

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3**



**FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE CHIMIQUE**

N° d'ordre : .....

Série : .....

**Mémoire de Master**

**Filière : Génie des Procédés**

**Spécialité : Génie Chimique**

**Etude Du Procédé De Conversion Des Déchets Plastiques En  
Carburants**

Dirigé par :

**Dr. SID Asma Nour El Houda**

Présenté par :

**CHETBI Serina**

**SARROUB Ouissal Achouak**

**SENGOUGA Djihane Sahar**

Année Universitaire 2023/2024

Session : (Juin)

## Résumé

Les déchets plastiques représentent un problème environnemental majeur de notre époque en raison de leur caractère encombrant et inesthétique, nécessitant des solutions innovantes pour réduire leur impact négatif sur l'environnement. Ce mémoire se concentre sur la conversion de ces déchets en source de carburant, offrant ainsi une solution écologique et économique.

L'objectif principal de cette recherche est d'explorer l'une des méthodes disponibles pour cette conversion, la pyrolyse partielle. Deux réacteurs semi-fermés simples ont été construits et utilisés pour cette réaction à une température dépassant 500°C à l'Université Salah Bounider Constantine 3, Faculté de Génie des Procédés. En outre, différentes expériences ont été menées dans des conditions optimales en utilisant deux types de polymères afin d'évaluer leur potentiel de valorisation : le polyéthylène haute densité (PEHD) et le polyéthylène téréphtalate (PET). Avant ces expériences, ces polymères ont été soumis à une analyse thermogravimétrique (ATG) pour étudier leur décomposition thermique. Les résultats de l'expérimentation confirment que les propriétés des produits obtenus sont similaires à celles de l'essence pour le PET et à celles du gasoil pour le PEHD, illustrant la capacité de ce processus à convertir les déchets de matières plastiques en hydrocarbures utilisables.

Également, une simulation du processus de dégradation thermique de PEHD a été effectuée à l'aide du logiciel HYSYS, offrant ainsi une modélisation approximative de la réalité.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour améliorer le procédé de pyrolyse partielle utilisé, afin de les rendre plus efficaces et durables. L'objectif est d'optimiser la production de carburants de haute qualité tout en minimisant les impacts environnementaux liés à ce processus.

**Mots-clés :** Déchets plastiques, conversion, PEHD, PET, Pyrolyse partielle, Carburants.

## ملخص

تمثل النفايات البلاستيكية مشكلة كبيرة في عصرنا بسبب تواجدها بكميات كبيرة وتأثيرها الضار على البيئة، مما يستدعي إيجاد حلول مبتكرة للحد من تأثيرها السلبي. يركز هذا البحث على تحويل هذه النفايات إلى مصدر للوقود، مقدماً بذلك حلاً بيئياً واقتصادياً.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو استكشاف إحدى الطرق المتاحة لهذا التحويل، وهي التحلل الحراري. تم تصميم واستخدام مفاعلين شبه مغلقين بسيطين لإجراء هذا التفاعل عند درجة حرارة تتجاوز 500 درجة مئوية في جامعة صالح بوبنيدر قسنطينة 3، كلية هندسة الطرائق. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تجارب مختلفة في ظروف مثالية باستخدام نوعين من البوليمرات لتقييم إمكانيات إعادة تدويرها: البولي إيثيلين عالي الكثافة (PEHD) والبولي إيثيلين تيرفتالات (PET).

قبل هذه التجارب، تم إجراء تحليل وزني حراري (ATG) لهذه البوليمرات لدراسة تحللها الحراري.

تؤكد نتائج التجارب أن خصائص المنتجات المحصلة تشبه الخصائص الخاصة بالبنزين في حالة PET والخاصة بالديزل في حالة PEHD، مما يوضح قدرة هذه العملية على تحويل نفايات المواد البلاستيكية إلى هيدروكربونات قابلة للاستخدام.

كما تم إجراء محاكاة لعملية التحلل الحراري لـ PEHD باستخدام برنامج HYSYS، مما يوفر نموذجاً تقريبياً للواقع.

تتطلب البحوث المستقبلية تحسين عملية التحلل الحراري المستخدمة لجعلها أكثر كفاءة واستدامة. الهدف هو تحسين إنتاج وقود عالي الجودة مع تقليل الآثار البيئية المرتبطة بهذه العملية.

**الكلمات المفتاحية:** نفايات بلاستيكية، تحويل، PET، PEHD، التحلل الحراري، وقود.

## **Abstract**

Plastic waste represents a major environmental problem of our time due to its bulky and unsightly nature, necessitating innovative solutions to reduce its negative impact on the environment. This thesis focuses on converting this waste into a fuel source, providing an ecological and economical solution. The main objective of this research is to explore one of the available methods for this conversion, partial pyrolysis. Two simple semi-closed reactors were constructed and used for this reaction at a temperature exceeding 500°C at the University Salah Boubnider Constantine 3, Faculty of Process Engineering. Additionally, various experiments were conducted under optimal conditions using two types of polymers to evaluate their valorization potential: high-density polyethylene (HDPE) and polyethylene terephthalate (PET). Before these experiments, these polymers were subjected to thermogravimetric analysis (TGA) to study their thermal decomposition. The experimental results confirm that the properties of the products obtained are similar to those of gasoline for PET and diesel for HDPE, illustrating the capability of this process to convert plastic waste into usable hydrocarbons. Additionally, a simulation of the thermal degradation process of HDPE was performed using HYSYS software, providing an approximate modeling of reality. Further research is necessary to improve the partial pyrolysis process used to make it more efficient and sustainable. The goal is to optimize the production of high-quality fuels while minimizing the environmental impacts associated with this process.

**Keywords:** Plastic waste, conversion, HDPE, PET, partial pyrolysis, fuels.

## TABLE DES MATIERES

### REMERCIEMENTS

**LISTE DES FIGURES.....** *Error! Bookmark not defined.*

**LISTE DES TABLEAUX .....** *Error! Bookmark not defined.*

**LISTE DES ABRÉVIATION .....** *Error! Bookmark not defined.*

**INTRODUCTION GENERALE .....** *Error! Bookmark not defined.*

**REFERANCES .....** *Error! Bookmark not defined.*

**Chapitre 1 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....** *Error! Bookmark not defined.*

**Introduction .....** *Error! Bookmark not defined.*

**1.1. Les polymères .....** *Error! Bookmark not defined.*

1.1.1. Enchaînement des monomères ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.1.1. Les homopolymères..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.1.2. Les copolymères ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.2. Isomérie de configuration..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.3. Classification des polymères..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.3.1. Selon l'origine ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.3.2. Selon leur domaine d'application ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.3.3. Selon leur architecture..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.3.4. Selon l'effet de la température ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.4. La morphologie ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.4.1. La polymérisation ..... **Error! Bookmark not defined.**

a. La polymérisation en chaîne (polyaddition) ..... **Error! Bookmark not defined.**

b. La polycondensation ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.5. Domaines d'utilisation des polymères ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.6. Le polyéthylène téréphtalate PET ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.6.1. Quelques propriétés de PET ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.6.2. Mise en forme des bouteilles en PET ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.7. Le polyéthylène (PE)..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1.7.1. Le polyéthylène haute densité PEHD ..... **Error! Bookmark not defined.**

a. Quelques caractéristiques générales du polyéthylène haute densité **Error! Bookmark not defined.**

b. La fabrication de bouchons en PEHD ..... **Error! Bookmark not defined.**

**1.2. Les déchets.....** *Error! Bookmark not defined.*

1.2.1. Définition ..... **Error! Bookmark not defined.**

|                                                                                                  |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1.2.2. Classification des déchets solides .....                                                  | Error! Bookmark not defined. |
| 1.2.2.1. Classification en fonction de l'origine .....                                           | Error! Bookmark not defined. |
| 1.2.2.2. Classification en fonction de la nature du danger .....                                 | Error! Bookmark not defined. |
| <b>1.3. Les déchets plastiques.....</b>                                                          | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.1. Types des déchets plastiques.....                                                         | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.1.1. Les déchets plastiques industriels .....                                                | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.1.2. Les déchets plastiques municipaux.....                                                  | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.2. L'origine des déchets plastiques .....                                                    | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.3. Caractéristiques des déchets plastiques.....                                              | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.4. Impacts des déchets plastiques .....                                                      | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.5. Gestion des déchets plastiques.....                                                       | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.5.1. Les stratégies de gestion des déchets.....                                              | Error! Bookmark not defined. |
| a. Réduction .....                                                                               | Error! Bookmark not defined. |
| b. Réutilisation.....                                                                            | Error! Bookmark not defined. |
| c. Recyclage.....                                                                                | Error! Bookmark not defined. |
| d. Récupération d'énergie.....                                                                   | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.6. Actions du gouvernement pour la gestion intégrée des déchets en Algérie .....             | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.6.1. Adaptation du programme PROGDEM.....                                                    | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.6.2. Création de l'Agence Nationale des Déchets (AND) .....                                  | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.6.3. Système national de reprise et de valorisation des déchets d'emballages (Eco-Jem) ..... | Error! Bookmark not defined. |
| <b>1.3.6.4. Législation algérienne en matière de gestion des déchets .....</b>                   | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.7. Traitement des déchets plastiques .....                                                   | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.7.1. La gazéification .....                                                                  | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.7.2. La liquéfaction .....                                                                   | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3.7.3. La pyrolyse .....                                                                       | Error! Bookmark not defined. |
| a. Définition.....                                                                               | Error! Bookmark not defined. |
| b. Types de pyrolyse .....                                                                       | Error! Bookmark not defined. |
| c. Types de fours utilisés en pyrolyse.....                                                      | Error! Bookmark not defined. |
| d. Avantages de la pyrolyse.....                                                                 | Error! Bookmark not defined. |
| e. Inconvénients de la pyrolyse .....                                                            | Error! Bookmark not defined. |
| <b>REFERENCES .....</b>                                                                          | Error! Bookmark not defined. |
| <b>Chapitre 2 METHODOLOGIE ET PROTOCOLE EXPERIMENTAUX .</b>                                      | Error! Bookmark not defined. |
| <b>Introduction .....</b>                                                                        | Error! Bookmark not defined. |

## **2.1. Etude expérimentale d'un procédé de conversion de déchets plastiques en carburants** Error! Bookmark not defined.

Bookmark not defined.

|                                                                           |                              |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 2.1.1. L'Analyse Thermique Gravimétrique (ATG) .....                      | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.2. Processus de la pyrolyse .....                                     | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.2.1. Matériels utilisés.....                                          | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.2.2. Description de processus de la pyrolyse partielle.....           | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.2.3. Préparation de la matière première .....                         | Error! Bookmark not defined. |
| a. Etude statistique .....                                                | Error! Bookmark not defined. |
| b. La collecte.....                                                       | Error! Bookmark not defined. |
| c. Prétraitement .....                                                    | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.3. Manipulation des expériences en laboratoire .....                  | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.3.1. Conditions opératoires.....                                      | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.3.2. Mode opératoire .....                                            | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.3.3. Manipulations.....                                               | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.4. Analyse structurale des produits pyrolytiques.....                 | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.4.1. La masse volumique.....                                          | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.4.2. L'indice de réfraction .....                                     | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1.4.3. La spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)..... | Error! Bookmark not defined. |

## **2.2. Simulation d'un procédé de conversion de déchets plastiques ...** Error! Bookmark not defined.

|                                                                       |                              |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 2.2.1. Présentation du logiciel HYSYS.....                            | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2.2. Sélection du pack de fluides et des composants chimiques ..... | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2.3. Courant de matière d'alimentation.....                         | Error! Bookmark not defined. |

## **REFERENCES** ..... Error! Bookmark not defined.

## **Chapitre 3 RESULTATS ET DISCUSSION**..... Error! Bookmark not defined.

### **Introduction** ..... Error! Bookmark not defined.

## **3.1. Résultats et discussions de l'expérimentation** ..... Error! Bookmark not defined.

|                                                                          |                              |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 3.1.1. Relation masse- temps de fusion .....                             | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.2. L'Analyse Thermique Gravimétrique (ATG) .....                     | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.3. Résultats expérimentaux.....                                      | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.4. Caractéristiques physiques .....                                  | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.4.1. Aspect et couleur .....                                         | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.4.2. Test d'inflammabilité .....                                     | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.4.3. La masse volumique.....                                         | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.4.4. L'indice de réfraction .....                                    | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.5. La spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) ..... | Error! Bookmark not defined. |

|                                                             |                                            |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>3.2. Résultats et discussions de la simulation .....</b> | <b>Error! Bookmark not defined.</b>        |
| <b>3.3. Conclusion.....</b>                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b>        |
| <b>REFERANCES .....</b>                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b>        |
| <b><i>CONCLUSION GENERALE .....</i></b>                     | <b><i>Error! Bookmark not defined.</i></b> |
| <b><i>Annexe</i></b>                                        |                                            |