

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 58502 B1** (51) Cl. internationale : **C10G 1/00; C10G 1/00; C10G 9/24**
- (43) Date de publication : **30.08.2024**

-
- (21) N° Dépôt : **58502**
- (22) Date de Dépôt : **10.11.2022**
- (71) Demandeur(s) : **Université Hassan II de Casablanca, 19, Rue Tarik Bnou Ziad, Mers Sultan, BP 9167 CASABLANCA (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **Jamal OUFKIR ; Jamal NAJA ; Said BELAAOUAD ; Rachid Cherouaki**
- (74) Mandataire : **Houssine AZEDDOUG**

-
- (54) Titre : **Procédé de valorisation des déchets de plastiques usagés et des gaz d'échappement en hydrocarbures par craquage thermique.**
- (57) Abrégé : L'objectif principal de ce brevet est la réalisation d'un procédé qui permet à la fois la transformation des déchets des matériaux plastiques et les gaz d'échappement en carburant écologique (Essence, kérosène, Diesel et Gaz) via le processus de pyrolyse thermique. Dans ce brevet, nous avons comparé deux résultats : - Le craquage thermique sans injection des gaz d'échappement ; - Le craquage thermique avec injection des gaz d'échappement. En comparant le combustible obtenu avec et sans injection des gaz d'échappement, on observe dans le cas d'absence d'injection des gaz d'échappement que le processus donne un rendement d'environ 82,5% et avec l'injection des gaz d'échappement le rendement est de 95%.

**Procédé de valorisation énergétique et environnementale des gaz
d'échappement et les polymères plastiques usagés : conversion en huile
combustible par craquage thermique**

Abrégé :

L'objectif principal de ce brevet est la réalisation d'un procédé qui permet à la fois la transformation des déchets des matériaux plastiques et les gaz d'échappement en carburant écologique (Essence, kérosène, Diesel et Gaz) via le processus de pyrolyse thermique.

Dans ce brevet, nous avons comparé deux résultats :

- Le craquage thermique sans injection des gaz d'échappement ;
- Le craquage thermique avec injection des gaz d'échappement.

En comparant le combustible obtenu avec et sans injection des gaz d'échappement, on observe dans le cas d'absence d'injection des gaz d'échappement que le processus donne un rendement d'environ 82,5% et avec l'injection des gaz d'échappement le rendement est de 95%.

Description :

Depuis un certain temps, le devenir des polymères plastiques était majoritairement la mise en décharge. Cependant, la mise en décharge des déchets municipaux pose différents problèmes environnementaux tels que la pollution des eaux et des sols ou encore la libération de gaz à effet de serre comme le méthane (Garforth et al., 2004). Certains pays connaissent aussi des limitations en termes de territoire; le coût de la mise en décharge est alors d'autant plus élevé (Singhabhandhu et al., 2010).

Par conséquent des méthodes de recyclage et de récupération ont été utilisées pour minimiser les impacts environnementaux et pour réduire les dommages causés par les déchets plastiques. Le craquage thermique, ou pyrolyse, est l'une des méthodes prometteuses pour le recyclage des déchets plastiques. Ce processus implique la décomposition des matériaux plastiques par l'action de la chaleur en absence d'oxygène. Le procédé est mené à des températures comprises entre 350°C et 800°C et résulte en la production d'une fraction solide appelée le Coke et d'une fraction volatile qui peut être séparée entre une fraction condensable (un hydrocarbure) et une fraction non-condensable, un gaz à haute valeur calorifique.

Dans ce cadre plusieurs innovations ont été décrites, la transformation des plastiques en diesel, citant à titre exemple MA 34034B1(conversion des vieux plastiques en hydrocarbure dans le même axe il y a plusieurs recherches, MA 34936B1 (procédé de transformation et recyclables en diesel avec rendement améliorée et minimisation du coût de production),WO20217411A1(procédé d'incorporation d'une technologie de transformation en huile dans le cadre d'incinération d'ordures) etc

Le recyclage à grande échelle des gaz d'échappement ((CO₂, CO, oxydes de soufre (SO_x), oxydes d'azote (NO_x)...)) est devenu une quasi nécessité. .

Jusqu'à présent, deux approches étaient régulièrement privilégiées pour recycler ces gaz : la première consistait à incorporer ces Gaz dans des matériaux sans valeur énergétique (comme les plastiques à base de polycarbonate par exemple). La deuxième approche visait, quant à elle, à utiliser ces gaz comme vecteur énergétique, pour produire de nouveaux produits chimiques (l'acide formique et le méthanol...). L'inconvénient de ces deux procédés, bien distincts, est qu'ils permettent de produire un nombre très limité de molécules et que la majorité des produits de base de l'industrie chimique reste issue de la pétrochimie.

D'autres travaux ont montré qu'il est possible de recycler les gaz d'échappement par la mise au point d'un réacteur catalytique qui utilise le dioxyde de carbone comme matière

première et qui produit de l'acide formique - ou acide méthanoïque, purifié et à forte concentration en acide formique dans un réacteur alimenté par de l'électricité renouvelable (U.Fegade, G.Jethave 2020).

L'invention de cette étude concerne un procédé de transformation des déchets plastiques et les gaz d'échappement en liquide combustible et gaz incondensable.

Il s'agit de réaliser un système complet et efficace de production de carburant par craquage thermique des plastiques et des gaz échappement (**figure 1**).

Dans cette étude, des expériences ont été réalisées avec et sans injection de gaz d'échappement. L'expérience sans injection de gaz a été gardée comme témoin.

La matière première utilisée pour le processus était des sachets plastiques en polyéthylène basse densité (PEBD), utilisés comme emballage. Une quantité de déchets d'environ 2000 grammes a été utilisée comme matière première pour la réaction.

Les expériences de pyrolyse ont été réalisées dans un réacteur à deux sorties à l'échelle pilote en utilisant un système discontinu. Tous les composants principaux sont composés d'acier inoxydable pour résister à la chaleur et à la corrosion. Le diamètre et la hauteur du pyrolyseur sont respectivement de 200 mm et 400 mm.

Pour fournir la chaleur nécessaire à la conversion des matériaux plastiques et le gaz, des résistances électriques chauffantes type 220V ont été utilisées dans ce processus et on peut utiliser un four solaire (concentrateur solaire).

Étant donné que l'oxygène interfère avec la pyrolyse et crée des réactions secondaires indésirables, un système de purge est également présent dans le réacteur pour garantir un environnement sans oxygène. Le gaz de purge spécifique utilisé est le diazote N_2 qui est inerte et n'interfère pas avec la pyrolyse.

La température du réacteur est mesurée et contrôlée par un thermocouple qui transmet la température à un contrôleur proportionnel-intégral dérivé (PID) connecté aux résistances chauffantes. Ce système permet de régler et de contrôler avec précision la température des différentes phases.

Cette innovation, vise à valoriser à la fois les déchets plastiques usagés et les gaz d'échappement selon les étapes suivantes:

- récupération des gaz d'échappements directement sans s'évacuer dans l'atmosphère.

- transformation chimique en synergie entre les plastiques et les gaz échappés d'une réaction chimique.

-conversion les plastiques et les gaz échappées en combustible (diesel, essence, kérosène.....).

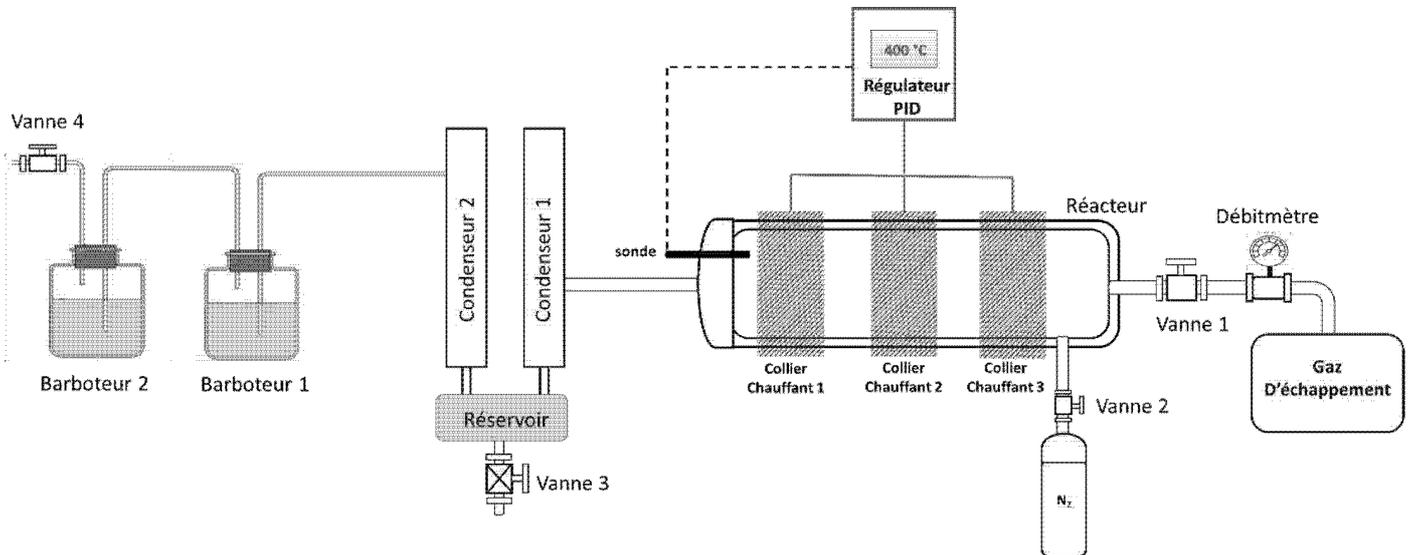
- récupération du combustible huileux après une condensation des gaz produits en combinaison, entre la réaction chimique de pyrolyse de gaz d'échappement et les plastiques.

Ce procédé augmente le rendement de combustible quand on utilise seulement la pyrolyse des plastiques, participe à la diminution de l'effet de serre, contribue à la protection d'environnement et contribue à la diminution de la facture des carburants.

Cette innovation qui pourrait être installée dans toutes les entreprises industrielles et également dans les moyens de transport n'est pas coûteuse, on peut utiliser l'énergie solaire à la place de l'énergie électrique ce qui conduit à la production des combustibles extraits vis à vis de la chimie verte. Cette innovation pourrait contribuer à la diminution du déficit de la balance commerciale.

Revendications :

1. Ce procédé vise à valoriser à la fois les déchets plastiques usagés et les gaz d'échappement, pour la production du combustible.
2. procédé selon la revendication 1, caractérisé par la conversion des matériaux plastiques et le gaz d'échappement en huile combustible, via un pyrolyseur, par craquage thermique.
3. Par le fait que le pyrolyseur est équipé d'un thermocouple qui transmet la température à un contrôleur proportionnel-intégral dérivé (PID) connecté aux résistances chauffantes
4. procédé selon les revendications 1 et 2 caractérisé par la récupération des gaz d'échappement sans s'évacuer dans l'atmosphère.
5. Procédé selon les revendications 1 et 3 caractérisé par l'insertion des plastique dans le réacteur à pyrolyse avec l'injection des gaz d'échappement.
6. Procédé selon les revendications 1 et 4 caractérisé par la conversion chimique des matériaux plastiques et le gaz d'échappement en synergie .
7. Procédé selon les revendications 1 à 6 caractérisé par la décomposition des matériaux plastiques et le gaz d'échappement en fraction volatile qui peut être séparée entre une fraction condensable (un hydrocarbure) et une fraction non-condensable, un gaz à haute valeur calorifique.
8. Procédé selon les revendications 1 et 7 consiste à transformer les plastiques et les gaz échappée en combustible (diesel, l'essence, kérosène).
9. Ce procédé consiste selon les revendications 1 et 8, à récupérer le combustible huileux après une condensation des gaz produits en combinaison, entre la réaction chimique de pyrolyse de gaz d'échappement et les plastiques.
10. Processus de conversion des matériaux plastiques et le gaz d'échappement en huile combustible selon les revendications 1 et 9, caractérisé par le fait que le pyrolyseur est équipé d'une colonne de distillation et des barboteurs cylindriques remplis d'eau qui servent à piéger et à condenser la fraction volatile échappée au cours de l'injection du gaz d'échappement.

Figure1 : Système de conversion des gaz d'échappement et les déchets plastiques

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 58502	Date de dépôt : 10/11/2022
Déposant : Université Hassan II de Casablanca	
Intitulé de l'invention : Procédé de valorisation des déchets de plastiques usagés et des gaz d'échappement en hydrocarbures par craquage thermique.	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: BRINI Abdelaziz	Date d'établissement du rapport : 14/12/2022
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
3 Pages
- Revendications
10
- Planches de dessin
1 Pages

Cadre 3 : Titre et Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

- L'intitulé tel qu'il a été déposé «Procédé de valorisation énergétique et environnementale des gaz d'échappement et les polymères plastiques usagés : conversion en huile combustible par craquage thermique» a été modifié et arrêté par l'examineur (voir intitulé de l'invention).

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : C10G1/00 ; C10G9/24

CPC : C10G1/00 ; C10G9/24

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	WO2021087054A1 ; EASTMAN CHEM CO [US] ; 06-05-2021 Document en entier	1-10
A	US6534689B1 ; PYROCAT LTD [IL] ; 18-03-2003 Document en entier	1-10
A	CA2232015A1 ; HEBCO INTERNAT INC [CA] ; 22-10-1999 Document en entier	1-10
A	MA34034B1 ; KIDA MODIBO KANE [MA] ; 05-03-2013 Document en entier	1-10
A	MA34936B1 ; AZMY OMAR [MA] ; 01-03-2014 Document en entier	1-10

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté***- Remarques de forme*

1. La revendication indépendante 1 ainsi que les revendications dépendantes à celle-ci doivent être rédigées comme suit « **Procédé de valorisation de...caractérisé en ce que... (mettre les étapes du procédé)...** ». Les revendications relatives au procédé doivent décrire les étapes de celui-ci.
2. Les revendications 3 et 10 décrivent des caractéristiques relatives à un dispositif. De ce fait, ces revendications peuvent être regroupées dans une seule revendication et rédigées comme suit « **Dispositif de valorisation...caractérisé en ce que... (mettre les composantes de dispositif)...** ».

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-10	Oui
	Revendications aucune	Non
Activité inventive	Revendications 1-10	Oui
	Revendications aucune	Non
Application Industrielle	Revendications 1-10	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO2021087054A1
 D2 : US6534689B1
 D3 : CA2232015
 D4 : MA34034B1
 D5 : MA34936B1

1. Nouveauté

Aucun des documents susmentionnés ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques telles que décrites dans les revendications 1-10, d'où l'objet de celles-ci est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

Le document D1 qui est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un procédé et un système de pyrolyse des déchets de plastiques pour leur conversion en hydrocarbures. Ledit procédé comprend l'introduction dans une unité de pyrolyse des déchets de plastiques avec un courant de gaz réducteur choisi parmi l'hydrogène, le monoxyde de carbone ou une combinaison de ceux-ci afin d'améliorer les huiles hydrocarbures produites à partir de déchets plastiques recyclés.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le procédé comprend l'introduction des gaz d'échappement avec les déchets plastiques usagés dans le réacteur de pyrolyse.

L'effet technique est d'augmenter la conversion des déchets plastiques en hydrocarbures.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre est la fourniture d'un procédé amélioré pour la conversion des déchets plastiques en hydrocarbures.

La solution proposée n'est pas évidente pour la raison suivante :

Aucun document de l'art antérieur ne divulgue ni ne suggère d'introduire les gaz d'échappement comme réactif la pyrolyse des déchets de plastiques en vue de produire les hydrocarbures tel que décrit dans la présente demande.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, au vu des documents D1-D5.

Les revendications 2-10 dépendent de la revendication 1 et satisfont donc en tant que telles aux exigences concernant l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 au vu des documents D1-D5.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.