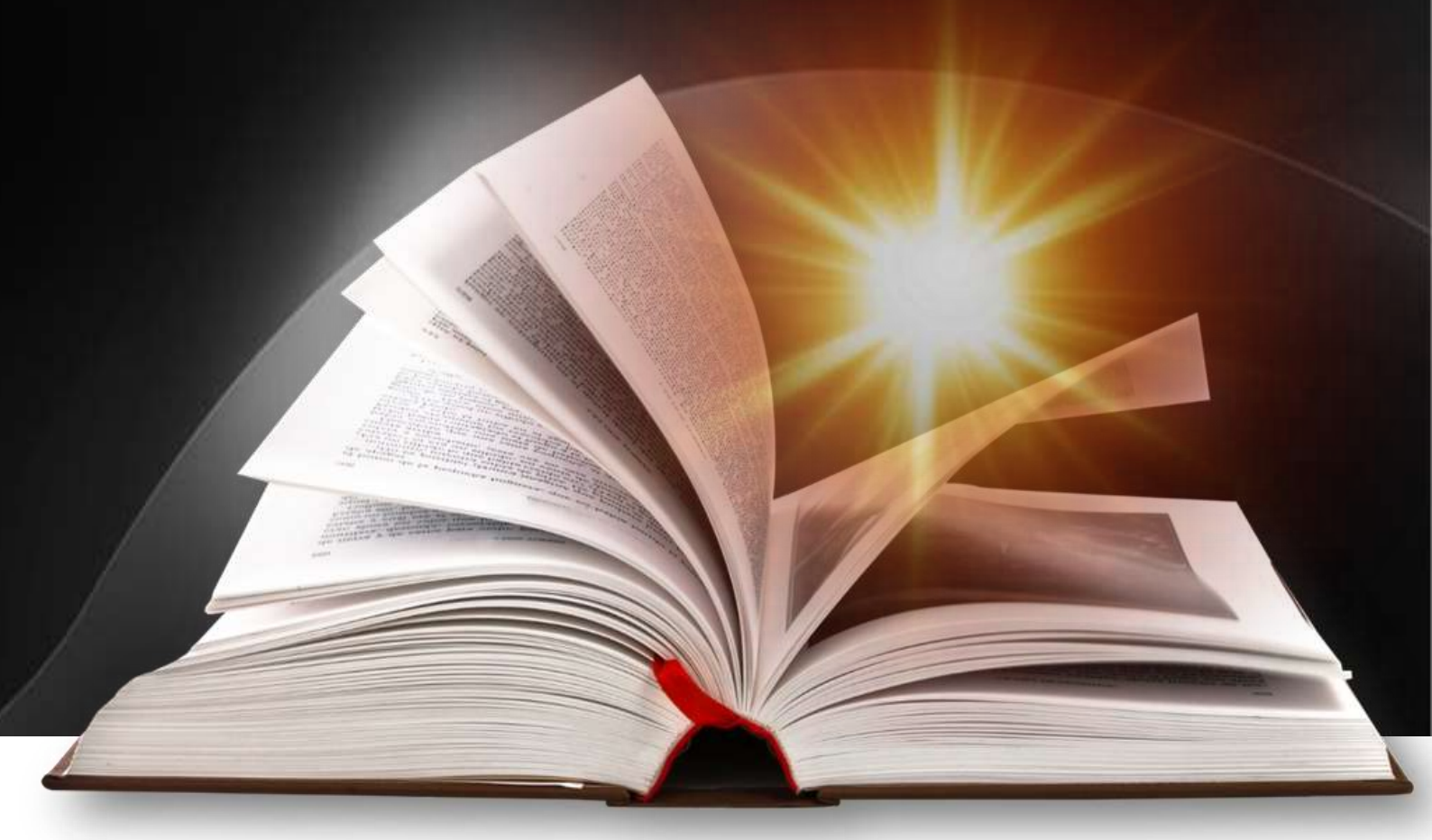
ISSN
: 2790-6248
: 2790-6256

RPJ

Revue Panafricaine de la Jeunesse

- Pan African Youth Journal -



Volume 3, n°1, Janvier- Avril 2024

EDITIONS LUMUMBA
Un nouvel élan de l'édition africaine

Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse

African Scientific Universe

Afrindala Group

© Editions Lumumba

Essai de valorisation des déchets plastiques en carburant diesel et essence

["testing the valorization of plastic waste into biodiesel and gasoline fuel"]

MUMBERE MURONGANI Justin[1]

Institut du Bâtiment et Travaux Publics, -Butembo / RD Congo

E-mail : justinmuro@gmail.com

KASEREKA KINYONZO Prince

Chercheur en chimie-environnement. Ville de Butembo/Nork-Kivu / RD Congo

ISSN

: 2790-6248

: 2790-6256

Revue Panafricaine de la Jeunesse

- Pan African Youth Journal -

DOI : https://doi.org/10.58610/RPJ.2790.6248.6256.31

Editions Lumumba I Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse

EDITIONS LUMUMBA

Un nouvel élan de l'édition africaine

Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ)
ISSN : 2790-6248
e-ISSN : 2790-6256
Volume 3, n°1, Janvier– Avril 2024
© Editions Lumumba - APANAEFJ
Bibliothèque Nationale du Congo I Ordonnance loi n° 89-010 du 11 janvier 1989 – Permis d'implantation n° BNC/DPHK/08/2022

Afrindala Group

La Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ) est une revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive. Elle se veut un lieu de diffusion de travaux de recherche originaux et substantiels sur diverses questions liées aux enjeux et défis des sociétés africaines, dans toutes les disciplines scientifiques. La RPJ est enregistrée par le Centre International de l'ISSN (International Standard Serial Number) sous les numéros ISSN : 2790-6256 et e-ISSN : 2790-6248.

Les Éditions Lumumba, sous la houlette du Label Panafricain Afrindala Group de l'Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse (APANAEFJ), branche « Afriscience », est une maison d'édition enregistrée en RD Congo conformément à l'Ordonnance-Loi n° 89-010 du 11 janvier 1989 et opérant sous le permis d'établissement n° BNC/DPHK/08/2022. Auprès de l'Agence Internationale de l'ISBN, par l'intermédiaire de l'Agence Francophone pour la Numérotation Internationale du Livre (AFNIL), les Éditions Lumumba sont enregistrées sous l'identifiant éditeur : 978-2-38489.

Le comité scientifique international, composé d'enseignants et de spécialistes d'Afrique et d'ailleurs, assure une diversité d'expertises et de perspectives. En tant que membre de Crossref, une organisation américaine participant à l'indexation globale du contenu scientifique, les Éditions Lumumba bénéficient d'un préfixe DOI (10.58610) pour attribuer un DOI unique à chaque œuvre éditée. Ceci permet aux publications d'être accessibles à des milliers de membres de Crossref et à des centaines d'organisations, y compris les institutions scientifiques et universitaires du monde entier, augmentant considérablement la visibilité et l'impact international des travaux publiés.

Les Éditions Lumumba s'appuient sur un vaste réseau de distributeurs et de partenaires internationaux, incluant des universités, des ONGs et de grandes plateformes telles que CAIRN.INFO (la plus grande bibliothèque numérique francophone), DILICOM, OpenEdition Books, la plateforme Afriscience, etc.

© Editions Lumumba, avril 2024

Revue Panafricaine de la Jeunesse

— RPJ —

- Pan African Youth Journal -

Revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive

Périodicité : avril, août et décembre
Prix du numéro : 30 USD
Abonnement annuel : 100 USD
Version numérique disponible sur : www.afriscience.org
Suivez-nous sur nos réseaux sociaux :
@editionslumumba | @afriscience

Imprimé en République Démocratique du Congo

Tél. (+243) 90 43 370 19
Email : contact@editionslumumba.com
Site web : www.editionslumumba.com
Siège : 10, avenue de la Moto croisement boulevard M'siri, ville de Lubumbashi, RD Congo

Editorial

Nous sommes honorés de vous convier à explorer les profondeurs de la pensée et de l'innovation africaines à travers ce numéro inaugural de l'année 2024 pour la Revue Panafricaine de la Jeunesse. À l'intérieur de ces pages, vous découvrirez une diversité d'idées et de perspectives provenant des esprits les plus brillants du continent africain et au-delà.

Notre objectif essentiel demeure clair et pressant : éclairer la scène intellectuelle pour les décideurs politiques, les chercheurs, les acteurs sociaux et tous ceux assoiffés de connaissance, en offrant des fondations scientifiques robustes et fiables.

La Revue Panafricaine de la Jeunesse est devenue une voix internationale, un lieu où convergent des études enracinées dans la réalité africaine. Autrefois confrontées à des barrières éditoriales, ces études rayonnent désormais, reflétant la diversité des voix et des expériences qui enrichissent notre continent.

L'essor remarquable de la science africaine est un héritage collectif à préserver, une source d'énergie à nourrir avec passion. Les membres dévoués de notre comité scientifique, accompagnés d'experts issus de divers horizons, ont relevé avec enthousiasme le défi d'enrichir la pensée africaine. La variété des connaissances et des idées, s'étendant au-delà des frontières de l'Afrique, fait de la RPJ une plateforme panafricaine en perpétuelle évolution, porteuse d'une promesse renouvelée à chaque parution.

En tant que bastion de la recherche africaine, la RPJ s'engage fermement à maintenir des normes de qualité rigoureuses, avec un processus de sélection sérieux garantissant un taux d'acceptation de 50%. L'accueil enthousiaste que nous recevons d'un public vaste et diversifié, tant africain qu'international, témoigne de notre engagement à promouvoir une science africaine solide et irréprochable.

Ce numéro exceptionnel présente les contributions de chercheurs éminents explorant une multitude de domaines cruciaux pour notre époque. Chacun de ces articles, soigneusement façonné, offre une plongée captivante dans des thématiques essentielles pour notre temps.

Notre équipe éditoriale, en collaboration avec notre comité scientifique et nos évaluateurs externes, travaille sans relâche avec les auteurs pour garantir la qualité et la pertinence de chaque contribution. Cette synergie collaborative est cruciale pour propulser la science africaine au pinacle international, assurant que les sociétés africaines récoltent pleinement les fruits de la recherche novatrice.

Nous vous invitons à vous plonger avec passion dans ce numéro captivant, à dévoiler les trésors de la science africaine et à rejoindre notre communauté de lecteurs. En participant à cette aventure intellectuelle, vous contribuez à renforcer l'influence de la science africaine à l'échelle mondiale, ouvrant ainsi la voie à des sociétés africaines éclairées par les lumières de la recherche de qualité. Embarquez avec nous dans ce voyage fascinant à travers les découvertes, les innovations, et les idées qui sculptent le futur dynamique de l'Afrique et du monde.

Dr Basile Mulwani Makelele
Professeur des Universités

Equipe de la revue

Comité de rédaction :

- Directeur de Publication : M. le Pr. Basile Mulwani Makelele, RD. Congo
- Rédacteur en chef : M. le Pr. Philippe Kasongo Maloba Tshikala, Belgique
- Rédacteur en chef Adjoint : M. Valery Ngoy Ndala, RD. Congo
- Secrétaire éditorial : William Agbaka, Bénin
- Coordinateur du processus d'adhésion : Marie Mbatshiona Mundi, RD Congo
- Gestionnaire administratif : Banon Zinsou Côme, Bénin
- Gestionnaire financière : Clarisse Mwelwa Bilepo
- Coordinateur des partenariats : Fidèle Bukasa Kabwe, RD Congo
- Gestionnaire des statistiques : Kalunga Shakoli Dieu Merci, RD Congo
- Traducteur en chef : Dr. Fo-Koku D. Woameno, Togo
- Correcteur principal : Jean-Micky Kafuwa Musongo, RD Congo
- Responsable de la publication en ligne : Mme Blin Acouh Marie-José, Côte d'Ivoire

Comité scientifique :

- Abdoulaye Ouedraogo, PhD, Ministère de l'Économie, des Finances et de la Planification (MEFP), Burkina Faso
- Abi-Kaberou Gildas, PhD, UAC/ENS-Porto-Novo/Laboratoire de Pédagogie et Didactique des Sciences Humaines (LaPEDIH), Bénin
- Adaba Koffi Amessou, PhD, Université de Lomé, Togo
- Akimou Tchagnaou, PhD, Université de Zinder, Niger
- Ambombi Eyolo Azede Espoir, PhD, Chaire MBA, Afrikan campus, République du Congo
- Amoussou Franck, PhD, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Ballo Drissa, PhD, Enseignant-chercheur, Mali
- Basile Mulwani Makelele, PhD, Université de Lubumbashi, République démocratique du Congo
- Bekolo Engoudou Bruno, PhD, Université de Douala, Cameroun

- Bitouga Bernard Aristide, PhD, Université de Douala, Cameroun
- BOUMA Carine Nadège, PhD, Université de Bamenda, Cameroun
- Christian Bumute, PhD, Université de Likasi, RD Congo
- Essome Lele Gislain Arnaud, PhD, Unité de recherche ECLLA, Université Jean-Monnet Saint-Étienne, Cameroun
- Félix N'dia Anon, PhD, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Fidélie Ntshikala Mbuya, PhD, Université de Kolwezi, RD Congo
- Fo-Koku D. Woameno, PhD, Université de Lomé, Togo
- Gaby Ilunga Mutombo, PhD, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Gano Nouhou, PhD, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal
- Gninneyo Sylvestre-Pierre NIYA, PhD, École Normale Supérieure, Burkina Faso
- José Ngoy Wa Ngoy Twite, PhD, Université de Kolwezi, RD Congo
- Kabiena Kuluila Pierre Valery Dieudonné, PhD, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Kabuya-Kabeya Sthilobo Hilaire, PhD, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Kaniki Wa Cilombo Joseph-Robert, PhD, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Kongue Toyindou, PhD, Université de Lomé, Togo
- Lago Blé Angelin, PhD, Université Jean-Lorougnon Guede, Daloa, Côte d'Ivoire
- Lokossou Bonaventure, PhD, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Matthias Cinyabuguma, PhD, Banque mondiale, RD Congo
- Melingui Ayissi, PhD, Université de Douala, Cameroun
- Metsena Ndjavoua, PhD, Université de Maroua, Cameroun
- Mohamed Atteyoub H. dit Modibo SIDIBÉ, PhD, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB), Mali

- Moussa Coulibaly, PhD, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal
- Moussa Dourfaye Abdoul-kadze, PhD, Service de la santé, Niger
- Nebie Boukary, PhD, Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso
- Ngala Ntumba Peter, PhD, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Ngono Ossango Pangrace, PhD, Université de Yaoundé, Cameroun
- Nkongolo Mulami Kapweka Alphonse, PhD, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Ntita Ntita Jean Christ, PhD, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Nyebe Atangana Sandrine, PhD, Ministère de l'Éducation Secondaire, Cameroun
- Patrice M'Bétien KONE, PhD, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Philippe Kasongo Maloba Tshikala, PhD, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Raymond-Bernard Ahouandjinou, PhD, Université d'Abomey Calavi, Bénin
- SAIDI Hicham, PhD, Université Moulay Ismaï, Maroc
- Serge Caleb Mbula Musasa Mwadianvita, PhD, Université Pédagogique Nationale (UPN) de Kinshasa, RD Congo

Revue Panafricaine de la Jeunesse
Revue scientifique internationale
ISSN : 2790-6248 I e-ISSN : 2790-6256
Editions Lumumba
Un nouvel élan de l'édition africaine
Email : contact@editionslumumba.com
Afriscience
African Scientific Universe

Essai de valorisation des déchets plastiques en carburant diesel et essence

["testing the valorization of plastic waste into biodiesel and gasoline fuel"]

MUMBERE MURONGANI Justin[1]

Institut du Bâtiment et Travaux Publics, -Butembo / RD Congo

E-mail : justinmuro@gmail.com

KASEREKA KINYONZO Prince

Chercheur en chimie-environnement. Ville de Butembo/Nork-Kivu / RD Congo

Resume

Cet article porte sur « l'essai de valorisation des déchets plastiques produits en Ville de Butembo en carburant biodiesel et essence ». Il a pour objectif de pallier les grandes nuisances que génèrent les déchets plastiques localement et dans le monde. Cette volonté de recycler efficacement les déchets de polymère s'avérant d'urgence. La méthode chimique de pyrolyse a été adoptée pour le recyclage des déchets plastiques. Les analyses de laboratoire ont été réalisées sur les produits de la pyrolyse des mélanges des déchets plastiques en différentes proportions. De part leur composition chimique, les polypropylènes (PP), les polyéthylènes téréphtalates (PET) et les polyéthylènes (PEHD et PEBD) nous ont servi de matières premières. En concert les PET 50% - PE 50% pour le premier essai (E1), les PP 50% - PE 50% au second essai (E2), les 100% des PP pour le troisième essai (E3) et enfin 25% des PP 25% des PET - 50% des PE pour le quatrième essai (E4).

Un chemin prometteur de valorisation du plastique est la pyrolyse, en tant que technologie de recyclage chimique des polymères et de leur conversion en carburants. En pyrolyse, le montage efficace du réacteur est le cœur. Durant l'expérimentation de ces différents mélanges, E4 a été efficace dans l'obtention des liquides pyrolytiques que les autres. Ce mélange (E4) à part dominante des PE (50%) - PET (25%) - PP (25%) rassure un bon rendement dans la production des carburants en pyrolyse. Les analyses au laboratoire nous ont prouvé qu'avec 252 ml (230,88g) d'échantillon obtenu de (E4) on extrait 7.25 ml(14,29g) d'essence, 12.5 ml (33.01g) de gasoil léger obtenu

[1] Chef de travaux à l'Institut du Bâtiment et Travaux Publics, IBTP-Butembo et Chercheur en Gestion de l'environnement. Ville de Butembo/Nork-Kivu / RDCongo.

à 54°C (**a**) et 10ml (29.38g) de gasoil lourd obtenu à 84°C (**b**) avec un résidu liquide et une lie de cire noirâtre de 110ml (142g).

Mots-clés : Déchet plastic, carburant, polyéthylène, téréphtalate, Polypropylène, Pyrolyse

Abstract

This article deals with "testing the valorization of plastic waste produced in the city of Butembo into biodiesel and gasoline fuel". Its aim is to alleviate the major nuisance generated by plastic waste, both locally and worldwide. This desire to effectively recycle polymer waste is a matter of urgency. The chemical pyrolysis method has been adopted for recycling waste plastics. Laboratory analyses were carried out on the pyrolysis products of plastic waste mixtures in various proportions.

Due to their chemical composition, polypropylenes (PP), polyethylene terephthalates (PET) and polyethylenes (HDPE and LDPE) were used as raw materials. In concert, PET 50% - PE 50% for the first trial (E1), PP 50% - PE 50% for the second trial (E2), 100% PP for the third trial (E3) and finally 25% PP - 25% PET - 50% PE for the fourth trial (E4).

Pyrolysis, as a technology for chemically recycling polymers and converting them into fuels, is a promising way of recovering plastics. In pyrolysis, efficient reactor set-up is the key. During experiments with these different blends, E4 was more effective in obtaining pyrolytic liquids than the others. This blend (E4), with a dominant share of PE (50%) PET (25%) - PP (25%), ensures good performance in pyrolysis fuel production. Laboratory analysis showed that 252ml (230.88g) of sample obtained from (E4) yielded 7.25ml (14.29g) of gasoline, 12.5ml (33.01g) of light diesel obtained at 54°C (a) and 10ml (29.38g) of heavy diesel obtained at 84°C (b), with a liquid residue and blackish wax lees of 110ml (142g).

Key words : Waste plastic, fuel, polyethylene, terephthalate, polypropylene, pyrolysis.

0. Introduction

Dans un contexte mondial de crise énergétique conjugué avec les enjeux de changement climatique, les énergies renouvelables sont apparues récemment comme une alternative aux combustibles fossiles. En effet, un intérêt croissant est né pour les biocarburants suite à la flambée des cours du pétrole au début des années 2000 et les préoccupations pour réduire les émissions de GES. Cette perspective de combiner

sécurité énergétique et développement durable est devenue le défi actuel des pays développés, émergents et en développements.

Depuis 1950, la production de plastique a augmenté 244 % dans le monde entier (Statista, 2021). Cela s'explique par son faible coût, son faible poids, sa grande durabilité et sa polyvalence par rapport à d'autres matériaux (Anuar Sharuddin et al., 2016). En 2007, 41% des déchets ménagers européens étaient enfouis en décharge. Cette proportion a diminué progressivement pour atteindre 31% en 2012. Une plus grande partie des déchets a donc été valorisée énergétiquement (essentiellement par incinération avec récupération d'énergie), recyclée ou compostée (Eurostat, 2014). En particulier, neuf pays de l'Europe, dont la Belgique, imposent depuis 2010 de strictes restrictions quant à la mise en décharge des déchets (European Environment Agency, 2013). C'est ainsi qu'en Belgique, en 2012, moins de 5% des déchets plastiques étaient enfouis en décharge (Plastics Europe & EPRO, 2015).

Le pourcentage des plastiques déposés en décharges est encore élevé malgré le recyclage. Ces résidus non seulement émettent du dioxyde de carbone, du méthane, des composés organiques volatils et d'autres polluants dangereux dans l'air (Park et al., 2019) mais aussi, ils occupent un espace important de stockage et prendront des millions d'années à se dégrader naturellement (PlasticsEurope, 2018).

La République démocratique du Congo, à l'instar des pays non producteurs de pétrole (PNPP) veut s'inscrire dans cette dynamique pour atténuer sa dépendance aux importations d'hydrocarbures fossiles et réduire sa facture énergétique. A cet effet, la ville de Butembo au travers cette recherche se veut remonter le défi en recyclant les matières plastiques, afin de soutenir la croissance économique et contribuer à l'assainissement de la ville.

La nécessité de produire un carburant à base des déchets plastiques aux multiples avantages et en opposition du carburant pétrolier polluant, s'avère une urgence pour la bonne santé de notre actuel environnement et contribue au fondement du développement durable. Dans ce cadre, la valorisation en recyclant les déchets plastiques sous une pyrolyse pour la production du biocarburant en Ville de Butembo, paraît entre les solutions efficaces. Ainsi, un questionnement ramassé à deux traits suscite la curiosité de ce présent article :

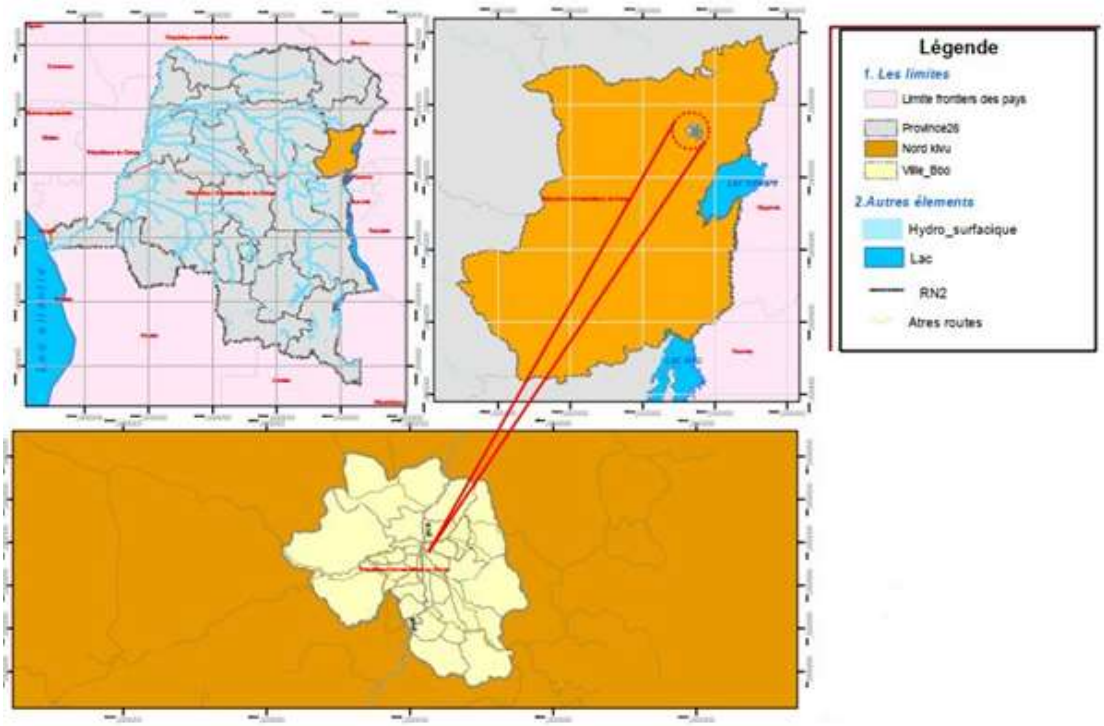
- Est –il possible de valoriser les déchets plastiques en carburant diesel ou essence ?
- De quelle manière peut-on procéder pour y arriver ? Avec quel type de plastique ?

1. Matériels et méthodes

1.1 Présentation de la zone d'étude

Butembo est une ville du Nord-Kivu située au Nord-est de la République Démocratique du Congo. La circonscription urbaine est située entre 0°05' et 0°10' de latitude nord et 29° 17'et 29°18' de longitude Est. Elle se trouve à 17 km au nord de l'équateur. Elle est située à proximité de la dorsale occidentale du Rift Albertin au Nord-Ouest du lac Edouard.

<u>Figure 1.</u> Localisation de la ville de Butembo.



1.2. Matériels

Durant notre recherche, nous avons utilisé bon nombre des matériels pour nous permettre d'atteindre notre point escompté. La base de notre travail était de monté d'abord un dispositif en pyrolyse, appelé *pyrolyseur*, pouvant nous permettre de brûler les déchets à l'absence de l'oxygène. Pour monter un pyrolyseur plastique, nous avons utilisé :

- Un Réacteur de pyrolyse : C'est le composant principal du pyrolyseur. Il est utilisé pour chauffer les plastiques à des températures élevées (près de 450°C) en absence d'oxygène, favorisant ainsi leur décomposition en gaz, huile et charbon.

- Système de chauffage : Il peut s'agir d'un brûleur à gaz, de résistances électriques ou d'autres sources de chaleur, utilisé pour chauffer le réacteur de pyrolyse à la température requise. Pour notre travail, nous avons utilisé les bois de chauffe.
- Un Condenseur : Après la décomposition des plastiques, les gaz générés sont refroidis et liquéfiés dans le condenseur. Il permet de récupérer l'huile produite pendant le processus de pyrolyse (www.Sciencesetavenir.fr , .2022). Nous avons utilisé un bain froid pour ce rôle.
- Un Système de récupération du gaz : Les gaz produits pendant la pyrolyse peuvent être utilisés comme combustible dans un générateur de chaleur interne ou externe au système. Loin de ce cas précédent, on peut aussi récupérer le gaz dans un recevoir à gaz. Dans ce travail, en effet, j'ai emprisonné le gaz dans l'eau pour empêcher la pollution.
- Un Filtre : Il est utilisé pour éliminer les impuretés et les particules solides du produit final, tels que les cendres et les résidus de plastique non pyrolysés.
- Système de refroidissement : Il permet de refroidir l'appareil et d'empêcher une surchauffe. Pour refroidir mon réacteur de pyrolyse, je l'avais tiré de ma source d'énergie ou foyer et l'abandonné à l'air ambiant (www.sciencesetavenir.fr , .2022). Selon le principe de la conduction ou diffusion de la chaleur : le transfert d'énergie entre objets en contact physique ; plus l'objet à chauffer n'est pas en contact avec la source de chaleur plus la chaleur diminue et le transfert s'arrête (Beriache M., 2013).
- Équipement de contrôle et de régulation : Il comprend des capteurs de température, des contrôleurs de pression et d'autres dispositifs utilisés pour surveiller et réguler les paramètres de fonctionnement du pyrolyseur (www.sciencesetavenir.fr, 2018).
- Pour le système de collecte et de stockage des produits finaux : Il s'agit de réservoirs ou de cuves pour collecter et stocker l'huile, le gaz et le charbon produits pendant la pyrolyse. Dans ce système nous avons utilisé :
- Un tuyau métallique de 2 m servant de raccord,
- Trois petits récipients plastiques de volume 1dm3 en inox,
- Deux radiateurs (Dispositifs permettant l'échange de chaleur d'un milieu vers un autre par le principe de la convection ou celui du rayonnement),
- Deux manchons (Pièce cylindrique qui peut être fixe ou articulée et qui est ouverte à ses deux extrémités),

- Deux nipples (Manchon tubulaire destiné à réunir et à assurer l'étanchéité entre deux éléments de radiateur en fonte. Il en existe deux sortes :

1° Nipple biconique, lisse quand les éléments de radiateurs sont maintenus entre eux par une tige filetée ;

2° Nipple à deux filetages inversés quand il est directement vissé dans l'élément) ;

- Deux coudes, téflon et colle jouant le rôle de joint torique (Pour l'étanchéité des récipients),
- Un tuyau flexible de 4 m ;
- Et en fin, comme matière première, il nous a fallu avoir les déchets plastiques Polypropylène (PP) et/ou Polyéthylène (PE) / Polyéthylène téréphtalate (PET).
- Au laboratoire, nous avons utilisé : Ballon à distillation ; Condensateur ; Enveloppe protectrice ; Support du ballon à distillation ; Plaque d'amiante ; Dispositif de chauffage ; Eprouvette graduée de 100 ml ; Thermomètre ; une seringue ; deux verres de Montre ; une boite d'allumettes.

1.3 Méthodes

1.3.1 Échantillonnage et essais expérimentaux

L'échantillonnage est la sélection d'une partie dans un tout qui produit une série d'échantillons à étudier. Le terme prend un sens précis dans certaines spécialités scientifiques et techniques. Dans ce présent travail, pour obtenir notre échantillon, nous avons procédé de la manière suivante :

- La collecte scrupuleuse des déchets plastiques selon les sortes voulues (PET, PP, et PE (ppbd et pphd)), en y observant un tri approprié ;
- Entreposer les déchets plastiques dans un endroit sec et sécurisé de tout mouvement, après qu'ils soient lavés,
- Après que les déchets soient lavés avec l'eau de source, nous sommes passés à la grande étape de cuisson de mes plastiques selon le type et la quantité. Nous avons procédé par quatre différents essais considérés :

Essaie 1 : peser un kilogramme des plastiques dont : ½ Kg de PET et ½ Kg de PE et les mélanger ;

Essaie 2 : peser un kilogramme de PP sans quelconque mélange ;

Essaie 3 : peser un kilogramme des plastiques dont : ½ Kg de PP à mélanger avec ½ Kg de PE ;

Essaie 4 : peser un kilogramme des plastiques dont : ½ Kg de PE, ¼ Kg de PET et ¼ Kg de PP.

Des mélanges plastiques pour la constitution des essais expérimentaux, de masse identique de 1kg pour chacun de quatre essais, établie de la manière tel que l'exprime le tableau suivant :

Tableau 1 : Mélanges plastiques pour la constitution des essais expérimentaux

Essais	Type de mélange plastique
E1	½ kg de PET et ½ kg de PE
E2	1kg PP
E3	½ kg de PP et ½ kg de PE
E4	½ kg de PE ¼ kg de PET et ¼ kg PP

Légende : PE=Polyèthylène ; PET=Polyèthylène téréphtalate et PP=Polypropylène ; E=Essai.

Cependant notre dispositif ou prototype de pyrolyse, a été monté selon le schéma ci-dessous :

- Mise des déchets plastiques dans la cuve (bien tasser la première cuve de plastiques ou réacteur de pyrolyse) fermé hermétiquement puis chauffer. Pour ce test, les déchets plastiques sont majoritairement composés de Polyéthylène.
- J'ai chauffé le plastique à près de 400 °C dans mon réacteur thermique en l'absence de l'O2 pendant au moins 1heure, ce qui explique le procédé de pyrolyse. « Cela casse les molécules des plastiques qui s'évaporent. Ces molécules passent alors dans une colonne de distillation et retombent sous forme d'essence, de gasoil et de gaz combustible » (Plastics Europe, 2016).
- Les produits suivant les trois types de récipients sont aussi différents. Selon les paramètres d'inflammabilité, la densité et le point d'ébullition. Trois paramètres que nous allons détailler dans les suivantes lignes parlant d'analyse. Au fait, une fois recueillir les produits, après refroidissement de la cuve, avons récupérer et mettre les différents échantillons de différents récipients dans des flacons dorénavant propres et les acheminer au laboratoire.

1.3.2 Les paramètres analysés

Avant que nos échantillons ne soient au laboratoire pour y réaliser la distillation fractionnée, une analyse visuelle de part la couleur de nos échantillons a attiré notre attention. En effet, on devrait constater une différence entre les deux produits recueillis dans nos deux vases.

A) Les caractéristiques physico-chimiques

La densité à 15 °C

- Définition :

La densité à 15 °C est considérée comme étant un indicateur important de la qualité pour l'industrie automobile, où il affecte stockage, la manutention et la combustion **[23]**. Elle est le rapport entre la masse volumique du produit à 15 °C et celle de l'eau à 4 °C, toutefois, la masse volumique de l'eau est égal à 1, c'est-à-dire que 1 litre d'eau à cette température pèse 1 Kg (Lalaoui Sonia, 2015).

- Principe :

On détermine la densité de l'essence ou du gasoil à l'aide d'un densimètre à une température donnée, ensuite ont convertie cette densité en fonction de sa température à la d_4^{15} en utilisant la table de conversion de la densité à 15 °C (Lalaoui Sonia, 2015).

- Matériels et appareils :
  - Eprouvettes de 100 ml ;
  - Thermomètre ;
  - Un densimètre pour : - Gasoil : 0,8100 - 0,8600 ; - Essence super : 0,7300 - 0,7700.
- Mode opératoire :

Prenez votre prise d'échantillon dans une éprouvette de 100 ml bien rincé, puis introduisez le densimètre approprié et le thermomètre dans le liquide et laissez le densimètre remonter. Lorsqu'il se trouve en position d'équilibre, donnez un léger mouvement de rotation lorsque vous le lâche afin d'éviter qu'il s'approche trop près de la paroi interne de l'éprouvette. Attendez pour que le densimètre soit complètement au repos et pour que toutes les bulles d'air arrivent à la surface.

Ensuite notez la température et la densité du produit analysé, Puis convertissez ces dernières en $\mathbf{d_4^{15}}$ en utilisant la table de conversion de la densité à 15°C

Ou carrément passez par la méthode classique quand vous ne disposez pas d'un densimètre. Passez en effet, par la suivante formule :

$$densité\ absolue = \frac{\text{masse du liquide}}{\text{volume du liquide}}$$

$$densité\ réelle\ ou\ relative = \frac{\text{densité absolue du liquide}}{\text{densité du coorps de référence}}$$

1) La distillation

Pour déterminer la nature de notre produit final issu de la pyrolyse, nous sommes passés par la méthode de distillation fractionnée.

- **La définition :**

La distillation est une méthode s'appliquant qu'aux produits blancs distillés à pression atmosphérique dont les températures d'ébullition s'étendent de 0 à 400 °C, elle caractérise la volatilité du produit. Et à partir des températures obtenues en fonction des volumes recueillis dans un appareillage ou montage approprié.

D'une manière représentative, on peut tracer *la courbe de distillation* qui représente l'évolution de la fraction distillée. Le plus souvent, on définit sur cette courbe quelques repères : PI, PF et les fractions distillées en pourcentage (volume) à une température donnée.

En effet, nous avons utilisé la distillation fractionnée. Ce type de distillation consiste à porter à ébullition un mélange de liquides miscibles dotés de températures d'ébullition différentes afin d'extraire l'un des liquides. On chauffe le mélange en servant d'un ballon.

- **Principe :**

Pour une prise d'essai de 100 ml, celle-ci est distillée dans des conditions prescrites appropriées à la nature du produit.

- **Description de l'appareillage et matériels**

- Ballon à distillation ;
- Condensateur ;
- Enveloppe protectrice ;

- Support du ballon à distillation ;
- Plaque d'amiante ;
- Dispositif de chauffage ;
- Eprouvette graduée de 100 ml ;
- Thermomètre.

Figure 2 : montage de la distillation fractionnée



Source : Notre conception au laboratoire chimique du collège Pie X (à Butembo)

- **Mode opératoire :**

On introduit dans un ballon de 100 ml une prise d'essai du *gasoil* ou d'*essence* à l'aide d'une éprouvette graduée, puis on chauffe le contenu du ballon de distillation en réglant le chauffage de :

1. 60 à 70°C pour gasoil ;
2. 30 à 60°C pour essence.

Lors, Le produit commence à bouillir les vapeurs formées montent vers un condensateur baignant dans un mélange d'eau et de glace (pour condenser les

fractions légères comme *essence*) et sans glace (pour les fractions moyennes comme *gasoil*), on note la température d'apparition de la première goutte de condensat à la sortie du tube, c'est le point initial de la distillation obtenu avec un chauffage de :

- ✓ 15 min au plus pour essence ;
- ✓ 10 min au plus pour gasoil.

Le chauffage est réglé de façon que les volumes recueillis dans l'éprouvette augmentent uniformément de 5ml/min. Et ces derniers sont en fonction des températures données pour :

a. L'essence : ses températures sont relevées régulièrement à 5%, 10%, 20%, 50%, 95% ;

b. Et le gasoil : ses températures sont relevées régulièrement à 10%, 50%, 65%, 90%.

En fin de distillation, la température arrive à sa valeur maximale, appelée *point final* de la distillation, puis décroit. Le recueille du liquide restant dans le ballon refroidi permet la mesure du volume du résidu. La somme du volume total condensé plus le résidu est la récupération totale et la perte liée à la volatilité de l'échantillonnage, est déduite de 100 ml la récupération totale (LALOUI SONIA, 2015).

% V (distillat) + % V (résidu) + % V (pertes) = 100%

2) Test d'inflammabilité ou point d'éclair

Le point éclair ou point d'inflammabilité correspond à la température la plus basse à laquelle un corps combustible émet suffisamment de vapeur pour former avec l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie calorifique telle qu'une flamme pilote, mais pas suffisamment pour que la combustion pour que la combustion s'entretienne d'elle-même (RAZANABONY A., 2019).

Revue Panafricaine de la Jeunesse – RPJ –
©Editions Lumumba
ISSN: 2790-6248 I e-ISSN: 2790-6256
Volume 3, n°1, Janvier– Avril 2024

2. Résultats

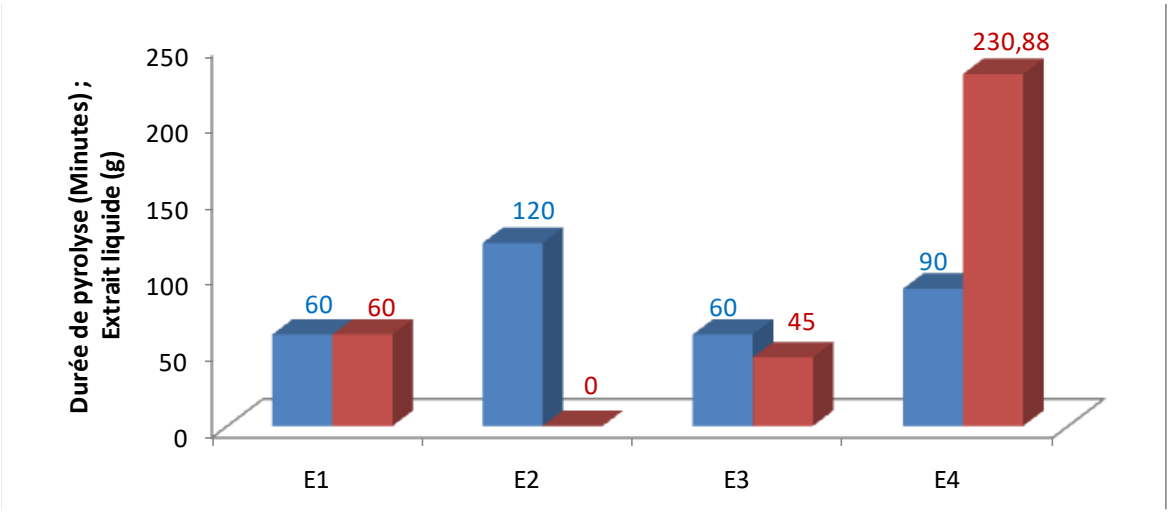
2.1. Produits de la pyrolyse de déchets plastiques

2.1.1. Effets des mélanges de types de déchets plastiques sur la durée de la pyrolyse et quantité de l'extrait liquide

Le long de notre recherche avons-nous valorisé certains polymères en tentant atténuer la pollution en déchets plastiques. Cependant, nous avons utilisé un système thermique. Ce procédé thermique pour traiter les déchets plastiques n'est pas nouveau, mais c'est la technique développée par chaque technicien qui présente une originalité selon l'inspiration, décrit Sary Awad, chercheur à l'IMT Atlantique, 2021.

Durant la réalisation de ce présent travail, sur notre chemin de pyrolyse, voici comment se sont présentés les différents résultats :

<u>Figure 3 :</u> Effets des mélanges de types de déchets plastiques sur la durée de la pyrolyse et quantité de l'extrait liquide



A la lumière du graphique ci-haut, nous constatons que la durée de pyrolyse varie suivant le type de déchets, et les extraits liquides sont de poids différents. Avec le premier essai (E1) composé des Polyéthylènes et des polyéthylènes téréphtalates a produit 60g de liquides pyrolytiques pendant 60 minutes ; pour l'essai 2(E2) composé des polypropylènes, pendant 120 min il n'a rien donné comme liquide ; le mélange des polypropylènes et des polyéthylènes pendant une durée de 60 min a donné 45g; et le

mélange des polyéthylènes, des polypropylènes et de polyéthylènes téréphtalates a donné 230.88g de liquides pyrolytiques durant 90 min.

Selon le premier examen organoleptique, deux types de liquides différentsont constatés à l'issue de la pyrolyse : l'un de coloration entre verte et blanche et de l'autre en coloration plus au moins rouge. Le premier étant dense que le second, était au fond du récipient quand le second surnageait au-dessus du premier. Cela nous a confirmé le principe de la densité des corps non miscibles : " Deux corps de densités différentes ne se mélangent pas ".

Tableau 2 : Résidus de la pyrolyse et nature de gaz liberé.

Essais	Nature des résidus solides de la pyrolyse	Type de gaz
E1	Charbon et cendre	Combustible
E2	Charbon	Combustible
E3	Charbon mou	Combustible
E4	Charbon et cendre	Combustible

Source : Nos essais

Certes, pour 1Kg de déchets plastiques, triés d'une quantité dominante de polyéthylène et de polypropylène, le système de pyrolyse est allé jusqu'à produire de 210 grammes des gaz d'hydrocarbures combustibles. Ces derniers pourront être valorisés comme gaz de pétrole comprimés (GPC) car ils possèdent une bonne teneur énergétique et ne contiennent pas d'oxygène.

Ils peuvent être donc, utilisés pour la cuisson des aliments, dans des réservoirs bonbonnes... pour ne citer que cela. À part les gaz nous avons également obtenu les charbons et la cendre. Tels que repris dans le tableau 2, à l'issue de l'essai 1(E1) nous avons recueilli la cendre et le charbon ; pour l'essai 2(E2) le charbon, troisième essai (E3) charbon mou (qui n'a pas été bien calciné) et pour le quatrième essai (E4) le charbon et la cendre.

Nous avons vu que tous nos quatre essais ont produit du gaz combustible. Par ailleurs, une quantité des gaz recueillis était emprisonnée dans un récipient contenant de l'eau et une autre quantité, comprimée dans une chambre à air.

Partant du constat observé sur nos trois extraits liquides, celui de même coloration, et séparation des phases justifiant la différence des densités, un échantillon a été constitué pour y passer la distillation fractionnée. C'est par cette dernière, qu'il sera

constaté de quoi réellement il s'agit du mélange des liquides extraits de déchets plastiques.

2.1.2. Résultats des analyses au laboratoire

Les résultats de nos analyses ont été caractérisés par les paramètres d'identification des hydrocarbures. Le tableau 3 ci-dessous présente les valeurs de différents paramètres recueillis sur la caractérisation des extraits liquides de nos différents essais.

Au départ nous avons constitué un échantillon représentatif pour y effectuer la distillation fractionnée. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Identification des extraits liquide des mélanges de déchets plastiques

Extrait liquide des essais	Température d'ébullition (°C)	Densité	Température témoin (°C)	Densité témoin à 15°C	Test d'inflammabilité	Produits identifiés
F1	32	0.54	30–60	0.73	+	*Essence*
F2	54	0.84	60–70	0.847	–	*Gasoil léger*
F3	84	0.96	70-180	0.847	–	*Gasoil lourd*

Source : nos analyses analyses au laboratoire

Les analyses au laboratoire nous ont prouvé qu'avec 252 ml (230,88g) d'échantillon obtenu de (E4) on extrait 7.25 ml(14,29g) d'essence, 12.5 ml (29,38g) de *gasoil léger obtenu à 54°C* (a) et 10ml (33,01) de *gasoil lourd obtenu à 84°C* (b) avec un résidu liquide et une lie de cire noirâtre de 110ml (142g).

Ces résultats prouvent que les liquides issus des plastiques par la pyrolyse pourraient potentiellement être utilisés comme substituts de carburants tels que l'essence ou le diesel. Les rendements, certes, devraient être considérables en observant scrupuleusement toutes les conditions de pyrolyse.

2.2. Discussion

L'étude de la dégradation thermique des polymères est un vaste domaine d'investigation. En effet, examiner les mécanismes et les facteurs qui pourraient affecter la dégradation du polymère est indispensable afin de développer des technologies appropriées au traitement des polymères et leurs applications à l'échelle industrielle. La pyrolyse est une réaction thermique qui est endothermique et elle s'effectue sous une atmosphère exempte d'oxygène. Sous l'effet de la chaleur, elle transforme le polymère en des produits sous différentes phases : liquide, solide et gazeuse.

Le polyéthylène téréphtalate (PET) produit effectivement un résidu solide et des gaz permanents, mais il ne produit pas de liquide lors du refroidissement du gaz de pyrolyse : plusieurs études ont par contre obtenu une poudre qui se dépose sur les parois des condenseurs. Cela rend difficile la collecte et la quantification des produits de pyrolyse (De Marco *et al.,* 2002 ; Du *et al.,* 2016). Cette poudre contient probablement de l'acide téréphtalique et/ou des produits similaires (De Marco *et al.,* 2002).

D'autre part, la plupart des expériences effectuées s'accordent sur le fait que la pyrolyse de PET produit un résidu carboné, contrairement aux autres polymères tels que le polyéthylène, polypropylène et le polystyrène (Brems et al, 2011a). La formation de ce « charbon » augmente avec l'aromaticité du polymère, en raison de la possibilité de substitution des atomes d'hydrogène du cycle aromatique par des réticulations.

En outre, l'existence des groupes qui sont capables de réagir avec les atomes d'hydrogène du cycle aromatique, tels que -OH ou =O, favorise la formation de ce résidu (Vankrevelen, 2009). Cela nous a poussés à mélanger le PET avec le PE ou PP en vision d'obtenir un liquide après liquéfaction du gaz traversant le condenseur.

Selon bon nombre de chercheurs qui se sont dorénavant intéressés aux expérimentations de production de carburant à partir des plastiques, citant de passage Chantal KASSARGY, pour sa thèse de Doctorat à l'Université Bretagne Loire, prouvent que de PP sortent les carburants de nature légère comme l'essence et qu'à partir de PE nous recueillons plus des carburants lourds comme le gasoil sous la thermolyse en température comprise entre 300 et 450°C.

En effet, les résultats de notre expérimentation révèlent qu'en pyrolyse, pour que les PP produisent plus de carburants légers, il faut les soumettre à une température plus ou moins de 400°C. Dans le cas contraire vous aurez plus des gaz incondensables et les charbons mous comme produits finaux.

Retenons également qu'en réalisant la pyrolyse avec les déchets plastiques le condenseur doit se maintenir bien froid durant toute la préparation. Pour éviter beaucoup des pertes du carburant voulu, la source d'énergie du pyrolyseur doit être en haut fourneau pendant que toutes les cuves le long du système sont hermétiquement fermées.

L'obtention de cire dans la pyrolyse conventionnelle était attendue d'après l'expérience menée par Godbout et al. (2017) qui ont également obtenu une cire. Elle est constituée de paraffines ayant des chaînes de carbone entre C7 et C22. L'obtention d'une cire lors d'une pyrolyse typique à un seul réacteur s'explique par la trop faible énergie vibratoire des molécules dans la cuve ou chambre de réaction, empêchant la rupture partielle des liaisons C-C.

Au contraire, dans un processus de pyrolyse en deux étapes, les molécules de PEBD arrivent au réacteur avec une énergie vibratoire plus élevée transférée par le réacteur de préchauffage, influençant une meilleure désintégration des molécules, obtenant ainsi une substance liquide. Dans le système de condensation utilisé dans l'étude de Park et al., 2019, il convient de noter que le flux de pyrolyse provenant du premier condenseur entre par le haut et sort par le bas du deuxième réacteur vers l'étape suivante.

Dans le cas du système de condensation de la P2E – 2 condenseurs, le flux de pyrolyse provenant du premier condenseur entre par le bas du second condenseur et évacue directement les gaz non condensables. Cette configuration présente un temps de séjour plus court des vapeurs dans le système de condensation, entraînant une expulsion directe d'une proportion des gaz condensables et donc une diminution de la collecte de liquide pyrolytique.

Afin d'augmenter le temps de séjour de la vapeur et d'accroître le rendement du liquide pyrolytique, un troisième condenseur peut être ajouté pour reproduire le flux de vapeur. Dans la P2E – 3 condenseurs, il est attendu à une collecte de liquide plus importante que dans la P2E – 2 condenseurs en raison du temps plus long que les gaz pouvaient avoir avec l'ajout d'un troisième condenseur avant de l'évacuation du gaz. Bien qu'il y ait une augmentation du 15 % de la collecte de liquide pyrolytique dans configuration P2E – 3 condenseurs par rapport à P2E – 2 condenseurs, cette augmentation n'est pas significative. Ainsi, en termes de nettoyage et de multiplicité dans le montage, la configuration P2E – 2 condenseurs est préférable (Laura Daniela Mila Saavedra, février 2023).

En général, la proportion de gaz non condensables a été prédominante dans la pyrolyse de PP et PET avec et sans mélange que le mélange des PP, PET et PE. La

production de liquide pyrolytique était plus élevée avec le PE vierge avec un rendement moyen de 17 % par rapport aux mélanges PET, PE et aux déchets PP dont les rendements étaient inférieurs à 5 %. Une teneur élevée en matières volatiles et une faible teneur en cendres favorisent la production de liquide pyrolytique (Das & Tiwari, 2018).

Dans le cas des déchets de polypropylène, la faible production de liquide pyrolytique peut être attribuée aux températures de pyrolyse utilisées dans ce présent travail par rapport aux températures déterminées de dégradation du matériau à partir de sa courbe thermogravimétrique. De plus, les températures élevées dans le processus de pyrolyse produisent une quantité excessive de produit gazeux. (Das & Tiwari, Op. Cit.2018).

Il convient de noter que Ahmad et al., 2015 et Sogancioglu et al., 2017 rapportent des rendements en liquide pyrolytique de 69,82 et 80,1 % en utilisant des températures de 300 et 380 °C.

Bien que le liquide pyrolytique soit plus au moins mieux obtenu par pyrolyse en deux étapes, il est nécessaire d'optimiser des conditions opératoires telles que la température, le temps de séjour, le type de gaz de fluidisation et le débit pour obtenir des rendements plus élevés afin de le rendre intéressant pour l'industrie. Marcilla et al., 2009a ont obtenu le rendement liquide maximum avec le PEBD à 469 – 494 °C.

Dans une autre étude réalisée par Marcilla et al., 2009b ont conclu que la température optimale pour un rendement liquide élevé est de 550 °C. Onwudili *et al.,* 2009 ont observé que la conversion du PEBD en huile commence à 410 °C. Les températures supérieures à 600 °C réduisent le rendement du liquide pyrolytique, Car elles calcinent de la matière première. On pourrait s'attendre qu'une variation de la température dans les plages susmentionnées et en utilisant l'éthylène comme gaz de fluidisation dans la pyrolyse du PEBD, un rendement plus élevé de liquide pyrolytique devrait être obtenu.

Partant de 252 ml d'échantillon hétérogène, nous avons obtenu trois fractions à l'issue de la distillation fractionnée dont : 7.25 ml soit 2.87% de l'essence en température de 32°C pendant 50 min, 12.5 ml soit 4.96% du gasoil léger(a) en température de 54°C pendant une durée de 33 min et 10 ml soit 3.96% du gasoil lourd(b) en température de 84°C durant 60 min. Avec une cire noirâtre et un liquide résiduel de 142 ml c'est à dire 56.35% de la masse totale de l'échantillon ayant été de 252 ml.

Ainsi donc au regard de nos résultats, le rendement général en fonction de 110 ml est de 43.65%. Notons que la moyenne de ce rendement considérant des produits essentiels finaux est de 11.79%, un rendement faible.

Nos produits étant obtenus en température supérieure à 15°C, selon la norme internationale de validité des produits pétroliers, nous pouvons passer par la correction du volume pour trouver la densité du produit à 15°C. Cela n'impacte pas négativement la valeur du premier volume. La Norme internationale des produits pétroliers garantit que les fluctuations de volume en raison des changements de la température n'entraînent pas de mesures inexactes (hppt//:w.w.w.sciencesetavenir.fr, février 2017).

Les produits pétroliers sont influencés par la température : ils se contractent au froid et se dilatent à la chaleur. II est donc important d'en tenir compte dans les inventaires. Un volume mesuré à une température de 15°C sera plus grand que s'il est mesuré à 5°C (hppt//:w.w.w.sciencesetavenir.fr, 2018).

L'utilisation de la température de référence internationale de 15 °C garantit que toutes les mesures compensées sont comparables. Pour corriger un volume de produit pétrolier, il faut :

- Prendre la mesure de la quantité et de la température simultanément ;
- À l'aide du tableau des facteurs de correction de volumes des produits pétroliers équivalent au votre, choisir le facteur de correction qui correspond à la température mesurée ;
- Multiplier la quantité mesurée par le facteur de correction.

On obtiendra ainsi le volume qu'occuperait ce produit si sa température était de 15°C.

Ainsi en répondant en fin, au questionnaire cadre de notre recherche pouvons-nous conclure que notre première hypothèse, est affirmative. Il est donc possible d'obtenir du carburant à partir des déchets plastiques. En effet, pas de n'importe quel plastique cette technique est possible mais, des Polypropilène (PP), Polyéthylène (PE), et un peu de Polyéthylène téréphtalate (PET).

3. Conclusion

Dans le présent article, nous avons mené une étude sur les possibilités de « l'essai de valorisation des déchets plastiques produits en Ville de Butembo en carburant biodiesel et essence » en vue de pallier les grandes nuisances que génèrent les déchets plastiques localement et dans le monde.

La méthode chimique de pyrolyse a été choisie pour le recyclage des déchets plastiques dont des produits liquides pyrolytiques ont été obtenus. Une des voies prometteuses de valorisation du plastique étant la pyrolyse, en tant que technologie

de recyclage chimique des polymères et de leur conversion en carburants, un pyrolyseur a été monté et a constitué notre matériel de traitement des déchets plastiques.

De par leur composition chimique, les polypropylènes (PP), les polyéthylènes téréphtalates (PET) et les polyéthylènes (PEHD et PEBD) nous ont servi de matières premières. En concert les PET 50% - PE 50% pour le premier essai (E1), les PP 50% - PE 50% au second essai (E2), les 100% des PP pour le troisième essai (E3) et enfin 25% des PP - 25% des PET - 50% des PE pour le quatrième essai (E4).

Durant l'expérimentation de ces différents mélanges, E4 a été efficace dans l'obtention des liquides pyrolytiques que les autres. Ce mélange (E4) à part dominante des PE (50%) - PET (25%) - PP (25%) rassure un bon rendement dans la production des carburants en pyrolyse.

Les analyses au laboratoire nous ont prouvé qu'avec 252 ml (230,88g) d'échantillon obtenu de (E4) on extrait 7.25 ml(14,29g) d'essence, 12.5 ml (33,01g) de *gasoil léger obtenu à 54°C* (**a**) et 10ml (29,38g) de *gasoil lourd obtenu à 84°C* (**b**) avec un résidu liquide et une lie de cire noirâtre de 110ml (142g).

Ces résultats prouvent que les liquides issus des plastiques par la pyrolyse pourraient potentiellement être utilisés comme substituts de carburants tels que l'essence ou le diesel. Les rendements, certes, devraient être considérables en observant scrupuleusement toutes les conditions de pyrolyse.

En fin, vers les prochaines réalisations et améliorations du présent travail, nous laissons le choix aux futurs chercheurs intéressés par notre thématique traitée, à nous compléter au biais d'une nouvelle inspiration pourvue que le développement durable se récente, au lendemain de notre environnement et la protection en présent de notre vécu.

a. Nous suggérons d'ajouter d'autres types des plastiques pour la pyrolyse, d'analyser les paramètres caractéristiques de pollution des hydrocarbures partant de leur combustion, de jeter un regard clair sur la comparaison des rendements, au besoin aller jusqu'à déterminer la puissance énergétique de chaque type de carburant obtenu par rapport au carburant dorénavant connu. La simplicité scientifique et la nature imparfaite de l'homme obligent les limites de notre œuvre.

4. Bibliographique

Abbas-Abadi, M. S., Haghighi, M. N., Yeganeh, H., & McDonald, A. G. (2014). *Evaluation of pyrolysis process parameters on polypropylene degradation products.* Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 109, 272–277. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.05.023

Aboulkas, A., el harfi, K., & el Bouadili, A. (2010). *Thermal degradation behaviors of polyethylene and polypropylene*. Part I: Pyrolysis kinetics and mechanisms. Energy Conversion and Management, 51(7), 1363–1369. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.12.017
Addou, A. (2009). *Traitement des déchets* : valorisation, élimination, éd. Ellipses.p56.

Adradedos, B., de Marco, I., Caballero, B.M., and Laresgoiti, M.F, A. (2014). *review on pyrolysis of plastic Wastes*. Energy procedia 61, 681-687.

Ahmad, I., Ismail Khan, M., Khan, H., Ishaq, M., Tariq, R., Gul, K., & Ahmad, W. (2015). *Pyrolysis study of polypropylene and polyethylene into premium oil products*. International Journal of Green Energy, 12(7), 663–671. https://doi.org/10.1080/15435075.2014.880146

AlSalem,S.M.,Antelava,A.,Constantinou,A.,Manos,G.,Dutta,A. (2017). *A review on thermaland catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW)*.

Álvarez-Chávez, B. J., Godbout, S., le Roux, É., Palacios, J. H., & Raghavan, V. (2019). *Bio-oil yield and quality enhancement through fast pyrolysis and fractional condensation concepts*. Biofuel Research Journal, 6(4), 1054–1064. https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.4.2

Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., & Aroua, M. K. (2016). *A review on pyrolysis of plastic wastes. In Energy Conversion and Management* (Vol. 115, pp. 308–326). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037

Andrady A.L. (2011). *Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin*,V65:1596-1605.

Andrady, A. L. (2003). *Microplastics in the marine environment*. Mar. Pollut. Bull.v62: 1596–1605

ASTM D95. (2013)." *Méthode d'essai standard pour l'eau dans les produits pétroliers et les matériaux bitumineux par distillation".* ASTM International.

ASTM D975-22a. (2022). *Standard Specification for Diesel Fuel*. https://www.astm.org/d0975-22a.html

Brydson, J. A. (1999). *Plastics Materials*. (Butterworth-Heinemann).
Calmon-Decriaud A., Bellon-Maurel V., Silvestre F., (1998). *Standard methods for testing the aerobic biodegradation of polymeric materials. Review and perspectives, Advances in polymer science.*Vol.135:.207-226.

Chemistry Encyclopedia. (2007). *Plastic*. In Chemistry Daily. Chemistry–Plasticp22-26.

Chiellini E., Corti A., Swift G., (2003) a. *Biodegradation of thermally-oxidized, fragmented low-density polyethylenes, Polymer degradation and stability* 81:341-351.

Cholake, S. T., Rajarao, R., Henderson, P., Rajagopal, R. R. &Sahajwalla, (2017). *Composite panels obtained from automotive waste plastics and agricultural macadamia shell waste*.J.Clean. Prod.151: 163–171

Collignon, A. (2012). *Neustonicmicroplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea*. Mar. Pollut. Bull.Vol64 : 861–864.

Corcoran, P. L., Biesinger, M. C. &Grifi, M., (2009). *Plastics and beaches: A degrading relationship.* Mar. Pollut. Bull.58: 80–84.

Cózar, A. (2014). *Plastic debris in the open ocean*. Proc. Natl. Acad. Sci.Vol 3:17-32

Duval, C. (2009). *Matières plastiques et environnement* - 2e éd.: Recyclage. Biodégradabilité. Valorisation. (Dunod,)32-38.

Gagnon, C. (2019, Juin). *Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable*, Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke,.

FRANÇAIS, ML. (2019). « *Stop aux pollutions plastiques*" rapport. Assemblée nationale de France.

Gilbert, M. (2005). *Brydson's Plastics Materials*.p58-64

Gilbert M. (2017). *Plastics Materials*: Introduction and Historical Development, in: Brydson's Plastics Materials. pp. 1–18. https://larepublica.cd/analyses/8457/2022

Hamad, K., Kaseem, M., Deri, F. (2013). *Recycling of waste from polymer materials*: An overview of the recent works. Polym. Degrad. Stab. 98, 2801–2812.

Hoornweg, D., Bhada, P. (2012). *What a Waste*. A Global Review of Solid Waste Management. Urban Dev. Ser. Knowl. Pap. 281, 44 p.

GUIBET, J.-C. (2011)" Carburants liquides, caractéristiques et principes généraux". BE 8543 Techniques de l'ingénieur, pp.1-2.

GUIBET, J-C. (1997) " Carburants et moteurs : Technologies, énergie, environnement". Tomes 1 et 2, pp. 339-375. Éditions Technip,.

Juresse K., (2021). *Valoriser les déchets en plastique et en verre dans la production des pavés*, Institut Supérieur de Chimique Appliquée de Butembo.

Kavvada, O., konstandopoulos, A.G.et goula, M.A, (2021). lypgranding of wa polyolefins to liquid fuels and chemicals by catalytic pyrolysis. Renewable and surtrainable Energy Reviews,.

Know, E. E., Hong S. H., Luan, H.T., Choix, J.Y., Kim, J.S., et Cho, J.H., (2019). *upgrading of waste plastics into hydrocarbon fuels over mesoporous ZSM-5 supported metal catalysts*. Applied catalysis A: General, 579,159-169.

Kunwar, B., Cheng, H.N., Chandrashekaran, S.R., Sharma, B.K., (2016). *Plastics to fuel*: a review. Renew. Sustain. Energy Rev. 54, 421–428.

Lalaoui, S. (2015). *Caractérisation physico-chimiques des carburants des véhicules cas* : essence super et gazole, Master en Analyse Chimique à Université Abderrahmane MIRA – Bejaia.

Lithner., D., Larsson., A. & Dave., G., (2011). *Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition*. Sci. Total Environ.40: 3309–332

Owen, N.A., Inderwildi, O.R., King, D.A., (2010). *The status of conventional world oil reserves-Hype or cause for concern?* Energy Policy 38, 4743–4749.

Seymour, R. B., (1956). *Plastics.* Ind. Eng. Chem.48, 1760–1774.

Whitacre, D. M., (2012). *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. (Springer Science & Business Media) 98-114p.

Wong, S.L., Ngadi, N., Abdullah, T.A.T., Inuwa, I.M., (2015). *Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel:* A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 50, 1167–1180.

X. MONTAGNE, J.-C.GUIBET. (2011). *"Carburants liquides : Essences et carburants pour moteurs à allumage commandé"*. BE 8 544 Techniques de l'ingénieur, pp. 12-13.

Zhang, S., Zhang J. Lin, H., Chen. Y. et Liu, R. (2021). *Recycling of plastic waste to fuel: Récent advances Sallenges and perspectives.* Journal officiel environmental Sciences.