

LA VALORISATION DES DECHETS PLASTIQUES PAR LA PRODUCTION DES PAVES ECOLOGIQUES A PARTIR DU RECYCLAGE DES MATERIAUX PLASTIQUES ET GRANULATS RECYCLES (SCORIES)

THE RECOVERY OF PLASTIC WASTE THROUGH THE PRODUCTION OF ECOLOGICAL PAVERS FROM THE RECYCLING OF PLASTIC MATERIALS AND RECYCLED AGGREGATES (SCORIES)



| Demers KYUNGU LUKOMBA* | et | John SILOE MWENGE KAHINDA |

1. Ministère de la Recherche Scientifique | Commissariat Général à l'Energie Atomique, Antenne provinciale | Lubumbashi | République Démocratique du Congo |

| Received June 20, 2023 |

| Accepted June 28, 2023 |

| Published June 01, 2023 |

| ID Article | Jean-Ref1-5-16ajiras170523 |

RESUME

Introduction : La problématique environnementale liée aux déchets plastiques en République démocratique du Congo, en particulier dans la ville de Lubumbashi, située dans la province du Haut-Katanga, est un défi majeur. La majorité des produits achetés sont emballés dans des sachets plastiques qui sont jetés quotidiennement dans la nature après usage. De plus, certaines industries de la région produisent d'importantes quantités de scories, résidus issus de la préparation des minerais, qui s'accumulent dans de vastes zones de terre. Le vent ou les eaux de pluie dispersent ces scories dans les lieux publics, obstruant parfois les caniveaux. La gestion des déchets plastiques constitue un véritable enjeu de développement et de préservation de notre environnement. **Objectif** : Notre étude vise à valoriser ces déchets plastiques et ces scories en fabriquant des pavés autobloquants, que nous avons appelés pavés écologiques. L'utilisation de pavés à base de scories s'avère économiquement avantageuse. **Méthodes** : Pour nos essais, nous avons obtenu 85 kg de scories et 51 kg de plastiques auprès de la GECAMINES à Lubumbashi. Nous avons fabriqué artisanalement cinq types de pavés en utilisant différentes proportions de matériaux, puis nous les avons soumis à un test de résistance à la compression. **Résultats** : Nous avons effectué quatre essais en variant les quantités de plastiques et de scories. L'essai E4, réalisé avec une proportion de 65% de scories (6,5 kg) et 35% de plastiques (3,5 kg), a présenté la meilleure résistance à la compression, atteignant 50,52 MPa. Ces résultats sont très satisfaisants pour l'utilisation de nos pavés sur les trottoirs et les places publiques. **Conclusion** : Notre projet s'est révélé rentable, et dans une perspective d'autonomisation, nous proposons la création d'une cellule de vente de nos produits au prix de 20 \$/m². Les pavés écologiques seront installés sur tous les trottoirs et les places publiques de la ville de Lubumbashi, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement.

Mots clés : déchets plastiques, scories, valoriser, fabrication, pavé écologique, autonomisation

ABSTRACT

Introduction: The environmental situation caused by plastic waste in the Democratic Republic of Congo, particularly in the city of Lubumbashi in the Haut-Katanga region, where the majority of purchased products are packaged in plastic bags that are discarded daily in nature, poses a significant challenge. Certain local industries have generated substantial quantities of slag (poor waste from mining industries resulting from ore processing), which are piled up in large areas of land. The wind or rainwater transport these residues to various public spaces, even blocking some drains. Plastic waste is a real problem for the development and management of our environment. **Objective**: The objective of our study is to valorize these plastic wastes and slag by manufacturing interlocking pavers, which we have named ecological pavers. The use or installation of slag-based pavers is highly cost-effective. **Methods**: For our experiments, we obtained 85 kg of slag and 51 kg of plastics from GECAMINES/Lubumbashi. We manually prepared five types of pavers with different proportions and subjected them to a mechanical test for compression resistance. **Results**: We conducted four experiments with different quantities of plastics and slag, and we found that in experiment E4, using a proportion of 6.5 kg of slag and 3.5 kg of plastic (65/35 ratio), the best compression resistance achieved was 50.52 MPa. These results are very satisfactory for the installation of our pavers on sidewalks and public spaces. **Conclusion**: We were able to assess the profitability of our project, and to ensure its self-sustainability, we propose the establishment of a sales unit for our products at a price of \$20 per square meter. Our ecological pavers will be placed on all sidewalks and public spaces in the city of Lubumbashi.

Keywords: plastic waste, slag, recovery, manufacturing, ecological pavement, empowerment.

1. INTRODUCTION

La situation environnementale due aux déchets plastiques en République démocratique du Congo, et plus particulièrement dans la région du Haut-Katanga et la ville de Lubumbashi, pose un défi majeur. La majorité des produits achetés sont emballés dans des sacs en plastique qui sont jetés quotidiennement dans la nature après usage. On les trouve partout dans les villes, les ruelles et les caniveaux. Ils envahissent les zones agricoles, obstruent les cours d'eau, polluent l'environnement et dégagent des odeurs nauséabondes. Les déchets plastiques sont un véritable problème pour le développement et la gestion de notre environnement. On estime aujourd'hui que la production de déchets solides à Lubumbashi est de 325 000 tonnes pour une population d'environ 1 630 186 habitants en 2022. Dans notre cas, la solution pour réduire cette pollution serait premièrement d'interdire leur utilisation, et deuxièmement de transformer ces déchets plastiques pour une utilisation plus utile ou plus propre.

Les problèmes environnementaux causés par les déchets plastiques nous obligent en tant que chercheurs à trouver une solution rapide et durable. Le thème de ce projet porte sur la valorisation des déchets plastiques par la production de pavés écologiques à partir du recyclage de matériaux plastiques et de granulats recyclés (scories). En effet, le recyclage

permet non seulement de mieux protéger l'environnement, mais aussi de résoudre le problème de l'épuisement des ressources naturelles, de créer des emplois et des revenus. Les déchets plastiques représentent une grande partie du poids total des déchets ménagers et, étant non dégradables, ils constituent un véritable danger pour l'environnement. Il est donc nécessaire d'encourager leur recyclage. Certaines industries locales ont généré d'importantes quantités de scories (déchets pauvres provenant des industries minières et résultant du traitement des minerais), qui sont accumulées dans de vastes zones de terre. Dans certains cas, ces scories ont été envisagées ou même utilisées comme matériaux de base pour les routes, tandis que dans d'autres cas, les scories ou les poussières de scories ont été dispersées par le vent et se retrouvent en dehors des zones de stockage. Pour notre bien-être et celui des générations futures, nous avons choisi de valoriser ces déchets plastiques en fabriquant des matériaux de construction tels que des pavés autobloquants, que nous avons appelés pavés écologiques. L'utilisation de pavés à base de scories est économique et nous aide à récupérer les scories et les plastiques nuisibles présents dans notre environnement, car le transport des scories par le vent ou les eaux de pluie les amène dans différents espaces publics, voire à obstruer certains endroits. Dans le souci de préserver notre patrimoine naturel et de nettoyer notre ville de Lubumbashi, il est essentiel de souligner que la gestion des déchets est un sujet incontournable pour la protection de l'environnement. Dans cet optique notre étude vise à valoriser ces déchets plastiques et ces scories en fabriquant des pavés autobloquants, que nous avons appelés pavés écologiques. L'utilisation de pavés à base de scories s'avère économiquement avantageuse.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Description de nos matières premières (plastiques et scories)

2.1.1 Plastique

Le plastique, également connu sous le nom de matière plastique, est un mélange contenant une substance de base appelée polymère, qui peut être façonnée et moulée, généralement à chaud et sous pression, pour créer un semi-produit ou un objet fini.

La substance de base, ou résine, est un polymère dérivé de produits intermédiaires tels que l'éthylène, le propylène, l'acétylène, le benzène, etc. Ces matières premières proviennent du pétrole (notamment grâce au procédé de vapocraquage du naphta), du gaz naturel et du charbon.

2.1.2 Scorie

En métallurgie, les scories sont des sous-produits solides qui résultent de la fusion, de l'affinage, du traitement ou de la mise en forme des métaux à des températures élevées. Elles se présentent sous forme de mélanges divers d'oxydes qui flottent à la surface du métal en fusion ou s'en détachent lors de leur manipulation à haute température.

Les scories métallurgiques, qu'elles soient considérées comme des déchets hautement polluants ou comme des coproduits valorisables, revêtent une importance cruciale sur le plan écologique et économique dans le domaine de la métallurgie extractive.

Les pavés sont en général des blocs en béton de forme carrée, rectangulaire ou autobloquant, en fonction des moules on obtient divers types de pavés. Ainsi, les pavés fabriqués pour ce projet sont à base des déchets plastiques, de forme hexagonale. Ces dernières années, le réaménagement des rues et des places publiques a fait de plus en plus appel aux pavés bétons. A côté des qualités bien connues de polymères, les pavés à base des déchets plastiques offrent par ailleurs un certain nombre d'avantages spécifiques, tel une mise en place facile ; Une possibilité étendue de remplacement et de réutilisation, un choix incomparable de formes. Les pavés peuvent remplir diverses fonctions dont l'aspect esthétique n'est pas la moindre.

Voici la méthodologie schématiquement représentée de la fabrication des pavés :

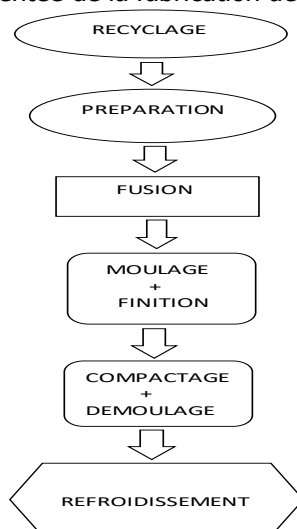


Figure 1 : Schéma fabrication des pavés.

2.2 Recyclage

Cette technique impose une grande rigueur sur le tri des plastiques, la régénération est la technique la plus efficace en termes de rendement de valorisation matières des déchets plastiques. Mais elle nécessite un équipement relativement coûteux et des compétences techniques. Cette étape consiste à présenter un déchet plastique non-souillé et trié par type et qualité de résine pour les différentes opérations à venir.

2.3 Déchet plastique

Elle commence par le triage des déchets. Ce tri s'effectue en écartant d'abord les déchets plastiques d'une manière générale des autres déchets à savoir les papiers, les fers, les bois et autres. Ensuite au sein des déchets plastiques, il est effectué un tri entre les différents types de plastiques. Après le triage, ceux qui sont un peu durs sont déchiquetés. Pour avoir un meilleur résultat, il est très important de :

- Vider les différents emballages plastiques de leur contenu et d'enlever les étiquettes ;
- Déchiqueter et compacter les déchets plastiques ;
- Stocker dans un endroit propre et sec à l'abri de l'humidité.

2.4 Scorie

La scorie utilisée est un rejet pauvre en métal noble issue de la transformation métallurgique, elle est très répandue dans la ville de Lubumbashi plus précisément à l'usine Gécamines (UL/GCM), dont la mesure du taux de radioactivité sur le tas est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Le tableau montre le taux de la radioactivité de la scorie des UL/GCM (Usine de Lubumbashi).

Appareil utilisé	Taux de radioactivité [$\mu\text{Sv/h}$]	
	Bruit de fond	Au contact du matériau
Polymaster	0,14	0,20

Il ressort de ce tableau, qu'aucun rayonnement ionisant n'a été détecté. Le matériau n'a donc pas de risque d'exposition radiologique.

Elle sera utilisée comme charge dans notre matériau. Son incorporation dans le thermoplastique fondu améliore la résistance à la chaleur, la dureté, la résistance à la compression et l'humidité des objets moulés. La scorie joue aussi le rôle de plastifiant afin d'améliorer la fluidité à chaud du mélange.

2.5 Fusion

Après la procédure de triage les déchets sont chauffés et mélangés dans le malaxeur. Il est utile de chauffer le malaxeur avant l'introduction des déchets plastiques. Les paramètres majeurs de la transformation sont la température et le temps. Le plus important est la régulation de la température pour éviter la carbonisation du mélange.

L'agitation thermique active les mécanismes de déformation plastique : dans les matériaux organiques (plastiques), la géométrie des liaisons fortes dans les macromolécules devient plus fluctuante et les liaisons secondaires peuvent disparaître, facilitant le déplacement relatif des chaînes et l'écoulement visqueux sous l'effet des contraintes. Cette opération fournit une pâte fondante et homogène sans bulle. Elle dure 100 minutes environ, la température conditionne principalement la viscosité, les dilatations et retraits, les contraintes résiduelles, la cristallinité. Elle est limitée en fonction de la thermo dégradation du polymère. La dégradation des matériaux de renfort ou d'apport, peut imposer des contraintes supplémentaires. La température de transformation a également des conséquences sur la consommation d'énergie, le refroidissement. La température varie de 150° à 260°C. Après les plastiques, on y verse la scorie jusqu'à ce que ça soit de nouveau homogène, tout en remuant le mélange.

2.6 Moulage et finition

Lorsque la pâte devient homogène, on passe directement à la préparation du moule et au coulage. Par simple raclage de la paroi de la cuve du malaxeur, la pâte sera versée au moule à l'aide d'une pelle. Au contact des parois froides, la pâte prend la forme du moule et se solidifie. Cette opération doit se faire le plus rapidement possible pour que la pâte ne se solidifie pas trop avant le compactage.

2.7 Compactage et démoulage

Le compactage doit être fait correctement lorsque la pâte est trainée dans le moule de sorte à donner une forme propre au pavé. Dès que la pâte se solidifie dans le moule, nous passons au démoulage qui s'effectue lors du décochage.

2.8 Refroidissement

Une fois le démoulage effectué, le pavé mis à l'air libre se refroidira naturellement afin de durcir et prendre sa forme définitive.

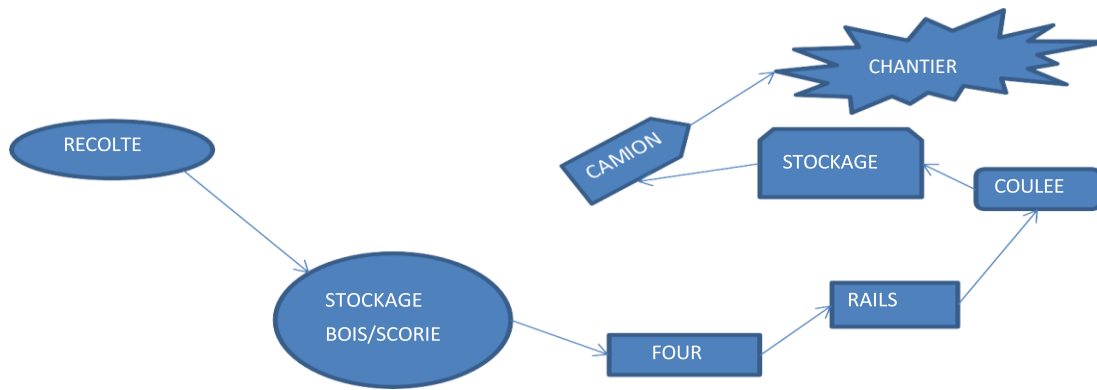


Figure 2 : Flowsheet simplifié représentant les étapes de la production de nos pavés écologiques.

Flowsheet détaillé :

- Récolte : les déchets plastiques, la scorie (usine), les lubrifiants et le bois ;
- Stockage plastique/Bois/scorie : ils sont entreposés dans le box du hangar ;
- Mise à feu du four par l'aide fondeur ;
- Préparation du mélange dans la casserole par le premier fondeur (40 min) ;
- Dépôts de la casserole du mélange cuit par l'opérateur de coulée du four vers la glissière(rails), de la glissière vers le coulage dans les moules préalablement préparé par l'opérateur de coulée (coulage effectué par l'opérateur de coulée accompagné par le premierfondeur toujours sous la supervision du chef d'équipe fondeur) et reprise de la nouvelle préparation par le deuxième fondeur ;
- Démoulage, exposition à l'air libre pour le refroidissement et stockage des pavés par l'opérateur de coulée ;
- Chargement et évacuation des pavés vers le site de pose des pavés (chantier).

3. MATERIELS

Nous utilisons différents équipements dans notre projet. Tout d'abord, nous avons des bêches avec des manches en bois et d'autres avec des manches métalliques. Ces bêches nous permettent de creuser et de préparer le terrain pour la fabrication des pavés écologiques.

Nous utilisons également des casseroles spéciales conçues pour la cuisson des pavés. Ces casseroles sont utilisées dans un four pour chauffer les matériaux et les transformer en pavés solides et durables. Pour transporter les matériaux et les pavés, nous utilisons des brouettes. Cela facilite le déplacement des matériaux sur le chantier de construction. Nous avons également des moules de 8 cm de largeur, qui sont utilisés pour donner la forme et les dimensions appropriées aux pavés. Ces moules nous permettent d'obtenir des pavés uniformes et bien structurés. Un autre équipement important est le râble, également appelé malaxeur. Il est utilisé pour mélanger les matériaux tels que les scories et le plastique de manière efficace et homogène. Cela garantit une meilleure qualité des pavés.

Nous utilisons une table en tôle comme surface de travail pour la fabrication des pavés. Cela nous permet d'avoir un espace propre et organisé pour assembler les différents composants et mouler les pavés. Enfin, nous utilisons du bois de chauffage pour alimenter le four et maintenir une température adéquate lors de la cuisson des pavés.

L'utilisation de ces équipements nous permet de mener à bien notre projet de fabrication de pavés écologiques de manière efficace et professionnelle.

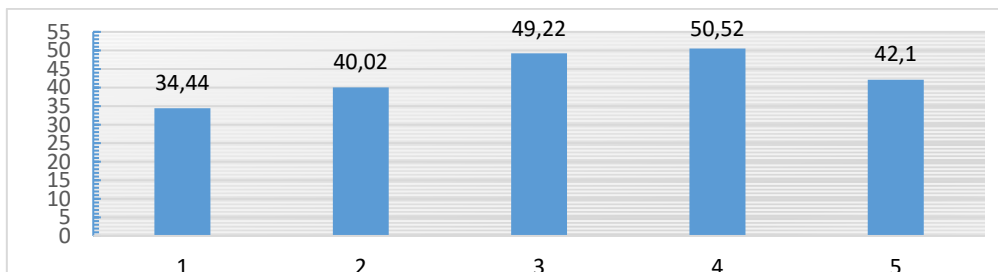
4. RESULTAT ET DISCUSSION

Pour nos essais, nous avons pu obtenir 85 Kg de scories et 51 Kg de plastiques à la GECAMINES/Usine de Lubumbashi. Et, nous avons préparé artisanalement 5 types de pavés à des proportions différentes et, nous avons soumis ses différents pavés à un test mécanique qui est la résistance à la compression et le résultat nous est présenté dans le tableau ci-dessous.

- E1 : nous avons utilisé 5 kg de scorie et 5 kg de plastique, équivalent en proportion 50/50 ;
- E2 : nous avons utilisé 5.5 kg de scorie et 4.5 kg de plastique, équivalent en proportion 55/45 ;
- E3 : nous avons utilisé 6 kg de scorie et 4 kg de plastique, équivalent en proportion 60/40 ;
- E4 : nous avons utilisé 6.5 kg de scorie et 3.5 kg de plastique, équivalent en proportion 65/35 ;
- E5 : nous avons utilisé 7 kg de scorie et 3 kg de plastique, équivalent en proportion 70/30.

Tableau 2 : Le tableau montre la présentation des différents essais.

Essai	Proportion quantité scorie(%)	Proportion quantité plastique (%)	Résistance à la compression(Mpa)
E1	50	50	34,44
E2	55	45	40,02
E3	60	40	49,22
E4	65	35	50,52
E5	70	30	42,1

**Figure 3** : Evolution de la résistance à la compression en fonction des essais (E).

Les résultats des essais sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Essai E1: Proportion en scorie et plastique de 80/20, résistance à la compression de 42,36 MPa.

Essai E2: Proportion en scorie et plastique de 70/30, résistance à la compression de 48,21 MPa.

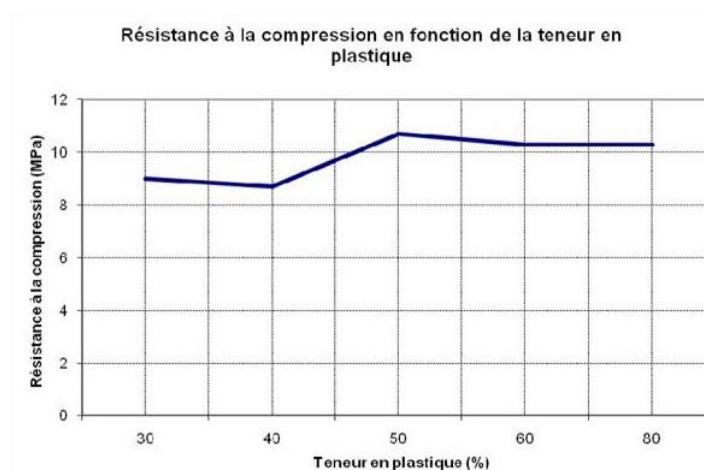
Essai E3: Proportion en scorie et plastique de 60/40, résistance à la compression de 49,85 MPa.

Essai E4: Proportion en scorie et plastique de 65/35, résistance à la compression de 50,52 MPa.

D'après l'observation de la figure 2, on remarque que l'essai E4 avec une proportion en scorie et plastique de 65/35 présente la meilleure résistance à la compression, atteignant 50,52 MPa. Ces résultats sont extrêmement encourageants pour l'utilisation de nos pavés dans les trottoirs et les espaces publics. Une comparaison avec l'étude de Massamba (2020) sur la production de pavés à partir de matériaux plastiques et de granulats recyclés (sables) [9] sera effectuée comme suit :

Tableau 3 : Comportement des mélanges selon leur composition.

Essai	Plastique (%)	Sable (%)	Comportement
1	25	75	Très mauvais
2	29	75	Mauvais
3	50	50	Bon
4	40	60	Assez Bon

**Figure 4**: Variation de la résistance à la compression du mélange plastique/sable en fonction de la teneur en plastique.

D'après le diagramme présenté ci-dessus, il est clair que la résistance mécanique maximale est obtenue avec un mélange de 50% de plastique et 50% de sable, atteignant une valeur de 10,7 MPa. En comparant nos résultats (voir Tableau 2 et Figure 3) à ceux de Massamba (2020), nous pouvons conclure que nos pavés fabriqués à partir de plastiques et de scories sont plus résistants que ceux fabriqués à partir de plastiques et de sables [9].

5. ÉVALUATION DU PROJET

5.1. Cout d'investissement

D'après notre étude, nous pouvons industrialiser notre projet et la rendre autonome par la vente de nos pavés.

Pour cela, nous avons mené une étude sur l'aménagement du site où se déroulera toute notre activité càd :

- Le lieu destiné à la production des pavés doit être une surface totalement plane pour placer les différents foyers (fours). Ainsi pour se faire, nous prévoyons un déblayage de cette surface en utilisant une tractopelle et un camion benne qui servira à évacuer la terre déblayée.
- Nous proposons la construction d'un bloc pour le stockage du bois pour la consommation journalière ainsi que celui servant au stockage de la matière première (plastique léger, plastique lourd et scorie), tel que représenté ci-dessous.

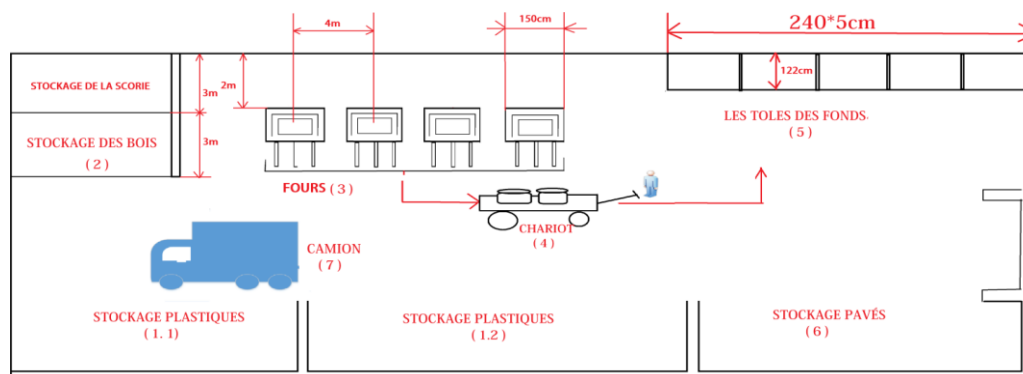


Figure 4 : Aménagement du site ainsi que ses activités.

Le cout d'investissement se présente comme suit :

Tableau 4 : Le tableau montre la synthèse générale du cout d'investissement.

N°	Désignation	Montant USD(\$) + maj% estimatives
1	Déblayage entrepôt	1800
2	Construction des blocs	940
3	Construction des fours	3380
4	Fabrication des charrettes (chariots)	3628
5	Fabrication des glissières en fer U de 76	450
6	Fabrications des tables	4305
7	Fabrication de 135 moules	7050
9	Equipement de sécurité (EPI)	1950
10	Achat matériel de production (brouette, pelle,)	1700
TOTAL GENERAL		25203

5.2. Frais de fonctionnement

- Carburant : Un volume de 300 litres par semaine est alloué au camion pour ses activités, soit environ 1200 litres le mois.
- Entretien camion : L'ensemble des soins visant au maintien dans un bon état de fonctionnement le camion est estimé à 75\$ la semaine.
- Amortissement camion : Suite à la diminution de la valeur due à l'usure ou au vieillissement du camion nous suggérons pour 5 ans un frais d'amortissement de 150\$ par semaine.
- Achat bois : L'achat des bois de 8 palettes la semaine est évalué à 200\$.
- Maintenance matérielle : L'entretien et la réparation des matériels sont évalués à 50\$.
- Frais des soins médicaux : Elle est évaluée à 2000\$ pour tous les agents.
- Salaire des Travailleurs : La rémunération régulière versée pour chaque travailleur est estimée à :

Tableau 5 : Le tableau montre le frais de rémunération des employés.

	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire(\$)	Prix total(\$)
1	Chef de production	Salaire	1	1300	1300
2	Chargé collecte matière première	Salaire	1	800	800
3	Chargé magasin	Salaire	1	800	800
4	Chargé sécurité	Salaire	1	800	800
5	Chargé maintenance	Salaire	1	800	800
6	Chef d'équipe fondeur	Salaire	1	450	450
7	Fondeur	Salaire	16	350	5600
8	Technicien de maintenance	Salaire	4	350	1400
9	Convoyeur camion (assainissement)	Prime	8	100	800
10	Agent d'entretien d'usine (assainissement)	Prime	4	100	400
11	Chauffeur	Prime	2	150	300
Total mensuel					13450
Total hebdomadaire					3362.5

5.3. Coût total estimatif du frais de fonctionnement

Elle est évaluée comme suit :

Tableau 6 : Le tableau montre le frais de fonctionnement.

	Désignation	Coût (\$)
1	Entretien camion	75
2	Amortissement camion	150
3	Maintenance matériel	50
4	Achat bois	200
4	Frais des soins médicaux	2000
5	Salaire des travailleurs	13450
Total général mensuel		15925
Total général hebdomadaire		3981.25

5.4. Prix de vente du pave

L'ensemble du cout hebdomadaire alloué à la production est évalué à 3981.25\$/semaine. Donc pour 1m² (25 pavés) de production des pavés nous dépensons 20\$, notre pavé peut donc être vendu à 20\$/m², comme l'indique le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Le tableau montre la proposition de prix de vente des pavés.

types de pavés	proposition de prix
pavé de 5 kg	20\$/m ²

6. CONCLUSION

En guise de conclusion, avec l'appui financier de l'état ou du particulier, pour lancer la production de nos pavés écologiques le coût d'investissement s'élève à 25203 \$ hormis la location des engins roulants si nécessaire pour un frais de fonctionnement mensuel estimé à 15925 \$. En effet, après avoir réalisé une brève description du projet ainsi que son étude de faisabilité, nous avons pu évaluer la rentabilité de notre projet et en vue de l'autonomisation du projet nous proposons la création d'une cellule de vente de nos produits au prix de 20\$/m². Nos pavés écologiques seront placés sur tous les trottoirs et place publique de la ville de Lubumbashi. Comme précédemment dit, si, le gouvernement provincial du Haut Katanga ou une aide extérieure accepte notre projet, cela prouvera à suffisance que notre projet est viable et également rentable. Et dès lors que le projet sera exécuté, au bout de 5 ans la ville de Lubumbashi sera débarrassée à 80% des déchets plastiques qui polluent son environnement. En perspectives, notre travail mérite d'être approfondie par l'étude d'autres aspects mécaniques pour apprécier d'avantage l'intérêt de ce projet afin d'élargir l'utilisation de ces pavés sur la voie routière.

7. REFERENCES

1. Carlos J, Education environnementale en pratique : concepts et applications, Author's Ed 2021.
2. Zigani G., (2010), Etude socio-économique sur la valorisation du plastique souple en pavés ; PSRDO-CER.
3. Cerib (2009), Voirie et aménagement public, Guide de confection des ouvrages réalisés à partir des pavés, dalles, bordures et caniveaux préfabriqués en béton, p92.
4. Claude D., (2004) « Matières plastiques et environnement, Recyclage valorisation-Biodégradabilité-Ecoconception, l'usine nouvelle », DUNOD, 2^e édition, 310p.
5. Fanny, T. (2009). Mise en place d'une unité de transformation de sacs plastiques en pavés. Rapport de stage à l'Association pour un avenir ensoleillé (PAE) TOGO, Université Pierre Mendès-France.
6. Poulin A, Morin J, Pollution plastique, Edition de l'Isatis 2021.
7. Papapietro Matsuda C, La conscience verte du plastique, INTRAMUROS 2020, 203p
8. Bui S, No more plastic, Crash Magazine 2021, 94p. Disponible dans : <https://www.nomoreplastic.co/>.
9. Rodrigo Diaz BABI MASSAMBA. La production des pavés à partir de matériaux plastiques et de granulats recyclés (sables). Mémoire, 2020 décembre 28. Disponible dans : <https://congomemoire.net/content/la-production-des-paves-a-partir-de-materiaux-plastiques-et-granulats-recycles-610>



How to cite this article: Demers KYUNGU LUKOMBA et John SILOE MWENGE KAHINDA. LA VALORISATION DES DECHETS PLASTIQUES PAR LA PRODUCTION DES PAVES ECOLOGIQUES A PARTIR DU RECYCLAGE DES MATERIAUX PLASTIQUES ET GRANULATS RECYCLES (SCORIES). *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(6): 1-7.

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/>