S7 à 28 jours à l'état humide et immergé..... | 44 |
| Figure IV 35: Résistance à la flexion 5% et 10% déchet de plastique avec 2% ciment et 2% chaux à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé..... | 44 |
| Figure IV36: Résistance à la compression des échantillons avec 2% ciment et 2% chaux S0, S8 et S9 à 28 jours à l'état Humide et Immergé..... | 45 |
| Figure IV 37: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 3 MPa a L'état humide | 46 |
| Figure IV38: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 4 MPa a L'état humide | 46 |
| Figure IV 39: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 3 MPa a L'état immergée | 47 |
| Figure IV 40: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 4 MPa à L'état immergée | 47 |
| Figure IV 41: La densité apparente à l'état humide et immergé (3MPa) | 48 |
| Figure IV42 : La densité apparente à l'état humide et immergé (4 MPa) | 49 |
| Figure IV43 : Absorbation du mélange a l'état humide(a) et immergé(b) | 49 |
| Figure IV44: Absorbation du mélange a l'état humide-Immergé..... | 50 |

Figure IV 45: Porosité du mélange a l'état humide(a) et immergé(b) 50

Chapitre I

INTRODUCTION GENIRALE

I.1. INTRODUCTION GENERALE

Face à l'augmentation constante de la demande en ressources naturelles et aux impératifs de préservation de l'environnement pour un développement durable, il est de plus en plus essentiel d'investiguer et d'analyser toutes les avenues possibles de réutilisation et de recyclage des déchets et des sous-produits industriels, particulièrement dans le domaine de la construction.

La Brique de Terre Compressée, communément appelée "BTC", est dérivée de l'adobe, l'un des tout premiers matériaux de construction utilisés par l'Homme. Elle se fabrique à partir d'argile tamisée, comprimée encore humide dans une presse mécanique. Une fois démoulée, on la met à sécher naturellement sous abri. Matériau 100 % naturel disponible en quantité à Mayotte et dans le monde entier, la terre crue présente un excellent bilan énergétique. Elle est extraite localement, ses coûts d'exploitation et les trajets de livraison sont réduits au strict minimum. La matière première peut être mélangée à de la chaux et ciment

L'humanité produit des millions de tonnes de plastique chaque année, deux tiers correspondant à des produits à courte durée de vie qui deviennent rapidement des déchets, se déversent dans l'océan et, souvent, se retrouvent dans la chaîne alimentaire humaine.

Ceux-ci sont des contaminants directs, résistants à la décomposition et à l'altération. Leur présence entraîne une pollution environnementale significative et compromet la santé publique en favorisant la propagation de diverses maladies.

Dans cette étude, nous nous pencherons sur l'exploration de l'utilisation des déchets plastiques recyclés afin de fabriquer des briques de terre comprimée dotées de propriétés mécaniques et physiques optimales. L'analyse se concentrera sur l'impact de l'intégration de ces déchets sur les caractéristiques physico-mécaniques et thermiques du matériau nouvellement développé.

I.2. Problématique :

La pollution plastique est l'une des plus grandes préoccupations environnementales de notre époque. On estime des millions de tonnes de déchets plastiques finissent chaque année dans nos océans, causant d'immenses dommages à la vie marine et aux écosystèmes. Pour faire face à cette crise, l'une des solutions clés est le recyclage du plastique il est nécessaire de les réutiliser ou de rechercher les meilleures utilisations pour ces types.

Il est essentiel de favoriser leur recyclage. Dans l'intérêt de notre bien-être et de celui des futures générations, nous optons pour la réutilisation des déchets plastiques dans la fabrication de matériaux de construction (intégrera dans l'industrie de blocs de terre comprimée) .

I.3. Objectif de travail :

L'objectif principal de cette étude est de réutiliser les déchets plastiques recyclés pour résoudre les divers problèmes environnementaux qu'ils engendrent. Cela fait suite à la proposition d'une idée novatrice visant à intégrer ces déchets dans la structure des briques de terre comprimé. Nous avons mené des recherches à la fois théoriques et pratiques dans le laboratoire de génie civil afin de nous assurer de sa conformité aux normes requises dans le domaine de la construction

Nous visons à atteindre les objectifs suivants dans cette étude :

- Découvrir des domaines pour intégrer les déchets plastiques.
- Éliminer la pollution environnementale qui en découle.
- Réduire le coût de production des briques de terre comprimée selon des normes acceptables.

I.4. Structure de mémoire :

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

Le premier chapitre constitue une introduction générale, exposant la véritable motivation de cette recherche. Il présente la problématique et vise à trouver une solution économique, écologique et technique à travers notre travail. Ensuite, nous détaillons les objectifs de notre étude, et enfin, nous décrivons la structure de ce mémoire.

Dans le deuxième chapitre, nous avons effectué une revue de la littérature, explorant les déchets de plastiques dans le monde, ainsi que celui des briques de terre comprimée.

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

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

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

Chapitre II

BIBLIOGRAPHIE

II.1 Introduction

La terre crue a été un matériau de construction utilisé depuis des temps immémoriaux, comme en attestent les habitations traditionnelles présentes dans de nombreuses régions du globe. Cependant, avec l'arrivée des matériaux de construction industriels, son utilisation a été délaissée et largement oubliée, en particulier le béton et l'acier, elle fait aujourd'hui l'objet d'un regain d'intérêt dans les pays en développement comme dans les pays industrialisés. Ce matériau, souvent critiqué pour sa sensibilité à l'eau et sa durabilité limitée, présente aujourd'hui de nombreux avantages pour la construction de logements durables, confortables et économiques dans sa forme actuelle... **(Taallah. B, 2004)**

Les premiers éléments de construction préfabriqués utilisés par l'homme étaient des briques moulées en terre crue appelées "adobes". Les adobes possèdent une structure interne solide. Ils peuvent être employés dans la construction de structures porteuses, pour les cloisons intérieures, ainsi que pour la réparation de diverses techniques de construction en terre et le remplissage des colombages.. Elles représentent une alternative pratique et économique aux anciennes méthodes de remplissage " humides ", répondant ainsi de manière optimale aux exigences modernes tout en utilisant les propriétés du matériau terre Les briques de terre comprimées "BTC", Également porteuses, généralement stabilisées au ciment ou à la chaux sont utilisables sans enduit, en mur extérieur. Les briques crues "extrudées" sont des briques conçues pour être cuites, mais retirées de la chaîne de production avant ce processus. Elles sont exclusivement utilisées en intérieur pour la construction de murs de refend, de cloisons et de parois non soumises à des charges statiques importantes.. Comme les adobes et les BTC, grâce à leur forte densité, elles servent d'accumulateur thermique : elles absorbent l'énergie solaire pendant la journée et la restituent plus tard. Ces matériaux sont mis en œuvre selon les techniques de maçonnerie traditionnelles. La fabrication des adobes, des briques extrudées et du mortier de terre nécessite peu d'énergie et respecte l'environnement **(Guettala .A, 2005)**

II.2 BLOC DE TERRE COMPRIME (BTC) :

La construction d'un mur composé de différents matériaux pour isoler les maisons et les bâtiments de l'extérieur est une pratique courante dans l'industrie de la construction. Ce mur, souvent appelé mur extérieur ou mur de façade, joue un rôle crucial dans la protection et le confort des occupants de la structure. Voici quelques points clés sur ce mur :

- **Fonction d'isolation thermique :** Le principal objectif de ce mur est d'assurer une isolation thermique adéquate, c'est-à-dire de réduire les pertes de chaleur en hiver et de maintenir la fraîcheur en été. Pour cela, différents matériaux isolants peuvent être utilisés, tels que la laine de roche, la laine de verre, le polystyrène expansé, ou même les blocs de terre comprimée comme mentionné précédemment.
- **Protection contre les intempéries :** Le mur extérieur agit comme une barrière de protection contre les intempéries telles que la pluie, la neige, le vent et le soleil. Les matériaux utilisés doivent être capables de résister à ces conditions climatiques et de protéger l'intégrité structurelle de la maison ou du bâtiment.
- **Isolation acoustique :** En plus de l'isolation thermique, le mur extérieur peut également jouer un rôle dans l'isolation acoustique en atténuant les bruits extérieurs indésirables. Certains matériaux, comme les panneaux de fibres de bois, sont particulièrement efficaces pour absorber et atténuer le bruit.
- **Aspect esthétique :** Le mur extérieur contribue également à l'esthétique globale de la maison ou du bâtiment. Il peut être revêtu de différents matériaux de finition, tels que le bois, la brique, le béton décoratif, ou même des revêtements en terre cuite, pour créer l'apparence souhaitée et correspondre au style architectural.

Les blocs de terre comprimée peuvent en effet être utilisés comme l'un des matériaux pour la construction de ce mur d'isolation extérieure. Ce type de blocs offre plusieurs avantages en termes d'isolation thermique et acoustique, ainsi que de durabilité et de durée de vie des bâtiments. De plus, les blocs de terre comprimée peuvent être une option écologique et durable, surtout s'ils sont fabriqués à partir de matériaux locaux et renouvelables. En les utilisant dans la construction des murs extérieurs, on peut créer des bâtiments qui sont à la fois efficaces sur le plan énergétique et respectueux de l'environnement.

II.2.1 Historique

Le Bloc de Terre Comprimée (BTC) est une avancée de la technique traditionnelle de la terre moulée ou adobe. L'idée de compacter la terre pour en améliorer la résistance semble avoir émergé au XVIIIe siècle. À cette époque, les premiers BTC étaient fabriqués en comprimant manuellement la terre dans un moule en bois. Ce n'est qu'à partir des années 1950 que les premières presses pour BTC sont apparues. La Cinva-Ram a été la première presse manuelle développée en 1952 par Raul Ramirez à Bogota. (Mango-Itulamy, L. A. (2019).).

II.2.2 Définitions

Les blocs de terre comprimée, sont une évolution moderne du bloc de terre moulée ou de l'adobe. Ils constituent une amélioration considérable de la technique de construction traditionnelle. L'idée de compacter la terre pour améliorer la qualité et la résistance des blocs de terre moulée est ancienne. C'est à l'aide de pilons en bois que les premiers blocs de terre comprimée ont été fabriqués. Aujourd'hui, des presses manuelles, mécaniques et hydrauliques sont utilisées pour améliorer la qualité du matériau. Les blocs de terre comprimée ont une forme régulière et de sautes vives. (BENHAOUA, W(2021))



Figure II 1: Blocs de terre comprimée

II.2.3 Diversités des produits de blocs de terre comprimée

Aujourd'hui, le marché accueille une large gamme de produits de terre comprimée (Houben, 2006) (voir figure):

➤ **Blocs pleins**

Ils sont principalement de forme prismatique (parallélépipèdes, cubes, hexagones multiples, etc.). Leur usage est très varié.

➤ **Blocs creux**

On Généralement, une proportion de 15 % de creux est observée, mais avec des méthodes plus sophistiquées, ce chiffre peut atteindre 30 %. Les vides créés à l'intérieur des blocs améliorent l'adhérence du mortier tout en allégeant les blocs. Certains blocs perforés permettent également la réalisation de chaînages (coffrage perdu).

➤ **Blocs alvéolaires**

Ils présentent l'avantage d'être légers mais exigent des moules assez sophistiqués ainsi que des pressions de compression plus forte que la normale.

➤ **Blocs à emboitements**

Ils Ils peuvent éventuellement éliminer le besoin de mortier, mais cela nécessite des moules assez sophistiqués et généralement des pressions de compression plus ou moins élevées.

➤ **Blocs parasismiques**

Leur forme améliore leur comportement parasismique ou permet une meilleur intégration de systèmes structuraux parasismiques : chaînage par exemple.

➤ **Blocs spéciaux**

Les blocs sont fabriqués exceptionnellement pour une application spécifique.



Figure II 2: différents formats des BTC

II.3 les déchets de plastique transforme

Il est indéniable que le plastique est devenu un élément omniprésent dans nos vies modernes, mais sa gestion en fin de vie pose de sérieux défis. En effet, sa faible biodégradabilité et la complexité de son recyclage en raison de la diversité des types de plastique représentent des obstacles majeurs à une solution durable.

La gestion des déchets plastiques nécessite une approche holistique, allant de la réduction à la source à l'encouragement du recyclage et de la valorisation. Le tri sélectif est crucial, mais il est souvent entravé par la difficulté à identifier et à séparer les différents types de plastique.

Le recyclage des plastiques présente également des défis économiques, en raison notamment du faible coût des matières premières vierges issues du pétrole. Pour encourager le marché des plastiques recyclés, des incitations économiques et des réglementations peuvent jouer un rôle crucial.

Cependant, des progrès sont réalisés dans le domaine du recyclage des plastiques, notamment grâce à des innovations technologiques qui permettent de traiter une plus grande variété de plastiques et d'améliorer leur qualité pour les applications futures. Il est également crucial de sensibiliser le public et de déployer des efforts visant à réduire l'utilisation de plastique à usage unique afin de diminuer la quantité de déchets plastiques produits.

En somme, la gestion des déchets plastiques nécessite une approche multidimensionnelle impliquant la collaboration entre gouvernements, industries, et citoyens pour trouver des solutions viables à long terme.



Figure II 3: Des différents déchets de plastique

II.3.1 Types de plastiques et ses déchets recyclés :

Le code d'identification des résines identifie les plastiques les plus fréquemment utilisés comme emballages, soit 90% des emballages mis en marché. Il s'agit des plastiques pour lesquels la demande est suffisamment élevée pour justifier leur recyclage. Plusieurs types de plastiques, tels que le polycarbonate, l'acrylique et le nylon, sont classés sous le numéro 7.

| Symbole | Nom commun | Usages fréquents | Possibilité de recyclage |
|---|----------------------------|---|--|
|  | Polyéthylène Téréphtalate | Bouteilles d'eau et de boissons gazeuses, contenants pour le micro-onde, emballages de médicaments | Recyclable pour produire des bouteilles, des plateaux de repas, des vêtements, des tapis, des pinceaux, etc. |
|  | Polyéthylène haute densité | Bouteilles de laits, de jus, de produits ménagers, de savons, de shampoing, caisses de plastique | Recyclable pour produire des bouteilles, des sacs à poubelles, des équipements de terrains de jeu, etc. |
|  | Polychlorure de vinyle | Pellicule plastique moulantes, jouets souples pour enfants, certaines bouteilles alimentaires, tuyauterie, recouvrement | Recyclable pour produire des tuyaux, des matériaux de construction des bouteilles non alimentaires. |
|  | Polyéthylène basse densité | Emballages de plastiques souples, sacs à ordures, tubes de crème | Recyclable pour fabriquer de nouveaux sacs et films plastiques. |
|  | Polypropylène | Bouteilles et emballages alimentaires réutilisables résistants à la cuisson, mobilier de jardin, pièces moulées | Recyclable en pièces de voiture, plateaux de cafétéria, tapis et fibres géotextiles. |
|  | Polystyrène | Emballages alimentaires, isolants thermiques, ustensiles, tasses à cafés et vaisselles jetables, barquettes d'aliments | N'est pas recyclable à grande échelle au Québec. |
|  | Autres plastiques | Contenants alimentaires, biberons, bouteilles de sports, revêtement de conserves, DVD | Recyclable en équipement électronique, en accessoires automobiles |

Figure II 4: Différents types de plastiques et ses déchets recyclés

II.3.2 Les étapes du recyclage du plastique (PET)

- **Étape 1 – Tri des plastiques par les consommateurs**
 - Le processus débute chez les consommateurs (qu'il s'agisse de particuliers ou d'entreprises) lorsque ces derniers trient leurs déchets plastiques ou décident de les acheminer directement dans un centre de tri.
- **Étape 2 – Regroupement du plastique et premier contrôle qualité**
 - Les déchets sont collectés puis acheminés vers ces installations intermédiaires. Sur place, les plastiques sont triés par type pour les orienter vers les bonnes destinations. Par la suite, les équipes sur place effectuent un contrôle qualité afin d'éliminer les éléments indésirables. Les équipes sur place éliminent les éléments parasites.
- **Étape 3 – Compactage et acheminement vers un centre spécialisé**

- Une fois trié, le plastique est passé dans une presse pour le compacter et faciliter son transport vers les usines spécialisées via camion ou train en général.
- **Étape 4 – Broyage et nettoyage des matériaux**
 - Les usines de recyclage du plastique prennent ensuite le relais et soumettent les "balles" compactées à un broyeur équipé de lames rotatives, transformant ainsi le plastique en petites billes ou en paillettes de couleurs variées. Souvent, le plastique recyclé provient d'emballages divers qui peuvent contenir des étiquettes et de la colle, entre autres. Par conséquent, les billes ou les paillettes de plastique subissent une opération de séparation, suivie par un processus de lavage dans des laveuses utilisant de l'eau chaude et des détergents pour éliminer les impuretés.
- **Étape 5 – Séchage des paillettes**
 - Le recyclage du plastique se poursuit par le séchage des paillettes dès la sortie de leur bain. Cette étape est indispensable pour préparer l'opération de recyclage suivante.
- **Étape 6 – Second contrôle qualité**

Une fois séchées, les paillettes de plastique sont à nouveau examinées dans le but d'identifier toute irrégularité éventuelle, et si nécessaire, de les retirer du lot.
- **Étape 7 – Extrusion et homogénéisation**
 - Le recyclage des plastiques se termine par un passage dans un compartiment à très hautes températures (280 degrés précisément) pour faire fondre les paillettes et constituer un ensemble homogène. Le tout est ensuite modelé selon les demandes des clients : il peut s'agir de plaques, de tubes, de granulés...

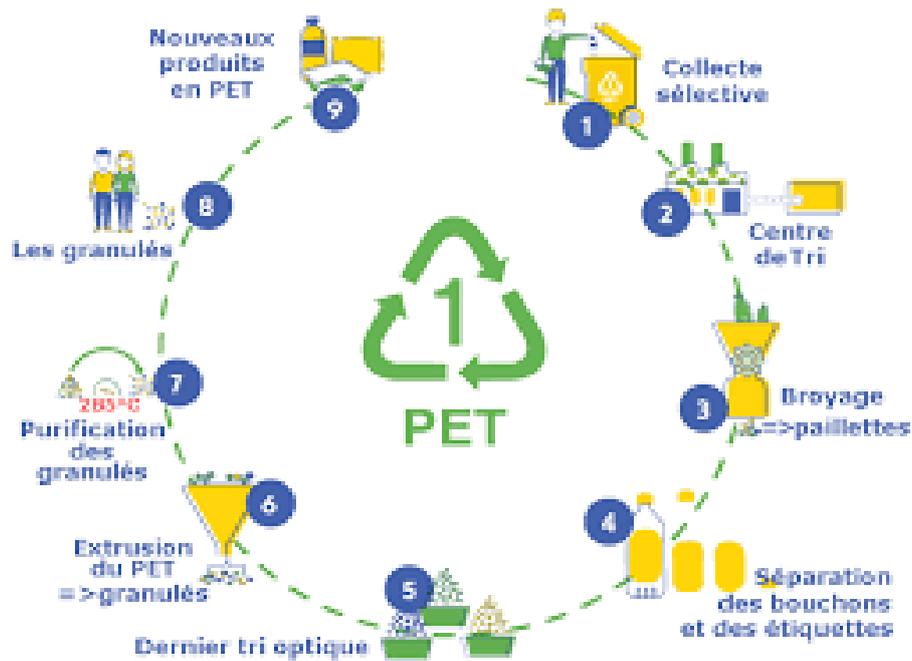


Figure II 5: Les étapes du recyclage du plastique (PET)

II.3.3 Les avantages et les inconvénients de la matière plastique

II.3.3.1 Avantages des matières plastiques

- a) **Polyvalence** : Le plastique peut être fabriqué dans une variété de formes, tailles, couleurs et textures, ce qui le rend adapté à de nombreuses applications différentes, allant des emballages aux pièces automobiles en passant par les appareils électroniques.
- b) **Légèreté** : Comparé à de nombreux autres matériaux, le plastique est généralement léger, ce qui le rend idéal pour les applications où le poids est un facteur critique, comme dans l'industrie automobile et aérospatiale.
- c) **Résistance** : Certains types de plastiques sont très résistants à la corrosion, à l'humidité, aux produits chimiques et à d'autres agents environnementaux, ce qui les rend durables dans diverses conditions.
- d) **Facilité de fabrication** : Le plastique peut être facilement transformé à l'aide de divers processus de fabrication, tels que l'injection, l'extrusion et le moulage par compression, ce qui permet une production rapide et rentable de pièces et de produits.
- e) **Isolation** : Les plastiques sont d'excellents isolants électriques et thermiques, ce qui les rend précieux dans de nombreuses applications, y compris les industries électrique et électronique, ainsi que dans la construction.
- f) **Coût** : En général, le plastique est moins cher à produire que de nombreux autres matériaux, ce qui en fait un choix économique pour de nombreux produits de consommation.

g) Durabilité : Certains plastiques sont très durables et peuvent durer longtemps sans se dégrader, ce qui les rend adaptés à une utilisation à long terme dans diverses applications.

II.3.3.2 Les inconvénients de la matière plastique :

a) Pollution : La pollution plastique est un problème majeur. Les plastiques à usage unique, en particulier, contribuent à la pollution des océans et à la détérioration de l'environnement.

b) Non-biodégradabilité : La plupart des plastiques ne se décomposent pas naturellement, ce qui signifie qu'ils peuvent rester dans l'environnement pendant des centaines voire des milliers d'années.

c) Dépendance au pétrole : La production de plastique dépend largement des combustibles fossiles, principalement du pétrole. Cela soulève des préoccupations environnementales et économiques liées à l'exploitation de ces ressources limitées.

d) Danger pour la santé : Certains plastiques contiennent des produits chimiques potentiellement nocifs, comme les phtalates et les bisphénols, qui peuvent migrer dans les aliments et les boissons, posant ainsi des risques pour la santé humaine.

e) Difficulté de recyclage : Le recyclage des plastiques peut être complexe en raison de la diversité des types de plastique, de leur composition et de la nécessité de les séparer correctement pour garantir la qualité des matériaux recyclés.

II.3.3.3 Les avantages du recyclage du pet

Le recyclage empêche les plastiques d'être incinérés, d'être envoyés dans les décharges ou de se retrouver dans les océans en tant que déchets marins. Cette importance est accentuée par l'augmentation de la pression gouvernementale sur la législation en la matière.. En 2025, 50% de tout le plastique doit être recyclé en Europe (**Leeuw, A. (2019)**).. Il est vrai que revoir la conception des produits en plastique ainsi que leurs emballages pourrait ouvrir des voies significatives vers une meilleure recyclage.

Le PET recyclé (rPET) est aussi performant que le PET vierge et sa production nécessite beaucoup moins d'énergie. Les émissions de CO2 sont également réduites de 50%.

Le recyclage réduit la demande de pétrole brut et de gaz naturel et réduit les émissions des incinérateurs.

Les applications du plastique recyclé, notamment du rPET (polyéthylène téréphtalate recyclé), se diversifient rapidement : bouteilles, feuilles, vêtements, et bien d'autres produits encore bénéficient de cette matière recyclée.

Le recyclage du plastique crée des emplois et contribue à stimuler l'innovation en matière de recyclage.

Le recyclage chimique a le potentiel de rendre les plastiques recyclables à l'infini sans aucune perte de performance.

II.3.3.4 Les défis liés au recyclage du PET

Le recyclage des emballages en PET noir reste un défi en raison de l'utilisation répandue du noir de carbone, ce qui les rend invisibles pour les systèmes de tri conventionnels. Cependant, une solution innovante a émergé pour surmonter cet obstacle : Sort. Ce système permet le tri sélectif du PET noir, offrant ainsi une voie de recyclage pour ces emballages auparavant difficilement traitables.

Les emballages en PET, tels que les bouteilles opaques blanches utilisées pour le lait UHT, peuvent poser des problèmes de recyclage en raison de leur contenu élevé en dioxyde de titane (TiO₂), ce qui les rend difficilement détectables lors du tri. Pour remédier à cela tout en préservant la qualité et les propriétés mécaniques, plusieurs solutions de la gamme Holcomer sont disponibles, notamment Circulaire, Thermostretch et Safe White, qui permettent de réduire le taux de TiO₂.

Le recyclage mécanique, qui comprend des étapes telles que le lavage, le déchiquetage et la fusion du plastique usagé, peut entraîner une dégradation de la résistance mécanique du matériau recyclé, notamment du rPET, et parfois une décoloration, souvent sous forme de jaunissement. Pour pallier cette perte de résistance, le processus de recyclage du rPET intègre souvent l'ajout de PET vierge lors de son utilisation ultérieure, ce qui aide à compenser les propriétés mécaniques affaiblies et maintient la qualité du produit final.

II.4 résultats des différents déchets dans brique de terre comprimée par des différents du chercheur :

1- brique de terre comprimée a base de cendre de bois :

Il est constaté que l'augmentation du taux de copeaux de bois a un effet négatif sur la résistance à la compression des briques de terre comprimée. Cela signifie que plus la quantité de copeaux de bois utilisée dans la fabrication des briques est élevée, plus la résistance à la compression des briques est réduite mais il est important de noter que la cendre de bois peut encore avoir d'autres avantages, tels que des propriétés isolantes ou Environnementales, même si elle n'a pas d'effet direct sur la résistance (**ouissm,2023**)

2- construction en brique de terre comprimée et granulats biosources

Ces analyses permettent clairement de proposer une solution intéressante pour la construction d'une habitation saine et durable, avec briques de terre comprimée et les noyaux de *Canarium schweinfurthii* et de coques de noix de *Cocos nucifera* (CNCS). Cependant, l'utilisation du ciment induit un impact environnemental trop important (95%) pour tous les scénarii de construction ; de plus, son utilisation comme stabilisant réduit la recyclabilité des BTC. (Ganou Koungang, B. M. (2021).

3- influence des fibres et des granulats sur les performances mécaniques et la durabilité du btc

Ces étude montrent une augmentation de la résistance a la compression en fonction de l'augmentation de la densité sèche. Autrement dit que, la résistance a la compression et le module de Young diminuent avec l'augmentation de quantité de sol argileux et de fibres (Houssam eddine et Hassan M , 2020)

4-étude du comportement physico-mécanique du bloc de terre comprimée avec fibres végétales

on conclue que la présence des fibres végétales dans la fabrication des blocs de terre comprimée est indésirable, si le critère de choix est la résistance. Mais si le critère de choix est l'isolation thermique, tout en assurant une résistance mécanique modérée meilleure que celle de l'adobe par exemple, alors là on peut procéder à une étude appropriée, en optimisant la teneur en fibres végétales utilisée dans le mélange (Bachir ,2014)

5- effet des ajouts minéraux sur la durabilité des briques de terre comprimée

a cure par vapeur à 24 heures accélère le durcissement des BTC à la chaux et donne des meilleures résistances mécaniques, surtout la résistance en compression humide par rapport au durcissement à l'atmosphère humide à 28 jours. Aussi, les résistances mécaniques des BTC stabilisées par la chaux et curées par vapeur à environ 24 heures sont proches aux résistances mécaniques des BTC curées à 18 mois à l'atmosphère humide. D'après ces résultats, on peut déduire que la cure par vapeur à 75°C des BTC stabilisé par la chaux à 24 heures, est suffisante pour atteindre des résistances maximales (résistance à la traction sèche, résistance à compression sèche et humide). L'addition de petites quantités de la pouzzolane naturelle avec la chaux améliore significativement les propriétés mécaniques et la durabilité : l'absorption totale et capillaire, séchage/mouillage et l'abrasion des BTC curées par vapeur.

Finalement, on a montré l'effet bénéfique des ajouts minéraux (pouzzolane naturelle, poudre de verre et laitier granulé sur les performances mécaniques, et notamment sur la durabilité des BTC stabilisé par la chaux. On peut aussi conclure que les résultats de cette étude pourraient être utiles pour les BTC exposés à des conditions climatiques sévères. (Izemmouren, O. (2016))

6- exemple sur la résistance a la compression en fonction du dosage du ciment (asma, roqiya a, 2022)

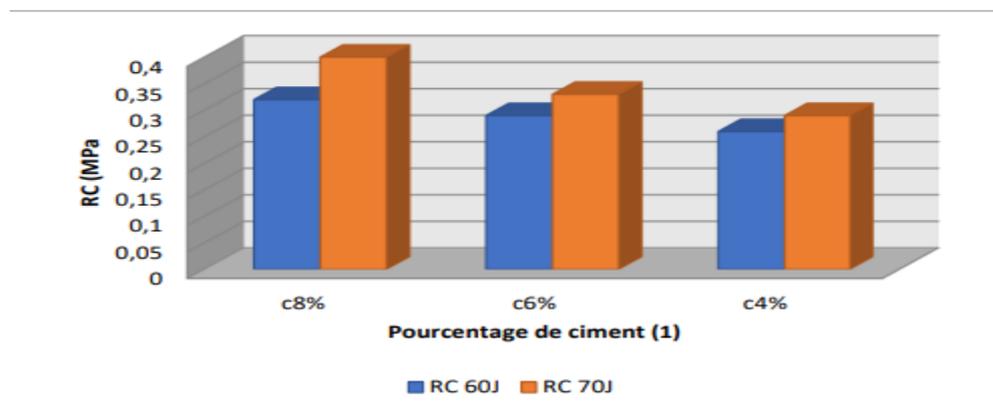


Figure II 6: Variation de la résistance à la compression en fonction du dosage du Ciment pour le mélange 1 à 60j et 70j.

La figure montre que l'ajout de ciment influence la résistance à la compression. Nous pouvons conclure que l'augmentation de la dose de ciment entraîne une augmentation de la résistance, et ce, pour les deux périodes de conservation de 60 jours et 70 jours.

7-taux d'absorption d'eau (abakar, ali ;2018)

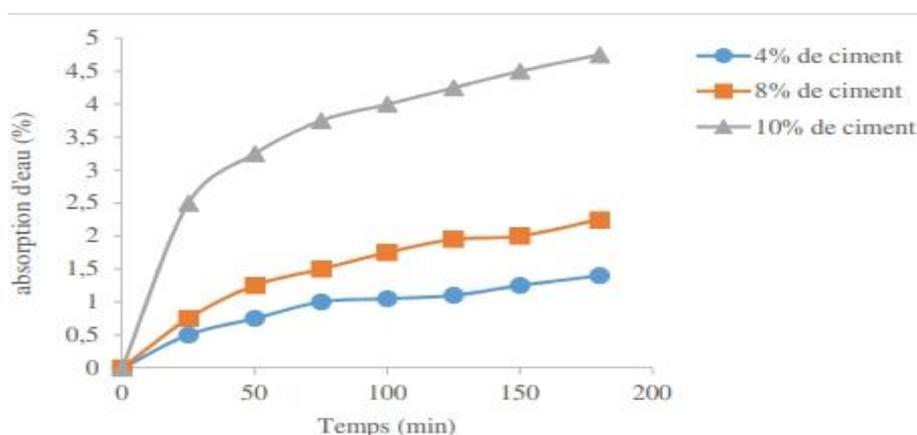


Figure II 7: Taux d'absorption d'eau dans le temps du matériau en terre stabilisée par différents pourcentages en ciment [50]

Les recherches de Meukam [50] indiquent que la stabilisation des matériaux en terre entraîne une amélioration de leur résistance à l'eau. En examinant (voir figure), Meukam [50] a observé une diminution du taux d'absorption d'eau avec l'augmentation du pourcentage de ciment.

8-influence de taux de fibre de sisal la resistance a la compression et a la flexion (abakar, ali ;2018)

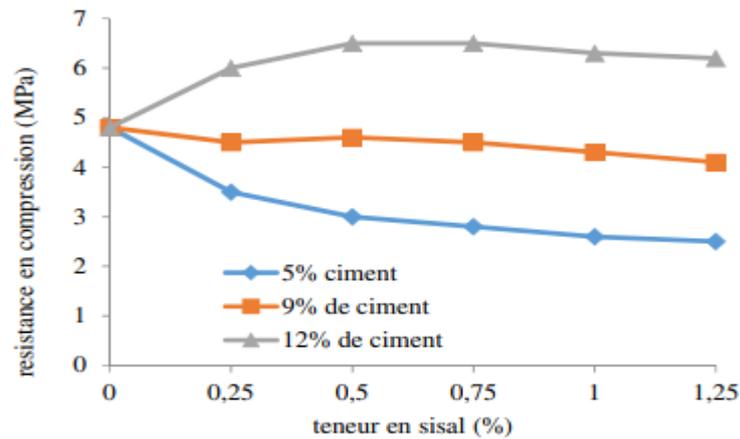


Figure II 8: Influence de taux de fibre de sisal sur la résistance à la compression

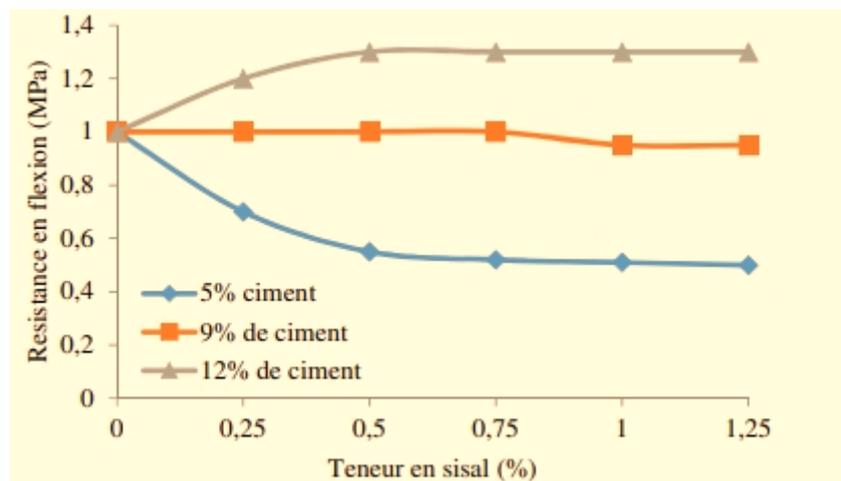


Figure II 9: Influence de taux de fibre de sisal sur la résistance à la flexion

Namango a constaté une augmentation significative de la résistance à la compression et à la flexion au-delà d'un seuil spécifique de fibres de sisal, de poudre de manioc et de ciment. Cependant, en dehors de cette plage, l'ajout de fibres de sisal a un impact négatif sur la résistance des BTC.

II.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique concernant les briques de terre comprimée à base de déchets plastiques, en mettant l'accent sur une généralité de la BTC (brique de terre comprimée) et également sur les déchets plastiques, en particulier le PET. Nous abordons également quelques résultats de chercheurs sur les briques de terre comprimée à base d'autres produits différents, en mettant en évidence leurs contributions et leurs découvertes dans ce domaine.

Nous discutons des résultats de divers chercheurs dans le domaine, en soulignant les avancées significatives, les lacunes de recherche et les opportunités pour de futures études. Cette synthèse bibliographique vise à informer et à inspirer la recherche future dans le domaine des briques de terre comprimée à base de déchets plastiques.

Chapitre III

Matériaux et Essais réalisés.

Chapitre III

III.1-INTRODUCTION :

Pour garantir une recherche professionnelle, il faut -bien sur - garantir toute l'environnement de notre travaille. Donc, dans ce chapitre nous parlons sur les différents détails de recherche.

Premièrement, Nous observons avec une vue d'ensemble les matériaux utilisés avec quelque essai peut être ma donne des remarque et pré évaluation sur le résultat attendu et les matériaux utiliser sont :

-le sol de "Tixter"

-le déchet de plastique d'une usine de "Mezlouge"(en poudre mal graduer)

-la chaux

- la ciment de "Matine".

Deuxièmement, nous observons aussi avec une vue exacte le matérielle utiliser pour faire notre essai avec les normes qui Définir la bonne direction de travail.

III.2- Matériaux utilisés :

III.2.1- Déchets de plastique :

Après avoir déterminé le plastique utilisé, nous trouverons certaines caractéristiques, notamment.

III.2.1.1- La masse volumique : c'est la variation du masse par rapport de volume , et en a deux types

A) Masse volumique apparente (NA EN 1097)

C'est le rapport entre la masse d'un corps et l'unité de volume apparent (y'compris les vides), elle est exprimée en (g/cm^3), dont le principe consiste à remplir un récipient avec le matériau voulu sans compacter puis l'araser et le peser.

A-a-Matériels utilisés

- Une balance avec une précision de 0.01 g.
- Un récipient avec un volume de 5 litres.
- Règle à araser.

➤ A-b -Mode opératoire

- Peser le récipient vide et taré.
- Prendre le matériau (gravier) dans les deux mains formant un entonnoir.

Chapitre III

- Placer les deux mains à hauteur d'environ 10 cm au-dessous de récipient.
- Verser le matériau au centre de récipient jusque qu'il soit rempli et débord au tour.
- Araser avec la règle sans compacter le matériau.
- Peser le contenu et noter la masse M.
- Répéter l'opération 3 fois afin de valider l'essai.

La masse volumique apparente est déterminée par la formule suivante : $\rho_{app} = \frac{M}{V}$

M : Masse du matériau «g»

V : Volume du récipient « cm³».



Figure III 10: Mode opératoire – Masse volumique apparente.

Résultat :

Tableau III 1: Résultats des essais de la masse volumique apparente du PT.

| Masses | M1 | M2 | M3 |
|-----------------|-------|-------|-------|
| M. moule vide | 2729 | 2729 | 2729 |
| M. moule rempli | 4694 | 4685 | 4688 |
| ρ_{app} | 0.655 | 0.652 | 0.653 |
| Moyenne | | 0.653 | |

B) Masse volumique absolue (NF EN 1097)

C'est le rapport entre la masse et l'unité de volume de la matière (g/cm³), qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains.

➤ B-a -Matériels utilisé

- Un pycnomètre.
- Une balance.

➤ B-b-Mode opératoire

Chapitre III

- Remplir d'eau le pycnomètre jusqu'au col
- Placer le bouchon et remplir le pycnomètre jusqu'au trait repère
- Peser l'ensemble M1 Pycnomètre + bouchon + eau
- Peser une masse M2 de granulat
- Vider une partie de l'eau du pycnomètre
- Introduire la masse M2 de granulat dans le pycnomètre
- Chasser les impuretés pour assurer l'étanchéité du bouchon
- Placer le bouchon, introduire l'eau jusqu'au trait repère
- Peser l'ensemble M3 pycnomètre + bouchon + eau + matériau.

Tableau

Tableau III 2: Résultats de l'essai de la masse volumique absolue du plastique.

| | |
|------------------------------------|------|
| Masse pycnomètre vide (M1) | 2729 |
| Masse pycnomètre rempli d'eau (M2) | 4604 |
| M2 + échantillon du pl (M3) | 4685 |
| (M3) + eau ajoutée | 4688 |

$$\rho_s = D_r \times \gamma_w$$

$$D_r = \frac{M_3 - M_1}{(M_2 + M_3) - (M_3 - M_1)}$$

$$\rho_s = 1.178 \text{ g/cm}^3$$

III.2.1.2-Analyse granulométrique par tamisage (NF P 94-056)

A-Appareillage :

- Une série de tamis normalisés avec couvercle et fond pesés préalablement
- Une balance
- Un Tamiseur électrique
- Un Etuve

B-Mode opératoire :

1. Préparer les tamis d'ouvertures nécessaire
2. Peser ces tamis vide

Chapitre III

3. Dresser la colonne des tamis de telle manière que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers le haut. le fond étanche et le couvercle sont disposés respectivement en bas en haut de la colonne.
4. Peser deux kilogramme de sol
5. Verser le sol en haut de colonne de tamis puis fermer le couvercle
6. Procéder manuellement puis automatiquement à l'agitation de la colonne pendant environ 5 min.

7-Peser les tamis avec les refus partiels en commençant par le tamis supérieur (la masse perdue lors du tamisage ne doit pas dépasser 1% de la masse de la prise).

Tableau III 3 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du Plastique.

| TamisØ (mm) | P.Tamis Vide (g) | P.Tamis Rempli (g) | Refus Partiel (g) | Refus Cumulé (g) | Rufus Cumulé (%) | Tamisat en (%) |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 2.00 | 541 | 652 | 112 | 112 | 9.33 | 90.67 |
| 1.60 | 508 | 669 | 162 | 274 | 22.83 | 77.17 |
| 1.25 | 473 | 640 | 167 | 441 | 36.75 | 63.25 |
| 0.800 | 472 | 742 | 270 | 711 | 59.25 | 40.75 |
| 0.630 | 470 | 595 | 125 | 836 | 69.66 | 30.34 |
| 0.400 | 432 | 624 | 192 | 1028 | 85.66 | 14.34 |
| 0.250 | 420 | 538 | 118 | 1146 | 95.5 | 4.50 |
| 0.200 | 427 | 445 | 18.0 | 1164 | 97.0 | 3.00 |
| 0.125 | 388 | 417 | 29.0 | 1193 | 99.42 | 0.580 |
| 0.080 | 407 | 409 | 2.00 | 1195 | 99.58 | 0.410 |
| Fond | 375 | 380 | 5.00 | 1200 | 100 | 0.00 |

Chapitre III

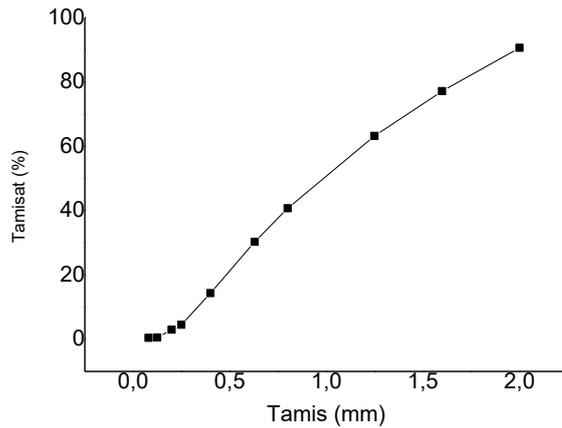


Figure III 11 : courbe granulométrique de plastique

Donc :

Le résultat dans le tableau suivant :

Tableau III 4 : Récapitulatif et interprétations de l'analyse granulométrique du plastique.

| Matériau | Diamètres efficaces (mm) | Cu | Cc | Interprétations |
|----------|----------------------------------|------|------|--|
| PT | D60=1.17 D30=0.62 D10=0.38 | 3.60 | 1.02 | Sable de caractère étalé ; répartition uniforme des grains (industriel). |

Avec :

Cc = Coefficient de courbure

Cu = Coefficient d'uniformité

III.2.2- Le Sol étudié :

Dans notre étude on a choisi des matériaux D'ans un ferme dans la sortie de **TIXTER**, La commune de la région Aïn Taghrout de Bordj Bou Arreridj.

Et pour connaître les caractéristiques du sol utiliser dans nos expérimentations, nous avons réalisé les essais suivants :

Chapitre III

III.2.2.1-Essai d'Analyse Granulométrique (NF P 94-056) :

A-But de l'essai :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.



Figure III 11: Appareillage – essai granulométrique.

Tableau III 4. Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du sol.

| TamisØ (mm) | P.Tamis Vide (g) | P.Tamis Rempli (g) | Refus Partiel (g) | Refus Cumulé (g) | Rufus Cumulé (%) | Tamisat en (%) |
|----------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 5.00 | 546 | 696 | 150 | 150 | 15.0 | 85 |
| 4.00 | 559 | 606 | 47.0 | 197 | 19.7 | 80.3 |
| 3.15 | 559 | 617 | 58.0 | 255 | 25.5 | 74.5 |
| 2.00 | 541 | 643 | 102 | 357 | 35.7 | 64.3 |
| 1.60 | 509 | 567 | 58.0 | 415 | 41.5 | 58.5 |
| 1.25 | 474 | 524 | 50.0 | 465 | 46.5 | 53.5 |
| 0.630 | 472 | 601 | 129 | 594 | 59.4 | 40.6 |
| 0.500 | 461 | 498 | 37.0 | 631 | 63.1 | 36.9 |
| 0.400 | 438 | 470 | 31.0 | 662 | 66.2 | 33.8 |
| 0.250 | 423 | 488 | 65.0 | 727 | 72.7 | 27.3 |
| 0.160 | 417 | 471 | 57.0 | 784 | 78.4 | 21.6 |

Chapitre III

| | | | | | | |
|--------------|-----|-----|------|------|------|-------------|
| 0.080 | 407 | 473 | 66.0 | 850 | 85.0 | 15.0 |
| Fond | 370 | 520 | 150 | 1000 | 100 | 0.00 |

Résultat :

Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre < 2 mm

$$D_{10} = 0,15 \text{ cm}$$

$$D_{30} = 0,65 \text{ cm}$$

$$D_{60} = 1,96 \text{ cm}$$

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1,96}{0,15} = 13,07 > 6$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0,65)^2}{(0,15 \times 1,96)} = 1,44$$

$1 < C_c = 1,44 < 3$, Sol propre bien graduée.

Tableau III 5 : Récapitulatif et interprétations de l'analyse granulométrique du plastique.

| Matériau | Diamètres efficaces (mm) | Cu | Cc | Interprétations |
|----------|----------------------------------|------|------|--|
| Sol | D60=1.96 D30=0.65 D10=0.15 | 13.7 | 1.44 | Sable de caractère étalé ; répartition uniforme des grains (industriel). |

Donc :

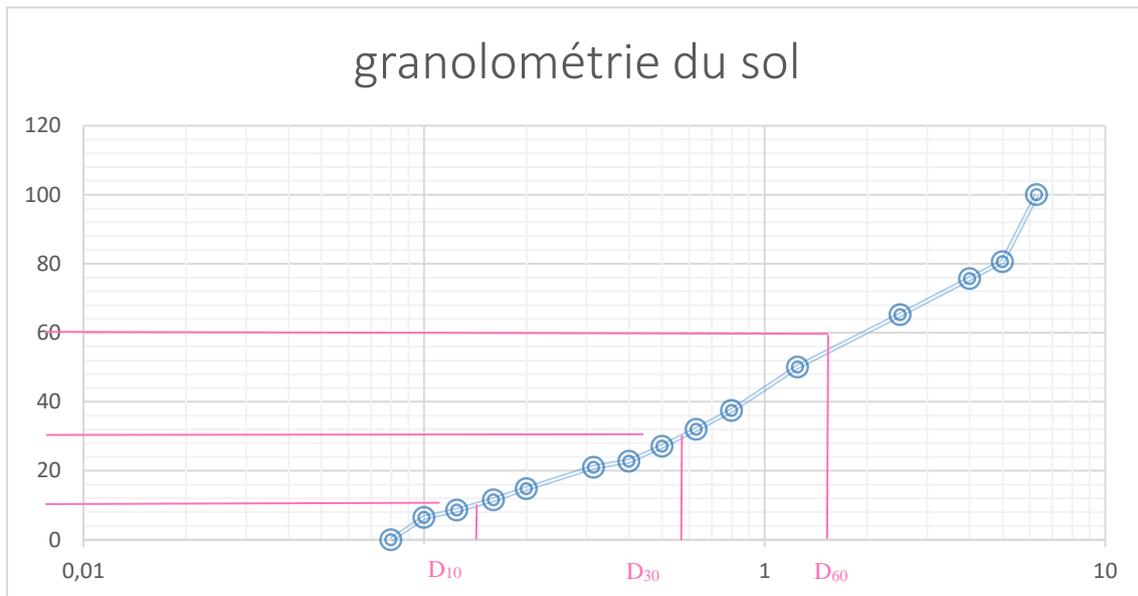


Figure III 13: La courbe granulométrique du sol.

III.2.2. 2-Essai Limites d'Atterberg (NF P 94-051) :

A-But de l'essai :

Déterminer la limite de liquidité WL et la limite de plasticité WP qui sont des teneurs en eau pondérales, caractéristiques du sol. Ces résultats permettent de prévoir le comportement des sols sous l'action des variations de teneur en eau

B-Appareillage :

- Tamis à mailles carrées de 0.4mm d'ouverture ;
- Récipient.

C-Mode opératoire :

C-a-Détermination de la limite de liquidité WL :

1. Prendre environ 200g de sol préalablement tamisé au tamis de 0,4 mm par voie sèche.
2. Malaxer la totalité de la prise de telle sorte à obtenir une pâte quasi homogène et fluide.
3. Mettre en place une partie de la pâte en l'étalant avec une spatule (épaisseur au centre est de 15 à 20 mm).
4. Creuser une rainure dans cette pâte dans l'axe de la coupelle, l'outil étant sensiblement perpendiculaire à celle-ci.
5. Tourner la manivelle, de manière très régulière, à raison de 2 chocs par seconde.

Chapitre III

- Compter le **nombre de coups** nécessaires pour que les deux lèvres se referment sur **1 cm** environ.

C-b-Détermination de la limite de plasticité W_P :

La limite de plasticité W_P est inférieure à W_L . Il faut donc laisser sécher l'échantillon un peu plus. Quand sa teneur en eau est correcte, faire une boulette de mortier grosse comme une noisette (environ 12 mm de diamètre) et en faire un cylindre en la roulant sur la plaque de marbre propre ; lisse et sèche. Ceci se fait à la main, ou en utilisant une plaque plane, par un mouvement alternatif d'environ un aller et retour par seconde.

Par définition, la limite de plasticité est la teneur en eau du cylindre qui se brise lorsque son diamètre atteint 3mm. Cette teneur en eau doit être déterminée immédiatement après le test selon la procédure décrite lors de la détermination de W_L . Le cylindre terminé doit avoir 10 à 15 cm de longueur.

Dans la pratique, procéder ainsi :

- Confectionner le cylindre de 3 mm ;
- S'il se brise avant d'atteindre ce diamètre le matériau est trop sec, il faut alors le remodifier également ;
- S'il ne s'est pas brisé. Le soulever en son milieu de 15 à 20 mm. La limite de plasticité est atteinte si la rupture se produit pendant ce soulèvement. On effectue alors directement la mesure de la teneur en eau W sur le rouleau de sol
- Si la rupture ne se produit pas, laisser le teneur en eau diminuer

L'essai est effectué une deuxième fois. Les teneurs en eau obtenues ne devront pas s'écarter de plus de **2 %** de la valeur moyenne, si non un nouvel essai est à effectuer.

La détermination des limites d'Atterberg permet de calculer les paramètres :

C-Indice de plasticité I_P : Cet indice définit l'étendue du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité

$$I_P = W_L - W_P$$

Tableau III 6 : Type de sol en fonction de I_P .

| Indice de plasticité (%) | Type de sol |
|--------------------------|-----------------|
| < 1% | Pulvérulent |
| 1% < I_P < 7% | Sable argileux |
| 7% < I_P < 17% | Argile sableuse |
| I_P > 17% | Argile |

Chapitre III

Indice de consistance IC : Cet indice prend la teneur en eau W du sol à l'état naturel pour la fraction inférieure à 0.4mm.

$$Ic = \frac{W_l - W}{Ip}$$

Tableau III 7: État de consistance du sol en fonction de IC.

| Indice de consistance | Consistance du sol |
|-----------------------|-----------------------|
| $Ic \leq 0$ | Liquide |
| $0 < Ic < 1$ | Plastique |
| $Ic = 1$ | Solide plastique |
| $Ic > 1$ | Solide ou semi solide |

Tableau III 8: résultat de limite d'Atterberg

| Limite de liquidité (W_L) | limite de plasticité (W_P) | Teneur en eau $W(\%)$ | Indice de plasticité (I_P) | Indice de consistance (I_C) |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 30.37 | 24.05 | 6.38 | 6.32 | 3.80 |

III.2.2. 3 Essai de Teneur en Eau (NF P 94-050)

A-Principe de la détermination de la teneur en eau :

La perte d'eau d'un échantillon de matériau est provoquée par étuvage. Les masses de l'échantillon et de l'eau évaporée sont mesurées par pesage.

B-Appareillage :

- Étuve réglable à 50°C et à 105°C ;
- Balance permettant les pesées avec une incertitude maximale de 1/1000 de la pesée ;
- Des capsules en métal ou boîtes de pétri. Des spatules, une truelle.

C-résultats :

$$\omega (\%) = \frac{Ph-PS}{PS} \times 100$$

Chapitre III

Avec :

ω : teneur en eau

P_h poids de sol humide en (g).

P_s : poids de sol sec en (g).

Tableau III 9: La Teneur en Eau naturelle.

| P_h (g) | P_s (g) | ω (%) |
|-----------|-----------|--------------|
| 100 | 94 | 6.38 |

III.2.3-Le ciment :

Définition du ciment : Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière minérale finement moulue qui mélangée avec l'eau forme une pâte qui fait prise et durcit à la suite du processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Le durcissement de la pâte de ciment est principalement dû à l'hydratation des silicates de calcium. Dans les ciments, les aluminates peuvent également intervenir dans le processus de durcissement. La somme des proportions de l'oxyde de calcium (C a O) et du dioxyde des silicium (SiO_2) réactifs doit être d'au moins 50 % en masse.

La fiche technique du ciment utiliser :

Tableau III 10: composition chimique et physique de ciment

| Designation | CEM-II/B 42.5 N NA 442 MATINE | |
|---------------------|--|---------------------|
| Physical properties | Normal consistency of the cement paste | 25-28.5 |
| | Blaine fineness | 4160-5270 $\mu m/m$ |
| | Initial setting | 135-190 min |
| | End setting | 190-285 min |
| | Shrink at 28 days | < 1000 $\mu m/m$ |
| | Expansion | 0.25-2.55 mm |
| | Compressive strength at 28 days | ≥ 42.5 MPa |
| | Chemical composition | |

Chapitre III

| | | |
|--|---------------------|------------|
| | Loss on ignition | 7 -12.5% |
| | Soluble residues | 0.7-2% |
| | Sulfates | 2-2.7% |
| | Magnesium oxide | 1-2.2% |
| | Chlorides | 0.01-0.05% |
| | Tricalcic silicates | 55-62% |
| | Alkalis | 0.5-0.75% |

III.2.4-La chaux:

Définition :

La chaux est obtenue à partir d'un calcaire très pur, qui, porté à une température d'environ 1000 degré, et suite à une réaction chimique se décompose en chaux vive (CAO) et en gaz carbonique.

Tableau III 11 : composition chimique de la chaux

| Chemical composition | (%) |
|--------------------------------|------------|
| CaO | >83.3 |
| MgO | <0.5 |
| Fe ₂ O ₃ | <2 |
| Al ₂ O ₃ | <1.5 |
| SiO ₂ | <2.5 |
| SO ₃ | <0.5 |
| Na ₂ O | 0.4 -0.5 |
| CO ₂ | <5 |
| CaCO ₃ | <10 |

III.3- Matérielles utilisés pour la préparation du BTC:

- Des éprouvettes (10*10*10) et (4*4*16) .
- Presse hydraulique
- barre de piquage.
- Balance.
- Bages d'eau

Chapitre III

III.4- Mode opératoire :

- On prépare la quantité de matière suivant : Sol, déchets de plastique, ciment, chaud et l'eau de gâchage
- On passe le sol sur le Tammie de 5mm et les déchets de plastique sur le Tammie de 2mm
- On prépare le moules utiliser, 10*10*10 pour la compression et 4*4*16 pour flexion
- Mettez les ingrédients dans le paquet selon l'essai Mettez les ingrédients dans le paquet selon l'expérience que nous ferons et mélangez bien pour assurer l'homogénéité, puis ajoutez de l'eau et mélangez bien à nouveau que nous ferons et mélangez bien pour assurer l'homogénéité, puis ajoutez de l'eau et mélangez bien
- Nous mettons le sol obtenu dans le moule correspondant à l'expérience. Et nous pressons indirectement à l'aide de la pompe hydraulique dans une seule couche. pour ça en utilise un autre moule Au-dessus du notre moule
- En araser pour la scie le sol resté
- Nous stockons nos pièces dans un sac en plastique pour nous assurer que l'eau n'est pas perdue dans notre éprouvette
- Après 24 heures démouler les éprouvettes et les dirigez-la vers l'expérience correspondante
- Après cela, nous conservons les échantillons :
 - ➡ Conserver l'éprouvette a l'état immergé dans une bag d'eau
 - ➡ Conserver les éprouvette humide dans des sacs pour éviter l'évaporation de l'eau de gâchage, avec aspergeant d'eau tous les trois jours



Figure III 14: préparation d'échantillons

III.5- Les essais principaux :

III.5- 1. Résistance à la compression : EN 12390-3 : [03]

L'essai consiste à rompre entre les plateaux d'une presse hydraulique de capacité 3000KN à une vitesse constante (0.5KN/S) des moules des hourdis. Celles-ci doivent être bien centrées entre les plateaux, afin d'éviter l'apparition des moments dus à l'excentricité de la charge de compression. On calcule la résistance à la compression par la relation :

$$R_c = F/S$$

R_c: Résistances a la compression (MPa)

F : La charge de rupture (N)

S : Section de l'éprouvette (mm²)



Figure III 12: Essai de compression.

Matériels utilisés

En ce qui concerne le matériel on aura comme suit :

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

III.5-2. Résistance à la flexion : EN 12390-4 : [04]

III.5.2.1. La machine de flexion :

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

A-Principe :

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

B-Expression des résultats :

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

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

Où :

R_f: est la résistance en flexion, en méga pascals (newtons par millimètre carré).

F : est la charge maximale, en newtons ;

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

d₁ et **d₂** : sont les dimensions latérales de l'éprouvette, en millimètres.

Exprimer la résistance en flexion au 0,05MPa (N/mm²) le plus voisin

C-Matériels utilisés :

- Éprouvette (4*4*16 cm³).
- Balance électronique.

Chapitre III

- Presse hydraulique (essai d'écrasement des moules- flexion).

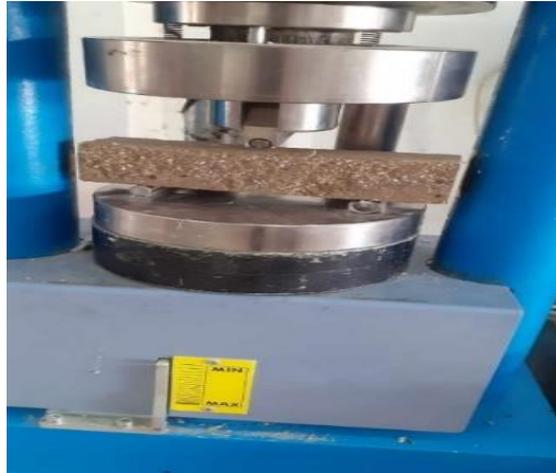


Figure III 13 : Essai de flexion

III.5.3. Degré D'absorption d'eau EN1097-6 : [05]

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

$$A (\%) = [(MH - MS) / MS].100$$

MH : La masse du matériau sature d'eau en (g).

MS : La masse du matériau sec en (g).



Figure III 14 : essai d'absorption

A-Matériels utilisés :

Chapitre III

En ce qui concerne le matériel on aura comme suit :

- Éprouvettes cubiques 10×10×10 cm³.
- Balance électronique.
- Bac (pour eau).
- étuve électrique (à température réglable 105 C°).

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

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

III.6.CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons vu le matériau utilisé avec les propriétés les plus importantes qu'il possède, telles que le sol et ses propriétés, le plastique et ses propriétés, le ciment et le chaud. En plus de mode opératoire de essai.

Nous avons aussi présenté les que nous devrions faire. Compression, flexion, absorption et porosité avec la norme.

Chapitre IV

Résultats et Interpretation

Chapitre IV

IV.1. INTRODUCTION :

Les caractéristiques de très nombreuses variétés de terre peuvent être améliorées grâce à l'ajout de stabilisants. La stabilisation consiste donc à modifier les caractéristiques d'une terre en vue de l'améliorer. Elle induit des processus de modification qui agissent directement sur le système terre-eau-air et permet l'obtention des propriétés permanentes qui peuvent convenir à une ou des applications particulières du matériau terre en construction.

Le principal objectif que l'on poursuit en intervenant sur ces caractéristiques et ces propriétés est l'obtention de meilleures résistances à la compression, flexion, absorption et la porosité à l'état humide et immergée.

Dans ce chapitre, on va présenter l'essai que nous avons fait à bas du sol de, que nous lui avons ajouté de différents pourcentages de déchet de plastique, le ciment et la chaux.

Tableau IV 12: Abréviations des mélanges.

| Échantillons | Mélange |
|--------------|--|
| S 00 | Sol |
| S 01 | Sol+ 05% Plastique |
| S 02 | Sol + 10% Plastique |
| S 03 | Sol+ 15% Plastique |
| S 04 | Sol+ 5% Plastique + 2% Ciment |
| S 05 | Sol+ 5% Plastique + 4% Ciment |
| S 06 | Sol+ 10% Plastique +2% Ciment |
| S 07 | Sol+ 10% Plastique +4% Ciment |
| S 08 | Sol+ 5% Plastique + 2% Ciment +2% Chaux |
| S 09 | Sol+ 10% Plastique +2% Ciment + 2% Chaux |

Chapitre IV

IV.2. Résultats des essais :

IV.2.1 Résistance la compression :

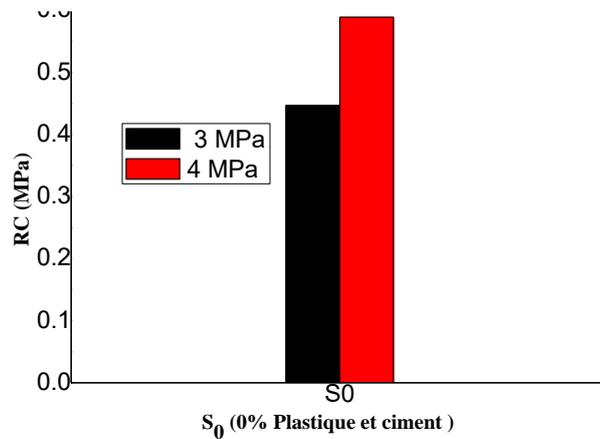


Figure IV 15: La résistance à la compression de l'échantillon témoin sans plastique

-Interprétation:

Dans la Figure IV.17 la résistance à la compression des échantillons témoin sans plastique (S_0) est donne une faible résistance à la compression avec une valeur inferieur à 1MPa.

Notez que la résistance à la compression a augmenté d'environ 33,78% lorsqu'on applique 4MPa par rapport à une pression de 3MPa, ces résultats montrent l'influence de la pression sur les échantillons de sol.

IV.2.1.1 Influence de 5%, 10% et 15% déchets de plastic en résistance à la compression

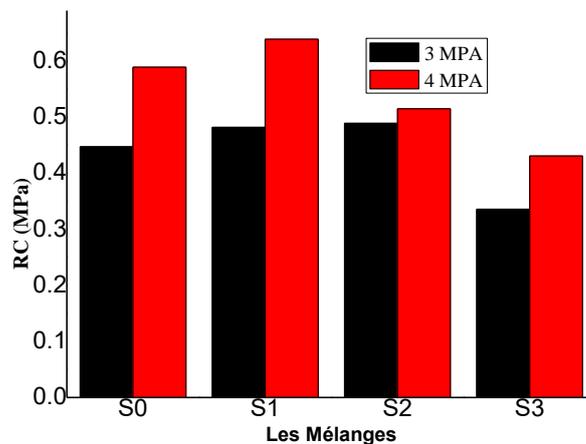


Figure IV 16: Résistance à la compression du éprouvette S_0, S_1, S_2 et S_3 à 28 jours.

-Interprétation:

Dans la Figure IV. 18 a montré que, avec l'ajout de déchets de plastique entre 5 et 15 %, la résistance à la compression augmente entre 7,82 % et 8,48 %, lorsqu'on applique une pression de 3 et 4 MPa respectivement. Nous pouvons également observer que le plastique a eu une influence positive sur le sol dont la résistance a augmenté avec l'ajout de plastique jusqu'à 10 % puis a commencé à diminuer lorsque le plastique a atteint 15 %.

IV.2.1.2 Influence de 5% et 10% déchets de plastic avec 2% ciment en résistance a la compression

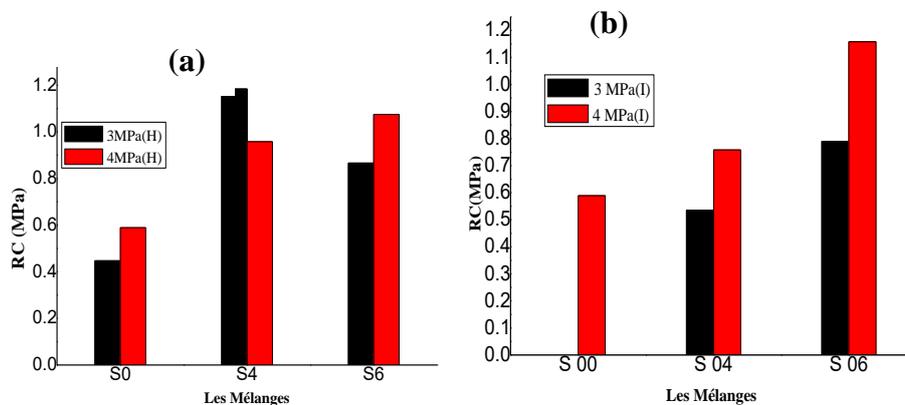


Figure IV 17 : Résistance à la compression du 5% et 10% déchet de plastique avec 2% ciment à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé.

-Interprétation :

La figure IV.19 (a) présente la résistance à la compression des échantillons de sol avec 5 % de déchets plastiques et 2 % de ciment à l'état humide, qui a permis de constater que la résistance à la compression a augmenté entre 62,6 % et 164,8 % à 3 et 4 MPa respectivement. Nous pouvons également observer sur la Figure IV.3 (b) que l'augmentation de la résistance à la compression variait entre 14,7 % et 96,6 %. Nous pouvons également observer que la plupart des échantillons ont une résistance à la compression à une pression de 4MPa supérieure à la résistance à la compression à 3MPa.

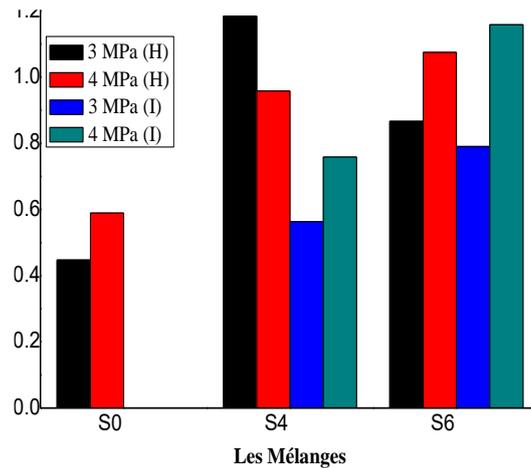


Figure IV 18: Résistance à la compression du éprouvette avec 2% de ciment S0, S4 et S6 à 28 jours à l'état immergé.

-Interprétation :

Il ressort clairement de la figure IV 20 que la résistance à la compression a augmenté d'environ 164 % pour l'échantillon S04 et de 96,6 % pour l'échantillon 06. Ces résultats confirment l'influence positive des déchets de plastique et de ciment. Nous pouvons également observer que la résistance à la compression en condition humide est légèrement supérieure à la résistance à la compression en condition immergée. C'est peut-être l'eau qui a influencé l'hydratation du ciment.

IV.2.1.3 Influence de 5%, 10% déchets de plastic avec 4% ciment en résistance à la compression

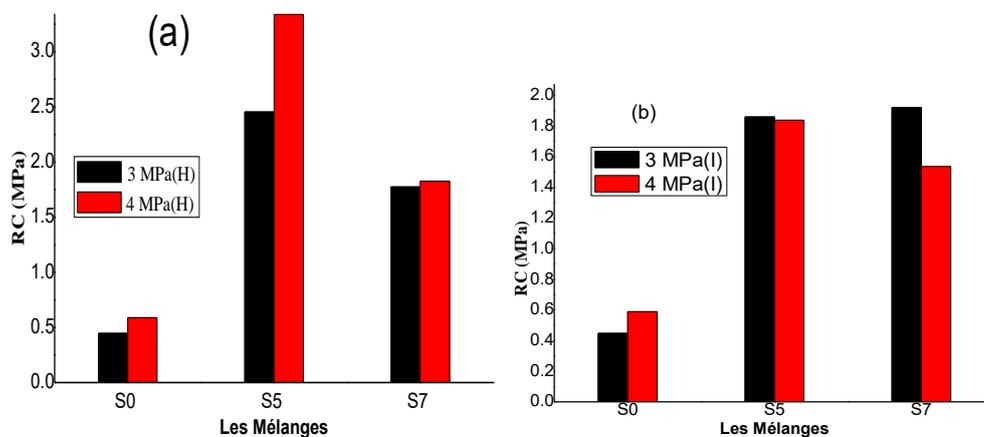


Figure IV 19: Résistance à la compression du éprouvette 5 , 10% déchet de plastique avec 4% ciment à 28 jours : (a) l'état humide , (b) l'état immergé.

-Interprétation :

La Figure IV.21 (a) présente la résistance à la compression des échantillons de sol avec 5% et 10% de déchets plastiques avec 4% de ciment à l'état humide on constate que la résistance à la compression est passée de 296% à 467% à des pressions de 3MPa et 4 MPa respectivement. Nous pouvons également observer sur la figure IV 5 (b) que la résistance à la compression a augmenté de 160,6 % à 315,8 % à une pression de 3 MPa et 4 MPa respectivement. Nous pouvons conclure que l'échantillon composé de 5 % de plastique et de 4 % de ciment a donné la résistance à la compression la plus élevée, atteignant 467 % à l'état humide.

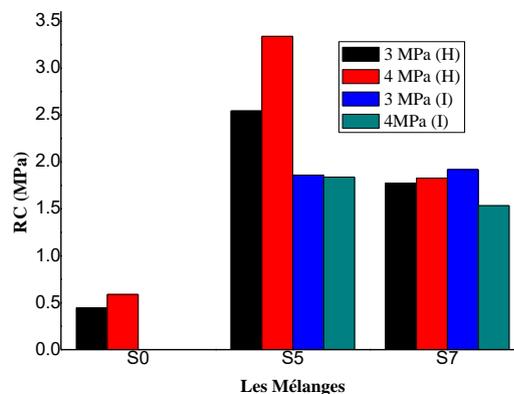


Figure IV 20: Résistance à la compression du éprouvette avec 4% de ciment S0,S5 et S7 à 28 jours à l'état humide et immergé.

-Interprétation :

La Figure IV 22 montre que la résistance à la compression en condition humide est supérieure à la résistance à la compression en condition immergée. Gardez les échantillons dans l'eau, faites l'hydratation du ciment lentement, ce qui a un impact négatif sur la résistance à la compression, mais les résultats montrent que les échantillons conservent leur forme par une résistance minimale.

Chapitre IV

IV.2.1.4 Influence de 5% et 10% déchets de plastique avec 2% ciment et 2% chaux en résistance à la compression.

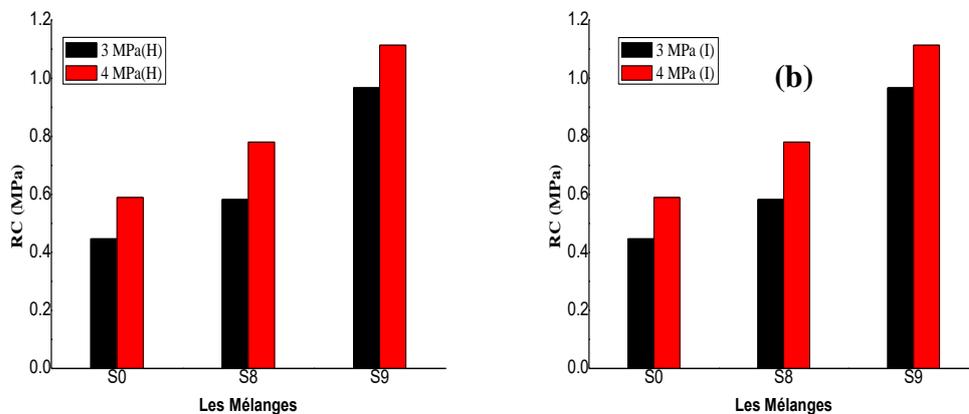


Figure IV 21: Résistance à la compression du échantillon 5, 10% déchet de plastique avec 4% ciment à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé.

-Interprétation :

La Figure IV.23 présente la résistance à la compression des échantillons de sol avec 5% et 10% de déchets plastiques avec 2% de ciment et 2% de chaux, à l'état humide, figure IV.7(a), nous avons noté que la résistance à la compression augmentait entre 117,2 % et 224,3 % à 3 et 4 MPa respectivement. Cependant, à l'état immergé, la résistance à la compression a augmenté entre 84,3 % et 94,2 % à 3 et 4 MPa respectivement.

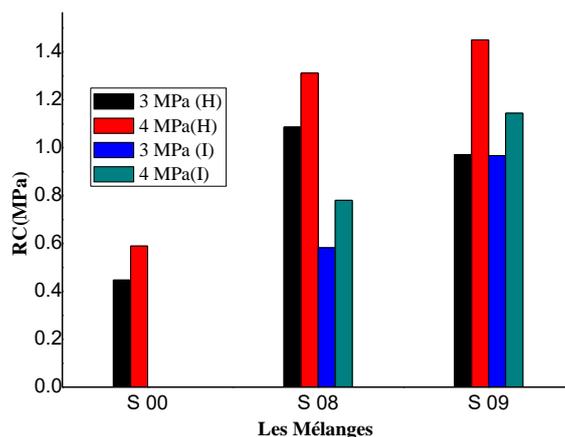


Figure IV 22: Résistance à la compression du échantillon avec 2% de ciment et 2% chaux S0, S8 et S9 à 28 jours à l'état Humide et Immergé

Chapitre IV

À partir de la Figure IV 24 , on peut observer que la résistance à la compression a augmenté d'environ 188,3% pour 5% de déchets de plastique avec 2% de ciment et 2% de chaux et de 146% pour 10% de déchets de plastique avec 2% de ciment et 2%. Comme la plupart des échantillons, la résistance à la compression humide était supérieure à celle immergée. L'utilisation d'un traitement à la chaux donne des résultats un peu inférieurs à ceux des échantillons traités au ciment, car la chaux a besoin de plus de temps pour compléter son hydratation.

IV.2.1.5 Influence de déchets de plastique et ciment on résistance à la compression en fonction de temps

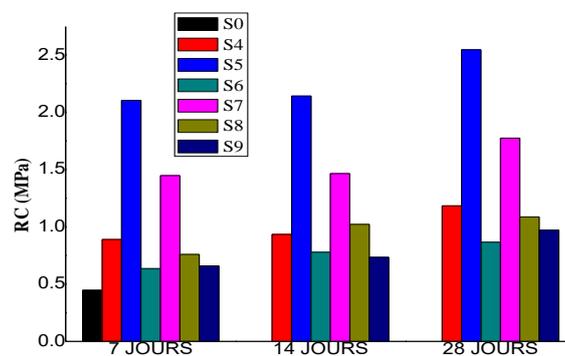


Figure IV 23: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 3 MPa a L'état humide

-Interpretation:

La Figure IV.25 montre la résistance à la compression à 3 MPa à l'état humide. Son utilisation du ciment comme liant illustre clairement l'augmentation de la résistance à la compression en fonction du temps. Approximativement, l'augmentation de la résistance à la compression variait entre 47 % et 378 %. On peut observer également que les échantillons traités avec 4% de ciment ont donné la meilleure résistance à la compression.

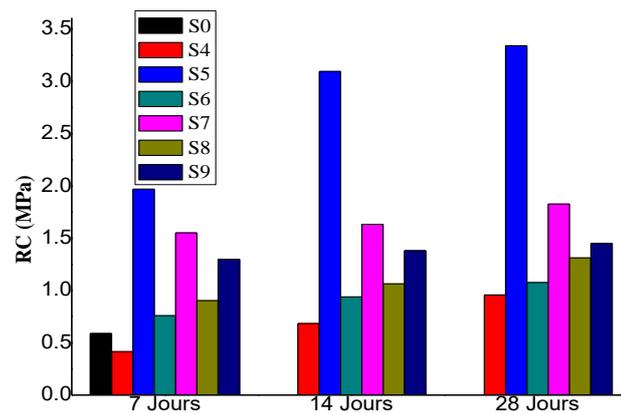


Figure IV 24: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 4 MPa a L'état humide

-Interpretation:

La Figure IV.26 montre la résistance à la compression à 4 MPa à l'état humide. Après un temps de durcissement de 7 jours, la résistance à la compression a augmenté entre 82,5 % et 234,1 %. Après un temps de durcissement de 14 jours, la résistance à la compression variait entre 82,5 et 234,1 %.

Après un temps de durcissement de 28 jours, la résistance à la compression a augmenté d'environ 470 %. Ces résultats confirment que ce matériau est durable, dont la résistance augmente avec le temps.

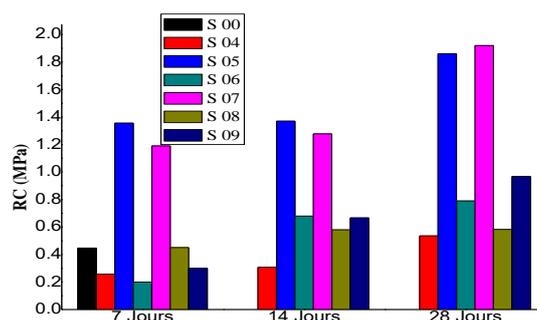


Figure IV25: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 3 MPa a L'état immergé

Chapitre IV

-Interpretation:

La figure IV.27 présente la résistance à la compression à 3 MPa en conditions immergées en fonction du temps. Les résultats montrent que la résistance à la compression augmente avec le temps (7 à 28 jours), le ciment s'effectuant en se liant entre les particules de sol, mais l'impact du compactage, qui réduit les vides. À partir de cette figure, nous pouvons également observer une résistance plus élevée lorsqu'on utilise du plastique avec 4 % de ciment. Ces dosages sont suffisants pour réaliser une matrice rigide.

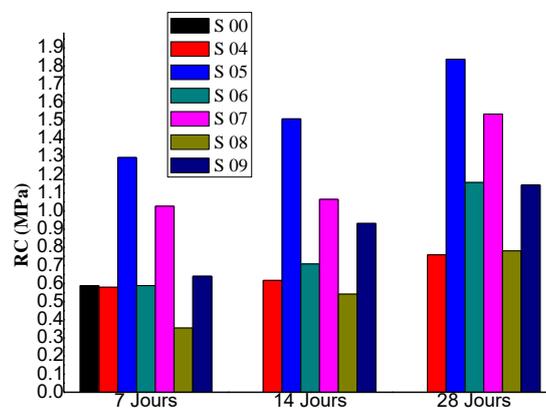


Figure IV26: Comparaison entre les essais de la compression avec pression du 4 MPa a L'état immergé

-Interpretation:

La Figure IV.28 présenté la résistance à la compression à 4 MPa dans des conditions immergées en fonction du temps de durcissement, ce qui compense l'augmentation de la résistance à la compression avec l'augmentation du temps de durcissement. Nous pouvons également observer sur cette figure que les échantillons contenant 5 et 10 % de déchets plastiques et 4 % de ciment ont donné une résistance plus élevée. Cependant, l'ajout de 2 % de ciment avec 2 % de chaux a permis d'obtenir une bonne résistance à la compression.

IV.2.2 Résistance à la flexion:

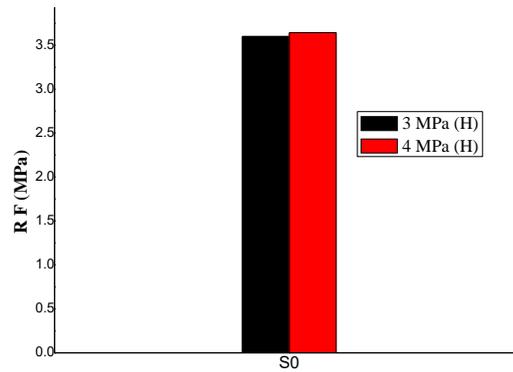


Figure IV27 : La résistance à la compression de l'échantillon S0

-Interpretation:

À partir de la figure IV 29 , nous pouvons observer que la résistance à la flexion en condition humide à 3MPa ou 4 MPa donne une bonne résistance à la flexion, mais ce type de sol, s'il est immergé, laisse tomber la résistance à la compression ou à la flexion à zéro. C'est pourquoi nous utilisons un liant pour stabiliser ce type de sol afin de réaliser des blocs de terre comprimée.

IV.2.2.1 Influence de 5%, 10% et 15% de déchets de plastique en résistance à la flexion.

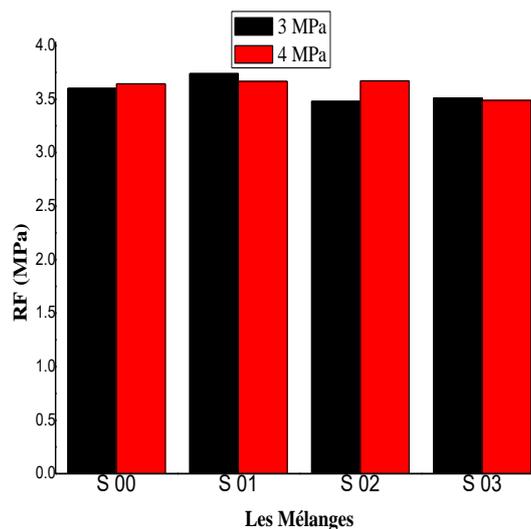


Figure IV28: Résistance à la flexion du éprouvette S0,S1,S2 et S3 à 28 jours.

Chapitre IV

-Interpretation:

D'après la figure IV. 30 a observé que l'ajout de 5 à 15 % de déchets de plastique à un échantillon de sol sous une pression de 3 MPa ou 4 MPa dans des conditions humides donnait presque la même résistance à la flexion. Ces résultats peuvent permettre de conclure que ce type de sol après ajout de déchets de plastique peut produire des blocs de terre comprimée.

IV.2.2.2 Influence de 5% et 10% de déchets de plastique avec 2% ciment en résistance à la flexion.

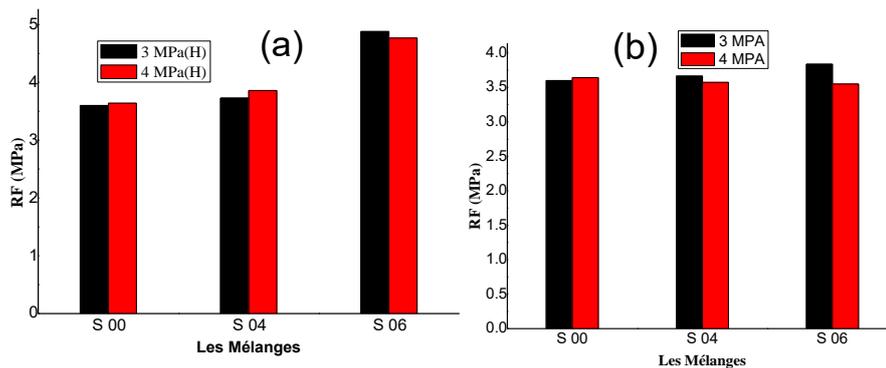


Figure IV 29: Résistance à la flexion du éprouvette 5, 10% déchet de plastique avec 2% ciment à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé.

-Interpretation:

La Figure IV.31 présente la résistance à la flexion des échantillons de sol avec 5% et 10% de déchets plastiques et 2% de ciment, dans la condition (a), on a remarqué que la résistance à la flexion est augmentée de 5,9% à 30,9% à 3 MPa et 4MPa respectivement. Dans l'état immergé (b), la résistance à la flexion augmente entre 2,5 % et 3,3 %.

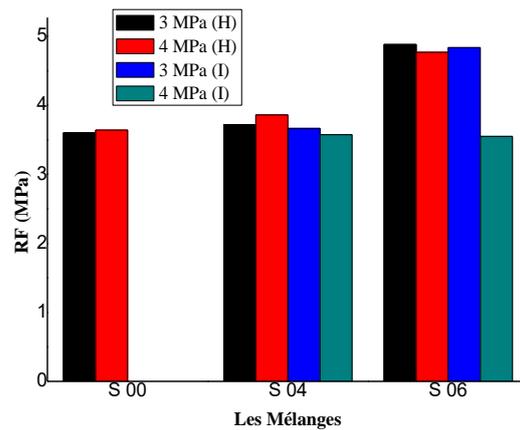


Figure IV30: Résistance à la flexion du éprouvette S0,S4 et S6 à 28 jours à l'état humide et immergé.

-Interpretations

À partir de la figure IV 32, nous pouvons observer que la résistance à la flexion a augmenté d'environ 8,8% pour un mélange de sol avec 5% de déchets plastiques et 2% de ciment. De plus, la résistance à la flexion a augmenté d'environ 35,5% lorsque nous avons ajouté 10% de déchets plastiques avec 2 % ciment. Ces résultats confirment l'influence positive des déchets plastiques et du ciment. Les déchets plastiques remplissent les vides et le ciment se lie entre les particules du sol.

IV.2.2.3 Influence de 5% et 10% de déchets de plastique avec 4% ciment en résistance à la flexion.

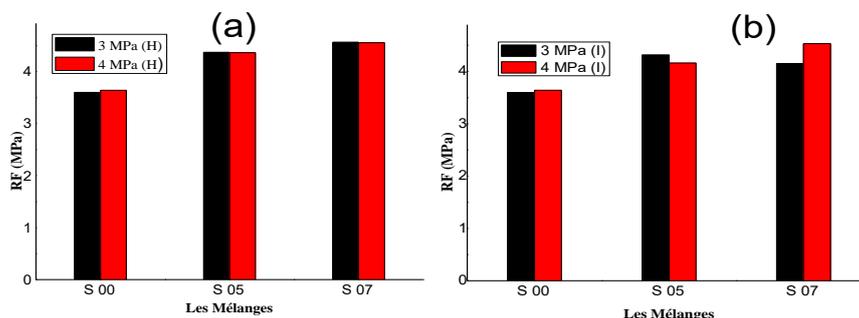


Figure IV31: Résistance à la flexion du éprouvette 5 , 10% déchet de plastique avec 4% ciment à 28 jours : (a) l'état humide , (b) l'état immergé.

Chapitre IV

-Interpretation

La Figure IV.33 présente la résistance à la flexion des échantillons de sol avec 5% et 10% de déchets plastiques et 4% de ciment à l'état humide (a), on remarque que la résistance à la flexion est augmentée de 19,8% à 25% à 3MPa et 4 MPa respectivement. Dans l'état immergé (b), la résistance à la flexion augmente entre 15,3 % et 24,4 %.

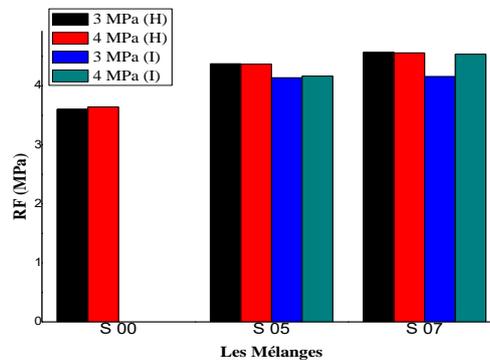


Figure IV32 : Résistance à la compression de échantillons S0, S5 et S7 à 28 jours à l'état humide et immergé.

-Interpretation:

La figure IV.34 présente la résistance à la flexion des échantillons avec 5% et 10% de déchets plastiques avec 4% de ciment en conditions humides et immergées, on peut observer que la résistance à la flexion a augmenté d'environ 19,8% pour S5 et 25% pour S06. L'utilisation de 5 ou 10 % de déchets plastiques avec 4 % de ciment donne presque les mêmes résultats de résistance à la flexion, en raison de la consistance de la composition du mélange.

IV.2.2.4 Influence de 5% et 10% de déchets de plastique avec 2% ciment et 2% chaux en résistance à la flexion.

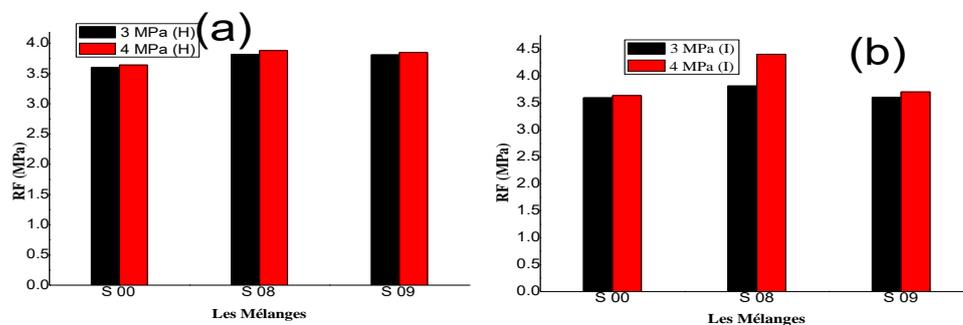


Figure IV 33: Résistance à la flexion 5% et 10% déchet de plastique avec 2% ciment et 2% chaux à 28 jours : (a) l'état humide, (b) l'état immergé.

Chapitre IV

-Interpretation:

La figure IV.35 présente la résistance à la flexion d'un sol avec 5% et 10% de déchets plastiques avec 2% de ciment et 2% de chaux, en condition humide (a), on peut observer que la résistance à la flexion ne change pas beaucoup lorsqu'on applique 3 MPa ou 4 MPa respectivement, mais la résistance à la flexion a augmenté en condition immergée d'environ 21 %.

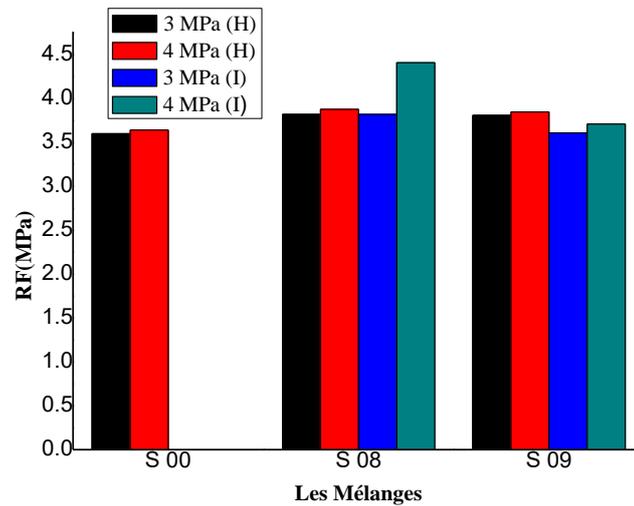


Figure IV34: Résistance à la compression des échantillons avec 2% ciment et 2% chaux S0, S8 et S9 à 28 jours à l'état Humide et Immergé

-Interpretation:

Figure IV.36, on peut observer que la résistance à la flexion a augmenté d'environ 21% pour S08 et 5,7% pour S09. Dans ce cas, les augmentations ont été très faibles, car en utilisant de la chaux dans ces échantillons, cette chaux a besoin de plus de temps pour s'hydrater et se lier entre les particules du sol.

Chapitre IV

IV.2.1.4 Influence de déchets de plastique et ciment on résistance à la flexion en fonction de temps

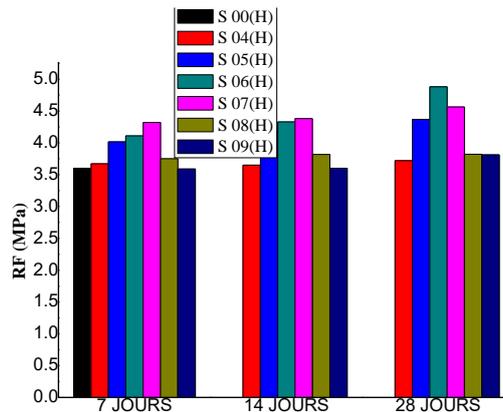


Figure IV 35: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 3 MPa a L'état humide

-Interpretation:

La figure IV.37 montre la résistance à la flexion sous 3 MPa en condition humide. En comparant les résultats de résistance à la flexion entre différents mélanges après un temps de durcissement de 7 jours, nous observons une augmentation de la résistance jusqu'à 20 %. Nous pouvons également observer la résistance à la flexion après un temps de durcissement de 28 jours, la résistance à la flexion a augmenté jusqu'à 32,5 %.

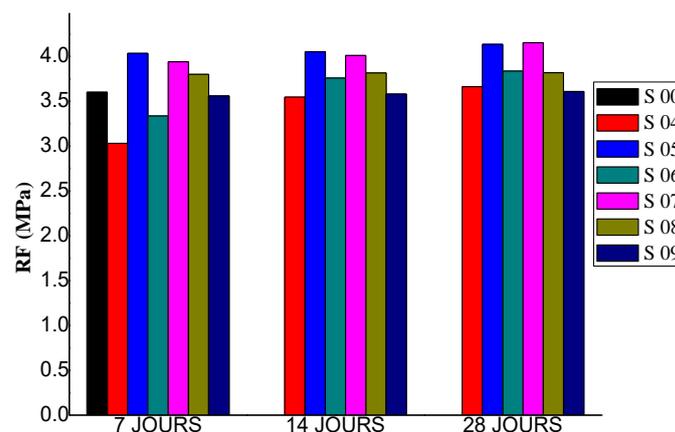


Figure IV36: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 4 MPa a L'état humide

Chapitre IV

-Interpretation:

La Figure IV.38 montre la résistance à la flexion à 4 MPa en condition humide. La résistance à la flexion après un temps de durcissement de 7 jours a augmenté d'environ 24 %, qui après un temps de durcissement de 14 jours a augmenté d'environ 25 % et après un temps de durcissement de 28 jours, nous pouvons observer que la résistance à la flexion a augmenté d'environ 31,4 %.

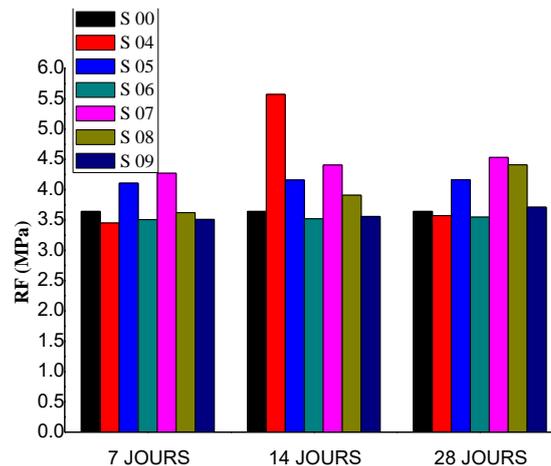


Figure IV 37: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 3 MPa a L'état immergée

-Interpretation:

La figure IV.39 montre la résistance à la flexion à 3 MPa en condition humide. Nous pouvons constater que la résistance à la flexion après un temps de durcissement de 7 jours a augmenté à 11,5 %. De plus, la résistance à la flexion après 14 jours de durcissement a augmenté d'environ 44,4 %, et à 28 jours également, la résistance à la flexion a augmenté d'environ 15,3 %. Augmentation la résistance à la flexion avec le temps signifie que la voie de stabilisation va dans le bon sens.

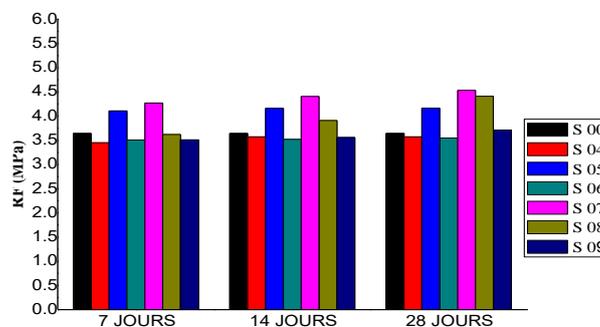


Figure IV 38: Comparaison entre les mélanges de résistance à la flexion a avec pression du 4 MPa à L'état immergée

Chapitre IV

-Interpretation:

La figure IV.40 présente la résistance à la flexion sous 4 MPa en condition immergée. Nous pouvons observer que la résistance à la flexion a augmenté d'environ 24,5%, ce qui, après 14 jours de durcissement, a augmenté d'environ 21% et à 28 jours, alors que le ciment terminait le processus d'hydratation, la résistance à la flexion atteignait 24,5%.

IV.3 Densité Apparent :

-Interpretation:

La figure IV.41 présente la variation de la densité apparente dans les différents mélanges en conditions humides et immergées. Nous avons remarqué que l'augmentation de la densité apparente était d'environ 10,7% en conditions humides et de 12,9% en conditions immergées. À l'état immergé, la densité la plus élevée signifie que le processus de test conserve plus d'eau dans les échantillons.

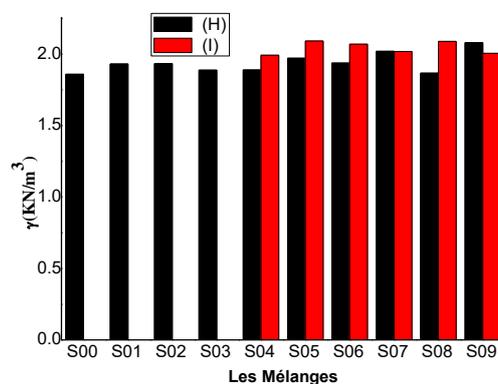


Figure IV 39: La densité apparente à l'état humide et immergé (3MPa)

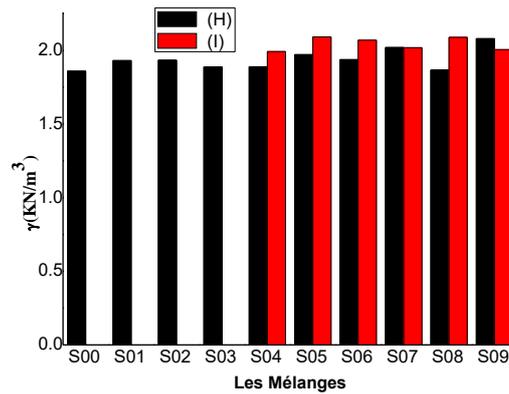


Figure IV40 : La densité apparente à l'état humide et immergé (4 MPa)

-Interpretation:

La Figure IV.42 présente la variation des densités apparentes dans les différents mélanges en conditions humides et immergées, on peut voir que la densité apparente des différents mélanges à une pression de 4MPa n'est pas très différente de la pression de 3MPa, car la pression de 3 MPa et 4MPa pas loin les uns des autres.

IV.4 : Absorption d'eau

IV.4.1. Influence de différent mélanges dan absorption d'eau de bloc de terre comprimée

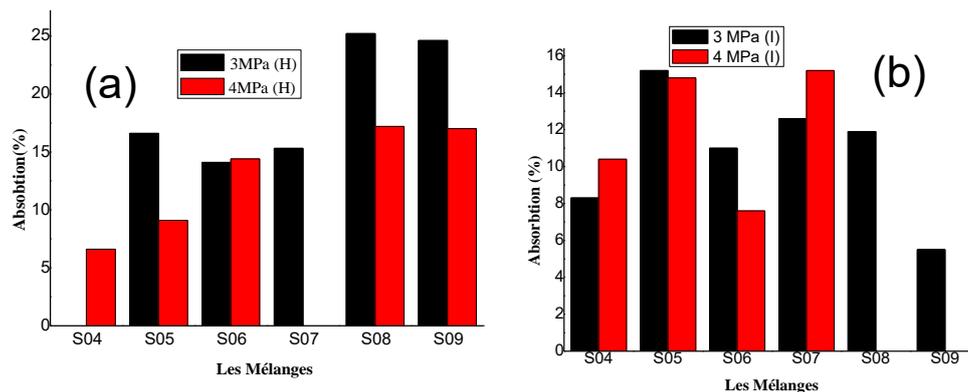


Figure IV41 : Absorption du mélange a l'état humide(a) et immergé(b)

Chapitre IV

-Interprétation

La figure IV.43 présente la variation de l'absorption dans des conditions humides et immergées pour les différents mélanges. Nous pouvons observer qu'à une pression de 3 MPa, l'absorption d'eau variait entre 14 et 27 % et pour les échantillons sous une pression de 4 MPa, l'absorption d'eau variait entre 5,5 et 15,3 %.

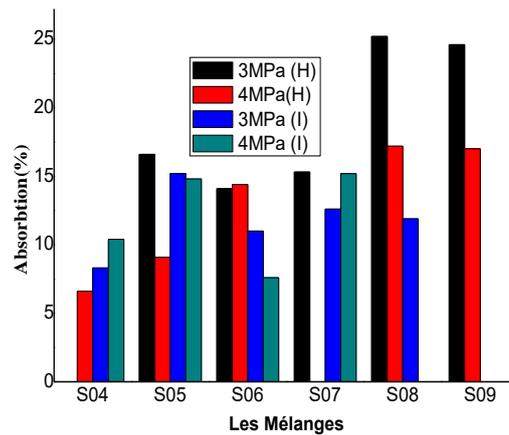


Figure IV42: Absorption du mélange a l'état humide-Immergé

-Interpretation

D'après la Figure IV.44, l'absorption d'eau n'a pas suivi les résultats de résistance à la compression et à la flexion, peut-être le problème du four dont la température n'est pas homogène et la mesure du poids n'est pas précise.

VI.5 La porosité

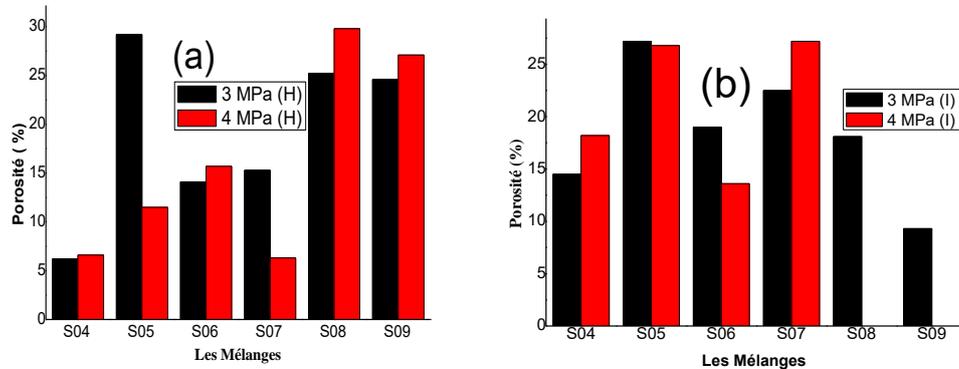


Figure IV 43: Porosité du mélange a l'état humide(a) et immergé(b)

Chapitre IV

-Interpretation:

À partir de la Figure IV 45, nous pouvons également observer que la porosité suit les résultats de l'absorption d'eau, ce qui ne concorde pas avec d'autres tests en raison du problème mentionné dans les parties d'absorption d'eau.

IV.6. Conclusion

Après l'analyse des différents résultats de différents tests, nous pouvons conclure que ces matériaux peuvent être utilisés comme blocs de terre comprimée stabilisée dans la construction.

CHAPITRE V

Conclusion générale

Chapitre V

V.1. Conclusion générale :

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

La démarche scientifique que nous mettons en œuvre est avant tout une étude bibliographique des blocs en terre et des déchets plastiques transformés.

Cependant, l'influence des déchets plastiques transformé sur les propriétés des blocs de terre comprimée en général est étudiée à travers une série de tests mécaniques et physiques tels que la résistance à la compression, la résistance à la flexion, l'absorption d'eau, la porosité et la densité apparente et perte de masse).

Analyse et interprétation des résultats des différents tests effectués :

➤ **La résistance à la compression:**

- La résistance à la compression augmente entre 7,42 et 8,48% en ajoutant 5% à 15% de déchets plastiques transformés sans liant à 3 MPa et 4 MPa respectivement.
- La résistance à la compression augmentée entre 62,6% et 164% en ajoutant 5% à 10% de déchets de plastique transformés avec 2% de ciment à 3 MPa et 4MPa respectivement.
- La résistance à la compression augmentée entre 296% et 467% En ajoutant 5% à 10% de déchets de plastique transformés avec 4% de ciment à 3 MPa et 4MPa respectivement.
- Résistance à la compression augmentée entre 117% et 224% En ajoutant 5% à 10% de déchets de plastique transformés avec 2% de ciment et 2% de chaux à 3 MPa et 4MPa respectivement.

➤ **La résistance à la flexion**

- Ajout de 5, 10% et 15% de déchets plastiques transformés au sol sans liant maintenir la résistance à la flexion à 3,5 MPa à 3 MPa et 4 MPa.
- Ajout de 5 et 10 % de déchets de plastique transformés au sol avec 2 % de ciment résistance à la flexion augmentée de 5,9 % et 30,9 % à 3 MPa et 4 MPa respectivement.
- Ajout de 5 et 10 % de déchets de plastique transformés au sol avec 4 % de ciment résistance à la flexion augmentée de 19% % et 25% % à 3 MPa et 4 MPa respectivement.
- Ajout de 5 et 10 % de déchets de plastique transformés au sol avec 2 % ciment et 2% chaux, la résistance à la flexion augmentée environ 21%

➤ **La densité apparente**

Chapitre V

- La stabilisation du sol avec des déchets de transformateur en plastique variait avec une densité apparente comprise entre 1,8 et 1,9 KN/m³.

➤ **Absorption d'eau**

- The Les meilleurs résultats d'absorption d'eau pour les meilleurs échantillons se situaient entre 10% et 15 %.
- on peut conclure que la stabilisation du sol par des déchets de plastique transformés et du ciment (5% de déchets de plastique transformés avec 4% de ciment) était le meilleur échantillon pour produire des blocs de terre comprimée stabilisée.

Recommandations et perspectives

Pour mener à bien ce projet, nous recommandons pour les recherches futures d'ajouter d'autres dosages de déchets plastiques transformés en liant pour obtenir un meilleur résultat. Nous vous recommandons également de faire des tests thermiques et phoniques.

Les références Bibliographique

1. Abakar, Ali. Caractéristiques mécaniques et thermiques de l'argile stabilisée par la gomme arabique et renforcée par la paille de riz. Diss. Université de Lorraine, 2018.
2. BENHAOUA, WAHIBA. stabilisation des sols, durabilité des blocs et constructions en terre: cas d'études (Doctoral dissertation, Université Blida1-Saad Dahlab).
3. DAHBI, Asma, Roqiya AZZI, et Mohammed ABOU. Caractérisation du béton de terre à base des matériaux locaux. Diss. UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR, 2022.
4. Dr : Guettala .Abdelhamid 2005-2006 „bloc de terre comprimée „ouvrage pédagogique université Mohamed Khider Biskra.
5. EN 1097-6, la norme d'essai pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats.
6. EN 12390-3, Essai pour béton durci – Résistance à la compression des éprouvette », 2006.
7. EN 12390-4, Essais pour béton durci – Résistance en compression Caractéristiques des machines D'essai, 2006.
8. Ganou Koungang, (2021). Construction en brique de terre comprimée et granulats biosourcés: une solution pour un habitat durable à Douala.
9. Houben Hugo, Guillaud Hubert. Traité de construction en terre. CRA Terre, Edition Parenthèse, Marseille, France, , 355 p, 2006.
10. Houssam eddine ben djebel et Hassan Mazite, Influence des fibres et des granulats sur les performances mécaniques et la durabilité du BTC 2020 université de bordj Bou Arreridj.
11. Izemmouren, Ouarda. (2016). Effet des ajouts minéraux sur la durabilité des briques de terre comprimée (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
12. Leeuw, A., & Boudjaoui, F. (2019). Les déchets plastiques en Europe: atteindre la circularité. Vecteur Environnement, 52(1), 14-15.
13. Mango-Itulamy, Lavie Arsène. (2019). Valorisation des gisements argileux pour la fabrication des blocs de terre comprimée Université de Liège
14. NF P 18-459, Essai pour béton durci – Essai de porosité et de masse volumique, 2010.

15. Rebai Ouissam Meerrouche Chaima Ben abbas Raouia brique de terre comprimée à base de cendre de bois : une approche durable 2023 université de bordj Bou Arreridj

16. Taallah. Bachir Etude de comportement physique-mécanique de bloc de terre comprimée avec fibre"" thèse de doctorat 2004, université Mohamed Khider biskra