
M.E.S., Numéro 131, Vol.2, novembre – décembre 2023

<https://www.mesrids.org>

Dépôt légal : MR 3.02103.57117

N°ISSN (en ligne) : 2790-3109

N°ISSN (impr.) : 2790-3095

Mise en ligne le 18 novembre 2023



Revue Internationale des Dynamiques Sociales

Mouvements et Enjeux Sociaux

Kinshasa, novembre - décembre 2023

**CONCEPTION D'UN DISPOSITIF FILTRANT ET SON EFFICACITE
DANS LE TRAITEMENT DE LA FUMEE ISSUE DU RECYCLAGE ARTISANAL
A CHAUD DES DECHETS THERMOPLASTIQUES BASSES ET HAUTE DENSITE
ET POLYETHYLENE TEREPHTALATE POUR LA FABRICATION
DE PAVES DANS LA VILLE DE KINSHASA**

par

Alfa WEYA MAZINKENE

Angèle TABU MAKUSI

Dieudonné MUSIBONO EYUL'ANKI

Emmanuel BIEY MAKALY

(Tous) Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement

Haddy MBUYI KATSHIATSHIA

Centre de Recherche en Energies Renouvelables, Faculté Polytechnique,

(Tous) Université de Kinshasa

Didas MPURU MAZEMBE

Institut Supérieur d'Architecture et d'Urbanisme de Kinshasa

Résumé

Cette étude qui renvoie spontanément à une science de la nature, abrite une dimension sociale qui la fait accepter dans cette revue de la dynamique sociale car touchant à la dimension socio environnementale liée à la protection de la santé communautaire ou publique.

En effet, dans le cadre de la technique de recyclage artisanal à chaud des thermoplastiques (PEBD, PEHD et PET) pour lutter contre la pollution plastique dans la ville de Kinshasa, il est important d'apporter d'autres mesures pour lutter contre les méfaits provenant de cette technique : la pollution atmosphérique générée par l'émission de la fumée issue de la fusion des déchets thermoplastiques dans la marmite et l'exposition du personnel travaillant à l'inhalation des gaz toxique et donc éléments toxiques s'il n'est pas protégé. Voilà le pourquoi de cette étude qui vise à tester l'efficacité d'un dispositif filtrant pour épurer les fumées issues de la fusion des déchets thermoplastiques pour la fabrication d'autres matériaux plastiques (pavés).

Un capteur de gaz "Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor : SGP30" connecté à un ordinateur est placé à la partie d'extraction et d'évacuation des fumées. Pendant 5 minutes, nous avons échantillonné à 25%, 50%, 75% et 100%, le nombre de COV et d'eCO₂ contenus dans cette fumée avant et après son passage à travers le filtre constitué de compost organique.

Le capteur de gaz "Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor : SGP30" a compté 60000 COV avant et 18206 après le passage de la fumée dans le filtre. Pour l'eCO₂, 57230 particules sont comptées avant et 54772 après le passage de la fumée à travers le filtre.

Les résultats obtenus indiquent que le dispositif filtrant est efficace à 69,7% pour l'absorption des COV et moins efficace à 4,3% pour l'eCO₂. Cette technique mérite une considération particulière pour l'assainissement de la ville de Kinshasa contre la pollution atmosphérique et plastique.

Mots-clés : *dispositif filtrant, traitement, fumée, recyclage et déchets plastiques*

Abstrat

In the context of the technique of hot artisanal recycling of thermoplastics (LDPE, HDPE and PET) to fight against plastic pollution in the city of Kinshasa, it is important to bring other measures to fight against atmospheric pollution that generates this technique. This article aims to test the effectiveness of a filtering device to purify the smoke resulting from the fusion of thermoplastic waste for the manufacture of other plastic materials.

A "Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor: SGP30" gas sensor connected to a computer is placed at the extracting and evacuating part of the smoke. For 5 minutes, we sampled at 25%, 50%, 75% and 100%, the number of VOC and eCO₂ contained in this smoke before and after it passed through the filter consisting of organic compost.

The "Grove – VOC and eCO₂ Gas Sensor: SGP30" gas sensor counted 60,000 VOC before and 18,206 after the smoke passed through the filter. For eCO₂, 57230 particles are counted before and 54772 after the passage of smoke through the filter.

The results show that the filter device is 69.7% efficient in absorbing VOC and less efficient at 4.3% for eCO₂. This technique deserves special consideration for the sanitation of the city of Kinshasa against atmospheric and plastic pollution.

Keywords: Filtering device, treatment, smoke, recycling and plastic waste.

INTRODUCTION

Dans la ville de Kinshasa, la mégestion des déchets n'est pas une préoccupation nouvelle dans la mesure où elle interroge, décourage et intéresse toutes les couches de la société (Bangoura, 2017). De ce qui précède, il a été analysé que sans destination véritable, la ville génère par jour 9000 tonnes de déchets, dont 69% de biodégradables, 17% de plastiques, 5% de textiles, 3% de métaux, 3% d'inertes (sable), 2% de verre et 1% de caoutchouc (Weya, 2013). De tous ces déchets, les plastiques post-consommations avec leur durée de vie d'au moins 100 ans avant d'être rendus à la nature, portent atteintes à la santé et l'environnement : ils encombrant et enlaidissent les espaces urbains, obstruent les cours d'eau, dégradent les habitats, sans oublié la recrudescence des maladies vectorielles, le paludisme, etc. (Campan, 2007 ; Vuni et al., 2021). Les résultats obtenus de ce recyclage artisanal à chaud sont significatifs en la production d'autres matériaux (pavés), malheureusement ce processus engendre un autre problème, la pollution atmosphérique due à l'émission de la fumée issue de la fusion des déchets thermoplastiques dans la marmite. Voilà pourquoi, cette étude, qui constitue une contribution à la gestion des déchets plastiques à Kinshasa est initiée pour améliorer le recyclage artisanal à chaud et à petite échelle de ces types des déchets en traitant la fumée pour préserver la qualité de l'air. Pour cette raison, il a été pensé que l'amélioration de la technique de recyclage par l'ajout d'un dispositif filtrant contenant une masse filtrante à base du compost organique serait une solution pour rendre ce processus écologique, en purifiant la fumée et ainsi contribuer à l'assainissement de la ville de Kinshasa.

I. MÉTHODOLOGIE

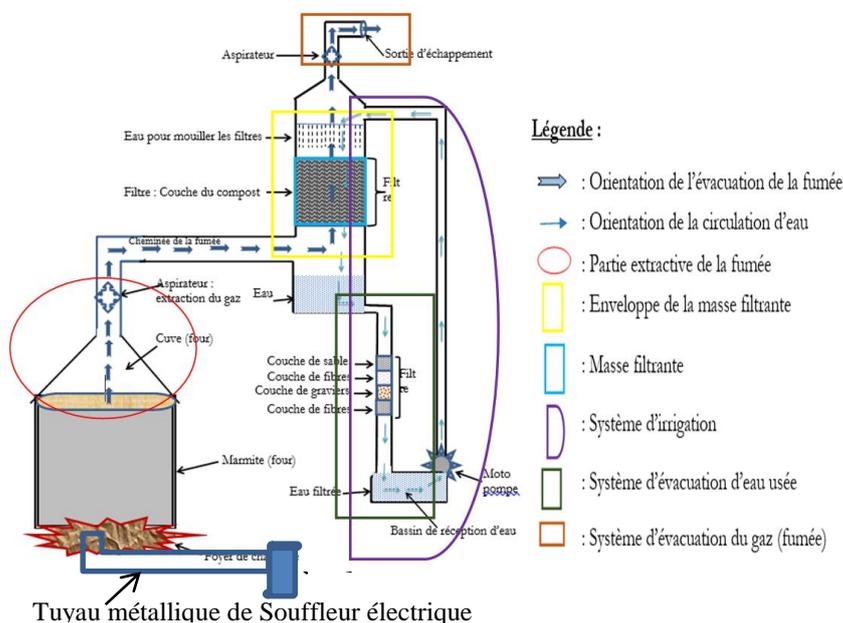
1.1. Milieu d'études

Le laboratoire mécanique de l'Institut Technique de la Gombe et l'atelier du Centre de Traitement des Déchets (CTD) sont les 2 milieux d'études. Le premier, situé au n°5 de l'av. de la Science/ commune de la Gombe, a servi à la fabrication du dispositif filtrant et le second, qui a servi à l'expérimentation de ce dispositif filtrant est situé derrière la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Kinshasa.

1.2. Matériel et méthodes

Les principaux matériels utilisés sont : le dispositif filtrant et le capteur de gaz Grove – VOC and eCO₂ Gas Sensor : SGP30.

1.2.1. Conception du dispositif filtrant



MES-RIDS, n°131, vol 1, novembre, décembre 2023
 Figure 1. Schéma du dispositif filtrant de traitement de la fumée

Le système de filtration est composé de 6 parties : la partie extractive de la fumée, l'enveloppe du filtre, la masse filtrante, le système d'irrigation, le système de drainage des eaux usées et le système d'évacuation des gaz traités. Les accessoires de fonctionnement en chlorure de polyvinyle (PVC 2k) pour la conduction de l'eau sont fixés à un bassin en plastique dans lequel se trouve une motopompe qui fait circuler l'eau dans le dispositif afin de l'humidifier pour la survie et l'activité des micro-organismes. En outre, une marmite alimentée au charbon de bois et équipée d'une soufflerie électrique est installée pour faire fondre les déchets plastiques proportionnés à l'aide d'une balance Saco.

1.2.2. Principes du fonctionnement et d'utilisation du capteur Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor : SGP30

Cet équipement est un dispositif de détection de la qualité de l'air basé sur le module grove SGP30 pour fournir les émissions de COVt (composés organiques volatils totaux) et d'eqCO₂ (Ada Lady, 2020). Le fonctionnement du capteur se déroule en 3 étapes : le calibrage du capteur de manière à détecter les différentes longueurs d'onde, l'envoi d'un rayonnement infra-rouge pendant un temps et la capture de cette lumière infra-rouge et enfin, l'analyse des particules suivant la capacité d'analyse de la longueur d'onde reçue. Pour l'utilisation, connecté à un ordinateur, le capteur est placé à l'entrée de la partie extractive et à la sortie de la fumée pendant 5 minutes pour analyser les COV et les eCO₂ contenus dans la fumée. Des logiciels informatiques : Le microprocesseur "Arduino" et "Python de modul pandas" sont utilisés pour déterminer l'efficacité de ce dispositif filtrant (équation 2).

$$E = \frac{Cav - Cap}{Cav} \times 100$$

(Equation 2) (Riquier, 2011)

Avec : **E** = Efficacité, **Cav** = nombre des composés avant le filtre et **Cap** = nombre des composés après le filtre.

II. RÉSULTATS

2.1. Résultats relatifs au dispositif filtrant

2.1.1. Fabrication et fonctionnement du dispositif filtrant



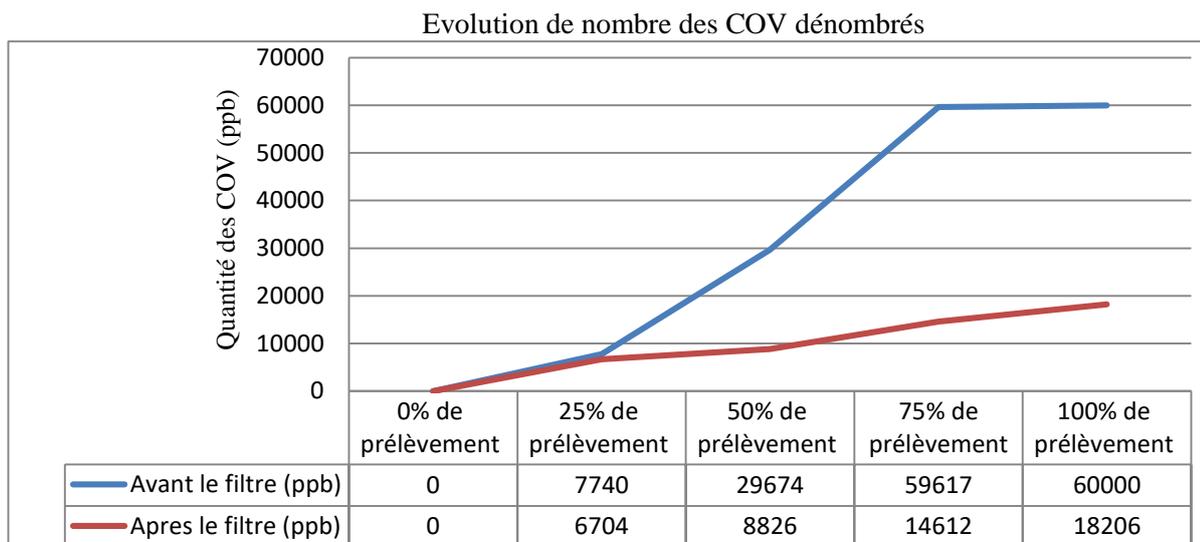
Figure 2. Présentation du dispositif filtrant fabriqué

Le squelette du dispositif était essentiellement constitué des tôles métalliques en fer de 2 mm d'épaisseur. Les tôles étaient d'abord découpées selon la dimension de son emplacement avec la scie métallique, ensuite nettoyées avec une meuleuse et enfin soudées avec des baguettes moyennant un post à souder.

Deux aspirateurs électriques placés de part et d'autre de la masse filtrante sont alimentés par des fils électriques de section 2^{1/5} pour aspirer la fumée issue de la fusion des thermoplastiques dans la marmite pour le premier et pour rejeter dans l'atmosphère la fumée épurée après son passage dans la masse filtrante (compost) qui a servi d'absorbant des substances polluantes et toxiques (COV et eCO₂).

2.1.2. Dénombrement des composés organiques volatils (COV) identifiés

L'évolution de nombres des COV identifiés par le capteur de gaz, avant et après le passage de la fumée à travers la masse filtrante est présentée dans la figure 3.



La figure 3 indique qu'à la fin (100%) de prélèvement effectué à 5 minutes, le capteur "Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor (SGP30)" a dénombré 60000 particules organiques volatiles avant le passage de la fumée à travers le filtre et 18206 après le filtre. Il induit que le dispositif filtrant a réussi à absorber 41794 COV.

2.1.3. Dénombrement des particules des gaz à effet de serre (équivalents dioxyde de carbone : eCO₂) identifiées

Le dénombrement des particules des gaz à effet de serre (équivalents dioxyde de carbone : eCO₂) tel qu'identifié par le Capteur des gaz Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor : SGP30) est présentée dans la figure 4.

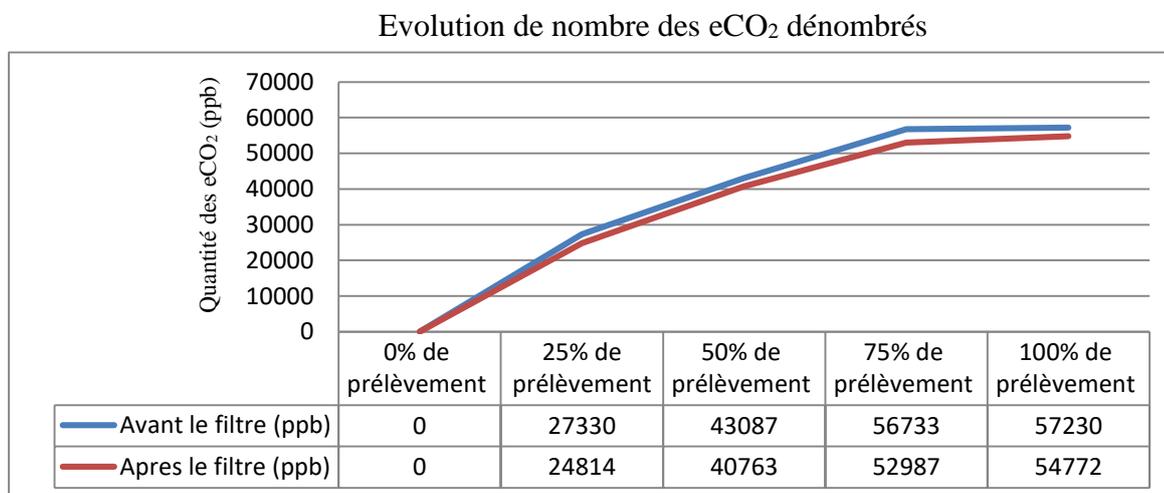


Figure 4. Dénombrement des particules des gaz à effet de serre (eCO₂)

La figure 4 indique qu'à la fin (100%) de prélèvement effectué, le capteur "Grove - VOC and eCO₂ Gas Sensor (SGP30)" a dénombré 57230 particules des gaz à effet de serre (équivalents dioxyde de carbone : eCO₂) avant le passage de la fumée à travers le filtre et 54772 après le filtre. Il induit que le dispositif filtrant a retenu 2458 eCO₂.

2.1.4. Test d'efficacité du dispositif filtrant

2.1.4.1. Efficacité du dispositif filtrant à absorber les COV

$$E = \frac{C_{av} - Cap}{C_{av}} \times 100 = \frac{60000 - 18206}{60000} \times 100 = 69,7\%$$

Il montre que le dispositif filtrant est efficace à 69,7% à épurer la fumée face aux COVs.

2.1.4.2. Efficacité du dispositif filtrant à absorber les eCO₂

$$E = \frac{C_{av} - Cap}{C_{av}} \times 100 = \frac{57230 - 54772}{57230} \times 100 = 4,3\%$$

Il montre que le dispositif filtrant est efficace à 4,3% à épurer la fumée face aux eCO₂.

2.2. Résultats relatifs au recyclage des déchets thermoplastiques

2.2.1. Résultats relatifs aux paramètres de fabrication des pavés, au poids des pavés et à la perte de poids des matières

Tableau 1. Valeurs des paramètres relatifs à la fabrication des pavés, au poids des pavés et à la perte de poids des matières

Matières principales	Fréq. absolue (Kg)	Fréq. relative (%)
Sachets plastiques	6	30
Bouteilles plastiques	1	5
Sable	13	65
Poids total des matières	20	100
Variables obtenues	Valeurs	
Temps d'homogénéisation : sachets + bouteilles + sable	49 minutes	
Qualité de la pâte	Noire facilement moulable	
Nombre de pavés obtenus après 24h de refroidissement	8	
Poids total des 8 pavés (en kg)	15,43	
Poids moyen des pavées (en kg)	1,93	
Perte de poids des matières (sachets, bouteilles, sable) (kg)	4,57	

Tableau 2. Poids de 8 pavés obtenus

N° Pavé	Poids (en kg)
1 ^{er} pavé	2,02
2 ^{ème} pavé	2,04
3 ^{ème} pavé	2,04
4 ^{ème} pavé	2,06
5 ^{ème} pavé	2,12
6 ^{ème} pavé	1,08
7 ^{ème} pavé	2,06
8 ^{ème} pavé	2,01
Poids total	15,43
Poids moyen	1,93



Figure 5. Présentation des 8 pavés obtenus

Selon les tableaux 1 et 2 et la figure 5, il s'observe que le mélange de 30% des sachets, 5% des bouteilles et 65% de sable a donné après 49 minutes une pâte homogène noire. 8 pavés de poids moyen 1,93 kg ont été obtenus et la perte de poids des matières est de 4,57 kg (soit 22,85%).

2.2.2. Résultats relatifs au test de résistance des pavés

2.2.2.1. Valeurs des paramètres de test de résistance

Tableau 3. Valeurs des paramètres de test de résistance

Paramètres	Moyenne
Volume moyen (cm ³)	1125
Poids moyen (gr)	1932,5
Densité moyenne (g/cm ³)	1,72
Surface comprimée utile moyenne (cm ²)	225
Charge de rupture moyenne (kg)	55750
Contrainte de rupture moyenne (bars ou kg/cm ²)	248
Résistance moyenne (N/mm ²)	24,8

Du tableau 3, il est observé qu'avec un volume moyen de 1125 cm³, un poids moyen de 1932,5 gr, une surface comprimée utile moyenne de 225 cm² et une charge de rupture moyenne de 55750 kg, les pavés ont présentés une résistance moyenne de 24,8 N/mm².

2.2.2.2. Réaction des pavés soumis au test de résistance



1. Avant la compression

2. Lecture dans le manomètre

3. Pendant la compression

4. Après la compression

Figure 6. Illustration de la Réaction des pavés soumis au test de résistance

III. DISCUSSION

L'objectif poursuivi dans cette étude était la mise en place d'un dispositif d'épuration de la fumée issue du recyclage artisanal à chaud des déchets thermoplastiques pour la fabrication de pavés. Les résultats obtenus montrent que :

- Le capteur de gaz Grove - Capteur de gaz VOC and eCO₂ : SGP30 a compté à la fin de 5 minutes, 60000 COV avant et 18206 après le passage de la fumée à travers la masse filtrante. Il montre une efficacité de 69,7% du dispositif filtrant à épurer la fumée contenant les COV. Cette efficacité se justifie par l'usage du compost comme masse filtrante qui est une technique d'épuration des gaz de combustion de plus en plus envisagée pour la valorisation des matières résiduelles organiques (Bennama Tahar, 2016 ; Hébert et Marc, 2015). Cela prouve que ce système mérite une attention particulière pour le traitement des COV contenus dans la fumée issue de la fusion des thermoplastiques post-consommations lors de leur recyclage ;
- La masse filtrante n'a absorbé que 4,3% des eCO₂ car le nombre capté est de 57230 avant et 54772 après la masse filtrante. La faible efficacité du dispositif filtrant dans l'absorption des eCO₂ contenus dans la fumée peut être argumenté par les observations de Fatiha Dergal (2013) qui a constaté que : actuellement, la capture du CO₂ par « lavage aux amines demixantes » est la technique la plus avancée

et la mieux adaptée selon plusieurs types d'installations industrielles émettrices de CO₂. De ce qui précède, la non-utilisation de la technique de lavage aux amines demixantes, dans notre cas, est due au fait qu'elle est très contraignante car « elle nécessite beaucoup d'énergie associée à la régénération du solvant », ce qui rend le procédé de captage 16 fois plus élevé que le coût d'installation du système de filtration, qui est de 622,5 \$ (Molina, 2013). Voilà pourquoi Husson (2015) a dit que parmi les procédés, le plus important est celui qui conduit à la réduction de taux des polluants contenus dans la fumée. Ce taux de rabattement dépend d'abord de la composition du filtre, puis du scénario du dispositif tel que conçu et enfin de l'extraction de la fumée en grande quantité, notamment pour ce type de procédé (Bahers, 2012).

Dans leurs études, Lopez et al. (2013) ont constaté que dans le cas de l'absorption de polluants tels que les gaz à effet de serre, les caractéristiques du dispositif filtrant ont une influence sur les performances du procédé et sur le coût d'investissement et d'exploitation de ce dispositif. Soupramanien (2012) a également observé qu'une grande variété de matériaux de filtrage (tourbe, compost, boues granulaires, copeaux de papier, écorce de pin, fibre de coco, roche volcanique, charbon actif, matériaux synthétiques) est nécessaire dans la composition de la masse filtrante car leur influence sur les performances d'épuration des gaz a été largement démontrée à l'échelle du laboratoire. Selon leurs résultats, les auteurs ci-dessous ont listé les principales caractéristiques à considérer pour le choix d'un dispositif filtrant approprié ; d'une part, il y a la surface spécifique et la porosité qui améliorent la surface de filtration entre l'entrée et la sortie du filtre et d'autre part, la capacité de rétention d'eau qui maintient l'humidité constant au sein du dispositif filtrant favorable à la rétention de composés organiques volatils ou d'équivalents carbone (Majoli, 2005 ; Benmachou, 2005).

- Les résultats pour la fabrication de pavés montrent qu'à des proportions de 30% (6 kg) de sachets, 5% (1 kg) de bouteilles et 65% (13 kg) de sable, 8 pavés de poids moyen 1,93 kg ont été fabriqués et la perte de poids des matières constatée est de 22,85% (soit 4,57 Kg). En effet, le recyclage artisanal des déchets plastiques entraîne toujours une perte de poids des matières (Lhotellier et al., 2016). Lors de ses expérimentations sur le recyclage des déchets plastiques, Turlan (2013) a noté que : « Lorsque des déchets plastiques de différents types sont mélangés, le recyclage rencontre des problèmes d'incompatibilité parce que la différence de température de fusion entraîne dans la plus part de cas à la perte de poids des matières due essentiellement à l'évaporation du pétrole qui est la matière principale de la fabrication des plastiques. Ainsi, le recyclage issu du mélange de plusieurs types de plastiques conduit à une diminution de la qualité des caractéristiques mécaniques du produit final et de celle des matières mélangées (Buyck, 2018 ; Bolo et Prévile, 2023). En tenant compte de la relation entre l'échelle des valeurs de la résistance moyenne et les utilisations appropriées données dans le tableau 4, les pavés fabriqués sont appropriés pour l'utilisation de petites structures : maison simple (sans plancher), fosse septique, etc.

Tableau 4. Échelle des valeurs de résistance moyenne et utilisation appropriée

Qualités des bétons	Dosage en ciment en kg/m ³	Résistance moyenne en N/mm ²	Résistance caractéristique en 28 jours (N/mm ² ou Mpa)		Usages appropriés
			En compression	En traction	
Bétons de faible résistance	150 - 300	20-25	≥16	≥1,6	petits ouvrages : maison simple (sans étage), fosse septique,...
Bétons courants	300 - 350	25-30	≥20	≥1,8	
Bétons de haute résistance	350 - 400	30-35	≥25	≥2,1	grands ouvrages : immeuble, colonne de maison en étage, pont, culée
Bétons de résistance exceptionnelle	400 et plus	35-40	≥30	≥2,4	ouvrages spéciaux : gratte-ciel, barrage, grand pont,...

(Source : Dreux, 1981)

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude conduisent aux conclusions suivantes :

- le dispositif filtrant ne contenant que le compost comme « masse filtrante » a été efficace à 69,7% pour absorber les composés organiques volatiles (COV) et moins efficace à 4,3% pour retenir les équivalents dioxyde de carbone (eCO₂). Ceci nécessite, malgré son coût plus élevé, l'application de la technique du « lavage aux amines demixantes » qui est la plus avancée et adaptée à tous types d'installations industrielles émettrices de CO₂ ou encore la composition de la masse filtrante constituée des plusieurs couches (tourbes, compost, fibres, fibres, charbon actif, etc.).
- avec 30% (6 kg) de sachets, 5% (1 kg) de bouteilles et 65% (13 kg) de sable, 8 pavés ont été fabriqués, la perte de poids des matières constatée est de 22,85% (soit 4,57 kg) et la contrainte moyenne à la rupture (résistance) est de 24,8 N/mm². Ces valeurs démontrent que les pavés obtenus peuvent être utilisés dans la construction de petites structures : maison simple (sans plancher) et fosse septique.

Le recyclage à chaud des déchets thermoplastiques pour produire des pavés grâce à l'incorporation d'un dispositif d'épuration des fumées mérite une attention particulière pour l'assainissement de la ville de Kinshasa dans l'élimination des déchets thermoplastiques, qui constitue en nos jours un casse-tête pour toutes les couches sociales.

Dans le futur, il est prévu de dynamiser cette étude en développant un dispositif contenant plusieurs filtres : compost, fibres, pierres et sable, afin d'augmenter l'efficacité du dispositif dans l'épuration de la fumée provenant de la fusion des thermoplastiques dans la marmite. De plus, il peut s'agir de passer carrément au mode de production industrielle avec l'utilisation de machines adaptées telles que « Extrudeuse » pour recycler dans des conditions de « zéro pollution atmosphérique ».

BIBLIOGRAPHIQUE

- Ada Lady, 2020. Adafruit SGP30 TVOC/eCO₂ Gas Sensor, ©Adafruit Industries. 22p.
- Bahers Jean-Baptiste, 2012. Dynamiques des filières de récupération-recyclage et écologie territoriale : l'exemple de la filière de traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) en Midi-Pyrénées. Géographie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II. HAL, Open science. 492p.
- Bangoura Marie Rose, 2017. Gestion des déchets solides ménagers et ségrégation Socio-Spatiale dans la ville de Conakry (Guinée). Thèse en vue de l'obtention doctorat de l'Université Fédérale de Toulouse. Ecole doctorale et discipline. spécialité : ED TESC : Géographie et aménagement. LISST-Dynamiques rurales. 560p.
- Benmachou Kader, 2005. Etude et modélisation du colmatage d'un filtre plissé. Thèse présentée pour obtenir le titre de Docteur de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. École doctorale : Energétique et Dynamique des Fluides Spécialité : Dynamique des Fluides. 223p.
- Bennama Tahar, 2016. « Les bases de traitement des déchets solides » – Polycopié de Cours – Conçu à l'usage des étudiants de Master & Licence en Génie des Procédés, Génie de l'Environnement et Chimie de l'Environnement. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « Mohamed Boudiaf » Faculté de Chimie – Département de Génie Chimique. 85p.
- Bolo Philippe et Préville Angèle, 2023. Le recyclage des plastiques. Les notes scientifiques de l'Office. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Notes N° 39. Assemblée Nationale & Senat. France. 21p.
- Buyck Maxime, 2018. Gestion des déchets plastiques et détection de micro-déchets plastiques en station d'épuration en Wallonie. Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de master bioingénieur en Sciences et Technologies de l'environnement. Université de Liège/Gembloux - Agro-Bio Tech (GxABT). 101p.
- Campan Florence, 2007. Le traitement et la gestion des déchets ménagers à la Réunion : approche géographique. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de la Réunion, Spécialité : Géographie Humaine et Environnementale. Université de la Réunion, Faculté des lettres et sciences sociales. 421p.
- Dreux Georges, 1981. Nouveau guide du béton. 3ème éd. EYROLLES, Paris. 307p.
- Fatiha Dergal, 2020. Captage du CO₂ par les amines demixantes. Thèse en Convention de Cotutelle Internationale présentée pour l'obtention du grade de Docteur en chimie ; mention :

- Chimie-physique. Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen, Faculté des Sciences - Département de chimie. République Algérienne. 63p.
- Hébert, Marc, 2015. Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes : Critères de référence et normes réglementaires. Québec. 222p.
 - Husson Jean-François, 2015. Rapport fait au nom de la commission d'enquête (1) sur le coût économique et financier de la pollution de l'air. Dépôt publié au Journal Officiel - Édition des Lois et Décrets du 9 juillet 2015. N° 610 Sénat session extraordinaire de 2014-2015. Paris. 306p.
 - Lhotellier J., Henneuse C. et Nedellec V., 2016. Recyclage des emballages plastiques ayant contenu des produits dangereux, conditions techniques et réglementaires. Rapport final. REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement (RECORD). Etude N°15-0154/1A. 155p.
 - Lopez A., Nancy D., Roizard D., Favre E. et Dufour A., 2013. Les procédés de capture du CO₂. Cas des unités de traitement et de valorisation thermique des déchets. Etat de l'art. Rapport final. Etude RECORD n°11-0236/1A. 119p.
 - Majoli Laetitia, 2005. Elaboration, caractérisation et étude des performances de nouveaux adsorbants hydrophobes : application aux atmosphères odorantes et/ou chargées en composés organiques volatils. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne Spécialité : Science et Génie de l'Environnement. 232p.
 - Molina Carol Toro, 2013. Comparaison du captage du CO₂ en postcombustion par des solutions d'ammoniacale et d'amines organiques : Évaluation en contacteurs direct et indirect, par des approches cinétiques, thermodynamiques et par modélisation. Autre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. 157p.
 - Riquier Laurent, 2011. Biofiltration du Biogaz 2009/2011. Rapport de synthèse. Sociétés VEOLIA Propreté, SITA France et COVED. ADEME. Paris, France. 38p.
 - Soupramanien Alexandre, 2012. Traitement d'effluents gazeux malodorants issus du secteur industriel du traitement des déchets par voie biologique : étude du couplage lit percolateur/biofiltre. Génie des procédés. Ecole des Mines de Nantes. 225p.
 - Turlan Tristan, 2013. Les déchets : collecte, traitement, tri, recyclage. 2d. Dunod, Paris, ISBN 978-2-10-058531-1. 211p.
 - Vuni Simbu Alexis , Likinda Bononga Hubert, Kisangala Muke Modeste, Aloni Komanda Jules, N'zau Umba-di- Mbudi Clément, 2021. Analyse du Système d'Evacuation des Eaux Usées Domestiques et Pluviales dans le Quartier Industriel/Commune de Limete, Kinshasa. In Congo Sciences Journal / ACASTI ISSN: 2410-4299, an International Journal. Volume 9. Pp1-8.
 - Weya M. A., Biey M. E., Binzangi K. L., Musibono E. D., Kitenge M. J., Bigohe N. D., Akiabo O. L. et Wumba M. P., 2013. Impacts de déchets sachets plastiques dans la ville de Kinshasa et étude de possibilité de leur revalorisation en pavés. In la revue de la chaire de dynamique sociale : Mouvements et enjeux sociaux, N°82 janvier-février 2014. UNIKIN. Pp 155-171.