

RECYCLAGE DES DÉCHETS PLASTIQUES EN BRIQUES ÉCOLOGIQUES UTILISANT LE SABLE ET L'ARGILE À FARANAH (RÉPUBLIQUE DE GUINÉE)



RECYCLING OF PLASTIC WASTE INTO ECO-FRIENDLY BRICKS USING SAND AND CLAY IN FARANAH (REPUBLIC OF GUINEA)

| KALLE Mata Mamoudou *^{1,2} | et | KEITA Fodé ¹ |

1. Institut Supérieur Agronomique et vétérinaire Valéry Giscard D'Estaing de Faranah (ISAV/VGE/F) | Guinée |

2. Direction Préfectorale de l'Éducation de Faranah | Guinée |

| DOI: 10.5281/zenodo.15445723 | Received May 02, 2025 | Accepted May 10, 2025 | Published May 16, 2025 | ID Article | Kalle-Ref3-5-20ajiras020525 |

RESUME

Contexte : La prolifération des déchets plastiques dans les zones urbaines guinéennes constitue un problème environnemental critique. À Faranah, ces déchets se retrouvent dans les habitations, sur les voies publiques, dans les caniveaux, les marchés, les espaces agricoles et les cours d'eau, générant des impacts néfastes sur la santé humaine, le cadre de vie, l'élevage, l'agriculture et les ressources hydriques. **Objectif** : Cette étude vise à développer une approche de valorisation des déchets plastiques par leur transformation en matériaux de construction, spécifiquement des briques écologiques composites. **Méthode** : Des déchets plastiques collectés ont été fondus et utilisés comme liant avec du sable et de l'argile selon trois formulations (sable/argile/plastique) : 25/25/50, 35/20/45 et 25/35/40 (pourcentages massiques). Les propriétés physico-mécaniques des briques obtenues ont été caractérisées par des essais de compression, de flexion, de résistance à l'usure, de résistance au choc et de porosité. **Résultats** : La formulation 25/35/40 a présenté les performances mécaniques optimales avec une résistance à la compression de 35,29 MPa, une résistance à la flexion de 11,66 MPa et une résistance au choc de 0,97 kJ/cm². Cette formulation a également démontré la meilleure résistance à l'usure avec une profondeur d'entaille limitée à 2 mm. L'analyse de porosité a révélé une corrélation inverse entre la teneur en plastique et la porosité des matériaux. Le procédé de fabrication a nécessité une durée moyenne de 234,5 minutes par brique. L'analyse économique a établi le coût de production à 136 500 GNF/m². **Conclusion** : Cette étude démontre la faisabilité technique et économique de la production de briques composites à partir de déchets plastiques. Les propriétés mécaniques obtenues sont comparables à celles des matériaux conventionnels en béton, suggérant un potentiel d'application dans la construction. Cette approche offre une solution doublement bénéfique en adressant simultanément la problématique de gestion des déchets plastiques et le besoin de matériaux de construction alternatifs durables.

Mots clés : déchets plastiques, recyclage, briques écologiques, matériaux composites, Faranah, République de Guinée.

ABSTRACT

Background: The proliferation of plastic waste in Guinean urban areas constitutes a critical environmental problem. In Faranah, these wastes are found in households, on public roads, in gutters, markets, agricultural spaces, and waterways, generating harmful impacts on human health, living conditions, livestock, agriculture, and water resources. **Objective**: This study aims to develop an approach for plastic waste recovery through its transformation into construction materials, specifically composite ecological bricks. **Method**: Collected plastic waste was melted and used as a binder with sand and clay according to three formulations (sand/clay/plastic): 25/25/50, 35/20/45, and 25/35/40 (mass percentages). The physico-mechanical properties of the obtained bricks were characterized through compression, bending, wear resistance, impact resistance, and porosity tests. **Results**: The 25/35/40 formulation exhibited optimal mechanical performance with a compressive strength of 35.29 MPa, a flexural strength of 11.66 MPa, and an impact resistance of 0.97 kJ/cm². This formulation also demonstrated the best wear resistance with a notch depth limited to 2 mm. Porosity analysis revealed an inverse correlation between plastic content and material porosity. The manufacturing process required an average duration of 234.5 minutes per brick. Economic analysis established the production cost at 136,500 GNF/m². **Conclusion**: This study demonstrates the technical and economic feasibility of producing composite bricks from plastic waste. The mechanical properties obtained are comparable to those of conventional concrete materials, suggesting potential applications in construction. This approach offers a doubly beneficial solution by simultaneously addressing the issue of plastic waste management and the need for sustainable alternative construction materials.

Keywords: plastic waste, recycling, ecological bricks, composite materials, Faranah, Republic of Guinea.

1. INTRODUCTION

La République de Guinée comme certaines de ses paires en Afrique, n'est épargnée par l'invasion des déchets en général et en particulier les déchets plastiques. Elle produit sur l'ensemble du territoire national 500 000 tonnes de déchets plastiques par ans [1] (Kallé, 2024). Les villes de la Guinée, font face au défi de la bonne gestion des déchets plastiques. L'augmentation accrue de la production des plastiques combinée à la forte croissance démographique, la densité de la population dans les zones urbaines, l'urbanisation anarchique, et la modernisation du mode de vie lié au développement des industries et des nouvelles technologies sont des problèmes difficiles à surmonter dans nos villes [2] (Kabore, 2009). Malgré des efforts non négligeables dans ce domaine, la situation n'a pas montré d'améliorations significatives, dans

toutes les grandes villes du pays, les services d'assainissement bien qu'existant ont des moyens très limités et ne couvrent pas entièrement les villes [3] (Bangoura, 2017).

Dans la commune urbaine de Faranah plusieurs quartiers ne bénéficient pas d'un service de ramassage des déchets qui se limite d'ailleurs à la collecte, au transport et à la mise en décharge. La commune ne dispose aucun service public d'assainissement, une seule PME de collecte desserve la ville. Les déchets une fois collectés, sont transportés vers les brousses où ils restent exposés sans enfouissement, sans tri ni traitement préalable. Cette réalité dont les effets sont visibles par tous, découle des problèmes d'ordre physique (site), technique (inadéquation du matériel de collecte et des méthodes de traitement), institutionnel (conflit d'intérêt entre les différents acteurs), financier (faiblesse du budget alloué à la filière), ainsi que des politiques mises en place, du manque de civisme des ménages et leur insouciance vis-à-vis des conséquences des actes qu'ils posent [3] (Bangoura, 2017).

L'environnement vital du paysage urbain de la ville de Faranah montre une gestion calamiteuse des déchets solides en général et particulièrement les déchets plastiques. Partout : dans les habitations, sur les voiries, dans les ouvrages d'assainissement (caniveaux), dans les marchés et espaces publics, sur les aires agricoles, dans le cours d'eau du fleuve Niger, les déchets plastiques règnent en maître. Les conséquences de cette insalubrité sont désastreuses, ils impactent négativement la santé humaine, le cadre de vie, l'élevage, l'agriculture, les ressources en eaux. Une lecture approfondie des risques ramène en ligne de mire la pertinence de trouver un moyen de valorisation des déchets plastiques dans la CU de Faranah tout en cherchant un moyen pour leur valorisation par la conception de matériaux de construction notamment les briques écologiques [1] (Kallé,2024).

Il ressort donc les questions de recherche suivantes :

1. Les déchets plastiques servent-ils de matière première pour la confection de matériaux de construction (briques écologiques) ?
2. Les caractéristiques mécaniques des briques écologiques sont-elles conformes aux normes en termes de qualité des matériaux de construction ?

Pour répondre à ces questions, nous avons proposé les hypothèses de recherche suivantes :

- 1- Les déchets plastiques peuvent être valorisés en matériaux de construction comme les briques écologiques à travers le recyclage.
- 2- Les briques écologiques ont des caractéristiques mécaniques remarquables en termes de résistance, conformes aux normes standards de qualité des matériaux de construction.

La présente étude a donc pour objectif général de valoriser les déchets plastiques par la conception de matériaux de construction, spécifiquement les briques écologiques dans la commune urbaine de Faranah.

Pour atteindre nos objectifs, notre étude est structurée autour de trois grandes parties à savoir

- Les matériels et méthode : Il dresse un portrait du lieu (site d'étude), de la période des recherches, des outils, de la caractérisation des matières premières et des matériaux confectionnés.
- Les résultats de l'étude et les discussions : ils présenteront nos résultats de recherche et la comparaison à ceux de nos pairs.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Présentation de la préfecture de Faranah

2.1.1 Aspect géographique : Cette étude a été menée en République de Guinée plus précisément dans la préfecture de Faranah située entre les 10°02' et les 10°10' de latitude nord et entre les 10°42' et les 11°50' de longitude ouest à une altitude moyenne de 340m. la superficie totale de la préfecture s'étend sur 13000km². Un relief peu accidenté et peu varié composé de vaste plateau monotone, entaillé par de grandes plaines et parsemé de collines. Il existe par ailleurs quelques massifs plus ou moins élevés au Nord-Ouest, comme celui de Fitaba et représente la zone aurifère couvrant les sous-préfectures de Marella et Passayah. Il est cependant ondulé au Sud avec la présence du massif de Forokonia (1007m) dans la sous-préfecture de Kobikoro ou le fleuve Niger prend sa source. A l'Est, c'est la zone des plateaux, parsemée de collines avec de vastes plaines [1] (Kallé,2024).

La végétation répandue est la savane arborée, composée d'essences ligneuses comme : khanya senegalensis (A juss), parkia boglobosa (J,Benth), Ceiba pentandra (S) Danielia oliverii (H) Albiza gygia (N) ; de graminées : Echinochloa colonssa (L) Echinochloa pyramidalis (L), pennisetum purpureum (L), Pennistum subangustum (Schumps) Imperata cylindrique (Beauv), Rottboelia exaltata (L), Urena lobata (L); de cypéracées : cyperus rotundus (L), Cyperus difformis (L) et de fabacées : Calopogonium mucunoiodees (Des) [1] (Kallé,2024). Plusieurs cours d'eau arrosent la préfecture parmi lesquels le plus important est le Niger, long de 4200 km prenant sa source à Kobikoro. Ses affluents sont : Banian : dans la commune rurale de banian ; Mafou : à la limite entre Faranah, Kissidoukou et Kouroussa ; Fakilo et Bellen : dans la commune rurale de Hèrèmakono ; Milly : dans la commune urbaine de Faranah. A ces cours d'eau s'ajoutent des ruisseaux, mares et étangs favorable à l'agriculture. Les principales classes de sols rencontrées à Faranah sont : ferrallitique, alluviaux, hydro morphes peu évolués et squelettiques.

2.1.2 Aspect climatique : Le climat de Faranah est soudano-guinéen avec l’alternance de deux saisons : une saison sèche de six mois (novembre- avril) et une saison des pluies de six mois (Mai - Octobre). Les paramètres climatologiques (température, pluviométrie, humidité et vent) en 2024 selon la station météorologique de Faranah sont [1] (Kallé,2024):

En 2024, la température maximale moyenne de 33,9 °C a été enregistrée en avril, faisant de ce mois le plus chaud et la température minimale moyenne de 16,3 °C a été enregistrée en Janvier. La température maximale extrême de 39,6°C a été enregistrée le 31 mars 2024 et la température maximale minimale de 12,9°C a été enregistrée le 3 janvier 2024. La pluviométrie a été irrégulière et variée en 2024, le cumul de pluviométrie mensuelle la plus grande enregistré a été de 214 mm en juin et la valeur maximale sur 24h est de 61 mm enregistrés le 6 avril 2024. L’humidité relative mensuelle maximum enregistrée en 2024 a été de 97 % en août avec un indice humidex de 36. D’une manière générale, les vents (harmattan et mousson) qui soufflent à Faranah proviennent de l’Est et de l’Ouest. La pression maximale du vent la plus élevée est de 1055,1 HPa relevée en janvier 2024 et la pression minimale est de 1000,2 HPa relevées en décembre 2024. La pression maximale rafale du vent de 270 Km/h est relevée le 13 décembre 2015. Voir à l’annexe les valeurs de la pression du vent.

2.1.4 Aspect démographique : L’effectif de la population de la préfecture est de 299 612 habitants avec une densité moyenne de 23 habitants au Km² [7] (Institut National de la Statistique, 2017). La population de la préfecture est métissée et comprend en majorité les malinkés qui cohabitent avec les autres ethnies (peulhs, kourankos, kissis, dialonkés, ...) [1] (Kallé,2024).

2.1.5 Aspect socio-économique : La population de Faranah en majorité est agro-pastorale, ce qui constitue la vocation principale. La préfecture est un bassin agricole avec plusieurs hectares de plaines et autres terres cultivables dont la valorisation rencontre encore des problèmes liés à la non maîtrise de l’eau, l’accession aux nouvelles techniques culturales et le manque de moyen pour conquérir tous les domaines, seulement trois (3) à quatre (4) pourcent des superficies) sont misent en valeur avec usage des techniques rudimentaires donnant ainsi des rendements faibles qui ne peuvent couvrir les besoins alimentaire dans la zone. Parallèlement à l’agriculture, plus 50% des ménages pratiquent l’élevage et les espèces concernées sont : les bovins, les ovins, les caprins et les volailles [4] (Institut National de la Statistique, 2018).

2.2 Présentation de la zone d’étude

Notre zone d’étude est la commune Urbaine de Faranah qui compte 50 241 habitants, elle est constituée de 12 quartiers et 13 districts avec 75 secteurs. Plus de 83% de la population pratiquent l’agriculture, l’élevage et la pêche qui sont des activités socio-économiques de base [7] (Institut National de la Statistique, 2017) (Voir figure 1).

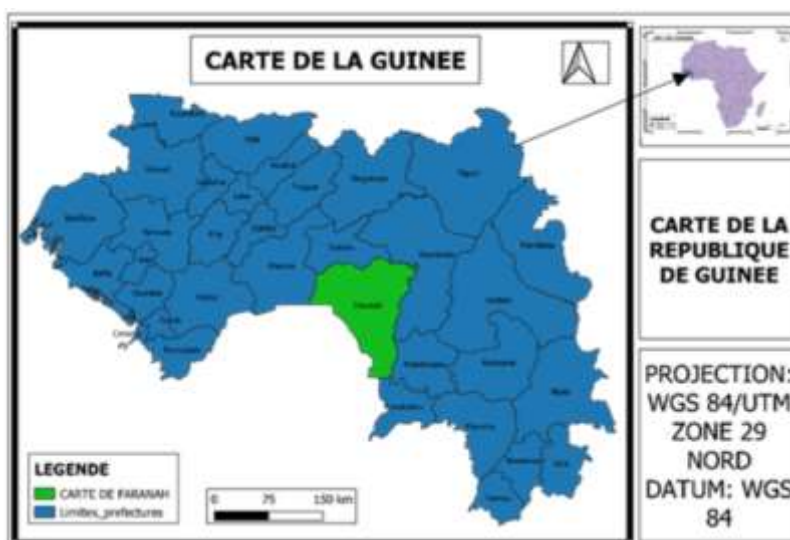




Figure 1 : Cartographie de la zone d'étude (Service planification préfecture de Faranah 2024)

2.2 Matériels

Le tableau 1 donne la liste des matériels utilisés pour ses travaux de recherche.

Tableau 1 : liste de matériels.

N°	Désignation	Unité	Quantité	
1	Matières premières	Déchets plastiques	Kg	500
2		Sable moyen (0,25 - 0,5mm)	m ³	2
3		Argile fine (< 0,1mm)	m ³	1
4	Matériels pour collecte des déchets	Poubelle	sac	30
5		Brouette	-	2
6		Moto tricycle	-	1
7		Râteau	-	5
8		Paire de bottes/Gants	-	4/4
9		Bavettes	Paquet	5
10		Moule	-	1
11		Dynamomètre	-	1
12	Matériels de confection des briques écologiques	Moule pour éprouvette	-	2
13		Huile de vidange	Litre	20
14		Pinceaux	-	3
15		Marteau/Ciseaux	-	2/2
16		Clée 10	-	2
17		Pèle/ Truelle	-	2/2
18		Bac à fusion	-	1
19		Bois de chauffe	Tas	20
20		Peinture	Kg	4
21	Machine VIALAB	-	1	
22	Matériels de laboratoire	Machine MATEST	-	1
23		Chariot à roues	-	1
24		Mouton pendule Charpy.	-	1
25		Bac à eau	-	1

2.3 Méthodes

• Montage du four

Pour la fusion des plastiques tout en limitant les émissions gazeuses dans l'atmosphère, un four en briques de terre cuite, utilisant du ciment Portland 42.5 comme liant, a été conçu. Le four est constitué de deux niveaux distincts : le premier niveau, situé au niveau du sol, sert de chambre de combustion et possède un orifice par lequel le bois de chauffe est introduit. Le deuxième niveau, séparé du premier par une plaque métallique, agit comme chambre de fusion des plastiques. Le dessus de ce deuxième niveau est hermétiquement fermé pour éviter toute fuite de gaz, tandis qu'un orifice se trouve sur le flanc, juste au-dessus de la plaque de séparation, fermé par un bouchon en bois. C'est à travers cet orifice que le plastique fondu est récupéré dans un sceau.

• Fabrication des moules

Nos moules ont été conçues et fabriquées à l'AGRIMA de Faranah. Elles sont métalliques et démontables pour faciliter le démoulage. Les dimensions longueur 20 cm, hauteur 10 cm et épaisseur 10 cm.

• Ramassage, transport et Prétraitement des déchets plastiques

Les déchets plastiques sont ramassés, transportés sur le site de recyclage. Ils ont été ensuite triés, lavés, séchés et broyés.

• Caractéristiques des matières premières et préparation des mélanges

Nous avons déterminé la nature des déchets plastiques ramassés, la granulométrie du sable et de l'argile. Pour les mélanges nous avons réalisé trois (3) types de briques composés de sable / argile / plastique fondu, en faisant varié les proportions des matières premières. La mesure des éléments a été réalisé par un peson (mini-dynamomètre) : les différentes formulations sont : 25/25/50 ; 35/20/45 ; 25/35/40.

• Fonte des plastiques et malaxage

On met le feu aux bois de chauffe introduit dans le four, puis on ajoute les plastiques préalablement pesés en fonction des différentes formulations. Une fois le testeur indique que la fusion est complète, on retire le bouchon situé au deuxième niveau du four. Le fluide chaud s'écoule alors à travers cet orifice et tombe dans un sceau de récupération. Ensuite, on ajoute la quantité spécifiée de sable et d'argile. Enfin, on homogénéise le mélange par malaxage avant le moulage.

• Moulage et démoulage

Après le malaxage du mélange, la pâte obtenue est versée dans une moule métallique dont les parois sont recouvertes d'huile de vidange pour faciliter le démoulage ultérieur. La pâte est compactée progressivement à l'aide d'une truelle jusqu'au remplissage complet des moules. Le processus est exécuté de manière rapide pour éviter toute solidification prématurée de la pâte avant qu'elle ne soit complètement mise dans les moules. Après le refroidissement et la prise des agrégats, on procède au démoulage en retirant les briques des moules.

• La Finition

Les briques sont soumis à la finition à savoir le polissage des faces, les corrections éventuelles et la peinture qui est facultative.

Nous avons résumé toute la chaîne de recyclage un schéma. Voir la figure 2 ci-dessous.

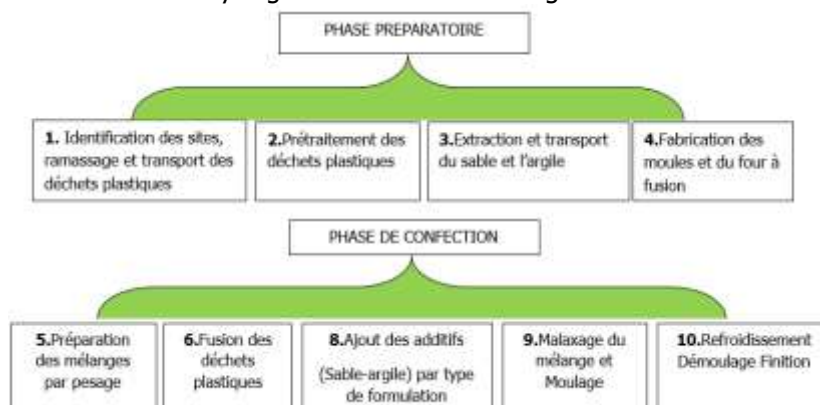


Figure 2 : chaîne de recyclage des déchets plastiques en briques écologiques.

• Temps de confection des briques écologiques

Pour chaque étape de la fabrication de nos briques écologiques, de la préparation des mélanges jusqu'aux démolage nous avons chronométré pour déterminer le temps mis, puis nous avons trouvé à travers la sommation des durées par étape les temps totaux de confection des briques et pavés écologiques.

• Caractérisation mécanique des briques et pavés écologiques

Pour évaluer la qualité des briques, nous avons réalisé les tests mécaniques à Conakry au laboratoire du bâtiment et travaux publics puis au laboratoire des matériaux de construction de l'université Gamal Abdel Nasser à savoir : la résistance à la compression, la résistance à l'usure, la résistance à la flexion, la résistance au choc enfin la porosité. Ces tests ont été réalisés sur les cinq (5) types de matériaux et sur l'ensemble des trois (3) essais de chaque type selon les proportions de mélange de départ soit quinze (15) éprouvettes, afin d'avoir une orientation précise sur la ou les meilleure(s) qualité(s). Pour les tests de compression, d'usure, et de porosité les dimensions des éprouvettes sont : longueur 10 cm, largeur 10 cm et hauteur 10 cm ; pour la flexion et le choc les dimensions sont : Longueur 55cm, Hauteur 10cm, largeur 10 cm ; spécifiquement pour le choc (éprouvettes entaillées) s'ajoute : hauteur à fond d'entaille

8 cm, rayon à fond d'entaille 0,25 cm, angle de l'entaille 45°. Les résultats des tests nous ont permis de comparer la qualité ou durabilité de nos briques à celle des briques en béton.

• Test de résistance à la compression

La résistance à la compression est le point auquel un matériau est soumis à une forte contrainte de compression jusqu'à sa rupture. C'est la contrainte maximale admissible par un matériau soumis à une charge de compression. La résistance à la compression a été déterminée à l'aide d'une presse de machine MATEST de fabrication qui est une machine d'essai universelle équipée d'outils d'essai de compression ou de plateaux de compression spécifiques. Ces outils sont sélectionnés en se basant des critères tels que le type d'essai, le matériau et les dimensions de l'éprouvette. Les plateaux de compression ronds ou rectangulaires peuvent être utilisés jusqu'à 350 KN. L'éprouvette est compressée jusqu'à la contrainte limite, la force maximale en KN, la résistance en MPa et la courbe montrant l'évolution de la force appliquée jusqu'à l'écrasement en fonction du temps sont indiquées sur l'écran de la machine. Les résultats obtenus ont permis de savoir quel type et quelle proportion de mélange à donner les matériaux plus résistants à la compression.

• Test de résistance à l'usure

Ce test permet de caractériser la durabilité d'un matériau, d'évaluer l'ampleur de certains types de dégradation et d'apprécier la capacité des matériaux à résister à l'abrasion de surface. Le dispositif est constitué d'un petit chariot reposant sur quatre roues, en dessous duquel se trouve fixée une pointe en acier. Le chariot est monté sur deux rails qui, s'emboîtent par leurs deux extrémités. Le dispositif est fixé au support à travers les tiges métalliques. Les roues ont un mouvement de translation le long des tiges métalliques. Le chariot est chargé avec une masse de 3 kg. Un poignet permet de tirer le chariot qui se déplace sur les roues. Nous avons caractérisé la résistance à l'usure par la profondeur de l'entaille laissée par l'enfoncement de la pointe en acier au bout de 25 cycles d'usure de la face de l'échantillon. La profondeur est mesurée et donnée en millimètre (mm).

• Résistance à la flexion

Le test de flexion est un essai normalisé permettant d'évaluer la ductilité ou résistance à la flexion des matériaux. Pour ce test une machine d'essai mécanique VIALAB conforme aux normes de l'organisation internationale de la normalisation (ISO) a été utilisée. Dans notre cas, nous avons utilisé la flexion guidée, dans cas l'échantillon est posé de façon horizontale sur deux supports et on applique une force au point central, qui déforme l'échantillon en forme de U. La contrainte maximale et la résistance à la flexion exprimée en MPa est donnée par la machine à la flexion ultime du matériau.

• Résistance aux chocs

La résistance dû aux chocs ou la ténacité est la capacité d'un matériau de résister à la fissuration sous l'effet de l'onde de choc qui le traverse. Elle s'exprime en KJ/Cm². Ce test a pour but de mesurer l'énergie nécessaire pour provoquer la rupture en une seule fois d'une éprouvette préalablement entaillée en V. On utilise un MOUTON-PENDULE muni à son extrémité d'un couteau qui permet de développer une énergie donnée au moment du choc. Cette énergie est classiquement de 300 joules. L'énergie absorbée est obtenue par comparaison de l'écart d'énergie potentielle entre le point départ du pendule et la fin de l'essai. La machine comporte un index permettant de connaître la hauteur du pendule au point de départ et aussi la position la plus haute atteinte après la rupture de l'éprouvette. Pour ce test on a utilisé les trois meilleures qualités d'éprouvette ayant données les meilleurs résultats à la compression, à l'usure et à la flexion.

• Test de porosité

Il permet de déterminer le taux d'absorption d'eau dans un matériau trempé dans l'eau au bout d'une durée de 24 heures. La porosité exprimée en pourcentage se calcul par la relation :

$$P = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100 \quad (1)$$

Mh : masse humide après trempage ; Ms : masse sèche.

3. RÉSULTATS

• Nature des matières premières

Les matières premières que nous avons utilisées pour la confection des briques et pavés sont :

- Les plastiques en polyéthylène (PE) composés en majorité des sachets d'eau, des emballages et des bouteilles.
- Du sable extrait dans les carrières de sable du fleuve Niger.
- L'argile est extraite au niveau des berges du fleuve Niger dans les lieux de confection des briques en terre cuite.

• Granulométries des matériaux additifs

Les caractéristiques granulométriques des matériaux sont données par le tableau 11.

Tableau11 : Granulométrie des matériaux additifs.

Diamètre des particules en mm	Sable	Argile
< 0,1	0	85
0,1 à 0,25	5	12
0,25 à 0,5	75	3
0,5 à 1	20	0
1 à 2	0	0

Ce tableau démontre que le sable utilisé est de classe granulaire 0/1 il s’agit en majorité du sable moyen car 75% des particules ont un diamètre compris entre 0,25 à 0,5 ; l’argile utilisée est majoritairement fine dont 85 % ont une dimension inférieure à 0,1 mm. Ces résultats nous permettent de tracer la courbe granulométrique des matériaux (figure 3).

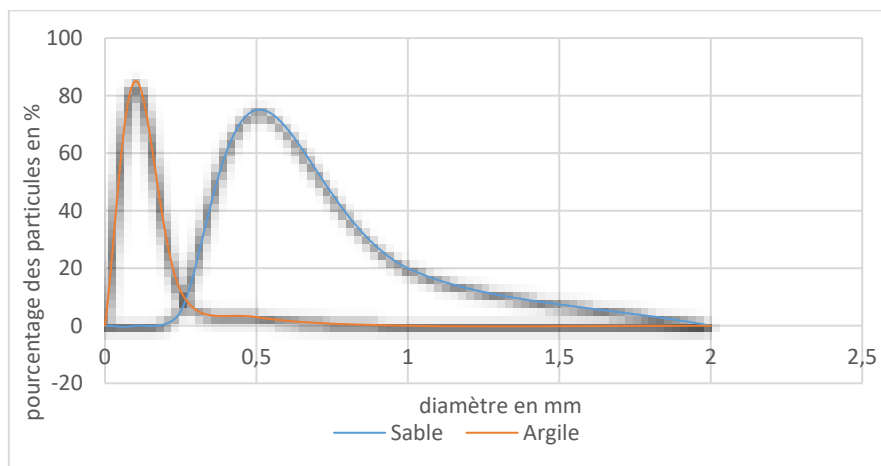


Figure 3 : Courbe granulométrique des matériaux.

Ce graphique montre que parmi les matériaux utilisés, l’argile est celle ayant le plus faible degré de finesse par rapport au sable. Cette granulométrie est très importante car les caractéristiques mécaniques des briques écologiques en dépendent.

• Caractéristiques du plastique fondu

Nombre de Stefan

Le nombre adimensionnel de Stefan (St) fait intervenir la capacité thermique du plastique fondu (C_{pl}), la température imposée à la surface du plastique (T_s), la température de fusion du plastique (T_f) et la chaleur latente de fusion du plastique (L_f). T_s est supérieure à T_f .

$$St = C_{pl} \cdot \frac{T_s - T_f}{L_f} \tag{2}$$

La capacité thermique massique du plastique polyéthylène PE, ($C_{pl} = 1,233 \text{ J/g.K}$) et la chaleur latente de fusion du plastique ($L_f = 200 \text{ J/g}$) [8] (Bremer, 2016). La température de fusion du plastique (T_f) est choisie comme la température à laquelle commence le pic endothermique correspondant à la fusion du plastique, nous avons trouvé pour notre cas à l’aide d’un thermomètre à sonde métallique une moyenne de ($T_f = 122^\circ\text{C}$). La température imposée à la surface du plastique (T_s) est la température du plastique entièrement fondu, nous avons trouvé pour notre cas à l’aide d’un thermomètre à sonde métallique ($T_s = 200^\circ\text{C}$). De ses valeurs on trouve le nombre de Stefan égale à 0,48. Ce nombre sans dimension permet d’apprécier le transfert thermique lors d’un changement de phase solide-liquide. La température de fusion et le temps de fusion dépendent de ce nombre, plus il est élevé la température de fusion est faible et le temps de fusion est court.

La diffusivité thermique du plastique fondu

La diffusivité thermique du plastique fondu (α) est proportionnelle à sa conductivité thermique (λ) et inversement proportionnelle à sa masse volumique (ρ) et à sa capacité thermique massique (C_p).

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p} \tag{4}$$

λ : Conductivité thermique ($0,20 \text{ W/m} \cdot \text{K}$),

ρ : Masse volumique (705,8 kg/m³),
C_p : Capacité thermique massique (1233 J/kg · K),

On trouve la diffusivité thermique $\alpha = 2,3 \cdot 10^{-7}$ m²/s. Ce résultat se rapporte à la capacité du plastique fondu de conduire l'énergie thermique par rapport à sa capacité à la stocker. Le temps de refroidissement et de solidification après le moulage dépend de la diffusivité car plus cette diffusivité est faible plus la capacité à stocker l'énergie est grande et plus le plastique fondu met plus de temps à se solidifier et donc le temps de refroidissement est long.

• **Préparation du mélange et dosage des matières premières**

Le tableaux 2 donne les dosages et ratio de matières premières destinées à la fabrication des briques pour chaque formulation.

Tablea2 : Dosage et ratio de matières premières par type de formulation.

Elément	Formulation		
	1	2	3
Masse sable (Kg)	2,5	3,5	2,5
Masse Argile (Kg)	2,5	2	3,5
Masse plastique (Kg)	5	4,5	4
Masse totale (Kg)	10	10	10
Ratio (%)	25/25/50	35/20/45	25/35/40

• **Temps de préparation et de dosage des matières premières**

La figure 4 donne les temps de préparation et de dosage des matières premières.

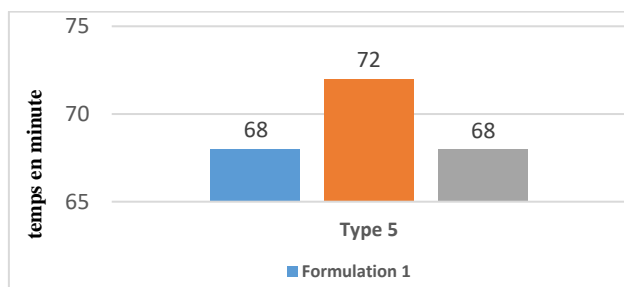


Figure 4 : Temps de préparation et de dosage des matières pour les briques.

La formulation 2 a le plus grand temps de préparation, avec une valeur de 72 minutes les formulations un (1) et deux (2) ont le même temps de préparation 68 minutes. Le temps moyen de préparation et de dosage en minutes pour les différentes formulations est de 69,33 minutes.

• **Temps de fusion des plastiques et malaxage**

La figure 5 montre les temps de fusion et malaxage.

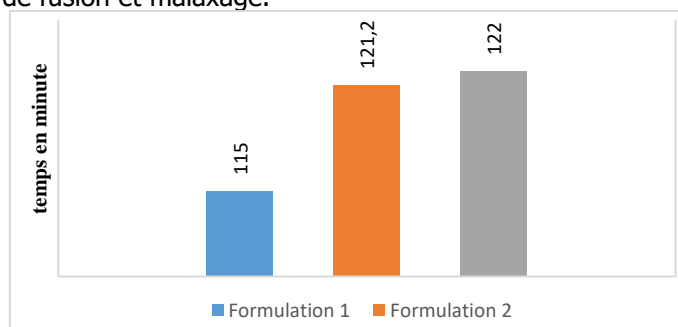


Figure 5 : Temps de fusion et de malaxage.

La formulation 3 des briques écologiques a le temps de fusion et de malaxage le plus élevé, avec une valeur de 122 minutes, suivi de près par la formulation 2, 121,2 minutes. En analysant les temps moyens de fusion et de malaxage en minutes pour chaque formulation est de 119,4 minutes.

• **Temps de moulage et démoulage**

La figure 6 montre les temps de moulage et démoulage des briques écologiques. Le temps de moulage et démoulage le plus long est de 45 minutes pour la première formulation. Le temps moyen de moulage et démoulage est de 42 minutes.

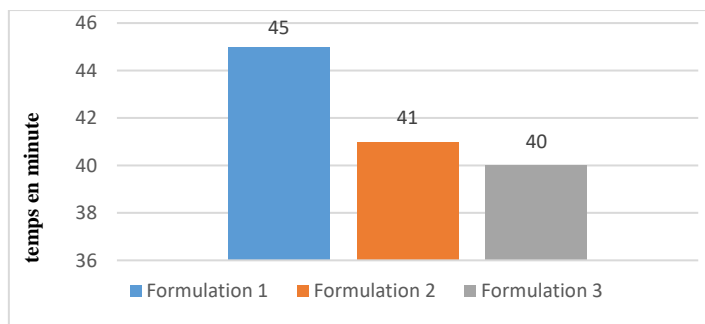


Figure 6 : Temps de moulage et démoulage des briques.

• **Temps de fabrication des briques**

La figure 7 montre les temps de fabrication des briques écologiques. La formulation 2 a le temps de fabrication le plus long, soit 234,2 minutes, tandis que le plus court est la formulation 1 soit 228 minutes. Le temps moyen de fabrication en minutes pour chaque formulation est de 224,26 minutes.

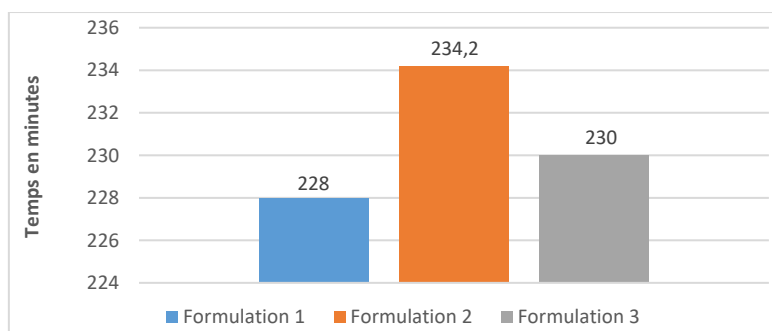


Figure 7 : Temps de fabrication des briques.

3.1.4 Caractéristiques mécaniques des briques et pavés écologiques

• **Résistance à la compression**

La force maximale en kilo-newton ayant causée la rupture pour chaque formulation est donnée par la machine MATEST et répertoriée dans la figure 8.

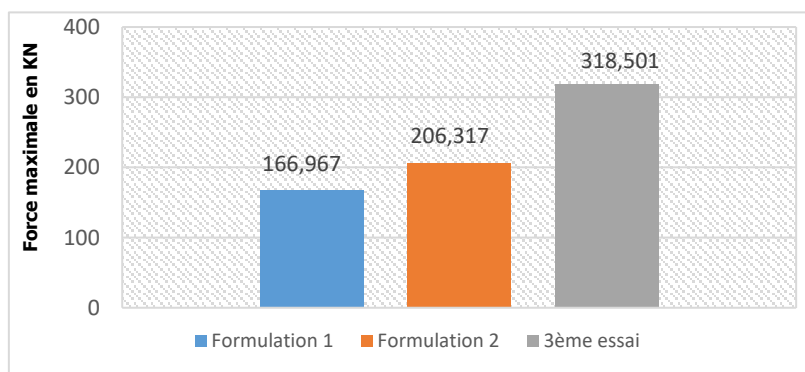


Figure 8 : Forces maximales de rupture des échantillons en kilo newton.

Cette figure montre que la force de compression maximale augmente dans nos différentes formulations et pour chaque type au fur et à mesure que la proportion de plastique diminue dans les matériaux. La photo de la machine MATEST se trouve à l'annexe. Nous avons tracé en fonction de ses résultats les courbes de compression de la formulation 3 affichée la force maximale à l'écrasement la plus élevée (voir figure 9).

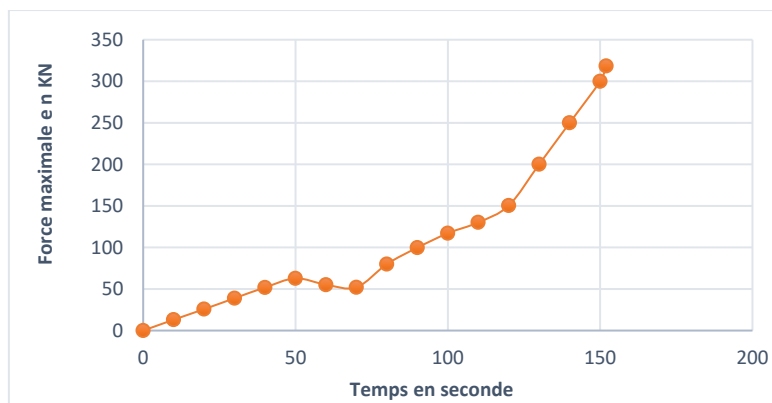


Figure 9 : Courbe de compression à la rupture de la formulation 3.

L’allure de cette courbe montre une croissance progressive de la force appliquée dans les cinquantes (50) premières secondes, ensuite elle chute entre 50 à 70 secondes, ce phénomène est causé par la présence d’espaces lacunaires (vides) dans l’échantillon ; la presse en compactant ces vides perd en pression et donc la force qui était en croissance normale chute ; entre 70 secondes à 120 secondes la force continue à croître ; la force vas connaître un saut au-delà de 120 secondes jusqu’à l’écrasement du matériau à la limite d’élasticité, en ce point, la force maximale ultime est de 318,501 KN au bout d’une durée totale de 152 secondes soit 2 minutes 32 secondes. Les résistances à la compression en MPa correspondantes aux forces maximales de rupture de l’ensemble des trois (3) formulation sont données par la figure 10.

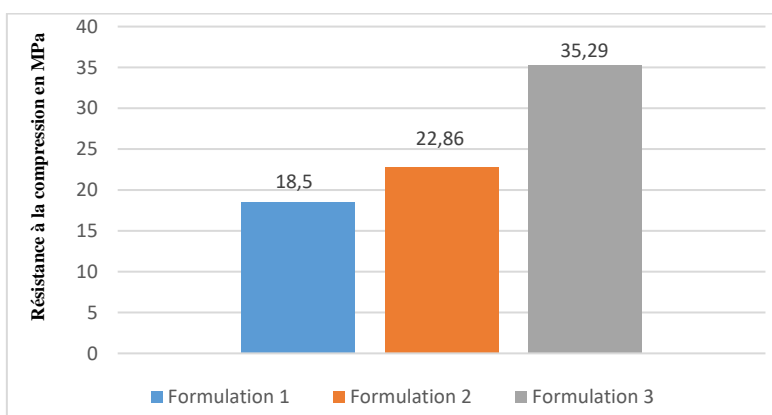


Figure 10 : Résistance à la compression par formulation.

Sur cette figure nous voyons clairement que la résistance moyenne à la compression augmente dans tous les essais lorsque le pourcentage de plastique diminue de 50% à 40%. De plus, la formulation 3 a la plus grande résistance mécanique en compression avec une valeur de 35,29 MPa soit 352,9 bars, suivi de la formulation 2 avec 22,6 MPa soit 226 bars. La corrélation entre la force maximale et la résistance à la compression pour toutes les formulations est donnée par l’équation de la droite définie par $Y=9,025X$ où Y est la force de compression en Kilo-newton (KN) et X la résistance à la compression en méga-pascal (MPa), (voir figure 11). A titre de comparaison avec le béton dosé à 350 Kg/m³ ou 400 Kg/m³, la résistance à la compression est au tour de 300 bars à l’âge de 28 jours. Cela dit, nos briques en termes de résistance à la compression sont comparables au béton.

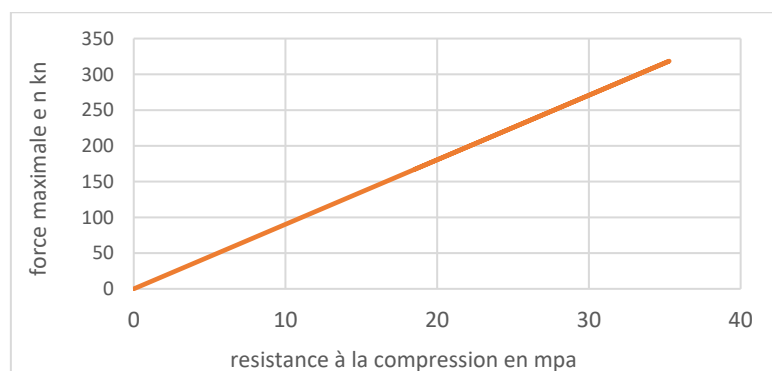


Figure 11 : Graphique de corrélation entre la force maximale et la résistance à la compression.

• Résistance à l'usure

La profondeur d'entaille des échantillons pour les formulations 1,2,3 sont respectivement 7,5 ; 3,4 et 2. La formulation 3 est celle qui résiste mieux à l'usure avec une profondeur d'entaille de 2mm. La remarque faite est que plus la proportion de plastique diminue dans tous les formulations effectuées, plus les briques deviennent plus résistants à l'usure.

• Résistance à la flexion

La figure 12 ci-dessous présente les valeurs de résistance à la flexion en MPa. La formulation 3 présente la valeur de résistance à la flexion la plus élevée 11,66 MPa soit 116,6 bars, tandis que la plus faible résistance à la flexion est observée pour la formulation 1 soit 6,8 MPa ou 68 bars. La Courbe donnant la résistance à la flexion en fonction du taux de matière plastique est donnée par la figure 13 ci-dessous.

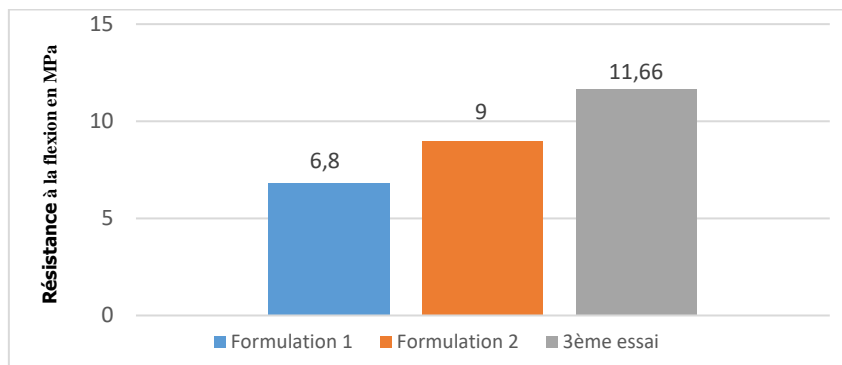


Figure 12 : Valeurs de résistance à la flexion en MPa.

Nous remarquons de manière similaire à la compression que la résistance à la flexion augmente au fur et à mesure que la proportion de plastique diminue dans les échantillons. Cela indique que la réduction de la teneur en plastique de 50% à 40% dans les mélanges contribue à améliorer la résistance à la flexion des briques.

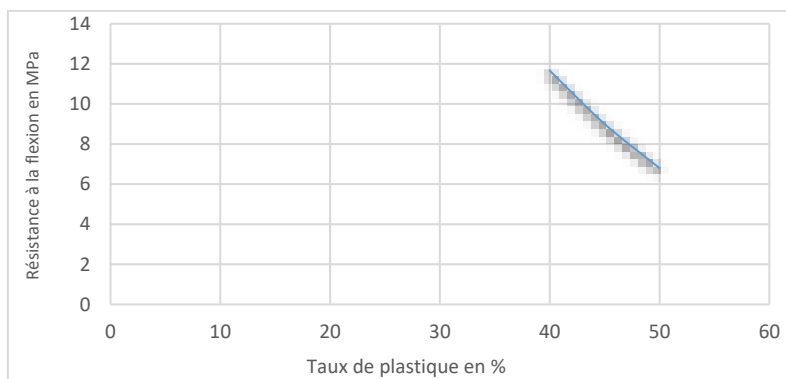


Figure 13 : Courbe de résistance à la flexion en fonction du taux de matière plastique.

• Résistance au choc

Les résistances au choc pour les trois formulations sont dans le tableau 3. Il ressort de ce tableau que les briques résistent mieux à l'essai de choc car il faut une énergie avoisinante de 1000 joules pour fissurer les éprouvettes. Les résultats démontrent que la formulation 3 sur toutes les lignes sont les meilleurs matériaux en termes de résistance au choc.

Tableau 3 : Résistance aux chocs des éprouvettes

Désignation	Formulation		
	1	2	3
Résistance KJ/Cm ²	0,86	0,90	0,97

• La porosité

On remarque dans ce tableau que la formulation 1 a le taux d'absorption le plus faible, soit 0,79%, ce qui signifie que les briques issues de ce mélange sont les plus imperméables. En revanche, la formulation 3 présente le taux d'absorption le plus élevé, soit 1,5%, indiquant une plus grande porosité pour les briques de ce type. Ces résultats démontrent que plus le taux de plastique diminue dans les formulations plus les briques sont perméables.

Tableau 4 : Valeurs de porosité des différentes formulations.

Désignation	Formulation		
	1	2	3
Ms (Kg)	2,51	2,52	2,53
Mh (Kg)	2,53	2,55	2,57
P%	0,79	1,19	1,5

Mh : masse humide après trempage ; *Ms* : masse sèche ; *P%* : porosité en %.

4. DISCUSSION

Le processus de fabrication des briques a impliqué la préparation et le dosage des matières premières, ce qui a abouti à trois formulations différentes. Le temps moyen de fabrication en minutes pour chaque formulation est de 224,26 minutes. Ce résultat diffère de l'étude de Dairou (2008) [5], qui a enregistré le temps de fabrication de 178,33 minutes pour les pavés écologiques. Ces différences peuvent être attribuées aux variations des matières premières utilisées et aux équipements de fabrication.

Les résultats des essais de compression ont montré que la formulation 3 avait la plus grande résistance mécanique en compression, avec une valeur de 35,29 MPa. Ce résultat diffère de celui de Dairou de Dairou (2008) [5], qui a trouvé une résistance à la compression maximale de 180,79 Pa. Cette différence s'explique par l'utilisation de nouvelle matière première telle que l'argile par rapport à l'étude de Dairou (2008) [5], qui n'a utilisé que du sable et du plastique à des proportions différentes des nôtres, ainsi que par l'utilisation d'un appareillage différent pour les tests.

Le test d'usure a montré que la formulation 3 résistait mieux à l'usure, avec une profondeur d'entaille de 2 mm. Nous avons remarqué que plus la proportion de plastique diminuait dans les échantillons, plus les briques devenaient résistants à l'usure. Ce résultat est assimilable à celui de Traore (2018) [6], qui a montré qu'une forte proportion de plastique réduit la résistance à l'usure et que l'ajout d'argile améliore la résistance mécanique.

Les tests de résistance à la flexion ont révélé que la formulation 3 avait la plus grande résistance à la flexion, avec une valeur de 11,66 MPa. La résistance à la flexion augmente au fur et à mesure que la proportion de plastique diminue dans les formulations. Ces résultats, bien que différents de ceux trouvés par Traore Traore (2018) [6], concordent avec l'idée que la rigidité d'un matériau dépend du taux de plastique, et qu'une plus grande proportion de plastique réduit la résistance à la flexion. Pour la porosité, la formulation 1 a le taux d'absorption le plus faible, soit 0,79%, ce qui signifie que les briques issues de ce mélange sont les plus imperméables. En revanche, la formulation 3 présente le taux d'absorption le plus élevé, soit 1,5%, indiquant une plus grande porosité pour les briques de ce type. Ces résultats sont partagés Traore (2018) [6] qui confirme que plus le taux de plastique diminue dans les formulations plus les briques sont perméables. Nos résultats démontrent que la formulation 3 sur toutes les lignes sont les meilleurs matériaux en termes de résistance au choc.

Cette étude a exploré la valorisation des déchets plastiques comme matériaux de construction alternatifs à travers l'élaboration de briques composites. Le processus de fabrication, comprenant la préparation et le dosage des matières premières, a nécessité un temps moyen de 224,26 minutes par formulation, significativement supérieur aux 178,33 minutes rapportées par Dairou et al. (2008) [5] pour des pavés écologiques. Cet écart peut s'expliquer par les différences dans la nature des matières premières utilisées, les techniques de mélange et les équipements de fabrication employés dans notre protocole.

L'évaluation des propriétés mécaniques a révélé que la formulation 3 (25% sable/35% argile/40% plastique) présentait la résistance à la compression la plus élevée, atteignant 35,29 MPa. Cette valeur diffère considérablement des 180,79 Pa rapportés par Dairou et al. (2008) [5]. Cette divergence substantielle peut être attribuée à plusieurs facteurs : l'incorporation d'argile dans notre formulation contrairement à l'utilisation exclusive de sable et de plastique par Dairou et al. (2008) [5] les proportions différentes des constituants, et possiblement les méthodes d'essai et les appareillages utilisés pour mesurer la résistance à la compression.

Les tests d'usure ont démontré une corrélation inverse entre la proportion de plastique et la résistance à l'usure, la formulation 3 présentant la meilleure performance avec une profondeur d'entaille limitée à 2 mm. Ces résultats concordent avec ceux de Traore (2018) [6], qui a établi qu'une diminution de la proportion de plastique et l'ajout d'argile améliorent la résistance à l'usure des matériaux composites. Ce phénomène peut s'expliquer par la cohésion accrue entre les particules de sable et d'argile lorsque la proportion de liant plastique est optimisée.

Les essais de flexion ont également révélé la supériorité de la formulation 3, avec une résistance de 11,66 MPa. Nous avons observé que la résistance à la flexion augmentait proportionnellement à la diminution du contenu en plastique dans les formulations. Bien que nos valeurs diffèrent de celles obtenues par Traore (2018) [6], elles confirment son observation selon laquelle la rigidité du matériau est inversement proportionnelle au taux de plastique incorporé. Cette

relation pourrait s'expliquer par le fait qu'une proportion excessive de plastique peut créer des zones de faiblesse structurelle dans la matrice composite.

L'analyse de la porosité a montré que la formulation 1 (25% sable/25% argile/50% plastique) présentait le taux d'absorption d'eau le plus faible (0,79%), indiquant une imperméabilité supérieure. En revanche, la formulation 3 a enregistré le taux d'absorption le plus élevé (1,5%), ce qui suggère une porosité accrue. Ces résultats corroborent les observations de Traore (2018) [6], confirmant que la perméabilité des matériaux composites augmente avec la diminution de la teneur en plastique. Ce phénomène peut être attribué aux propriétés hydrophobes des polymères plastiques qui, en plus grande quantité, réduisent l'absorption d'eau.

En dépit d'une porosité plus élevée, la formulation 3 s'est révélée globalement supérieure en termes de résistance mécanique (compression, flexion et résistance au choc), suggérant un compromis optimal entre les propriétés physiques et mécaniques. Ces résultats indiquent que l'incorporation d'une proportion plus élevée d'argile (35%) contribue significativement à l'amélioration des performances mécaniques des briques composites.

5. CONCLUSION

Cette étude visait à développer une solution de valorisation des déchets plastiques par leur transformation en briques écologiques utilisables dans la construction à Faranah. Face aux problèmes d'insalubrité urbaine et à l'absence d'initiatives de gestion des déchets plastiques, notre recherche a proposé une approche innovante de recyclage. Nous avons élaboré trois formulations de briques composites (sable/argile/plastique) selon les proportions suivantes : 25/25/50, 35/20/45 et 25/35/40. Le processus de fabrication, d'une durée moyenne de 234,5 minutes, a consisté à utiliser les plastiques fondus comme liant avec des matrices de sable et d'argile.

Les analyses des propriétés mécaniques ont révélé que la formulation 3 (25/35/40) présente les performances optimales avec une résistance à la compression de 35,29 MPa, une résistance à la flexion de 11,66 MPa et une résistance au choc de 0,97 kJ/cm². Le test d'usure a démontré une faible profondeur d'entaille (2 mm), indiquant une bonne résistance à l'abrasion. L'analyse de porosité a établi une corrélation inverse entre la teneur en plastique et la porosité des matériaux. Ces résultats démontrent le potentiel technique de cette approche de recyclage, qui pourrait contribuer simultanément à la réduction des déchets plastiques dans l'environnement et à la production de matériaux de construction alternatifs. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser les propriétés thermiques et acoustiques de ces briques, ainsi que pour évaluer leur durabilité à long terme et leur impact environnemental global.

Reconnaissance : Ce travail s'inscrit dans le cadre du programme 5000 masters et 1000 Phd initié par le Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MESRSI), afin de renforcer les capacités des formateurs et chercheurs. Nous tenons à les remercier infiniment. Nous remercions les autorités de l'Institut Supérieur Agronomiques et Vétérinaire de Faranah à travers son école doctorale en Agriculture Durable et Gestion des Ressources en Eau (ADGRE).

Conflit D'intérêts : Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts.

Contribution Des Auteurs : KALLE M.M. : Conceptualisation, Méthodologie, Investigation, Collecte des ressources, Rédaction - version originale, Révision et édition. KEITA F. : Révision et édition. Tous les auteurs : Expérimentation.

6. REFERENCES

1. Kallé MM, Keita M. Le fleuve Niger à l'épreuve de la pollution plastique et ses impacts sur l'agriculture à Faranah (République de Guinée). *Technologie et Innovation*. 2024;24(1). DOI: 10.21494/ISTE.OP.2024.0986. Disponible sur: https://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_std24v4n1_9.pdf
2. Kabore SG. Les représentations sociales du déchet dans la ville de Ouagadougou : le cas des déchets plastiques [mémoire de maîtrise]. Ouagadougou (BF): Université de Ouagadougou; 2009. 100 p.
3. Bangoura MR. La gestion des DSM et ségrégation socio-spatiale dans la ville de Conakry [thèse]. Toulouse (FR): Université Toulouse le Mirail; 2017. 558 p.
4. Institut National de la Statistique (INS). Enquête démographique et de santé 2018 : rapport de synthèse. Conakry (GN): INS; 2018. 24 p.
5. Dairou S, et al. Valorisation des déchets plastiques dans la production des matériaux de construction : cas des pavés dans la ville de Garoua (nord-Cameroun). Garoua (CM); 2008.
6. Traore B. Elaboration et caractérisation d'une structure composite (sable et déchets plastiques recyclés) : amélioration de la résistance par des charges en argiles [thèse de doctorat]. Besançon (France) : Université Bourgogne Franche-Comté ; Abidjan (Côte d'Ivoire) : Université Félix Houphouët-Boigny ; 2018. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-02088767>
7. Institut National de la Statistique (INS). Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) 2014 : résultats définitifs [Internet]. Conakry (GN): INS; 2017 [cité le 8 mai 2025]. Disponible sur: <https://www.unicef.org/guinea/media/1051/file/Recensementpopulation.pdf>

8. Bremer M. Fusion des plastiques : capacité thermique massique et chaleur latente. [lieu de publication inconnu]: [éditeur inconnu]; 2016.



How to cite this article: KALLE Mata Mamoudou, et KEITA Fodé. RECYCLAGE DES DÉCHETS PLASTIQUES EN BRIQUES ÉCOLOGIQUES UTILISANT LE SABLE ET L'ARGILE À FARANAH (RÉPUBLIQUE DE GUINÉE). *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2025; 20(5): 37-50. DOI : 10.5281/zenodo.15445723

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>